



การพัฒนารอบการประเมินสำหรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี แบบจำลองข้อมูลอาคารในการก่อสร้างอาคารเขียว Development of Evaluation Framework for Applying BIM Technology in Green Building Construction

พีรเดช คุ่มศิริ และ ปูน เทียงบุรณธรรม

Pheeradet Khumsiri and Poon Thiengburanathum

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

Faculty of Engineering Chiang Mai University Chiang Mai Thailand 50200

E-mail: pheeradet_k@cmu.ac.th Tel-0931326421

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารอบการประเมินอาคารเขียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพวิธีการประเมินอาคารเขียว และประยุกต์ใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์อาคารเขียวตามมาตรฐานการประเมิน เพื่อใช้ควบคู่กับโปรแกรมวิเคราะห์พลังงาน เนื่องจากปัจจุบันการประเมินอาคารเขียวมีความคลาดเคลื่อนไปจากการตั้งเป้าหมายในตอนเริ่มต้น อีกทั้งยังมีการเสนอ วิธีการพัฒนาแบบก่อสร้าง ก่อนทำการก่อสร้างจริง เพื่อให้เหมาะสมตรงกับความต้องการของเจ้าของโครงการ

การพัฒนารอบการประเมินอาคารในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอปัจจัยเพิ่มเติมในการประเมินอาคารก่อนการก่อสร้าง จากเดิมที่จะมีการประเมินในปัจจุบันในด้านต่างๆ คือ (1) รูปลักษณะและลักษณะอาคาร (2) ความร้อน (3) พลังงานที่ใช้และปล่อยออก (4) แสงสว่าง โดยได้เพิ่มเติม ปัจจัยทางด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง และปัจจัยทางด้านมูลค่าต้นทุนในการก่อสร้าง โดยได้นำเทคโนโลยีแบบจำลองข้อมูลอาคารมาประยุกต์ใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้าง วิเคราะห์ค่าพลังงาน พื้นที่ มูลค่าการก่อสร้าง และระยะเวลาในการก่อสร้างของอาคารที่ได้วางแผนไว้ก่อนการก่อสร้าง โดยนำเสนอแนวทางเลือกในการพัฒนาแบบก่อสร้าง เพื่อให้ได้ค่าคะแนนการประเมินอาคารที่สูงขึ้น ทั้งนี้ได้นำกระบวนการตัดสินใจแบบหลาย หลักเกณฑ์เป็นแนวทางในการตัดสินใจทางเลือกในการปรับปรุงแบบ โดยนำวิธีการวิเคราะห์กระบวนการลำดับขั้น มาช่วยในการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยการประเมิน ซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยด้านราคาการก่อสร้าง ปัจจัยด้านระยะเวลาการก่อสร้าง และปัจจัยด้านค่าคะแนนที่ได้จากการประเมินอาคารเขียว แล้วจึงนำวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์มาใช้ในการตัดสินใจค่าความสำคัญและการจัดลำดับแนวทาง ในการพัฒนาแบบก่อสร้าง

ABSTRACT

This study aimed to develop the framework of green building evaluation to increase the performance of evaluation process and apply the analysis program for green building, using the evaluation standard, to be used together with the energy analysis program. Today there is deviation from the initial target. This study also proposed ways to improve the construction plan before starting the construction, to fulfil the requirements of the project owner.

In this study we added additional factors in evaluating buildings before starting the construction. From the normal factors; (1) look and building's feature (2) heat (3) energy (4) light; we added these two factors: Construction time and cost used in the construction. We applied the building information modeling (BIM) to creating construction plan, analyzing the energy, area, cost used in the construction,

and the construction time that we planned before starting the construction. This study also proposed choices in developing the construction plan, to get the higher score in evaluation. We selected ways to improve the model by using Multi Criteria Decision Making. We used analytic hierarchy process method to help in weighting priority of evaluation factors, which are cost of construction, construction time, and the score that we got from the green building evaluation, then we used Multi Criteria Decision Making to select the priority and the way to improve the model.

1. บทนำ

อาคารเขียว คือ ผลผลิตจากกระแสดความคิดใหม่ในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีรากฐานมาจากการสถาปัตยกรรมยั่งยืน ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาไม่เกิน 30 ปีที่ผ่านมา กระแสดความคิดอาคารเขียวเกิดขึ้นจริงไม่ใช่เพราะการขาดแคลนพลังงานเพียงอย่างเดียว แต่เป็นเพราะปัญหาทางสิ่งแวดล้อม เช่น ปรากฏการณ์เรือนกระจก ปรากฏการณ์หลุมโอโซน ซึ่งเป็นปัญหาที่กว้างและซับซ้อนเกินกว่าวิชาความรู้แขนงหนึ่งจะแก้ไขได้ ดังนั้นการสร้างอาคารเขียวจึงต้องอาศัยการบูรณาการของวิชาความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ และ สถาปัตยกรรมศาสตร์เข้าด้วยกัน [1]

การประเมินอาคารเขียว Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) ถูกเผยแพร่ครั้งแรกโดยประเทศอังกฤษในปี ค.ศ. 1992 ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ.1999 ประเทศสหรัฐอเมริกาได้เริ่มเผยแพร่เกณฑ์การประเมิน Leadership in Energy and Environment Design (LEED) และใช้กลไกทางเศรษฐกิจเป็นตัวกระตุ้นให้มีการนำการประเมินไปใช้ดำเนินการกับอาคารเป็นประเทศแรกของโลก โดยทำการตลาดเชิงรุกกับอาคารที่ต้องการมีชื่อเสียงในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ดังนั้นแบบประเมิน LEED จึงเป็นที่รู้จักกันมากกว่า BREEAM อย่างไรก็ตามในปัจจุบันแบบประเมินทั้งสองถือว่าเป็นเกณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากทั่วโลกมากที่สุด จากนั้นประเทศต่างๆ ก็เริ่มมีการตื่นตัวในการพัฒนางานการอุตสาหกรรมก่อสร้างให้มีการดำเนินการให้เป็นอาคารเขียว และต้องการที่จะได้รับการยอมรับจากสถาบันต่างๆที่เกี่ยวข้อง

