KHAI THÁC PHẦN MỀM SCILAB ĐỂ MÔ PHỎNG HỆ THỐNG KỸ THUẬT: MỘT CÔNG CỤ HIỆU QUẢ CHO GIẢNG DẠY VÀ NGHIÊN CỨU

UTILIZING SCILAB FOR ENGINEERING SYSTEM SIMULATION: AN EFFECTIVE TOOL FOR TEACHING AND RESEARCH

Lê Văn Thắng

ThS. Khoa Điện, Trường Trung cấp Kinh tế - Kỹ thuật Bắc Nghệ An

Received: 23/03/2026; Accepted: 02/04/2026; Published: 22/04/2026

Tóm tắt: *Mô hình hóa toán học và mô phỏng hệ thống đóng vai trò quan trọng trong giảng dạy và nghiên cứu kỹ thuật, giúp phân tích và dự đoán các hệ thống kỹ thuật phức tạp trong môi trường ảo. Trong khi Matlab là một công cụ thương mại mạnh mẽ và phổ biến cho các mục đích này, chi phí bản quyền cao có thể gây trở ngại trong các cơ sở giáo dục và nghiên cứu. Scilab, với ưu điểm là phần mềm mã nguồn mở, cung cấp các chức năng tương tự mà không yêu cầu chi phí bản quyền. Bài báo này giới thiệu Scilab như một công cụ thực tiễn để mô hình hóa và mô phỏng trong kỹ thuật. Thông qua nhiều ví dụ khác nhau, nghiên cứu này làm nổi bật tiềm năng của Scilab trong giáo dục kỹ thuật và khả năng của nó để trở thành một giải pháp thay thế hiệu quả cho Matlab trong các ứng dụng thực tế.*

Từ khóa: *phần mềm Scilab, mô hình hóa toán học, mô phỏng hệ thống*

Abstract: *Mathematical modeling and system simulation play an important role in engineering education and research, enabling the analysis and prediction of complex technical systems in a virtual environment. While Matlab is a powerful and widely used commercial tool for these purposes, its high licensing costs can be a barrier for educational institutions and research groups. Scilab, with the advantage of being open-source software, offers similar functionalities without licensing fees. This paper introduces Scilab as a practical tool for modeling and simulation in engineering. Through various examples, the study highlights Scilab's potential in technical education and its capability to serve as an effective alternative to Matlab in real-world applications.*

Keywords: *Scilab software, mathematical modeling, system simulation*

1. Đặt vấn đề

Mô hình hóa toán học và mô phỏng hệ thống giữ vai trò then chốt trong nghiên cứu và giảng dạy các ngành kỹ thuật hiện đại nhờ khả năng hỗ trợ phân tích, đánh giá và dự đoán hành vi của các hệ thống phức tạp. Phương pháp này đặc biệt hữu ích trong những trường hợp việc nghiên cứu trên đối tượng thực gặp nhiều hạn chế như thời gian triển khai dài, chi phí cao, tiềm ẩn rủi ro đối với con người và thiết bị, hoặc khi hệ thống thực chưa tồn tại. Thông qua môi trường mô phỏng, các kịch bản kỹ thuật có thể được tái hiện linh hoạt, góp phần nâng cao độ an toàn, giảm chi phí và tăng hiệu quả nghiên cứu cũng như đào tạo.

Trong những năm gần đây, nhiều phần mềm đã được phát triển nhằm hỗ trợ mô hình hóa và mô phỏng hệ thống kỹ thuật. Trong đó, Matlab được xem là một trong những công cụ mạnh mẽ và phổ biến nhất nhờ hệ sinh thái thư viện phong phú và khả năng xử lý linh hoạt, cho phép ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như điện, điện tử, cơ khí, năng lượng và kinh tế [1]. Tuy nhiên, chi phí bản quyền và yêu cầu cập nhật định kỳ của Matlab là một rào cản đáng kể đối với các cơ sở đào tạo và nhóm nghiên cứu có nguồn lực hạn chế.

Trong bối cảnh đó, Scilab nổi lên như một giải pháp thay thế hiệu quả nhờ đặc tính mã nguồn mở và hoàn toàn miễn phí [4, 5]. Bên cạnh đó, Scilab vẫn cung cấp các công cụ mạnh cho tính toán số, mô phỏng và xử lý tín hiệu, với cú pháp lập trình tương đối tương đồng Matlab, giúp người dùng dễ dàng tiếp cận và chuyển đổi [2, 3]. Nhờ những ưu điểm này, Scilab ngày càng được quan tâm và ứng dụng trong đào tạo kỹ thuật cũng như nghiên cứu khoa học.

