

PHÂN TÍCH MÔ HÌNH LOTKA-VOLTERRA VỚI PHẦN MỀM MM & S

NGUYỄN VĂN SINH

*Viện Sinh thái và Tài nguyên sinh vật,
Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

MM & S là công cụ mô hình hóa và mô phỏng các hệ động, đã được thiết kế trên cơ sở quan điểm “Bốn nhóm yếu tố” và quan điểm “Hệ số biến đổi” (Nguyen Van Sinh, 2006, 2012).

Quan điểm “Bốn nhóm yếu tố” cho rằng các yếu tố của hệ động có thể chia làm 4 nhóm: (1) Các yếu tố không đổi; (2) Các yếu tố trạng thái; (3) Các yếu tố trung gian; (4) Các yếu tố liệt kê.

Các yếu tố không đổi không bao giờ thay đổi giá trị của chúng hoặc ít nhất là trong thời gian chúng ta xem xét hệ. Yếu tố trạng thái thay đổi giá trị của chúng nhưng chúng ta có thể xác định giá trị của chúng ở bất cứ thời điểm nào bằng cách cân, đo, đong, đếm... mặc dù đôi khi rất khó. Các yếu tố trung gian thay đổi giá trị của chúng và giá trị của chúng ở một thời điểm chỉ có thể được tính toán từ giá trị của các yếu tố khác (Bossel, 1992). Và cuối cùng là nhóm yếu tố liệt kê, chúng thay đổi giá trị theo thời gian nhưng giá trị của chúng ở mọi thời điểm hay ở một số thời điểm trong khoảng thời gian ta xem xét hệ đã được cho trước (giá trị của chúng được liệt kê) (Nguyễn Văn Sinh, 2011).

Quan điểm “Hệ số biến đổi” có nghĩa là mỗi yếu tố trạng thái có một hệ số biến đổi như là thuộc tính của mình. Các yếu tố khác tác động lên một yếu tố trạng thái bằng việc tác động lên hệ số biến đổi của nó và yếu tố trạng thái tác động lên các yếu tố khác của hệ bằng giá trị của mình.

Tính năng giống như phần mềm thương mại Stella của Mỹ (Bossel, 1992), phần mềm MM & S được cung cấp miễn phí trên trang thông tin điện tử của Viện Sinh thái và Tài nguyên sinh vật. Là công cụ mô hình hóa và mô phỏng hệ động, phần mềm MM & S đã được áp dụng trong việc phân tích các hệ động khác nhau (Nguyen Van Sinh, 2006, 2012; Nguyễn Văn Sinh và cộng sự, 2011; Nguyễn Hùng Mạnh và cộng sự, 2011). Bài báo này trình bày việc ứng dụng MM & S để phân tích mô hình Lotka-Volterra (Begon Michael và cộng sự, 1996).

Công trình này được hỗ trợ bởi Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

I. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Delphi XE Professional Workstation ESD (số hiệu: 2010111885211109) của hãng Embarcadero đã được sử dụng để xây dựng phần mềm MM & S. Phần mềm MM & S được sử dụng để phân tích mô hình Lotka-Volterra. Phương pháp phân tích hệ thống, mô hình hóa và mô phỏng đã được áp dụng (Bossel, 1992).

II. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Nhận diện các yếu tố hệ thống

Mô hình thể hiện tương tác của hai quần thể, *Quần thể vật săn* và *Quần thể vật môi*. Kích thước của hai quần thể thay đổi theo thời gian. Tuy nhiên tại một thời điểm bất kỳ có thể xác định kích thước của các quần thể này bằng cách đếm các cá thể. Do đó, các quần thể này là yếu tố trạng thái. Có một giá trị của kích thước quần thể vật môi khi kích thước quần thể vật săn không thay đổi, đó là *Giá trị đẳng khuynh vật săn*. Cũng có một giá trị của kích thước quần thể

