

**BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI**



NGÔ QUANG TẠO

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA KHỐI LƯỢNG Ô TÔ 5
CHỖ ĐẾN MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU**

Chuyên ngành: Kỹ thuật cơ khí động lực

Mã số: 9520116

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2026

Công trình được hoàn thành tại:

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI – BỘ CÔNG THƯƠNG

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS. Nguyễn Thanh Quang

2. PGS. TS. Lê Hồng Quân

Phản biện 1: GS.TS Chu Văn Đạt

Phản biện 2: PGS.TS Dương Ngọc Khánh

Phản biện 3: TS Nguyễn Anh Ngọc

Luận án được bảo vệ tại Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Trường và họp tại Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội vào hồi... giờ, ngày ... tháng ... năm 2026

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
- Thư viện Quốc gia Việt Nam

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Kinh tế Việt Nam đang trong thời gian phát triển mạnh, tăng trưởng GDP hàng năm hướng tới 2 con số, đời sống của người dân được cải thiện và nâng cao mức sống, do đó mong muốn sở hữu và sử dụng ô tô cỡ nhỏ phục vụ cho nhu cầu đi lại ngày càng nhiều. Trong đó dòng xe ô tô 5 chỗ ngồi đang có xu hướng tăng trưởng mạnh. Từ việc tăng trưởng số lượng các phương tiện giao thông đòi hỏi phải cung cấp nhiên liệu cho thị trường ngành giao thông tăng nhiều, chính vì thế vấn đề tiêu thụ nhiên liệu và sử dụng nhiên liệu hiệu quả trở lên cấp thiết không chỉ của người sử dụng phương tiện mà còn là của nhà sản xuất - lắp ráp ô tô cũng như của các nhà khoa học nghiên cứu về lĩnh vực cơ khí động lực và các chính sách của nhà nước ban hành kèm theo.

Giá thành nhiên liệu trên thế giới và tại Việt Nam luôn thay đổi do chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố: kinh tế, địa chính trị và môi trường toàn cầu. Do đó, việc nghiên cứu, tìm hiểu các yếu tố ảnh hưởng đến mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô nhằm mục đích cải tiến thiết kế, sử dụng và khai thác vận hành ô tô là một yêu cầu rất cấp thiết, có ý nghĩa của cho cả về kinh tế lẫn xã hội.

Trong số rất nhiều yếu tố ảnh hưởng của ô tô đến mức tiêu thụ nhiên liệu như: đặc tính động cơ, hệ thống truyền lực, hình dạng xe, điều kiện vận hành hay thói quen lái xe. Khối lượng ô tô là một yếu tố cơ bản nhưng thường chưa được xem xét đúng mức trong thực tiễn nghiên cứu tại Việt Nam. Theo định luật II Newton, lực cần thiết để di chuyển một vật tỉ lệ thuận với khối lượng của chính vật đó. Điều này có nghĩa là khi ô tô có khối lượng càng lớn, động cơ phải sinh ra công suất lớn hơn để thắng được quán tính của xe, vượt qua các lực cản lăn giữa lốp và mặt đường, lực cản khi leo dốc hoặc tăng tốc. Từ đó, mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô cũng tăng theo.

Việc nghiên cứu một cách khoa học, chuyên sâu mối quan hệ của khối lượng của ô tô 5 chỗ tới mức tiêu thụ nhiên liệu sẽ mang lại nhiều ý nghĩa thực tiễn. Với các hãng sản xuất - lắp ráp ô tô, kết quả nghiên cứu có thể là cơ sở khoa học để cải tiến thiết kế kết cấu khung vỏ, lựa chọn sử dụng vật liệu nhẹ, cải tiến bố trí hệ thống với mục đích giảm khối lượng của xe mà độ bền, an toàn vẫn đảm bảo. Đối với người sử dụng, các kết quả của nghiên cứu giúp họ hiểu biết rõ hơn về tác động của khối lượng xe đến chi phí vận hành, từ đó họ có thể lựa chọn loại xe hợp lý khi mua sắm hoặc sử dụng phương tiện hiệu quả hơn. Ngoài ra, về mặt môi trường, giảm khối lượng xe và tiêu hao nhiên liệu sẽ giảm phát thải khí CO₂, đáp ứng với xu hướng phát triển xanh và các cam kết giảm phát thải của Việt Nam trong tiến trình chuyển đổi năng lượng xanh.

Từ những vấn đề nêu trên, khẳng định rằng đề tài “*Nghiên cứu ảnh hưởng của khối lượng ô tô 5 chỗ đến mức tiêu thụ nhiên liệu*” là cần thiết và có ý nghĩa thiết thực, đóng góp một yếu tố quan trọng trong bài toán tiết kiệm nhiên liệu, nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng, đồng thời hỗ trợ định hướng cho công tác thiết kế, sản xuất - lắp ráp và sử dụng ô tô ở Việt Nam trong tương lai.

2. Tính mới của luận án

Các nghiên cứu chuyên sâu đánh giá định lượng ảnh hưởng riêng biệt của khối lượng ô tô đến mức tiêu thụ nhiên liệu, đặc biệt đối với ô tô con 5 chỗ trong điều kiện giao thông tại Việt Nam, còn tương đối hạn chế.

Từ thực tế đó, luận án đề xuất một phương pháp tiếp cận mới tích hợp giữa mô hình động lực học, mô phỏng và thực nghiệm để thực sự làm rõ mối quan hệ giữa khối lượng tổng thể của ô tô và mức tiêu thụ nhiên liệu trong hoạt động thực tế. Trên cơ sở này, luận án có các điểm mới sau:

- Luận án phân tích và xây dựng lên mối quan hệ định lượng giữa khối lượng của ô tô 5 chỗ và mức tiêu thụ nhiên liệu trên cơ sở mô hình động lực học chuyển động dọc của ô tô. Khác với nhiều nghiên cứu trước đây thường xem khối lượng như một tham số phụ trong các bài toán tối ưu tổng thể, luận án tập trung nghiên cứu chuyên sâu ảnh hưởng riêng rẽ của khối lượng đến các lực cản chuyển động và tiêu thụ nhiên liệu trong khi vận hành cụ thể;

- Luận án xây dựng thuật toán tính toán và mô hình mô phỏng FC(stat) trên nền tảng Matlab/Simulink, cho phép xác định mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô khi thay đổi khối lượng trong vận hành các chế độ khác nhau. Mô hình được tổ chức theo cấu trúc rõ ràng, thể hiện mối quan hệ giữa các đại lượng đầu vào – đầu ra, đồng thời so sánh trực tiếp kết quả mô phỏng lý thuyết với kết quả đo thực nghiệm, làm nâng cao sự tin cậy của phương pháp mô phỏng;

- Luận án đưa ra và triển khai phương pháp đo mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô theo thời gian thực, thông qua thiết kế, chế tạo và kiểm định bộ đo phục vụ nghiên cứu. Bộ đo cho phép thu thập đồng thời các thông số làm việc quan trọng của ô tô như vận tốc xe, lực bàn đạp phanh, độ mở bướm ga và mức tiêu thụ nhiên liệu theo thời gian thực, cho ra bộ dữ liệu thực nghiệm nhằm phân tích và đánh giá;

- Việc kết hợp giữa mô hình lý thuyết, mô phỏng và kết quả thực nghiệm, luận án đã xác lập được hàm thực nghiệm biểu diễn mối quan hệ giữa khối lượng ô tô và mức tiêu thụ nhiên liệu với độ phù hợp cao. Kết quả đánh giá so sánh cho thấy sai khác giữa mô phỏng và thực nghiệm nằm trong phạm vi chấp nhận được;

- Dựa trên kết quả nghiên cứu, luận án đề xuất định hướng giảm mức tiêu thụ nhiên liệu thông qua giải pháp giảm khối lượng xe, trong đó nhấn mạnh việc chọn lựa và ứng dụng vật liệu nhẹ trên thân vỏ ô tô.

Như vậy, tính mới của luận án không chỉ thể hiện ở nội dung nghiên cứu mà còn ở cách tiếp cận kết hợp giữa mô hình lý thuyết, mô phỏng số và thực nghiệm, phù hợp với điều kiện khai thác ô tô ở Việt Nam.

3. Mục tiêu nghiên cứu của luận án, đối tượng, phạm vi nghiên cứu

a) Mục tiêu của đề tài luận án:

Luận án nhằm xác định, phân tích và đánh giá định lượng ảnh hưởng của khối lượng ô tô 5 chỗ đến mức tiêu thụ nhiên liệu trong khi vận hành thực tế. Luận án có các mục tiêu sau:

- Làm rõ cơ sở khoa học của ảnh hưởng khối lượng tổng thể đến đặc tính động lực học và mức tiêu thụ nhiên liệu; xây dựng mô hình động lực học chuyển động của ô tô làm nền tảng xác lập quan hệ định lượng giữa khối lượng và tiêu thụ nhiên liệu.

- Xây dựng mô hình mô phỏng mối quan hệ giữa khối lượng ô tô và mức tiêu thụ nhiên liệu trong các chế độ vận hành khác nhau, bảo đảm tính nhất quán với điều kiện làm việc thực tế.

- Đề xuất phương pháp đo mức tiêu thụ nhiên liệu phù hợp với điều kiện khai thác ô tô; thiết kế, chế tạo bộ đo đảm bảo yêu cầu độ chính xác và ổn định.

- Thực hiện nghiên cứu thực nghiệm trên xe ô tô 5 chỗ (Toyota Vios 2009) đo mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô với các khối lượng khác nhau; so sánh, đối chiếu kết quả thực nghiệm với kết quả mô phỏng và tính toán lý thuyết nhằm kiểm chứng độ tin cậy của mô hình và phương pháp đo.

- Đánh giá khả năng áp dụng của kết quả nghiên cứu trong nghiên cứu khoa học, đào tạo kỹ thuật ô tô và hỗ trợ phân tích tiêu thụ nhiên liệu trong thực tiễn.

- Đưa ra các đề xuất nhằm giảm tiêu thụ nhiên liệu, trong đó tập trung vào ứng dụng vật liệu nhẹ composite trong thân vỏ xe

b) Đối tượng nghiên cứu:

Là mối quan hệ giữa khối lượng tổng thể của ô tô 5 chỗ với mức tiêu thụ nhiên liệu thông qua các yếu tố trung gian gồm lực cản chuyển động, công suất động cơ và đặc tính truyền lực.

Đối tượng khảo sát cụ thể là xe Toyota Vios 5 chỗ, được lựa chọn do có đặc tính kỹ thuật phổ biến trong phân khúc xe con tại Việt Nam, thuận lợi cho mô phỏng và thực nghiệm.

c) Phạm vi nghiên cứu: Khảo sát, mô phỏng và thực nghiệm ảnh hưởng của khối lượng tổng thể ô tô con 5 chỗ (Toyota Vios 2009) đến mức tiêu thụ nhiên liệu trong điều kiện hoạt động thực tế ở Việt Nam. Nghiên cứu được thực hiện trên cơ sở mô hình động lực học chuyển động và mô hình mô phỏng tiêu thụ nhiên liệu của ô tô, kết hợp với thực nghiệm đo mức tiêu thụ nhiên liệu nhằm kiểm chứng kết quả mô hình.

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

- Ý nghĩa khoa học: Luận án đã thiết lập được nền tảng khoa học cần thiết cho quá trình tính toán và mô phỏng, phản ánh bản chất mối quan hệ giữa khối lượng xe, các lực cản chuyển động đến mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô, trên cơ sở đó mô phỏng thay thế khối lượng thân vỏ xe thực tế bằng thân vỏ xe sử dụng vật liệu nhẹ. Các kết quả nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thực nghiệm trong luận án đã đóng góp vào việc hoàn thiện cơ sở dữ liệu khoa học phục vụ tính toán, mô phỏng và thực nghiệm xác định mức tiêu thụ nhiên liệu cho các dòng xe tương đương, qua đó góp phần bổ sung cơ sở khoa học làm tiền đề cho các nghiên cứu về sử dụng năng lượng hiệu quả và kiểm soát phát thải trong giao thông vận tải.

- Ý nghĩa thực tiễn: Hỗ trợ các nhà sản xuất trong giai đoạn thiết kế, tính toán và hoàn thiện kết cấu xe tối ưu hơn về khối lượng, đóng góp vào mục tiêu phát triển các phương tiện giao thông nhằm hướng tới phát triển bền vững và giảm các tác động bất lợi đối với môi trường.

Đề tài luận án đáp ứng yêu cầu và định hướng phát triển của lĩnh vực công nghiệp ô tô trong giai đoạn hiện nay khi các hãng sản xuất xe liên tục cải tiến áp dụng vật liệu nhẹ trên xe, áp dụng công nghệ mới nhằm giảm trọng lượng xe mà vẫn đảm bảo tính an toàn, độ bền và hiệu quả khai thác.

Không chỉ có ý nghĩa về mặt kỹ thuật, kết quả nghiên cứu còn góp phần nâng cao sự hiểu biết của người sử dụng về ý nghĩa của việc giảm tải trọng không cần thiết để tiết kiệm nhiên liệu.

5. Nội dung nghiên cứu và bố cục của luận án:

Luận án có 04 chương:

- Chương 1: Tổng quan vấn đề nghiên cứu
- Chương 2: Cơ sở khoa học nghiên cứu
- Chương 3: Phân tích ảnh hưởng của khối lượng đến mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô
- Chương 4: Nghiên cứu thực nghiệm

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Nội dung chương 1 tập trung vào các nghiên cứu liên quan tới:

Mối quan hệ của mức tiêu thụ nhiên liệu với khối lượng xe ô tô, chỉ tiêu đánh giá tính kinh tế nhiên liệu của ô tô, các giải pháp giảm mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô, ...

Tình hình nghiên cứu ở ngoài nước và trong nước về ảnh hưởng của khối lượng xe ô tô đến mức tiêu thụ nhiên liệu, các giải pháp làm giảm mức tiêu thụ nhiên liệu ô tô và các phương pháp đo lường tiêu hao nhiên liệu ô tô.

Từ đó rút ra kết luận như sau:

Chương 1 đã tổng hợp các nghiên cứu tiêu biểu trong và ngoài nước liên quan đến mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô, các yếu tố ảnh hưởng và các phương pháp nghiên cứu đã được sử dụng.

dụng. Qua phân tích cho thấy, mặc dù khối lượng xe được nói đến trong nhiều nghiên cứu, tuy nhiên chủ yếu được xem xét như một tham số phụ trong các bài toán tối ưu tổng thể, chưa có nhiều công trình nghiên cứu cụ thể đánh giá định lượng ảnh hưởng riêng rẽ của khối lượng tổng thể đến mức tiêu thụ nhiên liệu trong các điều kiện vận hành cụ thể.

