



## KHU ĐÔ THỊ THÔNG MINH: XEM XÉT LẠI CƠ SỞ HẠ TẦNG XANH Ở HÀ NỘI

MATHIAS SCHAEFER, TOBIAS KUESTER-CAMPIONI, NGUYỄN XUÂN THÍNH | ĐẠI HỌC KỸ THUẬT DORTMUND, CHLB ĐỨC  
TS. DƯƠNG NGỌC BÁCH, TS. NGUYỄN VIỆT HOÀI | TRUNG TÂM NGHIÊN CỨU QUAN TRẮC VÀ MÔ HÌNH HÓA MÔI TRƯỜNG,  
(CEMM) TRỰC THUỘC TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

### TÓM TẮT

Đối mặt với những thách thức đáng kể như tắc nghẽn giao thông, ô nhiễm và không gian xanh hạn chế, quá trình đô thị hóa nhanh chóng của Hà Nội đòi hỏi các giải pháp sáng tạo. Dự án Khu đô thị thông minh (SMARTURBANAREAS) do Đại học TU Dortmund dẫn đầu hợp tác với các đối tác trong ngành, nhằm giải quyết những vấn đề này thông qua quy hoạch đô thị bền vững và triển khai mái nhà và mặt tiền xanh. Bằng cách sử dụng mô hình thông tin xây dựng kỹ thuật số (BIM) và thu thập dữ liệu thời gian thực, dự án tìm cách xác thực hiệu quả của các biện pháp này, mở đường cho sự phát triển đô thị tiết kiệm năng lượng và thân thiện với môi trường tại Việt Nam.

### ABSTRACT

Facing significant challenges like traffic congestion, pollution, and limited green spaces, Hanoi's rapid urbanization calls for innovative solutions. The Smart Urban Areas (SMARTURBAN AREAS) project, led by TU Dortmund University in collaboration with industry partners, aims to address these issues through sustainable urban planning and the implementation of green roofs and facades. By utilizing digital building information models (BIM) and real-time data collection, the project seeks to validate the effectiveness of these measures, paving the way for energy-efficient and environmentally friendly urban development in Vietnam.

Hà Nội, một siêu đô thị với hơn 8 triệu cư dân, đang phải vật lộn với các vấn đề nghiêm trọng như tắc nghẽn giao thông, ô nhiễm không khí và không gian xanh hạn chế. Từ năm 1989 đến năm 2019, diện tích Hà Nội đã mở rộng từ 90km<sup>2</sup> lên 350km<sup>2</sup> [1], nhiệt độ bề mặt đô thị cũng tăng đáng kể do việc sử dụng nhiều hơn các bề mặt nhân tạo [2]. Không gian xanh công cộng khan hiếm, đòi hỏi nhu cầu phát triển đô thị bền vững kết hợp mái nhà và mặt tiền xanh. Các biện pháp này có khả năng thay thế các hệ thống điều hòa không khí truyền thống, mặc dù hiệu quả về tiện nghi và chi phí đòi hỏi cần phải được kiểm chứng thông qua việc thu thập dữ liệu kỹ lưỡng. Bằng cách tích hợp và trực quan hóa dữ liệu đo được theo thời gian thực trong các mô hình thông tin kỹ thuật số của tòa nhà (BIM), các tác động thực tế của các biện pháp thích ứng đã được thiết lập có thể được dự đoán theo cách tiết kiệm chi phí. Bản sao kỹ thuật số này là một dữ liệu hạ tầng quan trọng để phục vụ cho phát triển đô thị [3]. Việc thiết lập một mô hình quy hoạch như vậy để trao đổi và quản lý kiến thức có thể giúp đưa ra quyết định tiết kiệm năng lượng và hỗ trợ hiện thực hóa các tòa nhà xanh. Các xu hướng trên đánh dấu điểm khởi đầu cho dự án nghiên cứu Khu đô thị thông minh (Smart Urban Areas).

