



تطور نمط الآفات واستخدامها

DEVELOPMENT AND USE OF PEST MODELS

A. P. Gutierrez

Division of Biological Control
University of California, Berkeley, California

قسم مكافحة الحيوية
جامعة كاليفورنيا - بيركلي - كاليفورنيا

L. T. Wilson

Department of Entomology
University of California, Davis, California

قسم الحشرات
جامعة كاليفورنيا - ديفز - كاليفورنيا

Historical Overview

خلفية تاريخية

Developing a Time-Varying Life Table Model

تطوير نمط لجدول الحياة ذي الزمن المتغير

Model Selection

اختيار النمط

Intrinsic Demographic Parameters

دالات الإحداثيات البيانية التوضيحية

Density-Dependent Relationships

الكثافة - الروابط المتكافئة

Physical Factors

العوامل الفيزيائية

Model Validation

صلاحية النمط

Management Models

إدارة الأنماط

Linkage of Pest Population Models to the Cotton Model

الربط بين الأنماط العشوائية للآفة ونمط القطن

Field Applications

التطبيقات الحقلية

Discussion

مناقشة

References

المراجع

فى هذا الباب سوف نضع الخطوط العريضة لمخطط تنميط الآفات المستخدم فى مشروع المكافحة المستنيرة لآفات القطن وغيره من المحاصيل الأخرى . والمكافحة المستنيرة أو المتكاملة للآفة ما هى إلا نظام تطبيقى لبيئة العشييرة . والتنميط والأنماط التحليلية الأخرى فى المكافحة المتكاملة هى أشبه ما يكون بالنظام التقليدى لبيئة العشائر . وتنمو جميع عشائر الكائنات الحية ، وتزايد عندما تكون نسب الولادة والاستيطان أعظم درجة من نسب الموت والهجرة والعكس بالعكس ، والمشكلة الرئيسية فى بيئة العشائر والمكافحة المتكاملة هى فى البحث عن سبب تغير هذه النسب فى فترة زمنية معينة ، وتتابع هذا التغير وماله من أثر على ديناميكية عشائر الآفات والنباتات العائلة والأعداء الطبيعية . والتعقيد الذى يحدث حتى فى أبسط النظم يكون له أثره الكبير على تطوير «الأنماط المحققة للعشائر» من أى نوع يوجد فى الطبيعة ، وكما لخصها Neil Gilbert أن جهلنا بالرياضيات ليس هو المعوق لنا ، ولكن جهلنا بالأحداث التى تتم فى الحقل هو المعوق .

والى درجة كبيرة ، ما تزال هذه الحقيقة . ولكن - حتى مع الحصول على المعلومات السليمة - فإن الرياضيات لم تتطور حتى الآن التطور الكافى ، الذى يمكننا من استخدام معلوماتنا استخداماً تاماً . وفى سنة ١٩٨١ صنف Oster الأنماط تحت غطاء نظرية عامة (GT) ، أو كظاهرة عامة ونظرية خاصة للأنماط (ST) فالأنماط لا تبحث فى تفسير للبيانات العلمية . ولكن الأنماط فى هذه النظرية الخاصة (ST) - يجرى تصميمها من أجل الإجابة عن أسئلة خاصة ، وفى كلمات لاستر :

«من الملاحظ أن معظم الإيكولوجيين (علماء البيئة) ولوقت طويل قد حملوا هذه المعادلات (GT) محمول الجد كما لو كانت تخبأ تحتها أسراراً وحقائق ضخمة عن الطبيعة . ولكن مما يعيب هذه الأوراق البحثية ، هو أنها كانت فى الغالب رياضية ، وأن الحقائق التى تحتوى عليها غالباً ما تكون مجازية ، وقد قام جلبرت وآخرون (Gilbert et al عام ١٩٧٦) بتوضيح هذه العبارة ، وفيما بعد قرّر Oster أن هذا الاتجاه هو تعزيز لنظرية الأنماط الخاصة (ST) ، وتتيح الاستفادة من نتائج التجارب العلمية ؛ فالأسس الرئيسية لعلم البيئة (الإيكولوجى) سوف تؤكد نفسها بعد إجراء التجارب على كثير من الأمثلة والحالات الخاصة» . وقام أيضاً جلبرت وآخرون سنة ١٩٧٦ بتوضيح هذه النقطة فى وقت سابق ، وكذلك فعل Wang و Gutierrez عام ١٩٨٠ .

ويقرر علماء البيئة أن الأنظمة الزراعية هى أكثر بساطة من الأنظمة الطبيعية (May عام ١٩٨٢) . ولكن أثبتت خبرتنا أن ذلك ليس صحيحاً بالضرورة ، وعلى سبيل المثال ..

فإن Ellington وآخرين عام ١٩٨٤) قد قاموا بتصنيف أكثر من ٩٥ من الآفات التابعة لمفصليات الأرجل ومسببات الأمراض والحشائش الموجودة في حقول القطن . وعليه . . فإن التحليل يمكن أن يكون متساوياً إن لم يكن أكثر صعوبة . وذلك بسبب ما أشار إليه Strong سنة ١٩٨٣ من أن أنماط المكافحة المتكاملة IPM تحتاج إلى اختبارها ، ليس فقط ضد هذه النظرية ، ولكن أيضاً ضد العالم الحقيقي . ولا يمكن أن تأخذ الأنماط النظرية التي صممها May وآخرون سنة ١٩٨٢ إلا جانباً صغيراً من المكافحة المتكاملة IPM ، وعليه . . فإننا لن نشير إليه هنا بالتفصيل .

وفي هذا الباب خاصة ، سوف نضع الخطوط الخارجية للتقدم الذي حدث بالنسبة للقطن حتى الآن ، وذلك في صورة خطوط عريضة لدراسة ديناميكية العشائر لعدد من أنواع الآفات وتأثيرها على نمو المحصول وعائده ، وكذلك تأثير الأعداء الحيوية على كبح جماح هذه الآفات وتطور استراتيجيات الإدارة لتقليل الأضرار التي تحدثها هذه الآفات إلى الحدود الدنيا . وفي الباب الثالث وضعنا إطاراً نظرياً لاختيار نمو المحصول وازدهاره ، وذلك من وجهة نظرية حيوية اقتصادية ، وفي هذا الباب تم وضع أطر النظريات الأساسية لديموجرافية النبات والحيوان ، التي يمكن استخدامها في برامج المكافحة المتكاملة (مثل ما ذكره كل من Leslie ، و Von Foerster عام ١٩٥٩ ، و Manetsch عام ١٩٧٦ ، و Abkin ، و Wolf عام ١٩٧٦ ، و Gutierrez و Wang عام ١٩٧٦ ، و Wang وآخرين عام ١٩٧٧ ، و Butienez ، و Baumgaeriner عام ١٩٨٤) وفي هذا الباب سوف نقوم بالبناء على هذا الإطار ، فضلاً عن التوسع في استخدام الأنماط الخاصة بعشائر الآفات والأعداء الحيوية ، وصلتها بعضها ببعض وبالنبات .

خلفية تاريخية : Historical Overview

إن العمل الذي أجراه «هوغز» Hughes عام ١٩٦٣ على نظام من الكربن ، كان من أهم الأعمال الرائدة التي وضعت حجر الأساس لطريقتنا في التسميط ؛ فقد قدم Hughes صلب جدول الحياة ذات الزمن المتغير (TVLT) ، الذي يحتوى لا على العمر الخاص فحسب بل أيضاً على الزمن المتغير لدرجات الولادة والموت وتركيب العمر والعمر الفسيولوجي والزمن ، والتي دخلت جميعاً في نمط موحد . انظر (Southweod عام ١٩٧٨ ، و Gutierrez و Wang عام ١٩٧٦) وهذا النمط كان نمطاً موحداً ، يتمثل فيه

