الفصل السابع

صياغة النموذج، ورسم مخططات سير عمله، وتنفيذه
MODEL FORMULATION, FLOMCHARTING, AND IMPLEMENTATION

أهداف تعليميّة

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

١- إنشاء مخطط لكل وحدة من وحدات نموذج نظم معلومات جغرافيّة مصاغاً حسب الأصول باستخدام كل من الطريقة اليدوية أو أي برامج حاسوبية متوفرة لرسم مخططات سير العمل.

٢- استخدام قدرات برامج نظم المعلومات الجغرافيّة لرسم مخططات سير عمل للنماذج تلائم تلك البرامج.

٣- دمج مخططات سير كل وحدة من وحدات النموذج في مخطط مركب للنموذج الكامل في نظام المعلومات الجغرافيّة؛ وبعمل ذلك، يبيّن الطالب كيف يتقدم اتجاه سير العمل في صياغة النموذج مقابل تنفيذ النموذج.

٤- مناقشة لماذا يعد عمل المخططات أمراً بالغ الأهمية لصياغة نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة، خصوصاً ما يتعلق بعزل العناصر الأساسية للخريطة الموضوعيّة والروابط فيما بينها.

٥- توضيح بعض الطرائق المختلفة لرسم المخططات لنموذج نظام المعلومات الجغرافيّة ومناقشة مزايا وعيوب كل منها مع الإشارة بصفة خاصة لاحتياجات المستخدمين وتوثيق عمليّة اتخاذ القرار لعمليتي التحقق من النموذج واختبار صلاحيته في وقت لاحق.

٦- توضيح دور مخطط النموذج في الكشف عن عناصر الخريطة الموضوعيّة الناقصة أو الزائدة.

٧- توضيح كيف يمكن تضمين البيانات غير المكانيّة والمعامِلات أو أياً منهما في مخطط النموذج.

٨- وصف كيف يمكن استخدام مخطط نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة لتوسيع أو تعديل نموذج ما حين اكتشاف بيانات جديدة، أو العثور على معارف جديدة، أو تطوير منهجيات جديدة.

٩- وصف وإيضاح كيف يمكن تضمين مخطط نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة في مخططات نماذج أكبر وأكثر تعقيداً، ممّا يدل على هذا النهج التجزيئي للنمذجة بنظم المعلومات الجغرافيّة.

obeikandi.com

١٠- توضيح استعمال القدرات التخطيطية لبرنامج نظم المعلومات الجغرافيّة الخاص بك في تنفيذ نموذج معين.
١١- توضيح دور معلومات البيانات (Metadata) في تنفيذ نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة.
١٢- تقديم حلول للنماذج التي تكون مقيداتها البيئيّة إما ضيقة جداً، وإما فضفاضة جداً.
١٣- استخدام خدمة آلية (مؤتمتة) واحدة على الأقل لإنشاء معلومات عن البيانات.

جعل النموذج التصوّري ذا معنى

تعد عمليّة النمذجة بنظم المعلومات الجغرافيّة - كما رأينا في الفصل السادس - عمليّة معقدة، ومتعددة العناصر، ومتكررة، وذلك في كثير من الأحيان، لا سيما عند العمل مع النماذج الموصّفة. إن النموذج الموصّف هو في الحقيقة أكثر أنواع نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة تفاعلاً، إذ يتطلب، في كثير من الأحيان، تكراراً متعدداً لعمل المخططات، وإنشاء الخرائط المؤقتة، والتحليل، والناتج أو المخرج. هذه هي ذروة العمليّة الدوريّة لنظم المعلومات الجغرافيّة؛ إذ أننا ننتقل من نظام فرعي واحد (أي المُدخلات، والتخزين والتحرير، والتحليل، والإنتاج) إلى نظام فرعي آخر عند الرغبة.

كانت عمليّة رسم مخططات النماذج في الماضي عمليّة مجهدة، وتتطلب، في الغالب، استخدام هياكل مخططات بلاستيكية، أو برامج غير مألوفة. وكما سترى في وقت لاحق من هذا الفصل، فالمخطط عبارة عن طريقة رائعة لهيكلة المقصورات التي تخيلناها في عمليّة وضع التصوّر للنموذج، ولتحديد العناصر الضرورية، وتحديد العلاقات الوظيفيّة بين المواضيع. وللأسف، فإن انفصال الخدمة الوظيفيّة لعمليّة التخطيط عن عمليّة التنفيذ الفعلي للنمذجة لا يشجع على استخدامه. وحتى مع أبسط النماذج الموصّفة في نظم المعلومات الجغرافيّة، فهي كثيراً ما تتطلب تكراراً متعدداً، وتتطلب بعض النماذج الوصفيّة، أيضاً، إنشاء طبقات خلوية موضوعيّة مؤقتة يجب تقييمها، قبل المضيء قدما للخطوة اللاحقة. وفي مثل هذه الظروف، سيكون معظم المنمذجين أكثر ميلاً للاستمرار في دورة العمل، وفحص الطبقات المؤقتة، واتخاذ القرارات، والانتقال إلى الخطوة التالية، بدلاً من التوقف وإنتاج مخطط جديد، أو تعديل مخطط قائم يدوياً أو عن طريق استخدام برامج مستقلة. وعادةً ما ينجم عن مثل هذه المنهجيّة المنفصلة والخاصة، الانتهاء من النمذجة بسرعة، مع قليل من الصياغة القياسية أو بدونها، وفي غياب التوثيق اللازم لعمليّة التحقق من النموذج فيما بعد.

ولحسن الحظ، فإن بعض برامج نظم المعلومات الجغرافيّة الحديثة في الوقت الحاضر تتضمن قدرات تخطيطية تتميز بأنها تتكامل بشكل صريح مع عمليّة النمذجة. يتيح هذا للمنمذجين استخدام المخطط بشكل تفاعلي، وبهذا يساعدهم على تنظيم أفكارهم، وإنتاج خرائط موضوعيّة مؤقتة (بينيّة)، ومخططات مؤقتة، وكل منها ذو قيمة نفيسة جداً لكل من عمليات النمذجة، والتحليل، والتحقق من قبول النموذج. سوف استخدم في هذا الكتاب

نظامين، المنمذج المكاني في إرداس (ERDAS Imagine Spatial Modeler) وبانئ النماذج في حزمة برامج إسري (ESRI's Model Builder)، لتوضيح كيف يتم العمل وكيف يمكن استخدام ذلك لكل من تحسين وتوثيق عمليّة النمذجة بنظم المعلومات الجغرافيّة.

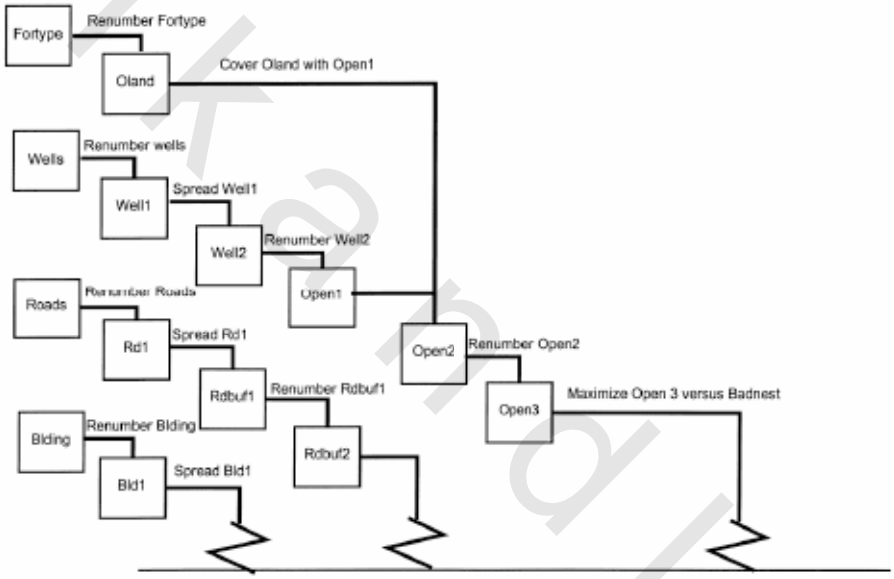
في الوقت الذي تعد عمليّة وضع التصوّر لنموذج نظام المعلومات الجغرافيّة عملا معمماً (عامّاً) إلى حد ما، ومهماً في نفس الوقت – إلا أن المهام المترابطة لتخطيط النموذج، وصياغته، وتنفيذه يتطلب منهجيّة صارمة وأكثر تحديدا. لقد أنشأنا أثناء عمليّة وضع التصوّر للنموذج مقصورات عامة. يجب علينا الآن أن نولّد نماذج فرعيّة فعليّة لكل مقصورة من هذه المقصورات، وعادةً ما نجزّئها، أيضاً، إلى نماذج أصغر. علينا الآن الانتقال في كل نموذج من الخرائط الموضوعيّة التقليديّة العامة إلى بيانات رقميّة محدّدة متى ما كان ذلك ممكنا، ومن البيانات الرقميّة غير المكانيّة إلى إما بدائل رقميّة، وإما معامِلات رياضيّة ومنطقيّة في حالة غياب البيانات المكانيّة. قد يكون الانتقال من خطوة إلى أخرى في النمذجة أهم جزء في العمليّة لأنه يتطلب من المنمذج أن يربط جميع العناصر (البيانات الخرائطيّة، والمعامِلات، والأوزان) للنموذج، فيربط المواضيع بالنماذج الفرعيّة، والفروع بالروابط التشغيلية الفعليّة. ويتطلب ذلك، أيضاً، توقع الإجراءات التكراريّة وتنفيذها لاستكمال النموذج وظيفياً في نظام المعلومات الجغرافيّة. سوف نبدأ أولا بالنظر إلى المقصورات وتفكيكها إلى طبقاتها الخلويّة الموضوعيّة.

فحص برامج عمل المخططات

يتوفر العديد من حزم برامج نظم المعلومات الجغرافيّة الخلويّة، ولأنها تختلف فكل برنامج له طريقته الخاصة التي تسمح للمستخدم أن ينشئ النماذج – إلا أن كثيراً منها تفتقر لوجود واجهة مصممة خصيصاً لعمل النمذجة مباشرةً من المخطط. وبالرغم من أن معظم هذه البرامج تستخدم منهجيّة برمجية، رغم كفائتها الوظيفيّة – إلا أنها تعيق، أحياناً، المستخدم للوصول مباشرة إلى قوة نظام المعلومات الجغرافيّة. ولأن عمليّة التخطيط تعد جزءاً مهما في صياغة نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة، وتركيبها، وتنفيذها، وتوثيقها بشكل منظم، فإني سوف أركز على اثنين من أكثر حزم نظم المعلومات الجغرافيّة حرفيةً وشيوعاً والتي تشتمل على منهجيّة صريحة لرسم المخططات – المنمذج المكاني في إرداس (ERDAS Image Spatial Modeler)، (ERDAS, 1999)، وبانئ النماذج من إسري (معهد بحوث النظم البيئيّة) (ESRI Model Builder)، (Environmental Systems Research Institute 2000). ولقد قُصد من هذا أن يكون تدليلاً على المفهوم أكثر منه تأييداً صريحاً لأيٍّ من هذين المنتجين.

دعونا، قبل أن نفحص هذين المنتجين، نلقي نظرة على مخطط نموذجي لنموذج نظام ملعومات جغرافيّة تم إنتاجه يدوياً لتكوين فكرة عما يتكون منه هذا المخطط. في نموذج لموطن الديك الرومي البري، انتجته زِف (Zeff, 1991) كجزء من أطروحتها للماجستير (الشكل رقم ٧,١)، يظهر كل عنصر خرائطي في شكل مربع، متصلاً

بخطوط، غالباً ما يكون له عمليّة أو إجراء يشير إليهما النص المكتوب فوق الخط أو تحته، يشرح كيفية ربط العناصر ببعضها. لعل هذا يعد أبسط شكل من أشكال مخطط النموذج، مع العلم أنه بالتأكيد ليس النوع الوحيد (انظر على سبيل المثال، DeMers, 2000a). إن بساطة هذا المخطط مفيدة، لأنها تقلّص النموذج إلى مكوناته وعملياته الأكثر أساسية. إن كلا الحزمتين الحرفيتين التي سنفحصها لاحقاً، هما إلى حد ما أكثر تعقيداً من هذا، لكن ليس بدرجة كبيرة. ويرجع تعقيدهما، بدرجة كبيرة، إلى الكيفيّة التي ينفذ بها البرنامج فعليا المكونات، وطبيعة أنواع المكونات التي ينبغي إدراجها في النموذج، وليس بالضرورة إلى الكيفيّة التي قد يختلف فيها نموذج موطن الديك الرومي نفسه وظيفياً عن نسخته الأصلية.



