الفصل التاسع

التحقق من دقة النموذج والتثبت من صلاحيته وقبوله
MODEL VERIFICATION, VALIDATION, AND ACCEPTABILITY

أهداف تعليميّة

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

١- تحديد الاختلافات بين تحليلات كل من التحقق من (Verification) دقة نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة والتثبت من صلاحيته (تصديقه) (Validation) وقبوله.

٢- شرح كيفية عكس الإجراءات في نظام المعلومات الجغرافيّة لفحص إمكانية أن ينتج برنامج نظام المعلومات الجغرافيّة الإجابات المتوقعة منه.

٣- وصف استخدام نماذج أولية يدوياً لمناطق صغيرة لوضع مجموعة حلول نظم معلومات جغرافيّة صحيحة ضمن نموذج أكبر بنظام المعلومات الجغرافيّة.

٤- وصف بعض الأساليب الفعالة لتحديد الأداء الراقي والكفاءة التنفيذية النسبيين لنماذج متعددة لشيء واحد باستخدام نظم المعلومات الجغرافيّة (مقارنة زمن المعالجة الحاسوبية مع تميّز مخطط سير العمل).

٥- مناقشة كيفيّة التعامل مع البيانات المفقودة عندما يكون من الصعب تطبيق البدائل والحلول الأخرى للوصول للنتيجة النهائيّة.

٦- تحديد طرائق لمراجعة المنهجيات المنطقيّة أو الرياضيّة المستخدمة في نموذج معين لتحديد صلاحيته.

٧- إنشاء منهجيات مناسبة لدراسة خوارزميات محدّدة مستخدمة في نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة لتحديد مدى جودة تمثيل النماذج للواقع.

٨- إنشاء منهجيات مناسبة لدراسة مستوى فهم العملاء (المستخدمون) للمُخرج من التحليل.

٩- إنشاء منهجيات وتنفيذها لتحديد درجة قبول العملاء أو قدرتهم في تطبيق النموذج لصنع القرار.

١٠- وصف التطبيقات الإحصائيّة والمكانيّة لتحديد صلاحية أو صحة نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة المُخرج.

obeikandi.com

مقدمة

لقد توفر قدر كبير من البحث منذ الثمانينيات حول تقييم الصحة وقياسها في نظم المعلومات الجغرافيّة. هذا يكمّل تقليداً مستمراً في مثل هذا البحث في مجال الاستشعار عن بعد. ولقد تركز البحث، في معظم الحالات، في نظم المعلومات الجغرافيّة في المقام الأول على الصحة المتعلقة بالتغطيات والمواضيع الفردية، وعلى العمليات المتصلة بالمُدخلات، 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 الجغرافيّة، ألا وهو الصحة والقبول الإجماليين للمخرج النهائي للنموذج. لقد بيّن المحترفون، مثل جنسن (٢٠٠٠) وللساند وكيفير (٢٠٠٠) وغيرهم الكثير في الاستشعار عن بعد بوضوح تام، أن الخطوة النهائيّة في عمليّة الاستشعار عن بعد ليست المخرج، وإنما شرح النتائج وقبولها من قبل العميل (المستخدم).

وبصفتنا منمذجي نظم معلومات جغرافيّة، فإنه من الضروري أن نتبنى وجهة النظر نفسها للمُخرج من نظم المعلومات الجغرافيّة. فالمخرج ما هو إلا صورة جميلة لا أقل ولا أكثر إذا لم تُظهِر هذه الصورة أن التنفيذات البرمجية تمت بشكل صحيح، أو أنها لم تمثّل العمليات البيئيّة قيد النمذجة بدرجة كبيرة كما هي في الواقع، أو أنها صورة لمنتج نهائي لا يفيد العميل ولا يقبله. إن مُخرجات نظم المعلومات الجغرافيّة 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 المُخرجات – إلا أن معظم تطبيقات ونماذج نظم المعلومات الجغرافيّة 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 عمليّة عامة يمكن تطبيقها في بيئات العالم الحقيقي.

تعريف المصطلحات

تهدف عمليّة النمذجة بنظم المعلومات الجغرافيّة إلى غايات نهائيّة تتمثّل في كل من نمذجة فعّالة للظواهر المكانيّة 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 الجغرافيّة، 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 أقدِّم – 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 (التثبت من الصلاحية) هما جانبان اثنان للصحة الإجمالية للنموذج.

يتطلب التحقق من نموذج نظام معلومات جغرافيّة أن يتم تنفيذ طريقة ما للتأكد من أن عمليّة 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 مُخرجات 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 يقدِّم إجابات صحيحة على الأسئلة التي تُطرح عليه – إلا أن هذا ليس صحيحاً دائماً كما قد يظن المرء. ونظراً إلى أن خوارميات نظام المعلومات الجغرافيّة 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 رقميّة 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 الرياضيّة والمنطقيّة كلها تفضي بكل أسف إلى أثر سلبي محتمل متمثّلاً 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 الرياضيّة 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 عُمل تحليل حِزمي (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 (التثبت من الصلاحية) فهي تُطبّق غالباً على قبول وجدوى النموذج، بوصفها أداةً 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 الرياضيّة بقدر ما هو هل الخوارزميات تمثّل ما نريد أن ننمذجه في الواقع؟ وبكلمات أخرى، هل يقدم النموذج تمثيلاً معقولاً للعمليات والتفاعلات المكانيّة لظواهر العالم الحقيقي قيد البحث؟

وأخيراً، فالمقبولية، هنا، مستخدمة لتمثّل مقياساً لقبول النموذج، وجدواه النفعية، باعتباره أداةً 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 تكراريته، ولكنها تشمل، في الغالب، جوانب مثل سهولة استخدامه، وقابلية تطويره ليشمل مواقع أو بيئات أخرى، وفائدته كأداة لصنع القرار، وإمكانيّة فهمه، والمرونة في الاستخدام مع سيناريوهات مختلفة، بل والقدرة، أيضاً، على دمج المعارف الجديدة أو وحدات إضافية فيه، متى ما توفرت.

صحة النموذج

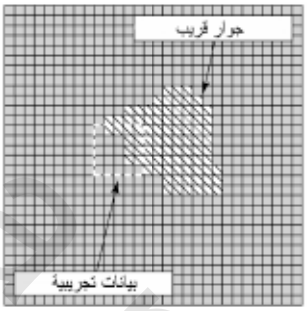
التحقق

اقترح توملين (١٩٩١م) أن العمليّة الأساسية للتحقق من النموذج هي تحديد الدقة الحسابيّة للخوارزميات المستخدمة. وتتطلب العمليّة، وعلى نحو يماثل عمليات الضرب للتحقق من قسمة طويلة، أن تعلم شيئين. أولاً، يجب أن تكون على دراية تامة بالكيفيّة التي يراد من الخوارزمية أو الخوارزميات أن تعمل في الواقع. وهذا ليس دائماً متاحاً بسهولة عندما تستخدم نظاماً محترفاً من نظم المعلومات الجغرافيّة ؛ لأن العديد من الخوارزميات ذات ملكية خاصة. وثانياً، ينبغي أن تعرف، أيضاً، النتائج المتوقعة مسبقا. 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 الجغرافيّة على تنفيذ الخوارزميات بشكل صحيح، فإنه ليس من الضروري أن تقوم بفحص هذا أثناء عمليّة النمذجة. وقد يكون من المفيد أن تختبر ذلك في وقت مبكر قبل أن تنفّذ مهامك النمذجية. يندرج هذا عموماً تحت عمليّة اختبار نظام المعلومات الجغرافيّة الخاص بك قبل استخدامه. لكن على الرغم من أن تنفيذ منهجيّة الاختبار الشامل قد تكون عمليّة تنويرية مفيدة جداً – إلا أنها من المحتمل أن تكون أكثر ممّا تريد عندما تحاول الإجابة على أسئلتك بنظام المعلومات الجغرافيّة الخاص بك. وكبديل لذلك، خذ مجموعة فرعيّة 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 عمليّة اختيار للخوارزميات بهدف اختبارها ؛ (٢) اختيار أجزاء مكانيّة مفيدة من قاعدة البيانات التي ستقارن بها أداء هذه الخوارزميات ؛ (٣) تحديد الحجم المطلوب لهذه البيانات الفرعيّة لاختبار الخوارزميات المختارة. لقد رأينا