Phân tích phương pháp đo mức tiêu thụ nhiên liệu trên xe cho thấy có nhiều phương pháp áp dụng như cân khối lượng thùng nhiên liệu trước và sau khi xe chạy, đo trên bệ thử AVL, đo theo chu trình lái, mỗi phương pháp có những ưu nhược điểm khác nhau để làm cơ sở cho chế tạo bộ đo phục vụ cho thí nghiệm của luận án.

Từ việc phân tích thực trạng nghiên cứu, chương 1 đã làm rõ sự cần thiết của việc nghiên cứu mối quan hệ giữa khối lượng xe và mức tiêu thụ nhiên liệu, đồng thời xác định được hướng tiếp cận, mục tiêu và nội dung nghiên cứu của luận án. Kết quả tổng quan này là cơ sở khoa học để triển khai các nghiên cứu lý thuyết, mô phỏng và thực nghiệm trong các chương tiếp theo.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KHOA HỌC NGHIÊN CỨU

Một số nội dung được nghiên cứu và trình bày trong chương 2:

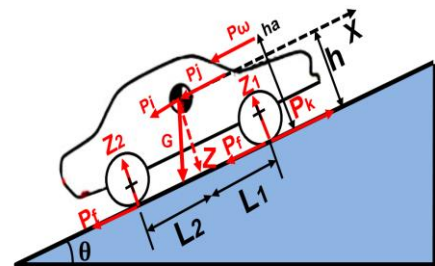
2.1. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CHUYỂN ĐỘNG Ô TÔ

Công suất cần thiết để xe di chuyển chỉ để thắng các lực cản

$$P = \frac{(P_f + P_w \pm P_j \pm P_i) \times v}{\eta} \quad (2.1)$$

Khi xe chuyển động, lực cản lăn liên tục thay đổi trong khoảng từ 10 đến 70 %.

Lực cản lăn bị ảnh hưởng bởi áp suất lốp. Lốp xe tải, lực cản lăn tăng khoảng 5 đến 8% khi áp suất giảm 20% làm giảm 2 đến 3% khả năng tiết kiệm nhiên liệu trên xe tải. Lực cản lăn làm tiêu hao 10-33% năng lượng tại ở bề mặt tương tác giữa lốp với mặt đường tùy thuộc vào cấu trúc lốp và tải trọng trên trục.

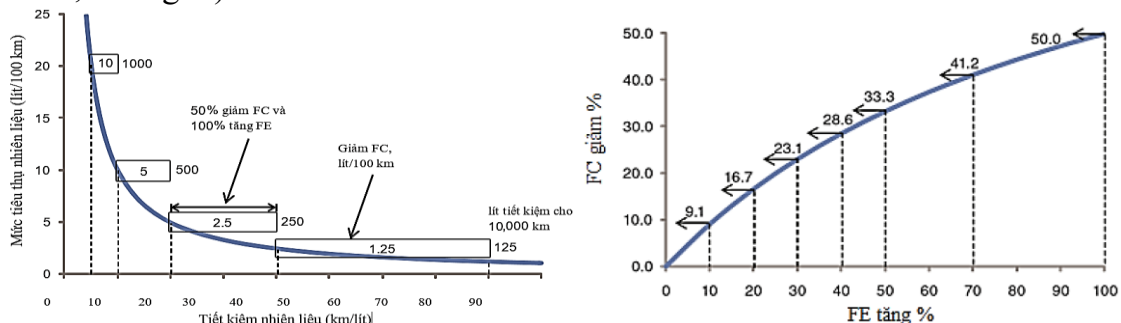


Hình 2.1: Sơ đồ mô hình động lực học dọc ô tô

2.2. MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU VÀ TIẾT KIỆM NHIÊN LIỆU

Mức tiêu thụ nhiên liệu (FC) biểu thị lượng nhiên liệu đã tiêu thụ trên một đơn vị chiều dài xe di chuyển (lít/km, kg/km...).

Mức tiết kiệm nhiên liệu (FE) biểu thị chiều dài xe đã di chuyển trên một đơn vị nhiên liệu (km/lít, km/kg...)



a. Mối quan hệ tỷ lệ giữa FC và FE

b. Mối quan hệ phần trăm giữa FC và FE

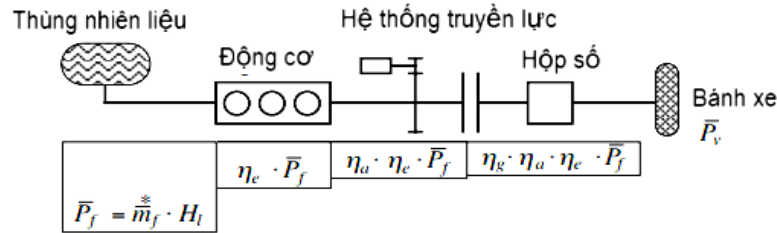
Hình 2.2: Mối quan hệ giữa FC và FE

2.3. CÁC MÔ HÌNH XÁC ĐỊNH MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU TRÊN Ô TÔ

2.3.1. Mô hình điểm hoạt động trung bình của xe

a. Mô Hình hoá:

Khi xe hoạt động trên đường sẽ bao gồm nhiều điểm vận hành động cơ và của xe (gọi chung là điểm hoạt động của xe). Mô hình gộp toàn bộ các điểm hoạt động của xe thành một điểm đại diện duy nhất để tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu FC^(Av)

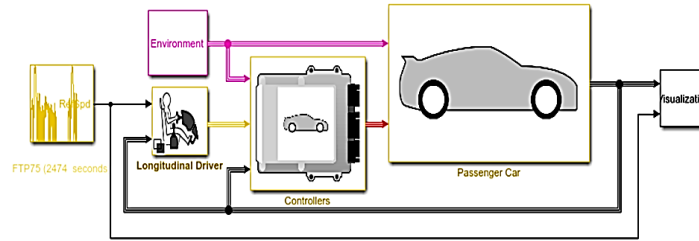


Hình 2.3: Mô hình hóa tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu trên động cơ đốt trong
Phương trình cân bằng công suất:

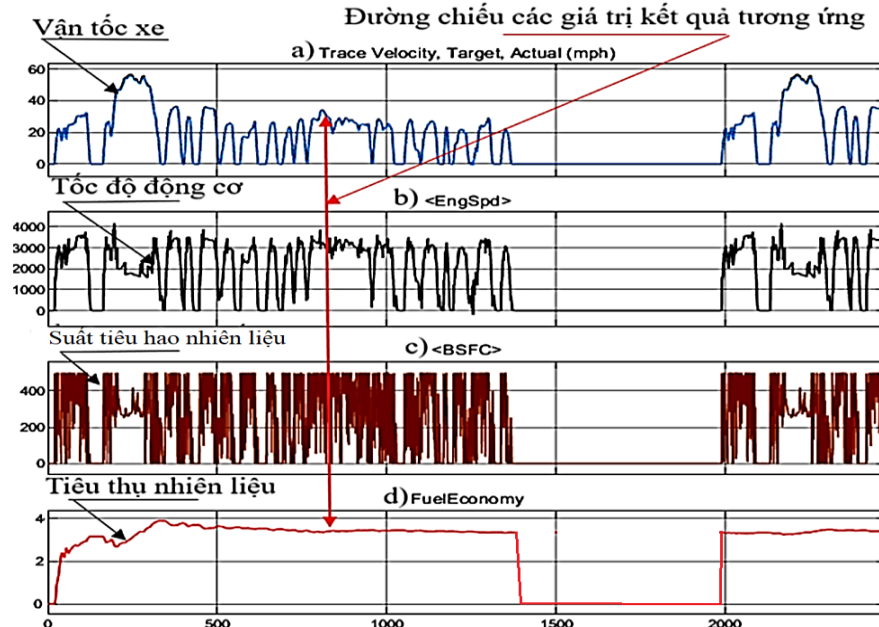
$$\bar{P}_v = \eta_g \cdot \eta_a \cdot \eta_c \cdot \bar{P}_f \quad (2.6)$$

b. Mô phỏng

- + Các giả thiết
- + Xác định nhiệt trị của nhiên liệu
- + Xác định các thông số đầu vào
- + Chạy chương trình mô phỏng



Hình 2.4: Sơ đồ Simulink ứng dụng xác định mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô theo mô hình điểm hoạt động trung bình của xe



Hình 2.5: Đồ thị kết quả mô phỏng xác định mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô theo mô hình điểm hoạt động trung bình của xe

+ **Xác định khả năng ứng dụng**

Trong các tài liệu đã công bố cho thấy phương pháp điểm hoạt động trung bình của xe có thể đưa ra ước tính hợp lý về mức tiêu thụ nhiên liệu của xe có hệ thống truyền lực đơn giản nhưng không phù hợp với các vấn đề cần phải được tối ưu hóa cấu trúc trên xe nên nó không cung cấp tùy chọn các chiến lược quản lý năng lượng trên xe.

2.3.2 Mô hình động lực học dyn(FC)

Xây dựng phương trình dyn(FC) có dạng như phương trình:

$$M_1 \frac{dv}{dt} = \left(\frac{\eta \times i_t}{r_{bx}} T_e \right) - (M_1 g \times \cos \alpha \times (r_o + r_1)) - \left(\frac{1}{2} \rho A_f C_d \times v^2 \right) - (M_1 g \times \sin(\alpha)) - P_p \quad (2.7)$$

Triển khai thành phương trình

$$M_1 \left(\frac{dv}{dt} + g \cos \alpha (r_o + r_1) + g \sin(\alpha) \right) = \left(\frac{\eta \times i_t}{r_{bx}} T_e \right) - \left(\frac{1}{2} \rho A_f C_d \times v^2 \right) - P_p \quad (2.8)$$

Có thể viết phương trình (2.8) dưới dạng (2.9)

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{C_1(\gamma)} (C_2(\gamma) T_e - C_3 v - C_4(\alpha) - P_p) \quad (2.9)$$

$$\text{Với: } C_1(\gamma) = \frac{1}{M_1}; C_2(i_t) = \frac{\eta \times i_t}{r_{bx}}; C_3 = \frac{1}{2} \rho A_f C_d; C_4(\alpha) = M_1 g (\cos(\alpha) \times (r_o) + \sin(\alpha))$$

Tại một thời điểm xác định, mức tiêu thụ nhiên liệu $FC^{(dyn_point)}$ của xe liên quan đến tải trọng, mô men xoắn của động cơ, vận tốc xe chạy, được tính theo phương trình:

$$FC^{(dyn_point)} = C_5 T_e(t) v(t) - C_6 v(t)^2 + C_7 v(t) + C_8 \quad (2.10)$$

$$\text{Với: } C_5 = \frac{i_t}{\eta_e \times H_L \times r_{bx}}; C_6 = \frac{P_{loss} \times V_{dc}}{\eta_e \times H_L \times 4\pi} \left(\frac{i_t}{r_{bx}} \right)^2; C_7 = \frac{P_{loss} \times V_{dc}}{\eta_e \times H_L \times 4\pi} \left(\frac{i_t}{r_{bx}} \right); C_8 = C_{kt}(S)$$

Theo thời gian thực từ điểm $p=1$ đến $p = p-1$, mức tiêu thụ nhiên liệu $FC^{(dyn_total)}$ của xe là tổng của các $FC^{(dyn_point)}$ của xe, phương trình liên quan đến mô-men xoắn đầu ra của động cơ và vận tốc trung bình xe chạy

$$FC^{(dyn_total)} = \sum_{i=0}^{p-1} C_5(g) T_i v_i + C_6(g) v_i^2 + C_7 f(g) v_i + C_8 \quad (2.11)$$

$$\text{Với } T_i = \frac{1}{C_2(g)} \left(C_1(g) \frac{v_{i+1} - v_i}{\tau} + C_3 f(g) v_i + C_4 f(g, \delta) \right)$$

Ứng dụng của mô hình động lực học dyn(FE) được sử dụng khảo sát tổng thể đối với đoàn xe để giải quyết hai mục đích chính:

Kiểm tra mức phát thải của đoàn xe trong khoảng thời gian dài và số km sử dụng lớn.

Đánh giá tính kinh tế nhiên liệu của những đoàn xe trong sử dụng và phản hồi kết quả đến nhà sản xuất thay đổi tính năng kỹ thuật của xe hoặc bổ sung thiết kế nhằm có những giá trị mức tiêu thụ nhiên liệu hợp lý.

2.3.3. Mô hình tĩnh học stat(FC)

Mô hình tĩnh học tính mức tiêu thụ nhiên liệu theo thông số vận tốc chuyển động của xe, dựa vào mô hình phân tích lực kéo thắng các lực cản để xe chuyển động trên đường.

Mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô $FC^{(stat)}$ được xác định bởi phương trình tổng quát:

$$FC^{(stat)} = \frac{\int g_e P dt}{\int v dt} = \frac{\int g_e \left(\frac{P_k \cdot v}{\eta} \right) dt}{\int v dt} \quad (2.13)$$

Khai triển theo nhiệt năng và công suất động cơ ta nhận được phương trình tính mức tiêu thụ nhiên liệu $F^{(stat)}$

$$FC^{(stat)} = \frac{1}{Q_{nhiệt}} \times \frac{P \cdot t}{\eta_{động cơ}} \quad (2.14)$$

Các lực cản chuyển động ảnh hưởng tới công suất riêng của ô tô. Công suất riêng của ô tô (VSP), là công suất động cơ trên một đơn vị khối lượng của xe:

$$VSP = (P_f + P_w + P_i + P_p) \frac{v}{M} \quad (2.16)$$

Công suất của động cơ và công suất riêng của ô tô có quan hệ thông qua các thông số ảnh hưởng gồm khối lượng xe, vận tốc xe, hiệu suất hệ thống truyền lực và tình trạng các lực cản chuyển động

Ưu điểm:

- Đơn giản, dễ hiểu, dễ triển khai trong điều kiện thực nghiệm
- Dễ thu thập dữ liệu đầu vào: tốc độ, khối lượng, lực cản...
- Phù hợp để đánh giá tác động của cải tiến kỹ thuật (giảm trọng lượng, tối ưu khí động học...)

- Rất thích hợp để thiết kế và thử nghiệm thiết bị đo tiêu thụ nhiên liệu thực tế

Nhược điểm:

- Giới hạn trong việc mô phỏng các tình huống vận hành biến thiên mạnh (phanh, tăng tốc nhanh)
- Không đánh giá tốt theo thời gian thực hoặc mô phỏng đoàn xe phức tạp
- Độ chính xác không cao nếu các yếu tố môi trường, điều kiện vận hành thay đổi lớn
- Không phản ánh độ trễ hay các đặc tính phi tuyến của động cơ một cách đầy đủ.

