

# ĐỊNH HƯỚNG ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ HIỆN ĐẠI ĐỂ THỰC HIỆN NGUYÊN TẮC AN TOÀN CHỦ ĐỘNG TRONG PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN HỆ THỐNG AN TOÀN GIAO THÔNG ĐƯỜNG BỘ

TS. Thái Hồng Nam  
PGS.TS. Nguyễn Quang Đạo  
TS. Nguyễn Văn Bích  
TS. Vũ Minh Tâm

*Bộ môn Đường ô tô - Đường đô thị, Khoa Cầu đường  
Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*

## TÓM TẮT:

Tiếp cận hệ thống an toàn giao thông (HTAT) là một trong năm quan điểm được đưa ra trong Chiến lược quốc gia đảm bảo trật tự, an toàn giao thông (ATGT) đường bộ giai đoạn 2021-2030 và tầm nhìn đến năm 2045 (Phê duyệt theo quyết định số 2060/QĐ-TTg ngày 12 tháng 12 năm 2020 của Thủ tướng Chính phủ). Trong các nguyên tắc tiếp cận HTAT thì nguyên tắc an toàn chủ động (ATCD) là một hướng đi tích cực và hiện đại. Đó là, thay vì cách tiếp cận các hoạt động về ATGT hiện nay chủ yếu là dựa trên thống kê những điều đã xảy ra rồi có phản ứng (reactive), thì cách tiếp cận chủ động (proactive) là theo hướng ngăn ngừa từ nguồn gốc phát sinh tai nạn giao thông (TNGT). Có thể nêu ra cách tiếp cận ATCD như là, áp dụng mô hình Quản lý mới trong giao thông vận tải (GTVT) để ngăn ngừa từ nguồn gốc phát sinh TNGT, tăng cường kiểm toán ATGT ở mọi giai đoạn vòng đời của dự án; tăng cường giám sát theo dõi vận hành đường bộ, kiểm toán hoạt động để sớm cảnh báo nguy cơ TNGT, tích hợp nội dung An ninh, ATGT vào xu hướng tương lai của GTVT như: kết nối hệ thống phương tiện, hệ thống phương tiện giao thông tự động,... Bài báo này kiến nghị khung HTAT áp dụng cho Việt Nam gồm bảy trụ cột, sáu nguyên tắc. Đồng thời kiến nghị một số giải pháp áp dụng công nghệ hiện đại để thực hiện nguyên tắc ATCD trong HTAT tại Việt Nam, nhằm góp phần thực hiện sâu sắc quan điểm được nêu ra trong Quyết định số 2060/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ.

**Từ khóa:** Hệ thống an toàn giao thông, An toàn giao thông chủ động, Tai nạn giao thông, Quản lý giao thông, Công nghệ hiện đại.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo Từ điển Bách khoa toàn thư Việt Nam [1], an toàn giao thông (ATGT) là “sự an toàn, thông suốt và không bị xâm hại đối với người và phương tiện tham gia giao thông khi hoạt động trên các tuyến đường bộ, đường sắt, đường thủy và

đường hàng không”. Vũ Hoài Nam [2] đã chỉ ra rằng an toàn giao thông có thể xem là một rủi ro tai nạn giao thông (TNGT) có xác suất xảy ra nhỏ. Hệ thống an toàn giao thông (HTAT) đã phát triển từ những ý tưởng xuất hiện ở Thụy Điển và Hà Lan vào giữa những năm 1990 và sau đó là Úc vào thế kỷ 20 từ năm 1999 đến 2002 [3]. Hiện nay, tổ chức y tế thế giới (WHO) và các nước phát triển trên thế giới như Mỹ, Nhật, các nước thuộc liên minh Châu Âu,... đã và đang áp dụng cách tiếp cận HTAT [4-5]. Tiếp cận HTAT có mục tiêu là loại bỏ các thương tích nghiêm trọng và tử vong do TNGT gây ra cho tất cả những người tham gia giao thông. Để đảm bảo đạt được mục tiêu này, HTAT cần được xây dựng dựa trên sáu nguyên tắc, bao gồm: không có tử vong và thương tích nghiêm trọng, chấp nhận lỗi do con người, con người dễ bị tổn thương, trách nhiệm được chia sẻ, an toàn chủ động, dự phòng là rất quan trọng [6]. Theo cục quản lý đường bộ liên bang (FHWD), Bộ giao thông vận tải Hoa Kỳ [6], một HTAT được xây dựng bao gồm năm trụ cột: người tham gia giao thông (con người) an toàn, phương tiện an toàn, hạ tầng đường bộ an toàn, tốc độ an toàn, ứng phó sau TNGT (xem Hình 1). Thực hiện mục tiêu của phương pháp tiếp cận HTAT có nghĩa là áp dụng đầy đủ sáu nguyên tắc để giải quyết mọi khía cạnh của rủi ro va chạm thông qua năm trụ cột của HTAT. Tất cả các trụ cột của HTAT phải được hợp nhất với nhau để nâng lên tác dụng của chúng, và nếu một trụ cột bị lỗi, nó sẽ vẫn được bảo vệ bởi các trụ cột khác của HTAT [7-8].



Hình 1. HTAT của các nước trên thế giới [6]

Chính phủ Việt Nam đã đưa ra nhiều chính sách, chiến lược để đảm bảo trật tự, ATGT trong cả nước. Một trong những chiến lược quan trọng là “Chiến lược quốc gia đảm bảo trật tự, an toàn giao thông đường bộ giai đoạn 2021-2030 và tầm nhìn đến năm 2045” theo quyết định số 2060/QĐ-TTg ngày 12 tháng 12 năm 2020 của Thủ tướng Chính phủ [9]. Chiến lược này đưa ra 5 quan điểm, trong đó có quan điểm: “Thực hiện đồng bộ 5 trụ cột về an toàn giao thông đường bộ (gồm: quản