จากผลการศึกษาโดยสถาบัน New Building Institute (NBI) ได้วิจัยเกี่ยวกับการใช้พลังงานของอาคารที่ได้ผ่านเกณฑ์การประเมินของ LEED โดยความ

ร่วมมือของสภาอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา (United Stated Green Building Council; USGBC) ซึ่งทาง NBI ได้นำข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารที่ได้รับรองการผ่านเกณฑ์การประเมินของ LEED จำนวน 121 อาคาร ในทุกระดับตั้งแต่ Certified, Silver, Gold และ Platinum มีจำนวนอาคารมากกว่าร้อยละ 25 ที่มีการใช้พลังงานสูงกว่าที่ประเมินเอาไว้ โดยอาคารระดับ Gold หลายหลัง มีการใช้พลังงานสูงกว่าเกณฑ์การประเมินไว้แต่เดิมถึง 2 – 3 เท่า นอกจากนี้ เมื่อเทียบกับอาคารที่คล้ายคลึงกัน มีอาคารที่ผ่านเกณฑ์การประเมินของ LEED ร้อยละ 35 ที่ใช้พลังงานมากกว่าอาคารทั่วไปที่ไม่ได้ประเมิน ทั้งนี้อาคารที่ผ่านเกณฑ์การประเมินของ LEED ในระดับ Gold และ Platinum เป็นกลุ่มอาคารที่พบว่ามีความคลาดเคลื่อนของการประหยัดพลังงานที่ตั้งเอาไว้ และการประหยัดพลังงานจากการวัดจริงสูงมาก แสดงให้เห็นว่ามีความผิดพลาดบางอย่างในการประเมินอาคารเขียวในแบบประเมินของ LEED [2]

ในปี ค.ศ.1970 ได้มีการพัฒนาแนวคิด Building Information Modeling (BIM) ซึ่งเป็นการเขียนแบบในลักษณะรูปทรง 3 มิติ โดยมีองค์ประกอบทุกส่วนของอาคารล้วนมีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับขั้นตอนการวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองอาคาร ในรูปของขบวนการกระจายและเชื่อมโยงข้อมูล เพื่อช่วยในการลดข้อผิดพลาดของการทำแบบก่อสร้าง และเพื่อนำไปใช้ประกอบการบริหารโครงการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [3]

สมาคมสถาปนิกของอเมริกา และสถาบันที่ศึกษาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ทางด้านอาคารแห่งชาติของอเมริกา ได้กล่าวว่า แบบจำลองข้อมูลอาคาร คือ เทคโนโลยีการสร้างแบบจำลองของโครงการที่มาจากการเชื่อมโยงข้อมูล

ต่างๆ ภายในโครงการเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นฐานข้อมูล เชื่อถือได้สำหรับประกอบการตัดสินใจในช่วงวงจรชีวิตของโครงการ

ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการใช้ BIM ในอุตสาหกรรมก่อสร้างนั้นล้วนเกิดขึ้นจากความต้องการที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพด้านการจัดซื้อจัดหา การลดค่าใช้จ่าย และความถูกต้อง นอกจากนี้ปัจจัยด้านการใช้งานและประโยชน์ที่ได้รับจาก BIM แล้ว ปัจจัยด้านเวลาและงบประมาณ การประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายถือเป็นเป้าหมายหลักของผู้ดำเนินโครงการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเจ้าของโครงการและผู้รับเหมาซึ่งมีความต้องการที่จะลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง [3] เนื่องจากการจ้างการก่อสร้างขึ้นมาก่อนซึ่งสามารถตัดสินใจการก่อสร้างก่อนที่จะทำการก่อสร้างจริง จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น และลดการเปลี่ยนแปลงแบบหรือแก้ไข ในระหว่างการก่อสร้าง [4]

ซึ่งจากปัญหาและแนวทางการแก้ไขแสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการพัฒนารอบการประเมิน ที่สามารถปรับปรุงระบบการประเมินเพื่อให้การประเมินอาคารเขียวมีความถูกต้องและแม่นยำ เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านเวลา และต้นทุนด้านเงิน ให้คุ้มค่ากับการลงทุน

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

เพื่อพัฒนารอบการประเมินอาคารเขียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพวิธีการประเมินอาคารเขียว และประยุกต์ใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์อาคารเขียวตามมาตรฐานการประเมินอาคาร โดยใช้ควบคู่กับโปรแกรมวิเคราะห์พลังงาน

3. ข้อมูลในการพัฒนารอบการประเมิน

3.1 แบบประเมิน

แนวคิดในการก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ได้รับอิทธิพลมาจากแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยแนวคิดดังกล่าวประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้าน

สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะต้องเป็นการพัฒนาที่สมดุล และมีการผสมผสานในด้านต่างๆ ทั้งนี้หากพัฒนาเพียงด้านเดียวและไม่พัฒนาด้านอื่นจะทำให้ไม่บรรลุถึงการพัฒนาอย่างยั่งยืนได้

ทั้งนี้การนำแนวคิดเรื่องการพัฒนาอย่างยั่งยืนมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและก่อสร้างอาคารนั้นเริ่มต้นในประเทศสหรัฐอเมริกา และยุโรป โดยพัฒนาภายใต้แนวคิดของ Sustainable Design, Sustainable Architecture และ Green Building โดยได้ให้ความหมายของคำว่า Sustainable Design ไว้ว่าเป็นการออกแบบบนพื้นฐานความเข้าใจของมนุษย์ต่อธรรมชาติ โดยการออกแบบเริ่มต้นด้วยการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของมนุษย์ที่สอดคล้องกับนิเวศวิทยา เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อมทางสังคมของอาคาร โดยจะต้องออกแบบตามลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ชุมชน พื้นที่ข้างเคียง และ ที่ตั้งของโครงการ นอกจากนี้ความหมายของ Green Building คือ อาคารที่ได้รับการออกแบบและการก่อสร้างเพื่อลดผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ การรักษาความยั่งยืนของที่ตั้งโครงการ การอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ การอนุรักษ์พลังงานและใช้พลังงานหมุนเวียน การอนุรักษ์ทรัพยากรและวัสดุ และคุณภาพแวดล้อมภายในอาคารและสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งในหลายประเทศได้พัฒนาเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว เพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์และแนวทางในการตรวจสอบและชี้วัดคุณสมบัติของอาคาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

