

ผลกระทบของชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อ การจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยคอมพิวเตอร์

Impact of Weather Files Influenced on Building Energy Consumption Assessment

รับบทความ	19/04/2568
แก้ไขบทความ	28/05/2568
ยอมรับบทความ	06/06/2568

อนิวัสส์ พันธุ์พงศ์พิพัฒน์* พรรณชลัท สุริโยธิน อภิพรรณ บริสุทธิ์
ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Aniwat Panpongpiat, Phanchalath Suriyothin, Apiparn Borisuit
Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
Aniwatwin2541@gmail.com, Phanchalath.S@chula.ac.th, Apiparn.B@chula.ac.th

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

บทคัดย่อ

หลายปีที่ผ่านมาสภาพภูมิอากาศทั่วโลกเปลี่ยนแปลงอย่างมาก ส่งผลต่อการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาศัยชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศในการวิเคราะห์เป็นส่วนประกอบ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร เมื่อใช้ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ตรวจวัดในพื้นที่ใกล้เคียงกับอาคารกรณีศึกษา ซึ่งในที่นี้เลือกจากสถานีตรวจวัด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากเว็บไซต์ (CU) ได้แก่ 1) Energyplus (EPW) 2) Climate One Building (COB) 3) Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) และ 4) Integrated Environmental Solutions (IES)

จากคำถามวิจัยที่ว่า ชุดข้อมูลที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานมากน้อยเพียงใด จึงเปรียบเทียบอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบตรง และแบบกระจาย Cooling Degree Days (CDD) และเลือกอาคารจามจุรี 5 เป็นอาคารกรณีศึกษาในการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคาร ผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากเว็บไซต์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ CU ทุกกรณี ยกเว้น ข้อมูลอุณหภูมิจาก COB ที่ไม่แตกต่างจาก CU แต่เมื่อนำชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศทั้งหมดมาจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เปรียบเทียบกับ CU พบว่า มีเพียง PVGIS เท่านั้นที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ผนวกกันความร้อนที่เปลือกอาคารเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร อันเนื่องจากอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศ

คำสำคัญ: ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ การจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การใช้พลังงานทำความเย็นในอาคาร
สภาพภูมิอากาศ เปลือกอาคาร

Abstract

In recent years, Thailand has experienced significant climate variations, which have influenced the building energy consumption using computer simulation programs. These assessments rely on weather data files to analyze energy consumption. However, discrepancies between weather data files and actual climatic conditions may impact the accuracy of such evaluations. This study examines four weather data files representing Bangkok's climate 1) EnergyPlus Weather (EPW) 2) Climate One Building (COB) 3) Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) 4) Integrated Environmental Solutions (IES) For comparison, actual climatic data in this study are derived from the weather monitoring station at the Faculty of Architecture, Chulalongkorn University (CU).

To evaluate how different climate data sets affect building energy performance simulation, temperature, relative humidity, direct and diffuse solar radiation, and Cooling Degree Days (CDD) were compared. The Chamchuri 5 building was selected as the case study for simulating cooling energy consumption. The analysis revealed that climate data from online sources differed significantly from the CU weather data in all parameters, except for the temperature data from COB, which showed no significant difference. However, when all climate data sets were used to simulate cooling energy performance using building energy software and compared to CU data, only PVGIS exhibited a statistically significant difference. Furthermore, insulation of the building envelope was identified as a critical factor influencing energy consumption due to the impact of climatic variations.

Keywords: *weather file, building energy simulation, cooling energy consumption, climate, building envelope*

บทนำ

ในปัจจุบันการใช้พลังงานเป็นเรื่องสำคัญ โดยเฉพาะการใช้พลังงานในอาคารต่าง ๆ การจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารจึงมีบทบาทมากขึ้น ส่วนหนึ่งเพราะสามารถคาดการณ์การใช้พลังงานเพื่อช่วยในการลดการใช้พลังงานได้ เช่น การประเมินรูปแบบอาคาร ตั้งแต่ช่วงการออกแบบ หรือการปรับเปลี่ยนวัสดุในช่วงพัฒนาแบบจะสามารถช่วยออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานได้ ดังนั้นการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลอาคารหลายประเภท ได้แก่ ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลงานระบบ เป็นต้น ข้อมูลสภาพภูมิอากาศเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความกดอากาศ ฯลฯ ที่นำไปจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยการคำนวณหาค่าความร้อน จากทั้งการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อนที่เข้ามาสู่อาคาร (U.S. Department of Energy, 2022)

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ใช้คำนวณในโปรแกรมจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคาร ประกอบด้วยข้อมูลสภาพภูมิอากาศเป็นเวลา 1 ปี จึงเรียกชุดข้อมูลเหล่านี้ว่า ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (weather file) (U.S. Department of Energy, 2022) โดยทั่วไปชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ Typical Year, Actual Year และ Extreme Year

ประเภทของชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นิยมใช้ในการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารคือ Typical Year เป็นประเภทชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่รวบรวมข้อมูลตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป โดยทั่วไปนิยมรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศทำการคัดเลือกเดือนตัวแทนสภาพภูมิอากาศในแต่ละปีด้วยวิธีทางสถิติ จนได้ข้อมูลครบ 12 เดือนในรูปแบบรายชั่วโมง (8,760 ชั่วโมง) (Wilcox & Marion, 2008) ในปัจจุบันสามารถหาชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศได้จากเว็บไซต์ทั่วไป เช่น Climate One Building และ Energy Plus เป็นต้น ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศประเภท Typical Year ช่วยให้นักวิจัยสามารถประเมินการใช้พลังงานของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศระยะยาว เนื่องจากเป็นข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่เฉลี่ยจาก 30 ปี (ASHRAE, 2021)

ประเภทต่อมาคือ Actual Year เป็นข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นจริงในหนึ่งปีไม่มีการคัดเลือกเดือนตัวแทนเหมือนกับ Typical Year ข้อมูลสภาพภูมิอากาศประเภทนี้สะท้อนถึงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลานั้น เช่น อากาศที่ร้อนกว่า หรือเย็นกว่าปีอื่น ๆ ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศประเภท Actual Year ช่วยให้สามารถประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารของปีนั้นได้แม่นยำ เพราะใช้ข้อมูลของปีนั้นเอง (ASHRAE, 2021)

ประเภทสุดท้ายคือ Extreme year เป็นข้อมูลสภาพภูมิอากาศในปีเดียวที่คัดเลือกมาจากปีที่มีสภาพภูมิอากาศแปรปรวนเป็นอย่างมาก เช่น เพื่อนำไปทดสอบการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในอาคาร (ASHRAE, 2021)

