PHÁT THẢI TỪ HOẠT ĐỘNG CỦA XE MÔ TÔ, XE GẮN MÁY TRONG GIAO THÔNG ĐƯỜNG BỘ TẠI THÀNH PHỐ HÀ NỘI

TRẦN THỊ HỒNG HIỀN[1,2*], NGHIÊM TRUNG DŨNG[3], VŨ HOÀNG NGỌC KHUÊ[1], NGUYỄN NGỌC THẢO NGUYÊN[1], NGUYỄN THOẠI TÂM[1], HỒ QUỐC BẰNG[1,4]

[1] Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

[2] Khoa các Khoa học liên ngành, Đại học Quốc gia Hà Nội

[3] Trường Hóa và Khoa học sự sống, Đại học Bách Khoa Hà Nội

[4] Viện Phát triển năng lực lãnh đạo, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

Tóm tắt:

Giao thông vận tải (GTVT) là động lực cho sự phát triển thịnh vượng của Hà Nội, bên cạnh đó cũng tạo ra các thách thức, đặc biệt là ô nhiễm không khí. Trong GTVT đường bộ, xe mô tô, xe gắn máy có số lượng lớn nhất. Lưu lượng loại phương tiện trên các loại đường ở TP. Hà Nội từ số liệu thực tế khảo sát năm 2022 cho thấy, có 8.765 xe máy lưu thông trên các tuyến đường ở Hà Nội trong một giờ. Nghiên cứu này tập trung vào việc xác định đặc tính phát thải và kiểm kê phát thải trong lĩnh vực GTVT đường bộ với nhóm phương tiện cụ thể là xe mô tô, xe gắn máy. Mô hình IVE và EMISENS được sử dụng để xác định mức độ phát thải trung bình và kiểm kê phát thải mức độ 3 cho nhóm xe máy tại Hà Nội. Kết quả nghiên cứu cho thấy, quãng đường nhiều phương tiện di chuyển nhất từ 8,1 - 10,8 km/ngày. Số lượng xe chủ đạo sản xuất từ năm 2007 - 2017 chiếm 69%. Kết quả tính hệ số phát thải cho nhóm xe máy đối với trạng thái di chuyển erunning và khởi động estart-up các chất ô nhiễm lần lượt là PM 0,094 g/km và 0,123 g/lần khởi động, SO_x là 0,006 g/km và 0,001 g/lần khởi động, CO là 12,630 g/km và 10.874 g/lần khởi động, NO_x là 0,31 g/km và 0,804 g/lần khởi động. Tổng phát thải bụi từ xe máy là 5.261 tấn/năm, NO_x là 22.478 tấn/năm, CO là 845.340 tấn/năm và SO_2 là 345 tấn/năm. Dữ liệu xác định từ hệ số phát thải từ mô hình IVE được tìm ra trong nghiên cứu này, thể hiện kết quả kiểm kê chi tiết từ nguồn xe máy. Kết quả kiểm kê cho thấy xe máy là nguồn thải cần kiểm soát và áp dụng các biện pháp giảm phát thải để giảm các chất ô nhiễm không khí.

Từ khóa: *Kiểm kê phát thải, hệ số phát thải, ô nhiễm không khí, EMISENS, IVE.*

Ngày nhận bài: *17/7/2023;* ***Ngày sửa chữa:*** *5/8/2023;* ***Ngày duyệt đăng:*** *20/10/2023.*

Emission from motorcycles in Hanoi

Abstract:

Transportation is one of the important sectors in Hanoi's economy, but it also creates challenges, especially air pollution. In road transport, motorcycles including mopeds and motorbikes have the largest number. The flow of vehicles on all types of roads in Hanoi from actual survey data in 2020 shows that there are 8,765 motorcycles circulating on the roads per hour in Hanoi. This study focuses on determining emission characteristics and inventorying emissions from this type of vehicle on road traffic in Hanoi. The IVE and EMISENS models were used to determine the emission factors and emission inventory for the motorcycle at tier 3 in Hanoi. The results show that the kilometre vehicles travelled ranges from 8.1-10.8 km/day. The vehicles produced from 2007 to 2017 account for the highest proportion, 69%. The results of calculating the emission factors for the motorcycles for the running are 0.094 g/km with PM, 0.006 g/km with SO_2, 12.630 g/km with CO and 0.31 g/km with NO_x, respectively. The emission factors when motorcycles in start-up stages are 0.123 g/time with PM, 0.001 g/time with SO_2, 10.874 g/time with CO and 0.804 g/time with NO_x. Total emissions from motorcycles are 5,261 tons PM per year, 22,478 tons NO_x per year, 845,340 tons CO per year and 345 tons SO_2 per year, respectively. Data determined from emission factors from the IVE model were found in this study, representing detailed inventory results from the motorcycle source. Inventory results show that motorcycles are an important air pollution source that needs to be controlled and reduction measures applied to reduce air pollutants.

Keywords: *Emission Inventory, EFs, Air Pollution, Motorcycles, EMISENS, IVE model.*

