NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ KHÔNG CHẮC CHẮN ĐẾN CHẤT LƯỢNG QUAY VÒNG CỦA XE TẢI

TS. Đào Đức Thụ[1*], ThS. Bùi Tiên Phong[2]

[1]Trường Đại học Sao Đỏ

[2]Trường Cao đẳng Kỹ thuật công nghiệp

[*]Email: daoducthu85@gmail.com

TÓM TẮT

Trong quá trình xe ô tô di chuyển, hệ số bám ở các bánh xe và hệ số cản lăn ở các bánh xe có thể khác nhau, do đó ảnh hưởng đến quỹ đạo chuyển động của xe ô tô. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu 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.*

SUMMARY

During the car's movement, the traction coefficient of the wheels and the rolling resistance coefficient of the wheels may be different, thereby affecting the car's movement trajectory. This article presents the results of research on the influence of adhesion coefficient and corresponding rolling resistance coefficient of dry asphalt pavement on the turning characteristics of passenger cars using the Monte Carlo method. The research results can be applied to evaluate the turning dynamics of cars and provide some recommendations in the exploitation and use of cars when entering roundabouts.

Keywords: *Monte Carlo method; automobiles dynamics; random variable.*

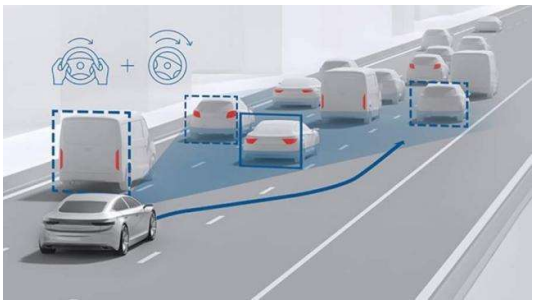
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình xem xét quỹ đạo chuyển động, bao giờ cũng phải khảo sát mối quan hệ với góc điều khiển vành lái, như vậy vấn đề đặt ra ở dạng chuyển động quay vòng tổng quát mà trong đó chuyển động thẳng chỉ là một trường hợp đặc biệt. Do mối liên quan của quỹ đạo chuyển động với góc điều khiển vành lái nên vấn đề đặt ra thuộc lĩnh vực điều khiển quỹ đạo chuyển động và phương pháp nghiên cứu ở dạng các bài toán trong lý thuyết điều khiển tổng quát.

Tính ổn định chuyển động của ô tô là khả năng đảm bảo được quỹ đạo

chuyển động theo yêu cầu trong mọi chuyển động khác nhau của ô tô. Khi xem xét ô tô chuyển động quay vòng tổng quá với các điều khiện làm việc khác nhau:

- Ô tô vượt chướng ngại vật đơn điệu trên đường vòng.
- Khi quay vành lái vượt chướng ngại vật.
- Khi quay vành lái theo dạng hình sin.
- Ô tô thay đổi tốc độ trên đường vòng.
- Chuyển động đều dều trong đường vòng với góc quay vành lái cố định.



Hình 1. Quay vành lái vượt chướng ngại vật

Với những điều kiện chuyển động phức tạp như vậy ô tô phải giữ được quỹ đạo chuyển động của nó sao cho không bị lật đổ, bị trượt dọc, bị trượt bên, cầu xe bị quay lệch trong giới hạn cho phép (giữ được hướng quay vòng theo vành lái), để đảm bảo động lực học quay vòng tốt và an toàn trong chuyển động.

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 như 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

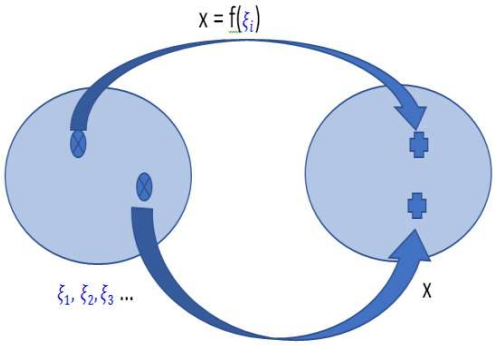
Trong bài báo này tác giả sẽ sử dụng phương pháp Monte Carlo để khảo sát động lực học của xe ô tô tải khi đi vào đường vòng với hệ số bám ở các bánh xe là khác nhau và với vận tốc ban đầu vào đường vòng là khác nhau.