vật sẵn khi kích thước quần thể vật môi không thay đổi, đó là *Giá trị đẳng khuynh vật môi*. Các giá trị đẳng khuynh này là duy nhất cho một cặp quần thể vật sẵn-vật môi. Vì vậy các yếu tố này là yếu tố không đổi. Môi trường không cho phép kích thước quần thể vật môi tăng vô hạn mà chỉ đạt đến một kích thước nhất định, gọi là *Sức chứa vật môi*. Đối với mỗi quần thể trong môi trường nhất định, giá trị này là một giá trị nhất định. Vì vậy đây là yếu tố không đổi. Khi một quần thể bị xáo trộn, kích thước sẽ thay đổi một giá trị nhất định, được gọi là *Độ xáo trộn*. Trong mô hình này xáo trộn là một thử nghiệm trên mô hình và giá trị độ xáo trộn được dự kiến trước, vì vậy đây là một yếu tố liệt kê. Mỗi yếu tố trạng thái có hệ số biến đổi là thuộc tính của mình (Nguyen Van Sinh, 2006). Tuy nhiên, một phần hệ số biến đổi của quần thể vật sẵn phụ thuộc vào quần thể vật môi, đại lượng này được gọi là *Phần thay đổi phụ thuộc vào vật môi*, nó được tính từ kích thước quần thể vật môi và giá trị đẳng khuynh vật sẵn. Tương tự, một phần hệ số biến đổi của quần thể vật môi phụ thuộc vào quần thể vật sẵn, đại lượng này được gọi là *Phần thay đổi phụ thuộc vào vật sẵn*, nó được tính từ kích thước quần thể vật sẵn và giá trị đẳng khuynh vật môi. Do thay đổi theo thời gian và được tính từ giá trị của các yếu tố khác nên các đại lượng này là yếu tố trung gian.

Như vậy hệ thống tương tác có 8 yếu tố như sau: 1/ Quần thể vật sẵn (yếu tố trạng thái); 2/ Quần thể vật môi (yếu tố trạng thái); 3/ Giá trị đẳng khuynh vật sẵn (yếu tố không đổi); 4/ Giá trị đẳng khuynh vật môi (yếu tố không đổi); 5/ Sức chứa vật môi (yếu tố không đổi); 6/ Độ xáo trộn (yếu tố liệt kê); 7/ Phần thay đổi phụ thuộc vào vật môi (yếu tố trung gian); 8/ Phần thay đổi phụ thuộc vào vật sẵn (yếu tố trung gian).

2. Mô hình lời

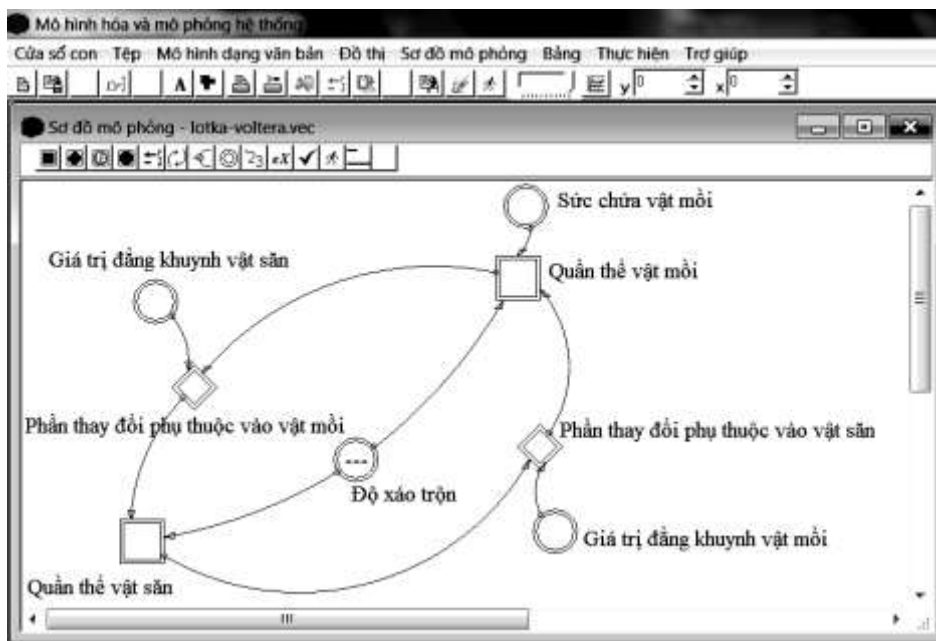
Mô hình được xây dựng trên ba giả thiết. Thứ nhất, các quần thể sẽ không thay đổi kích thước (số cá thể mất đi bằng số cá thể sinh ra) trừ trường hợp kích thước của quần thể vật môi khác với giá trị đẳng khuynh vật sẵn hoặc kích thước của quần thể vật sẵn khác với giá trị đẳng khuynh vật môi. Thứ hai, môi trường có sức chứa nhất định cho quần thể vật sẵn. Thứ ba, một sự xáo trộn do tác động bên ngoài gây ra sự tăng tức thì kích thước hai quần thể ở một thời điểm nhất định.

Trên cơ sở nhận diện yếu tố hệ thống các giả thiết trên ta có thể xác định các tương quan giữa các yếu tố như sau:

- Phần thay đổi phụ thuộc vào vật môi được tính toán từ Giá trị đẳng khuynh vật sẵn và Quần thể vật môi;
- Hệ số biến đổi của quần thể vật sẵn được tính từ Phần thay đổi phụ thuộc vào vật môi và Độ xáo trộn;
- Phần thay đổi phụ thuộc vào vật sẵn được tính từ Giá trị đẳng khuynh vật môi và Quần thể vật sẵn;
- Hệ số biến đổi của quần thể vật môi được tính từ Phần thay đổi phụ thuộc vào vật sẵn vào Độ xáo trộn và Sức chứa vật môi.

