

Nghiên cứu thiết kế thử nghiệm hệ thống cảm biến chi phí thấp, sử dụng trong công tác quan trắc chất lượng không khí

HOÀNG ANH LÊ, NGUYỄN VIỆT THANH

Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

BÙI HOÀI NAM

Viện Khoa học Môi trường, Tổng cục Môi trường

LEE SEUNG-BOK

Viện Khoa học và Công nghệ Hàn Quốc

Ô nhiễm không khí (ÔNKK) là sự nhiễm bẩn vào môi trường không khí, có thể dẫn đến ảnh hưởng xấu tới sức khỏe con người, động vật, thực vật và môi trường. Trên thực tế, tác động của ÔNKK có nguy cơ gây ra bệnh tật, thậm chí là tử vong cho con người, thiệt hại đối với hệ sinh thái, cây trồng và các tòa nhà. Những ảnh hưởng này thể hiện rõ nét ở khu vực thành thị - nơi phát sinh nhiều nguồn gây ÔNKK, đồng thời cũng là nơi tập trung đông dân cư. Tại Việt Nam, gần đây chỉ số chất lượng không khí (AQI) thường ở mức xấu, rất xấu hoặc nguy hại [3, 4]. Thông thường, việc quan trắc chất lượng không khí (CLKK) được thực hiện thông qua mạng lưới các trạm quan trắc không khí tự động, liên tục và cung cấp dữ liệu chính xác.

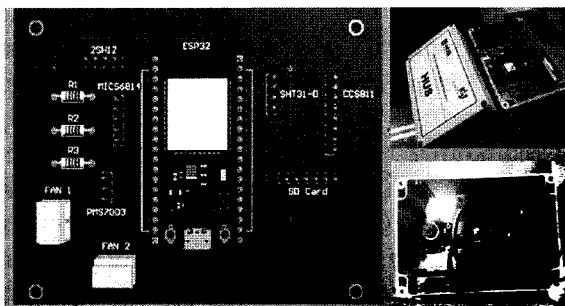
1. MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM CƠ BẢN VÀ CẢM BIẾN CHI PHÍ THẤP ĐỂ QUAN TRẮC CLKK

Những bộ dữ liệu quan trắc đóng vai trò quan trọng, giúp các nhà lập chính sách đưa ra hành động thích hợp và kịp thời để BVMT không khí cũng như sức khỏe con người, tuy nhiên, các trạm quan trắc cố định thường có

quy mô lớn, chi phí đầu tư cao. Hầu hết các thiết bị quan trắc ÔNKK điển hình đều công kênh, nặng và đắt tiền (khoảng \$5.000 - \$30.000/thiết bị, tổng chi phí lên đến \$100.000 cho mỗi trạm) [1]. Bên cạnh đó, các trạm quan trắc không khí tự động cố định thường có yêu cầu tương đối khắt khe trong lựa chọn vị trí quan trắc, hiệu chuẩn và bảo trì thiết bị, đồng thời, việc đảm bảo an ninh cho các trạm quan trắc này cũng rất được ưu tiên. Đây là trở ngại nhất cho các nước đang phát triển như Việt Nam, do sự hạn chế về tài chính không chỉ đối với việc xây dựng các trạm mà còn cho việc đảm bảo vận hành lâu dài cũng như bảo trì các thiết bị. Ban đầu, các trạm quan trắc chính thống được thiết kế nhằm cung cấp hiện trạng môi trường không khí, nghiên cứu khoa học, đào tạo, vận hành bởi những đơn vị có chức năng của Trung ương và địa phương. Dữ liệu quan

