

NGHIÊN CỨU ĐỘNG LỰC HỌC QUAY VÒNG CỦA XE Ô TÔ CON KHI ĐI TRÊN ĐƯỜNG NHỰA KHÔ VỚI NHIỀU THAM SỐ KHÔNG CHẮC CHẮN

Đào Đức Thu¹, Phạm Đình Mạnh²

¹Đại học Sao Đỏ

daoducthu85@gmail.com

²Đại học Thành Đông

TÓM TẮT

Trong quá trình xe ô tô di chuyển ở trên đường, có thể hệ số bám ở các bánh xe và hệ số cản lăn ở các bánh xe là khác nhau, do đó ảnh hưởng đến quỹ đạo chuyển động của xe ô tô. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của hệ số bám và hệ số cản lăn tương ứng của loại mặt đường nhựa khô đến đặc tính quay vòng của xe ô tô con bằng phương pháp Monte Carlo. Kết quả nghiên cứu có thể ứng dụng để đánh giá động lực học quay vòng của ô tô con và đưa ra một số khuyến nghị trong khai thác sử dụng ô tô con khi đi vào đường vòng.

Từ khóa: Phương pháp Monte Carlo; động lực học ô tô; tham số không chắc chắn; chất lượng mặt đường.

SUMMARY

During the movement of a car on the road, the adhesion coefficient at the wheels and the rolling resistance coefficient at the wheels may differ, thereby affecting the trajectory of the car's movement. This paper presents the research results on the influence of the adhesion coefficient and the corresponding rolling resistance coefficient of dry asphalt surfaces on the turning characteristics of a passenger car using the Monte Carlo method. The research findings can be applied to evaluate the rotational dynamics of passenger cars and provide some recommendations for the operation and use of passenger cars when entering curved roads.

Keywords: Monte Carlo method; automobile dynamics; uncertain parameters; road surface quality."

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây cùng với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ, kéo theo hàng loạt các ngành công nghiệp khác phát triển theo nó trong đó có ngành công nghiệp sản xuất ô tô. Ngành công nghiệp ô tô đã và đang phát triển với tốc độ khá nhanh, chiếm một vị trí quan trọng trong việc phát triển nền kinh tế quốc dân. Vì vậy, vấn đề cấp bách được đặt ra là phải đảm bảo an toàn giao thông cho người, phương tiện và hàng hóa.

Khi ô tô đi vào đường vòng là quá trình có nhiều xảy ra tai nạn trong quá trình chuyển động. Trong điều kiện đường xấu thì có thể hệ số bám ở các bánh xe là khác nhau.

Tùy theo điều kiện loại đường khác nhau và tình trạng của mặt đường thì hệ số bám và hệ số cản lăn cũng thay đổi, làm quỹ đạo chuyển động của xe ô tô cũng thay đổi theo. Hệ số bám và hệ số cản lăn tương ứng với các loại được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Hệ số bám và hệ số cản lăn của một số loại đường [1]

Loại đường	Hệ số bám	Hệ số cản lăn
Đường nhựa khô	0.70 - 0.80	0.015 - 0.018
Đường nhựa ướt	0.35 - 0.45	0.012 - 0.015
Đường đất khô	0.50 - 0.60	0.025 - 0.035
Đường đất ướt	0.20 - 0.40	0.05 - 0.15
Đường cát khô	0.20 - 0.30	0.10 - 0.30
Đường cát ướt	0.40 - 0.50	0,12

Dựa vào loại đường mà xe ô tô thường di chuyển, nhóm tác giả sẽ khảo sát sự chuyển động của xe ô tô con ở đường nhựa khô. Trong bài báo này tác giả sẽ sử dụng phương pháp Monte Carlo để khảo sát động lực học của xe ô tô con khi đi vào đường vòng với hệ số bám ở các bánh xe là khác nhau và với vận tốc ban đầu vào đường vòng là khác nhau.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: Xe Toyota Vios 2020.

- Khảo sát chuyển động của xe ô tô đi vào đường vòng trong điều kiện mặt đường nhựa khô bằng phẳng, hệ số bám nằm trong khoảng [0,7 – 0,8], hệ số cản lăn nằm trong khoảng [0,015 – 0,018].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp kế thừa tài liệu

Thu thập, sưu tầm các tài liệu chuyên môn liên quan đến lĩnh vực động lực học của xe ô tô để làm cơ sở cho việc nghiên cứu lý thuyết.

