การวิเคราะห์ผลกระทบจากการวางแผนโครงการต่องบประมาณอาคารเขียว
Pre-project Planning Factors Affecting Budget in Green Building Construction Projects

นาย ชาติชาย บุญเอื้อเบญจมาส นาย ภาณุวิชญ์ ตันติมา และ รองศาสตราจารย์ ดร.ชารินี ลิ้มสวัสดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

การเติบโตของวงการอุตสาหกรรมเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ภาวะโลกร้อนในปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมก่อสร้างจึงหันไปให้ความสนใจเกี่ยวกับโครงการอาคารเขียว (Green Building) เนื่องจากการออกแบบและก่อสร้างอาคารเขียวนั้นมุ่งเน้นถึงความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ประหยัดพลังงาน และใช้ทรัพยากรยั่งยืนอย่างมีประสิทธิภาพกว่าอาคารทั่วไปซึ่งสามารถลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้ถึงแม้ว่าโครงการก่อสร้างอาคารเขียวจะเป็นที่แพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมทั่วโลกแต่โครงการก่อสร้างอาคารเขียวถือเป็นนวัตกรรมที่ยังใหม่สำหรับประเทศไทยทำให้ผู้ประกอบการในไทยยังขาดความรู้ความชำนาญและยังมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับโครงการก่อสร้างอาคารเขียวอยู่งานวิจัยนี้จึงจะทำการศึกษาเพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับความสำคัญของกระบวนการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียวและวิเคราะห์ผลกระทบและปัจจัยหลักจากการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียวที่มีผลต่องบประมาณของโครงการโดยเปรียบเทียบระหว่างอาคารเขียวที่ผ่านการรับรองโดยมาตรฐาน LEED และมาตรฐาน TREES ซึ่งเป็นมาตรฐานรับรองอาคารที่นิยมในประเทศไทยในการศึกษาวิจัยจะสามารถพัฒนา Predictive Model เพื่อใช้ในการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียวในอนาคต โดยผลลัพธ์จากการวิจัยนี้อาจเพิ่มความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการก่อสร้างอาคารเขียวและงบประมาณของโครงการให้แก่ผู้ทำการก่อสร้างโครงการ

คำสำคัญ: อาคารเขียว; LEED; TREES; Predictive Model

Abstract

The growth of the industrial sector is a significant factor contributing to the increasing rate of greenhouse gas emissions, leading to global warming. Currently, the construction industry has turned its attention to green building projects because designing and constructing green buildings focus on environmental friendliness, energy efficiency, and sustainable resource usage, which can mitigate the issue of global warming. Although green building projects are widespread in the global industrial sector, they are still relatively new innovations for Thailand. This lack of widespread adoption might lead to some construction professionals in Thailand lacking knowledge and expertise about green building projects.

This research aims to enhance understanding of the importance of green building project planning processes and analyze the impacts and key factors of green building project planning on project budgets. The study will compare green buildings certified by LEED and TREES standards

Through this research, a predictive model can be developed to assist in future green building project planning. The results of this research may contribute to increasing knowledge and understanding of green building projects and project budgets among construction professionals, making green building project planning more popular and efficient throughout Thailand.

Key words: Green Building; LEED; TREES; Predictive Model

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปรากฏการณ์ภาวะโลกร้อน (Global Warming) ได้ส่งผลกระทบต่อโลกทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและการผันแปรของช่วงฤดูกาล อีกทั้งยังทำลายระบบภูมินิเวศ สาเหตุหลักสืบเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) สู่ชั้นบรรยากาศของมนุษย์ เมื่อก๊าซเรือนกระจกสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) ซึ่งคือภาวะที่ก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของโลกกระทำตัวเสมือนกระจกที่ยอมให้แสงอาทิตย์ผ่านลงมายังพื้นผิวโลก แต่จะกักเก็บและดูดกลืนความร้อนไว้ทำให้ความร้อนภายในบรรยากาศไม่สามารถแผ่ออกจากโลกได้ อุณหภูมิภายในบรรยากาศโลกจึงเพิ่มสูงขึ้น

การเติบโตของวงการอุตสาหกรรมเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ภาวะโลกร้อน ในปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมการก่อสร้างจึงหันไปให้ความสนใจเกี่ยวกับโครงการอาคารเขียว (Green Building) เนื่องจากการออกแบบและก่อสร้างอาคารเขียวนั้นมุ่งเน้นถึงความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ประหยัดพลังงาน และใช้ทรัพยากรยั่งยืนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการก่อสร้างอาคารเขียวจะเน้นถึงประโยชน์และลดผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าอาคารทั่วไป เช่น การลดการใช้พลังงาน คุณภาพอากาศภายในอาคารที่สะอาดขึ้น ลดปริมาณการใช้น้ำ และปริมาณขยะที่เกิดจากกระบวนการก่อสร้าง แม้ว่าโครงการก่อสร้างอาคารเขียวจะเป็นที่แพร่หลายขึ้นในปัจจุบัน แต่มีผู้ทำการก่อสร้างที่ยังขาดความรู้ความชำนาญ และยังมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคารเขียวอยู่ เนื่องจากแนวคิดโครงการอาคารเขียวเป็นแนวคิดที่ค่อนข้างใหม่ในปัจจุบัน อีกทั้งยังไม่เป็นที่แพร่หลายในภูมิภาคอื่นในประเทศไทย โดยส่วนมากโครงการอาคารเขียวจะถูกก่อสร้างขึ้นในกรุงเทพมหานคร และแหล่งอุตสาหกรรมเป็นส่วนมาก

การได้รับรองการเป็นอาคารเขียวจะต้องผ่านข้อกำหนดและนโยบายที่ได้กำหนดไว้ตามมาตรฐาน ซึ่งในตอนนี้มีผู้ทำการก่อสร้างที่ยังขาดความรู้ในกระบวนการวางแผนโครงการอย่างยั่งยืน และยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับข้อกำหนดนโยบายและงบประมาณในการวางแผนโครงการซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการก่อสร้าง หากการวางแผนโครงการก่อสร้างเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ อาจส่งผลกระทบต่องบประมาณในการก่อสร้างโครงการ เนื่องจากโครงการก่อสร้างอาคารเขียวเป็นนวัตกรรมที่เกิดขึ้นไม่นาน ทำให้การวางแผนการทำงานและการประเมินงบประมาณยังทำได้ไม่ดี

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 วิเคราะห์ผลกระทบ และปัจจัยหลักจากการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียวที่มีผลต่องบประมาณของโครงการ

1.2.2 วิเคราะห์ผลกระทบจากการวางแผนโครงการ โดยเปรียบเทียบระหว่างอาคารเขียวที่ผ่านการรับรองโดยมาตรฐาน LEED และมาตรฐาน TREES

1.2.3 พัฒนา Predictive Model เพื่อใช้ในการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียวในอนาคต

1.3 ขอบเขตการวิจัย

โครงงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์การวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียวในประเทศไทยซึ่งได้รับการรับรองโดยมาตรฐาน LEED หรือมาตรฐาน TREES ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 จนถึงปัจจุบัน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับความสำคัญของกระบวนการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียว

1.3.2 ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลความแตกต่างระหว่างโครงการก่อสร้างอาคารเขียวที่รับรองโดยมาตรฐาน LEED และมาตรฐาน TREES

1.3.3 ทราบถึงผลกระทบจากการวางแผนโครงการก่อสร้างที่มีต่องบประมาณโครงการก่อสร้างอาคารเขียว

1.3.4 ผลลัพธ์จากการวิจัยนี้อาจส่งผลต่อผู้ทำการก่อสร้างโครงการอาคารเขียวซึ่งอาจทำให้การวางแผนโครงการก่อสร้างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ภาวะโลกร้อน (Global Warming)

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศใกล้พื้นผิวโลกและน้ำในมหาสมุทร โดยมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ เป็นตัวกักเก็บและดูดกลืนความร้อนจากแสงอาทิตย์ ทำให้ความร้อนบนผิวโลกไม่สามารถคายออกไปสู่บรรยากาศได้

2.2 อาคารเขียว (Green Building)