trắc thu thập từ các trạm do Tổng cục Môi trường lưu trữ, xử lý, báo cáo hàng năm với Bộ TN&MT. Trong những năm gần đây, một số tỉnh/thành phố đã được tăng cường đầu tư trạm quan trắc tự động cố định, đáp ứng yêu cầu về đánh giá CLKK và những cơ sở dữ liệu này cũng được sử dụng để báo cáo diễn biến CLKK hàng ngày để đưa vào bản tin dự báo thời tiết về CLKK chung ở diện rộng của các thành phố. Song, hiện nay các trạm quan trắc tự động cố định được đầu tư còn khá khiêm tốn (đặc biệt là khu vực Hà Nội), do đó còn tồn tại hạn chế trong đánh giá CLKK theo các khu vực cụ thể (mạng tính chất vi mô) cho TP. Hà Nội hay các thành phố khác trên phạm vi cả nước để có những cảnh báo chi tiết và thường xuyên hơn cho người dân.

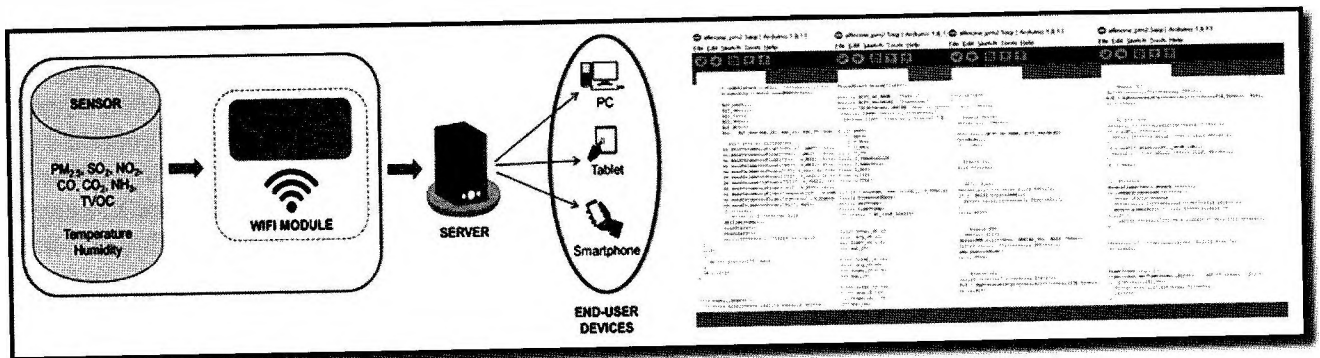
Công nghệ quan trắc bằng hệ thống cảm biến chi phí thấp (Low-cost sensor - LCS) mang lại cơ hội mới qua các



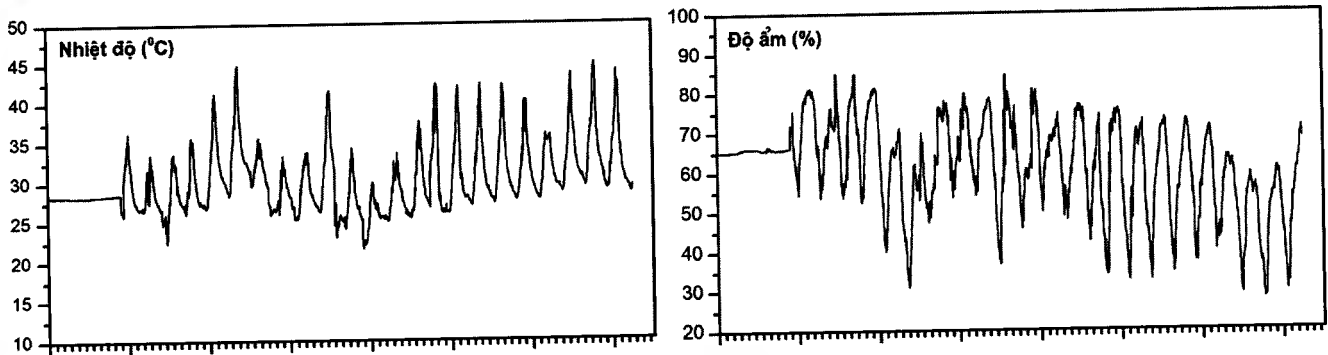
▲ Hình 1. Bản thiết kế của hệ thống cảm biến không khí HUS-Air