2.2.2. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

Sử dụng lý thuyết ô tô, cơ học kỹ thuật để xây dựng mô hình tính toán

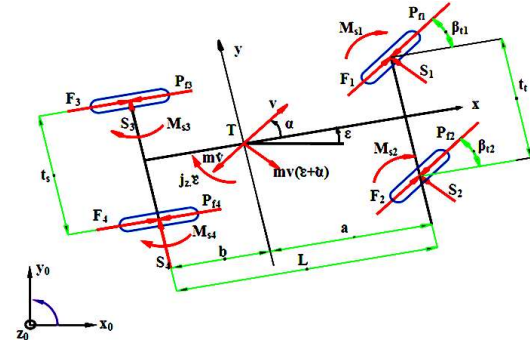
động lực học chuyển động của xe Toyota Vios 2020 khi đi vào đường vòng với các vận tốc khác nhau.

Sử dụng phương pháp Monte Carlo và công cụ Matlab Simulink để tính toán mô hình động lực học của xe ô tô có nhiều tham số không chắc chắn.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô hình động lực học

Trong quá trình ô tô con quay vòng, các lực và mô men tác dụng vào xe được mô tả trên Hình 1.



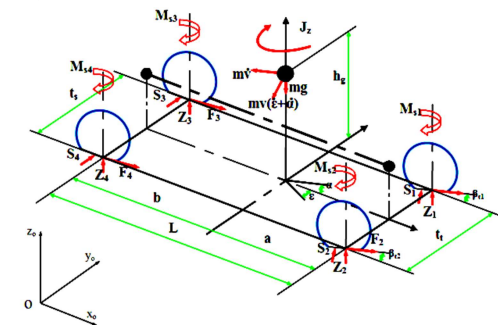
Hình 1. Các lực và mô men tác dụng lên ô tô

Theo tài liệu [2] và [3] ta có các phương trình động lực học quay vòng của ô tô:

$$\dot{v} = \frac{1}{m} [(S_1 + S_2) \cos \beta + (F_1 + F_2) \sin \beta + S_3 + S_4] \sin \alpha - [(S_1 + S_2) \sin \beta - (F_1 + F_2) \cos \beta - (F_3 + F_4) \cos \alpha] \quad (1)$$

$$\dot{\alpha} = \frac{1}{mv \cos \alpha} [(S_1 + S_2) \cos \beta + S_3 + S_4 + (F_1 + F_2) \sin \beta] - \frac{\dot{v} \sin \alpha}{v \cos \alpha} - \dot{\epsilon} \quad (2)$$

$$\ddot{\epsilon} = \frac{1}{J_z} [(S_1 + S_2) a \cdot \cos \beta - (S_3 + S_4) b + (S_1 - S_2) \frac{t_1}{2} \cdot \sin \beta + (F_1 + F_2) a \sin \beta - (F_1 - F_2) \frac{t_1}{2} \cos \beta - (F_3 - F_4) \frac{t_2}{2}] \quad (3)$$



Tải trọng thẳng đứng tác dụng lên 4 bánh xe như sau:

$$Z_1 = \frac{1}{2}Z_t - \Delta Z_t = \frac{1}{2}\left(m.g \frac{b}{L} - \Delta Z\right) - \Delta Z_t \quad (4)$$

$$Z_2 = \frac{1}{2}Z_t + \Delta Z_t = \frac{1}{2}\left(m.g \frac{b}{L} - \Delta Z\right) + \Delta Z_t \quad (5)$$

$$Z_3 = \frac{1}{2}Z_s - \Delta Z_s = \frac{1}{2}\left(m.g \frac{a}{L} + \Delta Z\right) - \Delta Z_s \quad (6)$$

$$Z_4 = \frac{1}{2}Z_s + \Delta Z_s = \frac{1}{2}\left(m.g \frac{a}{L} + \Delta Z\right) + \Delta Z_s \quad (7)$$

Sự chênh lệch tải trọng giữa bánh trước và bánh sau:

$$\Delta Z = [\dot{v} \cos \alpha - v(\dot{\alpha} + \dot{\varepsilon}) \sin \alpha] \frac{m.h}{l} \quad (8)$$