2.4. XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP GIẢI MÔ HÌNH XÁC ĐỊNH FC VÀ FE**2.4.1. Xác định lượng tiêu thụ nhiên liệu theo phương pháp cân bằng các bon**

Giả thiết rằng động cơ sẽ tạo ra lượng carbon như lượng nhiên liệu tiêu thụ thì lượng nhiên liệu sử dụng có thể xác định bằng lượng carbon thu được trong khí thải động cơ

2.4.2. Tính lượng tiết kiệm nhiên liệu FE theo phương pháp xấp xỉ

$$\text{Mức tiết kiệm nhiên liệu FE được tính bằng phương trình: } FE_{RL} = \frac{N}{\sum_i \frac{N_i}{T_i}} \quad (2.17)$$

FE_{RL} là mức tiết kiệm nhiên liệu yêu cầu, N là tổng hành khách thiết kế trên xe; N_i là số hành khách thực trên xe; T_i là mức tiết kiệm nhiên liệu mục tiêu tính theo số hành khách thực trên xe.

Có nhiều phần mềm tính theo phương pháp xấp xỉ, trong đó có phần mềm CAFE đã được xây dựng thành tiêu chuẩn.

2.4.3. Phương pháp tính online

Khi cần tính mức tiêu thụ nhiên liệu với mục tiêu cụ thể chẳng hạn so sánh với thiết bị đo lường trên xe sẽ có một số công cụ tính online trên trang web, kết quả có thể sử dụng tham khảo như “Calculate Consumption”

2.4.4. Phương pháp tính đại số

Khi cần thiết tính trực tiếp sẽ sử dụng tính toán đại số, mức tiêu thụ nhiên liệu sẽ tính trong trường hợp tổng quát: $q_d = \frac{0,36 \times g_e (P_f \pm P_i + P_w \pm P_j)}{\rho_n \times \eta_t} ; \frac{l}{100km} \cdot q_d = \frac{g_e \times N_e}{\rho_n} ; \frac{l}{h}$

$$q_d = \frac{0,36 \times g_e}{\rho_n \times \eta_t} (f \cdot G \cdot \cos \alpha \pm G \cdot \sin \alpha + W \cdot v^2 \pm \frac{G}{g} \cdot \delta_i \cdot j) \quad (2.19)$$

2.4.5. Phương pháp mô phỏng số

Mô phỏng mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô có một số phần mềm mô phỏng số được sử dụng phổ biến như:

- Phần mềm AVL Cruise chuyên dùng trong mô phỏng tiêu thụ nhiên liệu ô tô, thường dùng trong phòng thí nghiệm.
- Phần mềm GT-SUITE mô phỏng hệ thống động lực học của xe.
- Ngôn ngữ lập trình Python, sử dụng hai thư viện NumPy thực hiện các phép tính toán số học và Matplotlib vẽ đồ thị.
- Phần mềm MATLAB/Simulink được sử dụng trong nhiều lĩnh vực, trong đó có học tập, nghiên cứu phát triển và ứng dụng trong thực tiễn. Khi xây dựng thuật toán trên nền tảng của Matlab/Simulink để giải sẽ có nhiều thuận lợi

2.5. LỰA CHỌN MÔ HÌNH MÔ PHỎNG

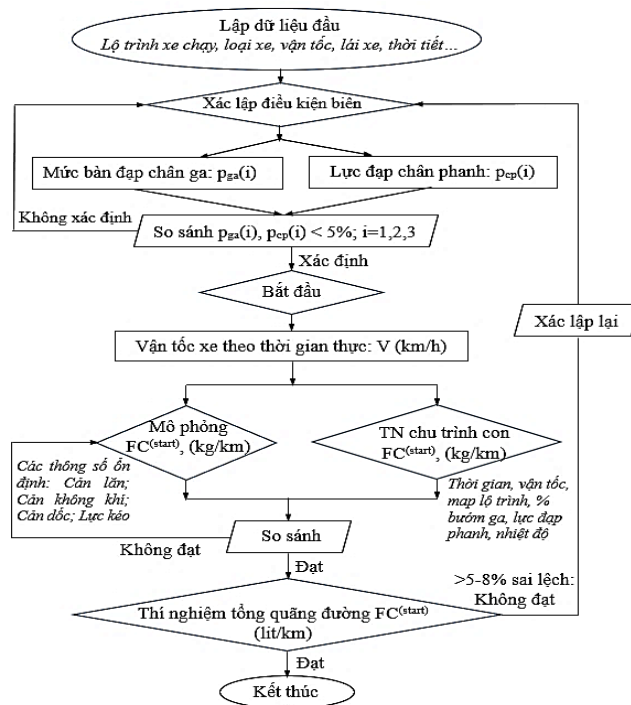
Mô hình tĩnh học stat(FC) được xây dựng dựa trên các phương trình cơ học cơ bản, mô tả mối quan hệ giữa vận tốc, lực cản và hiệu suất hệ thống truyền lực. Mô hình có ưu điểm

đơn giản, dễ xây dựng và triển khai, với các thông số đầu vào như khối lượng xe, vận tốc và hệ số lực cản để đo đặc trực tiếp mà không cần phần mềm mô phỏng phức tạp. Mô hình có tính linh hoạt cao, có thể áp dụng cho nhiều loại phương tiện và điều kiện vận hành khác nhau, hỗ trợ đánh giá hiệu quả các giải pháp kỹ thuật như giảm khối lượng, tối ưu khí động học, nâng cao hiệu suất động cơ và hộp số. Ngoài ra, mô hình có tính trực quan, khả năng giải thích tốt, chi phí thấp và phù hợp triển khai tại các cơ sở nghiên cứu, đào tạo. Việc kết hợp với đề tài “Thiết kế, chế tạo thiết bị đo mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô” đã góp phần tăng độ tin cậy và tính ứng dụng của mô hình trong thực tế

2.6. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN STAT(FC) VÀ PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG SIMULINK

2.6.1. Sơ đồ thuật toán

Sơ đồ thuật toán stat(FC) theo mô hình tĩnh học và lập trình trong Matlab/Simulink xác định mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô được trình bày trên hình.



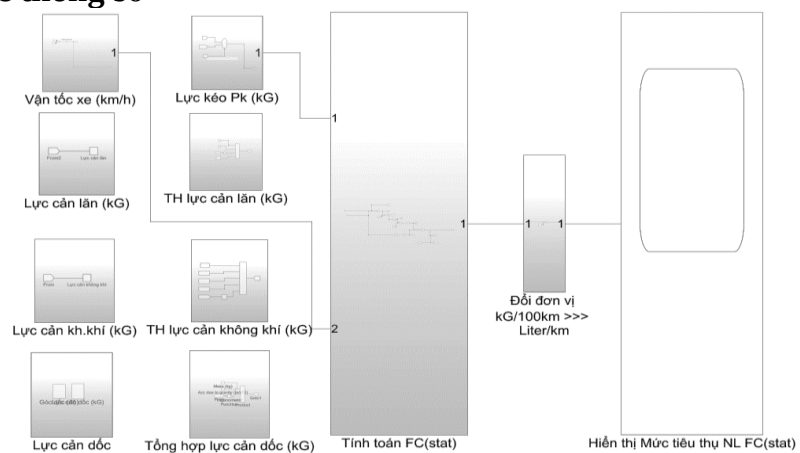
Hình 2.6: Sơ đồ thuật toán stat(FC) theo mô hình tĩnh học

Nội dung và trình tự thực hiện thuật toán:

- Bước 1: Lập dữ liệu ban đầu..
- Bước 2: Thiết lập chuẩn bị các dữ liệu.
- Bước 3: Thực hiện mô phỏng và thu nhận kết quả.

2.6.2. Mô phỏng xác định các thông số

Các biến trạng thái và biến điều khiển của thuật toán được biểu diễn trong môi trường Matlab/Simulink, hình 2.7.



Hình 2.7: Các biến thông số thuộc không gian thực R biểu diễn trong Matlab Simulink

KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Chương 2 đã xây dựng cơ sở lý thuyết và mô hình động lực học của ô tô phục vụ nghiên cứu mức tiêu thụ nhiên liệu. Trên cơ sở phân tích các lực tác dụng lên ô tô trong quá trình vận hành, chương đã làm rõ vai trò của khối lượng đối với các lực cản chuyển động và công suất của xe.

Từ mô hình động lực học, các quan hệ toán học giữa khối lượng, công suất và mức tiêu thụ nhiên liệu đã được thiết lập, mô tả đúng đặc trưng vật lý cốt lõi của quá trình chuyển động. Các kết quả này là cơ sở khoa học trực tiếp cho việc xây dựng thuật toán tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu và mô hình mô phỏng trên Matlab/Simulink ở các chương tiếp theo.

Điểm khác biệt của Chương 2 là các quan hệ lý thuyết được tổ chức theo định hướng phục vụ trực tiếp cho thiết kế thuật toán và mô phỏng, tạo nền tảng cho nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của khối lượng ô tô đến mức tiêu thụ nhiên liệu.

CHƯƠNG 3: MÔ PHỎNG ẢNH HƯỞNG CỦA KHỐI LƯỢNG ĐẾN MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU TRÊN Ô TÔ

3.1. NHỮNG GIẢ THIẾT CHÍNH

- Xe khảo sát là xe con 5 chỗ;
- Động cơ trên xe khảo sát là động cơ xăng (đánh lửa cưỡng bức - SI);
- Loại nhiên liệu xăng;
- Năng lượng nhiên liệu được sử dụng để khắc phục hoàn toàn các lực cản.

3.2. XÁC ĐỊNH CÁC DỮ LIỆU TRONG KHÔNG GIAN N CHIỀU

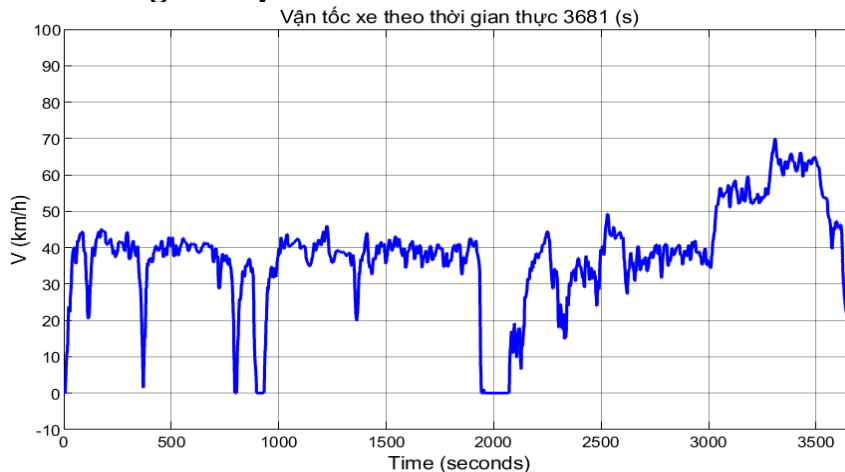
3.2.1. Thu thập dữ liệu theo thời gian thực

Sử dụng lập trình theo phép đo thực tế để chuẩn đầu đo của quá trình thu thập dữ liệu ban đầu trong thuật toán và ghi dữ liệu dạng bảng Excel.xlsx

24/01/2026 20:57:20			Monitoring and Report		Bảng Dữ Liệu		
COM			Chọn cổng kết nối	Kết nối	Ngắt kết nối		
Dữ Liệu Hiện Tại			Thời gian	Vận tốc (km/h)	Áp lực (kg)	Khối lượng (kg)	Bướm ga (%)
			2024-04-07 05:37:25.016	5.9	0	11.668	16
Vận tốc	Khối lượng	Áp lực	2024-04-07 05:37:25.887	5.9	0	11.668	16
000.0 km/h	00.000 kg	00.000 kg	2024-04-07 05:37:25.940	8.2	0	11.505	12
			2024-04-07 05:37:26.803	8.2	0	11.505	12
Bướm ga			2024-04-07 05:37:26.866	10	0	11.319	16
000 %			2024-04-07 05:37:27.720	10	0	11.319	16

Hình 3.1: Dạng bảng kết quả File dữ liệu theo thời gian thực

3.2.2. Vận tốc xe theo thời gian thực



Hình 3.2: Đồ thị vận tốc xe chạy theo thời gian thực

3.2.3. Kiểm soát điều kiện dữ liệu ổn định

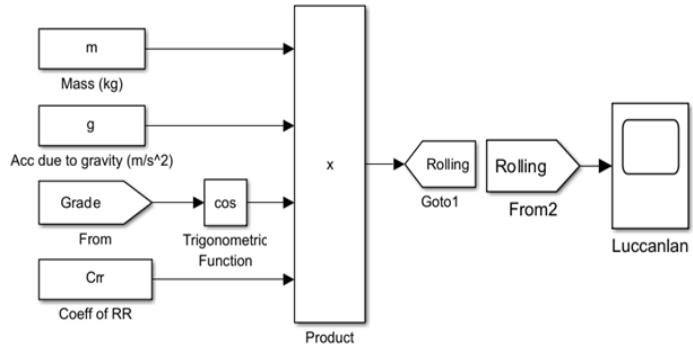
- Số lần đạp phanh và phần trăm độ bàn đạp chân ga sẽ được lựa chọn làm số liệu đánh giá kỹ năng người lái xe.

3.3. XÁC ĐỊNH CÁC DỮ LIỆU TRONG KHÔNG GIAN M CHIỀU

3.3.1. Dữ liệu lực cản lăn trên đường

Lực cản lăn được xác định theo phương trình: $P_r = C_{rr} \cdot m_i \cdot g$ (3.3)

Sử dụng các khối trong Simulink để xác định lực cản lăn, hình 3.3.



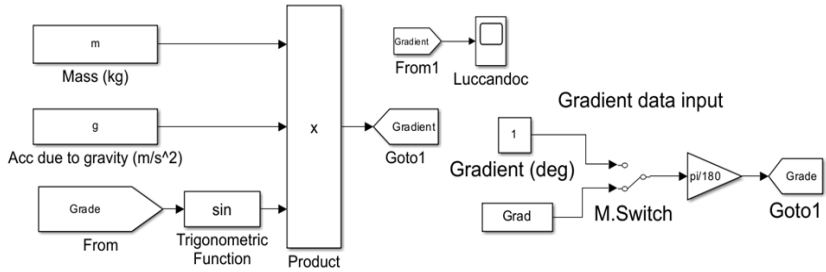
Hình 3.3: Sơ đồ khối Simulink xác định lực cản lăn

3.3.2. Dữ liệu lực cản dốc

Lực cản dốc được xác định theo phương trình:

$$P_i = m_i \times g \times \sin(\alpha) \quad (3.4)$$

Sử dụng các khối trong Simulink để xác định lực cản dốc, hình 3.4.