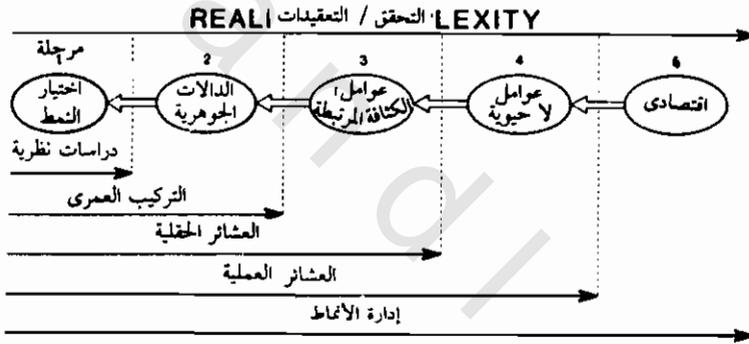
جميع أنماط جداول الحياة السابقة ، والتي كانت تحتوى على أوصاف استاتيكية كثيرة لدرجات الولادة والموت للأفراد ، خلال فصل واحد أو عدة فصول (Morris ، و Vailey وآخرون عام ١٩٧٣) . ولقد كان نمط Hughes مبنياً على أساس فرض أن العشائر الحشرية السريعة النمو تصل إلى درجة انتشار ثابتة فى الحقل فى عمر معين ، انظر أيضاً (Carey عام ١٩٨١) ، وهذا الفرض كما نعرفه الآن ما هو إلا استثناء وليس بقاعدة عامة ، وذلك يرجع إلى العوامل الخاصة التى تحدث تبايناً فى أزمان العمر . ولقد ابتكر كل من Hughes و Gilbert سنة ١٩٦٨ ، النمط الأول الصالح للاستعمال بواسطة الحاسوب ، والذي أرسى القواعد لجدول حياة ذات زمن متغير . وحول الحياة ذات الزمن المتغير (TVLT) هو أساس عملنا ، وعلى أساس من أهدافه الرئيسية ، قمنا بتشكيل التركيب الرياضى ، وقام Gutierrez ، و Wang عام ١٩٧٦ ، و Wang وآخرون ١٩٧٧ ، و Curry وآخرون ١٩٧٨) بتصميم العناصر المتبادلة للأجزاء المكونة له مثل الطلب والإمداد ، عن Gutierrez وآخين ١٩٧٥ . ولإضافة تفصيلات فسيولوجية إلى جميع المستويات الغذائية (Gutierrez و Boumgaerther عام ١٩٨٤) ومثل هذه الأنماط الزائفة تسقط من خلال تحليل الأنظمة . وعلى العموم . . فإننا نشعر أن هذه الطريقة هى أكثر نجاحاً من نظم جداول الحياة السابقة ؛ لأنه فى هذه الطريقة يجرى الربط بين كل من العمل فى المختبر ، والعمل فى الحقل من خلال نمط ، لتطور المطبق ، ويكون التركيز على تجميع البيانات العلمية من أجل اكتشاف العلاقات الإيكولوجية التى تحكم عمليات الولادة والموت فى العشائر الموجودة فى الحقل (Glibert وآخرون عام ١٩٧٦) . وعلى الرغم من أهمية الرياضيات . . فإنها تكون تافهة على المستويات الرياضية ؛ إذ هى ليست إلا أداة لتسهيل تحليلاتنا . وقد قام Getz و Gutierrez سنة ١٩٨٢ بتجميع المراجع الخاصة بتاريخ وتطور جداول الحياة ذات الزمن المتغير TVLT ، فضلاً عن كثير من التطبيقات فى هذا الاتجاه .

تطوير نمط لجدول الحياة ذات الزمن المتغير

Developing A Time-Varying Life Table Model

اختيار النمط : Model Selection

يوضح شكل (4-1) مستويات من النمط المتطور ، الذى استعمل فى مشروعاتنا . ويمثل مستوى 1 اختيار النمط ، والنمط المبسط المبين فى شكل (4-2 A) يبين أن حجم العشيرة (N) باستثناء التركيب العمرى فى الزمن E - قد حدد بواسطة الكثافة التابعة (الأسهم المنقطة) . والفيوض الداخلية الخالصة (الولادات والاستيطان) والفيوض الخارجية (الموت والهجرة) وهى التى تتحكم فى إنقاص أو زيادة نمو العشيرة (أنماط Lotka - Volterra) .



شكل (4-1) : مراحل تطور العشيرة .

وهذا النمط يمكن كتابته كما يلى :

$$\begin{aligned} dN/dt &= [(B(N) + I(N) - E(N) - D(N))N \\ &= r(N)N \end{aligned} \quad (4-1)$$

حيث إن B, E, I, D, هى الكثافة الناشئة عن الولادة والاستيطان والهجرة ودرجات الوفاة بالتعاقب ودرجة النمو الخالص للعشيرة هو $r(N)$. والحلول لهذه الأنماط البسيطة الأخرى موجودة فى أى كتاب أساسى للبيئة ، والأنماط التى ذكرت هنا ، ذكرت فقط

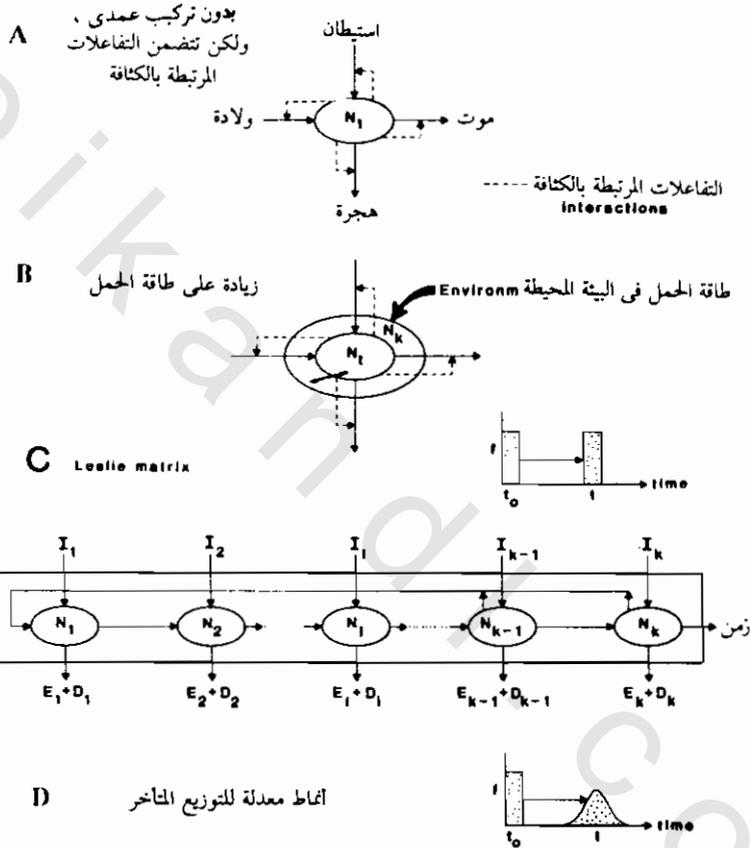
كناحية تاريخية . وللتذكرة تعنى الولادة فى المناقشة التالية جميع الفيوض الداخلية ، ويعنى الموت جميع الفيوض الخارجية ما لم يكن الهبوط الدقيق مطلوباً للتوضيح . وفى الدراسة النظرية ترتبط بطاقة الحمل فى البيئة المحيطة K (شكل B 4-2) ، مع ملاحظة أن ذلك يشبه التخمين كالتجارب العملية ؛ حيث إن الأحوال البيئية المحيطة والطعام فى هذه الحالة يمكن تثبيتها (انظر May عام ١٩٨٢) .

$$dN/dt = r[1 - N/X]/N \quad (4-2)$$

Dr with a tints log (T) hvchided:

$$dN/dt = r(1 - N(i - T) K/N) \quad (4-3)$$

والنمط (4-2) هو النتائج داخل العشيرة التى تنمو إلى الحجم (K) بينما النمط (4-3) منتج لديناميكية ، تتذبذب تذبذباً واسعاً ، ولفترة تعتمد على r و T . وتغير توقعات طاقة الحمل وتأخر الزمن فى التوجه نحو الحل ، ولكن فى الحقيقة فإننا نحتاج إلى معرفة كيفية تغيير وتأثير كل من T ، r ، k ، وغيرها من مؤشرات تباين زمن العشيرة فى ديناميكية مكونات النظام (Gutierrez وآخرون عام ١٩٨١) . وفى الحقيقة .. فإن مثل هذه الأنماط ليست لها إلا قيمة نظرية ، ولكن لا يمكن اختبارها فى الحقل انظر Wang و Gutierrez عام ١٩٨٠ . وتكون إضافة التركيب العمرى إلى النظام صعبة إلى حد ما ، ويمكن تمثيلها بنمط تصورى مماثل (شكل c 4-2) . وتفتت العشيرة حينئذ إلى مجموعات من N_i ، $i = 1, 2, \dots, k$ ، ومع كل جماعة احتمالات الاستيطان والهجرة ودرجات الوفاة . وقد تحدث الولادة فى هذا النمط من أى من المجموعات ذات الأفراد التى وصلت إلى عمر النضج ، ولكنها دخلت إلى العشيرة فقط من خلال المجموعات الأقل عمراً .



