

PHÂN TÍCH NĂNG LƯỢNG TRONG TÒA NHÀ SỬ DỤNG MÔ HÌNH THÔNG TIN CÔNG TRÌNH HƯỚNG ĐẾN SỰ BỀN VỮNG

ANALYZING ENERGY USE IN BUILDINGS USING BUILDING INFORMATION MODEL TOWARD SUSTAINABILITY

Ngô Ngọc Tri, Nguyễn Hữu Quang Minh, Nguyễn Thành Lâm, Huỳnh Tiến Lực, Phạm Anh Đức

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; trinn@dut.udn.vn

Tóm tắt - Đánh giá sơ bộ năng lượng tiêu thụ trong các tòa nhà tại Việt Nam là mối quan tâm về phát triển bền vững trong tương lai. Nghiên cứu này sử dụng mô hình thông tin công trình (BIM) và các công cụ phân tích năng lượng dựa trên đám mây gồm Insight và Green Building Studio (GBS) để mô phỏng sơ bộ năng lượng tiêu thụ của tòa nhà. Nghiên cứu tập trung vào những tác động của lớp vỏ công trình đến khả năng tiết kiệm năng lượng của tòa nhà, thể hiện bằng chi phí năng lượng và cường độ sử dụng năng lượng thay đổi qua các giải pháp thiết kế tường, cửa sổ, tỷ lệ cửa sổ trên tường và hướng tòa nhà. Đồng thời, sử dụng các thông số đầu ra kết hợp với tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam và hệ thống đánh giá công trình xanh (LOTUS) nhằm đánh giá về mặt sử dụng năng lượng.

Từ khóa - Mô hình thông tin công trình (BIM); năng lượng bền vững; LOTUS; công trình xanh; mô phỏng năng lượng

1. Giới thiệu

Việc thiết kế, xây dựng và vận hành một số các công trình xây dựng ở nước ta chưa quan tâm sâu sắc đến các giải pháp hiệu quả năng lượng. Một số lý do nhất định khiến các công tác lựa chọn vật liệu xây dựng, vật liệu trang trí, hệ thống điều hòa không khí... thiên về yêu cầu chức năng và yếu tố thẩm mỹ mà bỏ qua yếu tố hiệu quả năng lượng. Trong quá trình xây dựng, quá trình nghiệm thu chưa thật sự tốt, và ở khâu cuối cùng là quản lý vận hành, đội ngũ vận hành tòa nhà thường không được huấn luyện để có thể vận hành tòa nhà sao cho hiệu quả và tiết kiệm năng lượng [1].

Hậu quả của vấn đề này là nhiều công trình xây dựng đã và đang gặp nhiều khó khăn trong việc cắt giảm tiêu thụ điện năng vận hành, thậm chí cân nhắc đến việc ngừng sử dụng công trình do chi phí quá lớn. Tiêu biểu như Bệnh viện đa khoa An Giang 600 giường khánh thành vào năm 2017, mỗi tháng tiêu tốn khoảng 3 tỷ đồng tiền điện, phải tiết giảm vận hành. Nhiều công trình khác hiện nay vẫn đang đương đầu với khó khăn về vấn đề chi phí bởi ngay từ ban đầu các chủ đầu tư đã quá tập trung vào kiến trúc mà bỏ qua khía cạnh năng lượng của công trình. Vì vậy, có thể nói, hướng đến tòa nhà hiệu quả năng lượng chính là bước đi đúng đắn để đạt được sự bền vững [2].

Ra đời năm 2010, LOTUS là hệ thống đánh giá công trình xanh được phát triển bởi Hội đồng Công trình xanh Việt Nam (Vietnam Green Building Council - VGBC) [3] – tổ chức phi lợi nhuận quốc tế, thành viên Hội đồng Công trình xanh Thế giới (World Green Building Council - WGB). Trải qua hơn 8 năm phát triển, hệ thống LOTUS hiện nay bao gồm 7 hệ thống đánh giá, áp dụng cho hầu hết các loại dự án xây dựng như công trình phi nhà ở, nhà chung cư, công trình đang vận hành, nhà ở riêng lẻ, công trình quy mô nhỏ và không gian nội thất. LOTUS đóng vai trò là bộ công cụ định hướng và thiết lập mục tiêu nhằm xây dựng công trình thân thiện với môi

Abstract - Preliminary assessment of energy consumption in buildings in Viet Nam is a concern for sustainable development in the future. This study has applied the building information modeling (BIM) technology and cloud-based energy analysis tools including Insight and Green Building Studio (GBS) to model energy behavior in buildings. The paper focuses on the impact of the building envelope on opportunities to save energy, as reflected by the energy cost and the intensity of energy use through design solutions of the building walls, windows, window-wall ratio, and building orientation. The energy consumption results are examined by LOTUS green building rating system in Vietnam to assess energy use in buildings.

Key words - Building information modeling (BIM); sustainable energy; LOTUS; green building; energy simulation

trường và sức khỏe của người sử dụng với chi phí vận hành thấp nhất.

Qua những số liệu gần đây nhất của LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) và LOTUS được tổng hợp bởi VGBC có thể thấy, 3 năm trở lại đây công trình xanh đã lan tỏa rộng hơn trong ngành xây dựng Việt Nam [4]. Mỗi khi sang năm mới VGBC lại tổng hợp lại số liệu về công trình xanh tại Việt Nam trong năm qua, qua đó xem xét phần nào trạng thái phong trào công trình xanh ở nước ta.

Công trình được chứng nhận LOTUS có sự phân bố cân bằng hơn giữa các phân khúc như giáo dục, văn phòng, công nghiệp và chung cư. Các dự án lựa chọn LOTUS thường hướng tới sự cân bằng giữa chi phí và các lợi ích thực tế từ công trình xanh, đồng thời đáp ứng trách nhiệm xã hội và bảo vệ môi trường của doanh nghiệp và tổ chức [4].

Một công trình bền vững được tạo nên bằng các vật liệu phù hợp có thể làm giảm tác động từ môi trường – như tối ưu sử dụng năng lượng – trong suốt vòng đời tòa nhà. Mô hình thông tin công trình (BIM) có thể hỗ trợ việc phân tích hiệu suất năng lượng trong tòa nhà ngay từ khâu thiết kế [5].

Mô hình năng lượng công trình được sử dụng cho quá trình phân tích trên các thiết bị hay phần mềm mô phỏng năng lượng, trong đó có Autodesk Revit. Đó là một công trình ảo được thể hiện dưới dạng không gian ba chiều (3D) phục vụ cho việc phân tích và tính toán bởi các công cụ trực tuyến hoặc không trực tuyến. Mô hình hóa năng lượng cho phép nhóm thiết kế tối ưu hóa kiến trúc tòa nhà và ưu tiên tập trung vào phân tích các khu vực cốt lõi – những vị trí sẽ mang lại các giá trị lợi ích tốt nhất [6].

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu sử dụng phần mềm thiết kế Autodesk Revit, một trong những công cụ thiết kế xây dựng chuyên nghiệp phổ biến. Phần mềm Revit sẽ hỗ trợ tạo ra các mô hình tòa nhà bền vững với việc tích

hợp các công cụ mô phỏng năng lượng và phân tích dựa trên đám mây từ Autodesk, bao gồm Insight [7] và Green Building Studio [8]. Nghiên cứu sẽ tập trung vào phân tích chuyên sâu những ảnh hưởng của hướng công trình và lớp vỏ công trình đến khả năng tiết kiệm năng lượng. Các giá trị nhận được sẽ kết hợp với hệ thống đánh giá công trình xanh LOTUS để đánh giá khả năng đạt chứng nhận công trình xanh của hiệp hội Công trình xanh Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

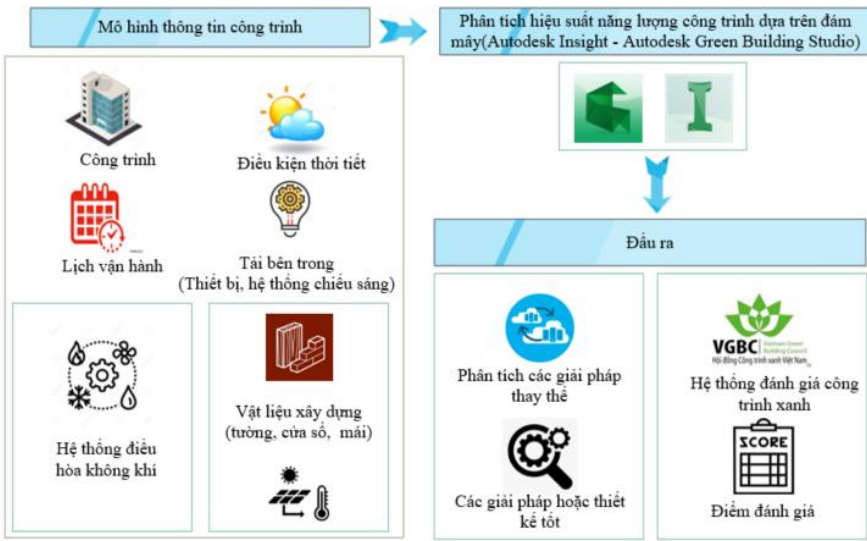
2.1. Phương pháp phân tích năng lượng

Hình 1 thể hiện các bước thực hiện để phân tích năng lượng trong tòa nhà sử dụng mô hình BIM. Cụ thể, công trình được xây dựng trên phần mềm Revit kết hợp với điều kiện thời tiết, lịch vận hành, vật liệu xây dựng, các thiết bị - hệ thống chiếu sáng và hệ thống điều hòa không khí. Sau khi đã thiết lập, hiệu chỉnh thích hợp sẽ được chạy trên

Autodesk Insight và Autodesk Green Building Studio, từ đó đưa ra kết quả là các thông số để dựa vào đó so sánh với hệ thống tiêu chí công trình xanh để đưa ra điểm số và các trường hợp thay thế tốt hơn về năng lượng cho công trình.

Từ mô hình kiến trúc đã được thiết kế, chúng ta tạo ra mô hình năng lượng (energy model) trong BIM, với thiết lập ban đầu như sau: Lịch hoạt động của tòa nhà, hệ thống HVAC để mặc định phù hợp với mục đích sử dụng cho văn phòng; Sử dụng vật liệu và kết cấu trong BIM để phục vụ cho quá trình mô phỏng năng lượng.

Sau quá trình chạy mô phỏng, Insight sẽ xuất ra các biểu đồ về cường độ sử dụng năng lượng (EUI-KWh/m²/năm) của các chỉ tiêu được mô phỏng với nhiều phương án thay thế khác nhau. Và các phương án thay thế này được sắp xếp theo thứ tự giá trị EUI giảm dần. Đồng thời, Green Building Studio xuất ra được các thông tin về năng lượng sử dụng, chi phí và các thông tin liên quan khác.



Hình 1. Sơ đồ phân tích năng lượng công trình

2.2. Tính toán điểm công trình xanh theo hệ thống đánh giá công trình xanh LOTUS

Điểm năng lượng trong LOTUS phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như vỏ công trình, làm mát công trình, chiếu sáng nhân tạo, năng lượng tái tạo... Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu chỉ tập trung vào phần vỏ công trình.

Dựa vào QCVN 09:2017/BXD, số liệu mô phỏng năng lượng với BIM, Green Building Studio (GBS), Insight và LOTUS kết hợp với điểm đánh giá như Bảng 1 để tính toán điểm công trình xanh. Kết quả đánh giá điểm công trình xanh có thể đánh giá được các phương án đã thiết kế có đạt chứng nhận công trình xanh của hiệp hội công trình xanh Việt Nam.

Bảng 1. Điểm đánh giá công trình xanh theo LOTUS về phần năng lượng

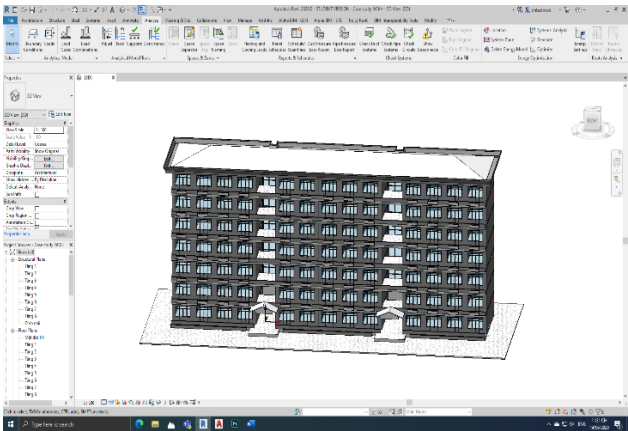
Năng lượng LOTUS NC (32 điểm)	
Tiêu đề	Điểm
Phân vỏ công trình	3
Giải pháp A: Hệ số truyền nhiệt tổng thể (OTTV)	
Giảm 15% OTTV trung bình của công trình so với mức yêu cầu của QCVN 09:2017/BXD	1

1 điểm: Cho mỗi 15% OTTV trung bình của công trình giảm thêm được so với mức yêu cầu của QCVN 09:2017/BXD (tối đa 45%)	3
Giải pháp B: Thiết kế phần vỏ công trình	
Giải pháp B1: Giảm hấp thụ bức xạ mặt trời	
Thực hiện giải pháp giảm thiểu sự hấp thụ bức xạ mặt trời qua các bề mặt không trong suốt	1
Giải pháp B2: Mặt đứng hướng Tây	
Diện tích mặt đứng hướng Tây nhỏ hơn 20% tổng diện tích mặt đứng của công trình	1
Diện tích mặt đứng hướng Tây nhỏ hơn 10% tổng diện tích mặt đứng của công	2
Giải pháp B3: Tỷ số diện tích cửa sổ - tường của mặt đứng hướng Tây và hướng Đông	
WWR của mặt đứng hướng Tây và mặt đứng hướng Đông nhỏ hơn 30%	1
WWR của mặt đứng hướng Tây và mặt đứng hướng Đông nhỏ hơn 15%	2
Giải pháp B4: Kết cấu chắn nắng bên ngoài	
Lắp đặt kết cấu chắn nắng phù hợp cho các cửa kính trong suốt	1

3. Kết quả phân tích

3.1. Mô tả công trình

Hình 2 thể hiện phối cảnh tòa nhà văn phòng được sử dụng để mô phỏng quá trình phân tích đã đề xuất. Tòa nhà được giả sử xây dựng tại Thành phố Đà Nẵng, Việt Nam. Tòa nhà có chiều cao là 27,7m, gồm 7 tầng với chiều cao mỗi tầng 3,6m. Sàn tầng 1 cấu tạo bê tông cốt thép có chiều dày 200 mm với diện tích 818m², sàn tầng 2 cấu tạo BTCT với chiều dày 100mm, diện tích 773m². Tường gạch cấu tạo 3 lớp gồm lớp gạch không nung dày 200mm và 2 lớp vữa xi măng, mỗi lớp dày 10mm, cửa sổ kính 4 cánh dày 10mm, cửa sổ kính nhà vệ sinh dày 19mm, mái ngói gạch không nung dày 50mm với hệ thống xà gồ dày 50mm.



Hình 2. Mô hình 3D của tòa nhà

Green Building Studio tự động chạy 247 trường hợp, Để có cái nhìn khách quan hơn, nhóm tiến hành chạy 9 trường hợp ứng với 9 bộ thông số được sắp xếp theo giá trị cường độ năng lượng giảm dần. Bảng 2 thiết lập cài đặt các trường hợp mô phỏng để so sánh mức tiêu thụ năng lượng trong công trình. Cụ thể, có 10 phương án được đưa ra so sánh. Trong đó, phương án 1 là sử dụng mô hình BIM gốc và 9

phương án còn lại dùng các lựa chọn cài đặt thông tin công trình thay thế đã có trong Green Building Studio và Insight.

3.2. Kết quả

Từ kết quả sau khi chạy bằng Green Building Studios, có thể thấy được rằng phương án dùng mô hình BIM gốc có cường độ sử dụng năng lượng (EUI) đạt 738,7 (MJ/m²/năm). Với đơn giá điện 0,09\$/kWh và đơn giá nhiên liệu 0,007\$/MJ (theo giá hiện hành tại Hoa Kỳ), thì tổng chi phí điện hàng năm đạt con số 78.857\$, ứng 839,799 kWh và chi phí nhiên liệu 825\$ ứng với 111,026 MJ. Tổng chi phí năng lượng của công trình vào mức 78,857\$ một năm.

Kết quả so sánh cho thấy, phương án tốt là phương án 2 với thông số EUI 694,8 (MJ/m²/năm), chi phí điện hàng năm ở mức 74.394\$, thấp hơn 4.463\$ (5,66%) so với phương án BIM gốc, sản lượng điện tiêu thụ đạt 792.266 kWh, thấp hơn 47.533 kWh. Chi phí nhiên liệu giảm còn 712\$/năm, mức giảm 113\$ (13,7%) ứng với 15.228 MJ so với phương án BIM. Tổng chi phí năng lượng chênh lệch so với phương án BIM là 4577\$ (5,8%).

Phương án lãng phí nhất là phương án 10 với thông số EUI 993,3 (MJ/m²/năm), chi phí điện hàng năm ở mức 109.436\$, cao hơn 30.579\$ (38,77%) so với phương án BIM, sản lượng điện tiêu thụ đạt 1.133.506 kWh, cao hơn 293.707 kWh. Chi phí nhiên liệu 994\$/năm, tăng 169\$ (20,48%) ứng với 22.839 MJ so với phương án BIM. Tổng chi phí năng lượng chênh lệch so với phương án BIM là 27.749\$ (34,82%).

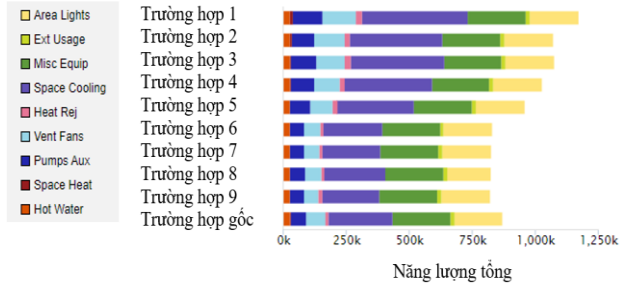
Như vậy, so với phương án ban đầu (BIM), phương án 2 tốt nhất và tiết kiệm 4.463\$ một năm, ứng với 47.533 kWh. Phương án 10 lãng phí cao hơn phương án BIM 30.579\$ một năm ứng với 293.707 kWh. Từ kết quả tính toán ta có thể cân nhắc lựa chọn các phương án sao cho phù hợp nhất với điều kiện xây dựng công trình, không chỉ để tiết kiệm mà còn để tránh lãng phí.

Bảng 2. Thông tin cài đặt các trường hợp so sánh

Trường hợp	Hướng công trình	Mái	Tường	WWR phía Bắc	WWR phía Nam	WWR phía Tây	WWR phía Đông	Kính phía Bắc	Kính phía Nam	Kính phía Tây	Kính phía Đông
1	BIM	BIM	BIM	7%	44%	7%	0%	BIM	BIM	BIM	BIM
2	225	R60	14 ICF	0%	0%	0%	95%	Trp LoE	Trp LoE	Trp LoE	Trp LoE
3	45	R38	12.25 ISP	7%	15%	7%	80%	Dbl Clr	BIM	BIM	Dbl LoE
4	135	10.25 ISP	R38 wood	15%	30%	15%	65%	Dbl LoE	Dbl Clr	Dbl Clr	Dbl Clr
5	180	BIM	R13 + R10 metal	30%	40%	30%	50%	Sgl Clr	Dbl LoE	Dbl LoE	Sgl Clr
6	90	R15	R13 wood	40%	44%	40%	40%	BIM	Sgl Clr	Sgl Clr	BIM
7	270	R19	R13 Metal	50%	50%	50%	30%	BIM	Sgl Clr	Sgl Clr	BIM
8	BIM	R10	R2 CMU	65%	65%	65%	15%	BIM	Sgl Clr	Sgl Clr	BIM
9	315	Không cách nhiệt	Không cách nhiệt	80%	80%	80%	0%	BIM	Sgl Clr	Sgl Clr	BIM
10	0	Không cách nhiệt	BIM	95%	95%	95%	0%	BIM	Sgl Clr	Sgl Clr	BIM

Ghi chú: WWR là tỉ lệ giữa diện tích cửa và tường (Window-Wall ratio).

Hình 3 mô tả các thông tin xuất ra từ kết quả phân tích năng lượng ứng với 10 trường hợp phân tích. Biểu đồ ở Hình 3 cho thấy được đèn thấp sáng (area lights), điều hòa không khí (space cooling) và các thiết bị điện (miscellaneous equipment) chiếm nhiều năng lượng nhất, từ đó ta có thể điều chỉnh, thiết kế và đầu tư các trang thiết bị tiết kiệm điện.



Hình 3. Biểu đồ thể hiện năng lượng tiêu tốn đối với từng tác nhân tiêu thụ

Bảng 3 thể hiện điểm đánh giá công trình xanh về mặt năng lượng tiêu thụ theo hệ thống đánh giá công trình xanh LOTUS. Có thể thấy, đối với phương án gốc (BIM) vốn dĩ đã được xây dựng từ các vật liệu xanh nên điểm số đạt được là 2 trên tổng số điểm của phần vỏ công trình là 3, phương án tối ưu đạt tối đa 3 điểm với chi tiết bảng phía dưới.