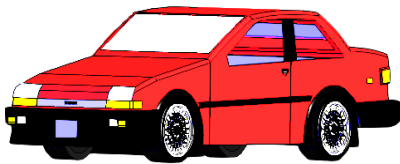
Hình 3.4: Sơ đồ khối Simulink xác định lực cản dốc

3.3.3. Dữ liệu lực cản khí động học

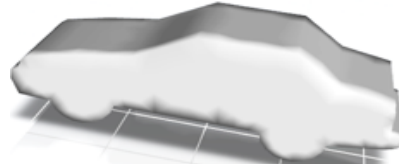
Lực cản khí động học được xác định theo phương trình:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A_f C_d \times v^2 \quad (3.6)$$

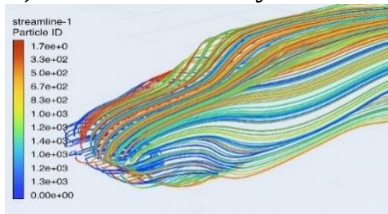
Phân tích CFD trong phần mềm Ansys Workbench nhận được thông số hệ số cản khí động học của xe khảo sát Toyota Vios 2009.



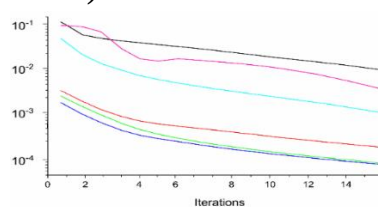
a) Xe khảo sát Toyota Vios



b) Mô hình hóa xe

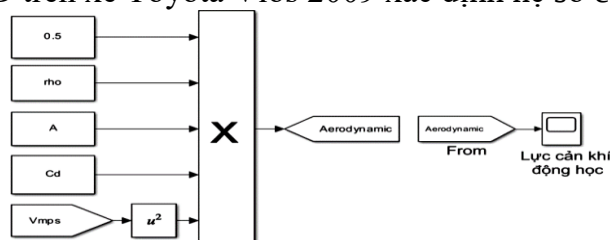


c) Phân tích CFD



d) Kết quả khảo sát $A_f C_d$

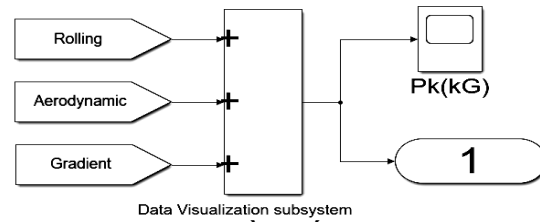
Hình 3.5: Phân tích CFD trên xe Toyota Vios 2009 xác định hệ số cản khí động học



Hình 3.6: Sơ đồ khối Simulink xác định lực cản khí động học

3.3.4. Dữ liệu lực kéo tổng cộng

Từ phương trình cân bằng lực kéo trên ô tô, theo giả thiết trong khảo sát xe chạy ổn định, không có gia tốc, lực kéo tổng cộng bằng tổng các lực cản chuyển động: lực cản lăn, cản dốc và cản không khí. Sử dụng các khối trong Simulink để xác định lực kéo P_k , hình 3.7.



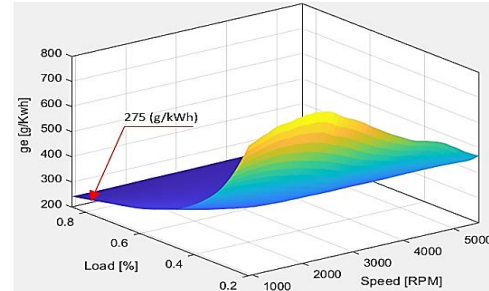
Hình 3.7: Sơ đồ khối Simulink xác định lực kéo tổng cộng

3.3.5. Dữ liệu suất tiêu hao nhiên liệu có ích

Suất tiêu hao nhiên liệu riêng g_e được tính ở 85% công suất cực đại của động cơ ($N_e = 85\% N_{e_{max}}$) tính bởi phương trình :

$$g_e = \frac{m_f}{P_e} \left(\frac{kg}{kW.h} \right) \quad (3.7)$$

Ứng dụng Matlab/Simulink cho các thông số của động cơ xe Toyota Vios 2009 để chạy chương trình malab.m nhận được kết quả đồ thị suất tiêu hao nhiên liệu riêng có ích g_e (kg/kWh) như hình 3.8.



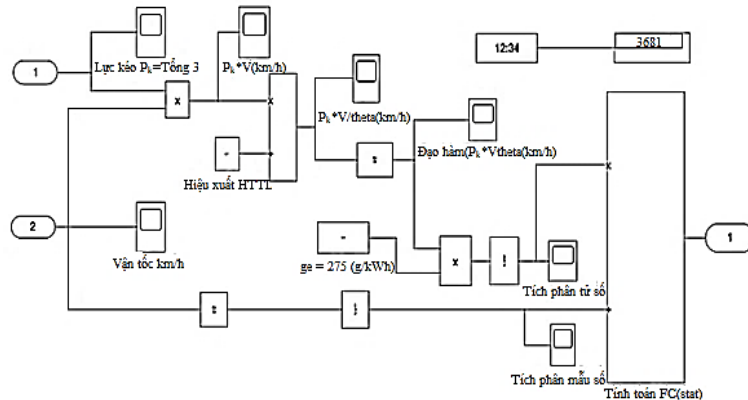
Hình 3.8: Kết quả mô phỏng Matlab suất tiêu hao nhiên liệu riêng có ích g_e

3.3.6. Dữ liệu hiệu suất hệ thống truyền lực

Trên xe hệ thống truyền lực cơ khí nên hiệu suất trung bình thường $0,7 \div 0,8$. Trong mô phỏng có thể lấy giá trị trung bình hiệu suất bằng 0,75.

3.4. SƠ ĐỒ MATLAB SIMULINK MÔ PHỎNG TÍNH TOÁN MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU

Mức tiêu thụ nhiên liệu trong một chu trình xe chạy trong mô phỏng lấy theo thời gian thực bằng 3681 (s) như sơ đồ hình 3.9.



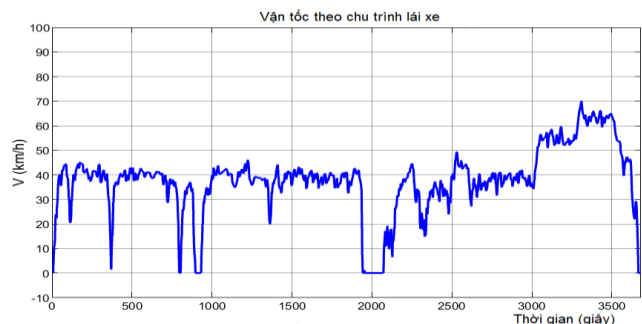
Hình 3.9: Sơ đồ khối Simulink tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu của lộ trình xe chạy

3.5. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

3.5.1. Chu trình lái xe

Trong chu trình lái xe:

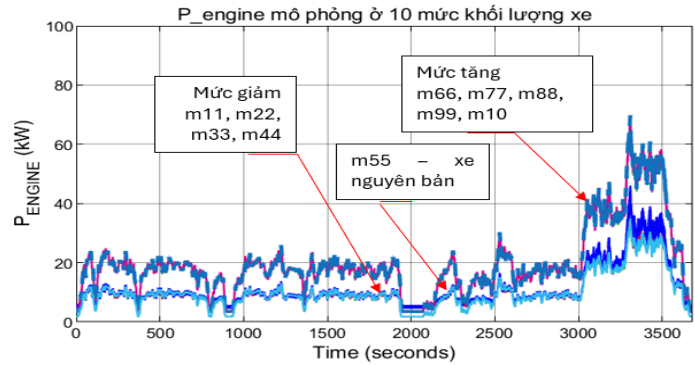
- Thời gian mô phỏng bằng đúng thời gian thực xe chạy, bằng 3681 (s).
- Người lái xe có kỹ năng tốt đảm bảo giảm tốc và tăng tốc đúng thời điểm của chu trình.
- Vận tốc xe chạy trong mô phỏng được lấy từ vận tốc xe chạy theo thời gian thực nên kết quả mô phỏng vận tốc, hình 3.12.



Hình 3.12: Đồ thị chu trình lái xe từ giây thứ 3590 đến 3641

3.5.2. Công suất tiêu thụ của động cơ

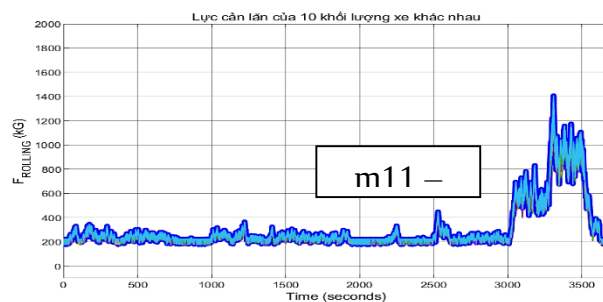
Khối lượng xe được xác định bởi các thành phần: Khối lượng không tải 940 kg; Dung tích thùng nhiên liệu 45 lít x $1/3 = 15$ lít x 0,7 = 11 kg; 2 bình cứu hoả = 18kg; Lái xe = 75 kg; Kỹ thuật viên = 74 kg; Phụ kiện theo xe = 22kg; Cân + giá cân + nhiên liệu trong bình chứa = 30 kg. Tổng cộng khối lượng xe đầy tải 1170 kg.



Hình 3.13: Đồ thị công suất tiêu thụ của động cơ ở các khối lượng xe khác nhau

3.5.3. Lực cản lăn

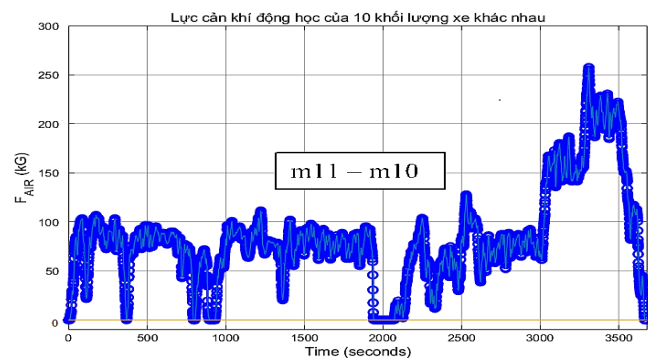
Khảo sát lực cản lăn trong quá trình xe chạy cũng nhận được kết quả sự thay đổi giá trị theo thời gian thực, hình 3.14.



Hình 3.14: Đồ thị lực cản lăn

3.5.4. Lực cản khí động học

Do hình dáng xe không thay đổi trong tất cả các trường hợp thay đổi khối lượng nên không có sự thay đổi biên độ theo thời gian thực, hình 3.15.



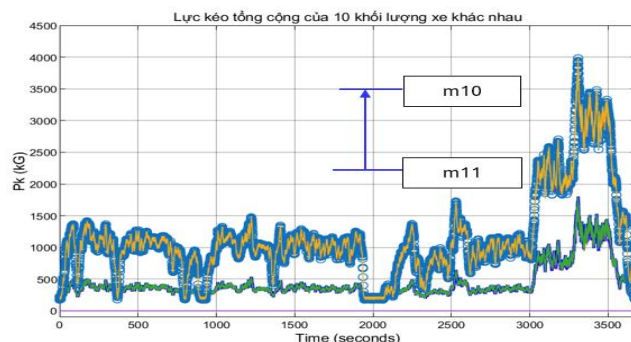
Hình 3.15: Đồ thị lực cản khí động học

3.5.5. Lực cản dốc

Trên đường thí nghiệm có độ dốc nhỏ và số lượng dốc ít nên có thể bỏ qua lực cản dốc và được sử dụng làm giả thiết trong mô phỏng.

3.5.6. Lực kéo tổng cộng

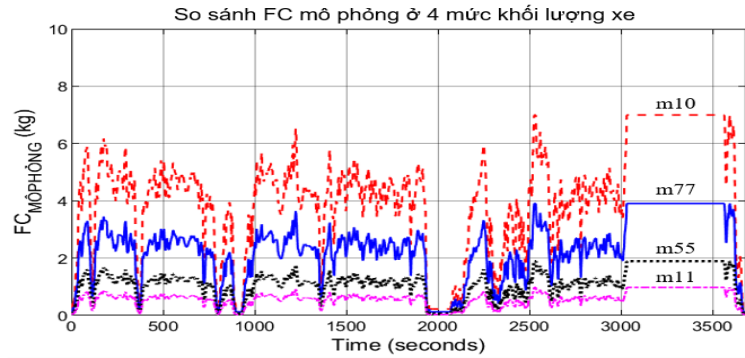
Khảo sát lực kéo tổng cộng cho thấy rõ sự phụ thuộc vào các lực cản cũng như khối lượng xe khác nhau, hình 3.16.



Hình 3.16: Đồ thị lực kéo tổng cộng

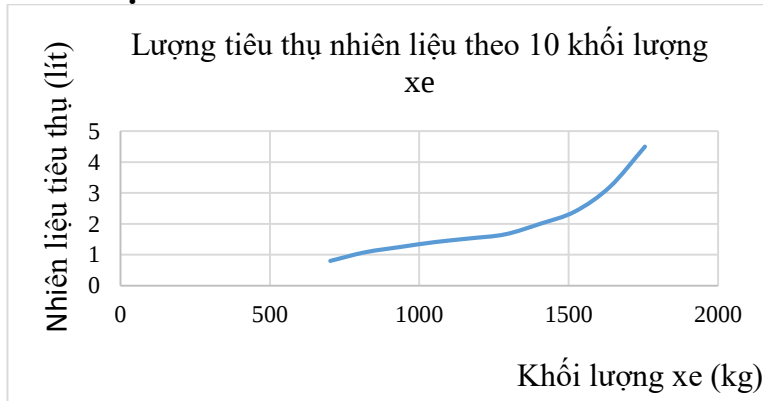
3.5.7. Mức tiêu thụ nhiên liệu

Khảo sát sự thay đổi giá trị của các lực kéo tổng cộng và mức tiêu thụ nhiên liệu tương ứng sẽ cho thấy rõ sự phụ thuộc vào khối lượng xe khác nhau, hình 3.17.



Hình 3.17: Đồ thị mức tiêu thụ nhiên liệu

3.5.8. Nhận xét

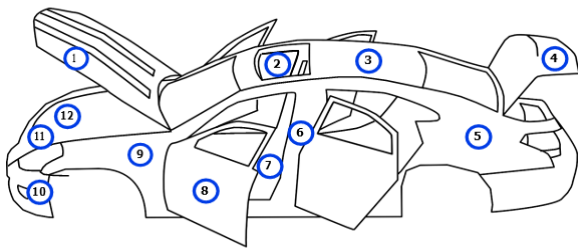


Hình 3.18: Đồ thị thể hiện lượng tiêu thụ nhiên liệu theo 10 khối lượng xe

Dựa vào đồ thị hình 3.18, xử lý bằng phương pháp hồi quy đa thức bậc hai theo bình phương tối thiểu nhằm xác định hàm thực nghiệm biểu diễn mối quan hệ giữa khối lượng xe và lượng tiêu thụ nhiên liệu, thu được phương trình mô tả tiêu thụ nhiên liệu theo khối lượng: $FC = 3,8 \times 10^{-6}m^2 - 0,00644m + 3,7336$ (lít), có hệ số xác định $R^2 \approx 0,954$.