3. Sơ đồ mô phỏng

Dựa trên mô hình lời, sơ đồ mô phỏng được xây dựng như trên hình 1. Bằng việc sử dụng 4 biểu tượng đại diện cho các yếu tố của 4 nhóm yếu tố (hình vuông cho yếu tố trạng thái, hình thoi cho yếu tố trung gian, hình tròn có các dấu cộng/trừ bên trong cho yếu tố liệt kê và hình tròn trống cho yếu tố không đổi) phần mềm MM & S cho ta thấy bản chất toán học của mỗi yếu tố trên sơ đồ.



Hình 1. Sơ đồ mô phỏng của mô hình Lotka-Volterra

4. Lượng hóa các yếu tố hệ thống và viết mô hình toán

Mỗi yếu tố được đại diện trong mô hình bởi một biến. Để làm cho mô hình dễ hiểu, tên biến được tạo ra từ tên yếu tố với việc bỏ dấu cách. Để lượng hóa và thực hiện tính toán mô phỏng trước hết cần xác định bước thời gian. Trong mô hình này bước thời gian là 1 năm vì các hệ số biến đổi của các yếu tố trạng thái (Quần thể vật săn, Quần thể vật môi) có cơ sở là năm. Đây là mô hình lý thuyết, vì vậy phương pháp lượng hóa tương đối được áp dụng (giá trị ban đầu của các yếu tố trạng thái bằng 1). Giá trị của các yếu tố không đổi được ước lượng như sau: Giá trị đẳng khuynh vật săn = 2, Giá trị đẳng khuynh vật môi = 2, Sức chứa vật môi = 2. Yếu tố Độ xáo trộn (yếu tố liệt kê) có giá trị 0 ở thời điểm 300 khi thực hiện tính toán mô phỏng bình thường (không có xáo trộn xảy ra) và được nhận giá trị khác 0 khi thực hiện thử nghiệm trên mô hình.

Khi quần thể vật môi lớn hơn giá trị đẳng khuynh vật săn, quần thể vật săn sẽ có cơ hội lớn hơn để bắt được vật môi, điều đó có nghĩa là điều kiện cho sinh sản cũng tốt hơn và ngược lại. Cũng vậy, khi quần thể vật săn nhỏ hơn giá trị đẳng khuynh vật môi, cơ hội sống sót của vật môi tốt hơn và ngược lại. Vì thế, các công thức để tính toán các yếu tố trung gian được ước lượng như sau:

$$\text{phầnthayđổiphụthuộcvàovậtmôi} = 0.03 * (\text{quầnthêvậtmôi} - \text{giátrịđẳngkhuynhvậtsăn})$$

$$\text{phầnthayđổiphụthuộcvàovậtsăn} = 0.03 * (\text{giátrịđẳngkhuynhvậtmôi} - \text{quầnthêvậtsăn})$$

Quần thể vật săn thay đổi kích thước phụ thuộc vào Phản thay đổi phụ thuộc vào vật môi và Độ xáo trộn. Vì vậy công thức tính hệ số biến đổi của Quần thể vật săn như sau:

$$\text{biếndòng_quầnthêvậtsăn} = \text{phầnthayđổiphụthuộcvàovậtmôi} + \text{Độxáotrộn}$$

Ngoài tác động của Quần thể vật săn và Độ xáo trộn, tăng trưởng của Quần thể vật môi cũng phụ thuộc vào Sức chứa vật môi của môi trường. Quần thể vật môi càng lớn hơn Sức chứa vật môi, áp lực môi trường lên sự tăng trưởng của nó càng lớn. Vì vậy công thức tính hệ số biến đổi của Quần thể vật môi như sau:

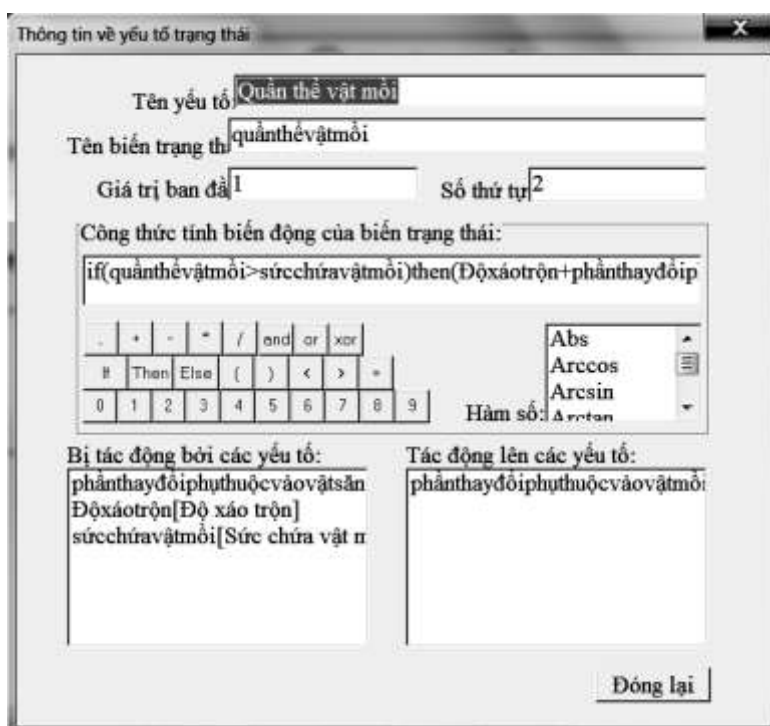
$biendong_qu\grave{a}nth\grave{e}v\grave{a}tm\grave{o}i = if (qu\grave{a}nth\grave{e}v\grave{a}tm\grave{o}i > s\grave{u}cch\grave{u}rav\grave{a}tm\grave{o}i)$
 $then (\acute{D}\grave{o}x\grave{a}otr\grave{o}n + ph\grave{a}nthay\acute{d}\grave{o}iph\grave{u}thu\acute{c}v\grave{a}ov\grave{a}ts\grave{a}n - 0.015 * (qu\grave{a}nth\grave{e}v\grave{a}tm\grave{o}i - s\grave{u}cch\grave{u}rav\grave{a}tm\grave{o}i))$
 $else (\acute{D}\grave{o}x\grave{a}otr\grave{o}n + ph\grave{a}nthay\acute{d}\grave{o}iph\grave{u}thu\acute{c}v\grave{a}ov\grave{a}ts\grave{a}n)$

Trong MM & S, công thức chung để tính biến trạng thái như sau:

$$State_Variable(t) = State_Variable(t-dt) + Change_Rate(dt)$$

5. Nạp mô hình vào sơ đồ mô phỏng

Để nạp mô hình vào sơ đồ mô phỏng, ta kích đúp chuột lên từng biểu tượng sau đó nạp thông tin và công thức vào hộp thoại hiện ra (hình 2).



Hình 2. Hộp thoại nạp thông tin cho yếu tố trong sơ đồ mô phỏng

Sau khi nạp mô hình vào sơ đồ mô phỏng, ta cần cho MM & S kiểm tra tính hoàn thiện của sơ đồ trước khi tính toán mô hình hoặc xuất mô hình ra tệp văn bản, để thực hiện việc đó ta kích chuột lên nút kiểm tra trên thanh công cụ của cửa sổ sơ đồ mô phỏng (bảng 1).

Bảng 1

Chức năng của các nút công cụ chính

Nút	Chức năng
	Kiểm tra tính hoàn thiện của sơ đồ mô phỏng
	Xuất mô hình từ sơ đồ mô phỏng ra tệp văn bản
	Nút lệnh chạy mô hình: Chạy mô hình trong tệp văn bản (nút trên thanh công cụ cửa sổ chính) hoặc chạy mô hình trong sơ đồ mô phỏng (nút trên thanh công cụ cửa sổ sơ đồ mô phỏng)

6. Mô hình dạng văn bản

Khi sơ đồ mô phỏng đã hoàn thiện, ta có thể xuất mô hình ra tệp văn bản. Để thực hiện việc đó ta kích chuột lên nút xuất mô hình (bảng 1), đặt tên tệp và nạp khung thời gian cho mô hình qua các hộp thoại hiện ra. Kết quả ta sẽ có mô hình dạng văn bản được lưu trong tệp như dưới đây:

```
[*]STARTTIME=0
[*]ENDTIME=900
[*]TIMESTEP=1
CONSTANT_ELEMENTS
[*]giátriddangkhuynhvatsan=2
[*]giátriddangkhuynhvاتمôi=2
[*]súcchúrvاتمôi=2
LISTED_ELEMENTS
[*]Độxáotrộn=---/300=0
INTERMEDIATE_ELEMENTS
[*]phânthayđôiphụthuộcvàovاتمôi=0.03* (quầnthêvاتمôi-giátriddangkhuynhvatsan)
[*]phânthayđôiphụthuộcvàovatsan=0.03* (giátriddangkhuynhvاتمôi-quầnthêvatsan)
STATE_ELEMENTS
[*]quầnthêvatsan=1
[*]biendong_quầnthêvatsan=phânthayđôiphụthuộcvàovاتمôi+Độxáotrộn
[*]quầnthêvاتمôi=1
[*]biendong_quầnthêvاتمôi=if (quầnthêvاتمôi> súcchúrvاتمôi)then (Độxáotrộn+
phânthayđôiphụthuộcvàovatsan-0.015* (quầnthêvاتمôi-súcchúrvاتمôi))else (Độxáotrộn+phân
thayđôiphụthuộcvàovatsan)
```