อาคารที่ถูกออกแบบและก่อสร้างโดยการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ มีวัตถุประสงค์ที่จะลดผลกระทบต่อทั้งสิ่งแวดล้อมและสังคมตลอดวัฏจักรชีวิต (Lifecycle) ของตัวอาคาร

2.3 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

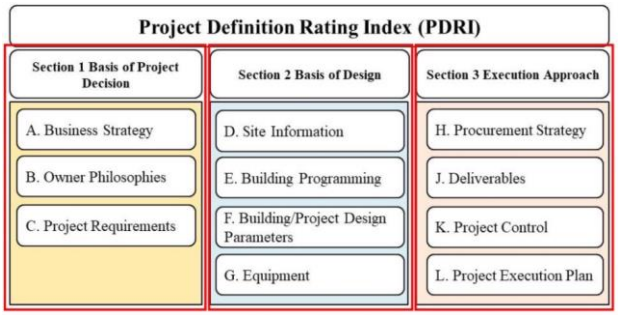
หลักเกณฑ์ในการประเมินอาคารเขียวของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นที่ยอมรับและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก ได้รับการพัฒนาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 โดยองค์กร U.S. Green Building Council (USGBC) มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรของอาคาร ส่งเสริมการสร้างอาคารที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยของผู้ใช้อาคารที่พิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต

2.4 Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability (TREES)

หลักเกณฑ์ในการประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยได้รับการพัฒนาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 โดยสถาบันอาคารเขียวไทย ถูกจัดตั้งขึ้นจากการร่วมมือกันระหว่างสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (Thai Green Building Institute; TGBI)

2.5 Project Defination Rating Index (PDRI)

เครื่องมือทางวิศวกรรมที่มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการใช้งานในวงการอุตสาหกรรมก่อสร้างได้รับการพัฒนาโดยองค์กร The Construction Industry Institute (CII) มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพในการเตรียมพร้อมของช่วงขั้นตอนการวางแผนก่อนเริ่มต้นโครงการก่อสร้างซึ่งประกอบไปด้วยการศึกษาความเป็นไปได้, การออกแบบแนวคิดและการกำหนดขอบเขตงานโดยละเอียด PDRI มีการประเมินตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยคำนึงถึงข้อมูลทางเศรษฐกิจ, วัสดุ, แรงงาน, การบำรุงรักษา, การตรวจสอบคุณภาพ, และปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบต่อโครงการก่อสร้าง สามารถแบ่งหัวข้อการประเมินออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ พื้นฐานในการตัดสินใจเริ่มโครงการ, พื้นฐานในการออกแบบ, และวิธีการดำเนินการ ที่



แบ่งออกเป็น 11 รายการ (A-L) และย่อยเป็น 64 ตัวแปร

รูปที่ 1 รายการที่ใช้ประเมิน PDRI

ส่วนที่ 1 พื้นฐานในการตัดสินใจเริ่มโครงการ (Basis of Project Decision)

องค์ประกอบส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจและแหล่งลงทุนที่ต้องพิจารณาก่อนเริ่มขั้นตอนการวางแผนถัดไป ประกอบด้วย 3 รายการ (A-C)

ส่วนที่ 2 พื้นฐานในการออกแบบ (Basis of Design)

องค์ประกอบส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับแนวคิดการออกแบบหลังจากได้รับการอนุมัติจากส่วนที่ 1 ประกอบด้วย 4 รายการ (D-G)

ส่วนที่ 3 วิธีการดำเนินการ (Execution Approach)

องค์ประกอบส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดขอบเขตและกระบวนการในขั้นตอนการก่อสร้างประกอบด้วย 4 รายการ (H-L)

2.6 Cost Performance Index (CPI)

เป็นตัวชี้วัดทางการเงินที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพในการควบคุมค่าใช้จ่ายงบประมาณของโครงการ

CPI = (ต้นทุนโครงการจริง - งบประมาณโครงการ) / งบประมาณโครงการ

โดยค่า CPI มีความหมายดังนี้

CPI มีค่ามากกว่า 1 หมายถึง โครงการใช้งบประมาณน้อยกว่าที่วางแผน (Under Budget)

CPI มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง โครงการใช้งบประมาณได้ตามที่วางแผน (On Budget)