شكل (4-2) : أنماط للعشيرة على درجات مختلفة من التعقيد :

- A - دون تركيبة عمرية ولكن تتضمن التفاعلات المرتبطة بالكثافة .
- B - الشيء نفسه مثل A ، ولكن تتضمن طاقة الحمل الموجودة في البيئة المحيطة .
- C - تحتوي على التركيب العمري والاستيطان والهجرة (مثل نمط Leslie) .
- D - تتضمن توزيع أزمان التطور التي تناقش ما جاء في C ، وما ورد في المراجع .

وفي تطبيقاتنا لمشاكل المكافحة المتكاملة للآفات وإيكولوجية العشيرة ، تتباين درجات الولادة والوفاة تبعاً للزمن ، كما تتعدل بتفاعل الحرارة مع عوامل الكثافة المرتبطة بها ، والأعداء الحيوية ، والإمدادات الغذائية ، وغيرها من العوامل الحيوية والطبيعية (Gutierrez و Wang عام ١٩٧٦ ، و Wang وآخرون ١٩٧٧ ، و Gutierrez وآخرون ١٩٧٧ ، a ، b ، و ١٩٧٦ ، a ، b ، و Cuff و Hardman عام ١٩٨٠ ، و Curry و Cate عام ١٩٨٤) .

ومع هذه التعديلات لا تصبح الأنماط متشابهة تماماً مع أنماط ليزلي وفون فورستر ؛ حيث لا يكون الحل التحليلي مستحيلاً . ونضطر للبحث في الأرقام التقريبية (مثل النظائر الحاسوبية) واتحاد هذه العوامل مشروع أسفله .

ويمكن إضافة توزيع الأزمان التطورية إلى النمط بسهولة ، وعلى سبيل المثال . . فإن كانت مكونات أعمار الأفراد داخل المجموعات لكل من Δt هو أقل من وحدة واحدة . . فإن الأزمان التطورية للأفراد في كل مجموعة من المجموعات يمثل توزيعاً للصفات ، التي تعتمد على عدد المجموعات k ، وزمن التطور (شكل 4-2 D) (Manestsch عام ١٩٧٦) ، وقد استخدم هذا النمط لتطوير الأنماط الخاصة بظاهرة التنبؤ في أنماط المكافحة المتكاملة . (Welch وآخرون عام ١٩٧٨) . إن تضمين هذا النمط للعمر الحقيقي الخاص ودرجات الولادة والموت يعتبر من الأمور الصعبة ، التي تميز أنماط جداول الحياة عن تلك الأنماط ، التي تقتصر على الظواهر فقط ، ولقد ذكر كل من Vansickle عام ١٩٧٧ ، Abkin و Wolf عام ١٩٧٦ كيفية إضافة التماس إلى النمط ، ولكن أول تطبيق ناجح لهذا الموضوع كان على يد (Gutierrez وآخرون عام ١٩٨٤ a و b) . وثمة حل آخر لهذه المشكلة قام به Curry و Cate عام ١٩٨٤ ، وطبقوه على نظام لسوسة لوز القطن ، وتخطيط هذه الأنماط بات معلوماً محدداً ومستعملاً في حساب أزمان التطور في الكائنات الحية .

حالات الإحداثيات البيانية التوضيحية

Intrinsic Demographic Parameters

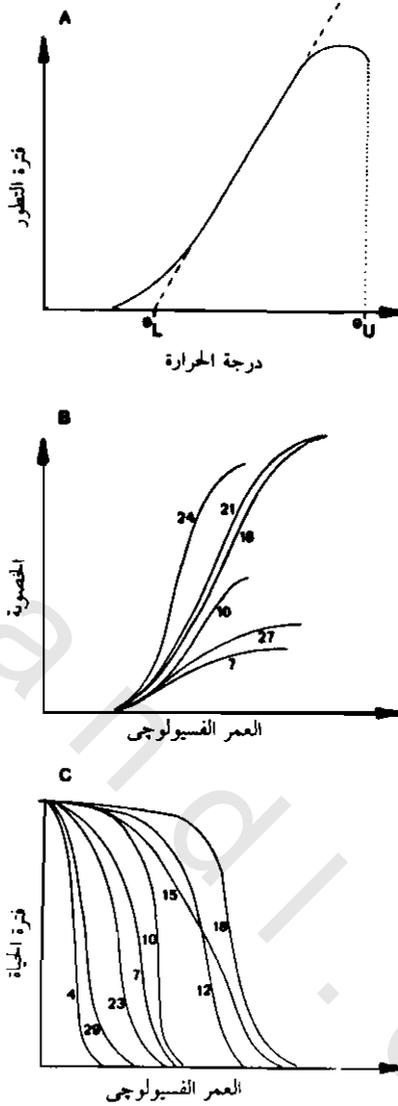
إن تطور الأسس الرياضية للنمط قد ساعدنا على وضع الخطوط المحددة لمتطلبات البيانات العلمية ، واضطررنا إلى تصنيف ما نعرفه من أى نظام ، وما يمكن أن نتبعه من جزئيات هذا النظام . ويتبع المخطط التالي المحدد في شكل (1-4) . . نجد أنه عبارة عن نمط مختار من نماذج أنماط ليزلي وفون فورستر . وعليه . . ففي المرحلة من نمط التطور ،

يلزمنا أن نقدر الأزمان التطورية ودرجات الأفراد في المجموعات على درجات حرارة معينة ، وتحت ظروف الطعام غير المحدود فضلاً عن درجات الحرارة المتعلقة بالولادة ، ودرجات الاستمرارية في الحياة (شكل 3-4) (Summess وآخرون عام ١٩٨٤) . والدالات الخاصة بالعمر ربما كانت ذات صلة بأعداد الأفراد أو مكونات التكلفة أو النشاط ، ولكن هذه الوحدات تكون قابلة للتحويل فيما بينها ، ومثل هذه التجارب يمكن إجراؤها أيضاً في الحقل ، مع تقدير العلاقات نفسها (Wilson و Gutierrez عام ١٩٨٠ ، و Nowierski وآخرون عام ١٩٨٣) وتصلح دالات الإحداثيات البيانية (شكل 3-4) للاستعمال بسهولة تامة في نمط لسلي فون فورستر ، ولكنها سوف تتمخض عن عشيرة متزايدة بكامل إتساعها .

الكثافة - الروابط المتكافئة

Density - Dependent Relationships

في المرحلة III من نمط التطور ، نرى أن الكثافة ، وما يتبعها من تأثيرات على الخصوبة والحجم وفترة البقاء ، والأزمان التطورية والهجرة وغيرها من العوامل ، التي يمكن اكتشافها في المخطط الأساسي لبيولوجية الأنواع ، وتعتمد العلاقات التي يلزم بناء جداول الحياة عليها إلى درجة كبيرة على بيولوجية الأنواع ، وكذلك على الأسئلة التي يمكن أن يراها الباحث ، ويريد الكشف عن أجوبة لها ؟ وأحياناً تكون هذه التأثيرات مرتبطة بقدرة الأفراد على الحصول على ما يلزمها من الغذاء الكافي والذي يمثل في أنماطنا من خلال درجات الاكتساب / الطلب (انظر باب ٣) وترجم التأثيرات الرئيسية المترتبة على ذلك إلى مستوى تأثيراتها على العشيرة ، والتي تحدد درجات نمو العشيرة وديناميكية عشائر الأنواع . وترى بعض هذه التأثيرات في شكل (4-4) ، ومثل هذه العلاقات ليست إلا قليلاً من مجموعة عريضة من العوامل المتكاملة المتعلقة بالعشيرة ، والتي من المؤكد أن لها تأثيرها الواضح على العشائر الحقيقية الموجودة في الحقل . ويمكن تقدير هذه العلاقات عادة من البيانات الحقلية ، والتي يمكن إجراؤها بسهولة فائقة ، وذلك بقسمة هذه البيانات على الأزمان الفسيولوجية أقرب ما يكون إلى الحقيقة (انظر Gutierrez وآخرين . (١٩٦٧) .



شكل (3-4) : التجارب اللازمة لتقدير الدالات الإحداثية التوضيحية للأحياء الموجودة في المنطقة :

A - العلاقة بين زمن التطور والحرارة .