Xuất phát từ những yêu cầu thực tiễn trên, bài báo này tập trung khai thác phần mềm Scilab như một công cụ hỗ trợ mô hình hóa toán học và mô phỏng hệ thống kỹ thuật. Thông qua các ví dụ minh họa cụ thể, nghiên cứu nhằm làm rõ khả năng ứng dụng của Scilab trong giảng dạy, đồng thời đánh giá tiềm năng thay thế các phần mềm thương mại trong những điều kiện triển khai thực tế.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Mô hình hóa toán học trong kỹ thuật

2.1.1. Khái niệm mô hình hóa

Mô hình hóa toán học là quá trình xây dựng các biểu diễn toán học (dưới dạng phương trình, hệ phương trình, hàm truyền hoặc mô hình trạng thái) nhằm mô tả hành vi của một hệ thống kỹ thuật trong thực tế. Thông qua việc trừu tượng hóa các yếu tố vật lý và mối quan hệ giữa các đại lượng đặc trưng,

mô hình toán học cho phép chuyển đổi một hệ thống thực thành dạng có thể phân tích và xử lý bằng các công cụ tính toán.

2.1.2. Vai trò trong phân tích hệ thống

Mô hình hóa toán học đóng vai trò trung tâm trong việc phân tích, thiết kế và tối ưu hóa các hệ thống kỹ thuật. Mô hình toán học cho phép dự đoán và đánh giá hành vi hệ thống mà không cần thí nghiệm trực tiếp, giúp giảm chi phí và rủi ro. Đồng thời, đây là cơ sở để phân tích các đặc tính như ổn định, đáp ứng và hiệu suất, cũng như hỗ trợ so sánh các phương án thiết kế. Đặc biệt trong giảng dạy kỹ thuật, việc sử dụng mô hình giúp người học hình dung rõ mối quan hệ giữa lý thuyết và thực tiễn, từ đó nâng cao khả năng tư duy phân tích và giải quyết vấn đề.

Nhờ những ưu điểm này, mô hình hóa toán học trở thành nền tảng không thể thiếu trong nghiên cứu và ứng dụng các hệ thống kỹ thuật hiện đại.

2.2. Giới thiệu phần mềm Scilab

Scilab là một phần mềm mã nguồn mở được phát triển từ cuối những năm 1980 bởi INRIA (Viện Nghiên cứu Tin học và Tự động hóa Quốc gia Pháp) và sau này được chuyển giao cho tổ chức Scilab Enterprises [2, 3, 5]. Với mục tiêu cung cấp một nền tảng tính toán số mạnh mẽ và hoàn toàn miễn phí, Scilab đã không ngừng được cải tiến qua nhiều phiên bản, trở thành một lựa chọn đáng tin cậy trong cộng đồng kỹ thuật và nghiên cứu khoa học.

Về đặc điểm, Scilab sở hữu môi trường lập trình mạnh mẽ tương tự như Matlab, hỗ trợ tính toán ma trận, xử lý tín hiệu, điều khiển tự động, tối ưu hóa, và đồ họa hai/ba chiều. Giao diện thân thiện, dễ học, cùng khả năng mở rộng thông qua các toolbox (gói phần mở rộng) giúp người dùng nhanh chóng triển khai các bài toán kỹ thuật phức tạp. Scilab còn hỗ trợ lập trình hướng đối tượng và tích hợp với các ngôn ngữ khác như C, Java, và Python, giúp tăng tính linh hoạt trong phát triển ứng dụng.

Về khả năng ứng dụng, Scilab được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như:

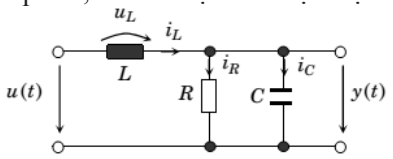
- Giảng dạy và học tập các môn Toán kỹ thuật, Mô phỏng hệ thống, Điều khiển tự động;
- Phân tích và thiết kế mạch điện, hệ thống cơ – điện tử, và hệ thống năng lượng;
- Nghiên cứu và phát triển các thuật toán điều khiển, nhận dạng hệ thống, và tối ưu hóa;

Với ưu điểm là miễn phí, dễ tiếp cận và có khả năng mở rộng, Scilab là một lựa chọn thay thế hiệu quả cho các phần mềm thương mại trong nhiều ứng dụng kỹ thuật thực tiễn. Doanh nghiệp vừa và nhỏ sử dụng Scilab như một giải pháp tiết kiệm chi phí cho các bài toán tính toán và mô phỏng kỹ thuật.