Thông số	Cảm biến	Hãng sản xuất	Khoảng đo	Giá (USD)
PM _{2.5}	PMS7003	Plantower	(0 ÷ 1.000) µg/m ³	17.2
PM ₁₀				
SO ₂	2SH12	Guangzhou Logoele Electronics Technology	(1 ÷ 500) ppm	81.4
NO ₂	MICS-6814	SGX Sensortech	(0,05 ÷ 10) ppm	25.5
NH ₃			(1 ÷ 500) ppm	
CO			(1 ÷ 1000) ppm	
CO ₂	CCS811	AMS AG	(400 ÷ 32768) ppm	15.8
TVOC			(0 ÷ 32768) ppb	
Nhiệt độ	SHT31-D	Sensirion	(-40 ÷ 125) °C (± 0,2°C)	6.2
Độ ẩm			(0 ÷ 100) % RH (± 2%)	
Main board	ATMEGA 328			3.0
Hộp, cáp kết nối, linh kiện khác				10
Tổng				- 160

▲ Bảng 1. Thông tin của các cảm biến trong hệ thống HUS-Air



▲ Hình 2. Kiến trúc hệ thống cảm biến HUS-Air



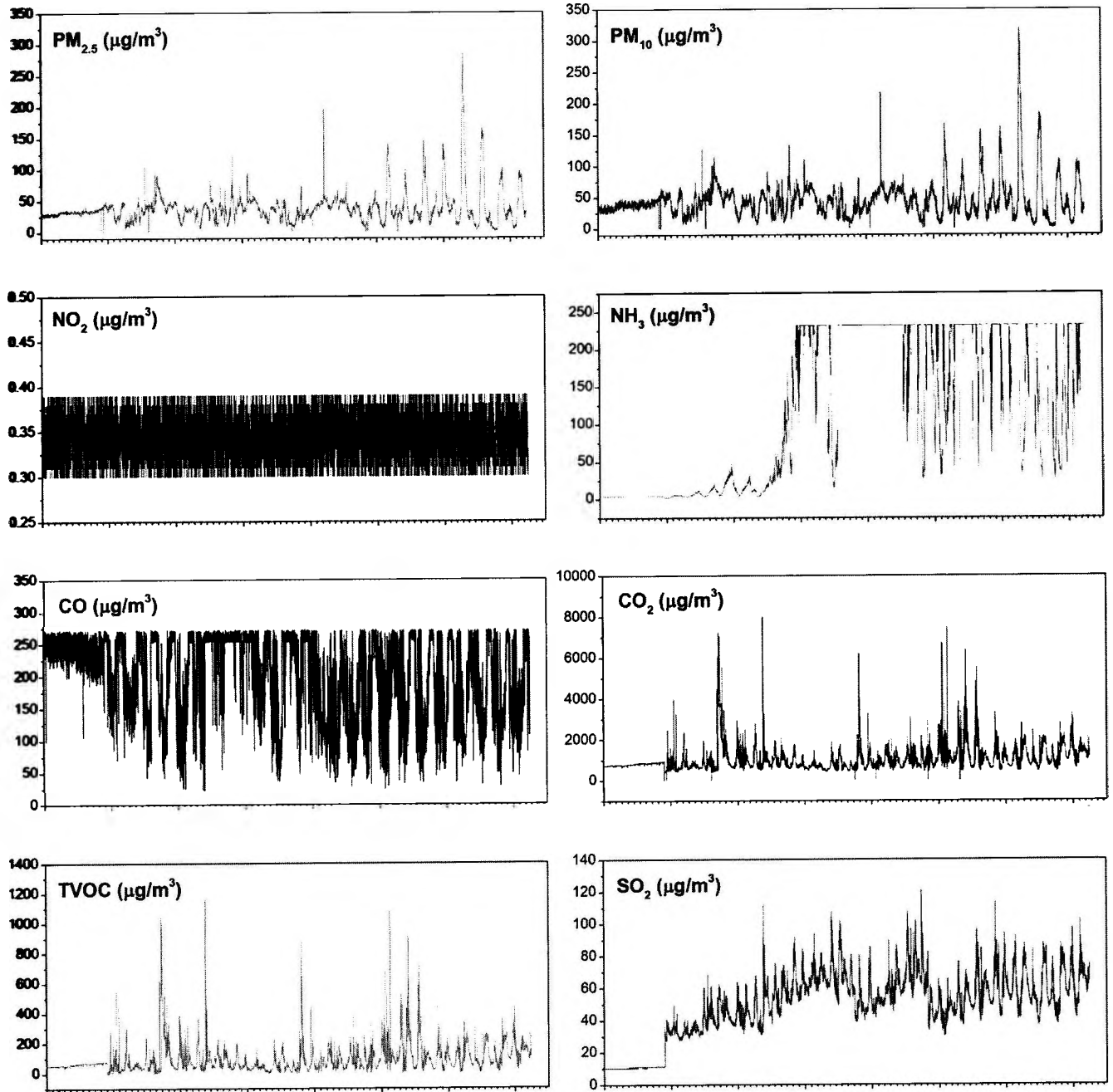
▲ Hình 3. Đồ thị nhiệt độ và độ ẩm quan trắc tại Trường ĐHKHTN, ĐHQGHN