JEL Classifications: *Q51, Q52, Q53, Q55.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với vị trí thủ đô của Việt Nam, trung tâm của vùng kinh tế trọng điểm phía Bắc, trung tâm văn hóa, giáo dục chiến lược của miền Bắc, Hà Nội thu hút lực lượng lao động, học sinh khắp nơi. Dân số trung bình năm 2019 trên địa bàn TP. Hà Nội khoảng 8.093,9 nghìn người, trong đó dân số khu vực thành thị 3.982,1 nghìn người, chiếm 49,2% tổng dân số. Quy mô GRDP năm 2020 theo giá hiện hành ước đạt 1.016 nghìn tỷ đồng; GRDP bình quân đầu người đạt 122,7 triệu đồng. Doanh thu ngành vận tải, kho bãi và dịch vụ năm 2020 đạt hơn 122 nghìn tỷ đồng . Giao thông là ngành thiết yếu đối với sự phát triển kinh tế - xã hội của đất nước, là một trong những lĩnh vực có tốc độ tiêu thụ năng lượng và phát thải nhanh nhất thế giới (Pu Lyu và c.s., 2021). GTVT là động lực cho sự phát triển thịnh vượng của Hà Nội, bên cạnh đó cũng tạo ra các thách thức, đặc biệt là ô nhiễm không khí. Vấn đề này đã được các bên quan tâm, đặc biệt là đối với nhóm xe máy, chiếm số lượng đông đảo nhất tại Hà Nội. Nghiên cứu xây dựng hệ số phát thải cho xe máy và xe hạng nhẹ của nhóm Hoàng Dương Tùng năm 2011 cho thấy, lượng phát thải từ nhóm xe máy năm 2009 tại Hà Nội với CO là 150.729 tấn, NO_x là 2.005 tấn, HC là 12.503 tấn, hệ số phát thải tương ứng ba chất ô nhiễm này là 6,76 - 16,83 g/km đối với CO, 0,005 - 0,2 g/km đối với NO_x và 0,5 - 2,77 g/km đối với HC (Tung H. D. và c.s., 2011). Trong nghiên cứu của nhóm Kim Oanh công bố năm 2012 về phát thải từ nhóm xe máy sử dụng mô hình IVE, hệ số phát thải của CO là 3,80 - 7,499 g/km đối với quá trình di chuyển và 18,121 g/lần trong quá trình khởi động, PM_{10} từ 0,066 - 0,127 g/km và 0,231 g/lần khởi động, với NO_x là 0,137 - 0,268 g/km và 1,663 g/lần khởi động, SO_x là 0,007 - 0,014 g/km và 0,001 g/lần khởi động (Kim Oanh Nguyen Thi và c.s., 2012). Kết quả nghiên cứu của hai nhóm có sự chênh lệch đáng kể do phương pháp tiếp cận và thời gian khác nhau. Thời điểm hiện nay, các dữ liệu về tuyến đường, điều kiện xã hội hay tiêu chuẩn phát thải, các loại xe đã thay đổi nhiều. Từ năm 2007, xe máy sản xuất mới phải đạt mức tiêu chuẩn khí thải EURO 2, từ 2017 phải đạt tiêu chuẩn EURO 3 mới được bán ra thị trường. Vì vậy, các nghiên cứu về hệ số phát thải mới và kiểm kê khí thải cần được nghiên cứu, thực hiện để cập nhật các dữ liệu trong tình hình hiện tại.

Hiện nay, số lượng các nghiên cứu này tính toán phát thải khí thải chi tiết cho hoạt động giao thông còn hạn chế. Một số nghiên cứu tập trung vào tính phát thải giao thông cho TP. Hà Nội thông qua phương pháp từ trên xuống (Top-Down) là thu thập số liệu tổng nhiên liệu tiêu thụ cho giao thông, nhân hệ số phát thải là ra tổng phát thải giao thông. Phương pháp này có hạn chế trong xác định phát thải cho từng loại xe gắn máy và sai số so với thực tế lớn.

Nghiên cứu này tập trung vào việc xác định đặc tính phát thải và kiểm kê phát thải trong lĩnh vực GTVT đường bộ với nhóm phương tiện cụ thể là xe mô tô, xe gắn máy. Kết quả nghiên cứu hướng tới đóng góp vào dữ liệu phát thải của giao thông đô thị, cung cấp thông tin khoa học cho các giải pháp giảm phát thải từ giao thông cá nhân.

2. PHƯƠNG PHÁP

Hà Nội là đầu mối GTVT quan trọng của cả nước nên số lượng các loại phương tiện vận tải chiếm ưu thế. Theo số liệu của Cục đăng kiểm Việt Nam và Công an TP. Hà Nội năm 2019 trên địa bàn TP. Hà Nội có 6.091.986 xe mô tô, xe gắn máy và có xu hướng ngày càng tăng. Xe máy tại Hà Nội là phương tiện động cơ đốt trong sử dụng xăng, phát thải sản phẩm của quá trình đốt cháy nhiên liệu trong động cơ (khí xả) phát sinh CO, NO_x, SO_x, CO_2, HC, muội… trong quá trình xe chạy, xe ở chế độ không tải hoặc xe ở trạng thái khởi động. Bay hơi nhiên liệu làm thất thoát hidrocác-bon và sự mài mòn trong quá trình di chuyển sinh $PM_{2.5}$ cũng là các dạng phát thải do hoạt động của xe máy.

Trên thế giới có nhiều phương pháp để xác định mức độ phát thải của phương tiện giao thông và thường được thực hiện bằng các mô hình phát thải. Mô hình hóa được xem là một phương pháp hiệu quả cho việc xác định các yếu tố có nhiều biến số như xác định hệ số phát thải của xe, phụ thuộc vào chu trình lái khác nhau, loại xe, tuổi xe, nhiên liệu, thiết bị kiểm soát phát thải và nhiều điều kiện phức tạp khác. Để ước tính mức độ phát thải từ các phương tiện giao thông, có thể sử dụng nhiều mô hình khác nhau như MOBILE (của Cục BVMT Mỹ), EMFAC (California, Mỹ) và COPERT (Liên minh châu Âu)... Các mô hình phân bổ giao thông tĩnh thông thường không nhạy cảm với sự tương tác động của nhu cầu đi lại bằng phương tiện và điều kiện đường xá phụ thuộc vào thời gian (Xuesong Zhou và c.s., 2015). Các quốc gia đang phát triển như Việt Nam với công nghệ phương tiện, nhiên liệu và điều kiện đường xá cụ thể có thể có hệ số phát thải EF khác với giá trị mặc định của các mẫu xe (Kim Oanh và c.s., 2012).

Mặt khác, cũng có sự thay đổi lớn trong dữ liệu phát thải của từng phương tiện, đặc biệt nếu dữ liệu này từ nguồn dữ liệu lái thực tế, không kiểm soát được (ví dụ: Tình huống giao thông thay đổi, hành vi của người lái xe, điều kiện môi trường…) (Vicente Franco và c.s., 2013). Mô hình IVE được sử dụng để tính toán tỷ lệ phát thải trung bình đối với loại phương tiện khác nhau, được áp dụng ở các quốc gia khác nhau trên thế giới như Trung Quốc, Việt Nam, Nepal... Ưu điểm của mô hình này là tính nhạy bén với công nghệ xe hiện đại đang có ở các nước đang phát triển, nhiên liệu định lượng bằng cụ thể ứng suất động cơ, lưu lượng xe và tình trạng ùn tắc giao thông. Các tham số này ảnh hưởng đáng kể tới lượng khí thải của xe. Mô hình IVE đã sử dụng chỉ số Vehicle specific power (VSP) làm chỉ báo về kiểu lái xe từ "giây" này sang "giây" khác. Dữ liệu VSP tính đến vận tốc tức thời, cấp đường và gia tốc, được cho là có liên quan đến lượng khí thải của phương tiện giao thông tốt hơn so với tốc độ trung bình được xem xét trong COPERT và MOBILE (Haikun Wang và c.s., 2008). Vì vậy, nghiên cứu này sử dụng mô hình IVE để xác định hệ số phát thải từ xe máy.

