خطوات عمل نموذج بيئي: The Modelling Procedure

هنالك عدة خطوات متسلسلة لعمل النموذج البيئي هي:

١- تعريف المشكلة : Definition of the problem

وهذا التعريف سيحتاج الى تحديد مكونات المكان والزمان والانظمة الثانوية للنظام البيئي ، وانه من السهولة تحديد الزمان والمكان مقارنة مع تحديد الانظمة الثانوية المندمجة في النموذج البيئي .

يعتقد ان النظام البيئي له اهمية في هذه المرحلة ويجب المحاولة لفهم الصورة الكبيرة للنظام . سلوك النظام البيئي يجب ان يفسر على انه ناتج عن العمليات الديناميكية ، ويفضل وصفها على اساس العلاقات السببية .

يصعب ،على الاقل في المقترح الاول ، تحديد العدد المثالي للأنظمة الثانوية التي يجب ان يتضمنها النموذج لتكون مقبولة ضمن مدى مستوى الثقة للنموذج البيئي .

وبسبب فقد البيانات ، لذا فانه من الضروري في المرحلة اللاحقة قبول اقل عدد من الانظمة الثانوية مقارنة مع ماهو مطلوب في البداية او ما هو مطلوب لتجهيز بيانات اضافية لغرض تحسين النموذج . البعض يجادل في ان النموذج الاكثر تعقيدا يعطي ثقة اكبر وتمثيل اكثر للتفاعلات التي تحصل في النظام البيئي الواقعي ، ولكن هذا ليس بالضرورة ان يكون صحيحا . ان اضافة عوامل اخرى اضافية سوف يجعل النموذج اكثر تعقيدا ويحتوي متغيرات اكثر وهذا سوف يزيد من مستوى الشكوك بالنموذج ، لان تقدير تلك المتغيرات سواء بزيادة المشاهدات الحقلية ، او بزيادة التجارب المختبرية او بالمعايرة والتي جميعها تستند الى القياسات الحقلية وهذه جميعها لا تخلو من الاخطاء التي ستدخل الى النموذج وتسبب زيادة مستوى الشك بالنموذج .

يمكن في هذه المرحلة وضع الالية الاولى للبيانات المطلوبة للنموذج ولكنها غالبا ما تغير في مرحلة لاحقة ، وهذه قد تحصل نتيجة الخبرة الناتجة عن التحقق والمعايرة وتحليل الحساسية والشرعية والمصادقة .

كمبدأ ، يجب ان تكون البيانات متوفرة عن جميع متغيرات الحالة التي اختيرت لبناء النموذج ، وفي حالات قليلة يمكن ان يهمل القياس لبعض متغيرات الحالة المختارة عندما تنجح المعايرة ويصادق عليها ويعطى شرعية ويكون الارتباط عالي جدا مع نوعية وكمية البيانات .

عند تحديد تعقيد النموذج ،على الاقل كتحديد اولي ، فانه من المحتمل ان يكون النموذج التخيلي بشكل مخطط يعطي معلومات بخصوص اي متغيرات حالة واي عوامل خارجية واي العمليات يتطلبها النموذج البيئي لصياغته. منطقيا يجب على الباحث ان يحدد نوع البيانات التي يحتاجها لتطوير النموذج البيئي اعتمادا على النموذج التخيلي . وهذا يعني ان النموذج التخيلي ،او حتى النماذج الرياضية البدائية الاولية التي تحدد بيانات ضمن الحدود المتاحة لكنها في بيئة حقيقية ، يتم تطويرها بعد عملية جمع البيانات لتصبح كحالة وسطية تجمع بين هدف النموذج وبين البيانات المتاحة . هناك طرائق جاهزة يمكن ان تحدد مجموعة البيانات المطلوبة للنموذج وذلك لتقليل الشكوك في عدم صحة النموذج ، ولكن لسوء الحظ ان تطبيقات هذه الطرائق محدودة .

