

| | | |
|---|---|-----------------|
|  | VIETTEL AI RACE | TD087 |
| | Trí Tuệ Nhân Tạo Trong Giám Sát Và Quản Lý Chất Lượng Không Khí Đô Thị | Lần ban hành: 1 |

Ô nhiễm không khí hiện đang là một trong những thách thức môi trường nghiêm trọng nhất tại Việt Nam, đặc biệt tại các đô thị lớn như Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh. Sự gia tăng nồng độ bụi mịn PM_{2.5} vượt ngưỡng cho phép tại nhiều khu vực không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe cộng đồng mà còn đe dọa sự phát triển kinh tế - xã hội bền vững. Trong bối cảnh toàn cầu đang ứng phó với biến đổi khí hậu và các hệ lụy của quá trình đô thị hóa nhanh, nhận diện rõ thực trạng, xác định chính xác nguyên nhân, đánh giá mức độ đóng góp của từng nguồn thải và hiệu quả các giải pháp đã triển khai là cơ sở quan trọng để xây dựng chính sách phù hợp, góp phần nâng cao hiệu lực quản lý chất lượng không khí quốc gia.

1. Giới thiệu

Ô nhiễm không khí đô thị là một trong những thách thức nghiêm trọng nhất đối với sức khỏe cộng đồng và phát triển bền vững. Nồng độ bụi mịn (PM_{2.5}, PM₁₀), khí NO₂, SO₂, CO và O₃ gia tăng do giao thông dày đặc, công nghiệp, và biến đổi khí hậu. Các thành phố lớn thường phải đối mặt với tình trạng mù khói, gây ra hàng triệu ca tử vong sớm mỗi năm và thiệt hại kinh tế khổng lồ.

Để giảm thiểu tác động, cần hệ thống giám sát liên tục, dự báo chính xác và phản ứng nhanh. Trí tuệ nhân tạo (AI) đóng vai trò trung tâm, cho phép phân tích dữ liệu môi trường không lò, dự đoán mức ô nhiễm, và đề xuất biện pháp điều tiết giao thông, công nghiệp một cách kịp thời.

2. Đánh giá tổng quan về tình hình ô nhiễm không khí

Trong những năm gần đây, tình trạng ô nhiễm không khí tại Việt Nam có xu hướng gia tăng rõ rệt, đặc biệt tại các đô thị lớn và khu vực phát triển công nghiệp. Ô nhiễm bụi - đặc biệt là bụi mịn PM_{2.5} được ghi nhận là thành phần ô nhiễm chính, với nồng độ trung bình năm tại nhiều khu vực thường xuyên vượt giới hạn cho phép theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 05:2023/BTNMT. Điều này đặt ra những thách thức lớn đối với công tác quản lý môi trường không

| | | |
|--|---|-----------------|
|  | VIETTEL AI RACE | TD087 |
| | Trí Tuệ Nhân Tạo Trong Giám Sát Và Quản Lý Chất Lượng Không Khí Đô Thị | Lần ban hành: 1 |

khí, nhất là trong bối cảnh phát triển kinh tế nhanh, mật độ dân số đô thị cao và hạ tầng chưa đồng bộ.

Dữ liệu quan trắc tự động, liên tục từ năm 2021 đến 2024 cho thấy, các trạm tại Hà Nội ghi nhận giá trị PM_{2.5} trung bình năm vượt từ 1,1 đến 2,1 lần giới hạn cho phép. Các đô thị lân cận như Bắc Ninh, Bắc Giang, Hà Nam, Hưng Yên, Hải Dương, Thái Nguyên và Thái Bình cũng có mức vượt từ 1,1 đến 2,0 lần. Trong khi đó, các đô thị miền Trung và Tây Nguyên nhìn chung vẫn đạt tiêu chuẩn, mặc dù một số ngày trong năm vẫn ghi nhận giá trị PM_{2.5} vượt ngưỡng trung bình 24 giờ. Tại TP. Hồ Chí Minh, năm 2024 cho thấy, giá trị trung bình năm đạt ngưỡng cho phép, nhưng trong giai đoạn 2021-2023, nồng độ tại trạm Lãnh sự quán Hoa Kỳ vẫn vượt khoảng 1,1 lần.

Tỷ lệ số ngày có nồng độ PM_{2.5} vượt giới hạn tại các đô thị miền Bắc cao hơn rõ rệt so với các khu vực miền Trung và miền Nam. Năm 2024, trạm 556 Nguyễn Văn Cừ (Hà Nội) ghi nhận 33,04% số ngày vượt chuẩn; các trạm Hùng Vương (Thái Nguyên), Phủ Lý (Hà Nam), Nguyễn Văn Linh (Hưng Yên) và một số trạm khác ghi nhận tỷ lệ dao động từ 18% đến 36%.

Ô nhiễm không khí có tính chu kỳ rõ rệt theo mùa. Tại miền Bắc, mức độ ô nhiễm tăng cao vào mùa đông và đầu xuân (từ tháng 10 đến tháng 3 năm sau), khi điều kiện khí tượng bất lợi như nghịch nhiệt xuất hiện thường xuyên, làm hạn chế khả năng khuếch tán các chất ô nhiễm. Tại miền Nam, ô nhiễm giảm mạnh trong mùa mưa và tăng trở lại vào mùa khô, trong khi tại miền Trung, sự dao động theo mùa ít rõ rệt hơn.