الشكل رقم (٧,١). جزء من نموذج موطن الديك البري. بالرغم من أن هذا منهج سهل في عمليّة تخطيط النماذج – إلا أنه يمتاز بفاعليته[١].

دعونا نلقي نظرة على مجموعة من الأيقونات المستخدمة في كل من هذين البرنامجين لنرى كل من أوجه التشابهات والاختلافات النسبية مقارنةً بذلك الذي انتجته زِف. نبدأ أولا بفحص قائمة الأيقونات في برنامج المنمذج المكاني (Spatial Modeler) (الشكل رقم ٧,٢). وبتجاهل أيقونة أداة الاختيار القياسية (العامة) في الأعلى والأيقونات التشغيلية الثلاث في الأسفل، فإنه يتبقى لنا الأيقونات التي سوف تستخدم في نهاية المطاف في صياغة

(١) الطبقات الأربع على اليسار هي الأصلية، حيث اُشتقت منها الطبقات الأخرى على اليمين، وخضعت لعمليات دمج ومطابقة فيما بينها. لأن بعض الطبقات غير واضحة المعنى (إختصارات) فقد أبقى المترجم نفس الأسماء دون ترجمة. (المترجم)

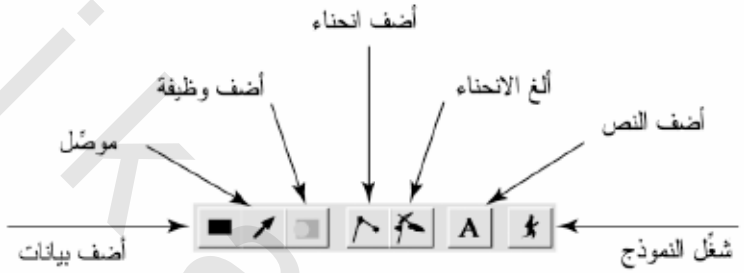
Openkandi.com

النموذج. ومن الصف الثاني، والقراءة من اليسار إلى اليمين، يكون لدينا ما يلي: (١) المُدخلات الخلويّة، و(٢) المُدخلات الخطّيّة، و(٣) مصفوفة المُدخلات، و(٤) المُدخلات المجدولة، و(٥) والمُدخلات العددية النسبية (Scalar). كل من هذه المُدخلات تمثّل شكلاً مختلفاً من العناصر التي يجب إدراجها في النموذج وكل منها يتوافق مع المربعات الأبسط كما جاءت في مخطط زِف (١٩٩١م). كما تشمل الأيقونات الأربع المتبقية إدراج كل من: (١) الوظيفة، و(٢) وظيفة المعايير، و(٣) موصِّل، و(٤) نص تعليقي. تتصل كل واحدة من هذه، بدرجة أو بأخرى، بالخطوط والنصوص المبسطة التي استخدمتها زِف في مخططاتها اليدوية.

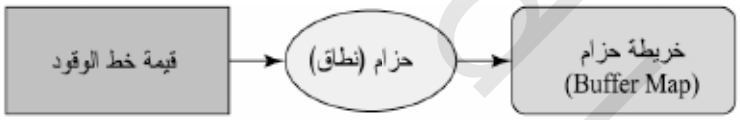
الشكل رقم (٧,٢). جزء من أيقونات إرداس (ERDAS) المستخدمة في برنامجه الخاص بالنمذجة. لاحظ كيف أن أيقونات إدخال البيانات مستقلة عن المعامِلات والموصّلات.

إن برامج عمل المخططات والصياغة داخل بانئ النموذج (Model Builder) من معهد بحوث النظم البيئة (ESRI) هي أبسط في مظهرها من تلك في المنمذج المكاني (Spatial Modeler)، لكنها ليست أقل تمثيلاً للإطار العام للنمذجة المقدم من توملن. توجد أيقونات الفتح الخاصة ببانئ النموذج في شريط أفقي، ويشمل: وظائف لإضافة البيانات؛ ووظائف المعالجة؛ والنص؛ وموصّلات؛ وأخرى لإضافة وحذف المنحنيات (الشكل رقم ٧,٣). تسمح المنحنيات بعمل مخططات أكثر جمالاً. إنه من خلال تشغيل بسيط لبرنامج التخطيط باستخدام نموذج ليسا لمقاطعة دوغلاس، كانساس، يتضح لنا كيف أننا انتقلنا من البيانات المُدخلة (خطوط الغاز، في هذه الحالة) من خلال عمليّة (التحزيم، في هذه الحالة)، ممّا نتج منه خريطة تحزيم (الشكل رقم ٧,٤). لاحظ كيف مُثّلت المُدخلات من

البيانات في المخطط في شكل مستطيل، والوظيفة في شكل بيضاوي، والمخرج في شكل مستطيل ذو حواف محدبة. بالرغم من الاختلاف الطفيف عن منتج إرداس (ERDAS) – إلا أن واجهة بانئ النموذج التفاعليّة ونظيرتها في المنمذج المكاني كلاهما تتشابهان بطريقة تلفت النظر مع المنهجيات القياسية التي ابتكرها أولا تومِلن لصياغة وتخطيط النموذج. لقد صُممّ البرنامجان بحيث يتيحان للمستخدم أن يخطط ويوثّق على حد سواء نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة. تبدأ هذه العمليّة بعزل النماذج الفرعيّة (المقصورات) كل على حدة، وتحديد عناصر البيانات المطلوب إدخالها وحل حساباتها الداخلية.



الشكل رقم (٧,٣). أيقونات التخطيط للنمذجة الخلويّة في نظام المعلومات الجغرافيّة من ESRI. هذه الأيقونات بسيطة نسبياً لكنها توفّر كل الأدوات الضرورية لإنشاء نموذج يشتغل فعليا بناءً على المخطط نفسه.



الشكل رقم (٧,٤). مخطط بسيط جدا باستخدام واجهة برنامج بانئ النماذج من ESRI. يبيّن هذا النموذج كيف يمكن رسم حزام حول خطوط الوقود لإنتاج خريطة لهذا النطاق. يسمح لنا هذا بنمذجة المسافة فيما بين خدمات المدينة الأخرى الممثلة ببيانات خطّيّة.

مدّ مقصورات النموذج بالطبقات الشبكية

لقد استخدمنا في وصف عمليّة تصور النموذج فكرة التشابه مع الشجرة التي اقترحها أولا تومِلن في عام ١٩٩٠م، وسوف نواصل، هنا، ذلك القياس. انظر مرة أخرى إلى الشكل رقم (٦,٩) وتمعّن في الأجزاء المكونة له. يمثّل الجذع من الشجرة منتجاً معلوماتياً مكانياً واحداً – نادر الحدوث على أي حال، لكنه ممكن بالتأكيد. في الحالة الأكثر شيوعاً والتي قد يحدث فيها أن يكون هناك أكثر من مخرج واحد للنموذج، فإنه يمكن تجاهل الجذع وتفضيل

الجذور. وبمتابعة الجذع نحو أعلى الشجرة باتجاه الفروع الرئيسة، كل فرع من فروع الأغصان هذه يمثّل شيئين – النماذج الفرعيّة (المقصورات) والروابط الوظيفيّة فيما بينها. أخيراً، تنتهي فروع الشجرة إلى الأوراق، كل منها يمثّل طبقة شبكية (خلوية) واحدة موضوعيّة والتي تمثّل البيانات المكانيّة صراحةً من نموذجنا التصوّري.

دعونا نفحص نموذج ليسا لمقاطعة دوغلاس للننظر كيف ننتقل من المقصورات العامة إلى التفاصيل الأكثر تحديداً من مكونات النموذج وموضوعاته الشبكية. ولتبسيط مناقشتنا، سنبدأ بإظهار قائمة بالمكونات الأصلية التي حدّدها فريق عمل النموذج (الجدول رقم ٧,١). سوف نزيد في تبسيط الأمور من خلال الاستمرار في صياغة نموذجنا، وتخطيطه، وتنفيذه في بعض المكونات التي تتماثل مع نفس معايير النموذج المبسطة التي حدّدها وليامز (١٩٨٥م) في مقاله.

تستطيع أن ترى في الجدول رقم (٧,١) أن لدينا الآن سبع مقصورات، تهدف كل واحدة منها إلى أن تمثّل جزءاً من كامل النظام الخاص بتقييم الموقع في نموذج ليسا. لقد حدّدنا مسبقاً ضمن هذه المقصورات بعض أنواع البيانات المكانيّة ومصادرها العامة المحتملة. يحصر الجدول قائمة، ضمن المقصورات أو النماذج الفرعيّة، الخرائط المصدريّة التي اُشتقت منها عناصر الخرائط الموضوعيّة النهائيّة المستخدمة (الأوراق في شجرة النمذجة) في التطبيق الأصلي لنظام المعلومات الجغرافيّة. بالإضافة إلى ذلك، يبيّن الجدول الوزن النسبي لكل عامل إضافي من عوامل تقييم الموقع. ورغم أن هذه تبدو واضحة – إلا أن الوصول إليها يتطلب من المنمذج أن يفهم تلك الروابط الوظيفيّة الموجودة بين كل مصدر من مصادر الخرائط وعوامل تقييم الموقع، وما الهدف من تمثيلها. هناك شيء واحد في الحقيقة يجب ذكره حول عوامل تقييم الموقع في نموذج ليسا، وهو أنه في الوقت الذي يكون للعامل أوزانه الخاصة به، إلا أن له، أيضاً، درجة من التوافق، وهو مقدار توافق أو امتثال كل مجموعة من العوامل مع الشروط البيئيّة المحدّدة التي من المفترض أن تمثّلها كل مجموعة. فعلى سبيل المثال، نجد في نموذج مقاطعة دوغلاس، أن كل شرط من الشروط أو درجات التوافق التالية تكون مصحوبة بدرجة أو علامة (Score) مسندة. يبيّن الجدول رقم (٧,٢) عاملين من عوامل تقييم الموقع، ودرجة امتثالهما للشروط البيئيّة، وبعض التقديرات التي تبيّن كيف سُجلت الدرجات لهما. ينتج عن هذا التقييم درجات نهائيّة لخلايا الشبكة وذلك لكل نموذج فرعي (نموذج واحد لكل عامل). نستطيع – بعدئذ – أن نوحّد أو نجمع بين هذه المواضيع ليس على أساس درجات امتثالها الداخلي فقط بل على أوزانها، أيضاً، وذلك من خلال عمليّة بسيطة من عمليات المطابقة الموزونة.

من الواضح أن هذا مثال بسيط. هناك نماذج أخرى عادةً ما تكون أكثر تعقيداً، في كثير من الأحيان، وتنطوي على زيادة كبيرة في العمليات الحسابيّة. لكن، يظل التصوّر، على أي حال، كما هو دون تغيير. فلكل نموذج فرعي مخططه الخاص به، وصياغة نمذجية خاصة به، أيضاً. إن الصياغة لا تساعدنا فقط في تحديد العناصر الخرائطيّة اللازمة ولكنها تساعدنا، أيضاً، في تحديد كيفيّة ربط النتيجة النهائيّة بالنماذج الفرعيّة أو مكوناتها. إن الروابط في مثالنا البسيط لتقييم الموقع هي أوزان أو إضافات بسيطة لشبكة موضوعيّة مُخرجة واحدة مع أخرى.

الجدول رقم (٧,١). الأوزان النسبية لكل عامل في نموذج ليسا.