2.2.2. 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 ô tô khi đi vào đường vòng với các vận tốc khác nhau.

2.2.3. Phương pháp Monte Carlo

Tên gọi của phương pháp này được đặt theo tên của một thành phố ở Monaco. Với phương pháp này sẽ lấy ngẫu nhiên mẫu và tính toán trực tiếp trên các mẫu này, như vậy số lượng mẫu lấy càng lớn thì kết quả càng chính xác. Độ chính xác của kết quả phụ thuộc vào số lượng và cách chọn mẫu. Để có kết quả chính xác cần tính toán với số lượng mẫu lớn, do đó với cần thời gian tính toán rất lớn. Người ta sử dụng phương pháp này để kiểm chứng kết quả.



Hình 2. Sơ đồ khối phương pháp Monte Carlo

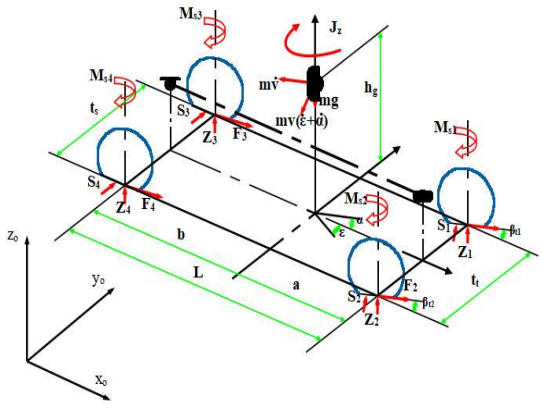
Với ξ_i là tập hợp các mẫu được lấy, theo luật số lớn thì giá trị trung bình được tính theo công thức [2]:

$$x_{MC} = \frac{1}{n_{MC}} \sum_{i=1}^{n_{MC}} x(\xi_i) \qquad (1)$$

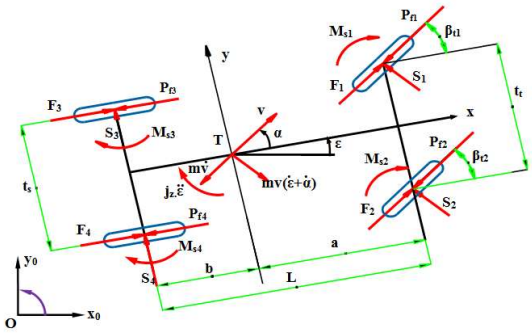
4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô hình động lực học

Trong quá trình ô tô quay vòng, các lực và mô men tác dụng vào xe ô tô được mô tả trên **Hình 3** và **Hình 4**.



Hình 3. Mô hình không gian



Hình 4. Các lực và mô men tác dụng lên ô tô trong mặt phẳng ngang

Theo tài liệu [1] ta có các phương trình động lực học quay vòng của ô tô:

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

$$-[(S_1+S_2)\sin\beta - (F_1+F_2)\cos\beta - (F_3+F_4)]\cos\alpha\} \qquad (2)$$

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

$$-\frac{\dot{v}\sin\alpha}{v\cos\alpha} - \dot{\varepsilon} \qquad (3)$$

$$\ddot{\varepsilon} = \frac{1}{J_Z}\left[(S_1+S_2)a.\cos\beta - (S_3+S_4)b + (S_1-S_2)\frac{t_t}{2}.\sin\beta + \right.$$

$$\left. + (F_1+F_2)a\sin\beta - (F_1-F_2)\frac{t_t}{2}\cos\beta - (F_3-F_4)\frac{t_s}{2}\right] \qquad (4)$$

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

$$Z_1 = \frac{1}{2}Z_t - \Delta Z_t = \frac{1}{2}\left(m.g\frac{b}{L} - \Delta Z\right) - \Delta Z_t \qquad (5)$$

$$Z_2 = \frac{1}{2}Z_t + \Delta Z_t = \frac{1}{2}\left(m.g\frac{b}{L} - \Delta Z\right) + \Delta Z_t \qquad (6)$$

$$Z_3 = \frac{1}{2}Z_s - \Delta Z_s = \frac{1}{2}\left(m.g\frac{a}{L} + \Delta Z\right) - \Delta Z_s \qquad (7)$$

$$Z_4 = \frac{1}{2}Z_s + \Delta Z_s = \frac{1}{2}\left(m.g\frac{a}{L} + \Delta Z\right) + \Delta Z_s \qquad (8)$$