Quy trình ước tính lượng phát thải trong mô hình IVE là nhân tỷ lệ phát thải nền BEFs - Base emission rate - cho từng công nghệ với từng hệ số hiệu chỉnh, được xác định cho từng công nghệ và lượng xe di chuyển để đạt được tổng lượng phát thải. Hệ số phát thải chất ô nhiễm từ các

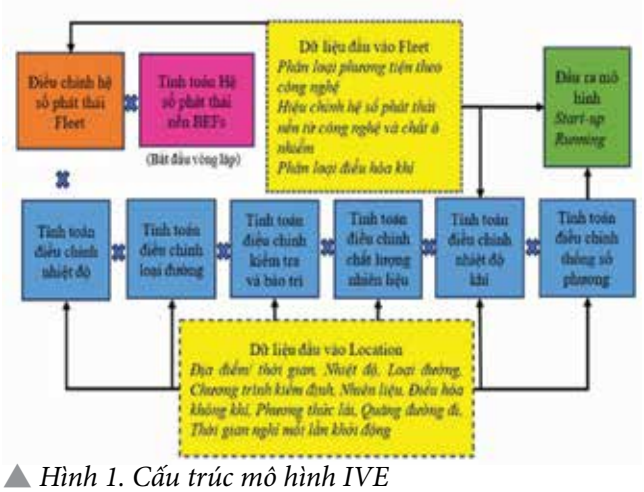
phương tiện được tính dựa theo hệ số phát thải ở phương án nền và thông số hiệu chỉnh theo công thức:

Q[t] = B[t] x K(1)[t] x K(2)[t] x …. K(x)[t] (1)

Trong đó:

- Q[t]: Hệ số phát thải các chất ô nhiễm ở phương án cụ thể.
- B[t]: Hệ số phát thải các chất ô nhiễm ở phương án nền.
- K(1)[t], K (2)[t] …, K(x)[t]: Các hệ số hiệu chỉnh.

Các hệ số hiệu chỉnh này bao gồm ảnh hưởng của các đặc điểm của khu vực như: Nhiệt độ, độ ẩm, độ cao mặt đường…, chất lượng nhiên liệu, cách sử dụng điều hòa không khí và các chế độ bảo dưỡng của xe.



▲ *Hình 1. Cấu trúc mô hình IVE*

Để có được EF phù hợp với xe máy cho khu vực nghiên cứu, việc điều chỉnh BEFs được thực hiện bằng cách sử dụng một loạt các thông tin đầu vào thông qua dữ liệu khảo sát thực tế từ bảng hỏi và hệ thống định vị GPS.

Có 2 loại hệ số phát thải bao gồm hệ số phát thải trong giai đoạn di chuyển và hệ số phát thải trong giai đoạn khởi động được tính toán theo công thức:

$$Q_{running} = \sum_t \left\{ f_{[t]} \times \sum_d \left[Q_{[t]} \times U_{FTP} \times f_{[dt]} \times K_{[dt]} \right] \right\} U_c$$

$$Q_{start} = \sum_t \left\{ f_{[t]} \times Q_{[t]} \times \sum_d \left[f_{[dt]} \times K_{[dt]} \right] \right\}$$

Trong đó, các thông số được chú thích:

$Q_{running}$: Hệ số phát thải trung bình của xe trong giai đoạn di chuyển (g/km).

Q_{start}: Hệ số phát thải trung bình của xe trong giai đoạn khởi động (g/lần).

$f_{[t]}$: Hệ số tỷ lệ xác định được do ảnh hưởng của đặc điểm di chuyển của mỗi loại xe.

$Q_{[t]}$: Hệ số phát thải điều chỉnh cho mỗi loại xe (g/km hoặc g/lần).

U_{FPT}: Vận tốc trung bình của xe thực hiện chu trình lái FTP (LA4) (km/h).

$f_{[dt]}$: Hệ số biểu diễn sự ảnh hưởng của thời gian nghỉ hoặc di chuyển của mỗi loại xe.

$K_{[dt]}$: Hệ số hiệu chỉnh cho chu trình lái xe thực.

U_c: Vận tốc trung bình của xe trong điều kiện lái thực, được đưa vào bởi người sử dụng (km/h).

Nguồn: IVE Model Users Manual

Đối với kiểm kê phát thải, phương pháp tính lượng phát thải k rất đa dạng và không ngừng phát triển. Tại các kỳ kiểm kê của Hà Nội và nhiều nghiên cứu khác, cách tính thường dựa trên cơ sở số lượng và loại nhiên liệu được sử dụng, các hệ số phát thải này thường giả định về điều kiện phát thải từ nhiên liệu và thống nhất với đốt tĩnh (IPCC, 2006). Trong hướng dẫn của IPCC, có 3 phương pháp để ước tính phát thải của nguồn di động giao thông đường bộ là bậc 1 (tier 1), bậc 2 (tier 2) và bậc 3 (tier 3).

Trong cuốn Atmospheric Brown Clouds: Emission Inventory Manual do nhóm chuyên gia của UNEP nghiên cứu trình bày 2 phương pháp kiểm kê khí thải theo là phương pháp đơn giản và phương pháp chi tiết theo nguồn từ IPCC và EMEP/CORINAIR, 2006. Phương pháp đơn giản dựa trên loại phương tiện và mức tiêu thụ nhiên liệu. Dữ liệu tiêu thụ nhiên liệu tổng hợp theo ngành được coi là yêu cầu cơ bản. Phương pháp đơn giản được khuyến nghị cho tiểu ngành vận tải đường bộ. Các hệ số phát thải số lượng lớn không được kiểm soát đối với từng loại nhiên liệu được sử dụng được thu thập để tính toán lượng phát thải. Kiểm kê khí thải chi tiết đối với vận tải đường bộ sẽ tính đến lượng khí thải trên quãng đường xe chạy hoặc lượng khí thải trên một khối lượng nhiên liệu. Phương pháp đầu tiên phù hợp với phân bố không gian tốt hơn và hữu ích trong việc xác định các nhóm nguồn cụ thể (nghĩa là động cơ diesel hạng nặng hoặc hạng nhẹ). Tuy nhiên, điều này có thể yêu cầu thông tin chi tiết về đội xe, thông tin này thường không có sẵn ở hầu hết các nước đang phát triển. Mặt khác, lượng khí thải trên mỗi khối lượng nhiên liệu cần ít biến hơn nhiều và có thể loại bỏ sự phụ thuộc vào kích thước động cơ. Tuy nhiên, số liệu thống kê về mức tiêu thụ nhiên liệu không chắc chắn so với tổng quãng đường đã lái. Nếu có sẵn dữ liệu, phương pháp tính theo tổng quãng đường đã lái được đề xuất ưu tiên (Ram M. Shrestha và c.s., 2013). Có thể thấy phương pháp ước tính phát thải chi tiết hơn, cấp độ 2 hoặc 3 là cần thiết đối với phát thải giao thông đường bộ bởi mức đóng góp của lĩnh vực này trong tổng phát thải ở Việt Nam là đáng cân nhắc. Đặc biệt ở cấp độ thành phố, GTVT xe máy chiếm một tỷ lệ phát thải cần quan tâm.