สืบเนื่องจากสภาพภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไปจากในอดีต เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วง ค.ศ. 1850–1900 กับช่วง ค.ศ. 2011–2020 พบว่า อุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้น 1.1°C อุณหภูมิพื้นดินเฉลี่ยสูงขึ้น 1.59°C อุณหภูมิมหาสมุทรเพิ่มขึ้น 1.01°C และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้น $1.45 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ โดยตรวจวัดจากดาวเทียมทั้งหมด 6 แหล่งทั่วโลก ได้แก่ ERA5, JRA-55, Berkeley Earth, GISTEMP, NOAA GlobalTemp และ HadCRUT5 analysis ดังนั้นอุณหภูมิโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (World Meteorological Organization, 2023) ซึ่งข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ไม่มีการเพิ่มเติมข้อมูลเรื่องภาวะการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันมีความเป็นไปได้ว่า ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร (ณัฐฐา ตระกูลไทย, 2558)

ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศประเภท Typical Year ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย บางแหล่งมีการตรวจวัดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ไม่มีการเพิ่มเติมข้อมูลเรื่องภาวะการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน ยกตัวอย่างเช่น IWE 1983-2000 เป็นต้น (ณัฐฐา ตระกูลไทย, 2558) เมื่อทำการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงาน จึงมีแนวโน้มแตกต่างจากสภาพภูมิอากาศจริงที่อาจส่งผลให้การจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความแม่นยำน้อยลง สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการศึกษาเปรียบเทียบชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศประเภท Typical Year กับชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศประเภท Actual Year ค.ศ. 2010 ที่ฟิลาเดลเฟีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งได้มาจากเว็บไซต์ที่นิยมใช้ในโปรแกรม Weather Generator ทั้งหมด 5 ชุด นำไปจำลองข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคต (morphing) โดยอิงจากข้อมูลสถิติที่มีอยู่เดิม จำลองข้อมูลในระยะเวลาดังต่าง ๆ เช่น รายวัน รายเดือน หรือรายปี และนำไปใช้ในงานวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลการศึกษาพบว่า ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ 3 ชุด

จาก 5 ชุด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ จึงมีการสำรวจข้อมูลสภาพภูมิอากาศในสหรัฐอเมริกาใหม่ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากภาวะโลกร้อน ส่งผลต่อผลการคำนวณการใช้พลังงานภายในอาคารมีความคลาดเคลื่อนได้ (Yassaghi et al., 2019)

นอกจากนี้ ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ตรวจวัดจากต่างสถานที่อาจมีความแตกต่างกันได้ เนื่องจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิบริเวณชานเมืองกับใจกลางเมืองมีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยสาธารณรัฐประชาชนจีน เมื่อ ค.ศ. 2018 ที่มีการศึกษาการเปรียบเทียบชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ตรวจวัดจาก 1) สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศจาก EnergyPlus Weather File (EPW) เมืองหนานกิง (Nanjing) 2) สถานีตรวจวัดอากาศ มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ (Southeast University) เมืองหนานกิง 3) กรมอุตุนิยมวิทยาของมณฑล ตังตู (Dangtu) เมืองหม่าซางอัน (Ma'anshan) ซึ่งพื้นที่ทั้งสามอยู่ห่างกันไม่เกิน 100 กม. พบว่าข้อมูลสภาพภูมิอากาศจาก EPW เมืองหนานกิงมีอุณหภูมิต่ำกว่าที่สำรวจจากสถานีตรวจวัดมหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ 2.2°C และต่ำกว่ากรมอุตุนิยมวิทยา 1°C นอกจากนี้ Cooling Energy Consumption (CDD) ที่คำนวณจากชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศมหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์มีค่าสูงกว่า CDD ที่คำนวณจากข้อมูล EPW และจากกรมอุตุนิยมวิทยาอยู่ที่ 20.4% และ 40.8% ตามลำดับ (Wang et al., 2021) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเปรียบเทียบสภาพภูมิอากาศจากชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศในรูปแบบ Typical Meteorological Year (TMY) ระหว่างใจกลางเมืองกรุงเทพมหานครกับบริเวณชานเมือง ได้แก่ 1) เขตปทุมวัน 2) เขตบางนา 3) สนามบินดอนเมือง 4) จังหวัดนครนายก 5) จังหวัดปทุมธานี และ 6) สนามบินสุวรรณภูมิ พบว่า อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเข้าใกล้ใจกลางเมือง โดยที่เมืองนครนายกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 29°C แต่ที่สนามบินดอนเมืองมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 32°C ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อห่างจากใจกลางเมืองกรุงเทพฯ การที่สภาพภูมิอากาศในเมืองกับชานเมืองเกิดความแตกต่างกัน อาจเป็นผลจากปรากฏการณ์เกาะความร้อน และภาวะโลกร้อน ซึ่งส่งผลทำให้สภาพภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง (Sakurai, 2023)

บทความนี้มุ่งเน้นศึกษาเปรียบเทียบชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครที่ได้จากเว็บไซต์ทั้ง Typical Year และ Actual Year เพื่อเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บนอาคารศูนย์เรียนรู้สิ่งแวดล้อมกายภาพสู่สังคม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ นอกจากนั้นยังจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา อาคารจามจุรี 5 ภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งศึกษาผลกระทบของชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการเลือกใช้รูปแบบช่องเปิดและวัสดุเปลือกอาคารที่แตกต่างกัน

กระบวนการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศประเภท Actual Year ซึ่งตรวจวัดที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กับชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศซึ่งตรวจวัดในพื้นที่ใกล้เคียงจากเว็บไซต์สาธารณะประเภท Typical Year และ Actual Year ในปีเดียวกัน ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบตรง ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบกระจาย และ CDD นอกจากนี้ยังนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการจำลองการใช้พลังงานภายในอาคารเพื่อศึกษาอิทธิพลของความแตกต่างของชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศโดยมีกระบวนการวิจัยดังนี้

ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ใช้ในการศึกษครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

เว็บไซต์สาธารณะให้บริการชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากประเภท Typical Year ได้แก่

- EnergyPlus (EPW) (EnergyPlus, (n.d.)) เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศในรูปแบบ International Weather for Energy Calculation (IWEC) พัฒนาโดยกระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา รวบรวมข้อมูลจาก Integrated Surface Database (ISD) ที่เป็นฐานข้อมูลขององค์กร National Ocean and Atmospheric Administration (NOAA) การศึกษครั้งนี้ใช้ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศของ EPW ระหว่าง ค.ศ.1983–2000 ตรวจวัดที่สถานีตรวจวัดอากาศบริเวณสนามบินดอนเมือง กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