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

$$\Delta Z = [\dot{v}\cos\alpha - v(\dot{\alpha}+\dot{\varepsilon})\sin\alpha]\frac{m.h}{l} \qquad (9)$$

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

$$\Delta Z_t = \frac{1}{t_t}\frac{v^2}{R}[m'.\frac{b'}{l}p_t +$$

$$+C_{gt}\frac{m'h'-m_t"(p_t-h_t")-m_s"(p_s-h_s")}{C_{gt}+C_{gs}-m'gh'}+m_t"h_t"] \quad (10)$$

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

$$\Delta Z_s = \frac{1}{t_s}\frac{v^2}{R}[m'.\frac{a'}{l}p_s$$

$$+C_{gs}\frac{m'h'-m_t"(p_t-h_t")-m_s"(p_s-h_s")}{C_{gt}+C_{gs}-m'gh'}+m_t"h_t"] \quad (11)$$

Góc nghiêng thùng xe

$$\psi = \frac{m'h'-m_t"(p_t-h_t")-m_s"(p_s-h_s")}{C_{gt}+C_{gs}-m'gh'}\frac{v^2}{R} \quad (12)$$

Trong đó:

$\dot{v}$: Gia tốc của ô tô (m/s^2);

$\dot{\alpha}$: Vận tốc góc lệch thân xe (rad/s);

$\ddot{\varepsilon}$: Gia tốc góc xoay thân xe (rad/s^2);

F_i: Lực dọc tác dụng lên ô tô trong quá trình chuyển động (N);

P_{fi}: Lực cản lăn (N);

S_i: Các phản lực ngang của mặt đường tác dụng lên vết của bánh xe (N);

M_{si}: Mô men cản quay (rad/s^2);

β: Góc đánh lái (rad);

t_t, t_s: Chiều rộng vệt lốp bánh xe trước và bánh xe sau (m);

m: Khối lượng của toàn xe (kg);

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

m_t": Khối lượng phần không được treo cầu trước (kg);

m_s": Khối lượng phần không được treo cầu sau (kg);

h: Chiều cao trọng tâm xe (m);

h': Chiều cao trọng tâm phần được treo của ô tô (m);

h_t": Chiều cao của phần không được treo cầu trước (m);

h_s": Chiều cao của phần không được treo cầu sau (m);

l: Chiều dài cơ sở của ô tô (m);

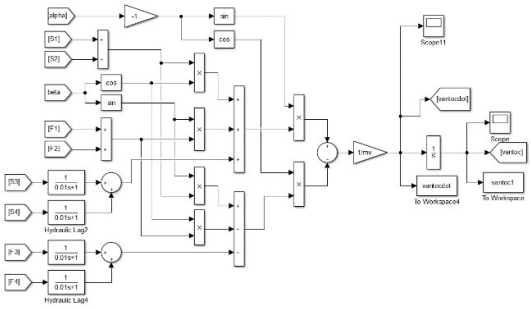
R: bán kính quay vòng thực tế của ô tô (m);

C_{gt}: Độ cứng của cầu trước (N/m);

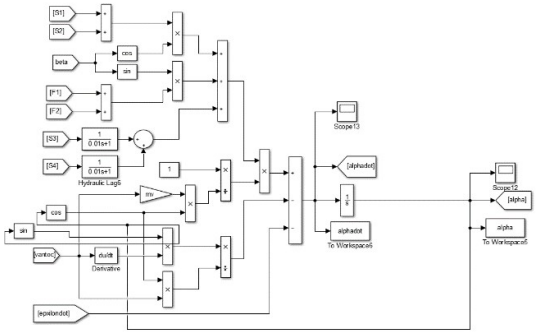
C_{gs}: Độ cứng cầu sau (N/m).