Để thực hiện kiểm kê phát thải chi tiết ở bậc cao một cách đơn giản hơn, mô hình EMISENS có thể đáp ứng. EMISENS được phát triển bởi tác giả Hồ Quốc Bằng và Clappier tại phòng thí nghiệm LPAS, Trường Đại học bách khoa Liên bang Lausanne (EPFL), Thụy Sỹ trong khoảng 6 năm từ 2003 - 2010 (Quoc Bang Ho, 2010). Mô hình này đã được ứng dụng thành công trong tính tải lượng phát thải trong lĩnh vực giao thông ở nhiều nước trên thế giới; ví dụ các nước đang phát triển như thành phố Bogota (Columbia), Algiers (Algeria), Agadir (Moroco), Bangalore (Ấn Độ) và Hồ Chí Minh (Việt Nam)… hay các nước phát triển như thành phố Strasbourg (Pháp), Seoul (Hàn Quốc), Ispra (Ý)…

Tính toán phát thải khí thải bằng mô hình EMISENS, tính cho từng loại xe và tính cho từng loại phát thải (nóng, lạnh và bay hơi). Nguồn giao thông do tính phức tạp, nhiều loại xe được sử dụng với các nguồn nhiên liệu khác nhau cũng như tính chất của mỗi con đường khác nhau, nên mô hình tính toán phát thải cho hoạt động giao thông EMISENS được sử dụng, nhằm tiết kiệm thời gian tính toán và giảm sai số nhờ kết hợp hai phương pháp tiếp cận bottom-up và top-down.

Phát thải do hoạt động giao thông được phân thành 3 loại phát thải: Phát thải nóng (hot emissions), phát thải lạnh (cold emissions) và phát thải do bay hơi (evaporation emissions) theo công thức sau:

$$E = E_{hot} + E_{cold} + E_{evap}$$

Mỗi loại phát thải đều tuân theo một công thức tính tổng quát trong EMISENS đó là:

$$E_{ip,ie} = e_{ip,ie} A_{ie}$$

Trong đó:

E: là tổng phát thải.

ip: là loại chất ô nhiễm (CO, NO_x, NMVOC, CH_4…).

ie: là loại nguồn phát thải.

e: là hệ số phát thải.

A: là các hoạt động của giao thông.

Phát thải nóng thải ra ở ống bô xe khi xe di chuyển với động cơ nóng và nhiệt độ ổn định, đây chủ yếu là sản phẩm của quá trình đốt cháy nhiên liệu. Phát thải lạnh là phát thải xảy ra khi nhiệt độ động cơ còn thấp, chưa đạt đến nhiệt độ ổn định, phát thải này cũng xảy ra khi khởi động xe có nhiệt độ động cơ thấp hơn nhiệt độ khí quyển. Phát thải bay hơi là phát thải tự nhiên của nhiên liệu trong môi trường tự nhiên, phát thải bay hơi chỉ được tính cho xe động cơ chạy bằng xăng và phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ. Phát thải bay hơi gồm 3 loại chính là running losses (Erulo), hot soak (Ehoso) và diurnal losses (Edilo).

Để cung cấp dữ liệu cho các mô hình, nguồn dữ liệu, số liệu về điều kiện tự nhiên, kinh tế, xã hội, môi trường từ các báo cáo quốc gia, đề tài nghiên cứu, bài báo khoa học, số liệu từ Tổng cục thống kê, các Sở, ban, ngành trên website chính thức của TP. Hà Nội được khai thác. Dữ liệu về lưu lượng giao thông theo thực tế được thu thập bằng cách đếm xe trực tiếp tại các tuyến đường để thu thập dữ liệu đếm xe ban ngày và đếm xe thông qua camera đối với các tuyến đường xác định thông tin thu thập là dữ liệu lưu lượng cả ngày (24h). Dữ liệu về phương tiện thu thập từ phỏng vấn xe trên địa bàn quận huyện, khảo sát ngẫu nhiên thực hiện trên địa bàn toàn thành phố. Số phiếu mẫu khảo sát cần đảm bảo độ tin cậy và tính đại diện cho toàn khu vực nghiên cứu, vì vậy, số phiếu điều tra tính theo công thức của Yamane. Tổng số 1.600 phiếu khảo sát được thu thập, ngoài ra hơn 4.000 dữ liệu kế thừa từ các nguồn khác nhau cũng được chọn lọc, phân tích bổ sung. Khảo sát thực hiện ngẫu nhiên trên cả 30 quận, huyện tại TP. Hà Nội cũng cho thấy sự không đồng đều với phân bố xe theo năm sản xuất trên từng quận, huyện, song vì phương tiện xe máy di chuyển linh động trên toàn thành phố nên không xét đến phân bố theo địa phương.

Đối với mô hình IVE, dữ liệu đầu vào là 2 tập tin Fleet và Location. Trong đó, tập tin Fleet thể hiện thành phần % các dòng thông số kỹ thuật khác nhau của phương tiện bao gồm loại xe, loại nhiên liệu, trọng tải, hệ thống kiểm soát không khí/nhiên liệu, hệ thống kiểm soát khí thải, số km đã di chuyển. Tập tin location thể hiện các ảnh hưởng của phương thức lái như vận tốc, gia tốc, số lần khởi động, thời gian nghỉ giữa các lần hoạt động của động cơ, thông số khí hậu của khu vực và đặc điểm nhiên liệu đến hệ số phát thải của phương tiện. Cụ thể, tập tin location bao gồm đặc điểm về phương thức lái (số lượng xe, đặc điểm lái là gia tốc và vận tốc, số lần khởi động, phân phối thời gian nghỉ - thời gian nghỉ giữa các lần hoạt động của động cơ); điều kiện môi trường (nhiệt độ, độ ẩm, độ cao so với mặt nước biển và độ dốc của đường); đặc điểm nhiên liệu (chất lượng nhiên liệu, nồng độ các chất ô nhiễm và phụ gia).