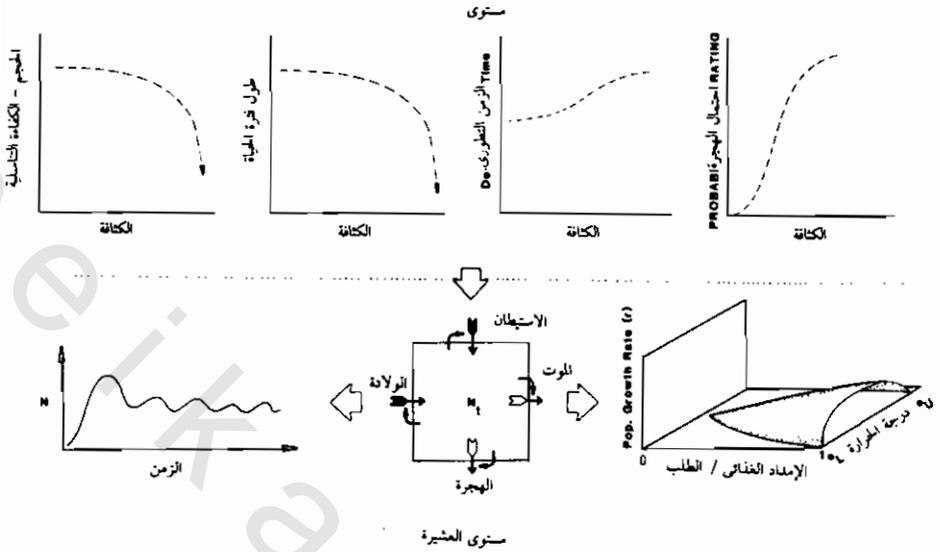
B - العلاقة بين العمر الفسيولوجي والخصوبة .

C - فترة الحياة والعمر الفسيولوجي ، والخطوط ذات الشرط وغير المشرطة (الخطوط المصمتة) هي أنماط لدرجة التطور ، وموضحة مثلها مثل البداية السفلى (θL) بواسطة النمط الخطى وترى في أعلى البداية العلوية التوضيحية ، و (θU) للتطور ، والاعداد فسى (B) ، (C) هي درجات الحرارة ، والمخطط معدل عن Summer وآخرين (1984) لنمطه عن المن الأزرق فى البرسيم .

والأنماط التي تشرح العلاقة من وجهة النظر الفسيولوجية هي التي تكاد تكون محققة إلى أقصى درجة ، وهذا التخطيط هو الذي اتبع في تطوير نمط القطن (انظر Gutierrez وآخريين ١٩٧٥ ، ١٩٨٤) وكذلك استخدم في تطوير أنماط عديدة للكثير من الآفات والأعداء الطبيعيين (Brown و Mc Clendon عام ١٩٨٢ ، و Curry وآخرون عامي ١٩٧٨ ، ١٩٨٠ ، و Gutierrez وآخرون عام ١٩٧٧ a ، b ، ١٩٨١ ، ١٩٨٤ b) . وهذا المخطط قد أمكن بواسطته إثبات كثير من الأفكار البيولوجية ، أكثر مما حققته المخططات التجريبية ، والتي تستتج العلاقات من البيانات الإحصائية الحقلية عن العشرة . ويمكن عن طريق هذا المخطط دراسة تأثير حصة النشاط المنصرفة إلى كل من النمو ، والتكاثر والتنفس والإخراج تحت الظروف المختلفة لكميات الطعام ونوعيتها والتجمع ودرجات الحرارة وغيرها من العوامل التي نوقشت من قبل ، وجميعها يمكن أن توضع داخل هذا النمط بسهولة (Gutierrez و Beungaerbio عام ١٩٨٤ a ، b) . وفي أنماط نظم الاغذاء المتعددة تكون الأنماط المتوازنة لكل نوع بحاجة إلى وضعها تحت التطور المستمر .

العوامل الفيزيائية (الطبيعية) Physical Factors

في مرحلة ٧ من نمط التطور ، اختبرت تأثيرات جميع العوامل الفيزيائية (الطبيعية) وتضمنها النمط . ولكن تأثيرات درجات الحرارة فقط على معدلات التطور ، يمكن أن تتضمنها المراحل التالية ؛ لأنها في معظمها تختص بتقدير الدالات الإحصائية للوحدة الواحدة من الزمن الفسيولوجي ، وتأثيرات العوامل الأخرى مثل الحدود القصوى لدرجات الحرارة ، وتأثيرها على طول فترة البقاء ، وتأثيرات طول اليوم على فترة السكون والنشاط النهاري ، وتأثير الطقس على انتشار الأمراض ، وتأثير الرياح على تشتيت الآفة ، وغير ذلك من الإحصائيات التي يلزم وضعها في النمط ، والتي تكون إجابة لأى تساؤل . وسوف تعتمد العوامل الخاصة التي يرغب في دراستها في الحقيقة على بيولوجية الأنواع التي تتضمنها الدراسة ، وكذلك على نوع الطقس الذي تختص به المنطقة ، ومثل هذه العوامل يمكن وضعها بسهولة في النمط ، ولكن في بعض الأحيان يكون من الصعب تطبيقها ، وتقود مخطط النمط إلى تركيبها في النيمات ، ويوجد مثل جيد واضح لهذا النوع من العمل في نمط : جفاف وسواس القطن ، ولتتبع تأثيرات جفاف الوسواس على موت سوسة اللوز (*Anthonomus grandis*) (De Michele وآخرون عام ١٩٧٦) ، ودون تضمين هذا العامل سيكون نميط وفيات سوسة اللوز في الحقل في منطقة السهول العليا من تكساس غير مجد .



شكل (4-4) : تأثيرات الكثافة على حجم الأفراد والخصوبة وطول العمر والميل إلى الهجرة ومستوى العشيرة (ديناميكية العشيرة ودرجات نموها) وتأثير الكثافة المحيطة على إمداد الطعام (الوفرة / درجة الطلب / ودرجة الحرارة) انظر (Gutierrez و Baumgaertner عام ١٩٨٤) (b)

صلاحية النمط Model Validation

إذا تم تركيب النمط وتضمينه للعوامل البيولوجية المناسبة . . فإنه يمكن مقارنته بالبيانات الحقلية أو بالنظرية ، وهذه العملية تسمى الاختيار أو سريان المفعول Validation . ولكن من واقع خبرتنا . . فإن العملية تسفر عادة عن كفاءة النمط ؛ لأن النمط لا يعرف الأحداث الحقلية وعند هذه النقطة لا يبدأ العمل الكشفي إلا عند محاولتنا معرفة أي من القطع المهمة مازالت غامضة ، وهذه في الواقع تمثل اللحظة المثيرة للدهشة والعجب ؛ إذ إنها في العادة لن تدفعنا إلى العودة إلى الحقل لإجراء المزيد من التجارب التي يفترضتها النمط .

وعلى سبيل المثال . . فإن (Westphal وآخرون عام ١٩٧٩) قد احتاجوا لمعرفة العمر الخاص لبقاء ثمار القطن ، والتي هوجمت من يرقات دودة اللوز القرنفلية (*Pectinophora gossypiella*) ، واحتاج كل من (Stone و Gutierrez عام ١٩٨٦ a) إلى أن يعرفا - من بين أشياء كثيرة أخرى وبتوضيح أكبر - درجات التطور المتباينة ليرقات دودة اللوز القرنفلية PBW في لوز القطن من أعمار مختلفة . وهذه البيانات كان من الصعب الحصول عليها عادة إلا بعد سنتين من الجهد الشاق في الحقل .

وعموماً فإن كثيراً من البيانات العلمية التي وردت في المراجع ذات فائدة قليلة في إرساء أسس التطوير الفسيولوجي للأنماط ؛ لأن مجموعة هذه البيانات ليست كاملة ، ولأنها كانت تجمع غالباً دون انتظام لأغراض أخرى . وفي أحسن الأحوال . . فإنها كانت تشير باقتضاب إلى العلاقات المرغوب معرفتها ، وعليه . . فإن التجارب عادة ما تكون عشوائية .