3.2. Kết quả khảo sát

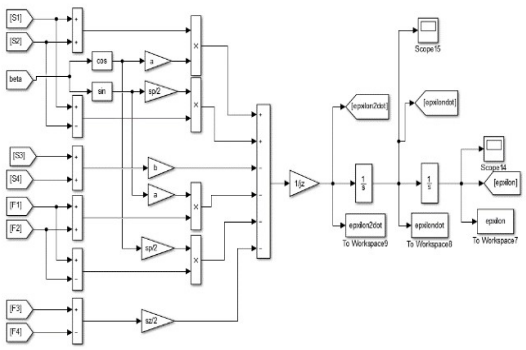
Từ các phương trình động lực học của xe ô tô khi đi vào đường vòng từ (2) đến phương trình (12), sử dụng phần mềm Matlab Simulink nhóm tác giả đã xây dựng sơ đồ mô phỏng hệ thống, cụ thể là:



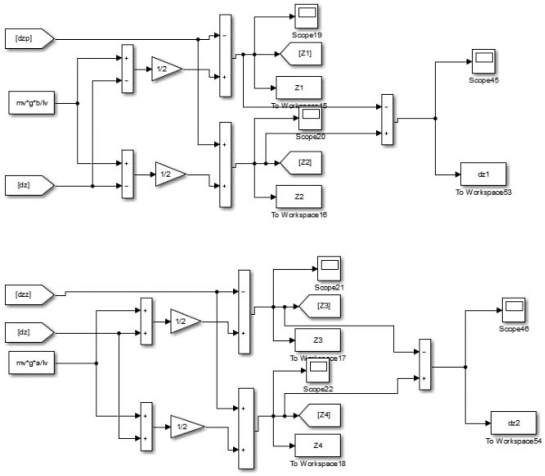
Hình 5. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (2)



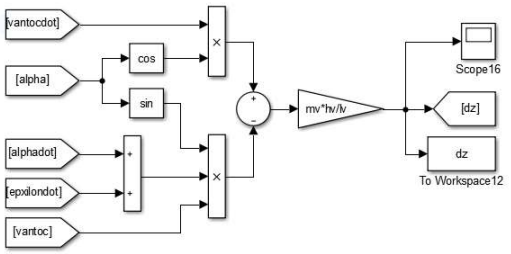
Hình 6. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (3)



Hình 7. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (4)



Hình 8. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (5), (6), (7), (8), (10), (11)



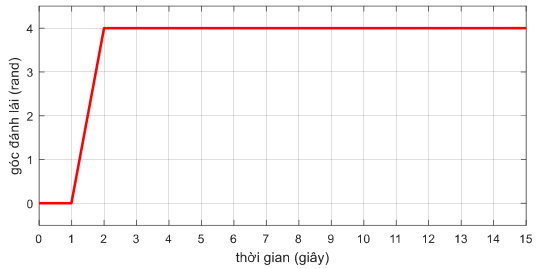
Hình 9. Sơ đồ khối mô phỏng phương trình (9)

Khảo sát trên xe ô tô tải nhỏ Suzuki Super Carry 650 kg có động cơ đặt phía trước và cầu sau chủ động và với các thông số của xe ở Bảng 2.

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

TT	Tên gọi	Đơn vị	Giá trị
1	Khối lượng toàn bộ xe khi đầy tải	kg	1450
2	Chiều dài cơ sở ôtô	m	1.84
3	Khoảng cách từ trọng tâm - cầu trước	m	0.843
4	Khoảng cách từ trọng tâm - cầu sau	m	1.007
5	Chiều rộng vết lốp bánh xe trước	m	1.3503
6	Chiều rộng vết lốp bánh xe sau	m	1.3716
7	Chiều cao trọng tâm ôtô	m	0.5121
8	Chiều cao trọng tâm của phần được treo	m	0.5425
9	Bán kính bánh xe tĩnh	m	0.2682
10	Tỷ số truyền của hệ thống lái		21.2

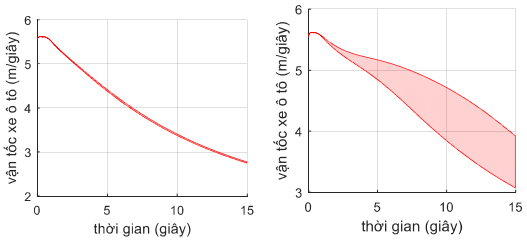
Với hệ phương trình được trên, sử dụng chương trình Matlab Simulink [5] mô phỏng ta được kết quả mô phỏng ứng với trường hợp điều khiển góc xoay vành tay lái được xác lập (**Hình 10**).