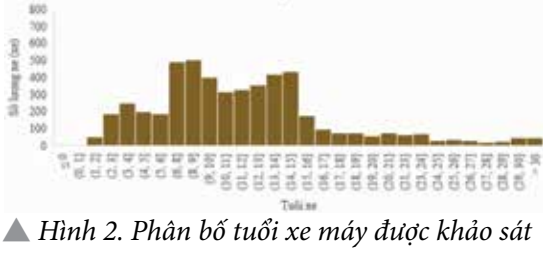
Các dữ liệu đầu vào cho mô hình EMISENS được tổng hợp thành các tệp định dạng ".avg" chạy trên nền tảng Ubuntu. Các dữ liệu đầu vào bao gồm số lượng từng loại xe, tỷ lệ từng loại, đời xe, nhiên liệu sử dụng, số km xe đã chạy, lộ trình xe chạy, hệ số phát thải nóng, lạnh và bay hơi sau khi đã tổng hợp và tính toán từ excel trong bộ công cụ, lưu lượng từng loại xe, độ không đảm bảo dữ liệu đầu vào, nhiệt độ trung bình… Dữ liệu hệ số phát thải được tính toán từ mô hình IVE nhằm mục đích cải thiện kết quả của mô hình phù hợp với điều kiện của Hà Nội.

3. KẾT QUẢ

3.1. Đặc điểm phát thải của xe gắn máy tại Hà Nội

Thu thập thông tin về số lượng phương tiện tại TP. Hà Nội theo 5 loại phương tiện, xe máy chiếm tỷ lệ lớn nhất với gần 90% với đội xe 6.091.986 chiếc. Lưu lượng các loại phương tiện trên các loại đường ở TP. Hà Nội từ số liệu thực tế khảo sát năm 2022 hiệu chỉnh với số liệu thu thập từ giai đoạn cho thấy trung bình trong một giờ ở tất cả các loại đường có tổng lượng xe lưu thông là 11.125 phương tiện tính trên tổng lượng phương tiện giao thông thống kê, chiếm tỷ lệ 0,164%. Có 8.765 xe máy lưu thông trên các tuyến đường ở Hà Nội trong một giờ. Lưu lượng xe trên các tuyến đường ở Hà Nội cho thấy dòng xe rất hỗn tạp, các khu công nghiệp đan xen với khu dân sinh nên, đường nội thị chính có số lượt xe máy trung bình trên giờ cao nhất so với các tuyến đường khác, đường khu công nghiệp có lưu lượng xe máy nhỏ nhất so với 4 loại đường còn lại. Xe máy là phương tiện sử dụng chủ yếu của người dân, tỷ lệ xe máy chiếm đông nhất và cũng được sử dụng nhiều nhất. Có thể thấy, lưu lượng xe máy ở đường nội thị chính là lớn nhất, song xét trên tỷ lệ phương tiện, ở đường nội thị phụ lại có tỷ lệ lớn nhất lên đến 86,3% phương tiện xe máy lưu thông, trong khi đó so với tổng phương tiện thì tỷ lệ các loại xe khác chiếm lưu lượng nhỏ hơn lần lượt là xe ô tô 11,2%, các loại xe tải có lưu lượng chiếm chưa đến 1%. Trong khi đó đối với đường nội thị chính, tỷ lệ lưu lượng xe máy là 81,4%, tỷ lệ lưu lượng xe ô tô ở nội thị chính chiếm 16,3% các phương tiện lưu thông trên loại đường này. Điều này thể hiện tính chất của các loại đường ở Hà Nội, khi lưu lượng xe tải nặng và nhẹ đều tập trung ở hai nhóm đường quốc lộ và tỉnh lộ, còn xe buýt/xe khách tập trung ở quốc lộ và nội thị chính.

Tổng hợp kết quả hoạt động xe cho thấy, thành phần xe theo độ tuổi từ 0-5 năm chiếm 17,2% số lượng xe máy, độ tuổi 6-10 năm chiếm 40,3%, độ tuổi 11-15 năm chiếm 27,4%, lượng xe từ 16-20 năm chiếm 7,2% và xe hơn 20 năm chiếm 7,9%. Tuổi trung bình xe máy là 11,2 năm, nhỉnh hơn so với 8-10 năm trong tổng hợp của GIZ về các nghiên cứu năm 2015 của (Trang và c.s., 2015) và cao hơn nhiều so với 3,6 năm trong kết quả nghiên cứu năm 2008 của nhóm Kim Oanh và cộng sự.



▲ *Hình 2. Phân bố tuổi xe máy được khảo sát ở Hà Nội năm 2021-2022*

Dữ liệu hoạt động của xe máy tại Hà Nội cho thấy, trung bình mỗi xe di chuyển 16,4 km/ngày, khoảng quãng đường nhiều phương tiện đi trong một ngày nhất từ 8,1-10,8 km/ngày, tương ứng trung vị là 12,3 km/ngày. Với tính chất phức tạp của giao thông Hà Nội, để hạn chế ảnh hưởng của các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất, quãng đường trung vị được lựa chọn để tính toán phát thải. Với quãng đường di chuyển một ngày là 12,3 km, tương ứng với khoảng 4.500 km/năm, cao hơn 5% so với Niên giám thống kê vận tải và Logistics năm 2018 của Viện Chiến lược và Phát triển GTVT (TDSI), Dự án xây dựng chiến lược an toàn giao thông đối với xe máy và kế hoạch hành động: Một khởi đầu của Việt Nam do nhóm Đức Nguyễn và cộng sự thực hiện năm 2019.

Bảng 1. Đặc điểm về quãng đường di chuyển của nhóm xe máy ở Hà Nội, giai đoạn 2021-2022

Tóm tắt quãng đường phương tiện đi trong một ngày (km/day)			
Trung bình	Trung vị	Lớn nhất	Nhỏ nhất
16,4	12,3	200	0,5

Theo số liệu khảo sát, số lượng xe chủ đạo trong nhóm phương tiện xe máy ở TP. Hà Nội sản xuất từ 2007 đến 2017 chiếm 69% với tiêu chuẩn khí thải EURO II, 17% phương tiện sản xuất sau năm 2017 tuân theo tiêu chuẩn khí thải EURO III, xe máy sản xuất từ 1999 - 2007 chiếm 11% tương ứng với tiêu chuẩn khí thải EURO I và xe máy sản xuất trước 1999 đang hoạt động là 3%.