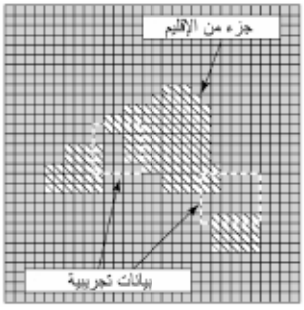
في السابق أن المعامِلات يمكن أن تتراوح بين معامِلات محلية (خلية بخلية) إلى معامِلات شمولية، كل واحد منها يقدِّم سيناريواً مختلفاً لاختيار الجزء التجريبي الأولي (Prototype) من قاعدة بياناتك.

أما ما يتعلق بالمعامِلات المحليّة، فإن مهمة اختيار قواعد البيانات الأولية لعمل الاختبار تعد عمليّة سهلة نسبياً. إنها تتطلب فقط أن الخلايا قيد الاختبار تمثّل الفئات أو القيم الهامة داخل نموذجك. وفي المعامِلات التركزيّة، 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 الحسابيّة داخل الجوار نفسه.



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

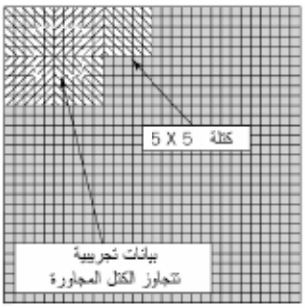
ويمكن تبني منهجيّة مماثلة لدراسة المعامِلات النطاقيّة – إلا أنه في حالة وجود نطاقات (أقاليم) مجزأة فإنه ينبغي استخدام اثنين أو ثلاثة من المواقع التي تحتوي على بيانات تجريبيّة بحيث يكون جزء واحد من داخل الإقليم والآخر من خارجه (الشكل رقم ٩,٢).



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

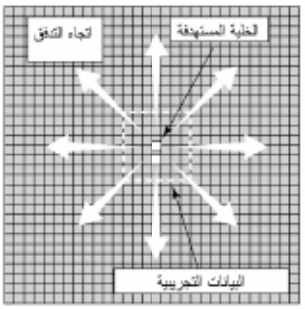
obeikandl.com

أما المعامِلات الكتليّة فيمكن اختبارها بسهولة عن طريق اختيار مجموعة من خلايا الشبكة في إطار الكتلة قيد الدراسة. أفضّل شخصياً أن أنظر في كتلتين متجاورتين، وذلك للتأكد فقط من أن هذه العمليّة تعمل بشكل ملائم عند التحرك من كتلة إلى أخرى (الشكل رقم ٩,٣).



الشكل رقم (٩,٣). اختيار مجموعة فرعيّة من البيانات لتقييم صحة خوارزميات الوظائف الكتليّة.

من بين أكثر العوامل صعوبة في مسألة اختيار خلايا عينة الاختبار هي العوامل الشموليّة؛ 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). اختيار مجموعة فرعيّة من البيانات لتقييم صحة خوارزميات الوظائف الشموليّة.

obeikandi.com

وبغض النظر عن أنواع المعامِلات المختارة للفحص، فعمليّة التحقق تبدأ أولاً باستنساخ العمليّة يدوياً. فعلى سبيل المثال، إذا كنت تريد أن تختبر معامِلا محليا، – لنقل مطابقة موضوعين شبكيين باستخدام عمليّة 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 الجغرافيّة بنظيراتها التي حُسبت يدوياً فإنه ينبغي أن تكون النتائج متطابقة (الشكل رقم ٩,٥). ويمكن فحص أي من المعامِلات الأخرى بنفس الأسلوب، وإن كانت الخوارزميات الأكثر تعقيداً قد تتطلب وقتاً أكثر ممّا تتطلبه العوامل المحليّة البسيطة.

4	4	5	5
4	4	4	5
4	5	5	5
5	5	1	1

–

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

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

دعنا نفترض أن هدفك، على أي حال، هو تقييم دقة (تكراريّة) الخوارزمية. فإذا اقتنعت بأن الخوارزمية تعمل بشكل سليم عندما قارنت نتائجها مع نتائجك اليدوية، فإنه يمكنك – بعد ذلك – تقييم التكراريّة من خلال تنفيذها (الخوارزمية) مرتين، وأخيراً تقوم بعمليّة طرح نتيجتي المطابقة من هذين التكرارين. فإذا كانت النتائج متسقة (ثابتة)، فإن هذا ينتج منه مجموعة من الأصفار. ورغم أن مثل هذه العمليّة قد تبدو للوهلة الأولى أنها عمليّة عديمة الجدوى – إلا أنك قد تتفاجأ كيف أنه، في كثير من الأحيان، هناك مجموعة من الخلايا لا تحمل قيما صفرية.

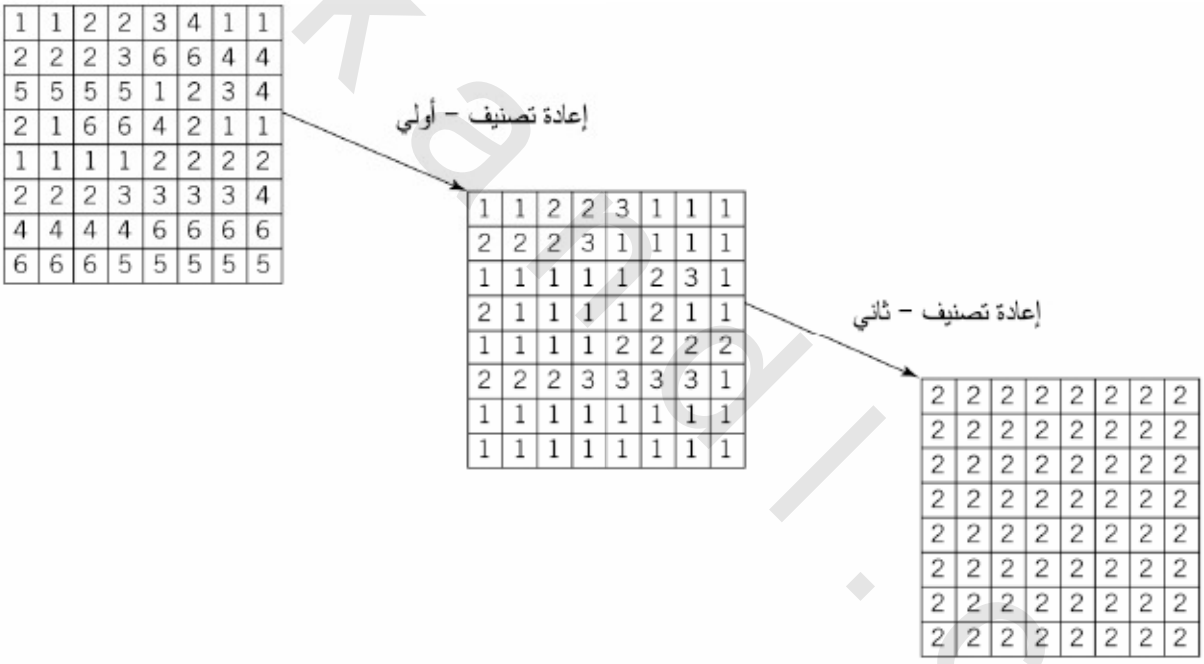
ثمة جانب مهم آخر للتحقق من النموذج وهو تقييم مدى ملاءمة تطبيق الخوارزميات نفسها على النموذج. فكما تذكر، فالنموذج ما هو إلا تسلسلاً مرتباً لعلميات خرائطية، وعليه فإن ترتيب مثل هذه العمليات غالباً ما يكون حاسما للنمذجة السليمة لمتغيراتك. فعمليات إعادة التصنيف، تتطلب، في كثير من الأحوال، عدة خطوات،