إدارة الأنماط Management Models

عندما يتوصل النمط إلى بيانات حقلية مستقلة ، يمكننا عندئذ أن نبدأ في إلقاء الأسئلة الإدارية (مرحلة ٧) حول النظام ، ويمكن تقييم النظام من خلال عديد من النقاط الاقتصادية والبيولوجية (انظر باب ٣) . وعلى سبيل المثال . . فإنه قد تم اختبار استراتيجيات عديدة لمكافحة الآفات على القطن (Curry و Cate عام ١٩٨٤ ، و Gutierrez و Daxl عام ١٩٨٤ ، و Gutierrez وآخرون عام ١٩٧٧ a ، ١٩٧٩ ، و Stone وآخرون عام ١٩٨٦) . وبسبب تعقيدات المشكلة ، لا يمكننا هنا وصف النتائج بالتفصيل ، وعليه . . فإننا سوف نحيل القراء إلى المراجع الأصلية . وتعدنا الأنماط التقليدية بأداة مفيدة للتقييم السريع لمختلف السيناريوهات ومقارنتها بالتجارب الحقلية ، ولاسيما الحالات المتوسطة منها ؛ حيث إنه من الممكن إجراؤها في الحقل سواء من الناحية التكنولوجية أو الحقلية . ويمكن أن تجرى الأنماط التقليدية تحت كثير من الظروف وتحليل البيانات العلمية الناتجة ، وعلى هذا الأساس ، يمكن تتبع الطريق السليم والفعال لتشييد استراتيجية لإدارة عملية مكافحة المستنيرة للآفات . وهذا هو المخطط الذي استعمله Stone وآخرون عام ١٩٨٦ حديثاً في تحليل نتائج استخدام الفورمونات والمبيدات ، في مكافحة دودة اللوز القرنفلية ، في القطن المزروع في الوديان الصحراوية بجنوب كاليفورنيا . وتعتبر الأنماط التقليدية مفيدة أيضاً لاختيار الأسئلة الأساسية في البيولوجي ، مثل تلك التي

تتضمن أكلات النباتات والتفاعلات بينها وبين العوامل المحيطة (Gutierrez و Gilbert عام ١٩٧٣ ، و Regev ، Gutierrez عام ١٩٨٠) . وأصبحت هذه الخطة معروفة اقتصادياً خصوصاً مع وجود حسابات آلية صغيرة الحجم سريعة ، قللت كثيراً من وقت وتكلفة إجراء البرنامج مرات كثيرة بسرعة كافية ، والقيام بالعمليات الرياضية اللازمة بسهولة في زمن قصير ، والتي كان يستغرق إجراؤها ساعات طويلة قبل وجود هذه الحاسبات . ولهذا أصبحت عمليات التحليل الرياضي سهلة اقتصادية مع وجود هذه التسهيلات ، وبعيداً عن المزايا الواضحة للتكنيك المركز هذا ، فإن مثل هذه الطرق المستندة إلى القوة الآلية تبدو في أحيان كثيرة مرهقة للغاية ، وفي أحيان أخرى يستلزم الأمر اللجوء إلى طرق معقدة منبعثة من العمليات البحثية (البرامج الديناميكية) (Shoemaker عام ١٩٨٤) . ويستلزم استخدام الإجراءات الحديثة عادة منا أن نعيد تركيب النمط ، وفيما عدا تطوير الأنماط التقليدية . . فإن مستوى الرياضيات المستخدمة يستعدى الاستعانة بالمتخصصين في الرياضيات ، والذين يستطيعون تحليل العمليات البحثية المعقدة . ولوضع هذه المعقدات في شكل رسوم توضيحية . . فإننا يجب أن ننظر إلى دالة تقييم الكمية الحديثة ، وتوقيت استخدام المبيدات الحشرية اللازمة لزيادة الأرباح الناتجة عن المحصول . (Regev وآخرون عام ١٩٧٦ ، و Taipoz وآخرون عام ١٩٧٨) . وعلى سبيل المثال . . يقسم الموسم إلى عشرة أقسام متساوية ، والتساؤل هنا عما إذا كان في الإمكان استخدام المبيدات الحشرية في كل فترة ويكون الحاصل 2^{10} من النتائج المترابطة تصبح المشكلة هنا أكثر وضوحاً ، إذا كان المرء يريد معرفة حتى تستعمل المبيدات ، بل أيضاً الجرعة الحديثة اللازمة منها . وهذه النظرة سوف يعززها إجراء مزيد من التجارب الحقلية العادية ، وذلك عند وضع استراتيجية للمكافحة المتكاملة ، وقد أعطى (Wang و Gutierrez عام ١٩٨٤) مناقشة مستفيضة مبسطة لاستخدام هذه الطرق ؛ للوصول إلى الاستخدام الحدي للمبيدات الحشرية ، فضلاً عن عديد من المراجع في هذا الاتجاه .

الربط بين الأنماط العشوائية للآفة ونمط القطن

Linkage of Pest Population Models of The Cotton

سبق الإشارة إلى استعمال عديد من أنماط القطن المتطورة في باب ٣ ، وقد تم وصف هذه الأنماط على أنها سلسلة من الروابط بين أنماط فون فورستر لعشائر النباتات والأجزاء

النباتية . وتم وصف عشائر آكلات النبات بواسطة أنماط مماثلة ، والربط بينها وأجزاء النباتات التي تهاجمها . وتم ضبط حساب درجات نمو النباتات في غياب آكلات النباتات ، بالموازنة بين إمدادات الكربوهيدرات والطلب عليها . وفي خلال منتصف الموسم ، وعندما تأخذ ثمار القطن في النمو السريع ، يبطئ النمو الخضري للنبات ؛ لأن الطلب على الكربوهيدرات يتفوق على الإمدادات ، وفي هذا الوقت يحدث تساقط للمبيعات الزائدة واللوزات الصغيرة بدرجة تعتمد على فترة الإسقاط القصيرة .

ويمكن تفسير ميزان الكربوهيدرات ، إذا تفهمنا الحقيقة التي توضح أن النباتات لا يمثلها إنتاج المخلفات الضوئية بكميات كافية لكل من النمو الخضري الحدي ونضج الثمار للاستمرار في ذلك بدرجات حدية . وعليه .. فإنها توفى الثمار حاجتها من المادة الجافة أولاً ، وما تبقى منها يذهب إلى النمو الخضري . وفي هذا الوقت يحدث تساقط للثمار الزائدة وتوقف أو قلة في النمو الخضري ، وتؤثر الآفات التي تهاجم أجزاء من النبات مباشرة أو بطريق غير مباشر على الجانب الخاص بالإمداد أو الطلب من ميزان الإمداد / الطلب للكربوهيدرات ، وفي هذه الحالة يتأثر كل من نمو النبات وازدهاره ومحصوله . وفي النمط الذي تهاجم فيه الآفات والأوراق أو الجذور أو السوق أو جهاز التخليق الضوئي يبطئ جانب الإمداد ، بينما في حالة مهاجمة الآفات للثمار .. فإنها تؤثر بصفة رئيسية على جانب الطلب من هذه النسبة .

وعموماً .. فإن الآفات تفضل مهاجمة أجزاء النبات في عمر معين (مثل بقية *Lygus hesperus* ، و *Gutierrez* وآخرين ١٩٧٧ b) . ولكن بعض الآفات مثل دودة كيزان الذرة (*Heliothis Zea*) قد تهاجم أجزاء النبات المختلفة في درجات متفاوتة من العمر ؛ حيث إن وفرة أجزاء النبات المرغوب فيها تزيد أو تنقص كلما ازداد نمو اليرقة (*Brown* و *Mc Clendon* عام ١٩٨٢ ، و *Wilson* و *Gutierrez* عام ١٩٨٠ ، و *Wilson* و *Waite* عام ١٩٨٢) وتتغذى بعض الآفات مثل اليرقات الجياشة للبنجر (*Spodoptera exigua*) . على الأوراق الصغيرة عندما تكون هذه الديدان في عمر صغير ، ولكنها تزيد من هجومها على الثمار الصغيرة كلما قاربت هذه الديدان من عمر النضوج (*Gutierrez* وآخرون عام ١٩٧٥) وتؤثر أمراض النباتات مثل مرض الذبول المعروف *Verticillium dahliae* في درجة إنتاج المخلفات الضوئية فضلاً عن درجات انتقال الكربوهيدرات (*Gutierrez* وآخرون عام ١٩٨٣) .