Đối với chất lượng xăng hiện nay, các cây xăng đều phải tuân thủ tiêu chuẩn kỹ thuật. Petrolimex là đơn vị kinh doanh chiếm thị phần lớn nhất trong ngành xăng dầu với 50% thị phần nội địa, các thông số của xăng Petrolimex được sử dụng để tính toán trong mô hình IVE. Trong xăng mức chất lượng II, hàm lượng chì max 0,013 g/l, hàm lượng lưu huỳnh max là 350 mg/kg, hàm lượng benzen max 2,5% thể tích, oxygene max 2,5% khối lượng.

Từ dữ liệu đầu ra của mô hình IVE đưa ra được các hệ số phát thải trong quá trình khởi động và quá trình chạy của các chất khí nhà kính và chất ô nhiễm không khí ứng với trạng thái nền. Kết quả tổng hợp trong Bảng 2.

Bảng 2. Hệ số phát thải đặc trưng của nhóm xe máy ở Hà Nội

Chất	EF running (g/km)	EF start - up (g/lần khởi động)
PM	0,094	0,123
SO_x	0,006	0,001
CO	12,630	10,874
NO_x	0,310	0,804

Kết quả tính hệ số phát thải cũng xác định cho CO là 12,63 g/km, giá trị thấp hơn hệ số phát thải 20,3 g/km trong tài liệu ABC Emission Inventory Manual (Ram M. Shrestha và c.s., 2013) nhưng sát với với kết quả của nhóm Thu và cộng sự công bố năm 2010, 11,35 g/km (Thu Ta Huong và c.s., 2010) và nằm trong nhóm các hệ số trong nghiên cứu của Hoàng Dương Tùng và nnk năm 2011, khoảng 8,87 - 15,69 g/km đối với các loại xe cụ thể (Tung H. D. và c.s., 2011) và hệ số 12,09 g/km được dẫn trong Công văn số 3051/BTNMT-TCMT ban hành ngày 7/6/2021 về hướng dẫn kỹ thuật xây dựng Kế hoạch quản lý chất lượng môi trường không khí. Có thể thấy, hệ số phát thải liên quan đến cháy thiếu khí lớn hơn, có thể do các điều kiện ngoại biên và các tỷ lệ loại xe khác nhau. Hệ số này cũng nhỏ hơn đáng kể với hệ số phát thải trong Báo cáo của IPCC 1996, hệ số phát thải từ 530 g/km.

Đối với PM, hệ số phát thải EF running và EF start-up lần lượt là 0,094 g/km và 0,123 g/lần khởi động. Đối với hệ số phát thải của PM trong quá trình chạy, trong nghiên cứu của nhóm Kim Oanh năm 2008 trong khoảng 0,006 - 0,127 g/km đối với các loại đường khác nhau, kết quả hệ số cho thấy có thể sử dụng đại diện cho tất cả tuyến đường tại Hà Nội như cách tiếp cận của nghiên cứu này.

Hệ số phát thải của SO_x trong quá trình khởi động 0,001 g/lần khởi động, tương đương với kết quả của nhóm Kim Oanh và cộng sự công bố năm 2010. Đối với hệ số phát thải khi di chuyển, kết quả 0,006 g/km tại nghiên cứu này lại thấp hơn. Tỷ lệ phát thải SO_x ảnh hưởng từ tỷ lệ lưu huỳnh trong nhiên liệu, hiện nay, theo QCVN 01:2022/BKHCN tối đa 500 mg/kg nhiên liệu ở mức 2 và 10 mg/kg ở mức 5, còn trong tiêu chuẩn cơ sở của Petrolimex là 350 mg/kg.

Các hệ số phát thải là một đóng góp cho cơ sở dữ liệu về các hệ số phát tại khu vực Hà Nội, Việt Nam. Các hệ số phát thải thu được trong nghiên cứu này cũng sẽ giúp cải thiện độ chính xác của các mô hình phát thải, kiểm kê phát thải, đóng vai trò quan trọng trong quản lý và quy hoạch giao thông của Hà Nội.

3.2. Kiểm kê phát thải từ xe gắn máy tại Hà Nội

Từ dữ liệu thu thập và xử lý, mô hình EMISENS hoạt động và trả về dữ liệu phát thải khí nhà kính từ xe máy tại Hà Nội được trình bày Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả kiểm kê khí thải từ nhóm xe máy ở Hà Nội theo phương pháp bậc 3

Chất	PM	SO_x	CO	NO_x
Đơn vị: tấn/năm	5.261	345	845.340	22.478

Tổng phát thải bụi từ xe máy là 5.261 tấn/năm, NO_x là 22.478 tấn/năm, CO là 845.340 tấn/năm và SO_x là 345 tấn/năm. Dữ liệu xác định từ hệ số phát thải từ mô hình IVE được tìm ra trong nghiên cứu này, thể hiện kết quả kiểm kê chi tiết từ nguồn xe máy. Kết quả này lớn hơn kết quả kiểm kê năm 2008 của nhóm Hoàng Dương Tùng và cộng sự, kết quả CO là 150.729 tấn, NO_x là 2.005 tấn (Tung H. D. và c.s., 2011). Có lẽ sự khác biệt do sự gia tăng xe máy và từ dữ liệu chi tiết, phương pháp thực hiện kiểm kê và cho thấy ý nghĩa của việc kiểm kê phát thải cập nhật trong các khoảng thời gian 3-5 năm một lần. Kết quả kiểm kê cho thấy xe máy là nguồn thải cần kiểm soát và áp dụng các biện pháp giảm phát thải để giảm các chất ô nhiễm không khí. Kết quả kiểm kê lại khẳng định, xe máy là nhóm phương tiện phát thải mạnh các chất ô nhiễm không khí. Trong nghiên cứu ở Hồ Chí Minh với kết quả kiểm kê năm 2017 công bố năm 2020 của nhóm Hồ Quốc Bằng và cộng sự cũng cho thấy sự đóng góp đáng kể nhóm xe này (Quoc Bang Ho và c.s., 2020).