- Climate One Building (COB) (Crawley & Lawrie, 2014) เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศในรูปแบบ Typical Meteorological Year (TMY) รวบรวมจากฐานข้อมูลของ ISD ซึ่งรวบรวมจากสถานีตรวจวัดอากาศ 35,000 สถานีจากทั่วโลก การศึกษาครั้งนี้ใช้ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศของ COB ระหว่างปี ค.ศ. 2007–2021 ตรวจวัดที่สถานีตรวจวัดอากาศสวนเบญจกิติ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

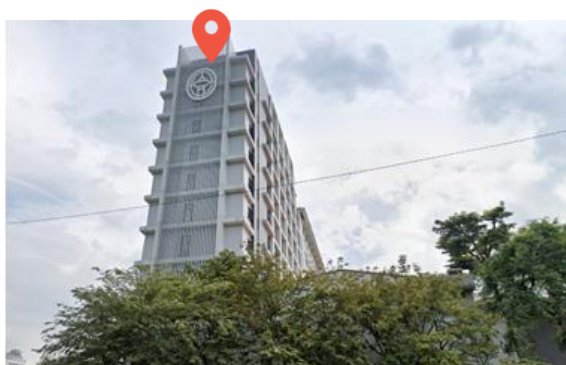
- Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) (European Center for Medium-Range Weather Forecasts, 2005) เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศในรูปแบบ TMY พัฒนาโดยองค์กร European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) ให้บริการข้อมูลเกี่ยวกับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เป็นหลัก อ้างอิงฐานข้อมูลจากดาวเทียม SARAH1 และ ERA5 การศึกษาครั้งนี้ใช้ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศของ PVGIS ระหว่างปี ค.ศ. 2005–2016 ตรวจวัดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

ฐานข้อมูลให้บริการชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากเว็บไซต์สาธารณะประเภท Actual Year

- Integrated Environmental Solutions (IES) (Integrated Environment Solutions, 1995) เป็นฐานข้อมูลให้บริการชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศในรูปแบบ Actual Meteorological Year (AMY) อ้างอิงข้อมูลจากองค์กร NOAA การศึกษาครั้งนี้ใช้ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศของ IES ในปี ค.ศ. 2020 โดยตรวจวัดในพื้นที่กรุงเทพมหานครขนาด 30 x 30 กิโลเมตร มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่อาคารบริการ NT ถนนโอศก-ดินแดง

ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ใกล้เคียงกับอาคารกรณีศึกษาประเภท Actual Year

- ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศที่ชั้นดาดฟ้า อาคารศูนย์เรียนรู้สิ่งแวดล้อมกายภาพสู่สังคม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU) ซึ่งอยู่ห่างจากอาคารที่ทำการจำลองการใช้พลังงาน 250 เมตร ดังที่แสดงในภาพ 1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ตรวจวัดได้ ประกอบไปด้วย 1) Thermo-hygrometer (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์) 2) Barometer (ความกดอากาศ) 3) Ultrasonic Wind sensor (ความเร็วลมและทิศทางลม) 4) Pyrheliometer (ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบตรง) 5) Pyranometer (ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบรวม และความเข้มรังสีอาทิตย์แบบกระจาย) 6) Rain gauge (ปริมาณน้ำฝน) 7) Luxmeter (ความส่องสว่างรวม) ดังภาพ 1 ในงานวิจัยนี้ใช้ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศของ CU ในปี ค.ศ. 2020 (Sakurai, 2023) โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ CU เป็น Base case



ภาพ 1 สถานีตรวจวัดอากาศ อาคารศูนย์เรียนรู้สิ่งแวดล้อมกายภาพสู่สังคม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ที่มา: ภาพซ้าย <https://www.google.com/maps>, ภาพขวา: ผู้วิจัย)

การเปรียบเทียบข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

การเปรียบเทียบข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ใช้ตัวแปรจากชุดข้อมูลสภาพแวดล้อมอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบตรง (W/m^2) และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบกระจาย (W/m^2) เนื่องจากเป็นตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรม EnergyPlus การคำนวณการใช้พลังงานภายในอาคาร (U.S. Department of Energy, 2022)

การเปรียบเทียบ Cooling Degree Day (CDD) ถูกกำหนดขึ้นจากสมมติฐานที่ว่า เมื่ออุณหภูมิภายนอกเท่ากับอุณหภูมิอ้างอิง (T_{BP}) (เช่น 25°C สำหรับการทำความเย็น) อาคารจะไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานในการทำความร้อน หรือความเย็นเพื่อรักษาสถานะน่าสบายภายในอาคาร CDD สามารถคำนวณได้ดังสมการ 1 CDD ออกแบบมาเพื่อบ่งชี้ความต้องการพลังงานที่จำเป็นสำหรับการทำความเย็น โดยที่ CDD คือ Cooling Degree Days ในหนึ่งวัน ($^{\circ}\text{C}$) คือ อุณหภูมิอ้างอิง T_{BP} (Base Point Temperature) ซึ่งในอาคารกรณีศึกษาปรับไว้ที่ 25°C T_{Avg} คือ อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน ($^{\circ}\text{C}$) และ n คือจำนวนวันที่ต้องการคำนวณ (Wang et al., 2021)

การพิจารณาเฉพาะ CDD ทำให้เห็นความแตกต่างของภาระการทำความเย็นได้ชัดเจน เนื่องจากเป็นตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานความเย็นเป็นหลัก เนื่องจากสภาพภูมิอากาศส่งผลโดยตรงต่อภาระการทำความเย็น (ASHRAE, 2013)

$$CDD = \sum_{i=1}^n (T_{BP} - T_{Avg,i}) \quad \dots\dots\dots \text{สมการ 1}$$

การจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

การจำลองอาคารกรณีศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับสถานีตรวจวัดอากาศ (CU) ระยะห่าง 250 เมตร โดยในงานวิจัยนี้เลือกทำแบบจำลองอาคารทางกายภาพด้วยโปรแกรม Sketchup เวอร์ชัน 2010 เพื่อส่งไปยังโปรแกรม Open Studio เวอร์ชัน 2.9.0 ซึ่งใช้ซอฟต์แวร์ของ EnergyPlus สำหรับการคำนวณ เนื่องจากการศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องของซอฟต์แวร์จำลองพลังงานในอาคาร (Building Energy Simulation Software) กับซอฟต์แวร์อื่นด้วยวิธีการ Building Energy Simulation Test (BESTEST) พบว่า โปรแกรม EnergyPlus สามารถประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารได้อย่างแม่นยำ (Crawley et al., 2008)