phép đo nhanh chóng và riêng lẻ. Nghiên cứu này được tài trợ bởi Viện Khoa học và Công nghệ Hàn Quốc (KIST) thông qua Đề tài “KIST School Partnership Project 2020: Design A Low-Cost Sensor Platform for Air Quality Monitoring” [2]. Mục tiêu của nghiên cứu là thiết kế được hệ thống LCS (có tên gọi HUS-Air sensor) để khắc phục những hạn chế của hệ thống quan trắc CLKK hiện nay ở Việt Nam, cung cấp một nền tảng giám sát không khí nhỏ gọn, chi phí đầu

tư, vận hành thấp, với các cảm biến được chọn lọc để quan trắc các thông số gây ô nhiễm (PM_{2.5}, SO₂, NO₂, CO, CO₂, NH₃, TVOC) và các thông số khí tượng (nhiệt độ, độ ẩm). Các cảm biến được cung cấp rộng rãi trên thị trường, trong khi bo mạch chủ, nền tảng hoạt động được phát triển bởi nhóm tác

giả. Bản thiết kế của hệ thống cảm biến không khí HUS-Air thể hiện trong Hình 1.

Những cảm biến được chọn lựa, sử dụng trong hệ thống HUS-Air và các thông tin liên quan thể hiện trong Bảng 1. HUS-Air sensor đặt tại vị trí cố định, sử dụng nguồn điện 5V DC, đặt trong một



▲ Hình 4. Phân bố theo thời gian của các thông số ô nhiễm không khí tại Trường ĐHKHTN, ĐHQGHN

hộp kín bằng nhựa cứng (có kích thước dài, rộng, cao lần lượt là: 160 mm, 110 mm và 90 mm; nặng khoảng 300 gam. Cảm biến đo hàm lượng bụi (Plantower PMS 7003, cảm biến đo SO_2 (2SH12 (Guangzhou Logoele Electronic Technology), cảm biến đo nồng độ của NO_2 , CO và NH_3 (MICS-6814 (SGX Sensortech), cảm biến đo CO_2 và nồng độ của các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (TVOC) (CCS811 (AMS AG) đã được lựa chọn để nghiên cứu. Tất cả cảm biến đều được kiểm định chất lượng, đảm bảo việc quan trắc nồng độ các chất ô nhiễm theo thời gian thực.