عامل تقييم الموقع	الخريطة المصدر	الوزن النسبي
استخدام الأرض/الزراعة		
١- نسبة المنطقة الواقعة في الزراعة ضمن (١,٥) ميلا	استخدام الأرض	١٠
٢- الأرض الزراعية المجاورة للموقع	استخدام الأرض	٧
قابلية نجاح الزراعة اقتصاديا		
٣- حجم (مساحة) المزرعة	حجم قطعة الأرض	٢
٤- معدل حجم (مساحة) قطعة الأرض ضمن (١) ميل	حجم قطعة الأرض	٤
٥- الاستثمار الزراعي في المنطقة	-	٣
الشروط التنظيمية لاستخدام الأرض		
٦- نسبة المنطقة المخصصة للزراعة ضمن (١,٥) ميلا	التقسيم (Zoning)	٨
٧- تقسيم الموقع والمجاور له	التقسيم	٦
المواقع البديلة		
٨- توفر الأرض المخصصة لاستخدام مقترح	التقسيم	٦
٩- توفر أرض غير زراعية	التقسيم/الترب	٦
١٠- الحاجة إلى أرض حضرية إضافية متوافقة	استخدام الأرض/حدود المدينة	٨
توافق الاستخدام المقترح		
١١- توافق استخدام الأرض مع ما يحيط بها	استخدام الأرض	٧
١٢- المزايا أو الظواهر الفريدة	المناطق الفريدة	٣
١٣- التجاور مع المزايا أو الظواهر الفريدة	المناطق الفريدة	٢
١٤- عرضة الموقع للفضيان أو أنه في مجرى التصريف	هيدرولوجية السطح	٨
١٥- ملاءمة الترب لرمي النفايات في الموقع	الترب	٥
التوافق مع المخططات المعتمدة الرئيسة		
١٦- التوافق مع المخطط الشامل المعتمد	المخطط الرئيس	٥
١٧- ضمن منطقة نمو مخصصة	منطقة النمو	٥
البنية التحتيّة الحضريّة		
١٨- المسافة من حدود المدينة	حدود المدينة	٦
١٩- المسافة من شبكة المواصلات	شبكة المواصلات	٤
٢٠- المسافة من شبكة المياه المركزية	خطوط المياه	٤
٢١- المسافة من خطوط الصرف الصحي	خطوط الصرف الصحي	٤
المجموع	١١٤	
وحدة القياس: ٢٠٠ / (١١٤ x ١٠) = ٠,١٧٥	٠,١٧٥	

obeikandl.com

الجدول رقم (٧,٢). مثال على قيم التوافق الداخلي لعاملين من عوامل نموذج ليسا.

العامل	التوافق	القيمة
نسبة الأرض الزراعية ضمن (١,٥) ميلا	٦٣ ٪ — ١٠٠ ٪	١٠
	٣٥ ٪ – ٦٢ ٪	–
	٠ ٪ – ٣٤ ٪	٠
الأرض الزراعية المجاورة	كل جوانب الموقع في الزراعة	١٠
	جانب واحد مجاور لأرض غير زراعية	–
	جانبان مجاوران لأرض غير زراعية	–
	ثلاثة جوانب مجاورة لأرض غير زراعية	–
	أربعة جوانب محاطة بأرض غير زراعية	٠
...	...	...

يرتبط بكل مستوى توافق قيمة يمكن إسنادها لكل خلية في الشبكة.

لكن قبل أن نترك هذا المثال، نحن بحاجة إلى أن ننظر إليها عن قرب أكثر؛ لأن هذه الأوزان التي تبدو بسيطة ليست متاحة مباشرة من مواضيعها الشبكية الأولية. فإذا أخذنا، على سبيل المثال، العامل الأول لنسبة المنطقة أو المساحة ضمن (١,٥) ميلا، نرى من الجدول رقم (٧,١) إنه يجب أن نقسم هذا العامل إلى ثلاثة مكونات فرعيّة: (١) مناطق (٩٥ ٪) من مساحتها ضمن (١,٥) ميلا داخل الزراعة؛ و(٢) مناطق (٥٠ ٪) من مساحتها ضمن (١,٥) ميلا داخل الزراعة؛ و(٣) مناطق (١٠ ٪) من مساحتها ضمن (١,٥) ميلا داخل الزراعة. هناك بعض التعاريف التي يجب أن تُحدّد بوضوح وبعض التحليلات التي يجب اتمامها للحصول على هذه القيم. أولاً، يجب أن نحدّد ما الدرجة (Score) التي ستُعطى لتوافقات (٥٠ ٪) من الزراعة ضمن (١,٥) ميلا. علينا أن نرجع لفريق العمل لإسناد قيمة هنا. يمكن عمل اشتقاق بسيط يَسهُل تنفيذه لإسناد درجة (٥) أو (٦)، تبعا لرغبات فريق العمل. علينا – بعدئذ – أن نشرح ما نقوم به مع النسب المؤية المفقودة (أي ٥١ ٪ إلى ٩٤ ٪، و٩٦ ٪ وأكبر، وهلمّ جرّا). مرة أخرى، يتطلب هذا منّا أن نتواصل مع فريق العمل لاشتقاق هذه القيم. قد نتوقع بسهولة حلا معقولا ليكون على النحو التالي: (١) [٩٥ ٪ إلى ١٠٠ ٪] من المساحة الواقعة في الزراعة في حدود (١,٥) ميلا سوف تُعطى درجة أو وزنا مقداره (١٠)، و(٢) [٥٠ ٪ إلى ٩٤ ٪] ستعطى وزنا بقيمة مختلفة، و(٣) [١١ ٪ إلى ٤٩ ٪] ستُعطى قيمة أقل، و(٤) [١٠ ٪ أو أقل] تُعطى قيمة صفر (٠).

يجب أن تلاحظ ممّا فعلناه للتو أن لدينا في الواقع أربع فئات للتوافق لهذا العامل بدلاً من خمس. هذا يعني أننا بحاجة إلى العودة إلى النموذج الأصلي وإعادة تشكيله ليتطابق مع تصنيفنا الجديد للفئات. يُفترض أن نتيجة هذا العرض توضّح بدايةً مقدار التعقيد الموجود في إجراءات ونماذج بدت للوهلة الأولى أنها بسيطة.

على افتراض أننا استقرينا على أربعة مستويات للتوافق لعاملنا، وأن فريق العمل ليس لديه اعتراض على القيم المسندة – إلا إنه ما يزال أمامنا سؤال آخر: كيف يمكن أن نشتق هذه الأرقام؟ أولاً وقبل كل شيء، ليس لدينا أي موقع حتى الآن. تشير هذه المشكلة إلى أن هناك احتمالية أن يتجه هذا النموذج ليكون نموذجاً موصِّفاً أكثر ممّا كان متوقعاً. إحدى الطرائق لتجنب ذلك، هو فحص نسبة الزراعة في نطاق (١,٥) ميلا، وذلك لكل خلية في الشبكة. هذه بالأحرى منهجيّة فظة إلى حد ما، لكنها مفيدة. ولأسباب تعليمية (تدريسية)، فإننا سوف نفترض أن لدينا موقع مقترح وسوف نحدّد النسبة المؤية من المنطقة ضمن (١,٥) ميلا من ذلك الموقع. يتطلب هذا أن نقوم بتنفيذ وظيفتين. أولاً، علينا أن ننشئ حزاما (Buffer) يبلغ نصف قطره (١,٥) ميلا حول الموقع الذي اقترحناه. بعد ذلك، وضمن هذا الحزام أو النطاق، يجب علينا أن نجمع نسبة خلايا الشبكة التي تقع في الزراعة. وأخيراً، يجب أن نعيد تصنيف خلايا هذه الشبكة وفقا لقيم التوافق التي حدّدناها مسبقاً. لدينا من هذه العمليّة، إذن، ثلاث مراحل لإنشاء نموذج فرعي بسيط لهذا العامل وحده. قد يأخذ المخطط لهذا النموذج الفرعي شكلاً كما في الشكل رقم (٧,٤). نواصل هذه العمليّة لكل عامل من العوامل، تماما كما لو كنّا سنفعل مع الأجزاء المكوِّنة لأي نموذج. كل نموذج فرعي عبارة عن نموذج مستقل، له مقصوراته الخاصة به. أما خطوتنا التالية فهي العمل على توفير الروابط بين المقصورات، تماماً مثلما عملنا الروابط بين المراحل الفردية للنموذج الفرعي.

ربط المقصورات

بالرغم من أننا قد رأينا كيف يمكن ربط العناصر البسيطة مع بعضها في مقصوراتنا (النماذج الفرعيّة) – إلا أن ذلك لا يشرح كيف يمكن ربط النماذج الفرعيّة نفسها ببعضها. يرجع هذا جزئياً إلى أن النماذج الفرعيّة هي نفسها بيانات مشتقة، وعليه فإن النماذج تكون أكثر تعقيداً من مكوناتها العناصرية المتمثّلة في الموضوعات الشبكية. يظل هذا في كثير من نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة من بين المهام الأكثر صعوبة؛ لأنها تتطلب مستوى من المعرفة التي لا تتوفر دائماً. يوضح نموذج ليسا الذي قمنا بفحصه باستفاضة عدة مرات هيكلاً تركيبياً صريحاً وبروابط صريحة، أيضاً، بين المقصورات. هذه الروابط هي مجرد إضافات أو عمليات مطابقة موزونة والتي تعد أدواتٍ لعمليّة تخطيط هي في حد ذاتها بسيطة جداً. لكن معظم نماذج العالم الحقيقي ليس لديها روابط رياضيّة أو منطقيّة صريحة بين المكونات، وليست في الغالب مفهومة فهما جيداً بما فيه الكفاية بحيث يمكن تحديد هذه الروابط بسهولة. وفي معظم الحالات، يجب علينا أن نعمل ونكتفي بأفضل المعارف المتاحة والإرشادات البسيطة لنقرر كيف يمكن أن نربط مكوِّن واحد بآخر بأفضل ما يمكن.

لقد استخدم علماء التربة منذ فترة طويلة نموذج جيني (١٩٤١م) العام لتكوين أو تشكُّل التربة الذي يقضي بأن التربة هي وظيفة أو نتاج لخمس عمليات. وبهذه الطريقة، يمكن أن نعرِّف التربة على أنها معادلة رياضيّة، كالتالي:

التربة = وظيفة (المناخ، والمادة العضوية، والسطح التضاريسي، والمادة المولِّدة، وزمن التطور أو التشكّل)

يمكن اعتبار هذه المعادلة على أنها نموذج نظام معلومات جغرافيّة يكون فيه المُخرج عبارة عن نوع التربة، في حين أن المكونات الخمسة هي عمليات تشكّل التربة. وممّا يؤسف له أن هذه العمليات هي نفسها غير مُحدّدة أو مُعرَّفة تعريفاً جيداً، واسهاماتها النسبية لمجمل حالة التربة غير معروفة، وتفاعلاتها معقدة وغير مفهومة. لكن معظم نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة ليست دائماً موضحة أو مفصلة بشكل رديء كما في هذا المثال، ولا هي سهلة التحديد كما في نموذج ليسا على سبيل المثال، إنما معظمها عبارة عن مزيج من الروابط المحدّدة تحديداً جيداً، وأخرى أقل تحديداً. وكما هو الحال دائما مع النمذجة، فالفكرة ليست إعادة إنشاء الواقع، بل أن نستخدم افتراضات تبسيطية لتعميم أكثر نظم الواقع تعقيداً. ومتى ما عُرف المزيد عن كيف تعمل النظم في الميدان، وكيف تعمل روابطها، ومكوناتها الفردية، يمكن – عندئذ – العودة إلى النموذج وتهذيبه ليعكس سيناريواً أكثر واقعية.

هناك العديد من الطرائق لربط المقصورات أو النماذج الفرعيّة، تماماً مثلما هناك العديد من الطرائق لربط المكونات الفردية لنموذج فرعي واحد. ومع ذلك، فلأننا نربط فعليا البيانات الخرائطيّة من شكبة إلى أخرى – لأننا نعمل مقارانات مباشرة ثنائية (زوجية) (Pairwise) لكل مجموعتين شبكيتين في كل موضوع – فإن هذا يأخذ شكلاً من الأشكال العديدة لعمليات المطابقة الخرائطيّة. وفي بعض الحالات، قد يستلزم إجراء المقارنات بين المواضيع أن نعمل المقارنة فقط بين جوارات (Neighborhoods) من الخلايا الشبكية، كما رأينا في دراستنا للوظائف النطاقيّة. وعليه، فإن النطاق المطبَّق على شبكة أخرى سوف يكون في الغالب جواراً من الخلايا الشبكية من موضوع آخر.