Sự chênh lệch tải trọng giữa 2 bánh xe phía trước:

$$\Delta Z_t = \frac{1}{t_t} \frac{v^2}{R} \left[m' \cdot \frac{b'}{l} p_t + C_{gt} \frac{m'h' - m_t(p_t - h_t) - m_s(p_s - h_s) + m_t h_t}{C_{gt} + C_{gs} - m'gh'} \right] \quad (9)$$

Sự chênh lệch tải trọng giữa 2 bánh xe phía sau:

$$\Delta Z_s = \frac{1}{t_s} \frac{v^2}{R} \left[m' \cdot \frac{a'}{l} p_s + C_{gs} \frac{m'h' - m_t(p_t - h_t) - m_s(p_s - h_s) + m_t h_t}{C_{gt} + C_{gs} - m'gh'} \right] \quad (10)$$

Trong đó:

\dot{v} : Gia tốc của ô tô.

$\dot{\alpha}$: Vận tốc góc lệch thân xe.

$\dot{\varepsilon}$: Gia tốc góc xoay thân xe.

F_i : Lực dọc tác dụng lên ô tô trong quá trình chuyển động.

P_{ϕ} : Lực cản lăn.

S_i : Các phản lực ngang của mặt đường tác dụng lên vết của bánh xe.

M_{st} : Mô men cản quay.

β : Góc đánh lái.

t_t, t_s : Chiều rộng vết lốp bánh xe trước và bánh xe sau.

m : Khối lượng của toàn xe.

m' : Khối lượng phần được treo của ô tô.

m_i'' : Khối lượng phần không được treo cầu trước.

m_s'' : Khối lượng phần không được treo cầu sau.

h : Chiều cao trọng tâm xe.

h' : Chiều cao trọng tâm phần được treo của ô tô.

h_t'' : Chiều cao của phần không được treo cầu trước.

h_s'' : Chiều cao của phần không được treo cầu sau.

l : Chiều dài cơ sở của ô tô.

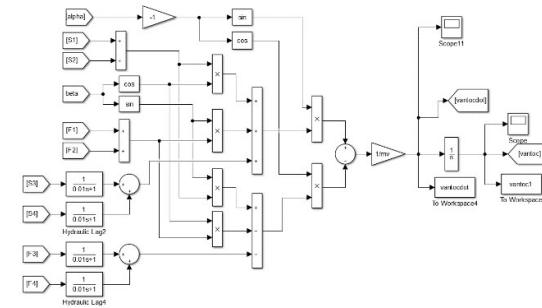
R : bán kính quay vòng thực tế của ô tô.

C_{gt} : Độ cứng của cầu trước.

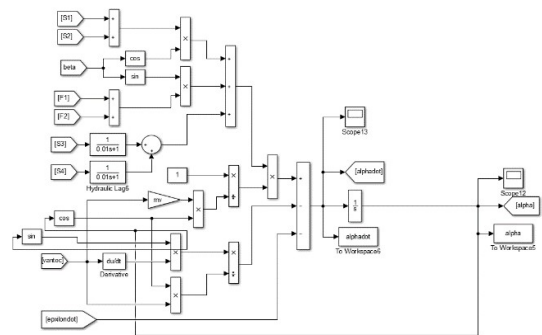
C_{gs} : Độ cứng cầu sau.

3.2. Kết quả khảo sát

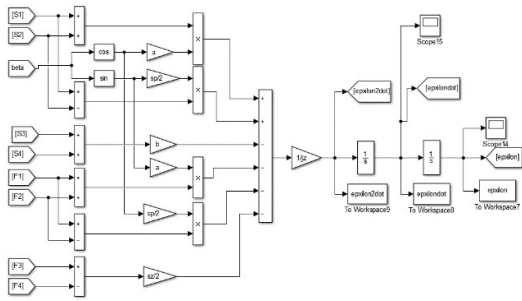
Từ các phương trình động lực học của xe ô tô khi đi vào đường vòng từ phương trình (1) đến phương trình (10), sử dụng phần mềm Matlab Simulink nhóm tác giả đã xây dựng sơ đồ mô phỏng hệ thống, cụ thể là:



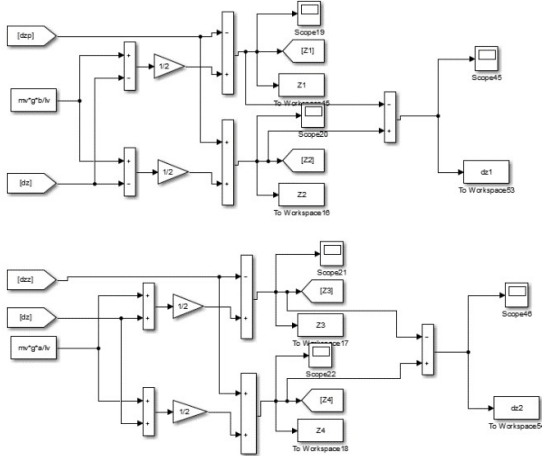
Hình 2. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (1)



Hình 3. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (2)



Hình 4. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (3)



Hình 5. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10)

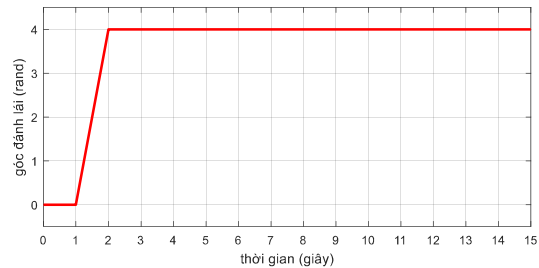
Khảo sát trên xe ô tô Toyota Vios 2020 có động cơ đặt phía trước và cầu trước chủ động và với các thông số của xe ở Bảng 1.

Bảng 2. Các thông số của xe ô tô tải khảo sát

T	Tên gọi	Đơn vị	Giá trị
1	Khối lượng toàn bộ xe khi đầy tải	kg	1550
2	Chiều dài cơ sở ô tô	m	2.55
3	Khoảng cách từ trọng tâm - cầu trước	m	1.175
4	Khoảng cách từ trọng tâm - cầu sau	m	1.375
5	Chiều rộng vệt	m	1.350

T	Tên gọi	Đơn vị	Giá trị
	lớp bánh xe trước		3
6	Chiều rộng vệt lớp bánh xe sau	m	1.3716
7	Chiều cao trọng tâm ô tô	m	0.5121
8	Bán kính bánh xe tĩnh	m	0.2682
9	Tỷ số truyền của hệ thống lái		21.2

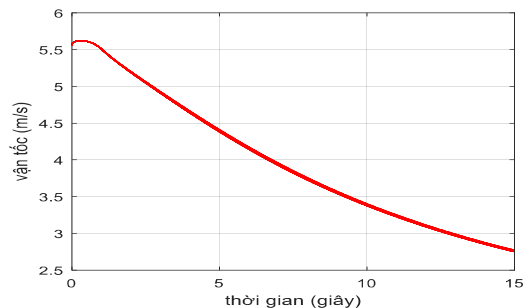
Để tạo ra tình huống nguy hiểm khi lái xe, tác giả đã mô phỏng người lái điều khiển góc xoay vành tay lái gấp được mô phỏng như Hình 6.



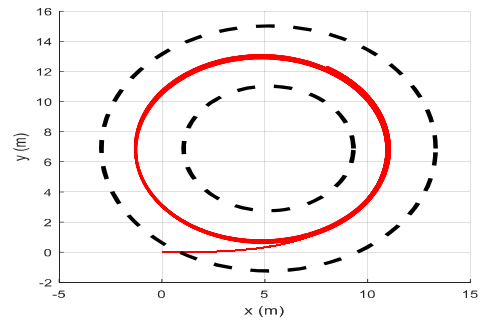
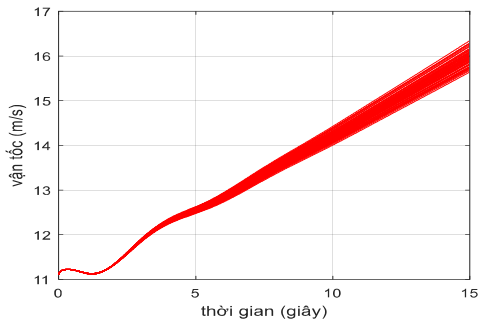
Hình 6. Mô phỏng góc xoay vành tay lái

Với góc đánh lái mô phỏng như Hình 6, lái xe sẽ đi thẳng trong 1 giây, sau đó đánh lái 1 góc 4 rad (229.18 độ) trong vòng 1 giây rồi giữ nguyên vành tay lái.