Bảng 3. Điểm đánh giá công trình xanh về mặt năng lượng

Trường hợp	Điểm đánh giá	Ghi chú
1	2	Mô hình BIM gốc
2	3	Mô hình tốt
3	2	
4	1	
5	1	
6	1	
7	1	
8	1	
9	1	
10	1	

4. Kết luận

Nghiên cứu đã thành công trong việc xác định cường độ sử dụng năng lượng của công trình, cũng như chỉ phí năng lượng hằng năm và các trường hợp thay thế nhằm lựa chọn ra phương án tối ưu và phù hợp nhất đối với mỗi loại công trình thông qua chính mô hình Revit đã được xây dựng, cùng dữ liệu đầu ra từ Insight và Green Building Studio mà không cần phải xây dựng một mô hình tính toán riêng biệt, giúp tiết kiệm nhiều thời gian hơn so với các phương pháp truyền thống. Đặc biệt, công trình xanh hiện nay là một trong những giải pháp hữu hiệu nhằm giảm thiểu tình trạng biến đổi khí hậu và hiệu ứng nhà kính, tận dụng

hệ thống dữ liệu từ các phương án thay thế đã được tạo ra kết hợp với hệ thống đánh giá công trình xanh LOTUS sẽ giúp ta nhanh chóng xác định được số điểm của phương án đạt chuẩn công trình xanh Việt Nam và các thay đổi (nếu có) để đáp ứng tiêu chuẩn và mong muốn của nhà đầu tư.

Kết quả của bài nghiên cứu sẽ rất hữu dụng đối với các kỹ sư và kiến trúc sư trong việc thiết kế, tư vấn, đánh giá mức tiêu hao năng lượng của một công trình và mức độ tác động môi trường của công trình đó. Ngoài thay thế các yếu tố như hướng công trình, vật liệu xây dựng và chất liệu cửa kính, nghiên cứu này cũng là bước khởi đầu của việc khai thác tính ưu việt của công nghệ BIM trong lĩnh vực xây dựng.

Hệ thống điều hòa không khí, điện năng thấp sáng và các thiết bị điện chiếm một mức tiêu hao năng lượng rất lớn trong một tòa nhà. Đó cũng chính là hạn chế của bài nghiên cứu này, vì muốn phân tích được, đòi hỏi người phân tích phải có thêm kiến thức chuyên sâu về MEP cũng như phần mềm Revit MEP. Các nghiên cứu tương lai có thể sử dụng các dữ liệu năng lượng thu thập từ công trình để khẳng định tính xác thực của mô hình phân tích năng lượng. Đồng thời, đánh giá độ nhạy của kết quả mô phỏng ứng với các sự thay đổi các thông số đầu vào của công trình cũng cần được quan tâm trong nghiên cứu tương lai.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 102.05-2019.01

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Xuân Trung, and L. X. Hiếu, "Định mức năng lượng công trình - Bước khởi đầu hướng đến Kiến trúc tiết kiệm năng lượng", *Tạp chí kiến trúc*, 2017.

[2] M. Najjar, K. Figueiredo, A. W. A. Hammad, and A. Haddad, "Integrated optimization with building information modeling and life cycle assessment for generating energy efficient buildings", *Applied Energy*, vol. 250, pp. 1366-1382, 2019/09/15/ 2019.

[3] VGBC. (2020, 02/7). *Hội đồng công trình xanh Việt Nam*. Available: <https://vgbc.vn/>

[4] "Tổng kết thị trường Công trình xanh Việt Nam 2018: Chứng nhận LEED và LOTUS", *Báo Kiến Việt*, 2019.

[5] M. V. Shoubi, M. V. Shoubi, A. Bagchi, and A. S. Barough, "Reducing the operational energy demand in buildings using building information modeling tools and sustainability approaches", *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 41-55, 2015/03/01/ 2015.

[6] S. M. Levy, "Chapter 9 - Green and sustainable buildings", in *Construction Process Planning and Management*, S. M. Levy, Ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2010, pp. 223-249.

[7] Autodesk. (2020, 02/7). *Insight - building performance analysis software*. Available: <https://www.autodesk.com/products/insight/overview>

[8] Autodesk. (2020, 02/7). *Green building studio*. Available: <https://gbs.autodesk.com/GBS/>