Với mục tiêu tạo ra giải pháp giám sát CLKK tự động, liên tục, chi phí thấp và dễ lắp đặt, hệ thống HUS-Air đã được nhóm tác giả phát triển, không chỉ có khả năng quan trắc các thông số chất ô nhiễm theo thời gian thực mà còn cung cấp cảnh báo về chất lượng của môi trường không khí. Hệ thống này là một giải pháp hoàn toàn không dây bằng việc sử dụng mô-đun ESP8266,

với giao thức mạng IEEE 802.11 b/g/n, chuẩn này hỗ trợ phát sóng với băng tần 2.4 GHz. Dữ liệu thu thập từ môi trường được xử lý qua bo mạch ATMEGA 328 và lưu trữ trên nền tảng mở ThingsBoard. Hệ thống IoT cho phép khả năng tổng hợp, phân tích, xử lý các luồng dữ liệu trực tiếp trên đám mây. Đối với việc thể hiện dữ liệu, giải pháp cung cấp một giao diện trực quan mà người

dùng có thể truy cập bằng điện thoại thông minh, máy tính (Hình 2).

2. SỬ DỤNG THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG CẢM BIẾN CHI PHÍ THẤP ĐỂ QUAN TRẮC CLKK

Hệ thống LCS HUS-Air được lắp đặt tại ban công của văn phòng Bộ môn Quản lý môi trường, Khoa Môi trường, Đại học Khoa học Tự nhiên (ĐHKHTN), Đại học Quốc gia Hà Nội (ĐHQGHN), có tọa độ 20.995°N và 105.807°E. Quá trình quan trắc tiến hành trong khoảng thời gian từ ngày 16/5/2020 - 10/6/2020.

Hình 3 thể hiện diễn biến nhiệt độ, độ ẩm theo thời gian tại khu vực quan trắc. Nhìn chung, nhiệt độ có xu hướng tăng từ 6 giờ sáng - 15 giờ chiều cùng ngày và giảm vào ban đêm. Nhiệt độ trung bình hàng ngày giảm khoảng 31,6°C, trong đó, nhiệt độ ban ngày có thể lên đến 44,6°C (cụ thể vào 3 giờ chiều ngày 18/6/2020). Xu hướng này phù hợp với diễn biến nhiệt độ trong ngày tại khu vực nhiệt đới gió mùa vào mùa hè. Bên cạnh đó, độ ẩm đo được cũng thay đổi theo quy luật thời tiết và vị trí địa lý của khu vực nghiên cứu trong giai đoạn này. Độ ẩm có xu hướng giảm vào ban ngày và tăng vào ban đêm, trong đó, độ ẩm lớn nhất ghi nhận được vào khoảng 84,6%; độ ẩm thấp nhất đo được là 28,5%. Mức trung bình của độ ẩm trong khoảng thời gian nghiên cứu là 60,8%.

Hình 4 trình bày sự biến đổi của các thông số chất ô nhiễm quan trắc được bằng hệ thống HUS-Air. Trong đó, hàm lượng bụi mịn $PM_{2,5}$, PM_{10} lần lượt là $38,4 \pm 27,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ và $45,3 \pm 30,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Như vậy, tỷ lệ bụi mịn $PM_{2,5}$ chiếm 45,9%, phần còn lại là hàm lượng bụi $PM_{2,5-10}$. So sánh dữ liệu trên với hàm lượng bụi đo được tại các vùng núi cao như Pha Đin và Tam Đảo, tỷ lệ $PM_{2,5}$ tại khu vực ĐHKHTN thấp hơn, nghĩa là có nhiều hạt thô (kích thước từ 2.5 - 10 μm) trong