แบบประเมินอาคาร LEED ของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งพัฒนาโดย USGBC ซึ่งแบบประเมินนี้ได้รับความนิยมทั่วโลกเนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการเลือกรูปแบบการประเมินจึงทำให้อาคารทุกประเภทสามารถเข้ารับการประเมินได้ อีกทั้งการประเมินอาคารเปรียบเทียบกับมาตรฐานนั้น หากมีค่าประสิทธิภาพที่สูงกว่า จะทำให้คะแนนที่ได้เพิ่มมากขึ้น โดยแบ่งหมวดการประเมินออกเป็น 7 หมวด ได้แก่

หมวดที่ 1 Sustainable Site

หมวดที่ 2 Water Efficiency

หมวดที่ 3 Energy and Atmosphere

หมวดที่ 4 Material and Resource

หมวดที่ 5 Indoor Environmental Quality

หมวดที่ 6 Innovation in Design

หมวดที่ 7 Regional Priority

และเกณฑ์ในการตัดสินแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

ระดับ Certified 40-49 คะแนน

ระดับ Silver 50-59 คะแนน

ระดับ Gold 60-79 คะแนน

ระดับ Platinum 80 คะแนนขึ้นไป

3.2 แบบจำลองข้อมูลอาคาร

แบบจำลองข้อมูลอาคาร (Building Information Modeling) เป็นแนวคิดที่ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1970 ซึ่งเป็นการเขียนแบบในลักษณะรูปทรง 3 มิติ โดยองค์ประกอบทุกส่วนของอาคารล้วนมีความสัมพันธ์กันกับขั้นตอนการวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองอาคาร ในรูปของขบวนการกระจายและเชื่อมโยงข้อมูล เพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดของการทำงานแบบก่อสร้าง และเพื่อนำไปใช้ประกอบการบริหารโครงการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กระบวนการทำงานของแบบจำลองข้อมูลอาคาร ถือเป็นแนวทางในการทำงานที่มาพร้อมกับการเจริญเติบโตของระบบดิจิทัลผ่านกระบวนการประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ส่วนตัวเพื่อตอบสนองความเจริญก้าวหน้าทางด้านธุรกิจ ซึ่งมีความต้องการข้อมูล (Information) ที่ถูกต้อง ผ่านการบริหารจัดการมาเป็นอย่างดี และมีการนำเสนอผลงานในลักษณะเสมือนจริงที่สามารถรับรู้มิติผ่านสื่อเชื่อมโยงทางอิเล็กทรอนิกส์

แบบจำลองข้อมูลอาคาร เป็นหลักการทำงานร่วมกันระหว่าง Building Product Model และ Object-based Parameter Modeling ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างซอฟต์แวร์และสนับสนุนการทำงานร่วมกันบนฐานข้อมูลดิจิทัล ซึ่งสามารถทำการบริหารจัดการ เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมข้อมูลเหล่านั้นได้ตลอดเวลา นอกจากนั้นข้อมูลขององค์ประกอบต่างๆ ที่

เกี่ยวข้องในทุกมุมมองจะสามารถปรับเปลี่ยนได้เองโดยอัตโนมัติ

3.3 ทฤษฎีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์

การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi-criteria Decision Making, MCDM) เป็นวิธีการหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจ เพื่อคัดทางเลือกที่มีคุณสมบัติสอดคล้องหรือเหมาะสมมากที่สุดกับทุกหลักเกณฑ์ สามารถจัดโครงสร้างปัญหาที่ชัดเจนและมีวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ได้กับข้อมูลหลากหลายประเภท ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ [5]

MCDM แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การตัดสินใจแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi Objective Decision Making, MODM) และการตัดสินใจแบบหลายคุณสมบัตินี้ (Multi Attribute Decision Making, MADM) โดยทำการเลือกใช้เทคนิควิธีการดังนี้ คือ AHP และ SAW โดยมีวิธีการรวบรวมผลการจัดลำดับ (Aggregation Method) มาใช้สรุปผลการจัดลำดับอีกครั้ง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 Analytic Hierarchy Process; AHP [6] [7]

การวิเคราะห์กระบวนการลำดับขั้นเป็นกระบวนการในการพิจารณาตัดสินใจที่เกิดจากการพิจารณาแบบเป็นเหตุเป็นผลนี้ได้ถูกคิดค้นขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 โดยศาสตราจารย์ Thomas Saaty แห่งมหาวิทยาลัยเยล ประเทศสหรัฐอเมริกา ศาสตราจารย์ได้จบการศึกษาระดับปริญญาเอกทางด้านคณิตศาสตร์ ดังนั้นแนวทางของ AHP จึงมีรูปแบบแนวคิดศาสตร์เป็นหลักนั่นคือ การแปลงสิ่งที่ไม่สามารถวัดค่าในทางด้านเชิงปริมาณมาใช้ในการพิจารณาทางด้านเชิงปริมาณให้ได้โดยการกำหนดสเกลการพิจารณาเพื่อให้คำตอบเป็นไปแบบมีเหตุผลโดยการกำหนดเป้าหมายและโครงสร้างของปัญหาที่ต้องการพิจารณาออกมาเป็นแผนภูมิลำดับขั้น เกณฑ์พิจารณาจากหลักเกณฑ์หลักสู่หลักเกณฑ์รองตามลำดับ จัดเรียงลงมาเป็นชั้นๆ จนถึงทางเลือกที่ต้องการแล้วจึงนำปัจจัยในแต่ละระดับมาเปรียบเทียบทีละปัจจัยตามลำดับไปตามกระบวนการคณิตศาสตร์ซึ่งทำให้ผู้ตัดสินใจสามารถ