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

ولعل عمليّة إعادة التصنيف من خلال أمر إعادة الترقيم تعد مثالاً لهذه المشكلة. فلنقل، 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 خُصص له فئة اسمية (١)، و(٢) للقمح، و(٣) للشوفان، و(٤) للبطاطا، و(٥) لفول الصويا، و(٦) للبنجر. فإذا أصدرت مجموعة من الأوامر لتغير 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 تُظهِر 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 عمليّة إعادة الترقيم، بحيث تجعل القيمة الاسميّة (٢) تمثّل جميع الحبوب، فإنك ستعيد الترقيم لجميع ما تبقى من القيم (١ ، و٢ ، و ٣) حتى يُعاد تصنيفها على أنها حبوب. ما ستحصل عليه هو خريطة تكون فيها كل القيم قيمة واحدة وهي (٢) (الشكل رقم ٩,٦). أنت بهذا قد قمت بالفعل بخلط فئاتك بحيث أصبح من الصعب التعرف عليها. غير أنه مع معظم برمجيات نظم المعلومات الجغرافيّة 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 المنطقيّة ما زالت قائمة ويمكن تكرارها، وذلك في حالة عدم توخي الحذر بشأن كيفيّة اختيار فئاتك. ولفحص هذه، يجب عليك – كما كان الحال من قبل– أن تختار جزءاً صغيراً من خلايا موضوعك الشبكي وتنفّذ العمليّة يدوياً حتى تعرف على الأقل كيف تبدو خريطتك 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 الاسميّة للاستخدام الأرضي، مثل أرقام (٥)، و(١٠)، و(١٥) التي تمثّل المناطق الحضريّة، 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 العمليّة هو مجرد قيم، فقيمة (٥٠٠)، على سبيل المثال، ما هي إلا نتيجة ضرب (١٠) أقدام في (٥)، التي لا تمثّل سوى فئة اسمية للمناطق الحضريّة. لكن لكي تختبر منطقك، عليك أن تسأل نفسك عما تمثّله قيمة (٥٠٠)، خاصةً 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 منهجيّة بديلة، مثل تطبيق معامِل منطقي بحيث إن المضلعات أو المساحات التي تحمل قيمة (١٠) أقدام تُضم مع المضلعات التي تحمل قيما تمثّل المناطق الحضريّة، من خلال تطبيق القيمة المنطقيّة "و" (AND) على هذين النوعين من القيم؟ وعليه، فأنت تقول، هنا، أريد جميع المساحات التي تتشارك في هاتين الفئتين؛ بدلاً من المخاطرة بخلق مشكلة رياضيّة بطريقة غير ملاءمة. ومرة أخرى، بعض برامج نظم المعلومات الجغرافيّة لديها بعض الضمانات ضد هذا النهج غير المنطقي، ولكن قد تستغرب كيف أن كثيراً من الطرائق قد تقودك لمثل هذه الأخطاء، وكيف أنه يصعب عليك اكتشافها إلا بعد أن يكتمل النموذج. وعليه، فإني أوصيك بأن تختبر منطقك – مرة أخرى، من خلال تنفيذ العمليات يدوياً على جزء صغير من خلايا الشبكة الخاصة بك في كل خطوة من خطوات عمليّة النمذجة. بعد ذلك، أسأل نفسك الأسئلة ذاتها التي وردت في مثالنا أعلاه.



الشكل رقم (٩,٦). يمكن أن ينتج من عمليات إعادة التصنيف المتعاقبة 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 الجغرافيّة، 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 اختباره. 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 – بعدئذ – 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 الإستنباط 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 المكانيّة غير مفهومة بدرجة كبيرة، فإنه يُصعب تبني أو عمل افتراضات أولية بالمنطق الصحيح. ولعل أفضل طريقة للسؤال، الطريقة التالية: "هل النموذج ينفّذ فعلاً ما نعتقده؟ " فلقد شهدنا بالفعل، أنه حتى الخوارزميات نفسها يمكن أن تكون خاطئة بدرجة كبيرة في كيفيّة نمذجتها لشيء يبدو لنا واضحاً، مثل تحليل الرؤية (Fisher, 1996).

ففي دراسة فيشر (١٩٩٦م) لتحليل الرؤية، استخدم الباحث ربما أفضل التقنيات لتحليل صلاحية النماذج الكاملة ؛ أي التحقق الحقلي. هذا في لغة الاستشعار عن بعد التقليديّة، يسمى بالحقيقة الأرضية، على الرغم من أن كلمة الحقيقة لا تنطبق حقاً. ففي النمذجة بنظم المعلومات الجغرافيّة، ليس الغرض إظهار كيف أن بيانات الأقمار الصناعية تعمل كبدائل للبيانات الحقيقية على أرض الواقع، بل كيف يتنبأ نموذج نظم المعلومات الجغرافيّة بالظروف الحالية أو المقبلة (في أبسط الحالات) (Coulombe and Lowell, 1995)، أو ما مدى فعاليته في توصيف أفضل الحلول (للنماذج الموصّفة)، بل إن المطلوب بالضبط هو كيف يقوم الواحد باستخدام البيانات الميدانية للتحقق من نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة؟

وإذا كانت التوقعات ثابتة مؤقتاً ووصفيّة – على سبيل المثال، فإن كنت تحاول أن تبيّن 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 وصفياً للظروف التي ينبغي أن توجد ضمن أطر زمنية قصيرة نسبياً لأي من العمليات الديناميكيّة قيد الدراسة. فعلى سبيل المثال، إذا كان المطلوب بناء سد وكانت مهمتك أن تنمذج 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 المنهجيّة لنماذج التنبؤ الخاصة بموائل الطوير (Nelson, and lunette, 1987). ومن بين أكثر الأمثلة المنشورة تفصيلاً وأكثرها نجاحاً للتحقق من قدرة تنبؤ النموذج

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

لقد رأينا في نموذج ليسا أن مهمتنا هي تطوير نموذج يسمح للمخططين المحليين بالتحكم في عمليّة الحفاظ على أفضل الأراضي الزراعية. وكانت الطريقة لتحقيق هذا الأمر من خلال تقييد تراخيص الاستخدامات البديلة للأرض. إحدى المنهجيات لنمذجة عمليّة 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 لابد 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 يحدّد 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 منهجيّة أخذ العينات ميدانياً تعد وسيلة مفضلة للغاية لتقييم صحة نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة – إلا أن لديها بعض أوجه القصور الكبيرة. أولاً، تعد عمليّة جمع البيانات الميدانية وتحليلها، في معظم الأحوال، عمليّة مكلفة وتستغرق وقتاً طويلاً، خاصةً إذا كانت المنطقة قيد النمذجة كبيرة. ثانياً، هناك العديد من السيناريوهات، مثل التنبؤات باستخدام الحيوانات البرية للموائل، تمنع استخدام مثل هذه المنهجيّة. 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 المُجتثَّة من منطقة أو إقليم معين، على سبيل المثال، يفترض أنه سيكون في نهاية المطاف عينات فعليّة ستُقدم لتقييم فعالية التوقعات. وأخيراً، وفي كثير من الحالات، فإنه على الرغم من أننا قد يكون في وسعنا جمع عينة للظروف المستقبلية ضمن النماذج الديناميكيّة، مثل نماذج حرائق الغابات (Carrara, et al., 1996; Liu, 1998; Yuan, 1994, 1997) – إلا أن الانتظار إلى ما بعد الانتهاء فعليا من العمليّة 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 الموصِّف من النموذج). وعليه، فإنه في مثل هذه الحالات، لابد 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 محدّدة سلفاً. يوجد عدد قليل جداً من الظروف أو الحالات التي تسمح لنا بامتلاك مخرج خرائطي متوفر بسهولة لاختبار نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة. والسبب في هذا هو أنه لو أننا في الأساس عرفنا الإجابات، فإننا ربما لا نحتاج إلى نموذج نظم المعلومات الجغرافيّة في المقام الأول. ولقد اقترح ستومز (١٩٩٦م) تقنية بديلة واعدة لكل من الاستشعار عن بعد ونظم