CPI มีค่าน้อยกว่า 1 หมายถึง โครงการใช้งบประมาณมากกว่าที่วางแผน (Over Budget)

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

2.7.1 Independent T-test

วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน มีเงื่อนไขว่าใช้สำหรับการทดสอบข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ประกอบด้วยตัวแปร 2 ชนิดคือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ซึ่งจะถูกกำหนดเป็นชื่อหรือลำดับ และตัวแปรตาม (Dependent Variable) ซึ่งจะถูกกำหนดให้เป็นเชิงปริมาณ จากนั้นทำการตั้งสมมติฐาน 2 แบบ ได้แก่

- สมมติฐานเบื้องต้น (Null Hypothesis) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มเท่ากัน
- สมมติฐานเลือก (Alternative Hypothesis) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มไม่เท่ากัน

ทำการทดสอบการกระจายปกติ (Normality Test) มีวัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ความเกี่ยวข้องทางสถิติของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดสอบ หากได้ค่า P-value มากกว่า 0.05 จะถือว่ากลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดสอบเป็นข้อมูลที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่หาก ค่า P-value น้อยกว่า 0.05 จะถือว่ากลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดสอบเป็นข้อมูลที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2.7.2 การวิเคราะห์เชิงถดถอย (Regression Analysis)

เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพื่อนำมาประมาณค่าของตัวแปรหนึ่งเรียกว่าตัวแปรตามเพื่อนำไปสร้างและพัฒนาตัวแบบทำนาย

3. ระเบียบวิธีวัย

3.1 การศึกษางานวิจัย

โดยงานวิจัยที่ศึกษาจะเกี่ยวข้องกับการวางแผนการก่อสร้างอาคารเขียวและเกี่ยวกับอุปกรณ์และทฤษฎีต่าง ๆ ที่จะทำให้งานวิจัยเรื่องนี้เสร็จสิ้นโดยสมบูรณ์

3.2 การออกแบบแบบสอบถาม

แบบสอบถามสร้างขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลเพื่อนำไปประเมินค่า Project Definition Rating Index (PDRI) เป็นค่าที่สร้างขึ้นมาเพื่อประเมินแนวคิดของการวางแผนก่อสร้างโครงการและปัจจัยการวางแผนการก่อสร้างโดย PDRI นั้นจะถูกปรับแนวคิดของปัจจัยต่างๆให้กลายเป็นแบบสอบถามที่เกี่ยวกับต้นทุนที่ใช้จริงและงบประมาณของโครงการที่กำหนดไว้เพื่อคำนวณค่า CPI แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นได้รับการตอบโดยผู้ที่มีความรู้ในด้านวิศวกรรมและรู้รายละเอียดของโครงการก่อสร้างเพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลที่ได้รับมานั้นถูกต้องและสามารถใช้สำหรับการวิจัยนี้ได้จริง โดยผู้ที่ทำการตอบแบบสอบถามต้องเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในช่วงของการริเริ่มวางแผน

โครงการหรือเป็นตัวแทนของฝ่ายเจ้าของโครงการที่มีส่วนในการวางแผนตั้งแต่ช่วงเริ่มโครงการ

วิธีในการออกแบบแบบสอบถามประกอบด้วย 2 กระบวนการหลักคือการสร้างคำถามในแบบสอบถาม และการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม โดยในการออกแบบแบบสอบถามมีสิ่งที่นำมาเป็นหลักสำคัญ 2 อย่างคือ PDRI และ CPI โดยจะปรับเงื่อนไขของ PDRI เพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามได้รับคำถามที่เข้าใจได้ง่ายและง่ายต่อการตอบคำถาม แต่ละคำถามจะถูกประเมินโดยพิจารณาระดับความพยายามในการวางแผนโครงการโดยจะมีคะแนนตั้งแต่ 0-5 ดังต่อไปนี้