lý nhà nước, kết cấu hạ tầng, phương tiện giao thông, người tham gia giao thông, ứng phó sau TNGT) theo hướng tiếp cận hệ thống an toàn giao thông hiện đại, bảo đảm hoạt động giao thông đường bộ an toàn, thông suốt, hiệu quả, thân thiện môi trường, góp phần phát triển kinh tế - xã hội, bảo đảm quốc phòng, an ninh và hội nhập quốc tế”. Có thể nhận thấy rằng, quan điểm tiếp cận HTAT của chính phủ Việt Nam là phù hợp với xu thế chung của thế giới. Tuy nhiên, khi so sánh với HTAT của các nước phát triển trên thế giới, Việt Nam coi “quản lý nhà nước” là một trụ cột của HTAT trong khi các nước phát triển lại không xét đến. Ngược lại trụ cột “tốc độ an toàn” là một trong năm trụ cột trong HTAT của các nước phát triển trên thế giới, nhưng HTAT của Việt Nam lại không được xem xét đến. Rõ ràng cần phải có phân tích cụ thể về sự khác nhau này giữa các HTAT của Việt Nam và các nước phát triển. Đồng thời, chúng ta biết rằng, yếu tố môi trường như thời tiết, khí hậu, ô nhiễm khói bụi,... cũng là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến ATGT. Tuy nhiên, có thể thấy rằng yếu tố môi trường chưa được đề cập đến trong bất kỳ HTAT nào. “Liệu có nên đưa yếu tố môi trường vào HTAT hay không?” là một câu hỏi cần được giải đáp. Chiến lược ATGT của Việt Nam [9] có đưa ra mục tiêu tổng quát, trong đó có ý: “hàng năm giảm 5 - 10% số người chết và bị thương do tai nạn giao thông đường bộ một cách bền vững” và tầm nhìn đến năm 2045 “hướng đến mục tiêu không có người chết do TNGT đường bộ”. Ngoài ra, Chiến lược ATGT của Việt Nam [9] cũng chưa chỉ ra các nguyên tắc để xây dựng HTAT. Như đã chỉ ra ở trên, các nước phát triển đã đặt mục tiêu không có người chết do TNGT đường bộ từ năm 1999. “Nước ta có nên đặt mục tiêu không có người chết do TNGT sớm hơn không?” cũng là một câu hỏi cần được trả lời.

Một trong những nguyên tắc quan trọng hàng đầu trong tiếp cận HTAT là nguyên tắc an toàn chủ động (ATCD) - đây là một hướng đi tích cực, hiện đại, nó giúp ngăn ngừa từ nguồn gốc phát sinh TNGT. Việt Nam cũng đã và đang áp dụng nguyên tắc ATCD trong tiếp cận HTAT, một số ví dụ như: đưa ra quy định về tốc độ giới hạn trên các loại đường; quy định về yêu cầu thắt dây an toàn, đội mũ bảo hiểm khi tham gia giao thông; quy định về thẩm tra, thẩm định ATGT đối với các tuyến đường xây dựng mới, nâng cấp cải tạo và đang khai thác,... Trong thời kì cách mạng công nghiệp 4.0 hiện nay, các công nghệ hiện đại được xem là các công cụ rất hiệu quả để giải quyết các bài toán phức tạp trong nhiều lĩnh vực, trong đó có lĩnh vực giao thông. Tuy nhiên, việc sử dụng công nghệ hiện đại để áp dụng nguyên tắc ATCD trong HTAT tại Việt Nam còn rất hạn chế, cần đẩy mạnh việc áp dụng công nghệ hiện đại trong tất cả các trụ cột của HTAT.

Từ những vấn đề nêu ra ở trên, bài báo này tập trung vào các nội dung chủ yếu sau: (i) kiến nghị hướng tiếp cận HTAT tại Việt Nam (thống nhất các trụ cột của

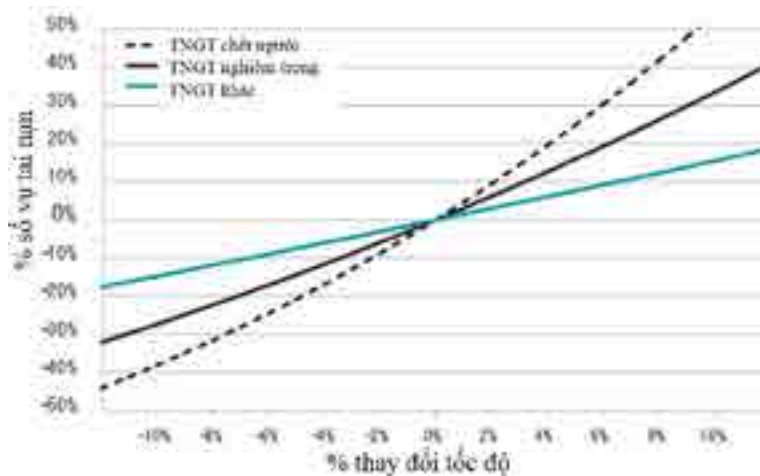
HTAT và các nguyên tắc thực hiện); (ii) kiến nghị các giải pháp sử dụng công nghệ hiện đại để áp dụng nguyên tắc ATCD trong HTAT tại Việt Nam.

## **2. KIẾN NGHỊ HƯỚNG TIẾP CẬN HTAT TẠI VIỆT NAM**

Theo WHO [5], cách tiếp cận HTAT nhằm mục đích phát triển một hệ thống giao thông đường bộ có khả năng xử lý lỗi của con người tốt hơn và có tính đến tính dễ bị tổn thương của cơ thể con người. Nó bắt đầu từ việc chấp nhận lỗi của con người và do đó nhận ra rằng không thể tránh khỏi hoàn toàn các vụ tai nạn giao thông. Mục tiêu của một HTAT là đảm bảo rằng tai nạn không dẫn đến thương tích nghiêm trọng cho con người. Cách tiếp cận cho rằng những hạn chế của con người - những gì cơ thể con người có thể chịu được về mặt động năng - là cơ sở quan trọng để thiết kế hệ thống giao thông đường bộ và các khía cạnh khác của hệ thống đường bộ, chẳng hạn như sự phát triển của môi trường đường bộ và phương tiện, phải được hài hòa trên cơ sở những hạn chế này. Người sử dụng đường bộ, phương tiện và mạng lưới đường bộ được giải quyết theo cách tích hợp, thông qua một loạt các biện pháp can thiệp, với sự quan tâm nhiều hơn đến quản lý tốc độ và thiết kế phương tiện và thiết kế đường bộ hơn là các phương pháp tiếp cận truyền thống đối với an toàn đường bộ. Cách tiếp cận này có nghĩa là chia sẻ trách nhiệm giữa người quản lý hệ thống, nhà sản xuất phương tiện, cơ quan thực thi pháp luật, nhân viên xử lý sự cố và người tham gia giao thông trong việc đảm bảo an toàn của HTAT [3, 5-7]. Cá nhân những người tham gia giao thông có trách nhiệm tuân thủ luật pháp và các quy định. Các đơn vị xây dựng HTAT chủ yếu bao gồm các đơn vị quản lý đường bộ, các đơn vị quản lý phương tiện, cảnh sát, và các cơ quan lập pháp. Tuy nhiên, có nhiều bên tham gia khác cũng chịu trách nhiệm về ATGT đường bộ, chẳng hạn như các dịch vụ y tế, hệ thống tư pháp, trường học và các tổ chức phi chính phủ. Có thể nhận thấy rằng, tại Việt Nam, hầu hết các đơn vị tham gia xây dựng HTAT đều thuộc hệ thống quản lý nhà nước hay nói khác đi quản lý nhà nước đóng vai trò rất quan trọng trong việc xây dựng và vận hành HTAT. Chính vì vậy, khi áp dụng phương pháp tiếp cận HTAT tại Việt Nam, quản lý nhà nước phải được coi là một trụ cột của HTAT, điều này đã được chỉ ra trong Chiến lược quốc gia đảm bảo trật tự, ATGT đường bộ giai đoạn 2021-2030 và tầm nhìn đến năm 2045.