4. THẢO LUẬN

Nghiên cứu đã tính toán phát thải chất ô nhiễm không khí từ hoạt động của xe mô tô, xe gắn máy trong giao thông đường bộ trên địa bàn TP. Hà Nội theo mức 3 với số liệu hệ số phát thải và hoạt động dành riêng cho nhóm xe tại

địa bàn. Kết quả này đưa ra hiện trạng phát thải, chi tiết cho nhóm xe máy tại TP. Hà Nội. Trên cơ sở đó, nghiên cứu góp phần làm nổi bật nhu cầu cần có những giải pháp nhằm quản lý, giảm thiểu phát thải ra không khí trong hiện tại và xây dựng kế hoạch kiểm soát tốt ô nhiễm không khí trong tương lai từ nguồn phương tiện cá nhân đông đảo nhất này. Về kỹ thuật, có thể kiểm soát xe máy lưu thông trong giới hạn tuổi xe được lưu hành, khuyến khích kiểm tra xe thường xuyên, ưu tiên chuyển đổi phương tiện sang các phương tiện công cộng, xe đạp, thay đổi nhiên liệu sạch như thúc đẩy sử dụng xe điện, nghiên cứu sử dụng xe hydrogen, xe CNG, nhiên liệu sinh học có độ sạch cao, xe mới áp dụng tiêu chuẩn EURO mức 3 trở lên với các bộ lọc xúc tác, kiểm soát nhiên liệu… Về quản lý, các biện pháp khuyến khích phương tiện công cộng hay quản lý xe máy là cần thiết, ngoài ra việc triển khai đề án cấm xe cần được tiến hành song song với phát triển mạng lưới giao thông thay thế, giới hạn xe máy hoạt động trong những khu vực đông đúc, có nhiều ngã rẽ, đèn đỏ… những nơi tốc độ xe chậm và thường kẹt xe là những khu vực làm tăng hệ số phát thải của xe. Với kết quả nghiên cứu trên cũng mở ra các hướng nghiên cứu tiếp theo.

5. KẾT LUẬN

GTVT là động lực cho sự phát triển thịnh vượng của Hà Nội, bên cạnh đó cũng tạo ra các thách thức, đặc biệt là ô nhiễm không khí. Vấn đề này đã được các bên quan tâm, đặc biệt là đối với nhóm xe máy, chiếm số lượng đông đảo nhất tại Hà Nội. Nhóm xe mô tô, xe gắn máy tại Hà Nội được thống kê năm 2019 là 6.091.986 chiếc. Lưu lượng các loại phương tiện trên các loại đường ở TP. Hà Nội từ số liệu thực tế khảo sát năm 2022 cho thấy có 8.765 xe máy lưu thông trên các tuyến đường ở Hà Nội trong một giờ. Dữ liệu về hoạt động của xe mô tô, xe gắn máy thay đổi, vì vậy, các nghiên cứu về hệ số phát thải mới và kiểm kê khí thải cần được nghiên cứu, thực hiện để cập nhật các dữ liệu trong tình hình hiện tại. Nghiên cứu này tập trung vào việc xác định đặc tính phát thải và kiểm kê phát thải trong lĩnh vực GTVT đường bộ với nhóm phương tiện cụ thể là xe mô tô, xe gắn máy. Kết quả nghiên cứu hướng tới đóng góp vào dữ liệu phát thải của giao thông đô thị, cung cấp thông tin khoa học cho các giải pháp giảm phát thải từ giao thông cá nhân.

Mô hình IVE được sử dụng để tính toán tỷ lệ phát thải trung bình đối với các loại phương tiện khác nhau, được áp dụng ở các quốc gia khác nhau trên thế giới như Trung Quốc, Việt Nam, Nepal... được sử dụng ở nghiên cứu này để xác định hệ số phát thải từ xe máy. Đối với kiểm kê phát thải, có 3 phương pháp tiếp cận theo hướng dẫn của IPCC để ước tính phát thải của nguồn di động giao thông đường bộ là bậc 1 (tier 1), bậc 2 (tier 2) và bậc 3 (tier 3). Để thực hiện kiểm kê phát thải chi tiết ở bậc cao một cách đơn giản hơn, mô hình EMISENS có thể đáp ứng. Mô hình EMISENS tính phát thải cho từng loại xe và cho từng loại phát thải (nóng, lạnh và bay hơi). Do tính phức tạp của giao thông, nhiều loại xe được sử dụng với các nguồn nhiên liệu khác nhau cũng như tính chất của mỗi con đường khác nhau, mô hình EMISENS tính phát thải cho hoạt động giao thông được sử dụng, nhằm tiết kiệm thời gian tính toán và giảm sai số nhờ kết hợp hai phương pháp tiếp cận là bottom-up và top-down.

Kết quả nghiên cứu về dữ liệu hoạt động của xe máy tại Hà Nội cho thấy, trung bình mỗi xe di chuyển 16,4 km/ngày, khoảng quãng đường nhiều phương tiên đi trong một ngày nhất từ 8,1-10,8 km/ngày, tương ứng trung vị là 12,3 km/ngày. Số lượng xe chủ đạo trong nhóm phương tiện xe máy ở TP. Hà Nội sản xuất từ 2007 - 2017 chiếm 69% với tiêu chuẩn khí thải EURO II, 17% phương tiện sản xuất sau năm 2017 tuân theo tiêu chuẩn khí thải EURO III, xe máy sản xuất từ 1999 - 2007 chiếm 11% tương ứng với tiêu chuẩn khí thải EURO I và xe máy sản xuất trước 1999 đang hoạt động là 3%.

Kết quả tính hệ số phát thải cho nhóm xe máy ở Hà Nội đối với CO là 12,63 g/km trong thời gian xe chạy và 0,123 g/lần trong thời gian khởi động. Với PM hệ số phát thải EF running và EF start-up lần lượt là 0,094 g/km và 0,123 g/lần khởi động. Hệ số phát thải của SO_x trong quá trình khởi động 0,001 g/lần khởi động và 0,006 g/km trong thời gian di chuyển. Các hệ số phát thải góp phần xây dựng cơ sở dữ liệu về các hệ số phát tại khu vực Hà Nội, Việt Nam.