0 หมายถึงรายการที่พิจารณาไม่ได้นำมาใช้

1 หมายถึงรายการที่พิจารณามีแผนที่ยอดเยี่ยม

2 หมายถึงรายการที่พิจารณามีแผนที่มีประสิทธิภาพ

3 หมายถึงรายการที่พิจารณามีแผนที่เพียงพอ

4 หมายถึงรายการที่พิจารณามีแผนที่ไม่เพียงพอ

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เริ่มหาจำนวนของตึกในไทยที่ผ่านมาตรฐานรับรองอาคารเขียวของ LEED และ TREES โดยเราจะคัดเลือกอาคารที่ใช้ตามขอบเขตการวิจัยของเรา โดยเราจะหาข้อมูลมาจากเว็บไซต์ของ usgbc.org เป็นคลังข้อมูลกลางของมาตรฐาน LEED และเว็บไซต์ tgbi.or.th ซึ่งเป็นคลังข้อมูลของ Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability (TREES) หลังจากที่เราได้รวบรวมรายชื่อและติดต่อส่งแบบสอบถามไปมีโครงการที่ให้ความร่วมมือรวมทั้งสิ้น 41 โครงการแบ่งเป็น LEED 27 โครงการ TREES 14 โครงการ และหลังจากการตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลมีโครงการที่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมด 29 แบ่งเป็น LEED 18 โครงการ และ TREES 11 โครงการ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเราจะทำอยู่ 3 วัตถุประสงค์หลักคือ วิเคราะห์ factor ของ PDRI วิเคราะห์ PDRI มีผลกับ CPI อย่างไร และ พัฒนา Predictive Model

3.4.1 วิเคราะห์ Factor ของ PDRI

วิเคราะห์ Factor ทั้ง 64 ตัวของ PDRI ว่ามีผลกระทบต่อ CPI ของการก่อสร้างอย่างไร โดยทำการแบ่งโครงการจาก CPI เป็น 2 กลุ่มนั้นคือ Over Budget และ Under Budget โดยถ้า CPI มีค่าน้อยกว่า 0 จะถูกจัดว่าเป็นโครงการที่ Underbudget แต่ถ้า CPI มีค่ามากกว่า 0 จะถูกจัดว่าเป็นโครงการที่ Overbudget และ Factor แต่ละตัวจะทำการทดสอบด้วยวิธี Independent T-test โดยใช้โปรแกรม SPSS โดยที่จะแบ่งทำสองรอบแบ่งเป็น LEED กับ TREES แยกกัน

3.4.2 วิเคราะห์ผลกระทบ PDRI ต่อ CPI

ทำการเฉลี่ย PDRI ทั้งหมดทุก Factor แบบ Unweight และทดสอบ Normality ของ PDRI ทั้งสองกลุ่มว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

3.4.3 พัฒนา Predictive Model

หลังจากได้ข้อมูลมาทั้งหมดก็นำ Factor ต่าง ๆ ที่ Significant เลือกตัวที่ส่งผลกระทบต่อ CPI มากที่สุดมาพัฒนาเป็น Predictive Model โดยใช้ Linear Relationships ระหว่าง CPI กับ Significant Factor ที่เลือกมาสร้างเป็นสมการ

3.5 การสรุปผล

สรุปผลการศึกษาที่ได้ทำการวิจัยมาว่าสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้ครบถ้วนหรือไม่และมีข้อเสนอแนะของการวิจัยต่อไปว่าควรหรือไม่ควรทำอะไรมีข้อจำกัดอะไรบ้างรวมถึงสามารถใช้ผลการวิจัยนี้ได้ในการเผยแพร่ให้ความรู้ และสามารถไปต่อยอดเป็นองค์ความรู้ใหม่ต่อไปได้

4. ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบ PDRI กระทบกับ CPI

4.1.1 ผลการทดสอบ Normality

แบ่งการทดสอบออกเป็นสองกลุ่มคือ LEED และ TREES โดยจะทดสอบ Normality ของของค่าเฉลี่ย PDRI แบบ Unweight ซึ่งผลที่ได้พบว่ามาตรฐาน LEED และ TREES นั้นเมื่อแบ่งโครงการเป็น Over Budget และ Under Budget พบว่าค่าของ LEED ที่ Under Budget นั้นไม่ Significant แต่ของ TREES นั้น Significant ทั้งหมด

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	StatusCPI	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Average	1	.256	3	.	.962	3	.625
	2	.228	8	.200*	.859	8	.118