3.6. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GIẢM MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU BẰNG LỰA CHỌN VẬT LIỆU NHẸ SỬ DỤNG TRÊN THÂN VỎ

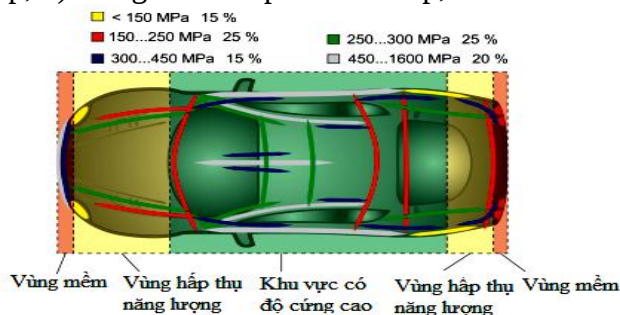
3.6.1. Sơ đồ phân bố các loại vật liệu trên khung vỏ xe



Hình 3.19: Sơ đồ phân bố cấu trúc vật liệu trên thân vỏ xe con

- 1) Nắp capo: Nhôm; 2) Cửa sổ trời: Polycarbonate; 3) Trần xe: Thép carbon thấp; 4) Cốp trên: Thép carbon thấp; 5) Hông sau: Thép carbon thấp;

- 6) A Pillar: Thép dập nóng 1000-1500 Mpa; 7) Sàn xe: Thép carbon thấp; 8) Cửa ngoài: Thép tô, Cửa trong: thép carbon thấp; 9) Fender: thép carbon trung bình hoặc thép tô; 10) Cản trước: Plastic; 11) Ga lăng mặt trước thân xe: thép 980-1200 MPa hoặc nhôm; 12) Khoang động cơ: thép hợp kim tấm có độ bền cao; 13) Thành khoang động cơ: Thép hợp kim tấm có độ bền cao/thép cường lực.



Hình 3.20: Sơ đồ phân bố yêu cầu sử dụng vật liệu theo độ cứng

- Phân tích sự phân bố vật liệu theo cấu trúc độ cứng, ở những vị trí cần có độ cứng cao thường sử dụng thép, các xe đời mới sử dụng thép siêu bền. Các vật liệu chính trên thân vỏ ô tô là thép, nhôm, magiê, đồng, titanium, nhựa và sợi carbon, hình 3.20.

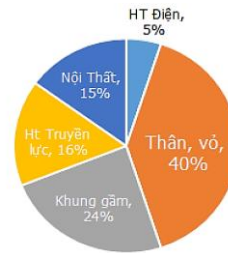
3.6.2. Khả năng sử dụng vật liệu nhẹ trên khung vỏ xe

Có nhiều loại vật liệu nhẹ được sử dụng trên khung vỏ xe, một số loại chính gồm:

- Vật liệu composite có trọng lượng nhẹ, độ cứng tốt và ít bị ăn mòn.
- Nhựa polycarbonate (PC) được sử dụng để chế tạo tấm cản, ...
- Polyamide sản xuất các bộ phận nằm dưới nắp ca-bô khoang động cơ.
- Nhựa Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) chế tạo các bộ phận trên thân vỏ xe, bảng điều khiển.
- Hộp kim nhựa nhiệt dẻo PC + acrylonitrile / butadien / styren + polyamit (ABS + PA) sử dụng để sản xuất các bộ phận trang trí bên trong và bên ngoài
- Nhựa Polyvinyl Clorua (PVC) sử dụng để sản xuất lớp bảo vệ cho sàn dưới cùng của ô tô, làm lớp lót bên trong và lớp phủ của dây cáp điện trong xe.
- Nhựa Polypropylene (PP) sử dụng chế tạo cản ô tô, vỏ hộp ắc quy, thùng xăng, thảm để chân.
- Nhựa Polyurethanes (PUR) sử dụng chế tạo đệm ghế ngồi dạng bọt xốp linh hoạt, tấm cách nhiệt bằng bọt, lớp đàn hồi, đệm của hệ thống treo ô tô,...
- Nhựa polimer thủy tinh Polystyrene (PS) chế tạo vỏ thiết bị, nút bấm.
- Nhựa polymer POM chế tạo các chi tiết nội thất và ngoại thất, ...
- Nhựa nhiệt PMMA (Acrylic) ứng dụng chế tạo cửa sổ, màn hình.
- Polybutylene terephthalate chế tạo vỏ và viền đèn sương mù, ...
- Polyethylene terephthalate chế tạo tay gạt nước và vỏ hộp số, ...

3.6.3. Tỷ lệ phân bố khối lượng trên xe

Khung vỏ xe có khả năng thay đổi vật liệu dễ nhất cho các nhà thiết kế, chế tạo và khai thác sử dụng.



Hình 3.22: Sơ đồ phân bố khối lượng trên xe con

3.6.4. Tiêu chí lựa chọn vật liệu nhẹ và cơ sở thay đổi khối lượng

Sử dụng vật liệu Composite trên khung vỏ xe có tỷ trọng 1600 kg/m^3 cho thấy tỷ số chênh lệch khối lượng với thép tấm là $7890/1600 = 4,93$.

Theo sơ đồ tỷ lệ phân bố khối lượng khung vỏ khoảng 40 % trên toàn xe, mô hình mô phỏng sẽ có khối lượng theo bảng 3.9.

Bảng 3.9: Phân tích khối lượng xe mô phỏng

	Khối lượng toàn xe đầy tải (kg)	Khối lượng khung vỏ ~40 % (kg)	Khối lượng các cụm khác (kg)
Thân xe thép nguyên thủy	1170	470	700
Thân xe Composite CFRP-Epoxy	795	95	700

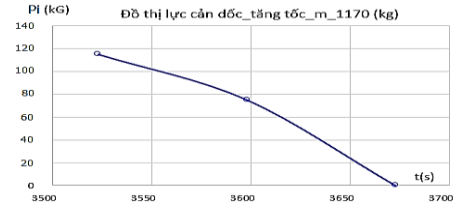
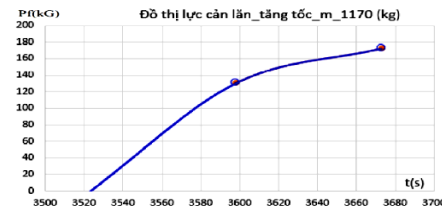
3.6.5. Các lực cản chuyển động trong sử dụng vật liệu composite trên khung vỏ

3.6.5.1. Trong cả thời gian chu trình

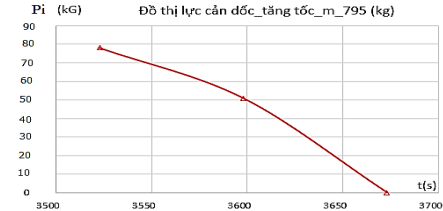
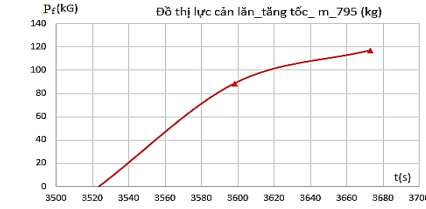
Lực cản lăn trên xe có khung vỏ sử dụng vật liệu nhẹ Composite CFRP-Epoxy giảm được 55,25 (kG), tương ứng với tỷ lệ giảm 32 (%) so với xe nguyên bản có khung vỏ thép. Lực cản dốc trên xe có khung vỏ sử dụng vật liệu nhẹ Composite CFRP-Epoxy giảm được 39,1 (kG), cũng tương ứng với tỷ lệ giảm 32 (%) so với xe nguyên bản có khung vỏ thép. Lực cản khí động học trên cả xe có khung vỏ sử dụng vật liệu nhẹ Composite CFRP-Epoxy và xe nguyên bản có khung vỏ thép là như nhau do không thay đổi hình dáng kết cấu khí động học của xe.

3.6.5.2. Trong thời gian tăng tốc

Trên xe khung
vỏ thép.



Trên xe khung
vỏ Composite
CFRP-Epoxy.



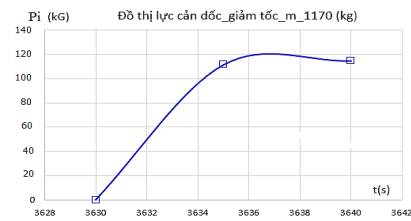
Giảm 32,05 (%) so với xe có
khung vỏ thép

Giảm 32,1 (%) so với xe có khung
vỏ thép

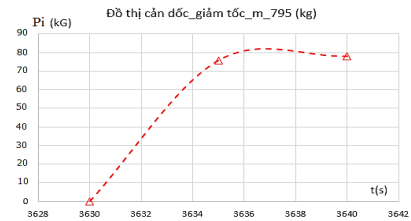
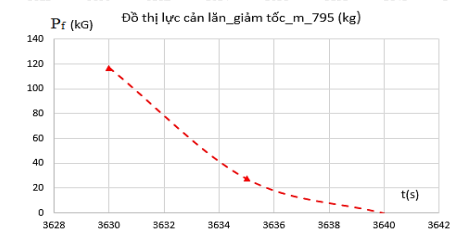
Hình 3.24: Đồ thị lực cản lăn, cản dốc trong thời gian tăng tốc

3.6.5.3. Trong thời gian giảm tốc

Trên xe khung
vỏ thép.



Trên xe khung
vỏ Composite
CFRP-Epoxy.



Giảm 32,05 (%) so với xe có
khung vỏ thép

Giảm 32,05 (%) so với xe có
khung vỏ thép

Hình 3.25: Đồ thị lực cản lăn, cản dốc trong thời gian giảm tốc

3.7. ĐÁNH GIÁ TÍNH KINH TẾ CỦA XE SỬ DỤNG VẬT LIỆU NHẸ

Tính kinh tế của xe theo mức tiêu thụ nhiên liệu YFS (Lit) được xác định theo phương trình:

$$YFS = \frac{L \times (FC1 - FC2)}{100} \quad (3.8)$$

Giả thiết rằng số km xe chạy mỗi năm là 100.000 km:

Bảng 3.10: Đánh giá tính kinh tế sử dụng nhiên liệu của xe

a) Theo chiều giảm khối lượng.					
Ký hiệu	m11	m22	m33	m44	m55
Khối lượng (kg)	702	819	936	1053	1170
FC(lít/100km)	2,31	3,11	3,60	4,06	4,41
YFS (L)	2105	1298	808	347	0
SM (đồng VN)	42.100.000	25.960.000	16.160.000	6.940.000	-
b) Theo chiều tăng khối lượng.					
Ký hiệu	m66	m77	m88	m99	m10
Khối lượng (kg)	1287	1404	1521	1638	1755

FC(lít/100km)	4,78	5,76	6,92	9,22	12,97
YFS (L)	-374	-1354	-2506	-4812	-8558
SM (đồng VN)	-7.480.000	-27.080.000	-50.120.000	-96.240.000	-171.160.000

KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Chương 3 đã triển khai mô hình động lực học của ô tô được xây dựng ở chương 2 vào môi trường mô phỏng nhằm phân tích ảnh hưởng của khối lượng tổng thể đến mức tiêu thụ nhiên liệu. Trên cơ sở các điều kiện vận hành và thông số đầu vào đã lựa chọn, chương đã thực hiện các tính toán và mô phỏng để xác định sự biến thiên của mức tiêu thụ nhiên liệu theo khối lượng xe.

Kết quả xử lý số liệu mô phỏng cho phép xây dựng được phương trình thực nghiệm biểu diễn mối quan hệ giữa mức tiêu thụ nhiên liệu FC và khối lượng tổng thể của xe, có dạng: $FC = 3,8 \times 10^{-6}m^2 - 0,00644m + 3,734$ (lít), trong đó m là khối lượng tổng thể của xe.

Phương trình trên phản ánh định lượng sự biến thiên của mức tiêu thụ nhiên liệu theo khối lượng xe trong phạm vi nghiên cứu, cho thấy khi khối lượng xe tăng thì mức tiêu thụ nhiên liệu tăng theo quy luật phi tuyến. Đây là kết quả quan trọng của chương 3, cho phép đánh giá trực tiếp mức độ ảnh hưởng của khối lượng đến tiêu thụ nhiên liệu thông qua một biểu thức toán học cụ thể.

Trên cơ sở mối quan hệ đã xác lập giữa khối lượng xe và mức tiêu thụ nhiên liệu, chương 3 đồng thời đề xuất giảm khối lượng bản thân của xe thông qua việc dùng các vật liệu nhẹ nhằm góp phần giảm mức tiêu thụ nhiên liệu. Việc đề xuất sử dụng vật liệu nhẹ được xem là một giải pháp kỹ thuật khả thi, xuất phát trực tiếp từ kết quả mô phỏng và phương trình FC đã xây dựng, tạo cơ sở khoa học cho các nghiên cứu và ứng dụng tiếp theo trong thiết kế, cải tiến kết cấu ô tô theo hướng tiết kiệm nhiên liệu.

CHƯƠNG 4: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

4.1. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU TRÊN Ô TÔ.

4.1.1. Thí nghiệm đo trên bộ thử

- Bộ thử động cơ.
- Bộ thử khung gầm.

4.1.2. Đo trực tiếp trên xe đang chạy trên đường

Sử dụng bình nhiên liệu tháo rời, được cân sau mỗi lần chạy thử để xác định lượng nhiên liệu tiêu thụ, hình 4.1.

Ưu điểm của phương pháp này là phù hợp quy định về môi trường đối với xe, chi phí cho quá trình đo phù hợp hơn.



Hình 4.1: Cách đo nhiên liệu xe chạy trên đường theo tiêu chuẩn SAE J1321

4.2. MỤC TIÊU, PHƯƠNG PHÁP, ĐỐI TƯỢNG THÍ NGHIỆM

4.2.1. Mục tiêu thí nghiệm

Thí nghiệm nhằm đạt những mục tiêu chính:

- Xây dựng bộ dữ liệu thực nghiệm phục vụ mô hình hóa và phân tích.
- Đo đạc và đánh giá mức tiêu thụ nhiên liệu thực tế của xe Toyota Vios 2009.

- So sánh kết quả thực nghiệm với mô hình mô phỏng.