## KHU ĐÔ THỊ THÔNG MINH - SMART URBAN AREAS

Mục tiêu chung của Khu đô thị thông minh là khởi xướng quy hoạch đô thị bền vững, tập trung vào cấp độ tòa nhà tại Việt Nam. Với sự trợ giúp của nhà sản xuất máy bơm toàn cầu Wilo SE và Vingroup/Minhomes, các biện pháp thích ứng với khí hậu và tiết kiệm năng lượng như mái nhà và mặt tiền xanh cũng như việc sử dụng máy bơm hiệu suất cao sẽ được thử nghiệm trong một tòa nhà ở Hà Nội và được Đại học Kỹ thuật Dortmund giám sát các chỉ tiêu khoa học. Mô hình kỹ thuật số của tòa nhà được thử nghiệm sẽ tạo ra các biện pháp triển khai phù hợp. Mô hình cung cấp thông tin cơ bản về vật liệu và thành phần xây dựng, nhưng cũng cung cấp thông tin chi tiết về mức tiêu thụ nước và tác động của các biện pháp xanh hóa đối với tiện nghi vi khí hậu trong nhà và ngoài trời bằng cách đặt các

cảm biến môi trường trên tòa nhà (Hình 1). Dự án nghiên cứu này được Bộ Môi trường, Bảo tồn Thiên nhiên, An toàn Hạt nhân và Bảo vệ Người tiêu dùng Liên bang (BMUV) tài trợ trong ba năm (2022-2025) và là một phần của Sáng kiến Xuất khẩu Bảo vệ Môi trường (EXI).

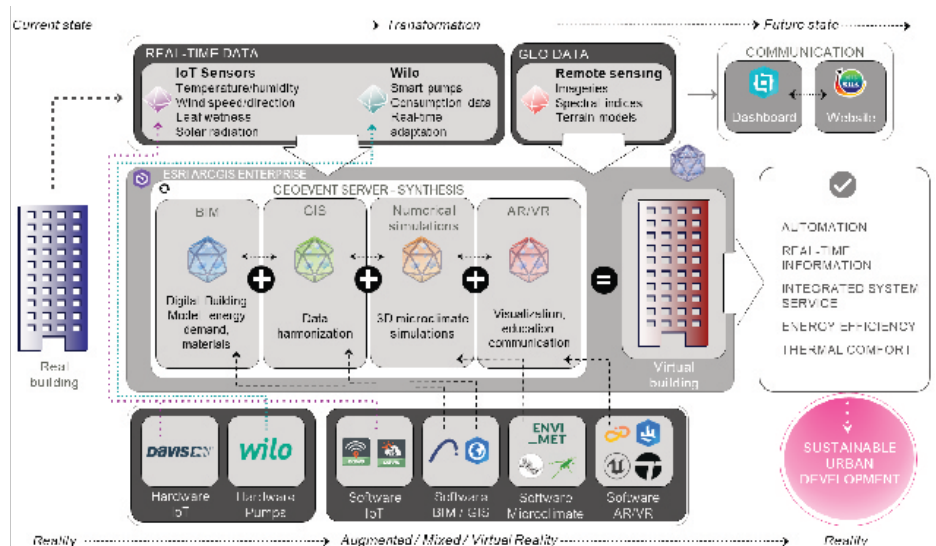
## Tổng quan hệ thống

Dữ liệu không gian được sử dụng để phân tích điều kiện biên. Theo đó, các mặt bằng 2D hiện có và thông số kỹ thuật vật liệu đầu tiên được chuyển đổi thành mô hình tòa nhà 3D bằng Archi-CAD. Ngoài ra, hình ảnh nhiệt từ vệ tinh Landsat-8 và mô hình kỹ thuật số cao độ nền Hà Nội cũng được phân tích một cách có hệ thống. Quy trình này giúp xác định các khu vực cần cải thiện ở cấp tòa nhà (ví dụ: mức tiêu thụ năng lượng tiềm năng) và xác định các hành lang không khí trong lành cũng như các đảo nhiệt đô thị. Khi thực hiện như vậy, một phương pháp tiếp cận nhiều lớp được áp dụng, trong đó tòa nhà đại diện cho một thành phần trong toàn bộ hệ thống môi trường đô thị. Tất cả dữ liệu địa lý bao gồm các dữ liệu phái sinh sẽ được lưu trữ và quản lý thông qua ArcGIS Enterprise được thiết lập riêng trên máy chủ của Trung tâm CNTT và Truyền thông (ITMC) của Đại học Kỹ thuật Dortmund.