มองเห็นองค์ประกอบของปัญหาโดยรวมและเปรียบเทียบปัญหาอย่างเป็นเหตุเป็นผลทุกปัจจัยที่พิจารณาอันทำให้ผลการตัดสินใจที่ได้มีค่าที่ถูกต้องรัดกุมมากขึ้น

3.3.2 Simple Additive Weighting; SAW [8] [9]

SAW Model เป็นที่รู้จักกันในชื่อ Weighted Sum Model (WSM) หรือ Scoring Method (SM) และยังเป็นวิธีที่ใช้อยู่ในกระบวนการตัดสินใจแบบหลายคุณลักษณะ (MADM) โดยการนำค่าปรกติของหลักเกณฑ์มาคูณกับน้ำหนักของทางเลือกจากนั้นทางเลือกที่มีคะแนนสูงสุดจะเป็นทางเลือกที่ต้องการ วิธีการเชิงปริมาณประกอบด้วยค่าของเกณฑ์สำหรับแต่ละทางเลือก โดยสร้างเมตริกซ์การตัดสินใจ A ใส่ค่าลงไปและทำการ normalize กลายเป็นเมตริกซ์ R กำหนดค่าความสำคัญ (ค่าน้ำหนัก) และคำนวณค่าคะแนนทั้งหมดของทางเลือก จากนั้น ทางเลือกที่มีคะแนนสูงสุดจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด

4. วิธีการดำเนินงาน

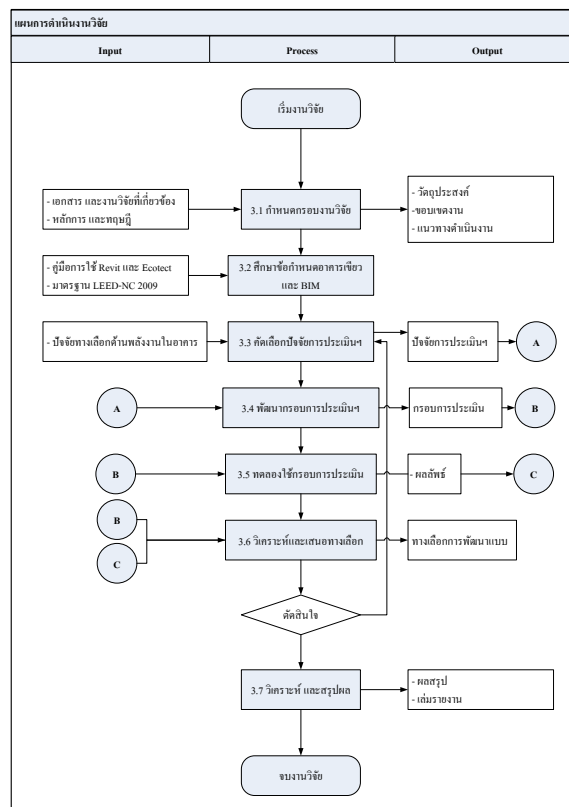
การศึกษานี้เป็นการพัฒนารอบการประเมินอาคาร โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองข้อมูลอาคารสำหรับการก่อสร้างอาคารเขียว ซึ่งสามารถแบ่งรอบการดำเนินงานวิจัยได้ 6 ขั้นตอน ได้แก่

4.1 กำหนดกรอบงานวิจัย

กำหนดกรอบงานวิจัยเพื่อสรุปประเด็นของปัญหาของงาน และสร้างแบบวิธีการวิจัย โดยทำการรวบรวมเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินอาคารเขียว และการประยุกต์ใช้แบบจำลองข้อมูลอาคาร

4.2 ศึกษาข้อกำหนดการประเมินอาคาร

ศึกษาข้อกำหนดในการพิจารณา และมาตรฐานของอาคารเขียวที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์ เพื่อศึกษาความสามารถ และความเป็นไปได้ในการนำมามาตรฐานต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย รวมไปถึงการศึกษาความสามารถในการประยุกต์ใช้แบบจำลองข้อมูลอาคารเพื่อหาค่าพลังงาน และปัจจัยอื่นๆ ในการก่อสร้าง



รูปที่ 1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

4.3 คัดเลือกปัจจัยการประเมิน

สรุปปัจจัยที่ใช้ในการประเมินอาคารเขียวที่เหมาะสมในประเทศไทย โดยพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน รวมถึงประสิทธิภาพทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยอ้างอิงปัจจัยจากมาตรฐานการประเมินอาคารเขียว และพัฒนาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการประเมินอาคาร

4.4 การพัฒนารอบการประเมินอาคารเขียว

การพัฒนารอบการประเมินอาคารเขียวนั้น จะเป็นการกำหนดภาพรวมในการใช้กรอบการประเมิน โดยจะกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการประเมิน รวมถึงบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในขั้นตอนต่างๆ ข้อมูลที่จำเป็นต่อการดำเนินการคำนวณ หรือวิเคราะห์ และเครื่องมือ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบจำลองข้อมูลอาคารเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอาคาร

4.5 การประยุกต์ใช้กรอบการประเมินอาคารเขียว

เป็นการทดลองใช้กรอบการประเมินที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมา กับโครงการก่อสร้างที่มีอยู่เดิม เพื่อวิเคราะห์

ผลลัพธ์ และค่าความแตกต่าง ก่อนและหลังการพัฒนา
กรอบการประเมิน เพื่อหาจุดบกพร่อง เพื่อนำไปแก้ไข และ
เพื่อพัฒนาต่อไป

4.6 การเสนอทางเลือกในการปรับปรุงอาคาร

การเสนอทางเลือกในการปรับปรุงอาคาร จะใช้ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพลังงานในตัวอาคาร และสถานะน่าสบายเพื่อใช้เป็นหลักในการออกแบบ และวิเคราะห์ผลเพื่อนำมาสรุปผลกระทบ และความน่าจะเป็นในการก่อสร้างอาคารเขียวได้จริง ทั้งนี้ หลังจากประเมินอาคารเขียวโดยใช้เกณฑ์การประเมินแล้ว จึงนำปัจจัยทางด้านราคา และ เวลามาวิเคราะห์หาทางเลือก เพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดในการปรับปรุงแบบก่อสร้าง