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

รูปที่ 2 ค่า Normality ของโครงการ TREES

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	StatusCPI	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Average	1	.352	13	<.001	.733	13	.001
	2	.157	4	.	.993	4	.974

a. Lilliefors Significance Correction

รูปที่ 3 ค่า Normality ของโครงการ LEED

4.1.2 วิเคราะห์ Factors ของ PDRI

วิเคราะห์ตัวแปรทั้ง 64 ตัวของ PDRI เพื่อหาเหตุผลที่ทำให้ค่าที่วิเคราะห์นั้น Significant หรือไม่ Significant โดยทดสอบ Independent T-test ของทุกตัวแปรของทั้งกลุ่ม LEED และ TREES ทำให้พบว่า LEED มีตัวแปรที่ Significant 34 ตัวแต่ในด้านของ TREES นั้นไม่มีตัวแปรที่ Significant เลยส่งผลให้ไม่สามารถวิเคราะห์และดำเนินการสร้าง Predictive model ของ TREES ซึ่งอาจเกิดจากการหาตัวอย่างของโครงการมาตรฐาน TREES ได้มากพอ ทำให้การวิเคราะห์นั้นเกิดปัญหาขึ้น เราจึงได้มุ่งเน้นที่การวิเคราะห์ผลของโครงการมาตรฐาน LEED ต่อไปเพื่อพัฒนาเป็น Predictive Model

4.1.3 ทดสอบ Independent T-test ของ LEED

ทดสอบค่าเฉลี่ย PDRI กับ Status CPI ของ LEED โดยแบ่งเป็นสองกลุ่มคือ ถ้า Status CPI มีค่าเท่ากับ 1 เป็น Under Budget แต่ถ้า Status CPI มีค่าเท่ากับ 2 เป็น Overbudget ได้ค่าที่ Significant ทั้งคู่

4.2 การเลือกตัวแปรที่ใช้มาสร้าง Predictive Model

เช็ค P-value ของตัวแปรแต่ละตัวว่าต่ำกว่า 0.05 หรือไม่ และ Statistical Significance และ 95% Confidence Level สองสิ่งนี้จะเป็นตัวบ่งบอกว่า Factors แต่ละตัวกับ CPI นั้นมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นหรือไม่ โดยจะหาตัวแปรที่จำเป็นต้องใช้ในการศึกษาโดยการนำตัวแปรที่ Significant ทั้งหมด 41 ตัวไปทำ Linear Regression Analysis ในโปรแกรม SPSS พบว่ามีตัวแปรที่จำเป็นต่อการคำนวณจริง ๆ ทั้งสิ้น 9 ตัวแปร

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.	95.0% Confidence Interval for B Lower Bound	95.0% Confidence Interval for B Upper Bound
1	(Constant)	-.214	.247		-.867	.415	-.797	.369
	A2	.172	.067	1.010	2.565	.037	.013	.331
	A3	-.145	.127	-.817	-1.142	.291	-.444	.155
	B3	-.311	.248	-1.512	-1.255	.250	-.898	.275
	C3	.001	.146	.006	.006	.995	-.345	.347
	D8	.123	.196	.586	.628	.550	-.340	.586
	E9	.257	.156	1.488	1.646	.144	-.112	.625
	F3	-.037	.099	-.239	-.374	.720	-.270	.196
	H1	.069	.062	.550	1.118	.300	-.077	.216
	L5	-.040	.135	-.294	-.296	.776	-.359	.279

a. Dependent Variable: CPIcal

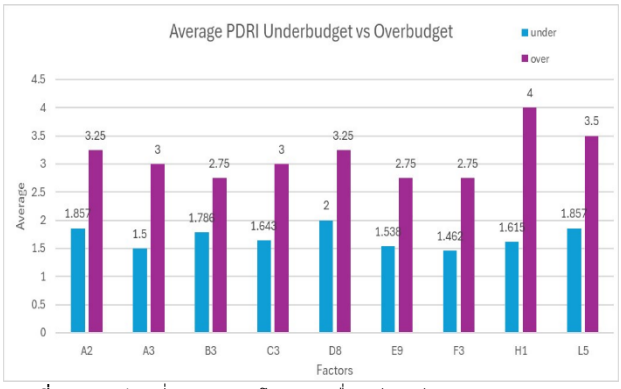
รูปที่ 4 ตัวแปรที่จำเป็นในการวิเคราะห์

หลังจากได้ตัวแปรที่จำเป็นมาก็นำตัวแปรแต่ละตัวมาวิเคราะห์โดยละเอียดว่าผลคะแนนที่ได้มานั้นสมเหตุสมผลหรือไม่ โดย P-value ของทุกตัวแปรนั้นน้อยกว่า 0.05 และ Average PDRI ของ Under Budget น้อยกว่า Over Budget ซึ่งสมเหตุสมผล