4.2.2. Phương pháp thí nghiệm

Thí nghiệm đo mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô theo phương pháp đo đặc trực tiếp kết hợp với khảo sát, tính toán nhằm xác định 5 thông số

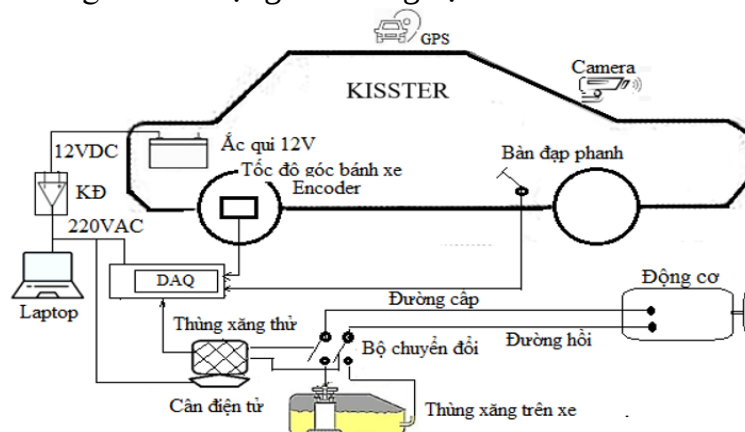
4.2.3. Đối tượng thí nghiệm

Thí nghiệm trên xe Toyota Vios 2009

4.3. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

4.3.1. Sơ đồ kết nối các thiết bị thí nghiệm

Các thiết bị thí nghiệm đo mức tiêu thụ nhiên liệu có các mô đun đo tiêu chuẩn hóa quốc tế được tích hợp cùng những mô đun chế tạo bổ sung và phần mềm chuyên dụng có tên Kister đã được kiểm định đánh giá chất lượng của Tổng cục Tiêu chuẩn đo lường Việt Nam.



Hình 4.3: Sơ đồ kết nối thiết bị thí nghiệm trên xe thí nghiệm

4.3.2. Các thiết bị và dụng cụ thí nghiệm

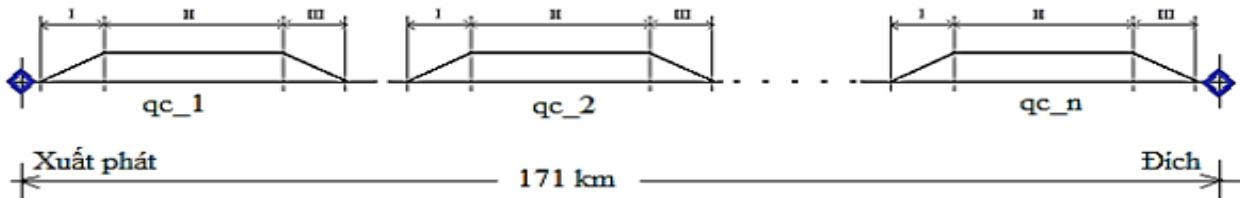
- Nhóm theo dõi thí nghiệm(ECU động cơ, bộ GPS).
- Bộ đo (Cân điện tử, thùng khung giá, cáp nối, phần mềm đọc dữ liệu, các cảm biến).

4.4. QUÁ TRÌNH THÍ NGHIỆM

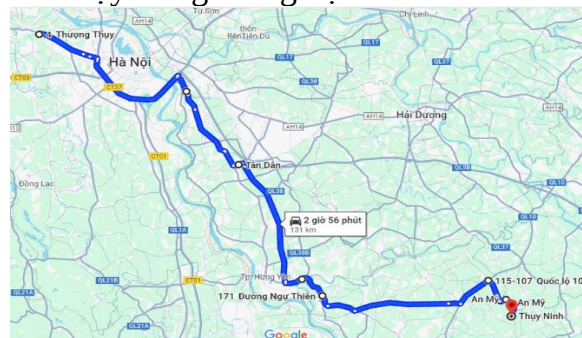
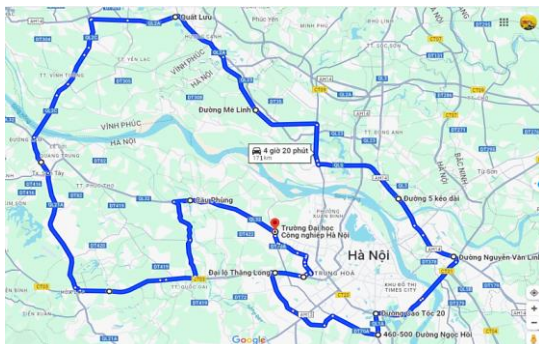
4.4.1. Xây dựng lộ trình xe chạy thí nghiệm

Chu trình xe chạy có thể được tập hợp bởi một số chu trình con tùy theo thực tế giao thông và điều kiện vận hành và thực hiện theo 3 giai đoạn gồm giai đoạn tăng tốc I, giai đoạn chạy xe ổn định và giai đoạn giảm tốc để phù hợp với mô phỏng như hình 4.12, trong đó qc_1, qc_2,...qc_n là những chu trình con, với n là số chu trình con.

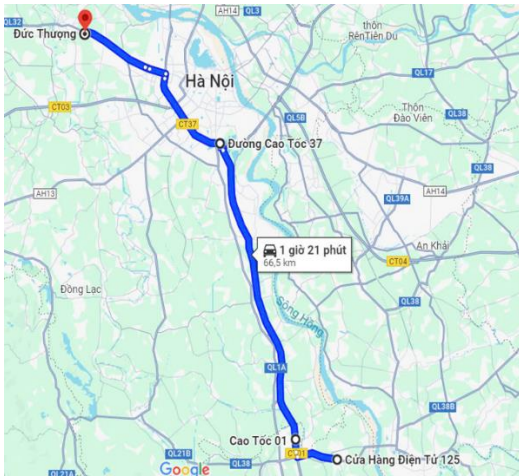
Thời gian dừng nghỉ trên đường ước tính bằng $6,8 - 4,39 = 2,41$ giờ



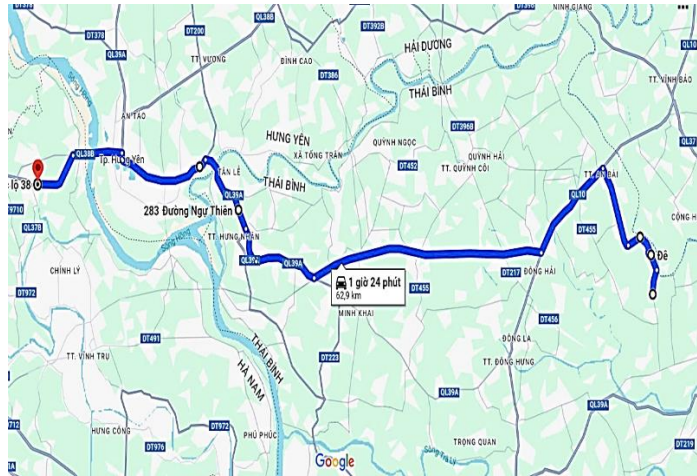
Hình 4.12: Chu trình xe chạy trong thí nghiệm



Hình 4.13: Lộ trình xe chạy thí nghiệm thứ nhất



Hình 4.14: Lộ trình xe chạy thí nghiệm thứ hai



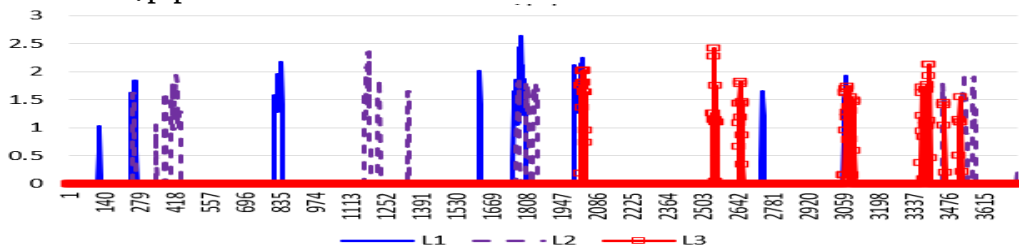
Hình 4.15: Lộ trình xe chạy thí nghiệm thứ ba

4.4.2. Xác lập điều kiện dữ liệu ổn định

Sử dụng dữ liệu giống nhau của lực bàn đạp phanh và độ mở bướm ga của những lần lái cùng một xe trên 3 lộ trình xe chạy thí nghiệm

a) Lực bàn đạp phanh

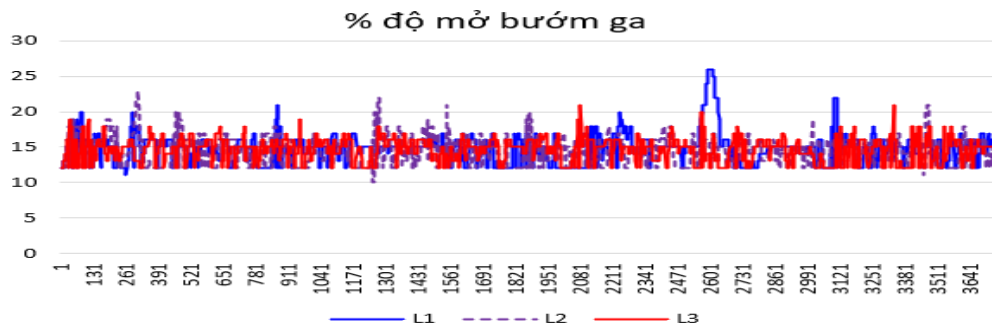
Trên đồ thị Hình 4.16 cho thấy độ lớn lực trên bàn đạp phanh có các đỉnh xung là số liệu lựa chọn của số lần đạp phanh.



Hình 4.16: Đồ thị lực bàn đạp phanh trong 3 lộ trình

b) Phần trăm độ mở bướm ga

Trên đồ thị hình 4.17 biểu thị phần trăm độ mở bướm ga có thể gần đúng xác định tỷ lệ phần trăm bàn đạp chân ga của người lái xe. Trong 3 lộ trình xe chạy thí nghiệm lần lượt các giá trị tỷ lệ phần trăm bàn đạp chân ga $L1 = 14,76628(\%)$, $L2 14,45064 (\%)$, $L3 14,57764 (\%)$.



Hình 4.17: Đồ thị phần trăm độ mở bướm ga trong 3 lộ trình

4.5. THU THẬP VÀ XỬ LÝ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

4.5.1. Chuẩn bị các file dữ liệu

Các thông số đầu vào, thông số đầu ra, thông số xe, thiết bị, ... được cập nhật trong phần mềm tạo thành những tệp dữ liệu cùng với vận tốc xe thí nghiệm.

Việc cài đặt các thông số đầu vào theo cấu trúc của phần mềm đo ghi dữ liệu.

4.5.2. Quá trình thực hiện

Ở mỗi file kết quả nhận được thể hiện được điểm đầu và điểm cuối, không phân biệt đường đô thị hoặc đường cao tốc hoặc đường nông thôn.

Khối lượng nhiên liệu ban đầu được đặt làm chuẩn ban đầu theo (kg), cảm biến đo mức đạp ga và cảm biến đo số lần đạp phanh hiển thị trên phần mềm tương ứng của máy đo.

Mỗi chu trình sẽ có một file kết quả theo, tập hợp kết quả các chu trình là kết quả của lộ trình xe chạy.

4.5.3. Kết quả thí nghiệm

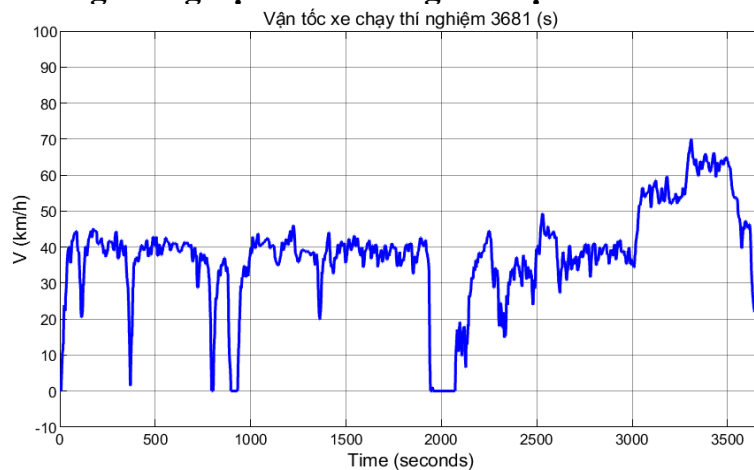
4.5.3.1. Bảng dữ liệu theo thời gian thực

- Phần mềm Kisster ghi dữ liệu dạng bảng Excel.xlsx.

1	Thời gian	Vận tốc (km/h)	Áp lực (kg)	Khối lượng (kg)	Bướm ga (%)
30	2024-04-07 05:37:25.016	5.9	0	11.668	16
31	2024-04-07 05:37:25.887	5.9	0	11.668	16
32	2024-04-07 05:37:25.940	8.2	0	11.505	12
33	2024-04-07 05:37:26.803	8.2	0	11.505	12
34	2024-04-07 05:37:26.866	10	0	11.319	16
35	2024-04-07 05:37:27.720	10	0	11.319	16
36	2024-04-07 05:37:27.785	10	0	11.446	18
37	2024-04-07 05:37:28.644	10	0	11.446	18
38	2024-04-07 05:37:28.704	10.3	0	11.416	18
39	2024-04-07 05:37:29.596	12.7	0	11.277	19
40	2024-04-07 05:37:29.634	12.7	0	11.277	19
41	2024-04-07 05:37:30.493	12.7	0	11.277	19

Hình 4.18: Dạng bảng kết quả File dữ liệu theo thời gian thực

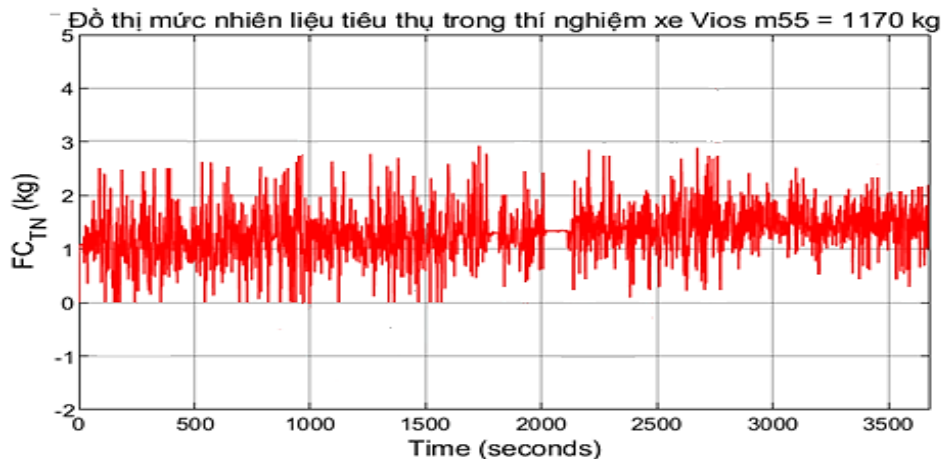
4.5.3.2. Vận tốc xe trong thí nghiệm theo thời gian thực



Hình 4.19: Đồ thị vận tốc xe chạy thí nghiệm

4.5.3.3. Giá trị đo mức tiêu thụ nhiên liệu theo thời gian thực

- Mức tiêu thụ nhiên liệu đo được trên xe thí nghiệm $m_1 = 1170$ kg, $FC^{(stat)}_{max} = 4,2$ (lit/100km), trên đồ thị hình 4.20.