المعلومات الجغرافيّة: استخدام ما يسمى بالدواخل الخرائطيّة (Maplets)، أو خرائط تفصيلية للمناطق الصغيرة، كبديل للفحص الميداني. يقارن منهجه بين خرائط تفصيلية صغيرة المساحة، من حيث مكوناتها، وعدم تجانسها، وصحة كل الوحدات الخرائطيّة مع تلك في الخرائط الأكبر للمنطقة. إن إحدى المنهجيات لتوظيف هذه الطريقة في سياق نظام المعلومات الجغرافيّة هي بناء أنموذج نظام معلومات جغرافيّة أولي (Prototype) لمساحة صغيرة تفصيلية بحيث يسمح بعمليّة تحقق مكثف قبل بناء النموذج العام. وإذا كانت المنطقة الأكبر تحتوي على عدد من السيناريوهات أو الظروف البيئيّة التي تختلف عن بعضها اختلافاً جذرياً، فإنه يمكن – عندئذ – بناء أنموذج أولي لكل سيناريو أو ظرف بيئي 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 تبيّن، من ناحية أخرى، أن واحدة أو أكثر من المناطق الفرعيّة 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 تَثبُّت من صلاحية النموذج تعد منهجيّة معقولة – إلا أن عيبها الرئيس هو ضيق الوقت. وهناك بديل لهذا النهج وهو استخدام نسخة مكانيّة ممّا يعرف في الإحصاء بالإقتطاع الجزئي (Jacknifing)، 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 المنهجيّة، أيضاً، عن طريق اختيار عينات زمنية بدلاً من المكانيّة من قاعدة بياناتنا. فلقد استخدم بويرنر وآخرون (١٩٩٦م) هذه المنهجيّة للتنبؤ بتغير الاستخدام الأرضي من فترة زمنية لأخرى ضمن نظام المعلومات الجغرافيّة. 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 بالتغييرات في قاعدة البيانات.

على الرغم من أن هذه المنهجيّة الأخيرة تتيح لنا تقييم ثبات النموذج (أو دقته)، بوصفها وسيلةً تعمل أساساً على إنتاج نسخ مكررة – إلا أنه لا يمكن أن يتوقع منها أن تتحقق من قدرة النموذج في إظهار العمليات التحتيّة 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 المكانيّة التي تظهر إما في شكل مجموعات فرعيّة من نظام المعلومات الجغرافيّة، وإما على هيئة أنماط مكانيّة على المظهر الطبيعي (الواقع). إن

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

فلنقل، على سبيل المثال، أن نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة الخاص بك يهدف إلى نمذجة تشتت النباتات داخل بيئة متنوعة تضم مدىً من الإمكانات التربية وظواهر طبوغرافيّة واضحة التي من المرجح أنها تركّز أو تجمّع البذور أو غيرها من عناصر التكاثر النباتي في أماكن معينة. يمكن في هذه الحالة استخدام خلايا شبكية مختارة بشكل عشوائي لتطوير نموذج انحدار 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 انحدارك لا يتنبأ بشكل سليم بالمواقع الجديدة. يمكنك، أيضاً، أن تطبق هذه المنهجيّة الأخيرة (الانحدار) باستخدام الانحدار اللوغاريثمي المطبق على شبكة عشوائية من الخلايا، خاصةً متى ما أردت أن تتنبأ بالأنماط النقطية.

هناك بعض الاختبارات الإحصائيّة المفيدة لاختبار التنوع أو الاختلاف داخل وبين المجموعات بناءً على متوسطاتها. فيمكن اختيار عينات فرعيّة صغيرة لقياس استجابة نموذجك لعمل تحليل للتنوع للتأكد من وجود تنوع كبير في المناطق التي كان يجب أن يُظهِر 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 الفرعيّة قد وضع وزناً مبالغاً فيه على نتائج النموذج. ومّما لا شك فيه، هناك العديد من الاختبارات الإحصائيّة التي يمكن تطبيقها. وأنا، هنا، أشجعك على استخدامها متى ما كان ذلك ممكنا من الناحية العمليّة لتقييم نماذجك، لا سيما عندما تنطوي النتائج على حالات محتملة تتعلق بالتقاضي بناءً على القرارات المتخذة من نتائج النموذج.

الاقتصاد

قبل أن ننتقل 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 الموفّر (Parsimonious model) هو ذلك النموذج الذي يحقق نتائج صحيحة بأقل عدد من الخطوات اللازمة وأقل قدراً من وقت المعالجة الحاسوبية. وفي النمذجة بنظم المعلومات الجغرافيّة، هناك العديد من السبل لتحقيق نفس النتائج، خاصة بالنسبة للنماذج التي تهدف إلى تمثيل الواقع الحقيقي. وكما هو الحال في الرياضيات، نجد أن القاعدة العمليّة 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 يوجهنا أو يساعدنا من خلال دراسة تفصيلية لمسألة الاقتصاد، أو لنقل مفهوم الكفاءة في نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة. 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 أناقةً، 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 الجغرافيّة ؛ 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 عمليّة التأكد من صحته أكثر سهولة.

٣– كلما زاد تعقيد بيئة العالم الحقيقي، زادت أهمية أن يُظهِر 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 الجغرافيّة. 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 عددا أقل من الخطوات يعني عددا 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 تخلصنا من الخطوات اللازمة في العمليّة، 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 الخرائطيّة في حين أن تنفيذ عمليّة إعادة تصنيف بسيطة سوف تحقق نفس النتائج؟

وأخيراً، يبدو البند (٤) واضحاً تماماً، لا سيما إذا كان عميلك مستخدم مبتدئ في نظم المعلومات الجغرافيّة. لقد استعرضنا بالدراسة نموذج ليسا أكثر من مرة في هذا الكتاب، والسبب وراء تطوير نموذج التخطيط هذا كنموذج جمعي (إضافي) خطي هو أنه يقدِّم طريقة يمكن فهمها بسهولة لتحقيق تراتيب 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 كيفيّة 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 المُعاودَة.

٦– نسبة الاقتصاد إلى إتقان النموذج.

لا يوجد الكثير من الإرشادات في المراجع حول كيفيّة قياس اقتصاد نموذج نظم المعلومات الجغرافيّة أكثر ممّا 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 قدّم أربعة أشخاص نموذجاً بنظم المعلومات الجغرافيّة، كل نموذج يقدِّم النتيجة المرجوة، فإن النموذج الأقل عدداً من الخطوات الحسابيّة 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 الخرائطيّة المتعددة، ومن ثم يتم فعلا 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 عمليّة واحدة أكثر تعقيداً. قد تكون العمليّة الواحدة المعقدة أكثر أناقةً، لكن قد يكون لها، أيضاً، أثراً سلبياً من ناحية أنها تتطلب المزيد من الوقت لشرحها. وفي هذه الحالة، عادةً 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 معامِل 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 النهائيّة. 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 المعاودات 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 عمليّة 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 الجغرافيّة أن العميل يريد نتائج معقولة وفي وقت مناسب أكثر من شرح مفصل عما يعمله أو يقوم به النموذج فعليا. بالطبع، نحن لا نزال نفترض أن مصمم النموذج يحاول الحفاظ على درجة معينة من النزاهة المهنية خلال عمليّة النمذجة.