không khí. Mức độ ô nhiễm trung bình của các thông số CO , CO_2 , NO_2 , NH_3 , SO_2 , TVOC trong môi trường không khí xung quanh được xác định bằng hệ thống HUS-Air lần lượt là $190 \pm 72 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1038 \pm 613 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,4 \pm 0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $138 \pm 98 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $54,5 \pm 15,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ và $96,7 \pm 93,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nồng độ các chất ô nhiễm và hàm lượng bụi đo được tại ĐHKHTN có xu hướng cao vào các giờ cao điểm. Xu thế biến đổi nồng độ các chất ô nhiễm đo bằng HUS-Air sensor có thể chấp nhận được. Tuy nhiên, xu thế biến đổi nồng độ NO_2 , NH_3 và CO (Hình 4) được quan trắc bởi cảm biến MICS-6814 (Bảng 1) có kết quả không bình thường. MICS-6814 là cảm biến bán dẫn oxit kim loại (MOS) nhỏ gọn với ba cảm biến hoàn toàn độc lập trên thiết bị. Đây là cảm biến có hiệu năng tốt, tiết kiệm năng lượng, độ chính xác là $\pm 15 - 25\%$. Do vậy, để hoạt động tốt hơn, hệ thống HUS-Air sensor đang được nhóm tác giả nghiên cứu, lựa chọn hệ thống sensor khác để thay thế [2].

3. KẾT LUẬN

HUS-Air sensor là hệ thống bao gồm các cảm biến có chi phí thấp, được thiết kế, ứng dụng tốt trong quan trắc một số thông số gây ô nhiễm

môi trường không khí ($PM_{2,5}$, PM_{10} , SO_2 , NO_2 , CO , CO_2 , NH_3 , TVOC) và các thông số khí tượng (nhiệt độ, độ ẩm). Các cảm biến rất đa dạng, tuy nhiên, việc lựa chọn cảm biến đo cần được cân nhắc. HUS-Air với một số ưu điểm như tính mô-đun (dễ dàng chế tạo, cảm biến kết nối theo dạng mô-đun), có khả năng mở rộng, chi phí thấp, dễ lắp đặt. Tuy nhiên, thách thức chính trong việc sử dụng hệ thống LCS là việc hiệu chỉnh, bảo trì, bảo dưỡng thiết bị phải được xem xét cẩn thận để hệ thống hoạt động tốt, độ ổn định và đo lường với độ chính xác hơn. Kết quả cho thấy, hệ thống LCS có thể phát hiện những dấu hiệu của ÔNKK, điều này giúp nhà khoa học, nhà quản lý và cộng đồng theo dõi diễn biến CLKK tại bất cứ thời điểm nào. Hệ thống LCS mang nhiều triển vọng và có tiềm năng cung cấp thông tin về CLKK theo thời gian thực. Ngoài chi phí đầu tư thấp, hệ thống LCS có thể đo được nhiều thông số với độ tin cậy chấp nhận được, cung cấp dữ liệu theo thời gian thực, dễ dàng truy cập và phổ biến rộng trong cộng đồng. Vì vậy, thời gian tới, cần tiếp tục có thêm nhiều nghiên cứu nhằm cải thiện công nghệ cảm biến cũng như phát triển các kỹ thuật hiệu chuẩn loại thiết bị này ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Nuria Castell, Franck R Dauge, Philipp Schneider, Matthias Vogt, Uri Lerner, Barak Fishbain, David Broday và Alena Bartonova (2017), Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates?, *Environment international*. 99, 293-302.
2. Hoàng Anh Lê (2020), Thiết kế hệ thống cảm biến chi phí thấp để quan trắc chất lượng không khí, do Viện Khoa học và Công nghệ Hàn Quốc (KIST) tài trợ.
3. MONRE (2013), Báo cáo môi trường quốc gia 2013 - Môi trường không khí, Bộ Tài nguyên Môi trường (MONRE), Hanoi, Vietnam.
4. MONRE (2016), Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2011 - 2015, Bộ Tài nguyên Môi trường (MONRE), Hanoi, Vietnam.