Tổng phát thải bụi từ xe máy là 5.261 tấn/năm, NO_x là 22.478 tấn/năm, CO là 845.340 tấn/năm và SO_2 là 345 tấn/năm. Dữ liệu xác định với hệ số phát thải tính từ mô hình IVE được tìm ra trong nghiên cứu này, thể hiện kết quả kiểm kê chi tiết từ nguồn xe máy. Kết quả kiểm kê cho thấy xe máy là nguồn thải cần kiểm soát và áp dụng các biện pháp giảm phát thải để giảm các chất ô nhiễm không khí■

Lời cảm ơn: *Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ nhiệm vụ thường xuyên theo chức năng mã số TX2023-24-01.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Haikun Wang, Changhong Chen, Cheng Huang, & Lixin Fu. (2008). On-road vehicle emission inventory and its uncertainty analysis for Shanghai, China. Science of the Total Environment, 398(1-3), 60-67. https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2008.01.038

2. IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 3.1 CHAPTER 3 MOBILE COMBUSTION.

3. Kim Oanh, N. T., Thuy Phuong, M. T., & Didin Agustian Permadi. (2012). Analysis of motorcycle fleet in Hanoi for estimation of air pollution emission and climate mitigation co-benefit of technology implementation. Atmospheric Environment, 59, 438-448. https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2012.04.057

4. Kim Oanh Nguyen Thi, Thuy Phuong Mai Thi, & Didin Agustian Permadi. (2012). Analysis of motorcycle fleet in Hanoi for estimation of air pollution emission and climate mitigation co-benefit of technology implementation. AtmEn, 59, 438-448. https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2012.04.057

(Xem tiếp trang 15)

6. Hội nghị quản lý phân bón và thuốc bảo vệ thực vật ĐBSCL, 2021
7. Le Van Nam, 2016. Initial Study on te Possibility of Greenhouse Gas Emissions from Coastal Wetlands in Hai Phong. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển. 16(3): 267-274
8. Nguyễn Văn Phước, Nguyễn Thị Thu Hiền. Ước tính phát thải và đề xuất giảm thiểu khí nhà kính do sử dụng thuốc bảo vệ thực vật tại vùng trồng cây có múi tỉnh Bình Dương. Tạp chí Môi trường, số Chuyên đề Tiếng việt III/2021
9. Nguyễn Văn Phước. Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng phân bón, thuốc bảo vệ thực vật đến sản phẩm, môi trường và sức khoẻ con người trong khu vực trồng cây có múi trên địa bàn huyện Bắc Tân Uyên, Tỉnh Bình Dương và đề xuất các biện pháp phòng ngừa, khắc phục. Sở Khoa học và Công nghệ Bình Dương, 2019.
10. Nguyễn Công Thuận, Huỳnh Văn Thảo, Huỳnh Công Khánh, Nguyễn Hữu Chiếm, Trần Sỹ Nam, Taro Izumi và Nguyễn Văn Công. Kỹ thuật canh tác lúa tiết kiệm nước, giảm phát thải khí nhà kính và thích ứng biến đổi khí hậu. Tạp chí Khoa học trường Đại học Cần Thơ. Tập 58, Số Chuyên đề SDMD (2022): 231-238.
11. Tổng cục thống kê. Niên giám thống kê Việt Nam, 2022.
12. Mai Văn Trinh, 2018. Báo cáo điều tra hiện trạng sản xuất lúa tỉnh Thái Bình. Dự án canh tác lúa phát thải thấp. Viện Môi trường Nông nghiệp
13. Nguyễn, C.V. 2017. Tổng quan về Ô nhiễm nông nghiệp ở Việt Nam: Ngành Nuôi trồng thủy sản. Chuẩn bị cho Ngân hàng Tế giới, Washington, DC.
14. Trần Anh Tuấn, Đoàn Bá Trường. Hiện trạng quản lý chất thải rắn nông nghiệp và các đề xuất cải thiện: trường hợp nghiên cứu ở xã Nghĩa Dõng, thành phố Quảng Ngãi. Kỷ yếu Hội nghị khoa học Địa lý toàn quốc lần thứ XI/2019.
15. https://www.tayninh.gov.vn/Lists/tintucsukien/DispForm.aspx?ID=26701&CategoryId=

PHÁT THẢI TỪ HOẠT ĐỘNG CỦA XE MÔ TÔ, XE GẮN MÁY...

(Tiếp theo trang 9)

5. Pu Lyu, Peirong Wang, Yuanyuan Liu, & Yuanqing Wang. (2021). Review of the studies on emission evaluation approaches for operating vehicles. https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.07.004
6. Quoc Bang Ho. (2010). Optimal Methodology to Generate Road Traffic Emissions for Air Quality Modeling: Application to Ho Chi Minh City Air emission inventory and air quality modeling for Can Tho city, Vietnam View project Development of air pollution map for Ho Chi Minh city, Vietnam View project [PhD, EPFL]. https://doi.org/10.5075/epfl-thesis-4793
7. Quoc Bang Ho, Ngoc Khue Vu Hoang, Thoai Tam Nguyen, & Thuy Hang Nguyen Thi. (2020). Traffic air emission inventory and measures to reduce air pollution in Ho Chi Minh City, Vietnam. Journal of Urban Environment, 29-38. https://doi.org/10.34154/2020-JUE-0101-29-38/EURAASS
8. Ram M. Shrestha, Nguyen Thi Kim Oanh, Rajendra P. Shrestha, Maheswar Rupakheti, Salony Rajbhandari, Didin Agustian Permadi, Thongchai Kanabkaew, & Mylvakanam Iyngararasan. (2013). Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual.
9. Thu Ta Huong, Tuan Le Anh, & Dung Nghiem Trung. (2010). PRELIMINARY ESTIMATION OF EMISSION FACTORS FOR MOTORCYCLES IN REAL-WORLD TRAFFIC CONDITIONS OF HANOI. Vietnam Journal of Science and Technology, 48(3). https://doi.org/10.15625/0866-708X/48/3/1147
10. Trang, T. T., Van, H. H., & Oanh, N. T. K. (2015). Traffic emission inventory for estimation of air quality and climate co-benefits of faster vehicle technology intrusion in Hanoi, Vietnam. Các-bon Management, 6(3-4), 117-128. https://doi.org/10.1080/17583004.2015.1093694/SUPPL_FILE/TCMT_A_1093694_SM8768.PDF
11. Tung H. D., Tong H. Y., Hung W. T., & Anh N. T.N. (2011). Development of emission factors and emission inventories for motorcycles and light duty vehicles in the urban region in Vietnam. The Science of the total environment, 409(14), 2761-2767. https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2011.04.013
12. Vicente Franco, Marina Kousoulidou, Marilena Muntean, Leonidas Ntziachristos, Stefan Hausberger, & Panagiota Dilara. (2013). Road vehicle emission factors development: A review. Atmospheric Environment, 70, 84-97. https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2013.01.006
13. Xuesong Zhou, Shams Tanvir, Hao Lei, Jeffrey Taylor, Bin Liu, Nagui M. Rouphail, & H. Christopher Frey. (2015). Integrating a simplified emission estimation model and mesoscopic dynamic traffic simulator to efficiently evaluate emission impacts of traffic management strategies. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 37, 123-136. https://doi.org/10.1016/J.TRD.2015.04.013