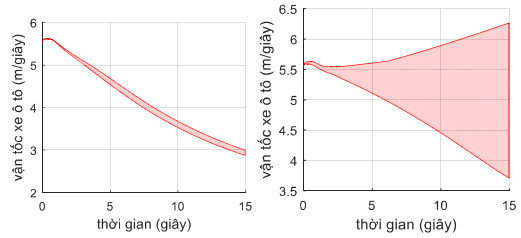
Hình 10. Mô phỏng góc xoay vành tay lái

Khảo sát xe ô tô tải ở các vận tốc ban đầu là 20 km/h, 30 km/h, 40 km/h, 50 km/h. Sử dụng phương pháp Monte Carlo với phương pháp lấy mẫu Uniforme, số lượng lấy mẫu là 1000 [3], [5].

Vận tốc của xe ô tô tải được biểu diễn tương ứng với các vận tốc ở các Hình 11, Hình 12, Hình 13, Hình 14.

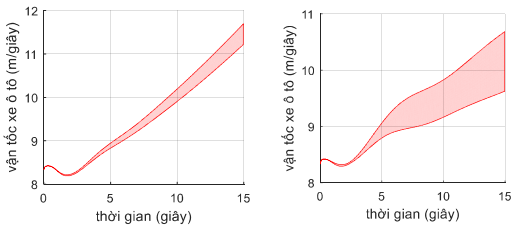


a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt

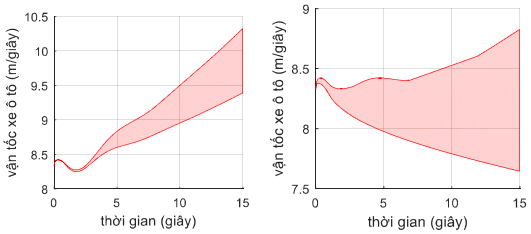


c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

Hình 11. Vận tốc của xe với vận tốc ban đầu là v=20 km/h

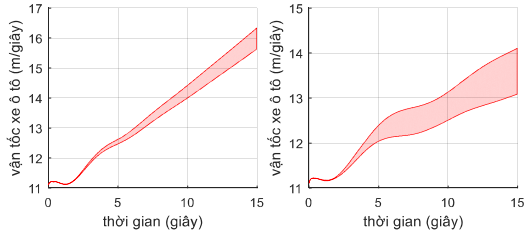


a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt

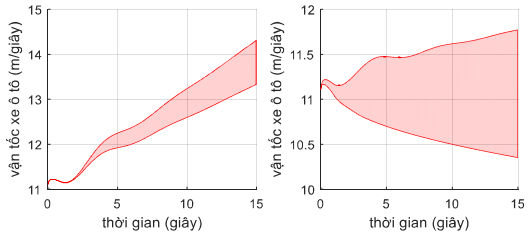


c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

Hình 12. Vận tốc của xe với vận tốc ban đầu là v=30 km/h

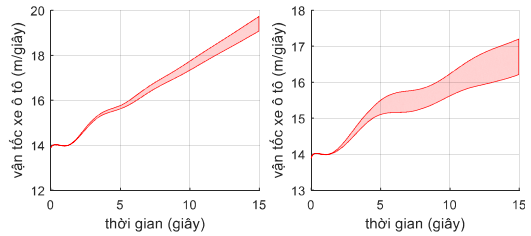


a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt

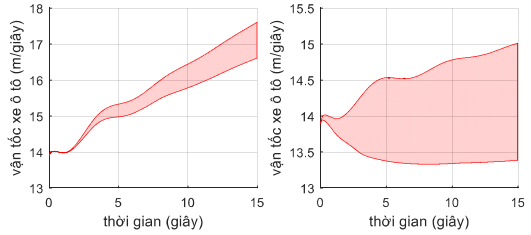


c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

Hình 13. Vận tốc của xe với vận tốc ban đầu là v=40 km/h



a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt

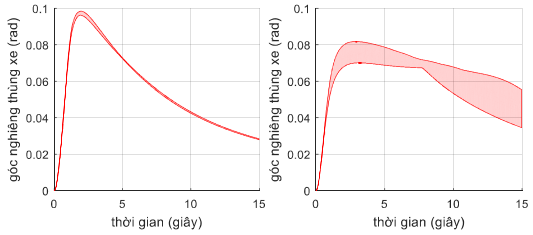


c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

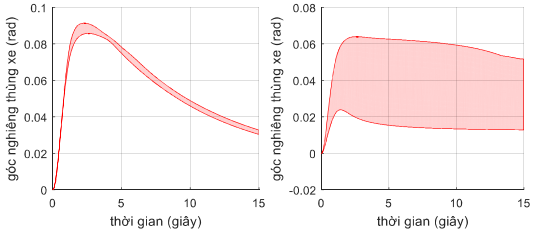
Hình 14. Vận tốc của xe với vận tốc ban đầu là v=50 km/h

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 mầu đỏ. Dựa vào kết quả trên cho thấy khi chạy với vận tốc ban đầu nhỏ (v=20 km/h) vận tốc xe ô tô có xu hướng giảm xuống khi đi vào đường vòng. 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.

Góc nghiêng thùng xe của ô tô tải được biểu diễn tương ứng với các vận tốc ở các Hình 15, Hình 16, Hình 17, Hình 18.