Mặt khác, tốc độ là một trụ cột quan trọng trong HTAT của các nước phát triển, có liên quan trực tiếp đến tỉ lệ xảy ra TNGT, và góp phần đáng kể vào mức độ nghiêm trọng của hầu hết các vụ TNGT. Các biện pháp giải quyết tốc độ của phương tiện có thể giảm thiểu mức độ nghiêm trọng của các vụ TNGT bất kể nguyên nhân cơ bản của TNGT. Vấn đề về tốc độ một phần là vấn đề về hành vi, với việc người lái xe thường chọn đi với tốc độ không phù hợp, vượt quá tốc độ quy định [10]. Một số nghiên cứu của Úc đã chỉ ra rằng nguy cơ xảy ra TNGT thương vong nghiêm trọng tăng gấp đôi khi chỉ tăng tốc độ 5 km/h trên đường đôi trong đô thị hoặc tăng

10 km/h trên đường cao tốc nông thôn [11-12]. Nilsson [13] đã thiết lập mối quan hệ giữa % thay đổi về tốc độ giao thông trung bình và % thay đổi về số vụ TNGT. Như thể hiện trong Hình 2, mô hình Nilsson cho thấy tốc độ tăng 5% dẫn đến tăng khoảng 15% số TNGT nghiêm trọng và tăng 22% số vụ TNGT chết người. Tương tự, khi tốc độ trung bình giảm 5%, thường có ít hơn khoảng 15% số vụ TNGT nghiêm trọng và 20% số vụ TNGT chết người. Từ những dẫn chứng kể trên, bài báo này kiến nghị bổ sung tốc độ là một trụ cột của HTAT tại Việt Nam, đây là trụ cột chưa được đề cập đến trong Chiến lược ATGT của Việt Nam [9].



Hình 2. Mối quan hệ % thay đổi về tốc độ giao thông trung bình và % thay đổi về số vụ TNGT [13]

Một điểm khác cần lưu, các trụ cột của một hệ thống giao thông vận tải nói chung đều phụ thuộc nhiều vào yếu tố môi trường, bao gồm môi trường tự nhiên (thời tiết, khí hậu,...) và môi trường xã hội. Tỷ lệ và mức độ nghiêm trọng của các vụ TNGT phụ thuộc vào điều kiện môi trường. Ví dụ như, trong điều kiện thời tiết bất lợi như mưa bão, sương mù, băng giá,... tỷ lệ và mức độ nghiêm trọng của các vụ TNGT tăng lên đáng kể. Saha và cs. [14] đã theo dõi một loại các con đường tại Mỹ từ năm 1994 đến năm 2012 và chỉ ra rằng, trung bình, 65% số ca tử vong do TNGT liên quan đến thời tiết bất lợi xảy ra. Tamerius và cs. [15] nghiên cứu ảnh hưởng của thời tiết đến TNGT tại các con đường ở bang Iowa, Mỹ từ năm 2002 đến 2012 và kết luận rằng, trung bình, lượng mưa làm tăng nguy cơ tai nạn lên gần 70%. Những dẫn chứng kể trên cho thấy, việc đưa yếu tố môi trường trở thành trụ cột của HTAT là cần thiết. Tuy nhiên, như đã phân tích ở trên, hiện nay HTAT của các nước phát triển cũng như HTAT được nêu ra trong Chiến lược ATGT của Việt Nam đều không đề cập đến trụ cột này. Chính vì vậy, bài báo này kiến nghị bổ sung thêm trụ cột môi trường trong HTAT tại Việt Nam.

Từ các vấn đề phân tích ở trên và tham khảo HTAT của các nước phát triển trên thế giới, bài báo này kiến nghị HTAT tại Việt Nam bao gồm bảy trụ cột, và HTAT cần được xây dựng dựa trên sáu nguyên tắc (xem Hình 3). Để đảm bảo HTAT làm việc

hiệu quả thì tất cả các trụ cột của HTAT có mối quan hệ mật thiết với nhau, chúng đều phải được xây dựng dựa trên đầy đủ các nguyên tắc để đảm bảo một HTAT hoạt động hiệu quả, đạt được các mục tiêu đề ra về ATGT. Các kiến nghị về việc vận dụng các nguyên tắc HTAT vào các trụ cột HTAT được trình bày trong Bảng 1. Trong các nguyên tắc HTAT, ATCĐ là một nguyên tắc quan trọng để xác định và giảm thiểu các rủi ro tiềm ẩn trong HTAT, nó giúp phát hiện và xử lý sớm các vấn đề để đảm bảo an toàn cho toàn hệ thống. Có thể coi nguyên tắc ATCĐ là nguyên tắc dẫn hướng trong việc xây dựng HTAT.