Khảo sát xe ô tô ở các vận tốc ban đầu là 20 km/h, 40 km/h, 60 km/h, 80 km/h. Sử dụng phương pháp Monte Carlo với phương pháp lấy mẫu Uniforme, số lượng lấy mẫu là 1000 [4], [5]. Vận tốc của xe ô tô như hình 7.

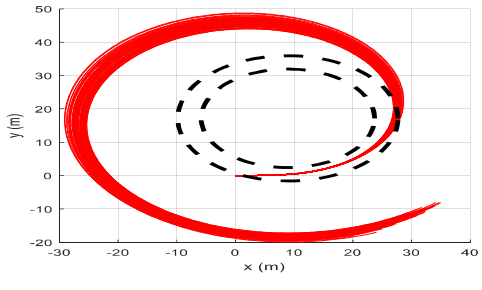
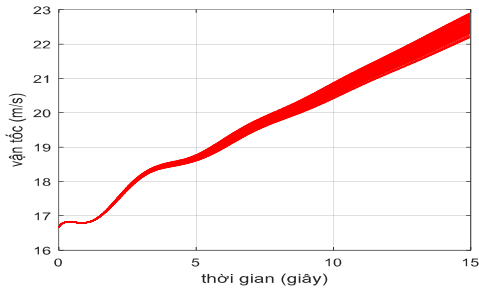


a. $v_0 = 20 \text{ km/h}$



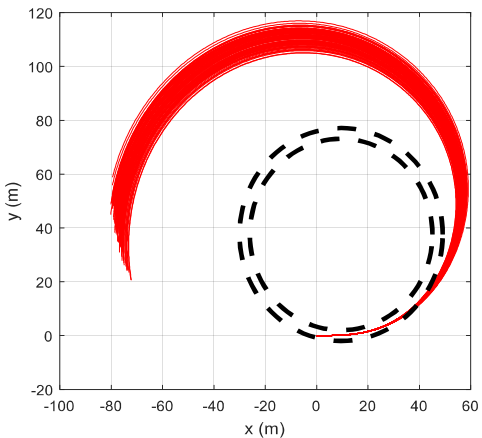
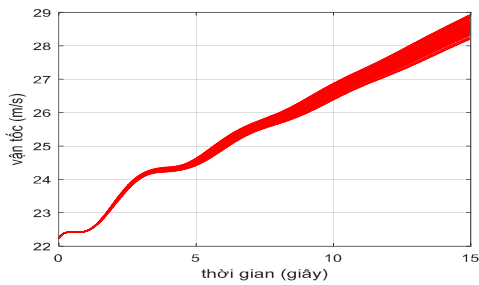
b. $v_0 = 40 \text{ km/h}$

a. $v_0 = 20 \text{ km/h}$



c. $v_0 = 60 \text{ km/h}$

b. $v_0 = 40 \text{ km/h}$



d. $v_0 = 80 \text{ km/h}$

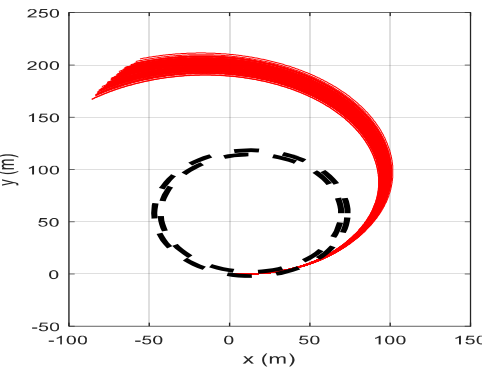
c. $v_0 = 60 \text{ km/h}$

Hình 7. Vận tốc chuyển động của xe

Do số lượng lấy mẫu là 1000, như vậy sau 1000 lần chạy chương trình ta có 1000 kết quả. Trong các hình vẽ trên vận tốc của xe ô tô theo thời gian sẽ được thể hiện là vùng màu đỏ. Dựa vào kết quả trên cho thấy khi chạy với vận tốc ban đầu nhỏ ($v=20 \text{ km/h}$)

vận tốc xe ô tô có xu hướng giảm xuống (do lực ly tâm lúc này nhỏ không lớn hơn lực cản). Khi vận tốc ban đầu của ô tô lớn hơn 30 km/h thì vận tốc của xe ô tô sẽ tăng lên khi quay vòng do lực ly tâm tăng lên.