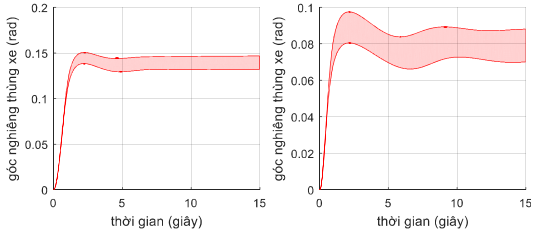


a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt

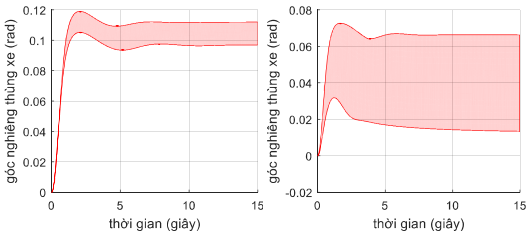


c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

Hình 15. Góc nghiêng thùng xe với vận tốc ban đầu là v=20 km/h

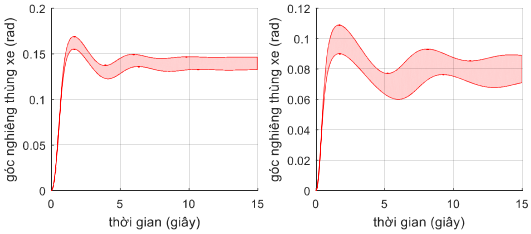


a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt

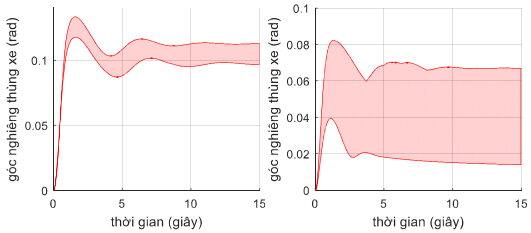


c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

Hình 16. Góc nghiêng thùng xe với vận tốc ban đầu là v=30 km/h

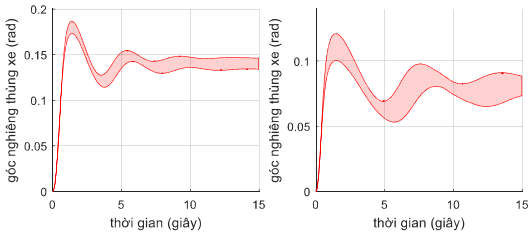


a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt

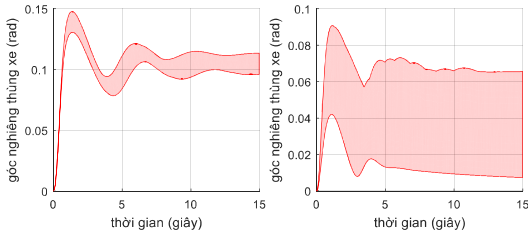


c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

Hình 17. Góc nghiêng thùng xe với vận tốc ban đầu là v=40 km/h



a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt

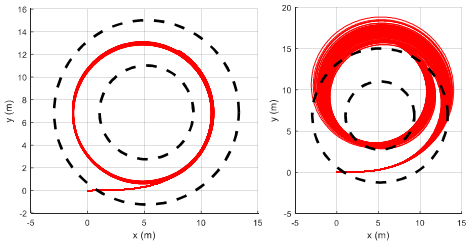


c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

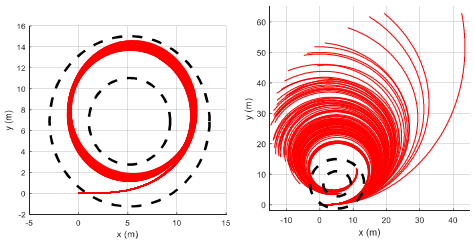
Hình 18. Góc nghiêng thùng xe với vận tốc ban đầu là v=50 km/h

Dựa vào kết quả ở các Hình 15, Hình 16, Hình 17, Hình 18 ta thấy rằng trong trường hợp khi xe di chuyển ở đường bê tông khô thì góc nghiêng thùng xe nhiều hơn khi di chuyển ở đường bê tông ướt. Khi chuyển động ở đường đất khô thì góc nghiêng thùng xe nhiều hơn khi chuyển động ở đường đất ướt.