อาคารสำนักงาน อาคารจามจุรี 5 เป็นกรณีศึกษาเป็นอาคารสูง 7 ชั้น ผู้วิจัยได้ใช้ชั้นที่ 7 ในการจำลอง เนื่องจากอาคารชั้นที่ 7 เป็นชั้นหลังคาที่ได้รับอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศมากที่สุด ในการจำลองข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการใช้พลังงานในอาคารประกอบด้วยรูปทรงอาคารสี่เหลี่ยมผืนผ้า พื้นที่ 9,161 ตารางเมตร ขนาด กว้าง ยาว และ สูง $23.9 \times 57.2 \times 3.5$ เมตร ข้อมูลวัสดุ กรอบอาคาร เปิดทำการในวันจันทร์-ศุกร์ เวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง ระบบไฟฟ้ากำลัง อุปกรณ์ไฟฟ้า และระบบปรับอากาศใช้แบบประเภท Split Type ดังตาราง 1

ตาราง 1 รายละเอียดแบบจำลองอาคารจามจุรี 5

Parameters	7th Floor Charmchuri 5 Building
Total Area m^2	9,161
Floor Height (m)	3.5
Orientation	วางตามแนวตะวันออก-ตะวันตก
Wall U-Value ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}$)	2.83
Roof U-value ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}$)	4.59
WWR	0.40
Glazing U-Value ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}$)	5.70
Electric Equipment (W/m^2)	8.07
Lighting (W/m^2)	9.68
COP	3.0
Set Point Temperature ($^{\circ}\text{K}$)	25
Schedules (Day/week)	5

ที่มา: แบบก่อสร้างอาคารจามจุรี 5 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CEN062 โดย สำนักบริหารระบบกายภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2020. สำนัก.

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคาร (Cooling energy consumption) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้โปรแกรม EnergyPlus จำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นจากชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันจากแต่ละชุดว่าส่งผลต่อผลการคำนวณการใช้พลังงานภายในอาคาร หรือไม่อย่างไร

การวิเคราะห์ผลการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเปรียบเทียบชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากเว็บไซต์ กับชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ที่ตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดอากาศจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU) โดยแบ่ง 1) การเปรียบเทียบข้อมูลสภาพภูมิอากาศ 2) การเปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร 3) การเปรียบเทียบ CDD ขึ้นตอนถัดไป หาความแตกต่างระหว่างชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศด้วยวิธีทางสถิติ จึงใช้การทดสอบสมมติฐาน (hypothesis testing) วิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีทดสอบ ANOVA ด้วยโปรแกรม SPSS (International Business Machines [IBM], 2021) เพื่ออธิบายผลการศึกษา โดยพิจารณาจากค่าความน่าจะเป็น (p-value) หากมีค่าน้อยกว่า 0.05 ($p < 0.05$) แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษา

การเปรียบเทียบข้อมูลสภาพภูมิอากาศระหว่างประเภท Typical Year จากเว็บไซต์สาธารณะ COB, PVGIS และ EPW กับ Actual Year จากสถานีตรวจวัดอากาศคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาฯ (CU) พบว่า อุณหภูมิของ CU มีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งปี 29.35°C รองลงมาเป็น COB, EPW และ PVGIS อยู่ที่ 29.18°C , 28.50°C และ 27.35°C ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์ของ PVGIS มีค่าสูงสุดโดย มีค่าเฉลี่ยทั้งปี 74.46% รองลงมาเป็น COB EPW และ CU อยู่ที่ 73.21% , 70.99% และ 65.82% ตามลำดับ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบตรง พบว่า COB มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีสูงที่สุดที่ 370.62 W/m^2 ในขณะที่ EPW มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีต่ำที่สุดที่ 212.28 W/m^2 และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบกระจาย พบว่า EPW สูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งปี 222.26 W/m^2 ต่ำสุดคือ COB ของค่าเฉลี่ยทั้งปี 124.08 W/m^2

การเปรียบเทียบข้อมูลสภาพภูมิอากาศระหว่าง ประเภท Actual Year ค.ศ. 2020 จากเว็บไซต์ IES กับ Actual Year จากสถานีตรวจวัดอากาศ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาฯ (CU) พบว่า CU มีแนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีสูงกว่า IES โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 29.35°C และ 27.98°C ตามลำดับ ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ของ IES มีแนวโน้มความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดทั้งปีสูงกว่า CU โดยมีความชื้นสัมพัทธ์ 73.64% และ 65.83% ตามลำดับ สำหรับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบตรง IES มีค่าสูงกว่า CU 118.82 W/m^2 และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบกระจาย CU มีค่าสูงกว่า IES 18.3 W/m^2

จากผลการทดสอบด้วยสมการทางสถิติ พบว่า ทั้งอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบตรง ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบกระจายมี P-Value ต่ำกว่า 0.05 ยกเว้นอุณหภูมิของ COB เมื่อเปรียบเทียบกับ CU และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบกระจายของ CU เปรียบเทียบกับ PVGIS มีค่า P-Value อยู่ที่ 0.257 และ 0.08 ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่า ตัวแปรในชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศมีแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ ยกเว้นอุณหภูมิและความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบกระจาย ดังตาราง 2

ตาราง 2 ความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญตัวแปรชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากเว็บไซต์เมื่อเทียบกับ CU (* = Sig. เมื่อ P-Value < 0.05)

ตัวแปรที่พิจารณา		Typical Year			Actual Year
		CU / COB	CU / PVGIS	CU / EPW	CU / IES
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	P-Value	0.257	<0.01*	<0.01*	<0.01*
Relative Humidity (%)		<0.01*	<0.01*	<0.01*	<0.01*
Direct Radiation Intensity (W/m^2)		<0.01*	<0.01*	0.004*	<0.01*
Diffuse Radiation Intensity (W/m^2)		<0.01*	0.08	<0.01*	<0.01*