7. Chạy mô hình

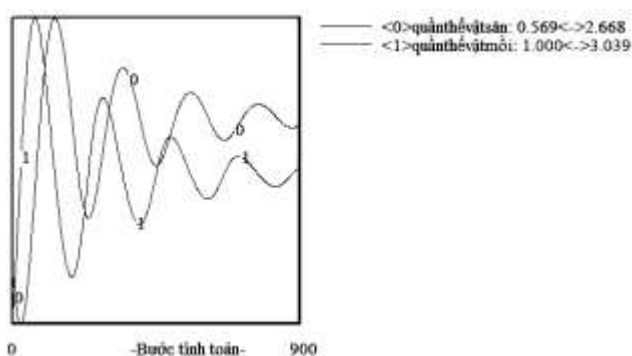
Bước tính	Thời gian	quần thể	biendong	quần thể	biendong	phânthay	phânthay	giátridda	giátridda	súcchúrv	Độxáotr
0	1	1	phânthay	1	if(quần	0.03*(q	0.03*(g	2	2	2	---/300
Giá trị ba	0	1	-0,03	1	0,03	-0,03	0,03	2	2	2	0
1	1	0,97	-0,0291	1,03	0,0309	-0,0291	0,0309	2	2	2	0
2	2	0,9409	-0,0282	1,0609	0,0318	-0,0282	0,0318	2	2	2	0
3	3	0,9127	-0,0272	1,0927	0,0326	-0,0272	0,0326	2	2	2	0
4	4	0,8855	-0,0262	1,1253	0,0334	-0,0262	0,0334	2	2	2	0
5	5	0,8593	-0,0252	1,1587	0,0342	-0,0252	0,0342	2	2	2	0
6	6	0,8341	-0,0242	1,1929	0,035	-0,0242	0,035	2	2	2	0
7	7	0,8099	-0,0232	1,2279	0,0357	-0,0232	0,0357	2	2	2	0
8	8	0,7867	-0,0221	1,2636	0,0364	-0,0221	0,0364	2	2	2	0
9	9	0,7646	-0,021	1,3	0,0371	-0,021	0,0371	2	2	2	0
10	10	0,7436	-0,0199	1,3371	0,0377	-0,0199	0,0377	2	2	2	0
11	11	0,7237	-0,0188	1,3748	0,0383	-0,0188	0,0383	2	2	2	0

Hình 3. Cửa sổ bảng và kết quả tính toán mô phỏng của mô hình

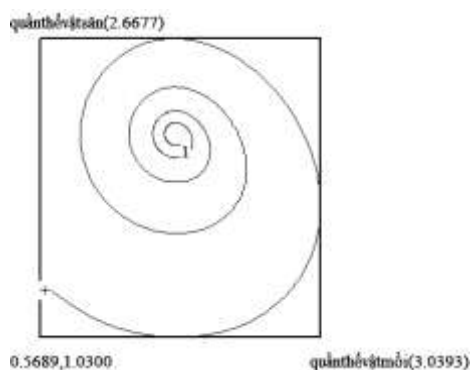
Để chạy mô hình trong cửa sổ sơ đồ mô phỏng đang mở, ta kích chuột lên nút lệnh chạy mô hình trên thanh công cụ của cửa sổ này và nạp khung thời gian cho mô hình. Để chạy mô hình được lưu trong tệp văn bản, ta kích chuột lên nút lệnh chạy mô hình trên thanh công cụ của cửa sổ chính và chọn tệp mô hình trong hộp thoại mở ra.

Sau khi chạy mô hình, MM & S sẽ hiển thị kết quả tính toán mô phỏng trong một cửa sổ bảng (hình 3). Chạy mô hình không có xáo trộn và có xáo trộn (Độ xáo trộn = 1 ở thời điểm 300) và sau đó vẽ các đồ thị thời gian và đồ thị pha, chúng ta sẽ có kết quả như trong các hình 3-6. Trong đồ thị pha, điểm đầu được đánh dấu bằng dấu cộng và điểm cuối được đánh dấu bằng số 1.

Như có thể thấy trên các đồ thị ở hình 4 và 5, các giá trị ban đầu của các yếu tố trạng thái không tương ứng với trạng thái cân bằng của hệ. Tuy nhiên, hệ thống có xu hướng đạt tới trạng thái cân bằng (hình 4, 5).