*Bảng 1. Kiến nghị định hướng vận dụng các nguyên tắc HTAT vào các trụ cột HTAT*

<b>Nguyên tắc</b>	<b>Trụ cột</b>	<b>Mô tả các giải pháp và chính sách chính</b>
1. Không có tử vong và thương tích nghiêm trọng: Nghiên cứu ngưỡng chỉ tiêu nghiêm trọng, đặc thù loại chấn thương để tập trung giải quyết.	1. Con người an toàn	Người tham gia giao thông phải luôn tự đảm bảo an toàn cho bản thân và người tham gia giao thông khác, phải luôn tuân thủ luật giao thông đường bộ.
	2. Phương tiện an toàn	Trang bị đầy đủ các thiết bị an toàn, các công nghệ hiện đại để bảo vệ người tham gia giao thông, đảm bảo không có người tử vong và thương tích nghiêm trọng do TNGT.
	3. Đường an toàn	Cơ sở hạ tầng được thiết kế, quản lý và vận hành đảm bảo an toàn. Áp dụng các công nghệ hiện đại để nâng cao chất lượng phục vụ của đường, giảm thiểu nguy cơ xảy ra tai nạn
	4. Phản ứng sau TNGT	Các biện pháp sơ cứu, cứu hộ nhanh chóng, sử dụng công nghệ hiện đại giúp bảo vệ sức khỏe, mạng sống của người tham gia giao thông sau TNGT.
	5. Tốc độ an toàn	Quy định tốc độ giới hạn an toàn, chính xác và phù hợp với điều kiện thực tế của đường, nhằm mục đích giảm thiểu nguy cơ xảy ra TNGT nghiêm trọng; và được hỗ trợ bởi thiết kế đường, thực thi pháp luật, giáo dục lái xe và công nghệ phương tiện.
	6. Quản lý nhà nước	Phối hợp giữa các bộ, ban ngành để đưa ra các ngưỡng chỉ tiêu nghiêm trọng của TNGT. Phân tích các rủi ro lấy con người làm trung tâm và có các chính sách quản lý an toàn đường hiệu quả giúp ngăn ngừa các vụ va TNGT nghiêm trọng.
	7. Môi trường an toàn	Nâng cao sự chính xác của dự báo, cảnh báo các điều kiện bất lợi của môi trường tự nhiên (thời tiết, khí hậu,...), sự thay đổi của môi trường xã hội, kết hợp với các trụ cột khác, giúp người tham gia giao thông giảm được thương tích, tử vong nếu có xảy ra va chạm.
2. Con người mắc lỗi: Là những người tham gia giao thông trực tiếp hay gián tiếp	1. Con người an toàn	Mặc dù hệ thống chấp nhận các lỗi của con người để đảm bảo không có tử vong và thương tích nghiêm trọng, người tham gia giao thông phải luôn tự đảm bảo an toàn cho bản thân và người tham gia giao thông khác, phải luôn tuân thủ luật giao thông đường bộ.

Nguyên tắc	Trụ cột	Mô tả các giải pháp và chính sách chính
	2. Phương tiện an toàn	Trang bị đầy đủ thiết bị an toàn, các công nghệ hiện đại để khắc phục các lỗi mà người tham gia giao thông mắc phải hoặc hạn chế được tử vong và thương tích nghiêm trọng khi xảy ra TNGT.
	3. Đường an toàn	Lỗi của người tham gia giao thông được chấp nhận và có các biện pháp thiết kế, vận hành hệ thống đường bộ, công nghệ phương tiện để thích ứng với những sai lầm của người tham gia giao thông, làm giảm tác động của các vụ va chạm, nhằm tránh tử vong và thương tích nghiêm trọng.
	4. Phản ứng sau TNGT	Trang bị kiến thức về sơ cứu, cứu hộ TNGT, chuẩn bị kịch bản cứu hộ từ trước, trang bị công nghệ hiện đại để thông báo nhanh chóng, chính xác vị trí ngay sau khi TNGT xảy ra.
	5. Tốc độ an toàn	Tốc độ giới hạn phải được thiết lập đúng, hợp lý và phù hợp với điều kiện đường để hạn chế việc con người mắc lỗi.
	6. Quản lý nhà nước	Xây dựng và thống nhất hệ thống quản lý dữ liệu về ATGT bảo đảm tin cậy, đầy đủ và mở. Từ đó có căn cứ để phân tích các rủi ro lấy con người làm trung tâm và có các chính sách quản lý an toàn hiệu quả giúp ngăn ngừa các vụ TNGT nghiêm trọng do lỗi của con người gây ra.
	7. Môi trường an toàn	Nâng cao sự chính xác của dự báo, cảnh báo các điều kiện bất lợi về thời tiết, khí hậu, để giảm thiểu tối đa lỗi của người tham gia giao thông do ảnh hưởng bởi môi trường tự nhiên. Phải có các biện pháp thích nghi với các môi trường xã hội khác nhau để giảm thiểu tối đa lỗi của người tham gia giao thông do ảnh hưởng bởi sự thay đổi môi trường xã hội.
	3. Con người dễ bị tổn thương Là các đối tượng yếu thế như cột mô tả. Nghiên cứu điểm yếu của từng đối tượng về thể chất, đặc điểm khi tham gia giao thông	1. Con người an toàn
2. Phương tiện an toàn		Xe phải được trang bị các hệ thống an toàn (bao gồm cả chủ động và bị động) để bảo vệ người tham gia giao thông, cả bên trong và bên ngoài xe. Các thiết bị kỹ thuật xe phục vụ cho người dễ tổn thương có thể kể đến như: Túi khí; dây bảo hiểm cho lái xe, hành khách dễ tổn thương; phương tiện cộng cộng phải tiện lợi: sàn thấp, chỗ ngồi, cửa lên/xuống thuận tiện...;