## Thực hiện mẫu thử: TestBed\_01

Vào tháng 3/2024, dự án đã ra mắt mẫu thử mái nhà và mặt tiền xanh đầu tiên trên một “ngôi nhà ống” truyền thống ở quận Đống Đa, Hà Nội (TestBed\_01). Ngôi nhà có mặt tiền rộng 3,3m và cao 20m, có mái nhà phủ cây xanh rộng 16m<sup>2</sup> với bốn loài thực vật Việt Nam, thay thế cho mái tôn. Tòa nhà 15 năm tuổi này được xây dựng bằng khung bê tông cốt thép (tấm và cột) với tường ngoài bằng gạch nung truyền thống (130mm), trát xi măng (mỗi bên 15mm) và một phần được trang trí bằng các chi tiết cổ điển. Khối gạch xây lưu trữ nhiệt từ nắng lượng mặt trời vào ban ngày và giải phóng vào ban đêm khi nhiệt độ xung quanh mát hơn. Mặt tiền phía Tây Nam chịu tác động của bức xạ mặt trời cao hơn do thiếu bóng râm từ các tòa nhà lân cận.

Mái nhà được lợp bằng gạch đất nung đỏ, một đặc điểm phổ biến ở Hà Nội và Việt Nam đối với loại nhà ở liền kề. Một ngày hè điển hình vào tháng 7/2024, nhóm dự án đã đo được nhiệt độ khoảng 66,2°C vào giữa trưa (Hình 2). Nhiệt lượng này tác động vào vật liệu sàn và sau đó truyền năng lượng vào bên trong, nơi mà không khí được làm mát bởi máy điều hòa không khí.

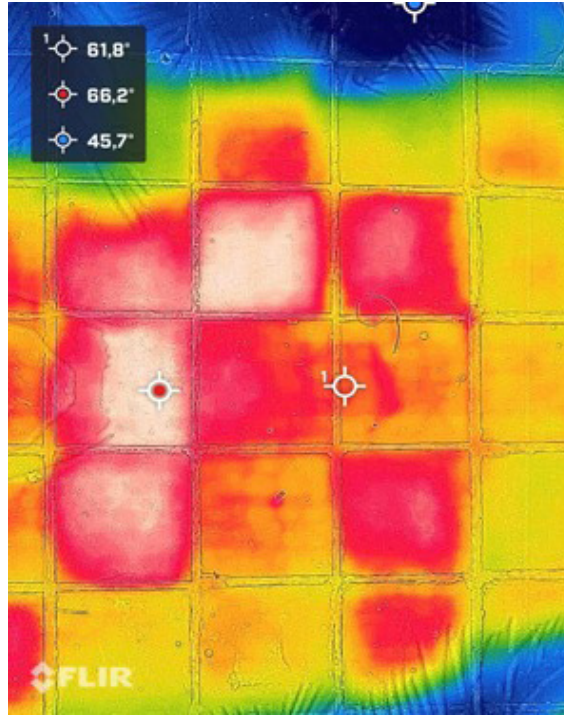


Hình 1. Tổng quan khái niệm về dự án Khu đô thị thông minh. Bộ thiết bị tổng hợp hoàn chỉnh cả về phần cứng và phần mềm được sử dụng để thực hiện (trạm khí tượng và cảm biến Davis, hệ thống bơm Wilo, ArchiCAD, ESRI ArcGIS Pro/Enterprise/ CityEngine từ ESRI, ENVI-met, Rhino/ Grasshopper, Unreal và TwinMotion).