إن من بين أفضل المنهجيات لأداء مثل هذه المطابقات، بغض النظر عن أنواع المطابقة المستخدمة، هو استخدام شكل من أشكال المعامِلات المحليّة (Local Operators). وكما تذكر، فالمعامِلات المحليّة تعمل على مقارنة خلية بخلية. تنفع هذه المنهجيّة مع النماذج التي يسهل إدراكها، وفهمها، والتحقق منها فيما بعد. فالمعامِلات المحليّة على وجه الخصوص، تجعل من السهل تتبع أي درجة من درجات الخطأ أثناء تفاعل بيانات الخريطة مع بعضها. وهي، أيضاً، أسهل شرحاً للعملاء، ومضيفة، في كثير من الأحيان، درجة أعلى لقبول النموذج، لا سيما العملاء الأقل خبرة في نمذجة نظم المعلومات الجغرافيّة. ورغم أن العديد من القيود في منهجيات النمذجة يمكن معالجتها بفعالية عن طريق الربط بين النماذج الفرعيّة بهذه الطريقة – إلا أنها لا تزال تتطلب، في كثير من الأحيان، معامِلات أكثر تعقيداً، مثل المعامِلات التركزيّة، أو النطاقيّة، أو الكتليّة، وذلك داخل النماذج الفرعيّة نفسها. وبتنفيذ هذه المعامِلات الأكثر تعقيداً داخل النماذج الفرعيّة، ثم ربط النماذج الفرعيّة بالمعامِلات المحليّة؛ نستطيع أن ندمج أكثر جوانب النماذج تعقيداً في مخطط عام. يتيح ذلك للمنمذج شرح النموذج العام للعميل (المستفيد) بلغة أو مفاهيم بسيطة دون التأكيد على العمليات الداخلية الأكثر تعقيداً بين النماذج الفرعيّة.

إن أكثر المعامِلات صعوبة في توثيقها وأكثرها معالجة من الناحية الحاسوبية هي المعامِلات الشموليّة (Global Operators). وعلى أي حال، فمن بين أكثر هذه العمليات فائدة للجمع بين السطح وبيانات التدفق، عمليات المسافة الوظيفيّة؛ حيث يتم استخدام موضوع واحد بوصفه طبقة أو سطح إحتكاك والذي على أساسه يجب أن تتم الحركة. غير أنه من الأفضل – وكما هو الحال من قبل– لو أن هذه العمليات الشموليّة تردِ داخل النماذج الفرعيّة لتسمح بسهولة توثيق النموذج وقبوله لدى العملاء أو المستفيدين.

وبالرغم من أن هذه المبادئ التوجيهية البسيطة تعطى بعض الأفكار العامة عن كيفيّة ربط نماذجك الفرعيّة – إلا أن اختيار كيفيّة الربط في نهاية المطاف تتحكم بها العلاقات الوظيفيّة بين الخرائط المشتقة من النماذج الفرعيّة نفسها. وكقاعدة عمليّة عامة، إن تبسيط التفاعل بين النماذج الفرعيّة يسهم، كما رأينا، في تسهيل التوثيق والشرح. حتى إذا كان عميلك مستخدماً ماهراً لنظام المعلومات الجغرافيّة، أو كنت أنت الوحيد من سوف يستعرض ويستخدم النموذج، ينبغي أن تكون النماذج الفرعيّة حسنة التطوير بما فيه الكفاية بحيث يمكن ربط المُخرج من كل نموذج بسهولة بالمُخرجات الأخرى، خاصةً إذا كان بالإمكان ربطه من خلال المعامِلات المحليّة. هذا يعني من منظور صياغة النموذج، أن النماذج الفرعيّة ينبغي أن تكون صغيرة بما فيه الكفاية حتى يمكن فهمها، وأن تحتوي على أقل عدداً ممكناً من العمليات المعقدة. وإذا حدث – بعد ذلك– أن احتاج النموذج إلى تعديل لتلبية ما يستجد من تغيرات في القيود، أو تطورات في المعرفة، أو تكرار ضروري للنمذجة الموصِّفة، فإن النموذج لن يتطلب إعادة معظم عمليات صياغته أو تخطيطه.

تحديد المواضيع المفقودة والزائدة والغامضة في مخططات العمل

إن إنشاء المقصورات أو النماذج الفرعيّة التي لها عدد محدود من العمليات الحسابيّة سوف يبسط، أيضاً، عمليّة تحديد البيانات الموضوعيّة المفقودة (الناقصة) أو الزائدة –كما هو الحال مع ربط المقصورات أثناء صياغة وتخطيط نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة. وليس هناك قاعدة عمليّة واحدة لأداء مثل هذه التحديدات، وهذا بسبب أن كل نموذج هو فريدٌ من نوعه. وعلى أي حال، يوفر المخطط ذاته، في معظم الأحيان، خدمات استعراضية (Visualization) كبيرة، ممّا يتيح للمنمذج أن يرى أين تكون الأوراق مفقودة من شجرة مخططنا، أو أين النماذج الفرعيّة التي قد تكون كلها غير متوفرة. هذا مفيد، خاصةً عندما تشترك فرق العمل في تحديد عناصر النمذجة ذات الصلة. وحتى بالنسبة للأفراد، فإن الأمر، أيضاً، وفي كثير من الأحيان، ما هو إلا مجرد فحص لمخططنا لنرى أين الفروع التي لدينا ولا نستطيع أن نحدّد بدقة كيف يمكن ربط فرع أو توصيله بالآخر. يدل هذا، في بعض الحالات، على نقص في فهم الطريقة التي يعمل بها النظام قيد النمذجة، ولكنه، في حالات أخرى، يدل ببساطة على أننا نعرف بشكل عام ما يجب نمذجته لكننا لا نملك عناصر البيانات الموضوعيّة اللازمة لتحقيق ذلك.

يمكن أن يُستخدم المخطط، أيضاً، لتحديد المواضيع الزائدة بوصفه أداةً لاستعراض هذه المشكلة. تظهر الزيادة في أغلب الأحيان عندما تتشابه المواضيع الشبكية بين أجزاء النموذج. ورغم أن هناك العديد من الحالات التي تُستخدم فيها الشبكات الأساسية عدة مرات في داخل النموذج الواحد، مثل استخدام نموذج ارتفاع رقمي (DEM) لاستخراج مدَيَات (نطاقات) الانحدار، ومدَيات واجهة الانحدار، ومجالات الرؤية، فإن التكرار أو الزيادة سوف تظهر هنا، في معظم الأحيان. وفي نموذج ليسا الذي استعرضناه في أكثر من فصل في هذا الكتاب، هناك فرصة لحدوث مثل هذا التكرار؛ لأن الجزء الخاص بتقييم الأرض من النموذج يستند على سلسلة التربة، بوصفها عنصراً أساسيا في النموذج، كما هو الحال مع عوامل تقييم الموقع (DeMers, 1985; Luckey and DeMers, 1986-197).

ورغم أن استخدام المخطط سوف يكون كافياً، في كثير من الحالات، لتحديد ما يتصل بالعوامل من مشكلات – إلا أن المنمذج لا يقتصر على هذا المنهجيّة. ولقد تم تطبيق الكثير من الأساليب والمنهجيات، فكل شيء من الفحوص الرياضيّة والمنطقيّة إلى الرسوم التخطيطة إلى تدفق البيانات ومن استعراض الدراسات السابقة إلى المقابلات الشخصية، كلها تم الاستعانة بها. ولعل إحدى التقنيات التي قد تكون، أيضاً، مفيدة، استخدام مصفوفة من العوامل وما ينتج عنها من تبعات على النموذج (DeMers, 1985). ويُطبق هذا الأسلوب، كثيراً، في إعداد التقارير التي تتعلق بالآثار البيئيّة.

إن تعديلا لهذه الطريقة الأخيرة قد أثبت فاعليتها، أيضاً، في التعرف على العوامل والمواضيع البيئيّة الغامضة أو المُربكة. ومن الأمثلة على ذلك، مثال واحد من نموذج ليسا، وهو استخدام مصفوفة تداخل العوامل (DeMers, 1985)، حيث تبيّن كيف أن عامل تقييم الموقع "حجم الموقع أو المزرعة" الذي بدى واضحاً في البداية قد أدى إلى إرباك عندما سُئل فريق العمل عن التأثير المحتمل لزيادة وزن هذا العامل على الأهمية النسبية للعوامل الأخرى للنموذج. ونتيجة لما نشأ من مناقشة لهذه المسألة المربكة، فقد حدّد فريق العمل أن العامل نفسه كان في الأساس عبارة عن مفهومين منفصلين على الرغم من ارتباطهما (DeMers, 1985). فحجم المزرعة وحجم الموقع المطلوبان في النموذج دفعا بالنموذج في اتجاهين مختلفين، وعليه، كان لابد من فصلهما، كل عامل على حدة.

إضافة بدائل البيانات والمعامِلات غير المكانيّة

لقد رأينا أن هناك ظروف أو حالات يحدث فيها أن البيانات المكانيّة الصريحة غير متوفرة لبناء نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة. وفي بعض الحالات، يكون ذلك بسبب أن هذا العامل ليس في الواقع عاملاً بأي حال من الأحوال؛ بل بالأحرى ما هو إلا رابط بين العوامل المكانيّة الصريحة الأخرى. بعبارة أخرى، بعض البيانات الناقصة هي وظائف تُستخدم لمعالجة مجموعات من البيانات الموضوعيّة. ومثلما رأينا بالفعل، فإن هذه الوظائف تشمل المعامِلات المحليّة، والتركزيّة، والنطاقيّة، والكتليّة، والشموليّة. بعض الأمثلة تأتي من الإصدارات القديمة من حزمة

التحليل الخرائطي (MAP) – النسخة الأولى، والتي لديها القدرة على رسم أو تمثيل شبكة موضوعيّة بأكملها لتصبح قيمة واحدة. مثل هذه المواضيع لا تمثّل في الواقع البيانات الموضوعيّة الفعليّة وإنما توفر مضاعِفات (Multipliers)، أو قيم وزنية للتطابق، أو حتى أجزاء من معادلة الانحدار كالتي طبقها توملن (١٩٨١م). هذه الأمثلة هي معامِلات غير مكانيّة لأن مواقعها ليس لها معنى مكانيّ داخل الشبكة لأن كل الأرقام متماثلة. لا تتطلب أحدث برامج نظم المعلومات الجغرافيّة الخلويّة، عادةً، أن تُنشأ الشبكة، إذ بدلاً من ذلك، يمكن إضافة عدد واحد، أو طرحه، أو ضربه، وهلمّ جرًا، لكل قيمة من قيم خلايا الشبكة وذلك لجميع أنحاء الشبكة المستهدفة (المطلوبة). كما يمكن تطبيق منهجيات مماثلة على هذه المعامِلات مثل الجوارات، والنوافذ المتحركة، وغيرها من البيئات غير الموضوعيّة. وبالرغم من أن لهذه الخلايا مواقع صريحة – إلا أنها لا تمثّل البيانات المكانيّة الموضوعيّة.

تُستخدم البدائل المكانيّة في حالة غياب أنواع محدّدة ومُفضلة من البيانات الخرائطيّة الموضوعيّة لنموذجنا. قد يكون المصطلح للبعض مصطلحاً جديداً، لكننا نستخدم البدائل المكانيّة في كثير من النماذج المألوفة في نظم المعلومات الجغرافيّة. وتبرز بيانات الاستشعار عن بعد من بين أكثر أنواع البيانات وضوحاً وأكثر التطبيقات شيوعاً. تأخذ الصور الرقميّة، في كثير من الأحيان، مظهر الخرائط الحقيقية، غالباً ما تُسمى بخريطة صورية – إلا أن عناصر بياناتها الأساسية هي في الأساس عناصر الإشعاع الكهرومغناطيسي. وعندما لا تُستخدم بصفتها بيانات فيزيائية حيوية خام (Jensen, 2000)، فإننا نستخدمها باعتبارها بدائل للمتغيرات البيئيّة الأخرى، مثل الكتلة الحيوية فوق السطح، وتصنيفات الغطاء النباتي، والغطاء الأرضي واستخدام الأراضي، وغيرها الكثير. وتشمل البدائل الأخرى، عدد المنازل باعتبارها بديلاً للسكان، أو أثمان المنازل بديلاً لمستويات الدخل في الأحياء، أو فئة التربة بديلا لمدى نجاح أو بقاء الزراعة. ولكي نستخدم هذه المتغيرات، نحن بحاجة إلى أن نستعين بتطبيق المتغيرات المترابطة في شكل من أشكال الخرائط الديزيزمترية (DeMers, 2000a)، الذي من خلاله نستطيع أن نتنبأ بتمغير واحد بناءً على وجود الآخر. وتعد المتغيرات المقيَّدة والكثافة المتباينة في بعض الأجزاء، على النحو المفصل في عمل ديميرس (2000a)، طرائق شائعة أيضاً لخلق بدائل للمتغيرات المفقودة. ويمكن القول، أنه لا يحد من أعداد الطرائق أو التقنيات وأنواعها إلا خبرة وإبداع المنمذج فقط.

وبغض النظر عن النوع الذي يستخدم كبديل، فإن ما يُوصى به كثيراً هو أن تُختبر صلاحيته قبل تنفيذه. ويتم هذا في أغلب الأحيان من خلال إجراء شكل من أشكال تحليل الانحدار. وسواء كانت هذه التحليلات خطّيّة أو غير خطّيّة، أو معلمية (Parametric) أو غير معلمية، ذات متغير واحد أو متعدد، أو حتى لوجستية (منطقيّة) (Logistic)، يجب أن يُستخدم نوع من أنواع التنبؤ الإحصائي قبل استخدام البدائل. في الحقيقة أن خرائط البواقي من الانحدار للمتغيرات المرتبطة مكانياً يمكن، في كثير من الأحيان، أن تشير إلى علاقات جديدة بين المتغيرات التي ليست ظاهرة للعيان في الغالب (Thomas, 1964).

التنفيذ

عكس سير المخطط (تشغيل النموذج)

يبدأ المخطَّط المستخدَم لصياغة نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة، في معظم الأحوال، بالناتج النهائي أو البيانات الموضوعيّة المشتقة النهائيّة. جرت العادة عند تشغيل (Run) صياغة نموذج ما أن نعكس الاتجاه، وفي ذلك يتم تنفيذ أصغر الأجزاء أولاً، ليستمر العمل على نحو متتابع: قسم واحد في الوقت الواحد، إلى أن يتم إنشاء المُخرج النهائي. ورغم أن المنهجيه الأساسية لم تتغير كثيراً، فإن واجهات المستخدم التفاعليّة (GUIs) المستخدمة في البرامج المتقدمة تولّد مجموعة من الأوامر البرمجية التي تدير تشغيل النموذج بصورة منتظمة على هذا النحو. هناك افتراض أساسي وهو أنك قد قمت بتنظيم المخطط في شكل هرمي سليم (انظر إلى التسلسل الهرمي في قسم لاحق). ينص تعريف نموذج نظام المعلومات الجغرافيّة صراحةً على أن ترتيب وتتابع النموذج أمرٌ أساسي. وإذا ما أحسنت صياغة وتخطيط النموذج فإن النموذج سوف يشتغل بشكل صحيح. ويقدم برنامج بانئ النماذج من معهد بحوث النظم البيئيّة (ESRI) مثالاً جيداً على كيفيّة عمل هذا، فالبرنامج ينتج مجموعة من النصوص البرمجية بـ Avenue Script التي تعكس سير المخطط، وينشئ كل المواضيع (الطبقات الخلويّة) الوسيطة، ثم المُخرج النهائي. إلا أن هناك متطلب أساسي لهذه العمليّة وهو أنه لابد من حفظ النموذج أولا. كما يسمح هذا للنموذج بإمكانيّة تعديله في وقت لاحق عن طريق إجراء تغييرات في واجهة المستخدم التفاعليّة. لقد جعل هذا البرنامج وغيره من البرامج المماثلة كامل عمليّة تشغيل نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة واختبار نتائجها أكثر فاعليّةً ممّا كان عليه الوضع في السابق. وبالإضافة إلى ذلك، فإنها توفر وسيلة فعالة لتطبيق عمليات تعاقبية (معاودِة)، لا سيما تلك المُستخدمة للنماذج الموصّفة.

المعاودَة (تحسين النموذج / إضافة مواضيع بينيّة)

سوف تتطلب نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة الكثير من عمليات الصقل أو التحسين، سواء كانت هذه النماذج وصفيّة أو موصّفة، وتحتاج إلى المزيد من التفاصيل متى ما توفرت، وتصحيح الأخطاء المنطقيّة أو الرياضيّة متى ما اُكتشفت. سوف تتطلب النماذج الموصّفة، بناءً على حساسيتها الظرفية، أيضاً، من المستخدم أن يشغّل (ينفّذ) النماذج كل مرة يصادف فيها حالة جديدة. إن أحدث برامج نظم المعلومات الجغرافيّة لديها القدرة على تخزين تسلسل الأوامر أو مراحل النمذجة (انظر الجزء المتعلق بحفظ سجل الخطوات، فيما بعد). هذا يسمح، رغم أنه غير ضروري، بتعديل أسهل للنموذج وذلك ببساطة من خلال تغيير المكونات الداخلية لتسلسل تنفيذ النموذج بدلاً من البدء من الصفر في كل مرة.

لقد رأينا في السابق فيما يتعلق بالمعاودَة (Iteration) أن برامج نظم المعلومات الجغرافيّة الحديثة تحتوي، أيضاً، على تصرحيات أو جُمَل شرطية برمجية (Statements) للمعاودة (مثل جُملتيّ التكرار: "Do Until" و "If Then Else") والتي تسمح لك بعمل مهام متكررة. كما أن هذه التصريحات تسمح بمُدخلات من قبل المنمذج بدلاً من الاستمرار في التشغيل لحين وجود شرط معين. وفي معظم الحالات، يجري العمل كما في السابق، لكن الاستجابة

للشرط تتم من خلال سؤال المنمذج عن المُدخلات. وكما سنرى في الجزء التالي، فإنه كثيراً ما يكون من الأسهل أن تُطبق هذه العمليات على كل نموذج فرعي أولاً قبل الانتقال إلى النموذج الشامل.

تحتوي البرامج التجارية، أيضاً، على طريقة لتسجيل العمليات أثناء تنفيذها. ولذلك، فإذا برنامجك لا يسمح لك بإنشاء سلسلة أوامر صريحة قبل النمذجة، فإنه يمكن أن يسجل العمليات اليدوية التي تجريها ويحتفظ بسجل[٢] خاص بتتابع أو تسلسل هذه العمليات. وفي معظم الحالات، تتم كتابة هذا السجل في شكل من أشكال ملفات النصوص؛ حيث تستطيع أن ترجع إليه أو تعيد كتابته في شكل مجموعة من الأوامر المتسلسلة في وقت لاحق. يجب أن تستخدم طريقة واحدة أو أكثر من هذه التقنيات، متى ما كان ذلك ممكناً. هذا لا ينفي قدرتك على اختبار الخطوات التسلسية على انفراد قبل تشغيل النماذج الفرعيّة، ولكن هذه التقنيات سوف تحفظ العديد من الخطوات عندما يتطلب الأمر إجراء مهام متعددة أو تكون نماذجك معقدة.

التسلسل الهرمي للنموذج (التنفيذ المقصوري)

لقد رأينا أن مخططات سير عمل نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة تسمح لنا بتجزئة المشكلات الكبيرة والمعقدة إلى الأجزاء المكونة لها. سوف يكون لدرجة التجزئة المستخدمة في صياغة النموذج أثراً بالغاً على قدرتنا في أداء المهام المعاودة أو التكراريّة، وعزل الشبكات الموضوعيّة المفقودة أو غير الصحيحة، وتصحيح الأخطاء عند اكتشافها، والتحقق من نتائج النموذج، وشرح النتائج لغير مستخدمي نظم المعلومات الجغرافيّة، وتقييم قبول النموذج. لهذه الأسباب، فإني أوصي بأن يتم تطوير نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة في شكل مجموعة من الرسوم البيانيه على مستوى واحد بحيث لا تختلف عن تلك المستخدمة في المخططات البيانية لسير تدفق البيانات. كما أن برامج التخطيط المتضمنة في حزم نظم المعلومات الجغرافيّة لا تنفذ صراحةً هذا النهج الثابت الذي يبدو فيه كل نموذج فرعي بالمقابل كمستطيل واحد أو كنموذج كامل في حد ذاته. وبالرغم من هذا العائق الطفيف، فإن فائدة واجهة المستخدم التفاعليّة لإنشاء النماذج الفرعية، وتنفيذها، واختبارها، كل على حدة، قد تحسنت كثيراً.

ثمة تقنية سريعة للتأكد من أن هيكل نموذجك ذو معنى، وهي إنشاء رسم سريع (Sketch) لمخططك، مثلما قُدّم لك في الفصل السابق. وعليه، نبدأ في بناء التسلسل الهرمي في شكل رسوم بيانية محضة، من جذع الشجرة إلى الفروع الأولية ثم إلى الفروع الأصغر. فعلى سبيل المثال، إذا كان نموذجك هو نموذج صُمّم بهدف تحديد المواقع المحتملة للعثور على الأنواع المهددة بالإنقراض في الحياة البرية – لنقل بعض الثدييات آكلة اللحوم– فإننا نبدأ بإنشاء مستطيل المُخرج ونسميه: الموطن (Habitat). وكما رأينا مع مثال موطن الأسد الأمريكي في وقت سابق، فإننا ندرك أن الغذاء والماء، والعرن تعد الفروع الرئيسة للنموذج. يمكن – بعدئذ – أن نجزّئ كل من هذه الفروع إلى تفاصيل أكثر مع انتقالنا من المستويات الهرميّة العامة (العليا) إلى المستويات الأكثر تفصيلاً.

---

(٢) يسمى عادة بـ Logfile (المترجم)

لقد تمت مناقشة هذا بالتفصيل عند مرحلة بناء التصوّر، ولكن نحن بحاجة، أيضاً، إلى أن ننظر إليه في سياق مرحلة التنفيذ. والفكرة هي تحديد مكونات النمذجة لكل نموذج من النماذج الفرعيّة (في مثالنا، الغذاء، والمياه، والعرن). يمكن أن يُطلق عليها: أماكن الطعام، وأماكن المياه، وأماكن العرن، على التوالي، وذلك لإعطاء مُخرج النموذج الفرعي اسماء وصفيّة. والفكرة – عندئذ – هي تنفيذ كل من هذه الفروع لشجرتنا التصوّرية – كل نموذج فرعي – على انفراد. يتيح لنا هذا تنفيذ أي عمليّة من عمليات المعاودة، وطرح وإضافة الشبكات، وتشديد القيود أو تخفيفها دون أن يؤثر ذلك على النموذج النهائي. وما إن تتم عمليّة اختبار وظيفية كل نموذج فرعي (أو أنه اختبار للصلاحية والقبول)، فإن هذه الأجزاء (النماذج الفرعيّة) يمكن دمجها في نهاية المطاف في النموذج العام.

منهجيّة الخرائط الثنائية (معالجة التعقيد)

يصعب تتبع العديد من الفئات المحتملة لكل شبكة أثناء تنفيذ النمذجة. يصدق هذا بصفة خاصة عندما تتفاعل الكثير من الشبكات من خلال علميات المطابقة وغيرها من طرائق قياس المقارنة. ورغم أن البرامج المهنية (المتقدمة) عادةً ما تسجل هذه العمليات – إلا أنه قد يصعب أحياناً الرجوع إلى كل هذه التفاعلات عندما يُطلب من المنمذجين توضيح كيفية عمل النموذج بالضبط. هناك طريقتان بسيطتان عادةً ما تُطبقان للمساعدة في هذا المضمار. الأولى هي أن نعطي كل خريطة (سواء كانت خريطة مُدخلة أو مُخرجة) اسماً يصف ما تمثّله. وتُعتبر هذه الطريقة ذات أهمية خاصة للخرائط الوسيطة (البينيّة) التي قد يكون إسهامها للنموذج حيوياً، بالرغم من أن وجودها عادةً ما يُتجاهل، في كثير من الأحيان، بعد إكمال النموذج.

أما الطريقة الثانية فهي ذات صلة بالأولى؛ ذلك كونها تتطلب منا، متى ما كان ذلك ممكناً، أن نحد من فئاتنا داخل كل شبكة (خصوصا ما يتعلق بالشبكات الوسيطة). ولعل إحدى التقنيات التي يستخدمها العديد من المنمذجين، إنشاء خرائط ثنائية، بقدر الإمكان، مع اسماء للفئات مثل: تربة جيدة مقابل تربة سيئة، ونطاق جيد مقابل نطاق سيء، وانحدار جيد مقابل انحدار سيء. لقد كانت هذه الطريقة في بدايات نظام المعلومات الجغرافيّة أمراً شائعاً إلى حد ما –إلا أنها أصبحت قليلة الاستخدام في ظل زيادة قدرات برامج نظم المعلومات الجغرافيّة للتعامل مع فئات متعددة. لقد أثبتت هذه الطريقة فعاليتها في تسجيل سير العمليات، وساعدت في تبرير النموذج فيما بعد. وهناك العديد من الحالات عندما تكون هذه المنهجيات البوليانية (الثنائية) غير مناسبة – لا سيما عندما يتطلب النموذج ترتيباً وزنيّاً. وفي مثل هذه الحالات، يمكن للفئات المرتبة أن يكون لها، أيضاً، عبارات أو مصطلحات وصفيّة لتساعد المنمذجين في كل من تسجيل سير العمليات ومعاودَات النموذج عند الضرورة.

حفظ السجلات (صيانة الطبقات الشبكية الوسيطة)

لقد كانت صيانة الطبقات الشبكية (الخلوية) الوسيطة في الماضي أمراً أساسياً؛ وذلك حتى يستطيع المنمذج أن يفسّر كيف رُكّب النموذج ونُفّذ فعلياً. ويصدق هذا بوجه خاص في حالة عدم وجود مخططات قياسية (لا سيما

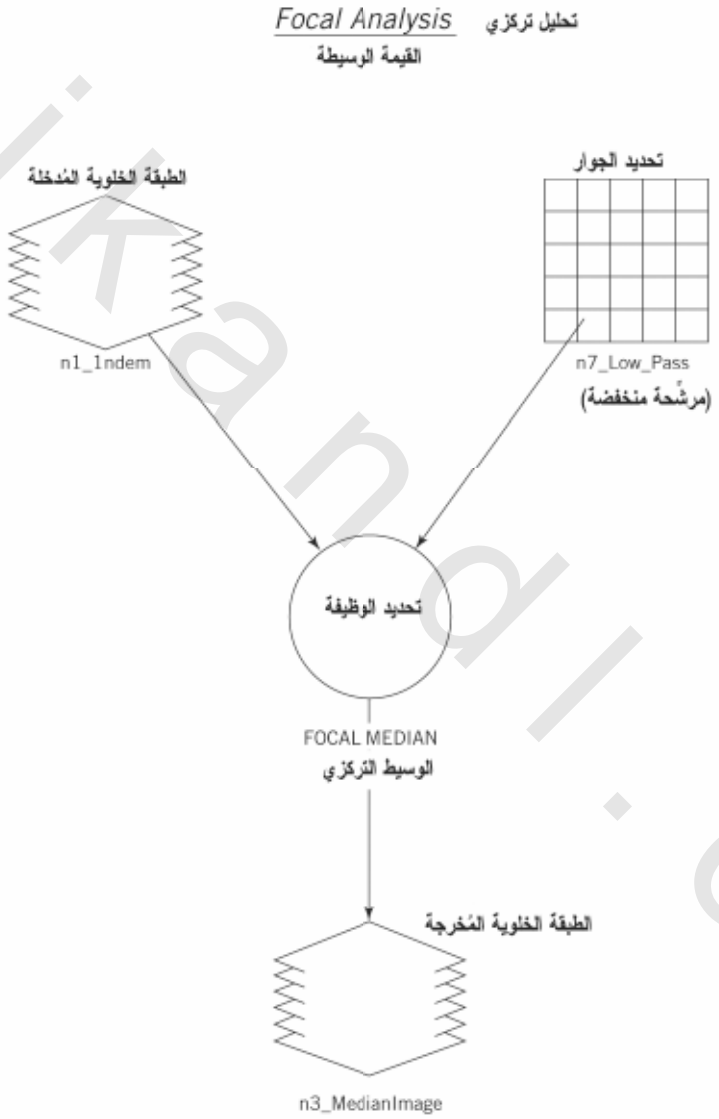
تلك التي تبيّن العمليات المتبعة لإنشاء طبقات موضوعيّة وسيطة). ولكن حتى في غياب مثل هذه الطبقات، فإن معظم برامج نظم المعلومات الجغرافيّة الخلويّة، بل حتى البسيط منها، والأنواع التعليمية مثل برنامج -OSU-MAP for-the-PC، تتضمن إجراءات تسمح بتخزين مجموعات من الأوامر التي تسمح بإعادة إنشاء هذه الطبقات.

تتميز برامج نظم المعلومات الجغرافيّة الأكثر تقدماً بقدرتها على ربط برامج الصياغة والتخطيط بإنتاج مثل هذه الأوامر البرمجية. ويوضح الشكل رقم (٧,٥) مخططاً لنموذج تحليل تركزي باستخدام المنمذج المكاني في نظام إرداس. ومن خلال استخدام مكتبة النموذج في البرنامج ولغة المنمذج المكاني (SML) (ينبغي عدم الخلط بين هذا المصطلح مع ذلك الخاص بنسخة آرك إنفو القديمة) فإننا يمكن أن ننتج تسلسل الأوامر التالي:

```
# INPUT RASTER
# OUTPUT RASTER
# Focal Analysis
# FUNCTION DEFINITION
# Median Value
# Neighborhood Definition
#
# set cell size for the model
#
SET CELLSIZE MIN;
#
# set window for the model
#
SET WINDOW UNION;
#
# set area of interest for the model
#
SET AOI NONE;
#
# declarations
#
Integer RASTER n1_1ndem FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE
"$IMAGINE_HOME/examples/lndem.img";
Integer RASTER n3_MedianImage FILE DELETE_IF_EXISTING USEALL ATHEMATIC 16
BIT UNSIGNED INTEGER "$IMAGINE_HOME/examples/MedianImage.img";
INTEGER MATRIX n7_Low_Pass;
{
#
# load matrix n7_Low_Pass
#
n7_Low_Pass = MATRIX(3, 3:
1, 1, 1,
1, 1, 1,
1, 1, 1);
#
# function definitions
#
n3_MedianImage = FOCAL MEDIAN ($n1_lndem, $n7_Low_Pass);
}
QUIT;
```

openkandl.com

يبيّن هذا، وبشكل أساسي، أن برنامج عمل التخطيط يعمل بوصفه واجهة مستخدم تفاعليّة، في حين أن النص البرمجي الفعلي يُنتج في الخلف في نفس الوقت. ورغم أن هذا لا يخزّن صراحةً المواضيع الوسيطة الفعليّة – إلا أنه يوفر وسيلة لإعادة إنشائها متى ما رغبت في ذلك. ومع ذلك، فإنها لا تزال فكرة جيدة للحفاظ على المواضيع الوسيطة متى ما تم تشغيل النموذج، ذلك لأن هذا سوف يسمح لك بتشغيل النموذج مرة أخرى لمقارنة المواضيع لتقييم أي أخطاء حسابية محتملة. سوف ندرس هذا بمزيد من التفصيل في الفصل التاسع.



الشكل رقم (٧,٥). مثال على التخطيط باستخدام برنامج المنمذج المكاني في إرداس. في هذه الحالة نجد أن العمليّة هي استخراج القيمة المتوسطة لجوار تركزي.

obeikandl.com

توثيق عملنا بعد مخطط العمل (معلومات البيانات)

لم يكن ضرورياً، في كثير من الأحيان، قبل أن تصبح نمذجة نظم المعلومات الجغرافيّة أمراً شائعاً أن توثّق مصادر البيانات المستخدمة، وجودتها، وفئاتها، وتسلسلها، وغير ذلك من العوامل. ويعود ذلك أساساً إلى وجود عدد قليل جداً من النماذج، إذ أن النماذج كانت، في كثير من الأحيان، تدريبات أكاديمية لإثبات قدرة البرامج المبكرة على تنفيذها. ومع النمو المتعاظم – نمواً لوغاريثميا تقريباً – في وفرة برامج نظم المعلومات الجغرافيّة عالية الحرفية، وقواعد البيانات الرقميّة، والنماذج التي تستخدم هذه البرامج وهذه القواعد، فإننا بحاجة إلى أن نكون قادرين على تحسين التبادلية التشغيلية للنماذج التي ننشئُها. وينطبق هذا بصفة خاصة على النماذج الفرعيّة التي أُنشئت من مجموعات بيانات موحدة (قياسية) لجهة حكومية واحدة والتي يمكن أن تُربط بنموذج أكبر في جهة حكومية أخرى. ولهذا السبب، وغيره من الأسباب، فإن حكومة الولايات المتحدة الأمريكية أنشأت لجنة الحكومة الاتحادية للبيانات الرقميّة (١٩٩٢م)، التي اعتمدت معايير تبادل البيانات المكانيّة (SDTS) لاستخدامها من قبل جميع المنظمات التي توفر البيانات للحكومة الاتحادية. ومن أهم المهام التي يجب الالتزام بها من قبل مقدمي الخدمة (البيانات)، هو أن يوثّقوا البيانات الهامة التي يُعتقد أنها ضرورية بأكبر قدر من التفاصيل، وذلك للسماح للجهات أو الوكالات الأخرى باستخدام هذه البيانات لأغراضها الخاصة.

ورغم أن العديد من الناس ينظرون إلى معلومات البيانات (Metadata) على أنها مهمة في إنشاء مجموعة البيانات –إلا أنهم لا يربطون دائماً فكرة معلومات البيانات وقواميس البيانات مع عمليّة النمذجة نفسها، إلا بقدر ما سوف يحتاجونه من دراسة لصحة النموذج حين اكتماله. ورغم أن هذا صحيح بالتأكيد –إلا أن الكثير من أوصاف الفئات التي تفتقر إلى التفاصيل الكافية قد ينتج منه عجزاً كاملاً في تشغيل النموذج مطلقاً. إننا نجد، على سبيل المثال، أن أوصاف مثل هذه الفئات: الصحراوية، والأراضي الرطبة، والمنتزهات، والأحوال الفصلية المتعاقبة السابقة، هي كلها فئات كثيراً ما نصادفها سواء في خرائط الغطاء الأرضي أو في خرائط استخدام الأرض، أو في كليهما. وبدون توفر قدر كبير من هذه الأوصاف لما تعنيه هذه الفئات فإن القدرة على تحويل ونقل مجموعات البيانات من نموذج واحد لآخر يمكن أن يعرقل أو يوقف تماماً هذه العمليّة.

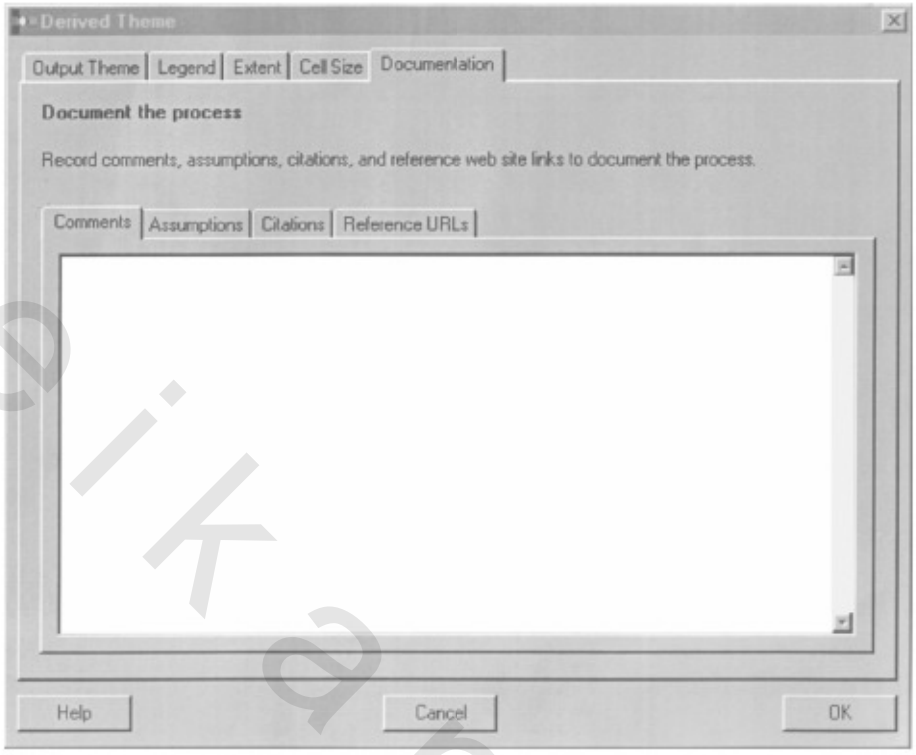
وبسبب التأثير المحتمل على النمذجة، وخاصة فيما يتعلق بتبادلية التشغيل للنموذج، فإنه من الضروري أن يتوفر قاموس للبيانات ومعلومات عن البيانات، بالإضافة إلى مخططات مفصلة وقوائم بالأوامر البرمجية المستخدمة. ولحسن الحظ، فإن بعض هذه المهام أصبحت، أيضاً، جزءا من عمليات صنع مخططات الصياغة. يوفر كلاً البرنامجين المذكورين، هنا، فرصا لتوثيق شروط الاستخدام، وجوانب هامة للمُدخلات من الخرائط الوسيطة، وحتى تفاصيل الوظائف المستخدمة في النموذج (على سبيل المثال، تفاصيل عن أحجام النطاقات أو الأحزمة وأعدادها). ويوضح الشكل رقم (٧,٦) قدرات برنامج باني النموذج في حزمة ArcGIS من ESRI لتوثيق كل من الشبكات وعمليّة النمذجة أثناء سير عمليات التخطيط والصياغة.