Hình 4. Đồ thị thời gian (không có xáo trộn)



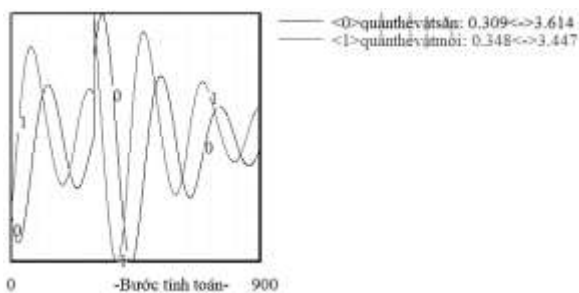
Hình 5. Đồ thị pha (không có xáo trộn)

8. Thử nghiệm gây xáo trộn cho hệ thống

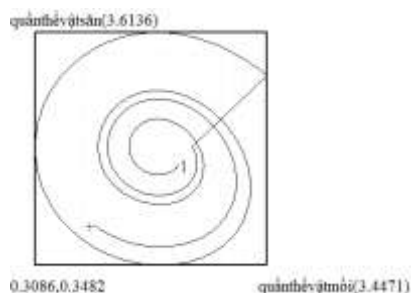
Để thử nghiệm gây xáo trộn cho hệ thống, giá trị của yếu tố liệt kê Độ xáo trộn ở thời điểm 300 được đặt là 1. Trên thực tế đây có thể là kết quả của việc thả thêm cả vật săn và vật nuôi vào môi trường. Trong trường hợp có sự xáo trộn (hình 6, 7), hệ thống bị đẩy ngược lại ra xa trạng thái cân bằng. Tuy nhiên, hệ thống vẫn có xu hướng đạt tới trạng thái cân bằng.

Tiếp theo thử nghiệm được thực hiện cho trường hợp, khi các chu trình của quần thể vật săn và quần thể vật mồi đã ở trạng thái ổn định. Để thực hiện việc đó, Độ xáo trộn được gán cho giá trị bằng 1 tại thời điểm 6000 và mô hình được chạy với khung thời gian từ 0 đến 9000. Đồ thị thời gian của kết quả tính toán mô phỏng được trình bày ở hình 8.

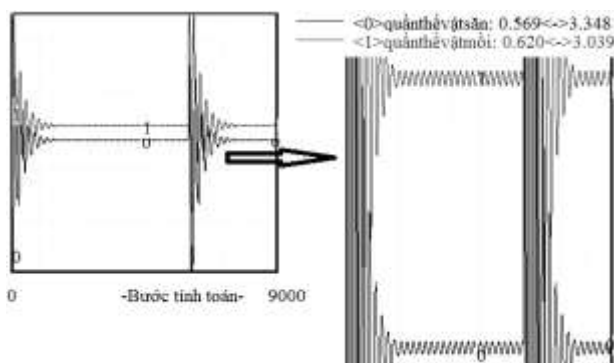
Theo Begon Michael, John L. Harper, Colin R. Townsend (1996) (chương 10, trang 300), cặp chu trình của các quần thể vật săn và vật mồi thể hiện tính ổn định trung lập: Chúng tiếp tục vô hạn nếu không bị xáo trộn, nhưng mỗi sự xáo trộn đến một độ phong phú mới sẽ bắt đầu một loạt các chu trình ổn định mới, khác, xung quanh các giá trị trung bình cũ nhưng với biên độ khác. Trong thử nghiệm ở đây, như được thể hiện rõ trên hình 8, sau khi xảy ra xáo trộn và đạt đến một độ phong phú mới, cặp chu trình vẫn trở lại ổn định với biên độ như trước khi xảy ra xáo trộn.



Hình 6. Đồ thị thời gian
(Độ xáo trộn = 1 ở thời điểm 300)



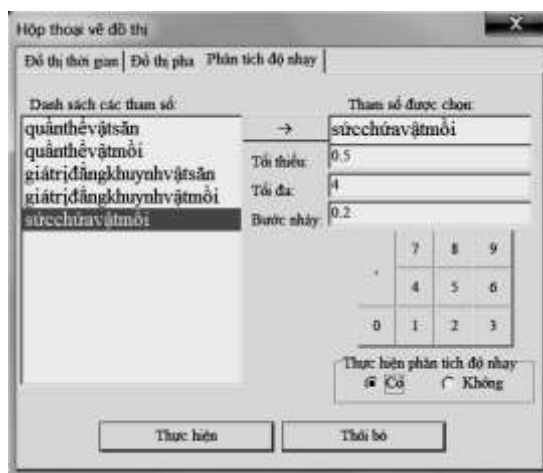
Hình 7. Đồ thị pha
(Độ xáo trộn = 1 ở thời điểm 300)