Hình 4.20: Mức tiêu thụ nhiên liệu đo được trên xe thí nghiệm

4.6. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

4.6.1. Xây dựng phương trình hồi quy

Phương trình hồi quy thực tế

$$y = 5.26 + 67.2x_1 + 10090.3x_2 + 385.7x_3 \quad (4.2)$$

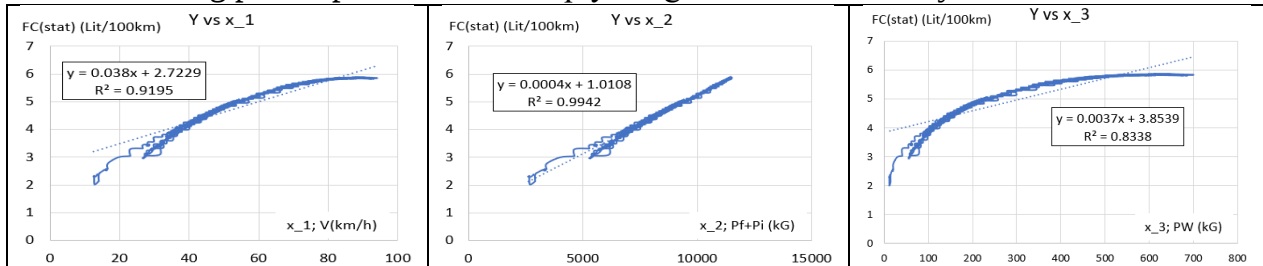
x_1 : Vận tốc xe V(km/h);

x_2 : Lực cản lăn, cản dốc liên quan đến khối lượng xe m_i (kg);

x_3 : Lực cản khí động học liên quan đến hình dáng kích thước xe P_w (kG).

4.6.2. Đánh giá độ tin cậy của các hệ số hồi quy

Sử dụng hệ số xác định R^2 để đánh giá mức độ phù hợp của mô hình, khi R^2 càng gần 1 thì mô hình càng phù hợp, các hệ số hồi quy càng đảm bảo độ tin cậy.



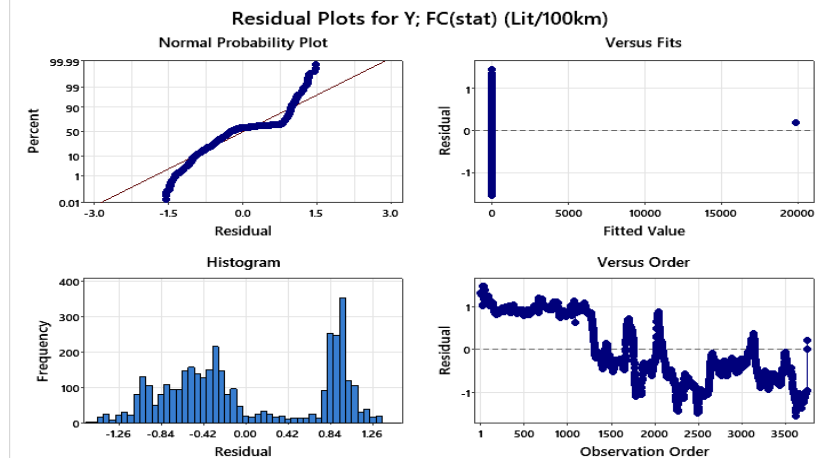
Hình 4.21: Đồ thị quan hệ xác định R^2 của FC(stat) với x_1 , x_2 , x_3

4.6.3. Phân tích ảnh hưởng của các yếu tố đến FC^(stat)

NCS đã ứng dụng phần mềm Minitab phân tích ảnh hưởng của các yếu tố đến kết quả phân tích xác định mức tiêu thụ nhiên liệu FC^(stat) trên ô tô.

- Ảnh hưởng của vận tốc x_1 đến FC^(stat) Y

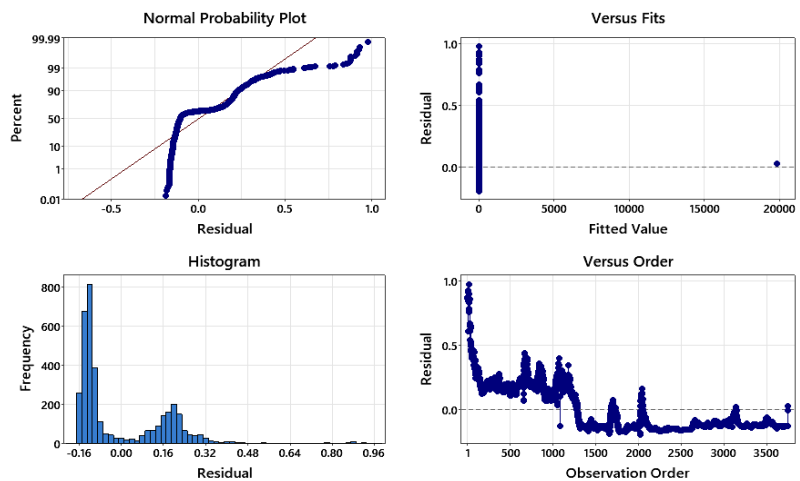
Hàm tương quan của yếu tố vận tốc x_1 đến yếu tố Y là hàm bậc nhất, ý nghĩa thống kê có hệ số p-value 0,993 > 0,05 nên x_1 sẽ ảnh hưởng rất lớn đến Y.



Hình 4.23: Ảnh hưởng của vận tốc x_1 đến Y

- Ảnh hưởng của khối lượng x_2 đến FC^(stat) Y

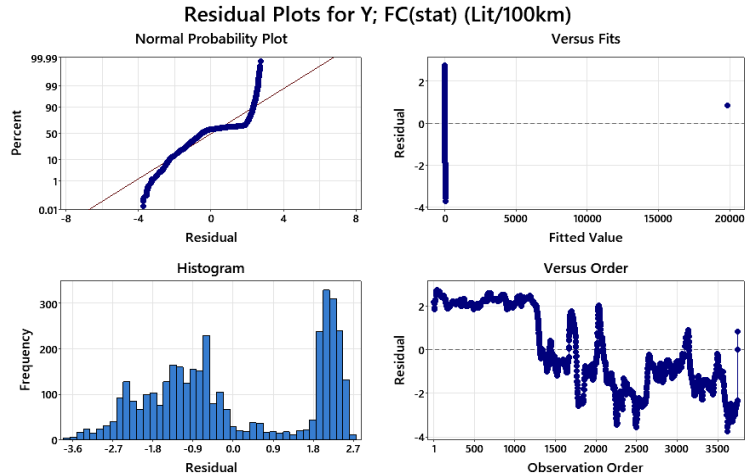
Hàm tương quan của yếu tố khối lượng (trong thành phần của lực cản lăn và cản dốc) x_2 đến yếu tố Y là hàm bậc nhất, ý nghĩa thống kê có hệ số p-value 0,996 > 0,05 nên x_2 sẽ ảnh hưởng rất lớn đến Y, lớn hơn x_1 .



Hình 4.24: Ảnh hưởng của khối lượng x_2 đến Y

- Ảnh hưởng của khí động học x3 đến FC^(stat)

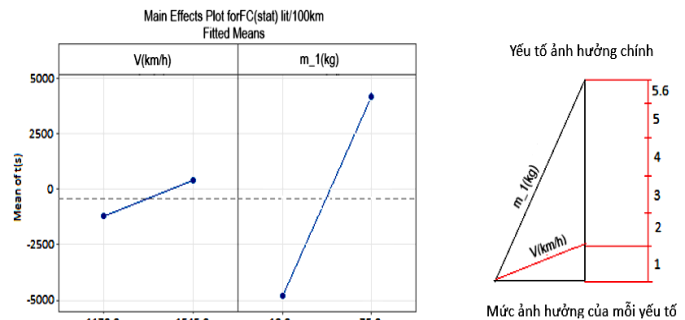
Hàm tương quan của yếu tố khí động học (hình dạng thiết kế xe) x3 đến yếu tố Y là hàm bậc nhất, ý nghĩa thống kê có hệ số p-value $0,988 > 0,05$ nên x3 sẽ có ảnh hưởng đến Y, nhưng nhỏ hơn x1 và x2.



Hình 4.25: Ảnh hưởng của khí động học x₃ đến Y

- Yếu tố ảnh hưởng chính được xác định định tính trên đồ thị (Main Effects Plots) hình 4.26.

Nhìn trên đồ thị ta thấy độ dốc của đường khối lượng lớn hơn rất nhiều so với độ dốc đường vận tốc nên có thể nhận xét khối lượng xe và vận tốc xe chạy đều có ảnh hưởng đến mức tiêu thụ nhiên liệu FC(stat) nhưng khối lượng xe m₁(kg) là yếu tố ảnh hưởng chính, mức độ ảnh hưởng là 5,6 lần.



Hình 4.26: Mức độ ảnh hưởng của các thông số khối lượng và vận tốc xe

4.6.4. So sánh kết quả thí nghiệm và mô phỏng

4.6.4.1. Cơ sở so sánh

NCS lựa chọn lộ trình thí nghiệm ngày 07/4/2024 theo hình 4.13 ở trên có tổng quãng đường xe chạy 171 (km), trên đó chia thành 5 chu trình con. Chu trình thứ nhất trên quãng đường 34,7 (km) tính từ điểm xuất phát tại trường ĐHCN Hà Nội đến điểm Đồng Trúc (Cao tốc Láng Hòa Lạc).

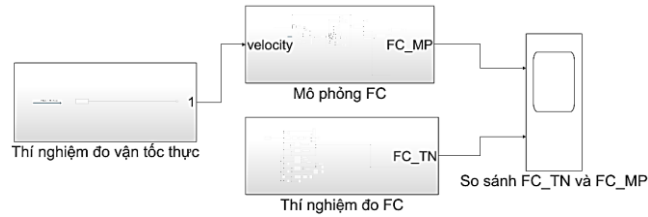
Bảng 4.2: Tổng hợp lộ trình xe chạy thí nghiệm ngày 07/4/2024

Thí nghiệm tiêu hao nhiên liệu trên ô tô ngày 07/04/2024										
	Chu trình 1		Chu trình 2		Chu trình 3		Chu trình 4		Chu trình 5	
Nội dung	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả
Thời gian xuất phát	4h12'	1h00'	5h37'	1h02'	7h02'	1h00'	8h27'	1h00'	9h52'	1h06'
Thời gian kết thúc	5h12'		6h37'		8h02'		9h27'		10h55'	
Số km đầu	0		34,7		69,4		104,1		138,8	
Số km cuối	34,7	34,7	69,4	34,7	104,1	34,7	138,8	34,7	170,5	31,7
Lượng nhiên liệu đầu (g)	12,464		11,391		10,377		11,323		10,232	
Lượng nhiên liệu cuối (g)	11,407		1,057		1,009		1,025		1,082	
Lộ trình chạy	ĐHCN - cầu Phụng - Chùa Thầy - Đồng Trúc(CT Láng hòa lạc)		Đồng Trúc(CT Láng hòa lạc) - Sơn Tây - cầu Vĩnh Thịnh- Đồng Văn - Yên lạc		Đồng Văn (Yên lạc) - Quốc lộ 2A - Đường Mê Linh - Đường Võ Văn Kiệt		Võ Văn Kiệt - Cầu Đồng Trù - Cầu thanh Trì - Đường Đỗ Mười(Hoàng mai)		Đường Đỗ Mười(Hoàng mai) - Ngoc Hồi - cầu Tô Văn Khê - Lê Trọng Tấn - Láng Hoà Lạc - Mỹ Đình - Trịnh Văn Bô - ĐH CN HN	
				Ngoài ô có dốc	Ngoài ô	Ngoài ô, Đô thị	Đô thị đông người			
Đặc điểm đường xá	Nội đô, ngoại ô, cao tốc									
Thời gian nghỉ giải lao	Kết thúc lần 1: 25 phút		Kết thúc lần 2: 25 phút		Kết thúc lần 3: 25 phút		Kết thúc lần 4: 25 phút			

Cụ thể lấy kết quả thí nghiệm ở chu trình con thứ nhất để so sánh toàn diện số liệu mức tiêu thụ nhiên liệu giữa thí nghiệm và mô phỏng.

Có năm phương pháp toán học cơ bản để so sánh dữ liệu kết quả thí nghiệm và mô phỏng bao gồm: (1) Phương pháp thống kê mô tả; (2) Phương pháp đo lường sai số sử dụng các chỉ số MAE (Mean Absolute Error); (3) Phương pháp kiểm định thống kê; (4) Phương pháp phân tích tương quan sử dụng Pearson correlation; (5) Phương pháp trực quan sử dụng một trong các biểu đồ.

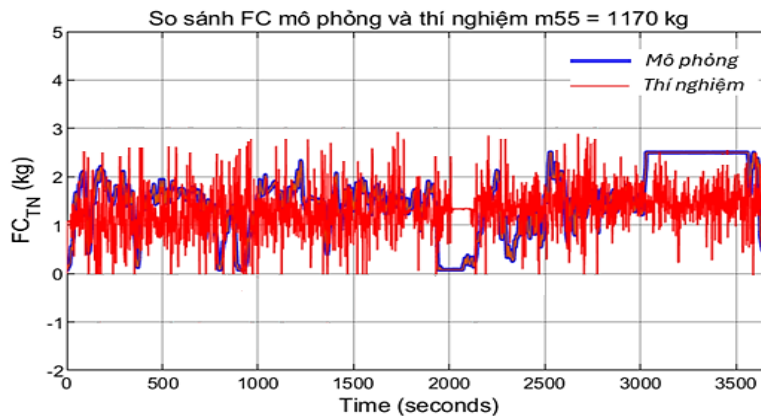
Luận án đã lựa chọn đồ thị Line plot trong phương pháp thứ 5 trong phần mềm Matlab Simulink lấy kết quả phân tích trực quan và kết hợp với những chỉ số đánh giá chính ở 4 phương pháp trên để so sánh đánh giá kết quả thí nghiệm và mô phỏng, hình 4.28.



Hình 4.28: Sơ đồ Simulink so sánh toàn diện kết quả FC thí nghiệm và mô phỏng

4.6.4.2. Kết quả so sánh

a) Đồ thị kết quả so sánh.



Hình 4.30: Đồ thị so sánh kết quả FC thí nghiệm và mô phỏng

b) Kết quả mô phỏng lượng nhiên liệu tiêu thụ FC_MP.