2.3. Mô hình hóa và mô phỏng sử dụng phần mềm Scilab

Ví dụ 1. Mô hình hóa và phân tích tín hiệu đầu ra.

Cho sơ đồ mạch với R, L, C xác định; u(t) là tín hiệu điện áp vào, cần xác định tín hiệu điện áp ra y(t).



Hình 1. Phân tích tín hiệu đầu ra trong sơ đồ.

Phân tích: Để xây dựng mô hình đối tượng trong đó u(t) là tín hiệu điện áp vào, y(t) là tín hiệu điện áp ra, mô hình toán học cần dựa vào định luật Kirchhoff. Hệ phương trình mô tả như sau:

$u_L + y(t) = u(t)$ (1)

$i_C + i_R = i_L$ (2)

Mặt khác, mối quan hệ điện từ được mô tả như sau:

$$i_L = \frac{1}{L}\int_0^t u_L dt \quad (3)$$

$$i_C = C\frac{du_C}{dt} = C\frac{dy}{dt} \quad (4)$$

$$i_R = \frac{u_R}{R} = \frac{y(t)}{R} \quad (5)$$

Từ đó, thế các phương trình (3), (4), (5) vào phương trình (2) được kết quả:

$$C\frac{dy}{dt} + \frac{y}{R} = \frac{1}{L}\int_0^t u_L dt \quad (6)$$

Tiếp tục thế phương trình (6) vào phương trình (1) được kết quả:

$$LC\frac{d^2y(t)}{dt^2} + \frac{L}{R}\frac{dy(t)}{dt} + y(t) = u(t) \quad (7)$$

Đây là phương trình vi phân mô tả mối quan hệ điện áp ra y(t) theo điện áp vào u(t). Từ mô hình toán học, có thể mô phỏng sử dụng phần mềm Scilab.

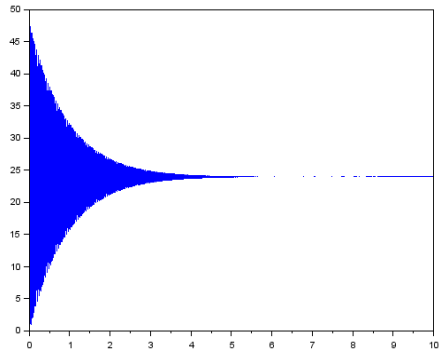
Để mô phỏng, chẳng hạn với các tham số cụ thể của mạch như sau:

R = 10kΩ, L = 10 µH, C = 47µF.

Điện áp vào u(t) = 24V DC (điện áp một chiều). Thực hiện mô phỏng trong Scilab như sau:

```
// RLC parameter
R = 10E3;
L = 10E-6;
C = 47E-6;
Vin = 24;
// RLC
Model function vol = RLC(t,y)
z1 = y(1); z2 = y(2);
vol(1) = z2; vol(2) = (Vin - z1 - z2L/R) / (LC)
endfunction
// Simulation
t = linspace(0,10,20000);
y0 = [0;0]; t0 = t(1);
y = ode(y0,t0,t,RLC);
scf(1);clf(1);plot(t,y(1,:)');
```

Kết quả mô phỏng được thể hiện ở hình 2.

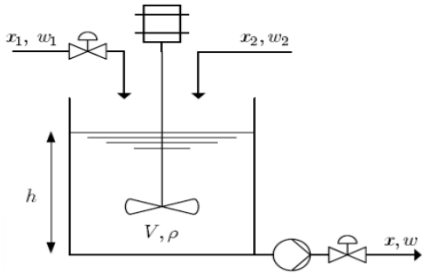


Hình 2. Điện áp đầu ra của sơ đồ mạch ví dụ 1.

Kết quả mô phỏng ở hình 2 cho thấy điện áp ra dao động và sau thời gian 6 giây điện áp ra đạt ổn định ở mức 24V. Kết quả này hù hợp với mô phỏng trên Matlab/simulink.

Ví dụ 2. Mô hình hóa bài toán kỹ thuật.