ونظرا إلى إمكانيّة أن تحتوي نماذجنا، خاصة النماذج الموصِّفة، 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 الفعليّة من وجهة نظر استخدام نظم المعلومات الجغرافيّة بوصفها أداةً لصنع القرار. فبدلاً من جعل النموذج يختبر جميع الحالات المحتملة، فإن النموذج يمكن ببساطة أن يُطوَّر من جديد مع بيانات لحالات أو ظروف جديدة تُضاف حسب الحاجة. وفي مثل هذه الظروف، يحتاج كل من منمذج ومشغِّل نظام المعلومات الجغرافيّة أن يعملا 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 العمليّة 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 الجغرافيّة – مثل بناء نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة نفسه – هو في النهاية فن بقدر ما هو علم. فهو يتطلب فهما جيدا للمفاهيم الجغرافيّة، ومعرفةً دقيقةً بالموضوع، ونظرةً متعمقةً، وإبداعا، وخلفيةً جيدةً في التحليل المكاني. كل هذه بدورها تستفيد من الخبرة؛ فكلما زادت خبرة المنمذج كان أكثر قدرةً في إنتاج نماذج نظم معلومات جغرافيّة فعالة مع قدر قليل من الهدر أو الخسارة بقدر الإمكان. ومع تطور

واتساع خبرتك في النمذجة بنظم المعلومات الجغرافيّة، 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 أيّ تأثير. قد يبدو هذا التصريح غير عادي، في ضوء حجم المواد المقدمة حول هذه المواضيع الهامة، ولكن هناك حالات عندما يكون الهدف من الناتج النهائي من التحليل بنظم المعلومات الجغرافيّة ما هو إلا مجرد تقديم وثائق وتبرير للعملاء لاتخاذ قرار قد قاموا بتحديده سلفاً. وفي مثل هذه الحالات، يجب أن يقوم المنمذجون بنظم المعلومات الجغرافيّة، 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 النمذجة بنظام المعلومات الجغرافيّة هو الخطوة النهائيّة وربما هي الخطوة الأكثر أهمية في هذه العمليّة. إذا كنت تعمل لعملاء، فإن ما يدفعوه 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 الجغرافيّة. إن التحقق من النموذج لا يزال أكثر أهمية، أما قبول النموذج فهو ليس بذات الأهمية لك كمصمم نماذج. وعليه، فإن ما يهمك 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 منتجا مفيداً. وعلى أي حال، هذا بحد 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 تفاعليّة التي تتطلب القليل من التدريب للمشغلين غير المختصين في نظم المعلومات الجغرافيّة 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، أيضا، أن تجعل النموذج قادراً من خلال الواجهة التفاعليّة على طرح أسئلة غير اعتيادية والتي قد تكون إجاباتها مفيدة في ظروف محدّدة. قد ترغب، بالمقابل، في توقع مثل هذه الأسئلة (غير الاعتيادية) لكنك لا تقدم شيئاً حيالها ما لم يكن مطلوباً منك حسب الاتفاق التعاقدي مع العملاء. عادةً ما يكون هذا هو المتبع بحيث تتمكن من العمل

بصورة منظمة وواضحة مع العملاء ممّا 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 التفاعليّة واضحة بحيث تفسر نفسها بنفسها وسهلة الاستخدام. وينبغي، أيضاً، أن يكون لها القدرة على اختيار مجموعات البيانات الملاءمة وأداء المهام النمذجية – بعد ذلك – دون أن يحتاج المستخدم لمعرفة حقيقة ما يحصل داخل البرمجيات. ومع ذلك، فعندما تسلّم النموذج وواجهته التفاعليّة فإنه من المناسب أن يشتمل، كحد أدنى، مجموعة من التخطيطات أو الرسوم البيانانية التوضيحية التي تفسر، بعبارات 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 وصيغه 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 تُقدَّم 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 تعطيهم الإجابات التي يريدونها. وباستحضار الهدف الرئيس لمعظم المهام النمذجية بنظم المعلومات الجغرافيّة وهو توفير أدوات صنع قرار مكانيّة، فإنه ينبغي أن تعلم أنه حتى النماذج الصالحة قد تكون غير مقبولة للعملاء، خاصة إذا كانت أجندتهم أو أهدافهم هي شيئ آخر أكثر من مجرد صنع قرار عقلاني محض. فإذا كانت عمليّة صنع القرار لديهم تقوم بشكل كبير على دوافع سياسية (أو إدارية) أكثر ممّا 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 يُؤسس له جيداً عند عمليّة تصور النموذج وصياغته –إلا أن هذا لا يحدث، في بعض الأحيان، وعليه يتعيّن عمل تعديلات.

ثمة جانب آخر لمقبولية نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة وهو ما يتعلق بالزمن (مدة التنفيذ) أكثر من عمليّة 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 أداةً 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 يذكرك هذا بأن القيود الزمنية المتعلقة بتاريخ تسليم النموذج يجب تحديدها بوضوح في وقت مبكر من عمليّة 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 مكانيّة (وصفيّة) 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 طُوِّر كتمرين أكاديمي، إلا أنه قد يكون – وهذا محتمل – نتيجةً 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 عمليّة صنع قرارات حقيقية مطلوب تنفيذها، خاصة إذا كانت تنطوي على ممتلكات حقيقية، فإن هناك دائماً إمكانيّة وجود تقاضٍ. تشمل العديد من نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة في مكان ما، إما ضمن الوثائق وإما في تصريح أو تقرير منفصل، فقرةً صريحةً تفيد أن هناك بيانات ناقصة في النموذج وأنك كمصمم للنموذج لست مسؤولاً عن القرارات التي تتخذ على أساس النموذج أو، أكثر تحديداً، عن القرارات المبنيّة 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 عمليّة النمذجة، فإنه من غير المرجح أنك لن تكون على علم مسبق بأن بعض البيانات سوف تكون ناقصة. فما إن تعلم بالمشكلة، يجب عليك أن تخطر العملاء وتطلب منهم اقتراحات قبل المضي قدماً في العمل. قد يضر هذا بمصداقيتك بدرجة بسيطة، لكن هذا الضرر أقل بكثير ممّا 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 الجغرافيّة، سوف ينظرون إلى نظام المعلومات الجغرافيّة باعتباره حلاً شافياً، لكنك، كمنمذج، عليك أن تدرك جيدا أنه ليس كذلك. من الأفضل أن تبدد هذه الأسطورة في وقت مبكر قبل المضي قدما 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 لعمليّة صناعة القرار المكاني.

مراجعة الفصل

لن يكون لنموذج نظام المعلومات الجغرافيّة فائدة كبيرة إذا لم يوفر للعميل دعماً لصنع القرار، حتى لو كنت أنت العميل. تتطلب القرارات من نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة أن ينفذ النظامُ أو البرنامجُ الخوارزمياتِ بشكل صحيح، وأن الخوارزميات تمثّل الصفات والعمليات البيئيّة قيد المحاكاة بدرجة كبيرة، وأن يكون النموذج مقبولاً للعميل في الشكل والمضمون على حد سواء. اهتم هذا الفصل بخاصيتين أساسيتين لصحة النموذج – تحليل إمكانيّة

التحقق حسابياً من النموذج وإمكانيّة صلاحيته كنموذج صحيح للبيئة. بالإضافة إلى ذلك، بحث الفصل في مقبولية النموذج للعميل من ناحية كون النموذج أداةً سهلة الاستخدام وإنه يقدّم فعلاً إجابات تدعم عمليّة صنع القرار.