### Nguyên tắc thực vật học Miyawaki

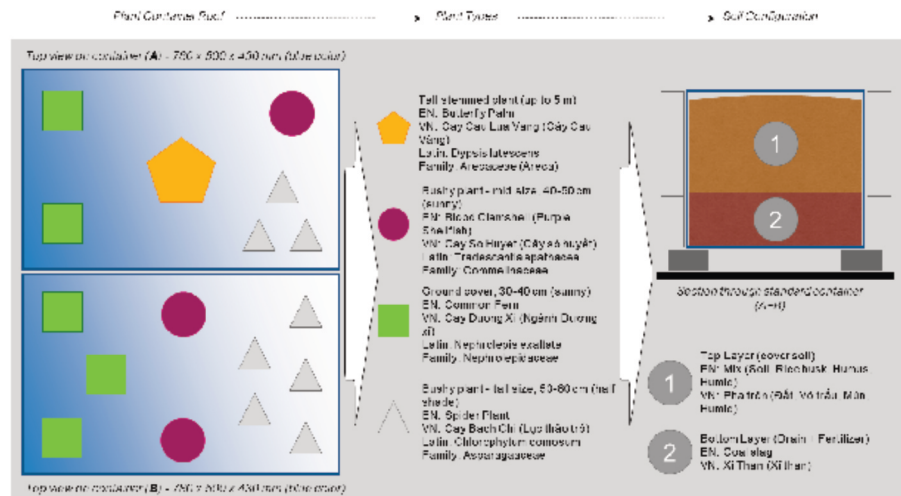
TestBed\_01 sử dụng các nguyên tắc thực vật học của Akira Miyawaki (1928-2021), người đã tạo ra hệ sinh thái với đa dạng sinh học cao để nhanh chóng chuyển đổi các bãi đất hoang đô thị. Nhóm Khu đô thị thông minh đã áp dụng các phương pháp của Miyawaki cho các tòa nhà, thiết kế một 'khu rừng' trên mái nhà có thể tháo rời cho TestBed\_01. Sau khi đánh giá tính khả dụng tại địa phương, nhóm đã sử dụng 38 thùng chứa cây có kích thước 780x500x430mm, mỗi thùng có hai lớp đất. Sơ đồ mặt cắt của các thùng chứa này được thể hiện trong Hình 3. Lớp đất mặt bao gồm hỗn hợp đất, trấu, mùn và axit humic, lớp dưới cùng cung cấp khả năng thoát nước và không gian cho rễ cây. Các thùng chứa cây đại diện cho ba lớp rừng: tán cây, bụi cây và cây bụi.



Hình 2. Ảnh nhiệt của sàn mái đất nung sử dụng camera nhiệt FLIR One Pro

Các thùng chứa được sắp xếp xen kẽ nhau để đảm bảo đủ không gian cho cây phát triển. Thùng A nặng khoảng 90kg, trong khi thùng B nặng khoảng 80kg. Nước tưới tăng thêm khoảng 5kg, tùy thuộc vào thời tiết. Sáu thùng chứa cây được buộc lại với nhau bằng dây buộc để chống lại tải trọng gió. Các cọc tre ổn định cây cọc và các cọc ngắn hơn ở phần chuyển tiếp giữa thân và rễ ngăn ngừa sự dịch chuyển theo chiều dọc. Tất cả các thùng chứa được nâng lên cao hơn nền gạch để đảm bảo thoát nước.

Tất cả các thùng chứa đều được kết nối với hệ thống tưới nhỏ giọt tự động. Bancông hướng Tây Bắc và mặt tiền phía Tây Nam lộ thiên được che phủ bằng thùng chứa C, bao gồm ba cây Cúc tần Ấn Độ (*Vernonia Elliptica*). Các thùng chứa này cũng có hệ thống tưới nhỏ giọt tự động bằng cách sử dụng hỗn hợp nước thành phố và nước mưa được thu giữ trong một bể chứa 500l và được cung cấp bởi một máy bơm Wilo.