Quỹ đạo chuyển động của xe ô tô tải được biểu diễn tương ứng với các vận tốc ở các Hình 19, Hình 20, Hình 21, Hình 22.

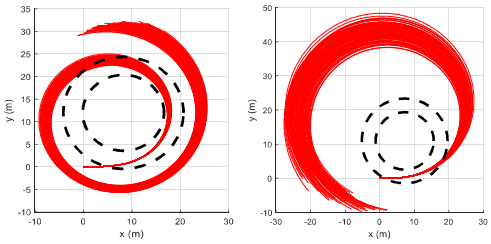


a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt

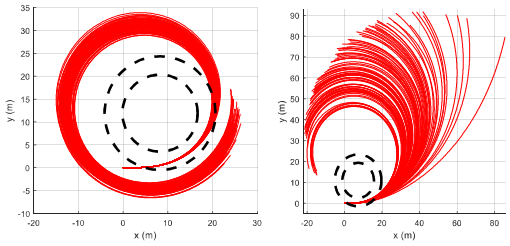


c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

Hình 19. Quỹ đạo chuyển động của xe với vận tốc v=20 km/h

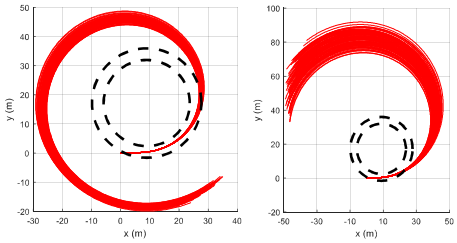


a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt

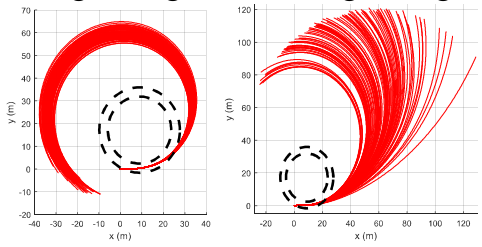


c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

Hình 20. Quỹ đạo chuyển động của xe với vận tốc v=30 km/h

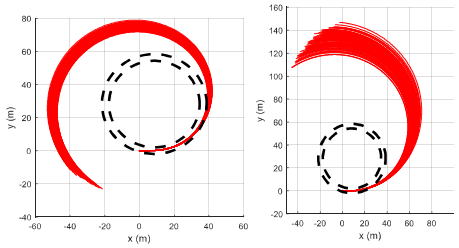


a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt

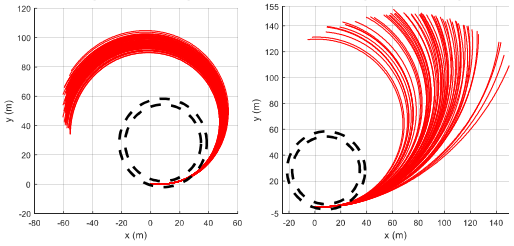


c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

Hình 21. Quỹ đạo chuyển động của xe với vận tốc v=40 km/h



a. Đường bê tông khô b. Đường bê tông ướt



c. Đường đất khô d. Đường đất ướt

Hình 22. Quỹ đạo chuyển động của xe với vận tốc v=50 km/h

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

Do mỗi lần mô phỏng quỹ đạo chuyển động của xe ô tô thì hệ số bám ở các bánh xe là khác nhau và hệ số cản lăn cũng thay đổi do đó ta nhận được các kết quả khác nhau tương ứng với các đường nét liền mầu đỏ.