ومع أن هذه الأدوات أصبحت أكثر قوة – إلا أنه يجب أن تتذكر، أيضاً، أن عمليّة إنتاج معلومات البيانات يمكن أن تصبح معقدة جدا. ولهذا السبب، فإن القدرات التوصيفية لبرامج نظم المعلومات الجغرافيّة الخلويّة تكون، في الغالب، غير كافية لتوفير توثيق كامل، ورسمي، ومقبول حسب شروط لجنة البيانات الحكومية الفيدرالية (FGDC). ويعد هذا الرابط (URL) التالي واحداً من أكثر مواقع الشبكة العنكبوتية المتزايدة شموليةً التي تسمح بإنشاء معلومات البيانات بطرائق يدوية وآلية: http://www.fgdc.gov/metadata/toollist/metatool.html. ضع في اعتبارك أن صفحات الويب والمواقع على شبكة الإنترنت تتغير بسرعة، لذلك فقد تضطر إلى تحديث وصلة اختصار العنوان للرابط أعلاه من وقت لآخر.

تقديم نتائج فعالة (تشديد القيود وتخفيفها)

سوف يكون هناك أحياناً بعض الحالات التي إما تتحقق فيها الشروط البيئيّة لأي من المقصورات (النماذج الفرعية)، وإما للنموذج بأكمله، وذلك لكامل منطقة الدراسة، وإما لا يمكن تلبيتها في أي مكان على الخريطة. تتسبب هاتان الحالتان في مشكلات محتملة للمنمذج. فعندما تتحقق الشروط لكل خلية في الشبكة الموضوعيّة داخل المقصورة الواحدة، فإن النتيجة هي أنك لم تُحِط بأبعاد مشكلتك من الموضوع المشتق أو المُخرج من هذه العملية. وبعبارة أخرى، لا تضيف النتيجة جديدا للنموذج العام. وهذا يشير إلى أنه يمكن إلغاء المقصورة من النموذج، ولو أنها، في الغالب، فكرة غير جيدة؛ ذلك أن هناك سبب واضح في بداية الأمر استلزم تضمين المقصورة في النموذج. وتحدث هذه الحالة، عادةً، عندما تكون القيود العددية أو المنطقيّة المسندة إلى المقصورة متساهلة جداً. ولعل أبسط حل لهذا، دون إلغاء المقصورة تماماً، مناقشة الخبراء عن أفضل السبل لتشديد القيود. وما إن تُضيَّق القيود، يجب عليك أن توثّق هذا التغيير في قاموس بياناتك، وستكون بعدئذ جاهزاً لتنفيذ النموذج المعدل حديثاً.

يضاف إلى ذلك، بالطبع، احتمالية أن قيود كل مقصورة هي في الواقع مشددة بما فيه الكفاية، فقد يكون هناك جزء من موضوع الشبكة لا يحقق المعايير، لكنه المكان الذي لم تستطع شبكة النموذج النهائيّة التخلص تماماً من خلايا الشبكة لتقديم إجابة مفيدة. ومرة أخرى، قد يتطلب هذا تشديداً للقيود. وفي هذه الحالة، يصبح من الضروري، على أي حال، تقييم الحاجة إلى تشديد القيود على الشبكات الموضوعيّة، كل على حدة، أو أن وزننة المواضيع نفسها يجب أن تُعدَّل بحيث تصبح المواضيع الشبكية ذات الاحتمالية الأكبر في تقييد النموذج هي المواضيع الأكثر أهمية. ولأن كل نموذج هو فريدٌ من نوعه، وأن احتياجات المستخدم هي ما يحدّد المقبول من القيود، فإنه لا يوجد حل بسيط لأي من هذه المنهجيات التي يجب عليك أن تتبعها. وفي هذه الحالة، يمكنني أن اقترح أن تنفّذ تحليلاً لحساسية التباين(Sensitivity Analysis) على مواضيع النموذج الشبكية للمساعدة في تحديد المنهجيّة. لا يلزم أن يكون تحليل الحساسية هذا تحليلاً حاسوبياً مكثفاً، وفي الحقيقة، لا يلزم أن يكون رياضياً مطلقاً. وفي كثير من الأحيان، يكون لدى المنمذج شعوراً بأهمية كل شبكة للنموذج وآثارها على القيود المحتملة.



الشكل رقم (٧,٦). جزء من واجهة برنامج بانى النماذج من ESRI، يظهر كيف يمكن توثيق الطبقات الشبكية الخلويّة بقاموس البيانات ومعلومات البيانات الأخرى.

ولكن على الرغم من أن هناك ظروف يحدث أن تكون فيها المعوِّقات أو القيود البيئيّة فضفاضة جداً حيث لا يستطيع النموذج التخلص من جزء كبير من الخريطة ؛ نظراً إلى شروطها غير المقبولة – إلا أنه من المحتمل جداً أن يحدث عكس ذلك. من السهل أن تكون متشدداً جداً إلى حد ما في تطبيق القيود البيئيّة ، وفي هذه الحالة ، فإن المُخرج من مواضيع المقصورة المشتقة أو من مواضيع النموذج العام النهائيّة يكون عبارة عن مجموعة من الخرائط التي لا تتحقق فيها المعايير البيئيّة في أي خلية من خلايا الشبكة. والفكرة هي أن تخفف القيود المطبَّقة على كل موضوع أو على مجموعة حساسة من مجموعات البيانات الموضوعيّة الشبكية المستخدمة في النموذج. إن أفضل ما يمكن عمله لمعالجة القيود – كما رأينا من قبل– هو أن يتم ذلك من خلال استشارة الخبراء والمستخدمين. تذَّكر أن تُدرِج ما يستجد من مستويات القيود وأوزان الشبكة في قاموس بياناتك وملفك الخاص بمعلومات البيانات.

في الوقت الذي تأخذ عمليّة تشديد القيود أو تخفيفها مجراها ، فإن هناك إمكانيّة أن يتعرض الهدف الأصلي للنموذج لتنازلات. ينبغي الحرص على ضمان أن يكون أثر هذه الموازنة في أدنى حد ممكن. وعلاوة على ذلك ، فإنه

من الضروري أن تُوثَّق أي تغييرات في القيود توثيقاً جيداً، وأن تُشرح تأثيراتها المحتملة على نتائج النمذجة، لا سيما للعملاء غير المختصين في نظم المعلومات الجغرافيّة. وحتى إذا كان النموذج خاصاً بك فقط، فمن المهم أن تحتفظ بكل من قيم القيود النهائيّة والقيم الأصلية، ربما كجزء موسع لقاموس البيانات أو كمعلومات للبيانات حتى يتسنى لك تذكر كيف تمت صياغة النموذج. يسمح هذا لك بتوثيق ليس ما عملته فقط، بل، أيضاً، ما كان أقل نجاحاً. إن فائدة توثيق التجارب غير الناجحة لا تقل، في كثير من الأحيان، عن فائدة توثيق تلك الناجحة.

مراجعة الفصل

تُعتبر كل من عمليتي تخطيط وصياغة نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة عمليتين حاسمتين في عمليّة النمذجة. ولقد أصبح من المألوف أن تشتمل برامج نظم المعلومات الجغرافيّة المتقدمة اليوم على برامج لعمل التخطيط، إذ أنها تربط هاتين العمليتين بتنفيذ النموذج. يسمح هذا الارتباط الصريح للمنمذج أن يظل مركزاً على عمليّة النمذجة في الوقت الذي يقوم بعمل تغييرات على مخطط سير العمليات. ومن خلال استخدام النموذج الهرمي أو الشجري، فإن عمليات الصياغة والتخطيط تبدأ من الجذع (أو جذور، إذا كان هناك مُخرجات متعددة لمنتجات المعلومات المكانيّة).

تسمح مخططات نظم المعلومات الجغرافيّة للمنمذجين باستعراض العمليات الكاملة التي يحاولون محاكاتها. ومن خلال دراسة هذه الوثائق، يمكننا أن نحدّد أنواع العناصر الشبكية اللازمة لتغذية النماذج الفرعيّة. وفور الانتهاء من ذلك، يجب أن تُربط هذه النماذج الفرعيّة من خلال مجموعة متنوعة من المعامِلات المحليّة، والتركزيّة، والنطاقيّة، والكتليّة، والشموليّة المتاحة لنا في أدوات نظام المعلومات الجغرافيّة الخلوي. يتطلب هذا على الأقل فهما أولياً للروابط الوظيفيّة فيما بين النماذج الفرعيّة. وفي بعض الحالات، كما في نموذج ليسا الجمعي، قد يكون تصور النموذج وعمله مقرراً مسبقاً من قبل الوكالة أو المؤسسة المسؤولة عنه. وللحالات التي تكون فيها النظم الطبيعية والنظم الاجتماعية – الاقتصادية نفسها أقل تنظيماً ووضوحاً، فإن عمليتي التخطيط والصياغة تصبحان أكثر صعوبة وبدرجة لا يستهان بها. كما أن النماذج الموصِّفة تضيف، أيضاً، مزيداً من التعقيد. ويمكن تطبيق المخططات وتقنيات الاستعراض والوصف البديلة بهدف اختيار الشبكات اللازمة للنموذج حتى لتلك النماذج الأكثر تعقيداً.

علاوة على ذلك، يمكن أن تساعد هذه التقنيات، أيضاً، في ربط النماذج الفرعيّة بعضها ببعض؛ وفي تحديد مكونات النموذج الناقصة، والزائدة، والمربكة؛ وفي إيجاد البدائل المكانيّة لتلك الشبكات الموضوعيّة التي لا توجد مباشرة. كما أن هذه التقنيات نفسها يمكن، أيضاً، أن تدعم اختيار المعامِلات اللامكانيّة (الوصفيّة) التي تربط بين المكونات الداخلية للنموذج الفرعي، إضافةً إلى الربط بين النماذج الفرعيّة نفسها.

ولأن برامج نظم المعلومات الجغرافيّة الحديثة تسمح لنا بربط عمليات الصياغة، والتخطيط، والتنفيذ، فإن لدينا، أيضاً، القدرات الضرورية لبناء نماذج أولية، نموذج فرعي في الوقت الواحد، وصقلها حسب الضرورة. وللنماذج الأكثر تعقيداً، يمكننا، أيضاً، أن نجري معالجة معاودة أو متكررة متى ما تم الحصول على بيانات جديدة، أو متى ما تم اكتشاف مفاهيم جديدة، أو متى ما تغيرت السيناريوهات في النماذج الموصّفة. وأخيراً، فإن المخطط، بوصفه تمثيلاً لصياغة النموذج، سوف يسمح لنا بتوثيق النموذج، وذلك بسبب التقدم في القدرات التخطيطية في نظم المعلومات الجغرافيّة، إضافةً إلى المكونات الوصفيّة الضرورية جداً لإنشاء معلومات البيانات والتحليلات اللاحقة المتعلقة بالتحقق من النموذج، واختبار صلاحيته، وقبوله.

مواضيع المناقشة

١- تعد كل من عمليتي الصياغة والتخطيط مهمة جداً قبل تنفيذ النموذج، لا سيما مع نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة المعقدة. ناقش الأسباب وراء ذلك.

٢- لماذا تعد برامج التخطيط المتكاملة أكثر فائدة سواء من البرامج المستقلة أو التخطيط اليدوي لصياغة نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة الخاصة بك؟ اجعل مناقشتك تشتمل على دور هذه البرامج المتكاملة في عرض نموذج نهائي لأحد العملاء وفي عمليّة التحقق من النموذج وتحليل قبوله.

٣- اختر من الدراسات السابقة مقالاً يشرح صياغة وتخطيط نموذج في نظم المعلومات الجغرافيّة. وإذا كان المقال يتضمن مخططاً، حاول تحديد أي الأجزاء الناقصة التي لم يرد شرحها في النص المتعلق بالمخطط. وإذا لم يوجد مخطط، حاول أن تنشئ واحداً من واقع شرح النموذج. ناقش أين تكون الأجزاء الناقصة واشرح لماذا تعتقد أنها مفقودة وكيف يمكن أن تسد ما نقص.