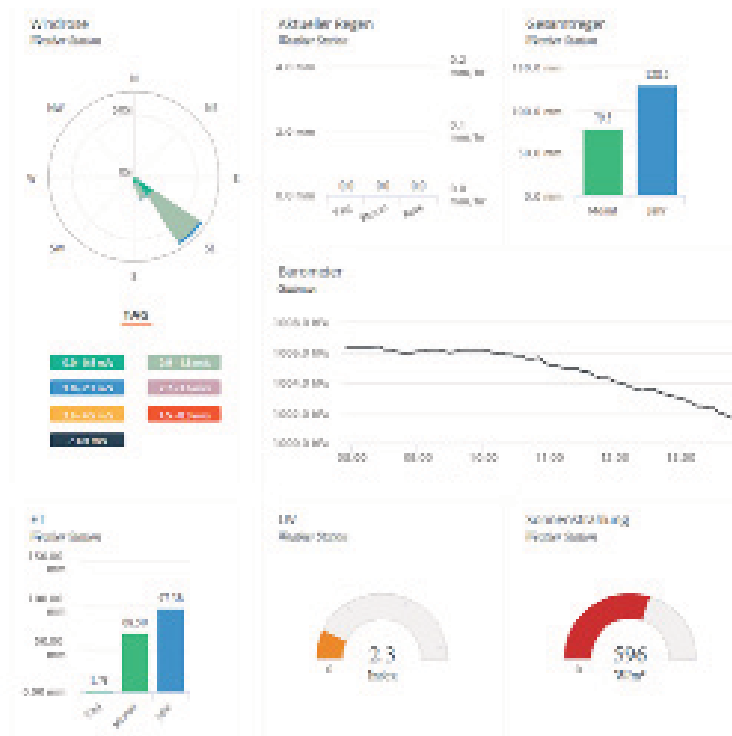
Hình 3. Bố trí chậu trồng cây và lựa chọn lớp đất cho TestBed\_01

cây ở khu vực khác. Tám giỏ Cúc tần Ấn Độ treo ở phía ban công không sống sót mặc dù được tưới nước tự động. Nhiệt lượng thải ra từ các máy điều hòa không khí đường như khiến cây rơi vào "giai đoạn lạnh" không tự nhiên, làm suy yếu nghiêm trọng sự phát triển của chúng. Vấn đề này cần được theo dõi và xem xét kỹ hơn trong quy hoạch các công trình có cây xanh.

Trạm khí tượng Davis Vantage Pro2 Plus trên mái nhà ghi lại nhiệt độ không khí,

độ ẩm, hướng gió, tốc độ, bức xạ mặt trời, bức xạ cực tím và lượng mưa, với dữ liệu được lưu trữ trên đám mây cứ sau năm phút. Tất cả các cảm biến đều tuân thủ các tiêu chuẩn do Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) đặt ra [4].

Dữ liệu thu thập được có thể được xem trực tiếp trên điện thoại thông minh thông qua ứng dụng Weatherlink hoặc có thể được sử dụng để phân tích chi tiết ở định dạng CSV. Ví dụ, mô phỏng kỹ thuật số ba



Hình 4. Mô hình 3D của tòa nhà được thử nghiệm đầu tiên (hình trái) và trích xuất dữ liệu đo lường từ bảng điều khiển trực tuyến của trạm khí tượng Davis vào ngày 29/4/ 2024 (hình phải)

chiều về năng lượng tòa nhà và vi khí hậu xung quanh, yêu cầu các giá trị tham số chính xác nhất để xác thực và mô phỏng các tình huống thực tế [5].

Bước tiếp theo bao gồm tích hợp dữ liệu vệ tinh, mô phỏng 3D và các phép đo cục bộ vào mô hình tòa nhà kỹ thuật số có thể truy cập thông qua bảng điều khiển trực tuyến thông qua giao diện ArcGIS Experience Builder. Việc tích hợp này phải đối mặt với những thách thức như hài hòa hóa dữ liệu và phân phối đồng đều. Hình 4 thể hiện mô hình số bản đầu của tòa nhà được thử nghiệm bao gồm cả dữ liệu đo môi trường được ghi lại.