وفي الباب الثالث ذكرت وظائف الإمداد . ويتعرض الطلب في حالة القطن الذي ينمو بصورة طبيعية للتعرية الورقية أو تساقط الثمار (Gutierrez و Wang عام ١٩٧٦ ، Wang وآخرون عام ١٩٧٧) . ويزيادة درجات التعرية الورقية يحدث نضج مبكر للثمار ، وكلما زادت عمليات التعرية الورقية ربما أثرت على المحصول . وعلى العكس من ذلك . . يؤدي تساقط الثمار الراجع إلى الإصابة بالآفات - أو غيرها من الحالات - إلى تأخير زمن النضج ، وربما يؤدي أيضاً إلى نقص المحصول إذا كان شديداً . . وعلى أى حال قد يعرض القطن الفقد في الثمار إذا حدث التساقط بدرجات متوسطة ، وفي زمن مبكر من الموسم ، ويكون نقص المحصول طفيفاً (Falcon وآخرون عام ١٩٧١ ، و Gutierrez وآخرون عام ١٩٧٧ ، b Wilson عام ١٩٨٩) . وقد يكون الناتج المحصولي طبيعياً ؛ لأن نبات القطن يتخلص طبيعياً من ٦٠ إلى ٨٠ ٪ من مجموع براعم التعرية واللولز الصغير بالإسقاط لآفة لا يستطيع أن ينضجها . وعليه . . فإن أى عامل يستطيع إسقاط بعض من الثمار غير الناضجة ؛ إذ إنه يساهم في توفير الطاقة التي كانت سوف تفقد للإبقاء على هذه الثمار ، ثم إسقاطها . كذلك . . فإن تساقط العدد الضخم من زهور التفاح تنشأ عنه زيادة حجم ثمار التفاح ، وزيادة المحصول إلى حده الأقصى . وربما يؤدي الإسقاط الطبيعي للوز القطن الناشئ عن الإصابة ببعض الآفات مثل دودة اللوز القرنفلية إلى زيادة المحصول ، وسوف يتم تغطية هذه النقطة بتفصيل أكبر من أبواب أخرى من هذا الكتاب .

التطبيقات الحقلية Field Applications

تستند معظم أنماط آفات المحاصيل إلى أساس من التجارب البحثية - إلا بعض الاستثناءات القليلة . وهذا يؤكد الحقيقة القائلة بأن الملاحظات الموضوعية الأصلية تتبع عادة من المشاهدات الحقلية ، وهناك عديد من الأسباب قد تؤدي إلى فشل هذه النظرية ، وأهم هذه الأسباب هي التمويل الشحيح لمثل هذه المشروعات من قبل المسؤولين ورجال الصناعة ، فضلاً عن أن صرف القليل من المال في شراء واستخدام المبيدات لا يتناسب مع قيمة المحصول المرتقب ، وقد نجحت أنماط المكافحة المتكاملة في المناطق التي تم فيها التغلب على مثل هذه المعوقات ، وعادة بسبب ازدياد مقاومة الآفات للمبيدات ، أو توقع ازديادها ، والتي تضع نظام إنتاج القطن في «طور الأزمة» ، وما يترتب عليه من نفقات عالية من زيادة استخدام المبيدات ، وفاعلية قليلة لحماية المحصول .

ولقد تطورت الأنماط فى تكساس ، وفى وادى Palo Verde فى كاليفورنيا (Stone و Gutierrez عام ١٩٨٦ ، a ، b) واستخدمت بدرجة أقل فى الميسيسيبي (Brown و Mc Clendon عام ١٩٨٢) وفى أستراليا (Blood و Wilson عام ١٩٧٨ ، Hearn وآخرون عام ١٩٨١ ، Wilson وآخرون عام ١٩٨٣) وفى إسرائيل (Wallach عام ١٩٨٠) ، وقد بذلت محاولات لتطوير مثل هذه النظم فى نيكاراغوا (Gutierrez وآخرون عام ١٩٨١ ، Press, Comm, Sweezy) ، وفى البرازيل (Gutierrez وآخرون عام ١٩٨٤ ، a) ، وفى السودان (Van Arex وآخرون عام ١٩٨٣) وقد استفاد جميع أعضاء المشروعات العالمية من تعاونهم مع أعضاء مشروع مكافحة التكاملة للقطن ، وكانت أول محاولة لتنميط نمو القطن وازدهاره ، تلك التى قام بها (Barker وآخرون عام ١٩٧٢) وهو نفسه رائداً للمشاريع التالية (انظر باب ٣ جزء مناقشة التطور فى طرق التنميط) . وقد ركز مشروع تكساس بصفة أساسية على مشكلة سوسة لوز القطن (Curry و Cate عام ١٩٨٤) ، وتضمن مشروع كاليفورنيا أنواعاً أخرى كثيرة من الآفات بما فيها مسبب المرض النباتى *Verticillium* (Gutierrez وآخرون عام ١٩٨٣) باب ٣ . وجرى تمويله بواسطة رجال الصناعة ، من أجل دودة اللوز القرنفلية فقط . أما مشروع الميسيسيبي (Brwon و Mc Clendon عام ١٩٨٢) فكان مخصصاً للسيطرة على دودة اللوز القرنفلية ، ودودة براعم الدخان (*H. Virescens*) ، واللتين كانتا تكافحان بالمبيدات الحشرية ، وما يتبعها من مشكلات ، (انظر أيضاً Phillips وآخرون عام ١٩٨٠) وباب ٣ .

وقد بذلت محاولات مبكرة فى كاليفورنيا ؛ لاستخدام التقدم العلمى فى مجال الذكاء الاصطناعى فى تطوير نظم متخصصة لتقابل الفشل الناتج عن استخدام الذكاء العادى ، الذى لم يستطع فهم نظام القطن بدرجة كافية ، فضلاً عن أن تمويل المشروع لم يكن ميسوراً (Gutierrez وآخرون عام ١٩٧٦ ، b) وحديثاً أمكن تطوير نظم متخصصة للقطن فى كل من كاليفورنيا وميسيسيبي وتكساس ، حيث توفر لها الدعم الكافى من حكومة كل ولاية ، وعلى المستوى الفيدرالى أيضاً .

أما النظام الاسترالى SIRATAC فقد تم تطويره ؛ ليصبح أكثر ملاءمة على أوسع نطاق (انظر Hearn وآخرون ، Brook و Hearn عام ١٩٨٣) ؛ وذلك ليس بسبب سهولته الفائقة ، ولكن لأن احتمال المقاومة التى تظهر لأى مبيد يستعمل على آفات

القطن ، وما يتبعها من حدوث فورات الآفات يمكن أن تكتشف عند تطبيق النظام وقبل حدوثها ؛ مما حدا بحكومات SIRO ، وجنوب ويلز الجديدة إلى تدعيمه .

وقد لاقى هذا المشروع نجاحاً تجارياً على مستوى عالٍ (على مستويات كاليفورنيا) ، وبالتزامن مع الأستراليين ، والمشروع السوداني الممول من سويسرا ؛ حيث تم التركيز على القطن ومشاكل استخدام المبيدات على ذبابة القطن البيضاء ، ومع هذا فقد سجل أقل قدر من النجاح عند تحليل المشكلة ، وقد قصم ظهر هذا المشروع ؛ مالاقيه من مشكلات إدارية وبيولوجية محلية ، ويتلقى مشروع نيكاراغوا قدرًا ضخمًا من التدعيم الحكومي ، ولكن الموارد المتاحة لا تستطيع نشر هذا المشروع فى الخارج ، والمشروع البرازيلي يركز اهتمامه على القطن ودودة اللوز القرنفلية (Gutierrez وآخرون عام ١٩٨٤ a) ولكن المشكلة تعقدت إلى أكبر درجة بدخول سوسة اللوز حديثًا إلى مناطق زراعة القطن فى وسط البرازيل ؛ حيث بلغت خسائر المحصول من جراء دخول هذه الآفة مبلغًا عظيمًا ، وتكلفت استخدام المبيدات فى ولايتى ساويا ولووبا رانا وحدهما نحو ٢٥٠ مليون دولار فى السنة (W. J. Dos Saintor ، A. P. Gutierrez نتائج غير منشورة) ، وتسببت المشاكل الإدارية والبيولوجية أيضًا فى إعاقة تطور خبرات السيطرة على الآفات ، وأدت إلى تدهور البيئة .

مناقشة Discusscon

إن الرابطة بين ديناميكية عشيرة الآفات وتلف المحصول هى - فى الحقيقة - حصاد عمليات متطورة ، تتقدم دائماً إلى الأمام بما تتضمنه من معلومات ، تزود الأنماط المتاحة بالحقائق وتنصهر فى تركيبها ، وتجعلها قادرة على إمداد أى سؤال بالإجابة . ويتطلب تركيب النمط المناظر مهارات رياضية كبيرة وخبرة تعليمية يتمرن عليها البيولوجيون الشباب ، ويستعمل النمط المناظر الصحيح ليجيب عن عديد من الأسئلة ، ولكن الفائدة التى يحققها للزراعة أو إلى النظرية الإيكولوجية تتوقف على الكيفية التى تم تركيب النمط فيها .