إن التحقق من نموذج نظم المعلومات الجغرافيّة هو مقياس لمدى صحة النموذج في تنفيذ الخوارزميات المقبولة للمهام الحسابيّة الداخلية التي عادةً ما يقوم بها. وتتطلب هذه العمليّة 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 الفرعيّة 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 عمليّة طرحية. في الحالة الأخيرة، إذا كانت النتائج متسقة، ينبغي لها أن تسفر عن شبكة (خلوية) تتألف كلياً من الأصفار.

أما التحقق (التثبت) من صلاحية نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة فهو مقياس لمدى كفاءة تمثيل النموذج وخوارزمياته للبيئة الفعليّة. قد تتطلب هذه العمليّة 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 ثمّ 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 الجغرافيّة. ينبغي أن يشتمل النموذج، أيضاً، على واجهة مستخدم بيانية تفاعليّة ملاءمة إذا كان العميل أو مشغلو نظام المعلومات الجغرافيّة سوف يستخدمونه للتحليل. وعندما يكون النموذج في شكله النهائي مقبولاً لدى العميل فإنه عندها فقط نستطيع أن نقول أن عمليّة النمذجة انتهت.

مواضيع المناقشة

١– في إطار النمذجة بنظام المعلومات الجغرافيّة، ما الفرق بين التحقق من النموذج والتثبت 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 تفصّل وتشرح المنهجيات الأخرى.

٣– إذا كنت لا تعرف خوارزمية لعمليّة معينة داخل نظام المعلومات الجغرافيّة 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 ذُكرت في الكتاب.

٥- صف بإيجاز ما المقصود باقتصاد نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة. 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 أيّ ظروف يمكن أن يكون العميل على استعداد لقبول نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة حتى لو ثبت أن النموذج لا يمكن التحقق منه أو أنه غير صالح؟ هل يمكن أن تقدم تفصيلاً لحالات محدّدة لاحظت فيها هذا بنفسك؟

٨- إذا انتجت 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 الجغرافيّة؟

أنشطة تعليمية

١- حمِّل 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 نفِّذ العمليات اليدوية لتحصل على مجموعة نتائج مرجعية تختبر الخوارزمية على أساسها. استخدم برنامجك لإجراء العمليات على قاعدة البيانات بأكملها. اختبر الآن إمكانية تطابق نتائج الخلايا المختارة التي قيمتها يدويا مع تلك المُخرجة من حزمة نظام المعلومات الجغرافيّة 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 نفّذ نفس العمليّة مرة أخرى على نفس شبكة خطوط الماء. اعطِ النتيجة اسم: "اختبار ٢". قم الآن بعمليّة مطابقة طرحية. ماذا كانت النتيجة؟ اقترح أنواعاً أخرى من المطابقات التي يمكن تطبيقها، أيضاً، لفحص تكراريّة العمليّة.

٣- من خلال استخدام قاعدة بيانات نموذج ليسا وطريقة واحدة أو أكثر من طرائق التثبت من صلاحية النموذج التي وردت في هذا الفصل، حدّد طريقة منطقيّة للتثبت من صلاحية النموذج. لعمل ذلك، قد تحتاج إلى

وضع بعض الافتراضات حول كيفيّة عمل الأشياء في مقاطعة دوغلاس، بولاية كانساس. وكبديل 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. شغّل النماذج واختبرها من منظور الاقتصاد.

٥- أنشئ واجهة مستخدم تفاعليّة باستخدام برنامجك وقاعدة بيانات نموذج ليسا بحيث تسمح للمخططين بتنفيذ عمليّة 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، وركّز على جزء واحد من قاعدة البيانات.

obeikandl.com

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.

Algarni, 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 forMechanical 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 Ecophysiographic 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 Contuous 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 Gensis 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 Quadtrees." *International Journal of Geographical Information Systems* 4(2):103–131.
Shannon, C.E., and Weaver, W., 1949. *A Mathematical Theory of Communication.* Urbana, II: 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 of Knowledge 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., Karssenberg, 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.

obeikandl.com

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.

obeikandl.com

obeikandl.com

ثبت المصطلحات

أولاً: عربي– إنجليزي

أ

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

obeikandl.com

أعداد نسبية	Rational Numbers
أخطاء التدوير	Rounding Errors
الآلية الخلويّة	Cellular Automata (CA)

ب

بناء الإجماع	Consensus Building
بدائل البيانات	Data Surrogates
البرمجة الخطّيّة	Linear Programming
بانئ النماذج (برنامج)	Model Builder
البيانات الخلويّة	Raster Data
البنية التحتيّة للبيانات المكانيّة الوطنية (الأمريكية)	National Spatial Data Infrastructure (Nsdi)

ت

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

obeikandl.com

Model Implementation	تنفيذ أو تطبيق النموذج
Quadtrees	التفريع التربيعي
Object Orientation	التوجه الهدفي
Quantization	تقسيم إلى وحدات أو أجزاء صغيرة
Tessellations	تقسيمات فسيفسائية
Time Series Analysis	تحليل السلسة 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 الإحصائيّة
Unsupervised Classification	التصنيف غير المُراقب
Validation Of Model	التحقق (التثبت) 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

obeikandl.com

ح

حل التعارض	Conflict Resolution
الحقيقة الأرضية	Ground Truth
حاسبة خرائطية	Map Calculator
حفظ السجلات	Recordkeeping
حواسيب متقدمة جداً	Supercomputers
حدود حوض التصريف (خطوط تقسيم المياه)	Watersheds

خ

الخطأ	Error
خلايا الشبكة	Grid Cells
خريطة	Map
خطأ القياس	Measurement Error
خلية (بكسل) أو عنصورة	Pixel

د

درجة الوضوح	Resolution

ذ

الذكاء الاصطناعي	Artificial Intelligence

ر

الرسوم البيانية الخلويّة الرقميّة	Digital Raster Graphics (Drgs)

obeikandl.com

س

Surfaces	السطوح
Friction Surface	سطح احتكاك

ش

Networks	شبكات (خطّيّة)
Stream Networks	شبكة المجاري المائية
Triangulated Irregular Network (TIN)	الشبكة المثلّثيّة غير المنتظمة

ص

Accuracy	الصّحة
Locational Accuracy	الصّحة الموقعية
Model Formulation	صياغة النموذج

ض

Flow Control	ضبط (أو التحكم في) سير العمل
Quality Control	ضبط الجودة

ط

Cartographic Overlay	طبقة خرائطيّة
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

obeikandl.com

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

ع

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

ق

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

ل

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

م

المجال الإحداثي الكارتيزي	Cartesian Coordinate Space
مستجمعات (مائية)	Catchments
مقبولية النماذج	Acceptability Of Models

obeikandi.com

Operators	معامِلات
Arithmetic Operators	معامِلات حسابية
Aspatial Operators	معامِلات غير مكانيّة (وصفيّة)
Assignment Operators	معامِلات التخصيص
Accumulative Operator	معامِلات تراكمية
Bitwise Operators	معامِلات بتّيّة
Boolean Operators	معامِلات بوليانية
Combinatorial Operators	معامِلات إندماجية
Logical Operators	معامِلات منطقيّة
Relational Operators	معامِلات 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	منهجيّة جمع العينة الحقلية
Filters	مرشّحات
Fuzzy Logic	المنطق الهدبي
Hierarchical Approach	المنهجيّة الهرميّة
Iteration	معاودَة (تكرار)
Interval Scale	المقياس الفاصلي (للبيانات)
Metadata	معلومات البيانات
Model Acceptability	مقبولية النموذج
Neighborhood Criteria	معايير الجوار
Ordinal Scale	المقياس الترتيبي (للبيانات)
Ratio Scale	المقياس النسبي (للبيانات)
Parallel Processing	المعالجة الموازية أو المتزامنة