الخطوة الثانية هي:

٢ـ صياغة العمليات بشكل صيغ (معادلات) رياضية: Formation of the processes as mathematical equations

العديد من العمليات يمكن ان توصف بأكثر من صيغة رياضية ، وهذه جدا مهمة لنتائج النموذج النهائي وذلك باختيار الصيغة المناسبة للحالة قيد الدراسة . في الوقت الذي تتاح فيه المعادلات الرياضية يمكن **التحقق** من صحة النموذج واثباته ، وهذه خطوة مهمة جدا في صياغة النموذج الا ان بعض المنمذجين يستبعدونها ولا يقومون بإجرائها . ويوصى بإجراء هذه الخطوة (التحقق) كمحاولة للإجابة عن الاسئلة التالية :

ا- هل النموذج ثابت ومستقر على المدى الطويل ؟

يتم تطبيق النموذج لفترة طويلة بنفس المتغيرات السنوية في العوامل الخارجية لمعرفة فيما اذا كانت القيم المسجلة لمتغيرات الحالة ستحافظ على مستوياتها ام لا.
في الفترة الاولى متغيرات الحالة ستكون معتمدة على القيم الاولية المسجلة لها . وكذلك يوصى بتطبيق النموذج ايضا بالقيم الاولية المطابقة او المشابهة للقيم المسجلة على المدى الطويل لمتغيرات الحالة . كذلك يوصى بمعرفة فيما اذا كانت القيم الاولية قد تم قياسها ام انه تم معرفتها بطريقة اخرى . هذا السؤال يفترض ان النظام البيئي الواقعي ثابت ومستقر على المدى البعيد .

ب- هل ان النموذج يعمل كما هو متوقع ؟

اذا افترضنا ان هناك مادة سامة ،على سبيل المثال ، قد ازداد دخولها الى النظام البيئي ، فإننا نتوقع زيادة في تركيز تلك المادة في الاحياء اكلات اللحوم التي تقع في قمة الهرم الغذائي ، فاذا كان هذا الشي غير موجود ولم يستدل عليه عند تنفيذ النموذج فهذا يعني ان هناك بعض المعادلات الرياضية ضمن النموذج غير صحيحة ويجب تصحيحها . هذا السؤال يفترض ان لدينا على الاقل بعض المعرفة عما يحدث من تفاعلات ضمن الانظمة البيئية . وعلى العموم يفضل التلاعب بالنموذج في هذه المرحلة للحصول على نتائج صحيحة . اذا النموذج هو اداة تجريبية حيث تجرى تجارب وتقارن نتائج النموذج مع المشاهدات ويتم التغيير بالنموذج تبعا للتغيرات في المشاهدات ومدى معرفة الباحث بالتفاعلات التي تحصل في النظام البيئي، حتى تحصل قناعة لدى الباحث بمدى مطابقة نتائج النموذج مع المشاهدات الواقعية.

ج- فحص جميع الوحدات المستخدمة في هذه المرحلة من مراحل تطوير النموذج :

في هذه المرحلة ينصح بفحص الوحدات المستخدمة هل انها نفس الوحدات على طرفي المعادلة الرياضية ؟ .

ثم تاتي الخطوة الثالثة :

٣-تحليل الحساسية : Sensitivity analysis

من خلال اجراء الباحث لهذا التحليل فانه سيحصل على نظرة جيدة عن اي مكون من مكونات النموذج هو الاكثر حساسية ، وبهذا سيتعرف الباحث على حساسية كل من المتغيرات او العوامل الخارجية او النماذج الثانوية تجاه متغيرات الحالة في النموذج . فعلى سبيل المثال اذا اراد الباحث ان يحاكي دخول مادة سامة الى حشرات اكلات لحوم بسبب استخدام مبيد حشرات فانه سيختار متغير الحالة (تركيز المادة السامة في الحشرات) كاهم عامل اضافة الى تركيز تلك المادة في النباتات وفي الحشرات اكلات الاعشاب .

في النماذج العملية فان تحليل الحساسية يمكن اجراءه بتغيير المتغيرات ، العوامل الخارجية ، او النماذج الثانوية ، وبذلك يمكن ملاحظة استجابات متغيرات الحالة لكل تغيير .

يمكن حساب الحساسية (S) لكل متغير (P) من المعادلة التالية:

$$S= [\partial X / X] / [\partial P / P]$$

∂X : تمثل التغير النسبي لمتغير الحالة (X) .