Độ lệch chuẩn ở các phạm vi có giá trị trung bình 0 – 2,48 kg và ở phạm vi 0,80 – 4,95 kg có giá trị trung bình 2,06 kg đều có độ lệch chuẩn 0,42 kg.

Dữ liệu ổn định với hệ số biến thiên thấp $CV = 20,03\%$.

Phân phối lệch phải nhẹ ($skewness = 0,36$), không có giá trị âm.

Dạng đồ thị phù hợp quy luật với Kurtosis cao (4,04) có đỉnh nhọn, ít outlier ở đuôi

Nhận xét: Dữ liệu mô phỏng có chất lượng tốt, ổn định, dự báo sẽ phù hợp với tín hiệu đo lường vật lý thực tế.

c) Kết quả thí nghiệm lượng nhiên liệu tiêu thụ FC_TN

FC_TN có giá trị trung bình 0 – 2,62 kg độ lệch chuẩn là 1,07 và ở phạm vi 6,84 – 9,77 kg có độ lệch chuẩn 1,69 kg. Như vậy độ lệch chuẩn tổng là $1,69 - 1,07 = 0,52$, lệch 0,1 so với 0,42 của mô phỏng.

Dữ liệu không ổn định với hệ số biến thiên cao $CV = 66,03\%$ nguyên nhân do trong thí nghiệm có nhiều thông số biến thiên sinh ra các nhiễu tín hiệu.

Phân phối lệch phải lớn ($skewness = -0,16$), có nhiều giá trị âm 14,085/659,043 giá trị, chiếm 5,68% tổng số tín hiệu đo nhiễu. Tuy nhiên tỷ lệ phần trăm này cho phép chấp nhận được trong đo lường cơ khí.

Dạng đồ thị phẳng hơn so với phân phối chuẩn với Kurtosis thấp (0,14).

Nhận xét: Dữ liệu thí nghiệm có nhiễu, những giá trị âm cho thấy ảnh hưởng rõ nét các cảm biến đo hoặc do dao động của nhiên liệu trong thùng. Trên cơ sở này đưa ra những khuyến nghị về lựa chọn cảm biến đo và chuẩn hóa tín hiệu trong thí nghiệm.

d) Nhận xét so sánh giữa FC_MP và FC_TN

- Giá trị trung bình: Ở phạm vi giá trị trung bình FC_MP 2,48 kg và FC_TN 2,62 kg có độ chênh lệch: $+0,14$ kg, tính theo phần trăm là $(2,62 - 2,48) / 2,08 \times 100\% = 6,73\%$. Như vậy FC_TN cao hơn 6,73%.

- Độ ổn định σ : FC_MP có $\sigma_{MP} = 0,42$ kg (ổn định) và FC_TN: $\sigma_{TN} = 1,07$ kg (không ổn định). Như vậy FC_MP có mức ổn định cao hơn gấp 2,5 lần FC_TN.

- Các sai số đo lường trong thí nghiệm: Sai số tuyệt đối trung bình MAE = 0,98 kg. Sai số bình phương trung bình RMSE = 1,22 kg.

- Các chỉ số kiểm định thống kê: T-test: p-value < 0,001 có ý nghĩa thống kê cao. Mann-Whitney U: p-value < 0,001 cho thấy những khác biệt đều có ý nghĩa thống kê.

- Phân tích tương quan: Pearson $r = 0,934$ cho thấy tương quan cao đảm bảo độ tin cậy. Chỉ số Spearman $\rho = 0,95$ cho thấy tương quan thứ bậc mạnh và độ đồng nhất CCC = 0,720 rất cao cho thấy hai tập dữ liệu gần nhau và có tương quan mạnh.

4.6.4.3. So sánh kết quả ở khối lượng giảm

Bảng 4.3: Tổng hợp kết quả chạy thí nghiệm ngày 14/07/2024 với $m = 936$ kg

Thí nghiệm tiêu hao nhiên liệu trên ô tô ngày 14/04/2024										
	Chu trình 1		Chu trình 2		Chu trình 3		Chu trình 4		Chu trình 5	
Nội dung	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả
Thời gian xuất phát	4h02'	1h00'	5h27'	1h02'	7h55'	1h00'	8h20'	1h00'	9h45'	1h00'
Thời gian kết thúc	5h02'		6h29'		7h55'		9h20'		10h51'	
Số km đầu	0		34,7		69,4		104,1		138,8	
Số km cuối	34,7	34,7	69,4	34,7	104,1	34,7	138,8	34,7	170,5	31,7
Lượng nhiên liệu đầu (g)	12,488		11,516		10,546		11,683		10,735	
Lượng nhiên liệu cuối (g)	11,514	0,974	10,542	0,974	9,616	0,93	10,735	0,948	9,632	1,103
Lộ trình chạy	ĐHCN - cầu Phụng - Chùa Thầy - Đông Trù (CT Láng hoà lac)		Đông Trù (CT Láng hoà lac) - Sơn Tây - cầu Vĩnh Thịnh - Đông Văn - Yên lạc		Đông Văn (Yên lạc) - Quốc lộ 2A - Đường Mễ Linh - Đường Võ Văn Kiệt		Võ Văn Kiệt - Cầu Đông Trù - Cầu thanh Trì - Đường Đỗ Mười (Hoàng mai)		Đường Đỗ Mười (Hoàng mai) - Ngoc Hồi - cầu Tô - Văn Khê - Lê Trọng Tấn - Láng Hoà Lạc - Mỹ Đình - Trích Văn Bó - ĐH CN HN	
Đặc điểm đường xá	Nội đô, ngoại ô, cao tốc		Ngoại ô có dốc		Ngoại ô		Ngoại ô, Đô thị		Đô thị đông người	
Thời gian nghỉ giải lao	Kết thúc lần 1: 25 phút		Kết thúc lần 2: 25 phút		Kết thúc lần 3: 25 phút		Kết thúc lần 4: 25 phút			

Kết quả chạy thí nghiệm so sánh trong chu trình 1 cho thấy xe thời gian 1h00', quãng đường 34,7km, FC=0,974kg = 1,35 lít. So với khối lượng nguyên bản m55 thì khi giảm khối lượng 10% thì mức tiêu thụ nhiên liệu giảm 7.8% và so với mô phỏng là 7,2%. Như vậy chênh lệch: 7,8-7,2=0,6% là do kỹ năng lái và các yếu tố bên ngoài

KẾT LUẬN CHƯƠNG 4

Chương 4 đã trình bày nghiên cứu thực nghiệm nhằm kiểm chứng các kết quả lý thuyết và mô phỏng của luận án. Trên cơ sở mục tiêu nghiên cứu và điều kiện thực tế, chương đã xây dựng chu trình xe chạy thí nghiệm phù hợp để đánh giá mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô khi thay đổi khối lượng. Chu trình thí nghiệm được xây dựng bảo đảm phản ánh được đặc điểm vận hành của ô tô trong phạm vi nghiên cứu và làm cơ sở cho việc tổ chức đo thực nghiệm.

Trong chương này, luận án đã thiết kế, chế tạo bộ đo mức tiêu thụ nhiên liệu phục vụ cho nghiên cứu thực nghiệm. Bộ đo sau khi chế tạo đã được kiểm định, bảo đảm độ chính xác và độ tin cậy của các số liệu đo trong quá trình thí nghiệm.

Dựa trên chu trình xe chạy thí nghiệm và bộ đo đã chế tạo, các phép đo mức tiêu thụ nhiên liệu được tiến hành trong những điều kiện xác định, đồng thời khối lượng của ô tô được thay đổi để đánh giá ảnh hưởng của khối lượng đến mức tiêu thụ nhiên liệu. Kết quả thực nghiệm cho thấy mức tiêu thụ nhiên liệu tăng theo sự gia tăng của khối lượng xe, phù hợp với xu hướng biến thiên đã được xác định trong mô hình lý thuyết và mô phỏng ở các chương trước.

So sánh giữa kết quả thực nghiệm, kết quả mô phỏng và các kết quả tính toán theo phương trình FC được xây dựng ở chương 3 cho thấy sai khác trung bình giữa hai kết quả là 6,73%, nằm trong phạm vi chấp nhận được. Qua đó chứng minh mức độ tin cậy của mô hình, phương trình FC, chu trình xe chạy thí nghiệm và bộ đo đã xây dựng.

Các kết quả đạt được trong chương 4 đã củng cố các kết luận của luận án, đồng thời tạo cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc áp dụng các giải pháp giảm khối lượng xe, trong đó có định hướng sử dụng vật liệu nhẹ, nhằm giảm mức tiêu thụ nhiên liệu trong khai thác thực tế.

Sự phù hợp về xu hướng giữa kết quả thực nghiệm và kết quả mô phỏng cho thấy phương pháp nghiên cứu được đề xuất có khả năng phản ánh đúng ảnh hưởng của khối lượng ô tô đến mức tiêu thụ nhiên liệu trong điều kiện vận hành thực tế.

KẾT LUẬN CHUNG VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP CỦA LUẬN ÁN KẾT LUẬN CHUNG

Luận án "*Nghiên cứu ảnh hưởng của khối lượng ô tô 5 chỗ đến mức tiêu thụ nhiên liệu*" đạt được những kết quả sau:

- Luận án đã hệ thống hóa cơ sở khoa học và phương pháp nghiên cứu về mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô, phân tích các yếu tố ảnh hưởng, trong đó làm rõ vai trò của khối lượng tổng thể đối với các lực cản chuyển động và tiêu hao nhiên liệu của ô tô.

- Trên cơ sở động lực học chuyển động của ô tô, luận án đã xây dựng mô hình mô phỏng mối quan hệ giữa khối lượng và mức tiêu thụ nhiên liệu. Kết quả mô phỏng cho thấy khi khối lượng xe giảm thì mức tiêu thụ nhiên liệu giảm và ngược lại khi khối lượng tăng thì mức tiêu thụ nhiên liệu tăng theo. Bằng phương pháp hồi quy theo bình phương tối thiểu thu được phương trình mô tả tiêu thụ nhiên liệu theo khối lượng trên xe con 5 chỗ, có dạng: $FC = (3,8 \times 10^{-6}m^2 - 0,00644m + 3,734) \times 100/34,7$ (lít/100km), trong đó m là khối lượng của xe. Phương trình trên phản ánh xu hướng biến thiên phi tuyến của mức tiêu thụ nhiên liệu theo khối lượng xe trong phạm vi nghiên cứu, cho phép đánh giá và dự báo mức tiêu thụ nhiên liệu khi khối lượng xe thay đổi.

- Đề xuất giảm mức tiêu thụ nhiên liệu thông qua việc giảm khối lượng của ô tô, trong đó nhấn mạnh khả năng ứng dụng các vật liệu nhẹ trong thiết kế và cải tiến kết cấu ô tô.

- Luận án đã xây dựng được chu trình xe chạy thí nghiệm nhằm kiểm chứng các kết quả lý thuyết và mô phỏng. Kết quả thực nghiệm cho thấy thay đổi của mức tiêu thụ nhiên liệu theo khối lượng phù hợp với kết quả mô phỏng; sai lệch giữa kết quả mô phỏng và thực nghiệm là 6,73%, nằm trong giới hạn chấp nhận được, qua đó khẳng định tính hợp lý và độ tin cậy của mô hình, phương trình FC và phương pháp nghiên cứu của luận án.

- Từ các kết quả nghiên cứu đạt được cho phép khẳng định rằng luận án đã hoàn thành các mục tiêu nghiên cứu: làm rõ được ảnh hưởng của khối lượng tổng thể đến mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô bằng cả phương pháp mô phỏng và thực nghiệm. Những kết quả đạt được từ luận án cung cấp căn cứ khoa học cho các nghiên cứu tiếp theo cũng như cho việc ứng dụng trong thiết kế, tối ưu hóa kết cấu và lựa chọn vật liệu nhằm giảm mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô trong thực tế.

- Bên cạnh những kết quả đã đạt được, nghiên cứu vẫn còn một số điểm cần tiếp tục hoàn thiện. Mô hình nghiên cứu và phương trình FC được xây dựng trong luận án được xác lập trong phạm vi điều kiện vận hành và dải khối lượng khảo sát, do đó khả năng áp dụng cho các điều kiện khai thác khác hoặc các loại xe khác cần tiếp tục được nghiên cứu, mở rộng và kiểm chứng.

- Quá trình xe chạy thí nghiệm chưa bao quát đầy đủ các điều kiện giao thông phức tạp và đa dạng trong thực tế. Ngoài ra, ảnh hưởng của một số yếu tố khác như điều kiện môi trường, trạng thái kỹ thuật của xe và hành vi người lái chưa được xem xét một cách toàn diện trong khuôn khổ luận án.

Những hạn chế nêu trên là cơ sở để định hướng cho các nghiên cứu tiếp theo nhằm hoàn thiện mô hình, mô hình sẽ được tiếp tục hoàn thiện và áp dụng cho phạm vi rộng hơn cũng như nâng cao độ chính xác của việc đánh giá mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô.

Hướng nghiên cứu tiếp theo:

Do thời gian và điều kiện nghiên cứu của luận án có hạn nên bộ đo mới chỉ thực hiện được trên xe con 5 chỗ nên NCS đề xuất hướng nghiên cứu mở rộng tiếp theo là:

- Tiếp tục mở rộng và ứng dụng AI nghiên cứu ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác cùng khối lượng trong các điều kiện vận hành thực tế đến mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô con.

- Ứng dụng AI nghiên cứu mức tiêu thụ nhiên liệu trên nhiều mẫu ô tô khác.

- Hoàn thiện bộ đo để có thể sử dụng rộng rãi trên nhiều loại xe trong nghiên cứu và hướng tới thực tiễn.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ

- [1] *Ngo Quang Tao, Nguyen Thanh Quang*, Influence of kinematic parameters on fuel consumption in cars, 2024 4th International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME), Male, Maldives, 2024, pp. 1-6, doi:10.1109/ICECCME62383.2024.10796898.
- [2] *Ngo Quang Tao, Nguyen Thanh Quang*, Analysis relationship between mass and lightweight materials on the body to resistance forces of the car moving, (The 7th International Conference on Engineering Research and Applications – ICERA 2024).
- [3] *Ngo Quang Tao, Nguyen Thanh Quang, Le Van Anh, Pham Minh Hieu, Le Duc Hieu*, Analysis of effect of rolling resistance coefficient on automobile fuel consumption, HaUI Journal of Science and Technology, Vol. 60 - No. 5, pp. 216 -218, May 2024
- [4] *Ngo Quang Tao, Nguyen Thanh Quang, Le Van Anh*, Relationship Between Rolling Resistance and Deformation Energy of Car Tires, (Proceedings of the 4th Annual International Conference on Material, Machines, and Methods for Sustainable Development (MMMS2024)), Vol 1: Advanced Materials and Manufacturing Technologies - pp. 281 - 287, 03 August 2025, https://doi.org/10.1007/978-3-031-93816-0_34.