obeikandl.com

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

ن

Advective Dispersion Modeling	نمذجة التشتت التأفقية
Algorithmic Models	النماذج الخوارزمية
Atomistic Models	النماذج التجزيئية
Synthetic GIS Model	نموذج نظام معلومات جغرافيّة توليفي
Cartographic Modeling	النمذجة الخرائطيّة
Orpheus Land Use Allocation Model	نموذج أورفيوس لتخصيص استخدام الأرض
Database Management Systems (DBMS)	نظم إدارة قواعد البيانات
Deconstructive Models	نماذج تفكيكيّة
Deductive Models	نماذج استدلاليّة
Descriptive Models	نماذج وصفيّة
Deterministic Models	نماذج حدية (قطعية)
Prescriptive Models	نماذج موصِّفة
Digital Elevation Models (Dems)	نماذج الارتفاع الآلية أو الرقميّة
Drainage Systems	نظم التصريف المائي
Dynamic Modeling	النمذجة الديناميكيّة (المتحركة)
Expert Systems	النظم الخبيرة
Extended Raster Models	النموذج الخلوي الموسع (أو المطور)
Fire Models	نماذج الحريق

obeikandl.com

Flow Models	نماذج التدفق
Geographic Information Systems (Giss)	نظم المعلومات الجغرافيّة
GIS Modeling	نمذجة نظم المعلومات الجغرافيّة
Global Positioning Systems (GPS)	نظم التوقيع (أو التحديد) المكاني
Heuristic Models	النماذج الموجِّهة (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 جغرافيّة تنبؤي
Prescriptive GIS Model	نموذج نظام معلومات جغرافيّة موصِّف
Raster GIS Modeling	النمذجة الخلويّة بنظام المعلومات الجغرافيّة
Regionalized Variable Theory	نظرية المتغير المُأقلم
Relational Database Management Systems (RDBMS)	نظم إدارة قواعد البيانات العلائقية
Sampling Theory	نظرية أخذ العينات
Set Theory	نظرية المجموعات
Simple Raster Model	النموذج الخلوي البسيط
Stochastic Models	نماذج عشوائية
Temporospatial Modeling	النمذجة المكانيّة الزمانيّة
Three-Dimensional Modeling	النمذجة ثلاثية البعد
Vector GIS Modeling	النمذجة بنظام المعلومات الجغرافيّة الخطي

ه

Knowledge Engineering	هندسة المعرفة

obeikandl.com

الهدبية المثالية المزاحة	Displaced Fuzzy Ideal
هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية	U.S. Geological Survey

و

واجهة المستخدم البيانية التفاعليّة	Graphical User Interface (GUI)
الوظائف التركزيّة	Focal Functions
وظيفة (تنفيذ)	Function
الوظائف الأسّيّة	Exponential Functions
الوظائف الشموليّة	Global Functions
الوظائف المحليّة	Local Functions
الوظائف اللوغرائمية	Logarithmic Functions
الوظائف الشموليّة متعددة المتغيرات	Multivariate Global Functions
وظيفة حاسبة الجوار	Neighborhood Calculator Function
الوظائف الكتليّة	Block Functions
وظائف إعادة التصنيف	Reclassification Functions
وظائف الاختيار	Selection Functions
الوظائف الإحصائيّة	Statistical Functions
الوظائف السطحية	Surface Functions
الوظائف الحسابيّة المثلثية	Trigonometric Functions
الوظائف الشموليّة أحادية المتغير	Univariate Global Functions
وظائف المسافة الموزونة	Weighted Distance Functions
الوظائف النطاقيّة	Zonal Functions

obeikandl.com

ثانياً: إنجليزي – عربي

A

Acceptability Of Models	مقبولية النماذج
Accumulated Flow	التدفق المتراكم
Accumulative Operator	معامِلات تراكمية
Accuracy	الصّحة
Advective Dispersion Modeling	نمذجة التشتت التأفقية
Aerial Photography	التصوير الجوي
Algorithmic Models	النماذج الخوارزمية
Arithmetic Operators	معامِلات حسابية
Artificial Intelligence	الذكاء الإصطناعي
Aspatial Operators	معامِلات غير مكانيّة (وصفيّة)
Aspect	اتجاه الميل (واجهة الانحدار)
Aspect	اتجاه الميل (واجهة الانحدار)
Assignment Operators	معامِلات التخصيص
Atomistic Models	النماذج التجزيئية
Autocorrelation	الارتباط الذاتي

B

Basins	أحواض (مائية)
Binary Mapping	التمثيل الخرائطي الثنائي
Bitwise Operators	معامِلات بتّيّة
Block Functions	الوظائف الكتليّة
Boolean Operators	معامِلات بوليانية

C

Cartesian Coordinate Space	المجال الإحداثي الكارتيزي
Cartographic Modeling	النمذجة الخرائطيّة

obeikandl.com

Cartographic Overlay	طبقة خرائطيّة
Catchments	مستجمعات (مائية)
Cellular Automata (CA)	الآلية الخلويّة
Centroid Method (Of Cell Encoding)	طريقة المركز (لترميز الخلية)
Classification	التصنيف
Cluster Analysis	تحليل التكتل
Coding Raster Data	ترميز البيانات الخلويّة
Combinatorial Operators	معامِلات إندماجية
Compartmentalization	التجزئة المقصورية
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 تفكيكيّة
Deductive Models	نماذج استدلاليّة
Delphi Technique	طريقة دلفي
Descriptive Models	نماذج وصفيّة
Deterministic Models	نماذج حدية (قطعية)
Digital Elevation Models (Dems)	نماذج الارتفاع الآلية أو الرقميّة
Digital Raster Graphics (Drgs)	الرسوم البيانية الخلويّة الرقميّة

obeikandl.com

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 الديناميكيّة (المتحركة)

E

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

F

Factor Interaction Matrix	مصفوفة تفاعل العوامل
Factors	عوامل
Field Sampling Methodology	منهجيّة جمع العينة الحقلية
Field Validation	التحقق الحقلي
Filters	مرشّحات
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 التركزيّة
Friction Surface	سطح احتكاك

obeikandl.com

Function	وظيفة (تنفيذ)
Functional Patterns	الأنماط الوظيفيّة
Fuzzy Logic	المنطق الهدبي

G

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

H

Heuristic Models	النماذج الموجِّهة (إرشادية)
Hierarchical Approach	المنهجيّة الهرميّة
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	معاودَة (تكرار)

J

Jacknifing	الاقتطاع الجزئي للبيانات (إحصاء)

obeikandl.com

K

Knowledge Engineering	هندسة المعرفة
Kriging	طريقة الكريغنغ لاشتقاق السطوح

L

Latent Functional Patterns	أنماط وظيفية كامنة
LESA (Land Evaluation And Site Assessment)	نموذج تقييم الأرض وتقدير الموقع "ليسا"
Linear Programming	البرمجة الخطّيّة
Local Functions	الوظائف المحليّة
Locational Accuracy	الصّحة الموقعية
Logarithmic Functions	الوظائف اللوغرائمية
Logical Operators	معامِلات منطقيّة
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	بانئ النماذج (برنامج)
Model Conceptualization	تصور النموذج
Model Consistency	ثبات النموذج
Model Formulation	صياغة النموذج
Model Implementation	تنفيذ أو تطبيق النموذج

obeikandl.com

Moore Neighborhoods	جوارات مور
Most Important Type Method	طريقة النوع الأكثر أهمية (لترميز الخلية)
Multivariate Global Functions	الوظائف الشموليّة متعددة المتغيرات

N

National Spatial Data Infrastructure (Nsdi)	البنية التحتيّة للبيانات المكانيّة الوطنية (الأمريكية)
Neighborhood Calculator Function	وظيفة حاسبة الجوار
Neighborhood Criteria	معايير الجوار
Neighborhoods	جوارات
Networks	شبكات (خطّيّة)