٤- يمكن اعتبار عوامل نموذج جيني (Jenny, 1941) الخمسة الخاصة بتكوين التربة على أنها خمسة نماذج فرعيّة لشرح كيفيّة تشكُّل التربة، ولقد وردت في الكتاب باعتبارها مثالاً لنموذج عام (غير مصقول) من نماذج نظم المعلومات الجغرافيّة. وكتمرين ذهني، قم بإنشاء نموذج بنظام المعلومات الجغرافيّة ينتج منه تنبؤا بنوع التربة على أساس العوامل الخمسة التالية: المناخ، والمواد العضوية، والتضاريس، والمواد الأولية، والزمن. صِغ هذا النموذج الافتراضي وضع له مخططاً يبيّن سير عمله. اقترح أفكاراً أخرى عامة يمكن أن تكون نماذج محتملة.

٥- لنفترض، جدلاً، أنك تحاول تنفيذ نسخة نظام المعلومات الجغرافيّة من نموذج ليسا (LESA) وأنه في أثناء عمل ذلك، اكتشفت أنه عندما قمت بدراسة المناطق ذات الطبيعة الخاصة أو الحساسة في مقاطعة دوغلاس وجدت أن هذه المناطق منتشرة في جميع أنحاء المقاطعة. في الواقع، إن هذا الظهور لهذه الأراضي يحدث لدرجة أن هذا النموذج الفرعي بالذات (الخاص بالمناطق الحساسة) يشير إلى أنه لا توجد أرض يمكن تحويلها. ناقش كيف يمكن أن

تخفف القيود المفروضة على هذا العامل. ناقش مع ذلك، أيضاً، كيف يؤثر هذا على نتائج النموذج والغرض العام الذي من أجله تم تطوير نموذج "ليسا".

٦- يشير نموذج ليسا الخاص بتقويم الموقع الذي تمت مناقشته في هذا الفصل والفصول السابقة إلى أن الوحدات الفرعيّة أو المقصورات تعد بسيطة نسبياً. وباستخدام المناقشة في هذا الفصل والقائمة التالية لتقييم عوامل تقييم الموقع ومستويات التوافق، اشرح بالتفصيل الأسئلة التي تحتاج إلى إجابات، والأجزاء المفقودة اللازمة لتخطيط وصياغة نماذج فرعيّة مكتملة.

عوامل تقييم الموقع، وأوزانها، وقيم توافقها

نسبة مساحة الأرض الواقعة في الزراعة ضمن ١،٥ ميلا (الوزن ٨)

القيمة	الشرط
١٠	٩٥٪ من الأرض في مجال الزراعة
–	٥٠٪ من الأرض في مجال الزراعة
١	١٠٪ من الأرض في مجال الزراعة

الأراضي الواقعة في مجال الزراعة والمجاورة للموقع (الوزن ١٠)

القيمة	الشرط
١٠	جميع جوانب الموقع في مجال الزراعة
–	جانب واحد مجاور لأرض غير زراعية
–	جانبان للموقع مجاوران لأرض غير زراعية
–	ثلاثة جوانب للموقع مجاورة لأرض غير زراعية
١	الموقع محاط بأرض غير زراعية

حجم المزرعة (الوزن ٧)

القيمة	الشرط
١٠	≥ ١٢٠ فدان
–	٨٠ — ١٢٠ فدان
–	٤٠ — ٨٠ فدان
–	٢٠ — ٤٠ فدان
–	١٠ — ٢٠ فدان
٠	< ١٠ فدان

متوسط حجم قطعة الأرض ضمن ١ ميل من الموقع (الوزن ٩)

القيمة	الشرط
١٠	≤ ١٢٠ فدان
–	٨٠ — ١٢٠ فدان
–	٤٠ — ٨٠ فدان
–	٢٠ — ٤٠ فدان
–	١٠ — ٢٠ فدان
٠	> ١٠ فدان

الاستثمار الزراعي في تطوير الممتلكات ضمن ٢ ميل (الوزن ١٠)

القيمة	الشرط
١٠	مستوى عال من الاستثمار في المنشآت الزراعية (طويل الأجل)
–	مستوى معتدل من الاستثمار
٠	مستوى متضائل من الاستثمار

نسبة المنطقة المخصصة للزراعة ضمن ١،٥ ميلا (الوزن ٨)

القيمة	الشرط
١٠	≤ ٩٠ ٪
–	٧٥ ٪ – ٨٩ ٪
–	٥٠ ٪ – ٧٤ ٪
–	٢٥ ٪ – ٤٩ ٪
١	> ٢٥ ٪

تخطيط استعمال الموقع والمجاور له (الوزن ٦)

القيمة	الشرط
١٠	الموقع وكل الجوانب المحيطة به مُخصصة للزراعة
–	الموقع خُصص للزراعة ويحيط به من جانب واحد استعمال سكني منخفض الكثافة
–	الموقع خُصص للزراعة ويحيط به من جانبين استعمالات سكنية أو تجارية أو صناعية
١	الموقع محاط باستعمالات سكنية أو تجارية أو صناعية

obeikandl.com

توفر الأراضي المخططة للاستخدام المقترح (الوزن ٦)

القيمة	الشرط
١٠	الأراضي غير المطورة والمخططة للاستخدام المقترح هي خارج مجالات النمو الحضري الرئيس والثانوي للمدن المدرجة
٠	لا يوجد أراضي متاحة للاستخدام المقترح (هذه القيمة يمكن تخصيصها فقط عندما تكون القطعة داخل مجالات النمو الحضري الرئيس أو الثانوي)

توفر الأراضي غير الزراعية أو أقل إنتاجية كموقع بديل ضمن المنطقة (الوزن ٦)

القيمة	الشرط
١٠	مقدار كبير متاح
–	مقدار معتدل متاح
٠	لا شيء متاح

الحاجة إلى مزيد من الأراضي الحضريّة (الوزن ٨)

القيمة	الشرط
١٠	أراضي شاغرة وقابلة للبناء داخل حدود المدينة، قادرة على استيعاب الاستخدام المقترح
١	أراضي محدودة أو غير شاغرة متبقية داخل حدود المدينة لاستيعاب الاستخدام المقترح

توافق الاستخدام المقترح مع المنطقة المحيطة (الوزن ٧)

القيمة	الشرط
١٠	متوافق
–	متوافق إلى حد ما
٠	غير متوافق — استعمالات مكثفة بدرجة عالية

ظواهر متميزة طبوغرافياً أو تاريخياً أو فريدة في غطائها الأرضي أو مشاهد طبيعية ذات سمات جمالية مميزة (الوزن ٣)

القيمة	الشرط
١٠	كل الموقع
–	جزء من الموقع
٠	لا شيء من الموقع

openkanal.com

الموقع مجاور لأراضي ذات تميز في ظواهرها الطبوغرافيّة أو التاريخية أو غطائها الأرضي أو مشاهد طبيعيـــة ذات سمات جمالية مميزة (الوزن ٢)

القيمة	الشرط
١٠	على جميع جوانب الموقع
–	على ثلاثة جوانب من الموقع
–	على جانبين من الموقع
–	على جانب واحد من الموقع
٠	ليس للموقع أي جانب مجاور لهذه الظواهر الفريدة

الموقع عرضة للفيضانات أو أنه في مجرى التصريف المائي (الوزن ٨)

القيمة	الشرط
١٠	كل الموقع
–	٥٠ ٪ من الموقع
٠	لا شيء من الموقع

مدى ملاءمة التربة للتخلص من النفايات في الموقع (الوزن ٥)

القيمة	الشرط
١٠	كل الموقع
–	٥٠ ٪ من الموقع
٠	لا شيء من الموقع

التوافق مع المخطط الشامل المعتمد (الوزن ٥)

القيمة	الشرط
١٠	تقييدات التربة تحد من استعمال نظام للتطهير
–	تقييدات التربة يمكن التغلب عليها من خلال إدارة خاصة
٠	تقيدات محدودة أو لا توجد

ضمن منطقة مخصصة للنمو (الوزن ٥)

القيمة	الشرط
١٠	منطقة ريفية

obeikandl.com

- نطاق خزان التصريف الصحي في كلينتون[٣]
- منطقة نمو الضواحي
- • منطقة النمو الرئيس

المسافة من حدود المدينة (الوزن ٦)

القيمة	الشرط
١٠	> ٢ ميل
–	≥ ٢ ميل
–	≥ ١,٥ ميلا
–	≥ ١ ميل أو أقل
–	≥ ٠,٥ ميلا أو أقل
•	ملاصقة

المسافة من شبكة النقل (الوزن ٥)

القيمة	الشرط
١٠	الوصول إلى شبكة النقل محدود ويهيمن عليه طرق بلدات ريفية
–	يوجد وصول إلى طرق محسّنة للمقاطعات أو إلى طريق سريع داخل مناطق نمو الضواحي
–	يوجد وصول إلى طرق محسّنة للمقاطعات أو إلى طريق سريع داخل مناطق النمو الرئيسة
•	الوصول متاح لمجموعة كاملة من خدمات النقل

المسافة من شبكة المياه المركزية (الوزن ٤)

القيمة	الشرط
١٠	لا يوجد مياه ضمن ١ ميل
–	يوجد مياه ضمن ٢٠٠٠ قدم
•	يوجد مياه في الموقع

المسافة من خطوط الصرف الصحي (الوزن ٤)

القيمة	الشرط
١٠	لا يوجد خطوط مجاري ضمن ١,٥ ميلا

(٣) مدينة في أمريكا (يمكن استبدال المدينة هنا للاستفادة من النموذج – المترجم)

obeikandi.com

- خطوط المجاري ضمن ١ ميل
- خطوط المجاري ضمن ١,٥ ميلا
- خطوط المجاري مجاورة للموقع

أنشطة تعليمية

١- اختر ثلاثاً من المجموعات السبع لعوامل تقييم الموقع في نموذج ليسا الخاص بمقاطعة دوغلاس، كانساس، ثم قم بتقسيمها إلى عناصرها الفردية من الخرائط الشكبية. الآن أنشئ مخططاً بسيطاً (فقط باستخدام صناديق للبيانات وأسهم للنصوص للروابط والوظائف) لكل من هذه النماذج الفرعيّة.

٢- قم الآن بربط النماذج الفرعيّة الثلاثة التي عملتها في النشاط السابق مع بعضها لإظهار كيف تمت عمليّة الربط. خذ في الاعتبار أنه بالرغم من أن النموذج يعتبر نموذجاً خطياً بسيطاً جمعيّاً (مضافاً) -إلا أن له وزن صريح مسند لكل شبكة موضوعيّة. هذه الوزننة يجب أن يشملها نموذجك، أيضاً.

٣- استخدم الآن قدرات التخطيط الآلية في نظام المعلومات الجغرافيّة الخلوي الخاص بك (إذا كان ذلك متاحاً) وكيِّف كل من المخططات التي عملتها في النشاط الثاني للتوافق مع هذا البرنامج.

٤- حمِّل قاعدة بيانات نموذج ليسا لمقاطعة دوغلاس واحصل على نسخة من مقال وليامز (١٩٨٥م) الذي على أساسه تم إنشاء مجموعة البيانات. استخدم برنامج تخطيط النموذج الموجود في برنامج نظام المعلومات الجغرافيّة الخاص بك لتنفيذ أكبر قدر من الجزء الخاص بتقييم الموقع في نموذج ليسا، وذلك بقدر الإمكان. قد تضطر الى اتخاذ قرارات أُحادية الجانب حول درجات التقييم وبعض التفاصيل المحدّدة.

٥- باستخدام النموذج الذي عملته في النشاط أعلاه (٤)، قم بعمل بعض التغييرات في درجات التقييم، أو في الأوزان التي قمت بتخصيصها للنماذج الفرعيّة، ثم شغّل النموذج مرة أخرى لترى عن قرب قدرات نظام المعلومات الجغرافيّة في تخزين النماذج وفي إمكانيّة إجراء هذه التعديلات.

٦- باستخدام قاعدة البيانات نفسها (أعلاه)، تخيّل أنك وكالة اتحادية وتخطط لاستخدام مجموعة من البيانات لأغراض أخرى غير نموذج ليسا. الآن، وباستخدام طريقة آلية من الطرائق المتاحة لإنشاء معلومات البيانات (Metadata) أو نسخة مطبوعة من استبيان مُعد لتسجيل هذه المعلومات، ضع قائمةً تحدّد الجوانب المتعلقة بالشبكات الموضوعيّة التي لم تُحدّد تحديدا جيدا أو أنها كلها ناقصة. اشرح كيف أن نقص هذه التفاصيل قد يفضي إلى مشكلات في استخدام قاعدة البيانات لتطبيقات بديلة غير تلك الخاصة بنموذج ليسا.