5. ผลการประยุกต์ใช้กรอบการประเมิน

การประเมินอาคารเขียวโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองข้อมูลอาคารนั้น เป็นการจำลองการก่อสร้างอาคารในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Building Simulation) เพื่อทำการประเมินความเป็นไปได้ที่จะอาจเกิดขึ้นกับอาคารหลังจากก่อสร้างจริง ดังนั้น จึงเป็นขั้นตอนที่ประกอบด้วยข้อมูลต่างๆที่ใช้สำหรับการก่อสร้างจริง ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2

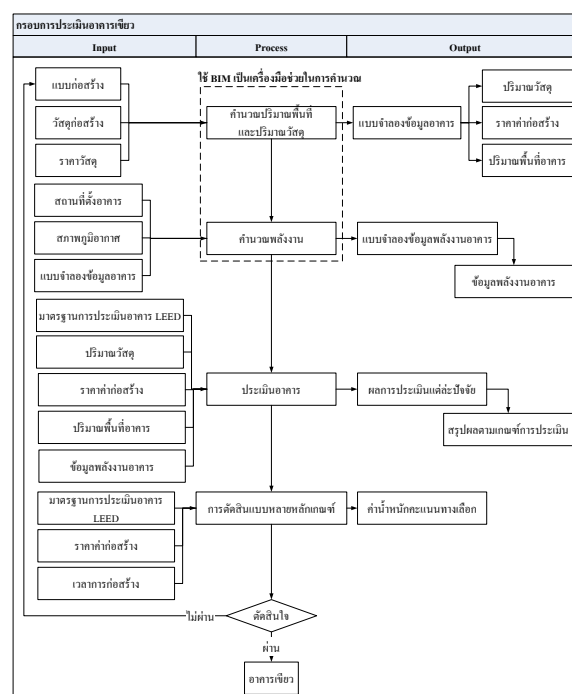
5.1 กรอบการประเมินอาคารเขียว

เป็นการอธิบายมิติในการก่อสร้าง และการพิจารณา
อาคารว่ามีส่วนใดบ้างที่นำเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อเป็น
หลักเกณฑ์ หรือปัจจัยในการประเมิน ซึ่งในการพิจารณา
อาคารเขียวนั้น เรื่องที่จะพิจารณาจะประกอบไปด้วย

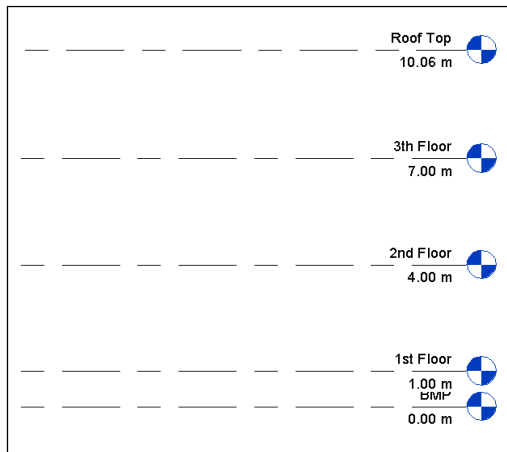
- รูปลักษณะภายนอกอาคาร
- ความร้อน
- พลังงานที่ใช้และปล่อยออกมา
- แสงสว่างภายในอาคาร
- ระยะเวลาการก่อสร้าง
- มูลค่าการก่อสร้าง

5.2 แบบจำลองอาคาร

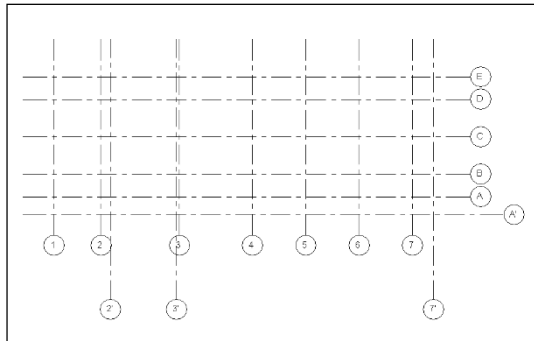
การสร้างแบบจำลองอาคารในขั้นตอนแรก เป็นการกำหนดรายละเอียดของตัวอาคารที่จะทำการก่อสร้าง รวมถึงทิศทางการวางตัวของอาคาร เพื่อการนำไปใช้ในการตัดสินใจเบื้องต้นของเจ้าของโครงการ โดยการใส่ข้อมูลต่างๆในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการกำหนดค่าวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างต่างๆ สิ่งแรกที่จะต้องพิจารณาคือการกำหนดจุดอ้างอิง และกำหนดเส้นกริดอ้างอิงในภาพแปลน เพื่อการทำงานร่วมกันที่ถูกต้องของหลายๆฝ่าย ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 2 กรอบการประเมินอาคารโดยการประยุกต์ใช้
แบบจำลองข้อมูลอาคาร



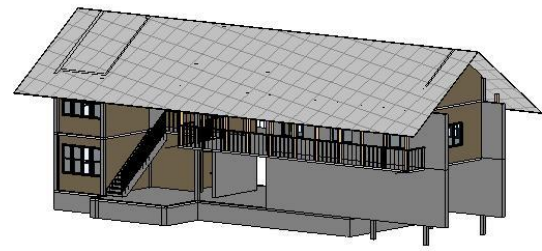
รูปที่ 3 การกำหนดเส้นระดับอ้างอิง



รูปที่ 4 การกำหนดเส้นกริดอ้างอิง

โดยการกำหนดเส้นระดับอ้างอิงเพื่อเป็นการกำหนดระดับความสูงของอาคารในแต่ละชั้นในมุมมองภาพด้าน และการกำหนดเส้นกริดอ้างอิงเพื่อเป็นการกำหนดตำแหน่งของส่วนประกอบอาคารต่างๆ เช่น กำแพง เสา หรือ ฐานราก ในมุมมองของภาพแปลน