O

Object Orientation	التوجه الهدفي
Operators	معامِلات
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 جغرافيّة تنبؤي
Prescriptive GIS Model	نموذج نظام معلومات جغرافيّة موصِّف
Prescriptive Models	نماذج موصِّفة
Presence/Absence Method	طريقة وجود مقابل غياب (للترميز الخلوي)

obeikandl.com

Q

Quadtrees	التفريع التربيعي
Quality Control	ضبط الجودة
Quantization	تقسيم إلى وحدات أو أجزاء صغيرة

R

Radiotelemetry	القياس الراديومتري (قياس عن بعد)
Raster Data	البيانات الخلويّة
Raster GIS Modeling	النمذجة الخلويّة بنظام المعلومات الجغرافيّة
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 المُأقلم
Regression Analysis	تحليل التراجع بين متغيرين أو أكثر (الانحدار)
Relational Database Management Systems (RDBMS)	نظم إدارة قواعد البيانات العلائقية
Relational Operators	معامِلات علائقية
Remote Sensing	الاستشعار عن بعد
Repertory Grid	مصفوفة 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

obeikandl.com

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 المكانيّة
Spatial Information Product (SIP)	منتج المعلومات المكانيّة
Statements, In Map Algebra	جمل الإسناد البرمجية في الجبر الخرائطي
Statistical Functions	الوظائف الإحصائيّة
Statistical Techniques	التقنيات أو الطرائق الإحصائيّة
Stepped Matrix Approach	منهجيّة 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 جغرافيّة توليفي

T

Temporospatial Modeling	النمذجة المكانيّة الزمانيّة
Tessellations	تقسيمات فسيفسائية
Three-Dimensional Modeling	النمذجة ثلاثية البعد
Thresholding Limit Value	قيمة مدى (أو عتبة) حدّيّة
Time Series Analysis	تحليل السلسة الزمنية

obeikandl.com

Trend Surface Analysis	تحليل سطح الاتجاه العام
Triangulated Irregular Network (TIN)	الشبكة المثلّثيّة غير المنتظمة
Trigonometric Functions	الوظائف الحسابيّة المثلثية
Two-Dimensional Space	المجال (الفراغ) ثنائي البعد

U

U.S. Geological Survey	هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية
Univariate Global Functions	الوظائف الشموليّة أحادية المتغير
Unsupervised Classification	التصنيف غير المُراقب

V

Validation Of Model	التحقق (التثبت) من صلاحية النموذج
Vector GIS Modeling	النمذجة بنظام المعلومات الجغرافيّة 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 النطاقيّة
Zoning	تقسيم (الأراضي)

obeikandl.com

obeikandl.com

كشاف الموضوعات

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

الاقتطاع الجزئي ٢٥٢

الآلية الخلوية ٢٦، ٢٧، ٤٣

الانحدار ٣٠، ٨٤، ١٠٦، ١٠٨، ١١٠، ١١١، ١١٤، ١١٥، ١٢٢، ١٢٣

الأنماط الجيومورفولوجية ١٣٨

الأنماط الوظيفية ١٤٢، ١٤٣، ١٤٥، ١٤٦، ١٦٣

أنماط كامنة وظيفية ١٤٤

أنماط وظيفية مماثلة ١٤٤

ب

بانئ 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 الحقلي ٢٥٠

obeikandi.com

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 الغاوسياني الاعتدالي ١٢٣
التصنيف ١٣، ٣٤، ٣٩، ٨٥، ٨٧، ٩٧، ١٠٨، ١٢٣، ١٢٤، ١٢٦، ١٢٧
التصنيف غير المُراقب ١٢٤
تصور النموذج ١٢٦، ١٦٢، ١٦٧، ١٦٨، ١٨٣، ١٨٧، ١٨٨، ٢١٥، ٢٢٣
التصوير الجوي ٣٠، ١٣٤، ١٥٢
التعارض المكاني ٢٢٣، ٢٢٤، ٢٣٣، ٢٣٦
التفريع التربيعي ٢٥، ٤٤
تقسيم الأراضي ١٤٠
تقسيمات فسيفسائية ١٤
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

obeikandl.com

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

الصحة ٢، ١٤، ١٧، ١٩، ٣١، ٣٣، ٣٩، ٤٠، ٥٤، ٧٧، 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

م

obeikandi.com

المثالية الهدبية المزاحة ٢٣٤، ٢٣٦
المجال الإحدائي الكارتيزي ١٧
مرشِّحات 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 البتِّيّة 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
معاودَة ٢٦، ٤٢، ٥٠، ٧٥، ١٠٨، ١٨٩، ٢٠٧، ٢١٦
معايير الجوار ٢٢٦
معايير الحالة ٢٢٦، ٢٢٩، ٢٣٠، ٢٣٦
معايير الموقع ٢٢٦، ٢٢٩، ٢٣٠، ٢٣٦
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 الهدبي ٨، ١٠، ٢٣٥
المنطقة المساهمة ١١٢، ١١٧، ١١٩
منهجية المصفوفة المتدرجة ٢٣٣

ن

نظرية أخذ العينات ٣٦
نظرية المتغير المُأقلم 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 التجزيئية ١٦٠

obeikandl.com

النماذج الحدية ١٦١، ١٦٣
النماذج الخوارزمية ١٦٢
النماذج الكلية ١٦٠
النماذج الوصفية ١٥٧، ١٥٨، ١٥٩، ١٦٣، ١٧٠، ١٧١، ١٩٠، ١٩٤
نمذجة التشتت التأفقية ١٢٢
النمذجة الخرائطية ٨، ٩، ١١
النمذجة الديناميكية ٢٦
النمذجة اللوجستية ١٥٦
النمذجة المكانية الزمانية ٥، ١١
نمط ٦، ٩٤، ١٣٥
النموذج الخلوي البسيط ٢٠، ٢٣، ٢٤، ٢٦، ٤٤، ٥٢، ٥٩
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

هـ

هندسة المعرفة ١٣١، ١٥٠، ١٥١، ١٦٣

و

واجهة الانحدار ١١١، ١١٤، ١١٥، ١٢٤، ١٢٧، ١٥٥، ٢٠٥
واجهة المستخدم البيانية التفاعلية ٢٠٧
وظائف إعادة التصنيف ٨٦
الوظائف الإحصائية ٨٨
وظائف الاختيار ٨٧
الوظائف الأسّية ٨٥
الوظائف التركزية ٧٢، ٩٠، ٩١، ٩٢، ٩٥، ٩٧، ١٢٦، ١٢٨
الوظائف الحسابية المثلثية ٨٤
الوظائف الشمولية ٧٢، ٩٧، ٩٨، ١٠٠، ١٠٨، ١٢٣، ١٢٦، ١٢٨، ٢٤٦
الوظائف الشمولية متعددة المتغيرات ١٠٠
الوظائف الكتلية ٧٢، ٩٧، ١٢٦، ١٢٨
الوظائف اللوغاريثمية ٨٥
الوظائف المحلية ٤٤، ٧٢، ٨٢، ٨٣، ٨٤، ٨٥، ٨٦، ٨٨، ٩١، ٩٩، ١٢٦، ١٢٧، ١٢٨
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

obeikandl.com

obeikandl.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.

obeikandl.com

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، وشجّعت على إعادة النظر في المفاهيم السابقة، وقدّمت 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 والمطبقين 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، وبيّن بجلاء أن هدف عملية النمذجة هو أن تكون عونا وأداة فعالة لصنع القرار، وهذا يعني أنها ستفيد صانع القرار متى ما اُستكلمت جوانبها، والعكس صحيح. فبيّن المؤلف أساليب النمذجة وأنواعها وخطواتها وتسلسلها وأخيرا التحقق منها، بل بيّن كثيرا من مميزاتها، 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.

obeikandl.com