Nguyên tắc	Trụ cột	Mô tả các giải pháp và chính sách chính
	3. Đường an toàn	<p>Hệ thống hạ tầng đường phải xem xét từ chính sách đầu tư, quy hoạch, thiết kế, vận hành để các đối tượng dễ tổn thương được bảo vệ an toàn hơn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Khả năng tiếp cận từ cửa đến cửa của người tàn tật và những đối tượng dễ tổn thương;</li> <li>- Bảo đảm an toàn và tạo mọi điều kiện cho người đi bộ và phương tiện không có động cơ tiếp cận điểm đến và trạm trung chuyển của hệ thống giao thông công cộng (GTCC);</li> </ul>
	4. Phản ứng sau TNGT	<p>Các biện pháp sơ cứu, cứu hộ nhanh chóng, sử dụng công nghệ hiện đại giúp bảo vệ sức khỏe, mạng sống của người tham gia giao thông sau TNGT.</p>
	5. Tốc độ an toàn	<p>Tốc độ giới hạn được thiết lập dựa trên các trạng thái của người tham gia giao thông dễ bị tổn thương và được hỗ trợ bởi các giải pháp kỹ thuật.</p>
	6. Quản lý nhà nước	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Can thiệp của nhà nước bằng chính sách, pháp luật, tiêu chuẩn để bảo vệ đối tượng dễ tổn thương;</li> <li>- Các tiêu chuẩn để xử lý các yếu tố vật lý của hệ thống, quản lý động năng của các vụ va chạm để tránh hậu quả thương tích nghiêm trọng.</li> </ul>
	7. Môi trường an toàn	<p>Nâng cao sự chính xác của dự báo, cảnh báo các điều kiện bất lợi của môi trường tự nhiên (thời tiết, khí hậu,...), sự thay đổi của môi trường xã hội, kết hợp với các trụ cột khác, giúp người tham gia giao thông giảm được thương tích, tử vong nếu có xảy ra va chạm.</p>
4. Trách nhiệm được chia sẻ: tất cả các trụ cột của HTAT phải có trách nhiệm để đảm bảo rằng các vụ va chạm không dẫn đến thương tích nghiêm trọng hoặc tử vong.	1. Con người an toàn	<p>TNGT có sự tham gia của nhiều bên và lĩnh vực:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hành vi của người tham gia giao thông nằm trong giới hạn an toàn do luật pháp, giáo dục, thực thi, công nghệ phương tiện và hành động của người tham gia giao thông nhất quán;</li> <li>- Các công ty vận tải và cơ quan chức năng (ví dụ: chủ sở hữu đội xe tư nhân và công cộng) có trách nhiệm tạo điều kiện để tài xế của họ tuân thủ các quy tắc;</li> <li>- Quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch hành lang bảo đảm hệ thống hạ tầng tiện ích;</li> <li>- Ngành Y tế có các giải pháp cứu chữa sau TNGT.</li> </ul>
	2. Phương tiện an toàn	<p>Các bên liên quan (đơn vị sản xuất, cơ quan kiểm định, đăng kiểm phương tiện,...) hợp tác trong việc phát triển và thực hiện một bộ đầy đủ các quy định, thủ tục và chính sách về phương tiện để đảm bảo các tiêu chuẩn an toàn cao cho phương tiện và thiết bị an toàn.</p>
	3. Đường an toàn	<p>Hạ tầng Đường bộ phải chứng tỏ là một dịch vụ an toàn, linh hoạt thích ứng, chịu trách nhiệm rõ ràng về những lỗi sai sót trong quy hoạch, thiết kế và vận hành; lấy kết quả của HTAT trong thiết kế, thẩm tra, vận hành và quản lý đường để phán xét.</p>



Nguyên tắc	Trụ cột	Mô tả các giải pháp và chính sách chính
	4. Phản ứng sau TNGT	Hệ thống mạng lưới liên lạc và thiết bị phù hợp, có quy trình chuyên môn cấp cứu, cho phép áp dụng chăm sóc ngay lập tức và hiệu quả, bao gồm từ những người phản ứng đầu tiên, bệnh viện và trung tâm y tế.
	5. Tốc độ an toàn	- Các bên liên quan hợp tác để đảm bảo rằng tốc độ giới hạn được xác định dựa trên loại chức năng và điều kiện cụ thể của đường theo thời gian thực; - Hệ thống luật, thiết kế, giáo dục lái xe, công nghệ phương tiện và cơ quan thực thi hỗ trợ việc tuân thủ tốc độ giới hạn.
	6. Quản lý nhà nước	- Hợp tác, phát triển và thực hiện chính sách an toàn đường bộ đa ngành có sự tham gia của các đối tác ở các cấp hành chính khác nhau; - Thống nhất mục tiêu về ATGT giữa các bộ ngành quản lý nhà nước thể hiện ở chiến lược, văn bản pháp luật và thực thi.
	7. Môi trường an toàn	- Các bên liên quan có trách nhiệm phù hợp trong việc dự báo, cảnh báo các điều kiện bất lợi về thời tiết, khí hậu, điều kiện tự nhiên khác, có biện pháp cảnh báo thích ứng theo thời gian thực; - Vùng địa lý hành chính khác nhau tồn tại môi trường xã hội không đồng nhất về văn hóa, trình độ phát triển được chấp nhận để có biện pháp thích nghi.
5. An toàn chủ động: kiểm soát hoạt động có thể xảy ra sự cố trước khi nó xảy ra thay vì chờ đợi để phản ứng sau khi sự cố đã xảy ra	1. Con người an toàn	Cung cấp kiến thức về các yêu cầu của người sử dụng đường bộ và điều này được hỗ trợ bởi công nghệ phương tiện, thực thi pháp luật và cơ sở hạ tầng.
	2. Phương tiện an toàn	Quản lý nhu cầu đi lại và sử dụng phương tiện theo các mô hình mới; kiểm toán, kiểm định, trang bị các công nghệ an toàn hiện đại để ngăn chặn các sự cố xảy ra. Ví dụ như: phương tiện được kết nối và tự vận hành (CAV) là một xu hướng được xem xét gắn liền với môi trường pháp lý, đặc biệt là kiểm soát ATGT.
	3. Đường an toàn	- Cung cấp một hệ thống hạ tầng đường bộ an toàn hơn; Xây dựng một quy trình nghiêm ngặt từ quy hoạch, thiết kế đến vận hành. Ví dụ: chỉ khi thẩm tra, kiểm toán ATGT ở các hoạt động trước đảm bảo yêu cầu về an toàn mới cho phép triển khai các hoạt động sau; - Thúc đẩy, áp dụng rộng rãi hệ thống giao thông thông minh (ITS), bao gồm cảm biến, camera giám sát, các ứng dụng di động và hệ thống thông tin lưu trữ để cung cấp thông tin giao thông và tối ưu hóa luồng giao thông; - Phải chứng tỏ được giải pháp kỹ thuật ngăn ngừa TNGT trong khi vận hành đường như: công cụ giảm số lượng xung đột, giảm nguy cơ xung đột nguy hiểm.

Nguyên tắc	Trụ cột	Mô tả các giải pháp và chính sách chính
	4. Phản ứng sau TNGT	Trang bị kiến thức về sơ cứu, cứu hộ TNGT, chuẩn bị kịch bản cứu hộ từ trước, trang bị công nghệ hiện đại để thông báo nhanh chóng, chính xác vị trí ngay sau khi TNGT xảy ra.
	5. Tốc độ an toàn	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Thiết lập tốc độ giới hạn phù hợp với điều kiện đường theo thời gian thực để cảnh báo thông tin đến người điều khiển trước khi gặp trở ngại;</li> <li>-Xây dựng tiêu chuẩn và hướng dẫn không khuyến khích tốc độ cao trong khu ở và khu vực ưu tiên tiếp cận.</li> </ul>
	6. Quản lý nhà nước	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Quán triệt xu thế giảm xung đột, bằng mô hình đa phương thức lấy GTCC + xe đạp + đi bộ làm nền tảng cho vận tải hành khách; Đường sắt tốc độ cao; Logistics và vận tải thủy là nền tảng cho vận tải hàng hóa;</li> <li>-Xây dựng chiến lược phát triển và ATGT có tầm nhìn về dự báo xu thế để luôn chủ động nghiên cứu, tạo môi trường pháp lý, không chậm hơn thực tiễn đòi hỏi;</li> <li>-Chú trọng Nghiên cứu đổi mới, áp dụng các mô hình quản lý giao thông, quản lý hạ tầng, phương tiện hiệu quả và ngăn ngừa giảm 3 tiêu chí TNGT;</li> <li>-Xây dựng chương trình đào tạo HTAT để phổ biến đến các địa phương;</li> <li>-Quản lý, kiểm soát chặt chẽ việc triển khai dự án để tất cả mọi hoạt động của dự án đều phải đảm bảo yêu cầu về ATGT;</li> <li>-Xây dựng và thống nhất hệ thống quản lý dữ liệu về ATGT bảo đảm tin cậy, đầy đủ và mở.</li> </ul>
	7. Môi trường an toàn	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Đưa thêm khái niệm vùng điều kiện tự nhiên để cảnh báo nguy hiểm giao thông;</li> <li>-Theo dõi điều kiện thời tiết theo thời gian thực để cảnh báo người điều khiển phương tiện và người tham gia giao thông;</li> <li>-Giải pháp ATGT thích hợp với môi trường xã hội: văn hóa, tập tục, trường học, bệnh viện,...</li> </ul>
6. Dự phòng là rất quan trọng: ATGT là hệ thống các yếu tố thành phần và trụ cột. Việc sai sót, yếu kém yếu tố này thì có yếu tố khác hỗ trợ, lấp khoảng trống, sai sót.	1. Con người an toàn	Người tham gia giao thông phải luôn được bảo vệ ngay cả khi một trong các trụ cột khác của HTAT gặp sự cố. Phải trang bị kỹ năng xử lý sự cố cho người tham gia giao thông thông qua giáo dục, truyền thông,...
	2. Phương tiện an toàn	Phương tiện phải được trang bị các thiết bị dự phòng thiết yếu như: lớp dự phòng, dụng cụ sửa chữa, dụng cụ y tế thiết yếu,... Phương tiện phải được thường xuyên bảo dưỡng, đăng kiểm đúng thời hạn.
	3. Đường an toàn	Phải luôn chú trọng đến việc dự phòng trong mọi khâu từ quy hoạch, thiết kế, kiểm toán, khai thác, quản lý đường. Ví dụ: lên nhiều kịch bản khai thác, vận hành đường theo các điều kiện thời tiết khác nhau.

Nguyên tắc	Trụ cột	Mô tả các giải pháp và chính sách chính
	4. Phản ứng sau TNGT	Thường xuyên nâng cao kiến thức về sơ cứu, cứu hộ TNGT cho người tham gia giao thông, đơn vị cứu hộ phải chuẩn bị kịch bản cứu hộ từ trước, định kỳ tập huấn về công tác cứu hộ TNGT. Đưa ra yêu cầu bắt buộc chuẩn bị sẵn các vật dụng y tế cơ bản phục vụ sơ cứu trên phương tiện.
	5. Tốc độ an toàn	Tốc độ an toàn phải được tính toán và thiết lập để người lái có đủ không gian, thời gian xử lý nếu gặp sự cố.
	6. Quản lý nhà nước	Ban hành các chính sách, văn bản pháp lý liên quan đến dự phòng của các yếu tố trong HTAT. Ví dụ như giáo dục kỹ năng xử lý sự cố, yêu cầu các trang thiết bị dự phòng cần thiết cho phương tiện, yêu cầu về dự phòng đối với cơ sở hạ tầng đường bộ,...
	7. Môi trường an toàn	Các thông tin về sự thay đổi của môi trường tự nhiên, môi trường xã hội cần được thông báo đầy đủ, nhắc lại nhiều lần để nâng cao an toàn.



Hình 3. HTAT được kiến nghị để áp dụng cho Việt Nam

### 3. KIẾN NGHỊ CÁC GIẢI PHÁP SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ HIỆN ĐẠI ĐỂ ÁP DỤNG NGUYÊN TẮC ATCĐ TRONG HTAT TẠI VIỆT NAM

Như chúng ta đã biết, thời kỳ Cách mạng Công nghiệp 4.0 đã đem lại sự phát triển và tiến bộ đáng kể trong lĩnh vực công nghệ. Các công nghệ số như điện thoại di động thông minh, internet vạn vật (Internet of Things - IoT) và dữ liệu lớn (Big Data) đã mở ra những cơ hội mới cho sự phát triển và ứng dụng các giải pháp giao thông tiên tiến. Công nghệ di động thông minh, đặc biệt là điện thoại di động, đã trở thành một công cụ quan trọng trong việc cải thiện giao thông thông minh. Chúng cho phép người dùng tiếp cận thông tin về giao thông, giúp họ đưa ra quyết định thông minh khi di chuyển, tránh tắc xe và tiết kiệm thời gian. IoT đã đưa vào đời sống hàng

ngày của chúng ta những công nghệ thông minh, từ xe ô tô tự lái đến cơ sở hạ tầng thông minh. Các thiết bị kết nối với nhau và thu thập dữ liệu liên tục để cải thiện việc điều hướng giao thông, giúp giảm thiểu tai nạn và tăng cường an toàn. Dữ liệu lớn cung cấp thông tin quan trọng về lưu lượng giao thông, tai nạn giao thông và hành vi lái xe. Nhờ việc phân tích và sử dụng dữ liệu này, các chương trình dự đoán và tối ưu hóa giao thông có thể được triển khai để giảm thiểu tắc nghẽn, và nâng cao hiệu quả giao thông. Việc ứng dụng công nghệ tiên tiến trong lĩnh vực giao thông không chỉ giúp cải thiện hiệu suất và an toàn, mà còn đóng góp tích cực vào việc xây dựng các thành phố thông minh và bền vững. Dưới đây là một số kiến nghị về các giải pháp ATCD sử dụng công nghệ tiên tiến trong HTAT tại Việt Nam:

a) An toàn chủ động đối với trụ cột người tham gia giao thông

Tiếp tục chương trình giáo dục và tuyên truyền để nâng cao nhận thức về an toàn giao thông cho người tham gia giao thông trong mọi lứa tuổi. Đưa ra nhiều chương trình, giáo dục trực tuyến, đăng tải các video về ATGT trên mạng internet thông qua các nền tảng mạng xã hội để dễ dàng tiếp cận với mọi người.

b) An toàn chủ động đối với phương tiện

Sử dụng công nghệ tiên tiến trong quá trình kiểm định, đăng kiểm xe để phát hiện ra các lỗi tiềm ẩn trên phương tiện. Áp dụng các chương trình đánh giá xe mới cung cấp xếp hạng sao cho xe (từ một sao đến năm sao) dựa trên thử nghiệm va chạm và tích hợp các tính năng an toàn.

Phương tiện giao thông kết nối chủ yếu sử dụng Wifi, mạng 4G LTE, mạng 5G, truyền thông cự ly ngắn chuyên dụng để kết nối với các phương tiện khác và hạ tầng giao thông thông minh.

Áp dụng các công nghệ xe tự lái và trợ lý lái xe có thể giúp giảm thiểu sai sót do con người gây ra, giúp tăng cường an toàn giao thông. Việc triển khai các phương tiện tự lái và trợ lý lái xe trong hệ thống giao thông cần được thúc đẩy và đồng thời cần thiết lập quy định và kiểm soát chặt chẽ để đảm bảo an toàn.

Đưa ra một số yêu cầu bắt buộc về sự trang bị các trang thiết bị an toàn trên phương tiện giao thông. Ví dụ như: hệ thống cân bằng điện tử, hệ thống phanh an toàn ABS, các thiết bị cảnh báo chệch làn đường, cảnh báo tránh va chạm... Ngoài ra còn có một số công nghệ an toàn cho phương tiện hiện có sẵn hoặc đang được phát triển với khả năng nhắm mục tiêu đến các hành vi lái xe bất hợp pháp, bao gồm thích ứng tốc độ thông minh (Intelligent Speed Adaptation, ISA), khóa liên động khi người lái có nồng độ cồn trong hơi thở lớn hơn ngưỡng cho phép, nhắc nhở và khóa liên động khi người lái chưa thắt dây an toàn.

### c) An toàn chủ động đối với trụ cột hạ tầng giao thông

Đẩy mạnh phát triển hệ thống giao thông thông minh (ITS) - ITS là một hệ thống tích hợp các công nghệ thông tin và viễn thông để giám sát, quản lý và điều tiết giao thông. Nó bao gồm cảm biến, camera giám sát, các ứng dụng di động và hệ thống thông tin lưu trữ để cung cấp thông tin giao thông và tối ưu hóa luồng giao thông.

Đẩy mạnh phát triển hệ thống giao thông công cộng, kết hợp các công nghệ hiện đại để cải thiện chất lượng phục vụ như công nghệ thời gian thực; các ứng dụng dẫn đường thông minh trên điện thoại di động hoặc trên xe buýt/tàu điện ngầm giúp người dùng tìm đường đi tốt nhất, cập nhật thông tin lưu thông và dự đoán thời gian đến nơi; công nghệ tự lái cho xe buýt và tàu điện ngầm, giúp cải thiện an toàn và chính xác trong điều khiển phương tiện...

### d) An toàn chủ động đối với ứng phó sau TNGT

Áp dụng hệ thống thông báo khẩn cấp trong xe (eCall): eCall là một hệ thống tự động gọi cấp cứu kích hoạt ngay lập tức sau khi xảy ra tai nạn. Nó gửi thông tin về vị trí xe và thông tin về tai nạn đến trung tâm cứu hộ, giúp cắt giảm thời gian phản ứng của dịch vụ cứu hộ.

Áp dụng các hệ thống theo dõi và phát hiện tai nạn: Các cảm biến và camera trên xe có thể được tích hợp để phát hiện tự động tai nạn và các tình huống nguy hiểm, kích hoạt hệ thống báo động và hỗ trợ tài xế trong việc ứng phó.

Áp dụng công nghệ kết nối thông minh trong xe (V2X): Công nghệ kết nối xe-với-xe (V2V) và xe-với-cơ sở hạ tầng (V2I) cho phép xe thông báo cho nhau và cho hạ tầng giao thông về tình trạng lưu thông, tai nạn hoặc tình huống nguy hiểm. Điều này giúp cảnh báo và hỗ trợ tài xế cũng như cải thiện đáng kể việc phản ứng sau tai nạn.

### e) An toàn chủ động đối với tốc độ

Áp dụng công nghệ camera bắn tốc độ điểm tới điểm (point-to-point Speed) cho phép xác định tốc độ tự động liên tục được áp dụng trên một đoạn đường dài. Thay vì kiểm tra tốc độ tại chỗ của phương tiện tại một điểm cố định trên đường như hiện nay, các camera đo tốc độ trung bình của phương tiện trên một khoảng cách đáng kể. Bằng cách này, việc thực thi từng điểm nhắm vào hành vi chạy quá tốc độ kéo dài và có thể được công chúng chấp nhận hơn so với việc thực hiện bằng một camera. Các quốc gia châu Âu đã và đang áp dụng công nghệ này và đã chứng minh rằng việc thực thi từng điểm sẽ giảm tốc độ, dẫn đến tỷ lệ vi phạm thấp và giảm đáng kể số ca tử vong và thương tích nghiêm trọng.

Áp dụng công nghệ để quản lý tốc độ tối đa thay đổi (Variable Speed Limits, VSL). VSL là một hình thức quản lý tốc độ giao thông mà giới hạn tốc độ trên một đoạn đường có thể thay đổi tùy thuộc vào điều kiện giao thông và thời tiết hiện tại. Thông thường, các biển báo giới hạn tốc độ truyền thống sẽ có giá trị cố định và không thay đổi, nhưng với VSL, các giới hạn này có thể điều chỉnh linh hoạt theo nhiều yếu tố để cải thiện an toàn và hiệu suất của đoạn đường. Cơ chế của VSL thường sử dụng các hệ thống cảm biến và thiết bị thông minh để thu thập thông tin về lưu lượng giao thông, tốc độ, thời tiết và điều kiện đường. Dữ liệu này sau đó được phân tích và xử lý bởi hệ thống quản lý giao thông thông minh để đưa ra giới hạn tốc độ phù hợp.

Áp dụng hệ thống thích ứng tốc độ thông minh (Intelligent Speed Adaptation, ISA). ISA là các thiết bị dựa trên sự kết hợp của hai công nghệ: bản đồ giới hạn tốc độ kỹ thuật số và công nghệ định vị vệ tinh. Có 2 loại chính của ISA bao gồm: (1) ISA cảnh báo cung cấp các cảnh báo hoặc thông báo về tốc độ an toàn cho tài xế, nhưng không can thiệp trực tiếp vào việc kiểm soát tốc độ của xe, thông báo có thể hiển thị trên bảng đồng hồ, màn hình trung tâm, hoặc gương chiếu hậu của xe; (2) ISA can thiệp, là loại ISA hoạt động tự động kiểm soát tốc độ của xe để giữ cho nó luôn trong phạm vi tốc độ an toàn, hệ thống sẽ tạm thời giảm tốc độ nếu xe tiến gần đến khu vực có giới hạn tốc độ, và ngược lại, tăng tốc độ khi rời khỏi khu vực đó.

#### f) An toàn chủ động trong công tác quản lý nhà nước

Bổ sung chính sách, văn bản pháp lý để tạo điều kiện phát triển, ứng dụng các công nghệ hiện đại trong các công tác quản lý của nhà nước. Ví dụ như, quản lý nhu cầu giao thông (Traffic Demand Management - TDM) là một tập hợp các biện pháp và chiến lược được thiết kế để tối ưu hóa sự sử dụng các phương tiện giao thông hiện có và giảm thiểu tác động của giao thông đối với môi trường và xã hội. Mục tiêu chính của TDM là cải thiện hiệu suất của hệ thống giao thông bằng cách giảm kẹt xe, ùn tắc, và ô nhiễm không khí, đồng thời tăng cường sự an toàn và tiện lợi cho người tham gia giao thông.

#### g) An toàn chủ động đối với trụ cột môi trường

Sử dụng công nghệ AI để nâng cao độ chính xác của công tác dự báo thời tiết. Lợi thế của AI là nó có thể đi qua nhiều bộ dữ liệu để quan sát dữ liệu thời gian thực, đối chiếu thông tin chi tiết, mẫu và học hỏi từ bối cảnh lịch sử để đưa ra dự báo chính xác hơn.

Kết hợp với giải pháp ITS để đưa ra cảnh báo thời tiết trên các biển báo giao thông. Trên các con đường lớn và các khu vực có điều kiện thời tiết khó khăn, các biển báo giao thông thông minh có thể hiển thị cảnh báo về điều kiện thời tiết hiện

tại và dự báo, như cảnh báo mưa, đường trơn, ngập lụt, băng giá, sương mù dày đặc và gió mạnh.

#### **4. KẾT LUẬN**

Phương pháp tiếp cận HTAT được đưa ra trong Chiến lược quốc gia đảm bảo trật tự, an toàn giao thông đường bộ giai đoạn 2021-2030 và tầm nhìn đến năm 2045 là phù hợp chung với xu thế chung của thế giới. Khi phân tích trụ cột trong HTAT, ngoài năm trụ cột được nêu ra trong HTAT của các nước phát triển như Mỹ, Úc,..., trụ cột về quản lý nhà nước là một trụ cột rất quan trọng để xây dựng HTAT tại Việt Nam. Đồng thời quá trình vận hành của hệ thống GTVT nói chung, HTAT nói riêng thì không thể thiếu tác động của yếu tố môi trường. Chính vì vậy, bài báo đã kiến nghị khung HTAT áp dụng cho Việt Nam bao gồm bảy trụ cột (bổ sung thêm các trụ cột: quản lý nhà nước và môi trường) và được xây dựng dựa trên sáu nguyên tắc. Trong các nguyên tắc, ATCĐ là một hướng đi tích cực và hiện đại giúp ngăn ngừa tai nạn giao thông từ nguồn gốc phát sinh, nó được xem như là nguyên tắc dẫn hướng trong việc xây dựng HTAT. Bài báo kiến nghị một số biện pháp an toàn giao thông chủ động có sử dụng công nghệ hiện đại đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới và kiến nghị áp dụng tại Việt Nam để góp phần thực hiện toàn diện các mục tiêu của chính phủ đề ra trong Chiến lược ATGT Quốc gia./.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Hội đồng Quốc gia chỉ đạo biên soạn Từ điển bách khoa Việt Nam (2011). Từ điển bách khoa Việt Nam.

[2] V. H. Nam (2012). Kỹ thuật giao thông - Tập 1. Nhà xuất bản giáo dục Việt Nam.

[3] L. Mooren, R. Grzebieta, and R. Job (2011). Safe System Comparisons of This Approach in Australia. Australasian College of Road Safety Conference. Melbourne, Victoria, Australia.

[4] H. Safarpour, D. Khorasani-Zavareh, and R. Mohammadi (2020). The common road safety approaches: A scoping review and thematic analysis. Chinese J. Traumatol. - English Ed., vol. 23, no. 2, pp. 113-121.

[5] WHO (2011). Global plan for the Decade of Action for Road Safety 2011-2020.

[6] Federal Highway Administration (2020). The Safe System Approach [FHWA-SA-20-015]. Federal Highway Administration, Washington, D.C.

[7] ITF (2018). *Towards Zero: Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach*. OECD Publishing.

[8] W. Weijermars and F. Wegman (2011). Ten years of sustainable safety in the netherlands an assessment. *Transp. Res. Rec.*, no. 2213, pp. 1-8.

[9] Thủ tướng Chính phủ 2020. Chiến lược quốc gia đảm bảo trật tự, an toàn giao thông đường bộ giai đoạn 2021-2030 và tầm nhìn đến năm 2045.

[10] Australian Transport Council (2011). *National Road Safety Strategy*. *Natl. Road Saf. Strateg.*, pp. 1-112.

[11] C. Kloeden, G. Ponte, and A. McLean (2001). Travelling speed and the risk of crash involvement on rural roads, report CR 204.

[12] C. Kloeden, A. McLean, and G. Glonek (2002). Reanalysis of travelling speed and the risk of crash involvement in Adelaide South Australia, report CR 207.

[13] G. Nilsson (2004). Traffic safety dimensions and the Power Model to describe the effect of speed on safety..

[14] S. Saha, P. Schramm, A. Nolan, and J. Hess (2016). Adverse weather conditions and fatal motor vehicle crashes in the United States, 1994-2012. *Environ. Heal. A Glob. Access Sci. Source*, vol. 15, no. 1, pp. 1-9.

[15] J. D. Tamerius, X. Zhou, R. Mantilla, and T. Greenfield-Huitt (2016). Precipitation effects on motor vehicle crashes vary by space, time, and environmental conditions. *Weather. Clim. Soc.*, vol. 8, no. 4, pp. 399-407.