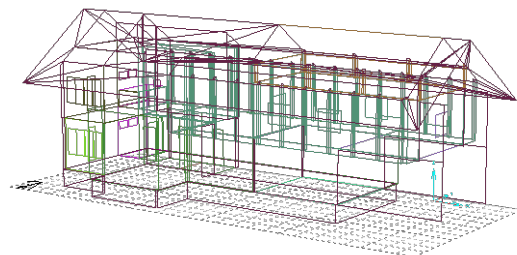
ซึ่งข้อมูลที่สำคัญและเป็นขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองอาคารจะประกอบด้วย 6 ส่วนหลัก ได้แก่ ฐานราก เสา คาน ผนัง พื้น และช่องเปิดต่างๆ ผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาในลักษณะแบบจำลองอาคาร 3 มิติ (Building Model) ดังแสดงในรูปที่ 5 และข้อมูลวัสดุต่างๆ ทั้งในด้านราคาและปริมาณ รวมไปถึงจนถึงปริมาณพื้นที่ทั้งหมดภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งเป็นข้อมูลนำไปประเมินอาคารเขียวตามข้อกำหนดต่อไป



รูปที่ 5 แบบจำลองอาคาร

5.3 แบบจำลองพลังงาน

การนำข้อมูลจากแบบจำลองอาคารส่งไปยังโปรแกรมวิเคราะห์พลังงาน ซึ่งขั้นตอนการเตรียมข้อมูลการวิเคราะห์ประกอบด้วย การกำหนดสถานที่ตั้งและการวางตัวของอาคาร เพื่อกำหนดทิศทางและการเคลื่อนผ่านของดวงอาทิตย์ การกำหนดสภาพภูมิอากาศ โดยจะเป็นข้อมูลด้านอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่นั้นๆ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ โดยผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองพลังงานนั้นจะออกมาในรูปแบบของข้อมูลทางด้านอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร ระดับปริมาณรังสีตกกระทบอาคารเฉลี่ย ระดับความสว่างจากแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านมายังภายในอาคาร ซึ่งเป็นข้อมูลที่ต้องใช้ในการประเมินอาคารเขียวตามเกณฑ์มาตรฐานการประเมิน



รูปที่ 6 แบบจำลองพลังงานอาคาร

5.4 การประเมินอาคารเขียว

จากเกณฑ์มาตรฐานการประเมินอาคารเขียว นั้นมีหลักเกณฑ์ในการประเมินในหลายปัจจัยทั้งในด้านการวางแผน การตรวจสอบคุณภาพงาน หรือด้านพลังงาน จากความสามารถของแบบจำลองข้อมูลอาคาร จะพิจารณาได้เฉพาะด้านที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบที่เกิดขึ้นกับอาคาร ซึ่ง

ในด้านการวางแผนหรือการตรวจสอบคุณภาพนั้น จำเป็นต้องทำการตรวจสอบการปฏิบัติงานจริง ดังนั้นในการประเมินนี้ จะใช้ปัจจัยในการประเมินอันได้แก่

- รูปลักษณ์อาคาร
- ความร้อน
- พลังงานที่ใช้และปล่อยออกมา
- แสงสว่างภายในอาคาร

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองข้อมูลอาคาร โดยอ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานการประเมินอาคารเขียว นั้นสามารถสรุปคะแนนในแต่ละหัวข้อการประเมิน ได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดผลคะแนนการประเมินอาคารเขียว

หมวดการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
หมวดที่ตั้งเพื่อความยั่งยืน	26	5
หมวดการใช้น้ำ	10	0
หมวดพลังงานและบรรยากาศ	35	0
หมวดการใช้วัสดุและทรัพยากร	14	0
หมวดคุณภาพแวดล้อมในอาคาร	15	2
หมวดนวัตกรรม	6	0
รวมคะแนน		7

การประเมินอาคารเขียวจากแบบก่อสร้างเดิมสามารถสรุปข้อมูลต่างๆ ได้ดังนี้ คือ จากเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวได้ 7 คะแนน และมูลค่างานก่อสร้างทั้งหมดคือ 1,830,870.88 บาท ระยะเวลาในการก่อสร้าง 158 วัน

จากข้อมูลเบื้องต้นในการประเมินอาคารรอบแรกจะเห็นว่าเกณฑ์ในการประเมินอาคารเขียวนั้น ไม่ผ่านการรับรอง จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนแบบก่อสร้างให้ได้ตรงตามเกณฑ์การประเมิน ซึ่งในการปรับเปลี่ยนแบบนั้น จะมีปัจจัยที่เปลี่ยนไปด้วย คือ ปัจจัยด้านเวลา และ ปัจจัยด้านการลงทุนก่อสร้าง ดังนั้นในการพิจารณา 2 ปัจจัยสุดท้าย จะใช้วิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยมี 3 ปัจจัยที่นำเข้ามาพิจารณา คือ มูลค่าการ

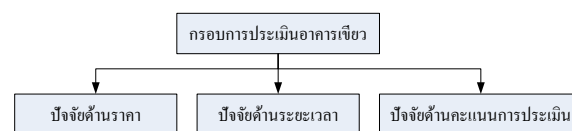
ก่อสร้าง ระยะเวลาในการก่อสร้าง และค่าคะแนนการประเมินอาคารเขียว

5.5 เสนอทางเลือกในการปรับปรุง

การเสนอทางเลือกในการปรับปรุงแบบก่อสร้างนั้น จะทำการวิเคราะห์จากข้อกำหนดจากเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวที่ไม่ผ่านเกณฑ์ในการประเมินในรอบแรก และทำการสรุปปัจจัยทางเลือกที่เหลือที่สามารถพัฒนาหรือออกแบบได้ในช่วงวางแผนการก่อสร้าง ซึ่งทางเลือกในการปรับปรุงนั้นจะมีมูลค่า ระยะเวลา และคะแนน ที่แตกต่างกันออกไป จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุด

5.5.1 โครงสร้างหลักเกณฑ์การตัดสินใจ

หลักเกณฑ์หลักที่ใช้ในการประเมินจะประกอบด้วย ความร้อน, พลังงานที่ใช้และปล่อยออกมา, แสงสว่างภายในอาคาร โดยจะใช้คะแนนที่ได้จากการประเมินอาคารเขียวมาพิจารณา ร่วมกับ ระยะเวลาในการก่อสร้าง และ มูลค่าการก่อสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ปัจจัยการประเมินที่นำมาพิจารณา

5.5.2 คำนำนัยความสำคัญ

โดยกระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้น(AHP)โดยการนำหลักเกณฑ์ให้มีความสำคัญ โดยกระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) จะให้ผู้เชี่ยวชาญให้มีความสำคัญของปัจจัย โดยการเปรียบเทียบปัจจัยเป็นคู่ๆ ซึ่งปัจจัยที่นำมาเปรียบเทียบกันคือ (1) ราคาและเวลา (2) ราคาและคะแนนการประเมิน (3) เวลาและคะแนนการประเมิน โดยใช้การระบุคะแนนลงในตารางเปรียบเทียบ ซึ่งกำหนดชุดตัวเลขเป็น 1 = ให้มีความสำคัญในสองปัจจัยเท่ากัน, 3 = ให้มีความสำคัญในปัจจัยหลักมากกว่า, 5 = ให้มีความสำคัญในปัจจัยหลักมากที่สุด ดังตัวอย่างตารางที่ 2

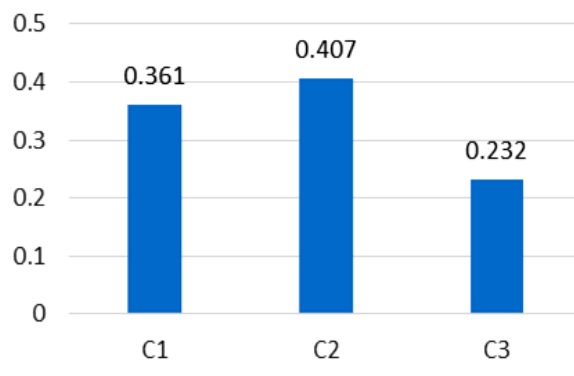
ตารางที่ 2 ตัวอย่างตารางในการวิเคราะห์ลำดับชั้น

	ราคา	เวลา	คะแนน
ราคา	X	/1	/1
เวลา	1/....	X	/1
คะแนน	1/....	1/....	X

หลังจากนั้นจึงทำการหาค่าเฉลี่ยค่าน้ำหนักทั้งหมดในแต่ละหลักเกณฑ์ที่พิจารณา โดยสามารถสรุปค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ ได้ดังตารางที่ 3 และ กราฟจากรูปที่ 8

ตารางที่ 3 ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยการประเมิน

หลักเกณฑ์การพิจารณา	ค่าน้ำหนัก
1. ระยะเวลาในการก่อสร้าง (C ₁)	0.361
2. มูลค่าการก่อสร้าง (C ₂)	0.407
3. ค่าคะแนนการประเมิน (C ₃)	0.232



รูปที่ 8 แสดงค่าน้ำหนักของปัจจัยการประเมิน

5.5.3 การคัดกรองทางเลือกในการปรับปรุง

ทำการคัดเลือกข้อกำหนดการประเมินที่ไม่ผ่านเกณฑ์ในรอบแรก และนำมาสรุปเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงและพัฒนาแบบก่อสร้างในช่วงขั้นตอนการวางแผนก่อสร้าง มีทั้งหมด 6 ทางเลือก ได้แก่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (A₁), มีที่จอดรถจักรยาน (A₂), มีที่จอดรถประหยัดพลังงาน (A₃), จำกัดจำนวนที่จอดรถ (A₄), เปลี่ยนหลังคา (A₅), ปรับเปลี่ยนทั้งหมด (A₆)

5.5.4 ค่าคะแนนของแต่ละทางเลือก

ค่าคะแนนที่ได้จากข้อมูลในทางเลือกแต่ละอัน โดยมีข้อมูลเชิงตัวเลขและข้อมูลเชิงคุณภาพ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าคะแนนทางเลือกตามหลักเกณฑ์

A	Time	Cost	Score
ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (A ₁)	158	1,830,870.88	7
มีที่จอดรถจักรยาน (A ₂)	188	1,930,870.88	8
มีที่จอดรถประหยัดพลังงาน (A ₃)	168	1,837,699.33	10
จำกัดจำนวนที่จอดรถ (A ₄)	168	1,868,656.58	9
เปลี่ยนหลังคา (A ₅)	158	1,870,195.88	8
ปรับเปลี่ยนทั้งหมด (A ₆)	208	2,014,810.03	15

หมายเหตุ:

A หมายถึง ทางเลือก

Time หมายถึง ระยะเวลาในการก่อสร้าง

Cost หมายถึง มูลค่าในการก่อสร้าง

Score หมายถึง คะแนนที่ได้จากการประเมิน

5.5.5 การวิเคราะห์ลำดับความสำคัญ

ค่าคะแนนของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันมากอาจทำให้เกิดการแตกต่างของข้อมูล ซึ่งในการวิเคราะห์จะมีการปรับฐานข้อมูลในแต่ละชุด (Normalize) โดยใช้สมการในการวิเคราะห์ข้อมูลแตกต่างกันตามลักษณะของชุดข้อมูลดังนี้

หลักเกณฑ์ที่เป็นเชิงบวก (Benefit Criteria)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{(\max_i x_{ij})} \quad (1)$$

หลักเกณฑ์ที่เป็นค่าใช้จ่าย (Cost Criteria)

$$r_{ij} = \frac{(1/x_{ij})}{[\max_i (1/x_{ij})]} \quad (2)$$

ซึ่งในกรณีหลักเกณฑ์ที่เป็นเชิงบวก x_{ij} หมายถึงค่าที่มีผลเชิงบวกซึ่งได้แก่ ค่าคะแนนการประเมินอาคาร และ $\max_i x_{ij}$ หมายถึงค่าที่มีผลเชิงบวกสูงสุด และในกรณีหลักเกณฑ์ที่เป็นค่าใช้จ่าย x_{ij} หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปต่างๆ ได้แก่ มูลค่าการก่อสร้าง และระยะเวลาในการก่อสร้าง