وبالإضافة إلى ذلك . . فإن التساؤلات العريضة التى يمكن أن نجد لها حلاً عن طريق الأنظمة النمطية تزداد بزيادة مستوى التعقيد ، والبيانات البيولوجية التى تدخل فى تركيب النمط (شكل 1-4) ؛ ذلك لأن المعلومات التى تلزم للإجابة عن أى سؤال ، لا بد وأن تكون موجودة فى صلب النمط . وعليه . . فإنه من وظائف النمط أن يساعد على تنظيم

المعلومات حتى يمكن أن تفيد من وجهات نظر مختلفة ، والأسئلة التي تجيب عن المستويات الدنيا من التساؤلات . يمكن أن تفيد في الإجابة عن المستويات العليا منها ، ولكن نظم التحليل هي التي يجب تغييرها عندئذ . وعلى سبيل المثال . فإن الحلول التحليلية للأنماط حتى ولو كانت على مستوى متوسط من التعقيد ، قد يكون أحياناً غير قابل للتطبيق ، ويجب حينئذ أن نلجأ إلى الأعداد التقريبية . ومن ذلك يمكن أن تحمل الأنماط رياضياً على مستوى ١ ومستوى ٢ ، ولكن النتائج قد يصعب تطبيقها في عالم الحقيقة (Gilbert وآخرون عام ١٩٧٦ ، و Wang و Gutierrez عام ١٩٨٠ ، و Strong عام ١٩٨٣ ، و Oster عام ١٩٨١) .

وعلى الرغم من أن عملية تطوير النمط قد تبدو صعبة للغاية ، ولكن بالخبرة تهون مثل هذه الصعوبة ، وفي الحقيقة فإن تخطيط الخطوط الإطارية الذي تم هنا فيما سبق قد سهل كثيراً من التمرين ، والكلمة الأخيرة التي تختار بدقة مع قدر من الخبرة تفيد بأن جمع المعلومات لا يمثل أى تحدٍّ متطور ، بل لا يبدو أن يكون عملاً من أعمال الخبرة الشاقة . وتم هذه العملية بسهولة أكبر إذا كان الشخص الجامع للمعلومات هو الذى خطط النمط المناظر ، وهذا يتطلب من البيولوجى أن يكون على خبرة بالحد الأدنى من الرياضيات وعلوم الحاسوب ، ويحتاج البيولوجيون إلى اكتساب مثل هذه المهارات ؛ حتى لا يكونوا مجرد جامعى معلومات ، ويعتمدون على الرياضيين اعتماداً كلياً فى التفسير الرياضى للمشاكل البيولوجية .

وأخيراً .. وبعد سنوات طويلة من محاولات تطوير أنظمة مكافحة الآفات .. فإننا نقرر أن علم مكافحة الآفات هو علم بسيط إذا ما قورن بتعقيدات الإدارة المتعددة الأوجه والحواجز السياسية والاقتصادية المسئولة عن الوجه العلمى للمكافحة المتكاملة . وقد قرر Robert Van Bosch أخيراً ما منطوقه : «نحن لا نحتاج إلى مزيد من الأبحاث ، ولكننا نحتاج إلى الفرصة التى تستطيع فيها إيجاد الوسيلة للاستفادة مما عرفنا» وقد اتضحت هذه الحقيقة الآن أكثر من ذى قبل ، وعلى الرغم من ارتفاع مستوياتنا العلمية .. تظل الحواجز الرئيسية لا علاقة لها بالعلم .

REFERENCES

- Abkin, M.A. and C. Wolf. 1976. Distributed delay routines. *Class Document* 8. Dep. Agric. Econ., Michigan State University, East Lansing, MI.
- Baker, D.N., J.D. Hesketh, and W.G. Duncan. 1972. Simulation of growth and yield in cotton. *Crop Sci.* 11 : 4431-435.
- Blood, P.R.B. and L.T. Wilson. 1978. Field validation of a crop/pest management descriptive model, in *Simulation Modelling Techniques and Application*. Proc. SIMISIG-78. Simulation Conference, Australian National Univ., Canberra. pp. 91-94.
- Brook, K.D. and A.B. Hearn. 1983. Development and implementation of SIRATAC : a computer based cotton management system. *Proc. First National Conf. Comput.Agric.* University of Western Australia, Perth. pp. 222-240.
- Brown, L.G. and R.W. McClendon. 1982. A new *Heliothis* spp. control strategy for the Mississippi Delta. *Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf.*, National Cotton council of America, Memphis, TN. pp. 191-195.
- Campbell, A., B.D. Frazer, N. Gilbert, A.P. Gutierrez, and M. Mackauer. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Appl. Ecol.* 11 : 419-423.
- Carey, J.R. 1982. Demography and population dynamics of the mediterranean fruit fly. *Ecol. Model.* 16 : 125-150.
- Cuff, W.R. and J.M. Hardman. 1980. A development of the Leslie matrix for mulation for restructuring and extending an ecosystem model : the infestation of stored wheat by *Sitophilus oryzae*. *Ecol. Model.* 9 : 281-305.

- Curry, G.L. and J.R. Cate. 1980. Strategies for cotton-boll weevil management in Texas, in G.R. Conway (ed.), *Pest and Pathogen Control: Strategic, Tactical, and Policy Models*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, West Sussex, England. pp.196-183.
- Curry, G.L., R.M. Feldman, and K.C. Smith. 1978. A stochastic model of a temperature dependent population. *J. Teor. Biol.* 13 : 197-204.
- Curry, G.L., P.J.H. Sharpe, D.W. DeMichele, and J.R. Cate. 1980. Towards a management model of the cotton-boll weevil ecosystem. *J. Environ. Manage*, 11 : 187-223.
- DeMichele, D.W., G.L. Curry, P.J.H. Sharpe, and C.S. Barfield. 1976. Cotton bud drying : a theoretical model. *Environ. Entomol.* 5 : 1011-1016.
- Ellington, J., A.C. George, H.M. Kempen, T.A. Kerby, L. Moore, B. Brooks Taylor, and L.T. Wilson (tech. coords.) 1984. *Integrated Pest Management for Cotton in the Western Region of the United States*. Univ. Calif. Div. Agric. Nat. Resour. Publ. 3305. 144 pp.
- Falcon, L.A., R. van den Bosch, J. Gallagher, and A. Davidson. 1971. Investigation of the pest status of *Lygus hesperus* in cotton in central California. *J. Econ. Entomol.* 64 : 56-61.
- Getz, W.M. and A.P. Gutierrez. 1982. A perspective on systems analysis in crop production and insect pest management. *Annu. Rev. Entomol.* 27 : 447-466.
- Gilbert, N. and A.P. Gutierrez. 1973. A plant-aphid-parasite relationship. *J. Anim. Ecol.* 42 : 323-340.

- Gilbert, N., A.P. Gutierrez, B.D. Frazer, and R.E. Jones. 1976. *Ecological Relationships*, W.H. Freeman and company, Publishers, New York.
- Guttierrez, A.P. and J.U. Baumgaertner. 1984a. Multitrophic level models of predator-prey energetics. I. Age specific energetics models – pea aphid *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Homoptera: Ahididae) as an example. *Can. Entomol.* 116 : 924-932.
- Guttierrez, A.P. and J.U. Baumgaertner. 1984b. Multitrophic level models of predator- prey energetics. II. A realistic model of plant-herbivore-predator interactions. *Can. Entomol.* 116 : 933-949.
- Guttierrez, A.P. and R. Daxl. 1984. Practical and evolutionary considerations : estimating economic thresholds for bollworm and boll weevil damage in Nicaraguan cotton, in G.R. Conway (ed.), *Pest and Pathogen Control : Strategic, Tactical, and Policy Models*. John Wiley&Sons Ltd., Chichester, West Sussex, England. 488 pp.
- Guttierrez, A.P. and U. Regev. 1980. The economics of fitness and adaptedness in sylvan and agricultural systems: theoretical and practical applications. *16th Int. Congr. Entomol.*, Kyoto, Japan, Aug. 1-10.
- Guttierrez, A.P. and Y. Wang. 1976. Applied population ecology: models for crop production and pest management, in G. Norton and C. S. Holling (eds.), *Proc. Conf. Pest Manage.*, Laxenburg, Austria, October 25-29.
- Guttierrez, A.P. and Y. Wang. 1984. Models of managing impact of pest populations in agricultural crops, in C.B. Huffaker (ed.), *Ecological Entomology*. John Wiley & Sons, Inc., New York.