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 tải có xu hướng quay vòng thiếu.

Thời gian tăng thì quỹ đạo của xe tải có thể ra ngoài vùng an toàn. Bảng 3 thể hiện thời điểm có thể xảy ra hiện tượng xe ô tô tải ra ngoài vùng an toàn tương ứng với vận tốc và loại đường.

Bảng 3. **Thời điểm xe có thể ra ngoài vùng an toàn** *(giây)*

Vận tốc (km/h)	20	30	40	50
Đường nhựa khô	-	12.23	3.21	3.04
Đường nhựa ướt	3.20	2.30	2.14	1.9
Đường đất khô	-	3.20	2.43	2.17
Đường đất ướt	1.87	1.81	1.74	1.56

Dựa vào Bảng 3, khi xe ô tô tải di chuyển với tốc độ thấp (20 km/h) với đường nhựa khô hoặc đường đất khô thì quỹ đạo của xe luôn nằm trong vùng an toàn.

Khi xe ô tô tải chuyển động ở 50 km/h đối với đường nhựa khô thì sau 3.04 giây xe có thể ra ngoài vùng an toàn. Tuy nhiên với thời gian này thì người lái có thể nhận ra được xe sắp ra ngoài vùng an toàn và sẽ tác động vành tay lái để giúp xe chuyển động vào vùng an toàn.

Đối với loại đường đất ướt thời gian xe ô tô có thể ra ngoài vùng an toàn khá ngắn, đối với các lái xe mới có thể không phản ứng kịp, làm cho xe ô tô lao ra khỏi làn đường.

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 tải đi vào đường vòng với nhiều loại đường khác nhau. Qua đó, nhóm tác giả đưa ra một số kết luận và khuyến nghị sau:

- Khi xe ô tô tải di chuyển với tốc độ thấp (20 km/h) với đường nhựa khô hoặc đường đất khô thì quỹ đạo của xe luôn nằm trong vùng an toàn.

- Khi xe ô tô tải chuyển động ở 50 km/h đối với đường nhựa khô thì sau 3.04 giây xe có thể ra ngoài vùng an toàn. Tuy nhiên với thời gian này thì người lái có

thể nhận ra được xe sắp ra ngoài vùng an toàn và sẽ tác động vành tay lái để giúp xe chuyển động vào vùng an toàn.

- Khi di chuyển ở đường bê tông khô sẽ giúp cho xe ô tô an toàn hơn khi quay vòng. Khi xe chuyển động ở loại đường đất ướt sẽ rất nguy hiểm, cần phải giảm tốc độ để có thể đảm bảo an toàn trong quá trình quay vòng.

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] Nathan D. Price, Jan Schellenberger, Bernhard O. Palsson (2004), "Uniform sampling of steady-State Flux spaces: Means to design experiments and to interpret enzymopathies", *Biophysical journal*.

[3] H. Niederreiter (1992), "Random Number Generation and Quasi-Monte Carlo Methods", *CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics, Society for Industrial and Applied Mathematics*.

[4] M. D. McKay, R. J. Beckman, W. J. Conover (1979), "A Comparison of Three Methods for Selecting Values of Input Variables in the Analysis of Output from a Computer Code", *Technometrics* 21 (2) 239–245. doi:10.2307/1268522.

[5] Gaurav Kewlania, Justin Crawfordb and Karl Iagnemmaa (2012), *A polynomial chaos approach to the analysis of vehicle dynamics under uncertainty*. *International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility.*

[6] Ling Feng, Ma Ze-Yu,Tang Zheng-Fei, Chen Yong-Fu (2013), *Uncertainty Analysis of Vehicle Suspension Systems Based on Polynomial Chaos Methods*.

Fourth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications.