

# Phát triển hệ thống giám sát người lái dựa trên trí tuệ nhân tạo: Tiềm năng, Xu hướng và Thách thức

Nguyễn Đức Quý<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật, Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai, Tỉnh Đồng Nai, Việt Nam

\*nguyenducquy@dntu.edu.vn

## Tóm tắt

Giám sát hành vi người lái bằng trí tuệ nhân tạo (AI) đang nổi lên như một giải pháp quan trọng nhằm nâng cao an toàn giao thông trong bối cảnh giao thông thông minh và các hệ thống hỗ trợ lái tiên tiến (ADAS). Bài báo này tổng hợp những kết quả nghiên cứu và triển khai hệ thống giám sát người lái (DMS) sử dụng AI, phân tích tiềm năng ứng dụng, các xu hướng phát triển, và những thách thức kỹ thuật cũng như xã hội – đặc biệt liên quan đến quyền riêng tư. Kết quả tổng quan cho thấy AI có khả năng phát hiện sớm tình trạng mất tập trung, mệt mỏi và các hành vi lái xe nguy hiểm với độ chính xác cao, hứa hẹn giảm thiểu tai nạn do lỗi người lái. Xu hướng hiện nay bao gồm tích hợp DMS trong xe hơi thông minh (nhất là xe tự hành cấp độ 2–3), áp dụng các kỹ thuật AI mới (như học sâu, mô hình ngôn ngữ lớn), và việc các quy định bắt buộc DMS trên phương tiện mới. Tuy nhiên, thách thức đặt ra gồm hạn chế về độ tin cậy của mô hình trong mọi điều kiện, yêu cầu xử lý thời gian thực trên phần cứng ô tô, cũng như quan ngại của công chúng về quyền riêng tư và chấp nhận công nghệ. Bài viết thảo luận các rào cản này, đồng thời đề xuất khuyến nghị chính sách cho chính phủ, doanh nghiệp và giới nghiên cứu nhằm thúc đẩy ứng dụng AI trong giám sát người lái một cách hiệu quả, an toàn và có trách nhiệm.

© 2025 Journal of Science and Technology-NTTU

Nhận 31/05/2025  
Được duyệt 01/09/2025  
Công bố 30/10/2025

## Từ khóa

Trí tuệ nhân tạo; Hệ thống giám sát người lái; Hành vi người lái; An toàn giao thông.

## 1. Đặt vấn đề

An toàn giao thông đường bộ là một trong những thách thức cấp bách trên toàn cầu, khi lỗi của con người được xác định là nguyên nhân chính hoặc góp phần trong khoảng (94-95) % các vụ tai nạn [1, 2]. Những hành vi lái xe nguy hiểm như vượt tốc độ, mất tập trung, sử dụng điện thoại khi lái xe hay buồn ngủ đều làm gia tăng đáng kể nguy cơ va chạm. Trong bối cảnh hệ thống kiểm soát giao thông ngày càng thông minh và kết nối, ngành công nghiệp ô tô đang tích cực ứng dụng các công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI) nhằm hỗ trợ người lái và giảm thiểu tai nạn [3].

Một minh chứng điển hình là các hệ thống hỗ trợ lái xe nâng cao (ADAS), với khả năng tự động phanh, giữ làn đường, cảnh báo va chạm,... đã chứng minh hiệu quả rõ rệt. Ví dụ, hệ thống cảnh báo va chạm phía trước kết hợp phanh khẩn cấp tự động có thể giảm tới 50 % số vụ đâm xe vào đuôi. Tuy nhiên, bên cạnh việc hỗ trợ điều khiển phương tiện, một ưu tiên quan trọng mới nổi lên là giám sát tình trạng của người lái để phát hiện kịp thời các nguy cơ do giảm năng lực lái xe, đặc biệt trong môi trường bán tự hành [4, 5].

Hệ thống giám sát người lái (Driver Monitoring System – DMS) sử dụng camera, cảm biến và thuật toán AI để

theo dõi hành vi và trạng thái nhận thức của tài xế theo thời gian thực. Khi phát hiện người lái có dấu hiệu mệt mỏi, mất tập trung hay hành vi bất thường, hệ thống có thể đưa ra cảnh báo sớm hoặc kích hoạt các biện pháp hỗ trợ khác, từ đó giúp ngăn ngừa tai nạn. Trong bối cảnh các phương tiện cấp độ tự hành 2-3 đang dần phổ biến, DMS đóng vai trò trung gian quan trọng, đảm bảo tài xế luôn trong trạng thái sẵn sàng tiếp quản khi hệ thống tự hành yêu cầu. Nhiều quốc gia cũng bắt đầu đưa DMS vào quy định bắt buộc. Chẳng hạn, Liên minh châu Âu yêu cầu từ tháng 7/2024 tất cả xe mới phải trang bị hệ thống cảnh báo buồn ngủ và mất tập trung. Tại Mỹ và Trung Quốc, các cơ quan quản lý cũng đang nghiên cứu và xây dựng lộ trình tương tự [6-8].

Tuy nhiên, việc triển khai DMS rộng rãi cũng đặt ra nhiều thách thức, bao gồm độ tin cậy của mô hình AI trong các điều kiện thực tế, xử lý dữ liệu cá nhân nhạy cảm, và khả năng chấp nhận của người sử dụng. Bài viết này nhằm phân tích toàn diện tiềm năng, xu hướng, thách thức và khuyến nghị chính sách cho việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong hệ thống giám sát người lái.

## 2. Tổng quan tài liệu

### 2.1. Công nghệ và phương pháp giám sát người lái

Hệ thống giám sát người lái (DMS) thường tích hợp nhiều loại cảm biến để theo dõi hành vi tài xế. Có ba nhóm phương pháp chính: dựa trên dữ liệu phương tiện – thu thập tín hiệu từ vô lăng, bàn đạp, camera trước, GPS, ... để phát hiện hành vi bất thường. Phương pháp này không xâm lấn nhưng độ trễ tín hiệu và khó phân tách nguyên nhân có thể ảnh hưởng độ chính xác. Dựa trên sinh lý học – sử dụng cảm biến gắn trên người lái để đo nhịp tim, nhịp thở, nhiệt độ... giúp phát hiện mệt mỏi hoặc căng thẳng, tuy nhiên gây bất tiện khi sử dụng thực tế. Dựa trên hành vi quan sát được – dùng camera trong cabin ghi lại khuôn mặt, mắt và cử chỉ để phân tích trạng thái tập trung. Phương pháp này trực quan và giàu dữ liệu nhưng đòi hỏi thuật toán xử lý ảnh phức tạp, nhất là trong điều kiện ánh sáng thay đổi [6, 9]. Một ví dụ minh họa trực quan cho thấy cách hệ thống giám sát người lái (DMS) hoạt động thông qua nhận diện khuôn mặt, theo dõi ánh mắt, vị trí đầu và phân tích các chỉ số hành vi để phát hiện tình trạng buồn ngủ hoặc giảm chú ý. Hình 1 mô tả giao diện DMS hiện đại sử dụng camera trong cabin và thuật toán AI để cảnh báo khi người lái có dấu hiệu không tỉnh táo.



Hình 1. Hệ thống giám sát người lái (DMS) phát hiện buồn ngủ và giảm tập trung

Bên cạnh các ứng dụng nhận diện trạng thái mệt mỏi hoặc mất tập trung, AI cũng được dùng để phát hiện hành vi nguy hiểm khác của tài xế. Ví dụ, một số nghiên cứu tập trung nhận biết hành vi sử dụng điện thoại hoặc thiết bị cầm tay khi lái xe, đạt độ chính xác rất cao (~ 99 %) nhờ mô hình nhận dạng ảnh chuyên biệt. Các hành vi bất thường khác như lái xe hưng hăng (đạp phanh đột ngột, tăng tốc mạnh thất thường) cũng có thể được phát hiện thông qua phân tích dữ liệu gia tốc, vô lăng kết hợp với AI. Hay hành vi say rượu được dự đoán bằng cách phân tích khuôn mặt cùng cảm biến nồng độ cồn, đạt độ chính xác ~ 87 % trong thí nghiệm [6, 7]. Nhìn chung, tiềm năng ứng dụng của AI trong DMS rất rộng, từ giám sát sinh trắc học (nhận diện mặt, theo dõi

mắt), phân tích cử chỉ cho đến học mẫu lái xe từ dữ liệu CAN-Bus của xe.

2.2. Xu hướng nghiên cứu và phát triển

Xu hướng hiện nay cho thấy sự kết hợp ngày càng chặt chẽ giữa AI và giao thông thông minh. Một số hướng chính gồm:

AI tạo sinh (Generative AI): không chỉ phân loại trạng thái mà còn cung cấp phản hồi cá nhân hóa, tổng hợp báo cáo thói quen lái xe giúp tài xế cải thiện hành vi [6, 8] .

Tích hợp với xe tự hành và ITS: DMS kết nối với hệ thống tự lái và hạ tầng giao thông thông minh, hỗ trợ chia sẻ dữ liệu và phản ứng nhanh trong tình huống khẩn cấp.

Mô hình AI hiện đại: Học sâu, Inception-ResNet, GAN + Transformer cho phép nhận diện trạng thái phức tạp với độ chính xác cao hơn [11].

Học liên kết (Federated Learning): huấn luyện mô hình phân tán trên thiết bị, bảo vệ quyền riêng tư của người lái.

Để minh họa rõ hơn về hiệu quả và ứng dụng của các mô hình AI tiêu biểu trong giám sát người lái, Bảng 1 trình bày so sánh một số kiến trúc phổ biến được sử dụng trong các hệ thống DMS hiện nay.

Bảng 1. So sánh các mô hình AI trong giám sát hành vi người lái

| Tên mô hình      | Đặc điểm chính                                  | Độ chính xác (%) | Tốc độ xử lý (ms) | Ứng dụng cụ thể                 |
|------------------|-------------------------------------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|
| CNN              | Phân tích hình ảnh khuôn mặt & ánh mắt          | 92,5             | 50                | Nhận diện buồn ngủ, hướng nhìn  |
| LSTM             | Phân tích chuỗi hành vi, cử chỉ liên tục        | 88,7             | 70                | Dự đoán buồn ngủ theo thời gian |
| Inception-ResNet | Mạng học sâu nâng cao, hiệu quả với dữ liệu lớn | 95,1             | 80                | Nhận diện trạng thái phức tạp   |

|                          |                                              |      |    |                                         |
|--------------------------|----------------------------------------------|------|----|-----------------------------------------|
| Federated Learning       | Bảo vệ quyền riêng tư khi huấn luyện mô hình | 90,3 | 65 | Phân tích hành vi tại thiết bị đầu cuối |
| GAN + Vision Transformer | AI tạo sinh + thị giác máy tiên tiến         | 96,4 | 85 | Phân tích nâng cao trạng thái tài xế    |

Tổng quan tài liệu cho thấy lĩnh vực AI trong giám sát người lái đã đạt được nhiều thành tựu quan trọng, minh chứng qua các kết quả độ chính xác cao trong phòng thí nghiệm và thử nghiệm giới hạn. Tuy nhiên, để áp dụng rộng rãi trong thực tiễn, nhiều vấn đề tồn đọng cần được giải quyết. Phần sau sẽ phân tích chi tiết hơn những kết quả đạt được cũng như các thách thức trên con đường hiện thực hóa tiềm năng của công nghệ này.

### 3. Phương pháp nghiên cứu

Thiết kế nghiên cứu của bài báo này dựa trên phương pháp tổng quan tài liệu kết hợp phân tích định tính các công trình đã công bố. Quá trình thực hiện bao gồm các bước chính sau:

**Thu thập tài liệu:** Tác giả tìm kiếm các ấn phẩm khoa học và báo cáo kỹ thuật liên quan đến AI trong giám sát người lái trên các cơ sở dữ liệu học thuật uy tín (IEEE Xplore, ACM Digital Library, ScienceDirect, SpringerLink, Scopus, Google Scholar). Đồng thời, tác giả cũng thu thập tài liệu từ ngành công nghiệp (ví dụ: báo cáo của các tổ chức an toàn giao thông, blog kỹ thuật, tiêu chuẩn) và chính sách (quy định của chính phủ, diễn đàn về quyền riêng tư). Nhằm đảm bảo tính cập nhật và liên quan, tác giả ưu tiên các tài liệu trong khoảng 10 năm trở lại đây (2020-2025), đặc biệt nhấn mạnh các nghiên cứu từ 2020 trở đi khi công nghệ AI phát triển mạnh trong lĩnh vực ô tô.

**Phân tích tài liệu:** các tài liệu thu thập được được phân loại theo các chủ đề chính: Công nghệ cảm biến và phương pháp DMS (các cách tiếp cận và thuật toán được sử dụng). Độ chính xác và hiệu năng (kết quả đạt được của các mô hình AI trong các nhiệm vụ cụ thể). Những tiến bộ mới và xu hướng (ví dụ: AI tạo sinh, học liên kết, tích hợp ADAS). Thách thức kỹ thuật (vấn đề dữ liệu, độ tin cậy, thời gian thực, v.v.). Khía cạnh xã hội và chính sách (quyền riêng tư, chấp nhận của người dùng, quy định pháp luật). Tác giả tiến hành tổng hợp so sánh kết quả giữa các nghiên cứu, ghi nhận những điểm tương đồng (ví dụ: nhiều nghiên cứu cùng đạt độ

chính xác > 90 % cho nhận diện mệt mỏi) và khác biệt (ví dụ: phương pháp dùng dữ liệu sinh lý vs. dùng camera) [10, 11].

Phương pháp nghiên cứu nói trên cho phép tác giả có cái nhìn toàn diện và cập nhật về chủ đề, đồng thời hạn chế thiên kiến bằng cách tổng hợp thông tin từ nhiều nguồn khác nhau (học thuật, công nghiệp, chính sách). Kết quả thu được sẽ được trình bày và thảo luận trong phần tiếp theo.

### 4. Kết quả và thảo luận

Dựa trên tổng quan tài liệu, tác giả thu được những kết quả chính liên quan đến ứng dụng thực tiễn và lợi ích của DMS dùng AI, nhận diện các xu hướng phát triển nổi bật, cũng như những rào cản kỹ thuật và rào cản xã hội cần vượt qua. Phần này sẽ phân tích chi tiết từng khía cạnh.

#### 4.1. Tiềm năng:

Ứng dụng nổi bật nhất của AI trong giám sát người lái là nâng cao an toàn giao thông thông qua phát hiện sớm tình trạng buồn ngủ, xao nhãng và hành vi nguy hiểm. Nhiều hãng xe đã trang bị DMS trên các dòng xe mới, như hệ thống cảnh báo buồn ngủ hoặc camera theo dõi mắt để đảm bảo tài xế tập trung khi sử dụng tính năng lái bán tự động. Nghiên cứu cho thấy phản hồi dựa trên dữ liệu DMS, chẳng hạn cung cấp điểm số lái xe an toàn, có thể cải thiện hành vi và giảm nguy cơ tai nạn [3, 10].

Đối với cá nhân, DMS đóng vai trò “bảo vệ thầm lặng”, liên tục giám sát và cảnh báo khi người lái mất an toàn mà chính họ khó nhận ra. Ví dụ, khi tài xế dần buồn ngủ, hệ thống có thể phát cảnh báo âm thanh hoặc rung vô lăng, thậm chí trong tương lai có thể tự động dừng xe an toàn. Ngoài ra, dữ liệu DMS có thể kết hợp với cảm biến môi trường (camera, radar) để tối ưu quyết định của các hệ thống ADAS [5, 11].

Theo NHTSA (Mỹ), buồn ngủ khi lái gây ra hàng ngàn vụ tai nạn mỗi năm, do đó DMS có thể ngăn ngừa hàng trăm tử vong và hàng chục ngàn thương tích nếu được phổ cập rộng rãi. Xao nhãng bởi điện thoại thông minh cũng là nguyên nhân phổ biến, và DMS giúp giảm thiểu rủi ro này. Bên cạnh đó, dữ liệu thống kê từ DMS có thể hỗ trợ cải thiện hạ tầng giao thông, như lắp đèn cảnh báo hoặc điều chỉnh thiết kế đường ở những vị trí thường khiến tài xế mất tập trung.

#### 4.2. Xu hướng:

Như đã đề cập trong phần tổng quan tài liệu, có nhiều xu hướng nổi bật định hình tương lai của AI trong giám sát người lái:

Thứ nhất, về công nghệ, các mô hình học sâu ngày càng thay thế phương pháp truyền thống nhờ khả năng trích xuất đặc trưng phức tạp từ dữ liệu thô, cho hiệu suất

vượt trội [12]. Xu hướng mới còn hướng tới các mô hình lai và tận dụng phần cứng AI trên xe (GPU di động, chip Tensor) để xử lý thời gian thực.

Thứ hai, về dữ liệu và liên kết, DMS không chỉ hoạt động trong xe mà còn kết nối với đám mây hoặc các dịch vụ an toàn giao thông khác, với sự cho phép của người dùng. Dữ liệu mới từ điện thoại thông minh hoặc cảm biến sinh trắc học trên ghế xe cũng được khai thác để giám sát toàn diện hơn. Điều này đòi hỏi tuân thủ chuẩn kết nối mở và áp dụng nguyên tắc “privacy-by-design”, đảm bảo dữ liệu được mã hóa, ẩn danh và chỉ sử dụng khi có sự đồng thuận [12, 13].

Thứ ba, về chính sách và thị trường, việc châu Âu bắt buộc trang bị DMS trên xe mới từ năm 2024 là bước ngoặt, thúc đẩy ngành công nghiệp đầu tư mạnh mẽ [14]. Trong thập kỷ tới, quy mô thị trường DMS/Driver Alert được dự báo đạt hàng chục tỷ USD nhờ nhu cầu tăng ở cả xe cá nhân và xe thương mại.

Cuối cùng, về trải nghiệm người dùng, DMS đang hướng tới thiết kế ẩn, thân thiện và tương tác tự nhiên hơn, chẳng hạn tích hợp với trợ lý ảo. Cách tiếp cận “lấy con người làm trung tâm” này được kỳ vọng nâng cao mức độ chấp nhận của tài xế đối với công nghệ.

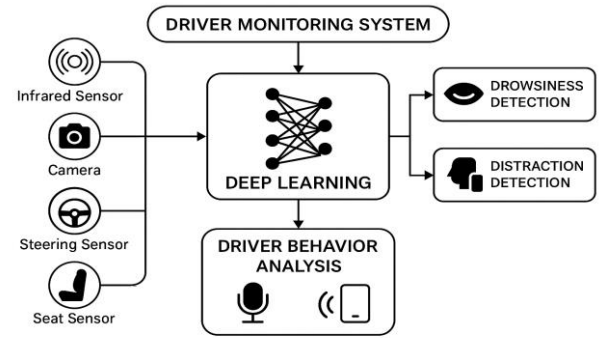
### 4.3. Rào cản kỹ thuật

Mặc dù nhiều tiến bộ đã đạt được, việc ứng dụng AI để giám sát người lái trong thế giới thực vẫn đối mặt với không ít thách thức kỹ thuật. Dưới đây là những rào cản chính thường được đề cập trong tài liệu:

**Độ chính xác và tin cậy:** các mô hình AI thường được huấn luyện trong điều kiện kiểm soát, nên khi áp dụng thực tế hiệu năng giảm do ánh sáng yếu, thời tiết xấu hoặc sự đa dạng của người dùng. Điều này đòi hỏi dữ liệu huấn luyện lớn, đa dạng và thuật toán thích nghi tốt hơn [2, 6].

**Giảm cảnh báo giả:** DMS cần phân biệt chính xác tình huống nguy hiểm với hành vi bình thường. Chẳng hạn, việc liếc gương chiếu hậu hoặc ngáp có thể bị hiểu nhầm là mất tập trung, gây báo động sai. Nếu cảnh báo giả xuất hiện thường xuyên, tài xế có thể mất niềm tin hoặc vô hiệu hóa hệ thống [7, 8].

**Hợp nhất đa cảm biến:** DMS hiện sử dụng nhiều loại cảm biến (camera, hồng ngoại, radar trong cabin, cảm biến ghế, ...). Việc tích hợp tối ưu nguồn dữ liệu này là thách thức quan trọng: nếu làm tốt, hệ thống trở nên đáng tin cậy; nếu không, dữ liệu mâu thuẫn dễ gây lỗi [15]. Ngoài ra, độ bền phần cứng cũng ảnh hưởng lớn, do vậy cần thiết kế tính năng tự chẩn đoán, báo lỗi và cơ chế dự phòng khi một cảm biến hỏng.



Hình 2. Luồng dữ liệu trong hệ thống DMS đa cảm biến tích hợp trí tuệ nhân tạo

Đánh giá hiệu quả và chứng minh an toàn là rào cản lớn của DMS. Khác với các tính năng ADAS như phanh tự động có thể đo bằng thử nghiệm chuẩn, DMS khó định lượng và so sánh vì liên quan đến hành vi con người. Hiện chưa có bộ tiêu chuẩn kiểm định rõ ràng, khiến việc chứng nhận an toàn gặp khó và nhà sản xuất e ngại trách nhiệm khi hệ thống không cảnh báo kịp dẫn đến tai nạn.

### 4.4. Rào cản xã hội và vấn đề quyền riêng tư

Bên cạnh thách thức kỹ thuật, yếu tố xã hội quyết định thành công của DMS. Hai vấn đề nổi bật là sự chấp nhận của người dùng và quyền riêng tư dữ liệu. Một số tài xế đánh giá cao tính năng cảnh báo mệt mỏi, coi DMS như “người bạn đồng hành” hữu ích; ngược lại, không ít người cảm thấy bị giám sát và hoài nghi giá trị thực tiễn. Về quyền riêng tư, DMS cần thu thập dữ liệu nhạy cảm như hình ảnh trong cabin, khuôn mặt hay thông tin sinh trắc học. Nếu dữ liệu bị lạm dụng hoặc rò rỉ, hậu quả có thể nghiêm trọng, từ đánh cắp danh tính đến mất niềm tin công chúng. Do đó, triển khai DMS phải đi kèm cơ chế bảo mật, minh bạch và đồng thuận của người dùng, để công nghệ được nhìn nhận như giải pháp hỗ trợ an toàn thay vì công cụ giám sát [4, 14].

### 5. Khuyến nghị chính sách

Để hiện thực hóa tiềm năng của trí tuệ nhân tạo trong giám sát hành vi người lái, cần có sự chung tay của chính phủ, doanh nghiệp và giới nghiên cứu. Dựa trên những thách thức đã phân tích, tác giả đề xuất một số khuyến nghị chính sách và hành động như sau:

#### 5.1. Đối với cơ quan quản lý nhà nước:

Một hướng quan trọng để thúc đẩy ứng dụng DMS là xây dựng khung pháp lý và tiêu chuẩn kỹ thuật rõ ràng. Chính phủ cần sớm ban hành quy định bắt buộc tích hợp DMS trên phương tiện, xác định yêu cầu tối thiểu như phát hiện mất tập trung > 3 giây hoặc buồn ngủ, đồng thời quy định phương pháp kiểm định. Các tiêu chuẩn nên hài hòa với quốc tế để hỗ trợ doanh nghiệp. Ngoài ra, nguyên tắc Privacy by Design phải được áp dụng, đảm bảo dữ liệu nhạy cảm được ẩn danh, người dùng

có quyền kiểm soát, và tăng cường bảo mật mạng để tránh lỗ hổng khi cập nhật phần mềm [12, 13].

### 5.2. Đối với doanh nghiệp và nhà sản xuất:

Doanh nghiệp cần coi dữ liệu người dùng như tài sản cốt lõi, triển khai mã hóa đầu-cuối, lưu trữ an toàn và ẩn danh khi truyền dữ liệu. Hệ thống cập nhật OTA phải được bảo vệ để tránh rò rỉ. Ngoài ra, AI cần được huấn luyện trên dữ liệu đa dạng, đại diện cho nhiều nhóm người dùng, nhằm đảm bảo tính chính xác và công bằng [16].

### 5.3. Đối với giới nghiên cứu và học thuật:

Nghiên cứu nên tập trung cải tiến thuật toán để hoạt động hiệu quả trong điều kiện bất lợi, giảm yêu cầu phần cứng và nâng cao khả năng hiểu ngữ cảnh. Các hướng tiếp cận như học chuyển tiếp, học tăng cường, hay kết hợp symbolic AI hứa hẹn nâng cao hiệu quả. Đồng thời, cần phát triển giải pháp bảo mật dữ liệu như ẩn danh thông minh hoặc chỉ số rủi ro riêng tư. Sự phối hợp giữa cơ quan quản lý, doanh nghiệp và giới nghiên cứu là yếu tố then chốt cho thành công của DMS [17].

## 6. Kết luận

Sự kết hợp giữa trí tuệ nhân tạo và công nghệ ô tô đang mở ra những cơ hội to lớn để cải thiện an toàn giao thông. Hệ thống giám sát hành vi người lái (DMS) dựa trên AI đã chứng minh tiềm năng trong việc phát hiện sớm các nguy cơ do lỗi tài xế – nguyên nhân hàng đầu gây tai nạn. Bài viết này đã điểm lại toàn cảnh về chủ đề, từ nền tảng công nghệ, ứng dụng thực tiễn đến các xu hướng và thách thức đặt ra. Có thể rút ra một số kết luận chính như sau:

Về tiềm năng và xu hướng: AI cho phép các hệ thống DMS đạt độ chính xác cao trong việc nhận biết trạng thái mệt mỏi, xao nhãng và hành vi nguy hiểm của tài xế, góp phần ngăn ngừa tai nạn và nâng cao hiệu quả vận hành phương tiện. Việc các cơ quan quản lý bắt đầu bắt buộc trang bị DMS trên xe mới từ 2024 trở đi đánh

dấu một bước quan trọng, biến DMS từ tính năng tùy chọn thành tiêu chuẩn an toàn bắt buộc – tương tự như dây an toàn hay túi khí trước đây. Đây sẽ là lực đẩy mạnh mẽ để công nghệ này được hoàn thiện nhanh và phổ cập rộng rãi.

Về lợi ích: nếu được triển khai thành công, DMS không chỉ cứu được nhiều sinh mạng bằng cách giảm tai nạn do tài xế mất tập trung hay buồn ngủ, mà còn mang lại lợi ích kinh tế – xã hội lớn (giảm thiểu chi phí y tế, thiệt hại tài sản do tai nạn). Đối với doanh nghiệp vận tải, DMS giúp giảm rủi ro và nâng cao ý thức lái xe an toàn của nhân viên. Đối với giao thông công cộng, DMS có thể tăng niềm tin của hành khách rằng lái xe đang tỉnh táo và tập trung.

Về thách thức: mặc dù lợi ích hứa hẹn, còn nhiều thách thức cần vượt qua. Các rào cản kỹ thuật nổi bật là: đảm bảo độ chính xác và tin cậy của AI trong mọi tình huống thực tế; xử lý thời gian thực trên phần cứng hạn chế; giảm thiểu cảnh báo nhầm; tích hợp đa cảm biến; và thiết lập các phương pháp kiểm định, chứng nhận an toàn cho DMS. Đồng thời, các rào cản xã hội cũng không kém phần quan trọng: làm sao để người dùng tin tưởng và thoải mái với công nghệ; và đặc biệt, giải quyết triệt để bài toán quyền riêng tư để tránh viễn cảnh công nghệ an toàn tốt đẹp bị công chúng quay lưng vì lo ngại bị giám sát đời tư.

Trong tương lai gần, chúng ta có thể kỳ vọng sự xuất hiện của những chiếc xe hơi thông minh biết “quan sát” người lái và môi trường xung quanh một cách hài hòa. Những tiến bộ về thuật toán (ví dụ AI hiểu được cả cảm xúc, tình trạng sức khỏe của tài xế), về phần cứng (cảm biến chính xác hơn, chip AI mạnh hơn) và chính sách (luật lệ bắt kịp công nghệ) sẽ dần dẹp bỏ các rào cản hiện tại. Điều đó biến “giao thông thông minh” không chỉ là khẩu hiệu mà thành hiện thực sống động trên từng km đường.

## Tài liệu tham khảo

1. Yang, G., Ridgeway, C., Miller, A., & Sarkar, A. (2024). Comprehensive assessment of artificial intelligence tools for driver monitoring and analyzing safety critical events in vehicles. *Sensors*, 24(8), 2478. <https://doi.org/10.3390/s24082478>
2. Technologies for detecting and monitoring drivers' states. (2024). *Heliyon*, 10(5), e39592. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39592>
3. Halin, M., et al. (2025). An intelligent network framework for driver distraction monitoring. *Scientific Reports*, 15, 2775. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-91293-5>
4. Coyne, R., et al. (2024). Understanding drivers' perspectives on the use of driver monitoring systems during automated driving. *SSRN*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4772734>
5. Kim, J., et al. (2023). Real-time driver monitoring system with facial landmark-based behavior recognition. *Scientific Reports*, 13, 6338. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44955-1>

6. Bell, J. L., et al. (2017). Evaluation of an in-vehicle monitoring system (IVMS) to reduce risky driving behaviors in commercial drivers. *Journal of Safety Research*, 60, 125-36. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2016.12.008>
7. A systematic review of physiological signals based driver drowsiness detection. (2023). *Psychiatry Investigation*, 20(1), 34-48. <https://doi.org/10.1007/s11571-022-09898-9>
8. Chen, L., et al. (2025). Optimized driver fatigue detection method using multimodal neural networks. *Scientific Reports*, 15, 12240. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86709-1>
9. Sigari, M. H., et al. (2014). A review on driver face monitoring systems for fatigue and distraction detection. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 64, 73-100. <https://doi.org/10.14257/ijast.2014.64.07>
10. Fu, S., Yang, Z., Ma, Y., et al. (2024). Advancements in the intelligent detection of driver fatigue and distraction: A comprehensive review. *Applied Sciences*, 14(7), 3016. <https://doi.org/10.3390/app14073016>
11. Drowsiness mitigation through driver state monitoring systems: A scoping review. (2024). *Human Factors*, 66(9), 2218-2243. <https://doi.org/10.1177/00187208231208523>
12. Zhang, Y., et al. (2025). Real-time driver drowsiness detection using facial analysis. *Sensors*, 25(3), 812. <https://doi.org/10.3390/s25030812>
13. Kang, S., et al. (2024). A study on the development of driver behavior simulation dummy. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 25, Article 1028. <https://doi.org/10.1007/s12541-024-01037-0>
14. The paradox of driving-related distraction: DMS warnings during overtaking. (2024). *AutomotiveUI '24 Adjunct*. <https://doi.org/10.1145/3641308.3685049>
15. Lee, C.-H., & Yang, H.-C. (2023). A privacy-preserving learning method for analyzing HEV driver's driving behaviors. *IEEE Access*, 11, 76816-76826. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3297268>
16. Attentional warnings caused by driver monitoring systems. (2024). *Accident Analysis & Prevention*, 205, 107684. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107684>
17. From warnings to workload: The impact of driver monitoring system warnings. (2024). In *AutomotiveUI '24 Adjunct*. <https://doi.org/10.1145/3641308.3685025>

## Development of driver monitoring systems based on artificial intelligence: Potentials, Trends, and Challenges

Quy Nguyen Duc<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Dong Nai Technology University, Dong Nai Province, Vietnam

\*nguyenducquy@dntu.edu.vn

**Abstract** Driver behavior monitoring using Artificial Intelligence (AI) is emerging as a key solution for enhancing traffic safety within the context of intelligent transportation systems and advanced driver-assistance systems (ADAS). This paper provides a comprehensive review of research and implementation efforts related to AI-based Driver Monitoring Systems (DMS), highlighting their application potential, development trends, and the technical as well as societal challenges involved-especially those concerning privacy. AI has demonstrated high accuracy in the early detection of driver distraction, fatigue, and risky behaviors, holding significant promise for reducing accidents caused by human error. Current developments include the integration of DMS into smart vehicles, particularly Level 2-3 autonomous cars, the application of advanced AI techniques such as deep learning and large language models, and the emergence of regulations mandating DMS in new vehicles. Despite these advancements, challenges persist, including limited model reliability across diverse conditions, real-time processing demands on in-vehicle hardware, and growing public concerns over privacy and technological acceptance. This paper addresses these issues and proposes policy recommendations for governments, industry players, and researchers to promote the responsible, safe, and effective deployment of AI-driven driver monitoring systems.

**Keywords** Artificial Intelligence; Driver Monitoring System; Driver Behavior; Traffic Safety.