Hình 8. Đồ thị thời gian kết quả mô phỏng có xáo trộn
(Độ xáo trộn = 1 ở thời điểm 6000)

9. Phân tích độ nhạy

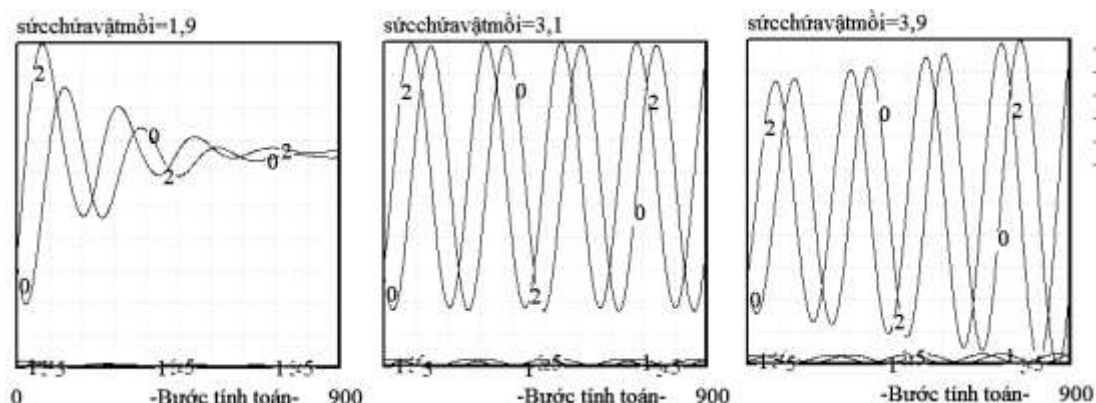
Việc phân tích độ nhạy được thực hiện để hiểu việc giá trị một tham số hệ thống (giá trị ban đầu của các yếu tố trạng thái, hoặc giá trị của các yếu tố không đổi) thay đổi sẽ ảnh hưởng đến động thái của hệ thống như thế nào. Ở đây, giá trị của Sức chứa vật môi được thay đổi và xem xét sự ảnh hưởng của thay đổi này đến động thái của các quần thể vật sản và vật môi. Lựa chọn thực hiện phân tích độ nhạy được chuyển đặt là có (hình 9). Sau đó các yếu tố được chọn để vẽ đồ thị thời gian.



Hình 9. Đặt giá trị để phân tích độ nhạy

Với mỗi giá trị của sức chứa vật môi, MM & S thực hiện tính toán mô phỏng và sử dụng kết quả để vẽ đồ thị (hình 10). Các đồ thị liên tiếp được thay thế thể hiện một cách hình tượng độ nhạy của các yếu tố với sự thay đổi giá trị của tham số Sức chứa vật môi.

Như được thể hiện trên hình 10, động thái của các quần thể vật săn và vật môi nhạy cảm với sự thay đổi giá trị của tham số Sức chứa vật môi. Với các giá trị hiện thời của các yếu tố khác, một giá trị nhỏ hơn 3 của Sức chứa vật môi sẽ đảm bảo xu thế đạt được sự cân bằng và một giá trị lớn hơn 3 của Sức chứa vật môi sẽ dẫn đến xu thế tăng dần biên độ dao động các quần thể vật săn và vật môi.



Hình 10. Đồ thị thời gian với các giá trị khác nhau của Sức chứa vật môi

III. KẾT LUẬN

Một phiên bản mô hình Lotka-Volterra đã được xây dựng cho phần mềm MM & S (Mô hình hóa và mô phỏng hệ thống). Mô hình bao gồm 8 yếu tố hệ thống: Hai yếu tố trạng thái (Quần thể vật săn, Quần thể vật môi), ba yếu tố không đổi (Giá trị đẳng khuynh vật săn, Giá trị đẳng khuynh vật môi, Sức chứa vật môi), một yếu tố liệt kê (Độ xáo trộn), hai yếu tố trung gian (Phân thay đổi phụ thuộc vào vật môi, Phân thay đổi phụ thuộc vào vật săn).

Kết quả tính toán mô phỏng cho thấy giá trị ban đầu của các yếu tố trạng thái không tương ứng với trạng thái cân bằng của hệ thống. Tuy nhiên, hệ thống có xu hướng đạt tới trạng thái cân bằng với thời gian.