Xét một đối tượng khác là quá trình khuấy trộn được mô tả bởi hình 3: Hai dòng quá trình mang hai nồng độ khác nhau được hòa trộn trong bình chứa và đưa ra ngoài. Biến cần điều khiển là mức nước (biến h) và nồng độ dòng quá trình đầu ra (biến x). Biến điều khiển là lưu lượng vào ω_1 và lưu lượng ra ω.



Hình 3. Mô tả quá trình bình khuấy trộn.

Phân tích: Mô hình toán học của quá trình được xây dựng như sau:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\rho S}(\omega_1 + \omega_2 - \omega) \quad (8)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{\rho S h}[\omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 - (\omega_1 + \omega_2)x] \quad (9)$$

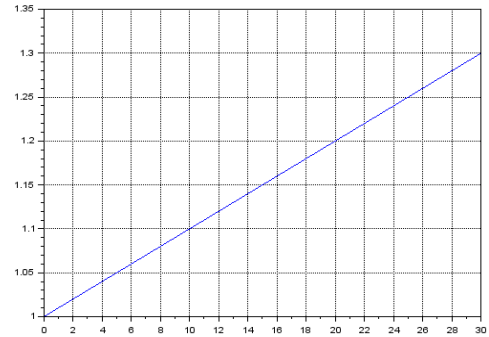
Để minh họa cho quá trình mô phỏng, giả thiết các biến quá trình nhận các giá trị như sau: ω_1 = 100 ml/phút; ω_2 = 200 ml/phút; c = 300 ml/phút; x_1 = 0.8%; x_2 = 0.2%; x_1 = 0.4%; k = 1/ρS = 0.001.

Với giá trị tham số ban đầu như vậy, sau khi hệ thống đạt đến trạng thái làm việc ổn định, hệ sẽ tự cân bằng. Tuy nhiên, để xem xét đặc tính của đối tượng, tham số lưu lượng ω_1 được tăng lên 10% nhằm đánh giá quá trình khi hệ mất cân bằng [6, 7].

Chương trình mô phỏng được xây dựng trong Scilab như sau:

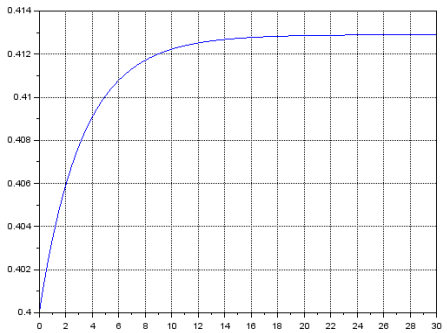
```
// System parameter
w1 = 100; w2 = 200; w = 300;
x1 = 0.8; x2 = 0.2;
k = 0.001;
// … Increse flow w1
wls = 1.1*w1
// Model
function dy = blending(t,y)
…. dy(1) = k*(wls+w2-w)
…..dy(2) = k*(wlsx1+w2x2-wlsy(2)-w2y(2))/y(1);
endfunction
// Simulation
t = linspace(0,30,1500);
y0 = [1;0.4]; t0 = t(1); y = ode(y0,t0,t,blending);
scf(1);clf(1);plot(t,y(1,:)');xgrid;
scf(2);clf(2);plot(t,y(2,:)');xgrid;
```

Kết quả mô phỏng được thể hiện ở hình 4 và hình 5.



Hình 4. Mức nước trong bình

Kết quả mô phỏng ở hình 4 cho thấy mức nước trong bình tăng lên dẫn đến tràn bình nếu không có bộ điều khiển can thiệp



Hình 5. Nồng độ dòng quá trình đầu ra.

Kết quả mô phỏng ở hình 5 cho thấy nồng độ đầu ra tăng lên nhưng dần ổn định ở mức 0.413%.

Qua các ví dụ minh họa, có thể nhận thấy phần mềm Scilab hoàn toàn đáp ứng tốt yêu cầu mô hình hóa và mô phỏng trong lĩnh vực kỹ thuật. Từ các hệ thống điện cơ bản như mạch RLC đến các bài toán điều khiển và quá trình kỹ thuật phức tạp, Scilab đều cho phép xây dựng mô hình linh hoạt và thực hiện mô phỏng với độ tin cậy cao. Kết quả thu được trong nhiều trường hợp có sự tương đồng đáng kể với phần mềm Matlab, cho thấy khả năng đảm bảo độ chính xác và tính nhất quán của Scilab.

(Xem tiếp trang 105)