ان تحليل الحساسيه يسهل عملية التمييز بين المتغيرات ذات التاثير الاكبر على سلوكية النظام البيئي و المتغيرات الاخرى ذات التأثير المنخفض على سلوكية النظام ، وان التغيير النسبي في قيم المتغيرات يتم اختياره حسب معرفتنا بالمتغيرات لذا فان الباحث يلجا الى التركيز على المتغيرات ذات التأثير الاكبر على سلوكية النظام.

تقدير المتغيرات ومعايرتها : Parameter Estimation and Calibration

ان الهدف من المعايرة هو لتحسين تقدير المتغيرات . معظم المتغيرات في النماذج السببية البيئية ليس بالضرورة ان تكون موجودة بشكل اعداد صحيحة بل قد تكون بشكل قيم تقريبية او بشكل فئات . لذا فانه من الضروري اجراء معايرة للنموذج لان المتغيرات البايلوجية عادة تكون معروفة بشكل مديات .

بعض مجاميع المتغيرات تختبر بإجراء معايرة لها ، وذلك بمقارنة المخرجات(للنماذج المختلفة) لمتغيرات الحالة بقيم مشاهدة او مسجلة لنفس متغيرات الحالة ، ويتم اختيار مجاميع المتغيرات التي تعطي افضل توافق بين مخرجات النموذج (القيم التكهنية) وبين القيم المقاسة لمتغيرات الحالة .

ويمكن توضيح الحاجة الى المعايرة باستخدام خصائص النماذج البيئية والمتغيرات التابعة لها :

١- كما اشرنا سابقا فان معظم المتغيرات البيئية نادرا ما تكون قيمها مضبوطة مثلما هو موجود في المتغيرات الفيزياوية او الكيمياوية ، لذلك فان قيم المتغيرات البيئية هي غير دقيقة بالشكل الدقيق .

٢- جميع النماذج البيئية هي تبسيط للطبيعة (Simplifications of nature)، لان وصف العمليات وتركيبة النظام البيئي لا تحتوي جميع التفاصيل . في حالة اختيار النموذج بشكل دقيق فانه سيتضمن جميع العمليات المهمة والمكونات للمشكلة قيد الدراسة ، وان اهمال التفاصيل (ذات الاهمية القليلة للمشكلة) قد يكون لها تأثير على النتائج . ان مثل هذه العمليات والمكونات ذات الاهمية القليلة يمكن اخذها بنظر الاعتبار عند اجراء المعايرة وهذه قد تعطي قيم للمتغيرات مختلفة قليلا عن القيم الواقعية لتلك المتغيرات .

٣- معظم النماذج البيئية تجميعية (Lumped models): وهذا يعني ان المتغير الواحد يمثل معدل القيم لعدة انواع ، فمثلا لو احذنا تركيز الأوكسجين كمتغير فانه سيمثل المعدل لتركيز الأوكسجين الناتج عن عملية البناء الضوئي و تركيز الأوكسجين المستهلك لتنفس الاحياء ، وبما ان لكل نوع متغيراته الخاصة به لذا فان التغيرات الحاصلة في مكونات الانواع بمرور الزمن سوف يعطي تغير في

معدل المتغير المستخدم في النموذج البيئي . اضافة الى ان المعدل المحسوب للمتغيرات بطريقة رياضية قد لا يكون بالضرورة يمثل المتغير الصحيح لمكونات الانواع في الواقع . هذه الصعوبات تودي الى عدم التمكن من ايجاد قيمة المتغير الابتدائية الصحيحة .

٤- النظام البيئي نظام مرن (Flexible system): فهو يستطيع ان يقابل التغيرات الحاصلة بالعوامل الخارجية بالخصائص الجديدة لمتغيرات الحالة . وهذا يحدث اما بتطبع (adaptation) الانواع الموجودة او بحصول تغيير في مكونات الانواع . لذا فانه من الضروري في العديد من النماذج البيئية ان يتضمن النموذج خصائص الانظمة البيئة ، وهذا النوع من النماذج يسمى بالنموذج التركيبي الديناميكي(Structurally dynamic model) اي انه نموذج فعال ومتواصل التغير .