ที่มา: ผู้วิจัยเปรียบเทียบด้วยโปรแกรม SPSS

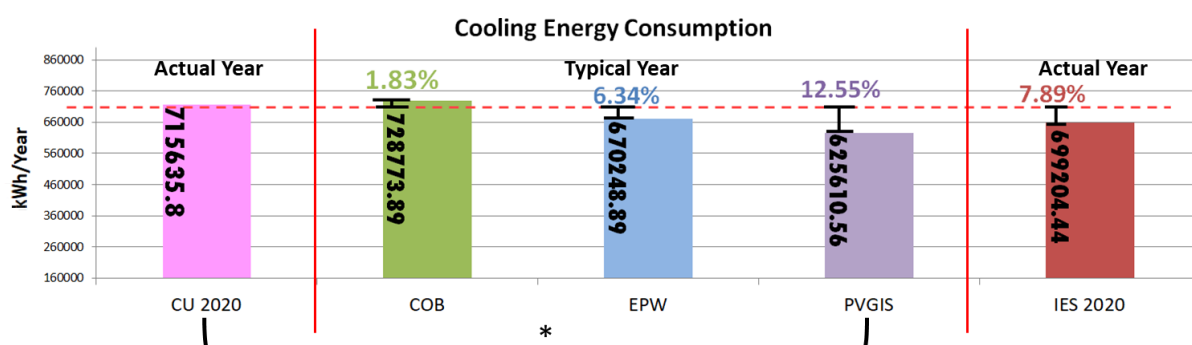
ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบค่า CDD รายปีของ CU กับชุดข้อมูลอากาศ COB, PVGIS, EPW และ IES 2020 พบว่า ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศมีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญเกือบทั้งหมดยกเว้น COB ดังตาราง 3 สืบเนื่องมาจากการคำนวณ CDD อาศัยข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยในการคำนวณเป็นหลัก จึงส่งผลให้ CDD มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญตามไปด้วย

ตาราง 3 เปรียบเทียบ P-Value ของ Cooling Degree Days เมื่อเปรียบเทียบกับ CU (* = Sig. เมื่อ P-Value < 0.05)

ตัวแปรที่พิจารณา	Typical Year			Actual Year
	CU / COB	CU / EPW	CU / PVGIS	CU / IES
P-Value	0.105	<0.001*	<0.001*	<0.001*
Difference %	4.33	17.83	42.56	28.46

ที่มา: ผู้วิจัยเปรียบเทียบด้วยโปรแกรม SPSS

ขั้นตอนถัดไป เป็นการเปรียบเทียบการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร (cooling energy consumption) ด้วยการใช้ชุดข้อมูลตัวแทนสภาพภูมิอากาศประเภท Actual Year จากสถานีตรวจวัด CU (base case) กับประเภท Typical Year พบว่า ผลการใช้พลังงานการทำความเย็นของ CU กับ COB, EPW และ PVGIS มีค่าความแตกต่าง 1.83%, 6.34% และ 12.55% ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบ Actual Year ของ CU กับ Actual Year ของ IES พบว่า ผลการใช้พลังงานการทำความเย็นตลอดทั้งปีของชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศจาก CU มีความแตกต่างกับ IES อยู่ที่ 7.89% ดังภาพ 2 โดย CU จะมีผลการใช้พลังงานการทำความเย็นมากกว่า ดังภาพ 2 ผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานทำความเย็นด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า มีเพียงข้อมูลการใช้พลังงานด้วยข้อมูลสภาพอากาศจาก PVGIS ที่แตกต่างจาก CU อย่างมีนัยยะสำคัญ (P Value < 0.05) นอกจากนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญ ดังตาราง 4



ภาพ 2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นของชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (* = Sig. เมื่อ P-Value < 0.05)

(ที่มา: ผู้วิจัยเปรียบเทียบด้วยโปรแกรม Excel)

ตาราง 4 เปรียบเทียบ P-Value ของการใช้พลังงานการทำความเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับ CU (* = Sig. เมื่อ P-Value < 0.05)

ตัวแปรที่พิจารณา	Typical Year			Actual Year
	CU / COB	CU / EPW	CU / PVGIS	CU / IES
P -Value	0.871	0.083	0.001*	0.089
Difference %	1.83	6.34	12.55	7.89

ที่มา: ผู้วิจัยเปรียบเทียบด้วยโปรแกรม SPSS

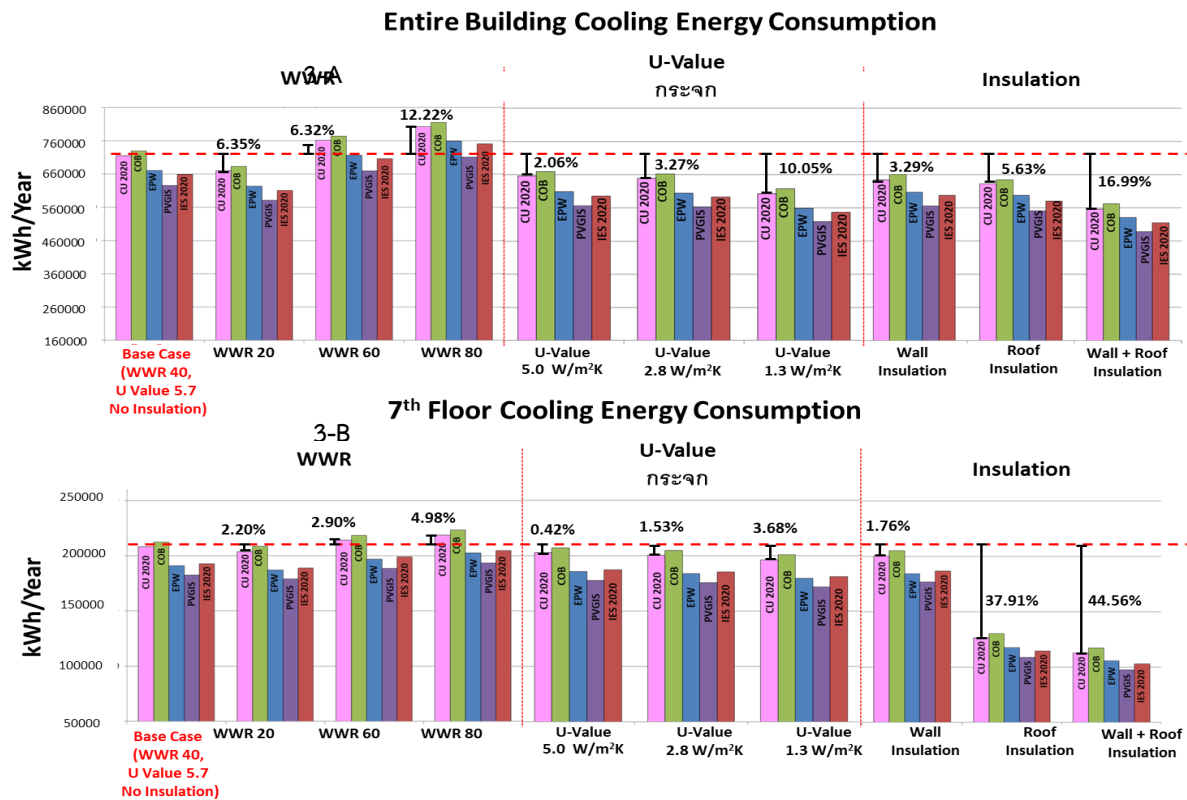
ในขั้นตอนถัดไป เพื่อศึกษาอิทธิพลของชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารให้ละเอียดยิ่งขึ้นจึงเปรียบเทียบผลการใช้พลังงานในอาคาร เมื่อเปลี่ยนตัวแปรทางกายภาพของเปลือกอาคาร ได้แก่ 1) อัตราส่วน Window to Wall Ratio (WWR) 2) U-Value ของกระจก 3) การติดตั้งฉนวนการทำความร้อน เนื่องจากทั้งสามตัวแปรมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารมากที่สุด (Gupta & Deb, 2023) หลังจากนั้นจึงนำอาคารกรณี Base case ซึ่งมีลักษณะดังนี้ อัตราส่วน WWR 40 ค่า U-Value

ของกระจก 5.7 W/m²K และไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังกับหลังคา (U-Value ของผนัง 2.83 W/m²K, U-Value ของหลังคา 4.59 W/m²K) เปรียบเทียบกับกรณีที่มีการปรับเปลี่ยนตัวแปรทางกายภาพของเปลือกอาคาร ดังนี้ อัตราส่วน WWR20, WWR 60, WWR 80 / U-Value ของกระจก 5.0 W/m²K, 2.8 W/m²K, 1.3 W/m²K / Wall Insulation (U-Value ของผนัง 0.42 W/m²K), Roof Insulation (U-Value ของหลังคา 0.16 W/m²K) และ Wall + Roof Insulation (U-Value ผนังรวม 0.42 W/m²K, U-Value หลังคารวม 0.16 W/m²K) ดังตาราง 5 ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบกันระหว่าง อาคารทั้งหลัง (entire building) และชั้นบนสุดของอาคาร (7th floor)

ตาราง 5 ตัวแปรของอาคารที่ใช้ในการเปรียบเทียบอิทธิพลจากชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

กรณี	WWR	Glazing U-Value (W/m ² K) (ที่มา: Guardian GlassTime: Technical manual by Guardian Glass, 2022. Guardian Europe. (file:///C:/Users/maplab/Downloads/GlassTimeHandbook_EN_0822.pdf))	Insulation (ที่มา: SP-PU-01 REV.00: Specification of PU panel by Fatek Group, (n.d.). The company.)
Base case	WWR 40	Single Clear Glazing 6 mm (5.7 W/m ² K)	No Insulation (U-Value ผนัง 2.83 W/m ² K, U-Value หลังคา 4.59 W/m ² K)
1	WWR 20	Single Laminated Glass 6 + 0.2+6 mm (5.0 W/m ² K)	Wall Insulation (U-Value ผนัง 0.42 W/m ² K) (Polyurethane Board 50 mm + Gypsum Board 12 mm)
2	WWR 60	Single Laminated Low-E Glass 6.38 mm. E-OGN (2.80 W/m ² K)	Roof Insulation (U-Value หลังคา 0.16 W/m ² K) (Polyurethane Board 150 mm.)
3	WWR 80	Double Glazing 6 (16) 4 (1.30 W/m ² K)	2) Wall Insulation + 3) Roof Insulation (U-Value ผนัง 0.42 W/m ² K, U-Value หลังคา 0.16 W/m ² K)

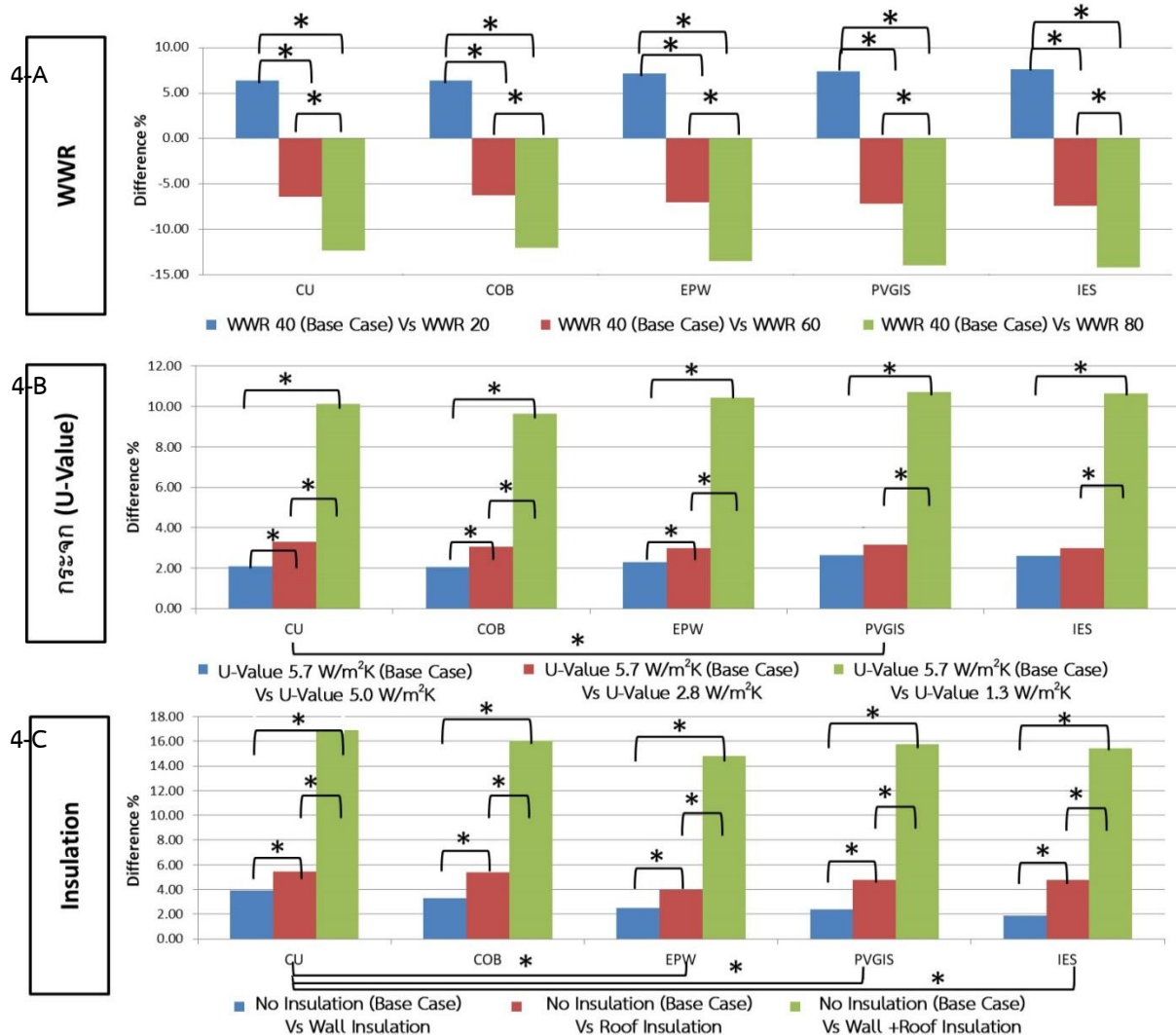
ภาพ 3 แสดงผลการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคาร Base case เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการปรับเปลี่ยนตัวแปรทางกายภาพของเปลือกอาคาร (WWR, U-value และฉนวนกันความร้อน) ภาพ 3-A แสดงการใช้พลังงานของอาคารทั้งหลัง และภาพ 3-B แสดงการใช้พลังงานเฉพาะชั้น 7 จะเห็นว่า สำหรับการใส่ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศจาก CU การเพิ่มฉนวนกันความร้อนของอาคารเฉพาะชั้น 7 ที่ได้หลังคา ส่งผลให้การใช้พลังงานในอาคารลดลง 37.91% และเมื่อเพิ่มฉนวนใต้หลังคาและผนัง ส่งผลให้การใช้พลังงานในอาคารลดลง 44.56% ส่วนการเปรียบเทียบอาคารทั้งหลัง พบว่า การติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาและผนัง ส่งผลให้การใช้พลังงานในอาคารลดลงมากที่สุด 16.99% รองลงมาเป็นการเลือกใช้ WWR 80 ลดลง 12.22% และการติดตั้งกระจก U-Value 1.3 W/m²K ลดลง 10.05%



ภาพ 3 แสดงกราฟเปรียบเทียบตัวแปรทางกายภาพของเปลือกอาคารที่ได้รับอิทธิพลต่อสภาพภูมิอากาศเมื่อพิจารณาเฉพาะชั้น 7

ที่มา: ผู้วิจัยเปรียบเทียบกับโปรแกรม Excel

ขั้นตอนต่อไปได้ศึกษาอัตราการร้อยละของการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานจาก Base case (Percentage Change; %) อัตราร้อยละ ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างของการใช้พลังงานการทำความเย็น เมื่อมีการเปลี่ยนตัวแปรทางกายภาพของเปลือกอาคารเปรียบเทียบกับ Base case ว่ามีอัตราการร้อยละของการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพียงใด จากการศึกษาพบว่า อัตราร้อยละของการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานจาก Base case กับ การเปลี่ยนตัวแปรทางกายภาพของเปลือกอาคาร ทั้ง WWR, U-value และฉนวนกันความร้อนมีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญของชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศทุกกรณี ยกเว้น PVGIS กับ IES ดังภาพ 4-B นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ พบว่า สำหรับตัวแปร WWR ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญระหว่างชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ดังภาพ 4-A แต่สำหรับตัวแปร U-Value ของกระจกพบความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญของข้อมูล CU กับ PVGIS ดังภาพ 4-B ส่วนตัวแปรฉนวนกันความร้อน พบความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญระหว่างข้อมูล CU กับ EPW, PVGIS และ IES ดังภาพ 4-C



ภาพ 4 ความแตกต่างการใช้พลังงานการทำความเย็นจากอาคารกรณีศึกษาที่ปรับเปลี่ยนตัวแปรอาคาร (* = Sig. เมื่อ P-Value < 0.05)

ที่มา: ผู้วิจัยเปรียบเทียบด้วยโปรแกรม Excel

อภิปรายและสรุปผล

จากการเปรียบเทียบชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แบบตรง และแบบกระจาย พบว่า ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากเว็บไซต์มีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญกับชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ CU ทุกกรณี ยกเว้นข้อมูลอุณหภูมิจาก COB ที่ไม่แตกต่างจาก CU ($P < 0.05$) แต่เมื่อนำชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศทั้งหมดมาจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เปรียบเทียบกับ CU พบว่า มีเพียงข้อมูลสภาพภูมิอากาศ PVGIS เท่านั้นที่แตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญ ($P < 0.05$)

ในขั้นตอนถัดไปเป็นการเปรียบเทียบระหว่างอาคารกรณีศึกษาที่ปรับเปลี่ยนตัวแปรทางกายภาพของเปลือกอาคาร ได้แก่ 1) อัตราส่วน Window to Wall Ratio (WWR) 2) U-Value ของกระฉก 3) การติดตั้งฉนวนกันความร้อนกับอาคารกรณี Base case พบว่า การเพิ่มฉนวนกันความร้อนเฉพาะชั้น 7 มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานมากที่สุด โดยสามารถลดการใช้พลังงานการทำความเย็นถึง 44.56% นอกจากนั้นพบว่า ตัวแปรทางกายภาพของอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคาร ได้แก่ ฉนวนกันความร้อน รองลงมาเป็น U-Value ของกระฉก และ WWR สอดคล้องกับการศึกษาของกุปตะและเด็บ (Gupta & Deb) (2023)

จากนั้นจึงทำการหาอัตราร้อยละของการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานระหว่าง Base case กับการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทางกายภาพของเปลือกอาคาร (percentage change) ทั้งนี้ การหาค่านี้เป็นประโยชน์สำหรับการนำไปใช้กับเกณฑ์อาคารเขียวต่าง ๆ เช่น LEED หรือ TREES เป็นต้น ซึ่งคะแนนการประหยัดพลังงานของเกณฑ์อาคารเขียวได้จากการคำนวณอัตราร้อยละของการประหยัดพลังงาน (percentage improvement) เปรียบเทียบกับแบบจำลองมาตรฐานจาก ASHRAE ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษา Percentage change ระหว่าง Base case และตัวแปรทางกายภาพของเปลือกอาคารระหว่างชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ จึงเห็นว่า การใช้ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันในบางกรณี เช่น ระหว่าง CU กับ PVGIS เมื่อมี U-value ที่แตกต่างกัน และ CU กับ EPW, PVGIS และ IES เมื่อมีการใช้ฉนวนกันความร้อน เห็นได้ว่า ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อ Percentage change