- Gutierrez, A.P., L.A. Falcon, W. Loew, P.A. Leipzig, and R. van den Bosch. 1975. An analysis of cotton production in California : a model for Acala cotton and the effects of defoliators on its yield. *Environ. Entomol.* 4 : 125-136.
- Gutierrez, A.P., J.B. Christensen, C.M. Merritt, W.B. Loew, C.G. Summers and W.R. Cothran. 1976a. Alfalfa and the Egyptian alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Can. Entomol.* 108 : 635-648.
- Gutierrez, A.P., R.O. Duda, and N.S. Nilsson. 1976b. A program of research for the development of a computer-based consultant for crop production and pest management. Research proposal. Stanford Research Institute, Menlo Park, CA.
- Gutierrez, A.P., T.F. Leigh, Y. Wang, and R. Cave. 1977a. An analysis of cotton production in California : *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) injury – an evaluation. *Can. Entomol.* 109 : 1375-1386.
- Gutierrez, A.P., G.D. Bulter, Jr., Y. Wang, and D. Westphal. 1977b. The interaction of pink bollworm (Lepidoptera: Gelichiidae), cotton and weather : a detailed model. *Can. Entomol.* 109 : 1457-1468.
- Gutierrez, A.P., Y. Wang and U. Regev. 1979. An optimization model for *Lygus herperus* (Heteroptera : Miridae) damage in cotton: the economic threshold revisited. *Can. Entomol.* 111 : 41-54.
- Gutierrez, A.P., R. Daxl, G. Leon Quant, and L.A. Falcon. 1981. Estimating economic thresholds for bollworm, *Heliothis zea* Boddie, and boll weevil, *Anthonomus grandis* Boh., damage in Nicaraguan cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Environ. Entomol.* 10 : 872-879.

- Guttierrez, A.P., J.E. DeVay, G.S. Pullman, and G.E. Friebertshauer. 1980. A model of verticillium wilt in relation to cotton growth and development. *Phytopathology* 75 : 89-95.
- Guttierrez, A.P., M.A. Pizzamiglio, W.J. Dos Simtos, R. Tennyson, and A.M. Villacorta. 1984a. A general distributed delay time varying life table plant population model : cotton (*Gossypium hirsutum* L.) growth and development as an example. *Ecol. Model.* 26 : 236-249.
- Guttierrez, A.P., J.U. Baumgaertner, and C.G. Summers. 1984b. Multitrophic level models of predator-prey energetics. III. A case study in an alfalfa ecosystem. *Can. Entomol.* 116 : 950-963.
- Hearn, A.B., P.M. Room, N.J. Thomson, and L.T. Wilson. 1981. Computer-based cotton pest management in Australia. *Field Crops Res.* 4 : 321-332.
- Hughes, R.D. 1963. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (l.). *J. Anim. Ecol.* 32 : 393-426.
- Hughes, R.D. and N. Gilbert. 1968. A model of an aphid population – a general statement. *J. Anim. Ecol.* 37 : 553-563.
- Leslie, P.H. 1945. On the use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika* 33 : 183-212.
- Logan, J.A., D.T. Wollkine, J.C. Hoyt, and L.K. Tamgoslli. 1976. An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. *Environ. Entomol.* 5 : 1133-1140.
- Manetsch, T.J. 1976. Time varying distributed delays and their use in aggregate models of large systems. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* 6 : 547-553.

- May, R.M. 1982. *Theoretical Ecology*. Sinauer Associated, Inc., Sunderland, MA.
- Morris, R.F. 1963. The dynamics of epidemic spruce budworm populations. *Mem. Entomol.Soc. Can.*31 : 1-332.
- Nowierski, R.B., A.P. Gutierrez, and J.S. Yaninek. 1983. Estimaion of thermal thresholds and age-specific life table parameters for the walnut aphid (Homoptera : Aphididae) under field conditions. *Environ. Entomol.* 12 : 680-686.
- Oster, G. 1981. Predicting populations. *Am. Zool.* 21 : 832-844.
- Phillips, J.R., A.P. Gutierrez, and P.L. Adiksson. 1980. General accomplishments toward better insect control in cotton in C.B. Huffaker (ed.), *New Technology of Pest Control*. John Willy & Sons, Inc., New York.
- Regev, U., A.P. Gutierrez, and G. Feder. 1976. Pests as a common property resource : a case study of alfalfa weevil control. *Am. J. Agric. Econ.* 58 : 186-199.
- Sharpe, P.J.H., G.L. Curry, D.W. DeMichele, and C.L. Cole. 1977. Distribution model of organism development times. *J. Theor. Biol.* 66 : 21-38.
- Shoemaker, C.A. 1984. The optimal timing of multiple applications of residual pesticides : deterministic and stochastic analysis, in G.R. Conway (ed.), *Pest and Pathogen Control : Strategic, Tactical, and Policy Models*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, West Sussex, England. 488 pp.
- Southwood, T.R.E. 1978. *Ecological Methods*, 2nd ed. Chapman & Hall Ltd., London.

- Stinner, R.E., G.D. Bulter, Jr., J.S. Bachelier, and C. Tuttle. 1975. Simulation of temperature-dependent development in population dynamics models. *Can. Entomol.* 107 : 1167-1174.
- Stone, N.D. and A.P. Gutierrez. 1986a. Pink bollworm control in southwestern desert cotton. I. A field oriented simulation model of pink bollworm in southwestern desert cotton. *Hilgardia* 54 : 1-24.
- Stone, N.D. and A.P. Gutierrez. 1986b. Pink bollworm control in southwestern desert cotton. II. A mangement model for pink bollworm in southwestern desert cotton. *Hilgardia* 54 : 25-41.
- Stone, N.D. and A.P. Gutierrez, W.M. Getz, and R. Norgaard. 1986. Pink bollworm control in southwestern desert cotton. III. Strategies for control: and economic simulation study. *Hilgardia* 54 : 42-56.
- Strong, D.R., Jr. 1983. Natural variability and the manifold mechanisms of ecological communities. *Am. Nat.* 122 : 636-660.
- Summers, C.G., R.L. Coviello, and A.P. Gutierrez. 1984. Influence of constant temperature on the development and reproduction of *Acyrtosiphon kondoi* (Homotera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 13 : 236-242.
- Talpaz, H., G.L. Curry, P.J. Sharpe, D.W. DeMichele, and R.E. Frisbie. 1987. Optimal pesticide application for controlling the boll weevil on cotton. *Am. J. Agric. Econ.* 60 : 469-475.
- Vansickle, J. 1977. Attrition in distributed delay models. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* 7 : 635-638.

- Varley, G.C., G.R. Gradwell, and M.P. Hassell. 1973. *Insect Population Ecology: An Analytical Approach*. University of California Press, Berkeley, CA. 212 pp.
- von Arx, R., J. Baumgaertner, and V. Delucchi. 1983. A model to simulate the population dynamics of *Bemisia tabaci* Genn. (Stern., Aleyrodidae) on cotton in the Sudan Gezira. *z. Angew. Entomol.* 96 : 342-363.
- von Foerster, H, 1959. Some remarks on changing population, in F. Stahlman, Jr. (ed.), *The Kinetics of Cellular Proliferation*. Grune & Stratton, Inc., New York. pp. 382-407.
- Wallach, D. 1980. An empirical mathematical model of a cotton crop subjected to damage. *Field Crops Res.* 3 : 7-25.
- Wang, Y.H., and A.P. Gutierrez. 1980. An assessment of the use of stability analyses in population ecology. *J. Anim. Ecol.* 49 : 435-452.
- Wang, Y.H., A.P. Gutierrez, G. Oster, and R. Daxl. 1977. A population model for cotton growth and development: coupling cotton-herbivore interactions. *Can. Entomol.* 109 : 1359-1374.
- Welch, S.M., B.A. Croft, J.F. Brunner, and M.F. Micheles. 1978. PETE: an extension phenology modeling system for management of multi-species pest complexes. *Environ. Entomol.* 7 : 487-494.
- Westphal, D.F., A.P. Gutierrez, and G.D. Butler, Jr. 1979. Some interactions of the pink bollworm and cotton fruiting structures. *Hilgardia* 47 : 77-190.
- Wilson, L.T. 1986. The compensatory response of cotton to leaf and fruit damage. *Proc. Beltwide Prod. Res. Conf. National Cotton Council of America, Memphis, TN.* pp. 149-153.

Wilson, L.T. and A.P. Gutierrez. 1980. Within-plant distribution of immatures of *Heliothis Zea* (Boddie) on cotton. *Hilgardia* 48 : 24-36.

Wilson, L.T. and G.K. Waite. 1982. Feeding patterns of Australian *Heliothis* on cotton. *Environ. Entomol.* 11 : 297-300.

Wilson, L.T., A.B. Hearn, P.M. Ives, and N.J. Thomson. 1983. Integrated pest control for cotton in Australia, In R.E. Frisbie (ed.), *FAO Guidelines for Integrated Pest Management in Cotton*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. pp. 134-143.