Về các thông số ô nhiễm khác, hầu hết giá trị trung bình năm của NO₂, SO₂ và trung bình 1 giờ của CO đều nằm trong giới hạn cho phép. Tuy nhiên, một số trạm ghi nhận giá trị O₃ trung bình 1 giờ vượt chuẩn, đặc biệt vào các thời điểm trưa nắng, phản ánh tác động của các phản ứng quang hóa trong điều kiện đô thị hóa cao.

3. Hệ thống cảm biến và dữ liệu

| | | |
|---|---|-----------------|
|  | VIETTEL AI RACE | TD087 |
| | Trí Tuệ Nhân Tạo Trong Giám Sát Và Quản Lý Chất Lượng Không Khí Đô Thị | Lần ban hành: 1 |

- Mạng lưới cảm biến IoT: Hàng nghìn cảm biến cố định và di động đặt trên cột đèn, phương tiện công cộng, tòa nhà.
- Dữ liệu vệ tinh: Ảnh quang học và hồng ngoại từ các vệ tinh như Sentinel-5P, MODIS, cung cấp thông tin toàn thành phố và vùng lân cận.
- Nguồn dữ liệu phụ trợ: Dữ liệu giao thông, thời tiết, hoạt động công nghiệp, dân số, và bản đồ địa hình.
- Tích hợp đa tầng: AI kết hợp dữ liệu cảm biến mặt đất với dữ liệu vệ tinh và dự báo khí tượng để tạo bức tranh chất lượng không khí toàn diện.

4. Vai trò của AI trong giám sát và dự báo

- Dự báo ngắn và dài hạn:
 - Mô hình học sâu (LSTM, Transformer) dự đoán nồng độ PM2.5, O₃ trong vài giờ hoặc vài ngày tới.
 - Dự báo theo mùa, phát hiện xu hướng dài hạn liên quan đến biến đổi khí hậu.
- Phát hiện bất thường:
 - AI nhanh chóng xác định sự cố như cháy rừng, rò rỉ hóa chất, hoặc sự kiện giao thông đặc biệt.
 - Cảnh báo tự động cho chính quyền và người dân.
- Phân tích nguyên nhân và tối ưu chính sách:
 - Mô hình học máy tìm mối liên hệ giữa nguồn phát thải và điều kiện khí tượng.
 - Đề xuất giải pháp như hạn chế xe cá nhân, điều chỉnh giờ sản xuất công nghiệp.
- Tối ưu hóa giao thông và năng lượng:
 - AI điều khiển đèn tín hiệu, định tuyến giao thông để giảm ùn tắc và phát thải.

| | | |
|---|---|-----------------|
|  | VIETTEL AI RACE | TD087 |
| | Trí Tuệ Nhân Tạo Trong Giám Sát Và Quản Lý Chất Lượng Không Khí Đô Thị | Lần ban hành: 1 |

- Dự báo nhu cầu năng lượng, khuyến khích sử dụng điện từ nguồn tái tạo khi mức ô nhiễm cao.

5. Ứng dụng thực tế

- Bắc Kinh và Thượng Hải: AI dự báo ô nhiễm 72 giờ, hỗ trợ chính quyền đưa ra lệnh hạn chế phương tiện.
- London: Hệ thống CityAir kết hợp cảm biến di động và AI để thông báo chất lượng không khí theo từng khu phố.
- Los Angeles: AI phân tích dữ liệu giao thông và thời tiết, tối ưu hóa đèn tín hiệu nhằm giảm phát thải CO₂.

6. Lợi ích

- Bảo vệ sức khỏe cộng đồng: Cảnh báo sớm giúp người dân hạn chế hoạt động ngoài trời, giảm nguy cơ bệnh hô hấp.
- Hỗ trợ hoạch định chính sách: Cung cấp dữ liệu đáng tin cậy cho chính phủ và các tổ chức môi trường.
- Giảm chi phí y tế: Giảm gánh nặng bệnh tật liên quan đến ô nhiễm.
- Tăng tính minh bạch: Người dân tiếp cận thông tin chất lượng không khí thời gian thực qua ứng dụng.

7. Thách thức

- Độ chính xác dữ liệu: Cảm biến giá rẻ có thể bị sai lệch, cần AI hiệu chỉnh liên tục.
- Bảo mật và quyền riêng tư: Dữ liệu di động và vị trí người dân cần được bảo vệ.
- Tính bền vững: Hệ thống cảm biến và máy chủ phải hoạt động liên tục, tiêu thụ năng lượng lớn.
- Tích hợp đa ngành: Cần phối hợp giữa giao thông, công nghiệp, y tế, và chính quyền đô thị.

| | | |
|---|---|-----------------|
|  | VIETTEL AI RACE | TD087 |
| | Trí Tuệ Nhân Tạo Trong Giám Sát Và Quản Lý Chất Lượng Không Khí Đô Thị | Lần ban hành: 1 |

8. Xu hướng tương lai

- Digital Twin cho thành phố: Tạo bản sao ảo của đô thị để mô phỏng và thử nghiệm chính sách trước khi áp dụng thực tế.
- AI tự thích nghi: Mô hình tự học liên tục từ dữ liệu mới để duy trì độ chính xác cao.
- Kết hợp Blockchain: Đảm bảo tính toàn vẹn và minh bạch cho dữ liệu không khí công cộng.
- Ứng dụng di động cá nhân hóa: AI cung cấp khuyến nghị sức khỏe cụ thể cho từng người dựa trên vị trí và tình trạng y tế.