Quỹ đạo chuyển động của xe ô tô được biểu diễn tương ứng với các vận tốc ban đầu ở Hình 8.



d. $v_0 = 80 \text{ km/h}$

Hình 8. Quỹ đạo chuyển động của xe

Trong các hình vẽ trên, quỹ đạo chuyển động của xe ô tô được thể hiện là các đường cong nét liền. Hai đường nét đứt thể hiện vùng chuyển động an toàn của xe. Hai đường này được xác định bằng cách sử dụng quỹ đạo quay vòng lý thuyết của xe với vành tay lái được mô phỏng ở Hình 8, rồi cộng và trừ 2 mét. Như vậy tương ứng với các vận tốc khác nhau thì vùng an toàn này cũng khác nhau.

Khi vận tốc tăng lên làm lực ly tâm tăng và làm cho quỹ đạo thực tế của xe ô tô khác nhiều so với quỹ đạo quay vòng lý thuyết, quỹ đạo của xe ô tô con có xu hướng quay vòng thiếu.

Dựa vào Hình 8, khi xe di chuyển với vận tốc ban đầu thấp (20 km/h) thì quỹ đạo của xe luôn nằm trong vùng an toàn. Khi vận tốc ban đầu tăng lên thì xe có xu hướng ra ngoài vùng an toàn. Khi xe chuyển động ở vận tốc 40 km/h, thì sau khoảng 3,21 giây xe sẽ ra ngoài vùng an toàn. Với khoảng thời gian này thì lái xe có thể tác động vào vô lăng để

đưa xe vào vùng an toàn. Tuy nhiên khi vận tốc ban đầu tăng lên 60 km/h hoặc 80 km/h thì thời gian xe ra ngoài vùng an toàn rất ngắn, lái xe khó có thể cho xe vào vùng an toàn

4. KẾT LUẬN

Nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp Monte Carlo kết hợp với phần mềm Matlab Simulink để mô phỏng mô hình xe ô tô Toyota Vios 2020 đi vào đường vòng với nhiều vận tốc ban đầu khác nhau. Qua đó, nhóm tác giả đưa ra một số kết luận và khuyến nghị sau:

- Xây dựng được mô hình động lực học khi đi vào đường vòng của xe ô tô.
- Việc sử dụng phương pháp Monte Carlo kết hợp với phần mềm MATLAB simulink cho phép mô hình đã xây dựng có thể được áp dụng khảo sát quá trình chuyển động của ô tô có điều chỉnh và thực hiện nghiên cứu tiếp theo.
- Khi xe ô tô Toyota Vios 2020 quay vòng nên đi với vận tốc ban đầu nhỏ (khoảng dưới 40 km/h) để giúp tránh nguy cơ xe ra ngoài vùng an toàn.

TÀI LIỆU TRÍCH DẪN

- [1]. Ngô Hữu Cẩn, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng (2003), *Lý thuyết ô tô máy kéo*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.
- [2]. Metropolis, N. and Ulam (1949), S. *The Monte Carlo Method*. J. Amer. Stat. Assoc. 44, 335-341.
- [3]. PGS.TS. Nguyễn Khắc Trai (1997), *Tính điều khiển và quỹ đạo chuyển động của ô tô*, Nhà xuất bản Giao thông vận tải.
- [4]. Vũ Quang Thập, Vũ Thành Trung, Đào Đức Thụ, Trịnh Minh Hoàng (2014), *Ứng dụng phần mềm Matlab Simulink giải các bài toán động lực học trên ô tô*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.
- [5]. Đào Đức Thụ (2022), “Nghiên cứu sự ảnh hưởng của phương pháp lấy mẫu đến chất lượng của phương pháp Monte Carlo”, *Tạp chí nghiên cứu khoa học Đại học Sao đỏ*, số 1.