#### KHOA HỌC- THỰC HÀNH - HỢP TÁC

Dự án Khu đô thị thông minh thúc đẩy sự hợp tác giữa các bên liên quan trong giới học thuật và phi học thuật, bao gồm nhà máy sản xuất máy bơm, vườn ươm cây, công ty xây dựng quốc tế và KTS. Sự kết hợp liên ngành giữa kiến trúc học thuật và phi học thuật tạo ra sự thay đổi về góc nhìn và khuyến khích những cách mới để giải quyết các vấn đề. Mặc dù triết lý nghiên cứu này có thể dẫn đến ngộ cụt về nhận thức, nhưng nó kích thích quá trình học hỏi lẫn nhau để thiết kế các lý thuyết mới cho cộng đồng khoa học và kiến trúc thực tế cho xã hội.

Một khía cạnh quan trọng của sự hợp tác này là sự thống nhất về từ vựng hợp lý và cách giao tiếp để hiểu. Việc đưa các ý tưởng dự án vào môi trường thực tế ảo (VR) thông qua Unreal và Arc-GIS City Engine phù hợp để phá vỡ các rào cản liên văn hóa và kỹ thuật, tạo điều kiện trao đổi minh bạch và tạo ra cơ sở chung cho việc ra quyết định.

#### KẾT QUẢ SOBỘ VÀ TRIỂN VỌNG TƯƠNG LAI

Đến giữa thời gian thực hiện dự án, các mục tiêu lý thuyết ban đầu đã đạt được, chứng minh tính khả thi của việc cải tạo các tòa nhà hiện có để thích ứng với khí hậu. Việc tích hợp các cảm biến môi trường, mô phỏng vi khí hậu và mô hình tòa nhà kỹ thuật số cung cấp thông tin chi tiết về việc sử dụng năng lượng của tòa nhà. Việc duy trì thường xuyên cơ sở hạ tầng xanh và luồng dữ liệu liên tục là rất quan trọng để đánh giá tính hiệu quả của các biện pháp này.

Tại các thành phố lớn của Việt Nam, loại nhà liền kề trong phố là rất phổ biến, cho thấy tiềm năng ứng dụng rộng rãi và tác động đáng kể. Trong bối cảnh này, các ý tưởng phủ xanh quy mô lớn khác đã được lên kế hoạch./

Trang web của dự án:  
[www.smarturbanareas.de](http://www.smarturbanareas.de)

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Mauro, G.: Rural-Urban Transformation of Hanoi (Vietnam): Using Landsat Satellite Image to map the city's recent urbanization. ISPRS International Journal of Geographical Information Science 9(2020)H. 11, p. 669, DOI: 10.3390/ijgi9110669
2. Nguyen, D.-L.; Chou, T.-Y.; Hoang, T.-V.; Chen, M.-H.; Wang, C.-T.; Phan, V.-K.: Spatio-temporal changes in land surface temperature patterns at the western edge of Hanoi, Vietnam during the period 2005-2019. In: Le Vo, P.; Tran, D. and Pham, T.L.; Le Thi Thu, H.; Nguyen Viet, N. (Hrsg.): Advances in research on water resource systems and the environment. Springer International Publishing House, Cham, pages 389-401 (2023)
3. Alva, P.; Biljecki, F.; Stouffs, R.: Cases of use for district-scale urban digital copy. In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLVIII-4/W4-2022 (2022), p. 5-12, DOI: 10.5194/isprsarchives-XLVIII-4-W4-2022- May 2022
4. The World Meteorological Organization: Instruction of Observation Instruments and Methods. Geneva (2021)
5. Schaefer, M.: Vision and Action: Predicted Impact of Jointly Designed Green Infrastructure Solutions on Environmental Burden. Urban Ecosystems 25 (2022), p. 1805-1824, DOI: 10.1007/S11252-022-01268-x.