หลังจากทำการปรับฐานข้อมูลแล้ว จะเป็นการคำนวณค่าน้ำหนัก ซึ่งเป็นการนำชุดข้อมูลที่มีการปรับฐานข้อมูล (r_{ij}) มาคูณกับค่าน้ำหนักของเกณฑ์การตัดสินใจหลัก (w_i) โดยใช้สมการ

$$v_{ij} = [w_i \times r_{ij}] \quad (3)$$

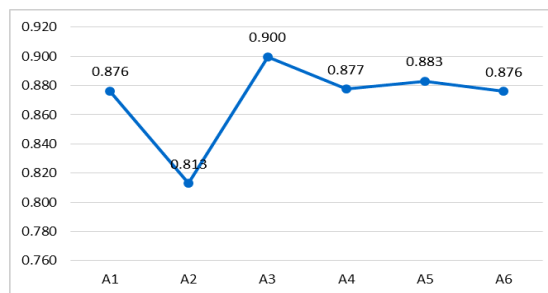
หลังจากนำชุดข้อมูลที่มีการปรับฐานข้อมูลมาคูณกับค่าน้ำหนักความสำคัญเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักแล้ว ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการรวมน้ำหนักในแต่ละเกณฑ์อันได้แก่ เวลา มูลค่าการก่อสร้าง และคะแนนที่ได้จากการประเมิน เพื่อสรุปค่าน้ำหนัก โดยใช้สมการ

$$S_i = \sum_{j=1}^M w_j r_{ij} \quad (4)$$

โดยเป็นการรวมค่าน้ำหนักทั้งหมดที่ได้ทำการคำนวณเพื่อการจัดลำดับ ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการตัดสินใจ ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การตัดสินใจด้วยวิธี SAW และการจัดลำดับทางเลือก

ทางเลือก	คะแนน	อันดับ
ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (A_1)	0.876	4
มีที่จอดรถจักรยาน (A_2)	0.813	6
มีที่จอดรถประหยัดพลังงาน (A_3)	0.900	1
จำกัดจำนวนที่จอดรถ (A_4)	0.877	3
เปลี่ยนหลังคา (A_5)	0.883	2
ปรับเปลี่ยนทั้งหมด (A_6)	0.876	5



รูปที่ 9 ค่าคะแนนของการวิเคราะห์ด้วยวิธี SAW

6. สรุปผลงานวิจัย

การพัฒนากรอบการประเมินอาคารเขียวโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบจำลองข้อมูลอาคารนั้น คือการพัฒนาปัจจัยที่ใช้ในการประเมินอาคาร โดยการเพิ่มเติมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับมูลค่าในการก่อสร้างเพิ่มเติมเข้ามาจากเกณฑ์มาตรฐานการประเมินเดิม โดยการใช้แบบจำลองอาคารจำลองการก่อสร้าง เพื่อประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นก่อนทำการก่อสร้าง เพื่อลดการสูญเสียเวลา และทรัพยากร ในการดำเนินงาน

การพัฒนากรอบการประเมินพบว่า ในการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยการประเมิน พบว่าปัจจัยในด้านมูลค่าในการก่อสร้างเป็นปัจจัยอันดับแรกที่ยังให้ความสนใจ ส่วนในการให้ค่าคะแนนแนวทางการพัฒนาแบบก่อสร้าง ได้ผลในการจัดลำดับดังนี้ คือ (1) พัฒนาให้มีที่จอดรถประหยัดพลังงานในโครงการ (2) เปลี่ยนวัสดุผนังหลังคา ที่มีค่าสะท้อนความร้อนต่ำ เพื่อลดผลกระทบจากเกาะความร้อน (3) จำกัดจำนวนพื้นที่จอดรถชั้นต่ำตามที่กฎหมายกำหนด เพื่อลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว (4) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในแบบก่อสร้าง (5) ปรับเปลี่ยนปัจจัยทางเลือกทั้งหมด (6) พัฒนาให้มีที่จอดรถจักรยานและห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า โดยกรอบการประเมินอาคารเขียวที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถทำให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยที่อาจถูกมองข้ามไปในการประเมินอาคารเขียว และความสามารถในการใช้งานแบบจำลองข้อมูลอาคารเพื่อลดค่าใช้จ่ายที่อาจเพิ่มขึ้นในภายหลังการก่อสร้าง

เอกสารอ้างอิง

- [1] อรรถนั ศรีษฐบุตร. สถาปัตยกรรมสีเขียว. การทำทนายเพื่อความยั่งยืน. *อาชีววารสารสถาปัตยกรรมของสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์*, ตุลาคม – พฤศจิกายน 2551; 65-76.
- [2] อรรถนั ศรีษฐบุตร. องค์ประกอบอาคารเขียว, [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://cbs.grundfos.com>.
- [3] ปัญญาพล จันทร์ดอน. การนำระบบ BIM ในการจัดทำแบบก่อสร้างจริง ส่วนงานระบบอาคาร (M&E AS BUILT DRAWINGS) กรณีศึกษาโครงการโรงแรม เวฟพัทยา. สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2556.
- [4] ธนัชชา สุชี. การศึกษาการเลือกใช้แบบจำลองข้อมูลอาคาร สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย. การศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2554.
- [5] อรรถเจตต์ อภิจักรศิลป์ และปริญญา บุญกนิษฐ. เครื่องมือการตัดสินใจในกระบวนการออกแบบพัฒนาสินค้า. Eco Design Consultant Co., Ltd., 2550.
- [6] Saaty, T.L. The Analytic Hierachy Process. New York, NY.: McGraw-Hill, 1980.
- [7] Saaty, T.L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 1994; 24 (6): 19-43.
- [8] Karami, A. Utilization and comparison of multi attribute decision making techniques to rank bayesian network option. University of Skovde, 2011.
- [9] Janic, M. and Reggiani, A. An Application of the Multiple Criteria Decision. 2002.