Begon Michael, John L. Harper, Colin R. Townsend (1996) khẳng định rằng cặp chu trình của các quần thể vật săn và vật môi thể hiện tính ổn định trung lập: Chúng tiếp tục vô hạn nếu không bị xáo trộn, nhưng mỗi sự xáo trộn đến một độ phong phú mới sẽ bắt đầu một loạt các chu trình ổn định mới, khác, xung quanh các giá trị trung bình cũ nhưng với biên độ khác. Tuy nhiên, kết quả phân tích mô hình ở đây cho thấy, trong trường hợp có sự xáo trộn dẫn đến độ phong phú mới của các quần thể, hệ thống bị đưa ra khỏi trạng thái cân bằng nhưng sau đó cặp chu trình vẫn trở lại ổn định với biên độ như trước khi xảy ra xáo trộn.

Kết quả phân tích độ nhạy cho thấy, với các giá trị hiện thời của các yếu tố khác, động thái của các quần thể vật săn và vật môi nhạy cảm với Sức chứa vật môi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Begon Michael, John L. Harper, Colin R. Townsend**, 1996. Ecology: individuals, populations and communities. Blackwell Science Ltd. ISBN 0-632-03801-2 (pbk), ISBN 0-86542-845-X (hbk).
2. **Bossel H.**, 1992. Modellbildung und Simulation. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH: Braunschweig/Wiesbaden, Deutschland (German).

3. <http://iebr.ac.vn/pages/emms.asp>. Trang thông tin điện tử phần mềm MM & S. Ngày tiếp cận: 12/07/2013.
4. <http://www.embarcadero.com>: Trang thông tin điện tử của công ty Embarcadero. Ngày tiếp cận: 12/05/2013.
5. **International Society for Ecological Economics**, 2004. Software reference guide: STELLA software technical documentation. ISEE Systems.
6. **Nguyễn Hùng Mạnh, Nguyễn Văn Sinh, Nguyễn Mạnh Hùng**, 2011. Báo cáo Khoa học về Sinh thái và Tài nguyên sinh vật, Hội nghị Khoa học toàn quốc lần thứ tư, Hà Nội, 21/10/2011, tr. 1706-1712 (ISSN 1859-4425).
7. **Nguyễn Văn Sinh**, 2005. Phân tích hệ thống, mô hình hóa và mô phỏng với phần mềm MM & S. Tuyển tập Báo cáo Khoa học Hội nghị môi trường toàn quốc, 21-22/4/2005, Hà Nội, tr.1347-1358.
8. **Nguyen Van Sinh**, 2006. An effort to enhance the computer simulation of dynamic systems: an example with mini-world model. Proceeding of the IUFRO international conference: 'PATTERNS AND PROCESSES IN FOREST LANDSCAPES-Consequences of human management'. 26-29 September 2006, Bari, Italy (ISBN-10: 88-87553-11-4; ISBN-13: 978-88-87553-11-6). p.: 543-549.
9. **Nguyễn Văn Sinh**, 2011: Báo cáo Khoa học về Sinh thái và Tài nguyên sinh vật, Hội nghị Khoa học toàn quốc lần thứ tư, Hà Nội, 21/10/2011, tr. 1778-1783.
10. **Nguyễn Văn Sinh, Nguyễn Hùng Mạnh, Nguyễn Mạnh Hùng**, 2011. Báo cáo Khoa học về Sinh thái và Tài nguyên sinh vật, Hội nghị Khoa học toàn quốc lần thứ tư, Hà Nội, 21/10/2011, tr. 1784-1791.
11. **Nguyen Van Sinh**, 2012. The Change Rate Concepts and their Realization in the MM & S-a Computer Program for Modeling and Simulation of Dynamic Systems. Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 152: 1-13. Springer (ISSN: 1876-1100; ISBN: 978-1-4614-3534-1).

ANALYSIS OF THE LOTKA-VOLTERRA MODEL WITH MM & S SOFTWARE

NGUYEN VAN SINH

SUMMARY

The paper presents the analysis of the Lotka-Volterra model with MM & S software. This software is designed based on the "Four Element Groups Concept" as well as on the "Change Rate Concept" and has been applied for analysis of different dynamic systems. A version of Lotka-Volterra model has been developed that includes 8 system elements: Two state elements (Predator population, Prey population), three constant elements (Predator zero isocline, Prey zero isocline, Prey capacity), one listed element (Disturbance), two intermediate elements (Prey related change of predator population, Predator related change of prey population). The simulation calculation has shown that in the case of a disturbance the system is putting backward from equilibrium but still tends to achieve equilibrium after that. Begon Michael, John L. Harper, Colin R. Townsend (1996) stated, that "the coupled cycles of predator and prey populations exhibit neutral stability: They continue indefinitely if undisturbed, but each disturbance to a new abundance initiates a new, different series of neutrally stable cycles, around the same means but with a different amplitude". However, our investigations have shown that after a disturbance to a new abundance, the coupled cycles will become stable later with the same amplitude as before disturbance. The sensitivity analysis has shown that the dynamics of Predator and Prey populations are sensitive to changing value of Prey capacity.