จะเห็นได้ว่า ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ COB เป็นข้อมูลสภาพอากาศชุดเดียวที่มีอุณหภูมิไม่แตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ CU นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงาน และ Percentage Change พบว่า ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ COB ก็ไม่แตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ CU เช่นกัน สอดคล้องกับสมการหาค่าการใช้พลังงานที่โปรแกรม EnergyPlus นำมาคำนวณ (U.S. Department of Energy, 2022) ซึ่งมีอุณหภูมิเป็นตัวแปรที่สำคัญ

สำหรับผู้ที่จะจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยใช้เกณฑ์อาคารเขียวควรคำนึงถึงชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำมาวิเคราะห์ว่า อาจมีอิทธิพลต่อการคำนวณหาอัตราร้อยละของการประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทางกายภาพ เช่น การเพิ่มฉนวนสำหรับเปลือกอาคาร เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบการจำลองประสิทธิภาพการพลังงานของอาคารจากชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้ของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิพรรณ บริสุทธิ์ และศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้เสนอแนวคิดให้ความรู้อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบคุณ Professor Masayuki Ichinose จาก Department of Architecture, Faculty of Urban Environment, Tokyo Metropolitan University ผู้ดูแลและริเริ่มโครงการสถานีตรวจวัดอากาศคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับข้อมูลสภาพภูมิอากาศใจกลางกรุงเทพฯ

ขอขอบคุณ รศ.ดร. กมล บุชบา สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่เป็นที่ปรึกษาในการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร. บัณฑิต จุลาสัย และดร.รัชดา โชติพานิช หน่วยวิจัยแผนที่และเอกสารประวัติศาสตร์ ที่ช่วยชี้แนะแนวทางและสนับสนุนค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวันตลอดหลายปีมานี้

บรรณานุกรม

- ณัฐา ตระกูลไทย. (2558). *ผลกระทบจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานอาคารในเขตร้อนชื้น* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. CUIR. <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/51131>
- ปกป้อง ปัตติวงศ์. (2555). *อิทธิพลของภูมิอากาศในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยต่อการใช้พลังงานในอาคาร* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. CUIR. <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/42524>
- ปรีชา อารุณ และกุสกาภา ภูบาล. (2562). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายนอกและการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศของอาคารอเนกประสงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, *วารสารวิชาการ ปชมท.*, 80(2), 80–89.
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สำนักบริหารระบบกายภาพ. (2563). *แบบก่อสร้างอาคารจามจุรี 5 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CEN062*. สำนัก.
- อภิญา เวชกามา. (2565). *ผลกระทบจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงกับการออกแบบพลังงานหมุนเวียน เพื่อไปสู่อาคารพักอาศัย ปล่องคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chula DigiVerse. <https://digiverse.chula.ac.th/Info/item/dc:51879>
- ASHRAE. (2002). *ASHRAE Guideline: Measurement of energy and demand savings*. https://www.eepperformance.org/uploads/8/6/5/0/8650231/ashrae_guideline_14-2002_measurement_of_energy_and_demand_saving.pdf
- ASHRAE. (2013). *ASHRAE handbook fundamentals* (SI ed.). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. <https://www.ashrae.org>
- ASHRAE. (2021). *ASHRAE handbook-Fundamentals*. <https://www.ashrae.org/technical-resources/ashrae-handbook/ashrae-handbook-online>
- Crawley, D., & Lawrie, L. (2014). *Climate one building*. <https://climate.onebuilding.org/>
- Crawley, D. B., Hand, J. W., Kummert, M., Griffith, B. T. (2008). Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. *Building and Environment*, 43(4), 661–673.
- EnergyPlus. (n.d.). *EnergyPlus*. <https://energyplus.net/>
- European Center for Medium-Range Weather Forecasts. (2005). *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*. <https://joint-research-centre.ec.europa.eu/>
- Fatek Group. (n.d.). *SP-PU-01 REV.00: Specification of PU panel*. The company.
- Guardian Glass. (2022). *Guardian GlassTime: Technical manual*. Guardian Europe. file:///C:/Users/maplab/Downloads/GlassTimeHandbook_EN_0822.pdf
- Gupta, V., & Deb, C. (2023, October). Envelope design for low-energy buildings in the tropics: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 186, 113650.
- Integrated Environment Solutions (IES). (1995). *Athenium analytics: Weather data for any global location*. <https://www.iesve.com/support/weatherfiles/athenium-analytics>
- Internal Panel in Climate Change. (2023). *Climate change 2023 synthesis report*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

- International Business Machines [IBM]. (2021). *IBM SPSS statistics 29 core system user's guide*.
https://www.ibm.com/docs/en/SSLVMB_29.0.0/pdf/IBM_SPSS_Statistics_Core_System_User_Guide.pdf
- Liu, Y., Stouffs, R., Tablada, A., Wong, N. H., & Zhang, J. (2016). Comparing micro-scale weather data to building energy consumption in Singapore. *Energy and Building*, 152(1), 776–791.
- Radhi, H. (2008). A comparison of the accuracy of building energy analysis in Bahrain using data from different weather periods. *Renewable Energy*, 34(3), 869–875.
- Sakurai, Y. (2023). *Analysis of design weather data used in the Asian region* [Unpublished master's thesis]. Tokyo Metropolitan University.
- Santamouris, M. (2016, September 15). Cooling the buildings – past, present and future. *Energy and Buildings*, 128, 617–638.
- U.S. Department of Energy. (2022, March 29). *EnergyPlus™ version 22.1.0 documentation: Auxiliary programs*. The Department.
- Wang, W., Li, S., Guo, S., Ma, M., Feng, S., Bao, L. (2021, November). Benchmarking urban local weather with long-term monitoring compared with weather datasets from climate station and EnergyPlus weather (EPW) data. *Energy Reports*, 7, 6501–6514.
- Wilcox, S., & Marion, W. (2008, May). *User's manual for TMY3 data sets: Technical report NREL/TP-581-43156*. National Renewable Energy Laboratory.
- World Meteorological Organization. (2023). *The global climate 2011–2020: A decade of accelerating climate change*. <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789263113382c004>
- Yassaghi, H., Mostafavi, N., Hoque, S. (2019, September 15). Evaluation of current and future hourly weather data intended for building designs: A Philadelphia case study. *Energy and Buildings*, 199, 491–511.