Factors	P-value	Factors	P-value
A2	0.014	E9	0.022
A3	0.08	F3	0.029
B3	0.029	H1	0.001
C3	0.022	L5	0.017
D8	0.08	สรุป	All Sig.

ตารางที่ 1 P-value ของตัวแปร

ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายที่แตกต่างกันไปโดย A2 คือ Business Justifications, A3 คือ Business Plan, B3 คือ Operation Philosophy, C3 คือ Evaluation of Existing Facilities D8 คือ Special Water and Waste Treatment, E9 คือ Transportation Requirements, F3 คือ Structural Design, H1 คือ Identify Long Lead/Critical Equipment and Materials, L5 คือ Substantial Completion Requirements



รูปที่ 5 กราฟค่าเฉลี่ย PDRI ของโครงการเมื่อเปรียบเทียบ Under Budget กับ Over Budget

4.3 การพัฒนา Predictive Model

จากตัวแปรที่ได้มาทั้งหมดสามารถพัฒนา Predictive Model ได้จากการทำ Linear Regression Analysis ได้สมการดังนี้

$$CPI = -0.214 + 0.712(A2) - 0.145(A3) - 0.311(B3) + 0.001(C3) + 0.123(D8) + 0.257(E9) - 0.037(F3) + 0.0069(H1) - 0.04(C5)$$

พบว่า Predictive Model ที่เราได้พัฒนาขึ้นมานั้นใช้ได้โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย โดยใช้ตัวแปรที่จำเป็น 9 ตัว

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการทำวิจัยที่ผ่านมาทั้งหมดได้บรรลุวัตถุประสงค์ 2 ข้อจาก 3 ข้อ คือ 1. วิเคราะห์ผลกระทบ และปัจจัยหลักจากการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียวที่มีผลต่องบประมาณของโครงการ และ 2. พัฒนา Predictive Model เพื่อใช้ในการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียวในอนาคต เราไม่สามารถเปรียบเทียบมาตรฐาน LEED กับ TREES ได้ เนื่องจากมาตรฐาน TREES ค่า Over Budget และ Under Budget ไม่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

วัตถุประสงค์ที่ 1 วิเคราะห์ผลกระทบ และปัจจัยหลักจากการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียวที่มีผลต่องบประมาณของโครงการ เราได้ทำการวิเคราะห์ Normality และทำ Independent T-test และได้ผลว่าจาก PDRI ทั้งหมด 64 ตัวแปร มีตัวแปรที่มีผลต่อการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียวที่มีผลต่องบประมาณของโครงการอยู่ 41 ตัวที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

วัตถุประสงค์ที่ 2 พัฒนา Predictive Model เพื่อใช้ในการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารเขียวในอนาคต เราได้ทำการพัฒนา Predictive Model ขึ้นมาจากตัวแปรที่เราได้วิเคราะห์ว่าจำเป็นต่อการสร้าง Predictive Model มีทั้งสิ้น 9 ตัวนั่นคือ A2 คือ Business

Justifications, A3 คือ Business Plan, B3 คือ Operation Philosophy, C3 คือ Evaluation of Existing Facilities D8 คือ Special Water and Waste Treatment, E9 คือ Transportation Requirements, F3 คือ Structural Design, H1 คือ Identify Long Lead/Critical Equipment and Materials, L5 คือ Substantial Completion Requirements สามารถพัฒนา Predictive Model ที่ประเมินค่า PDRI ได้ใกล้เคียงกับค่าจริง โดยเป็นสมการเส้นตรงจาก Linear Regression Analysis ได้ดังนี้

$$CPI = -0.214 + 0.712(A2) – 0.145(A3) – 0.311(B3) + 0.001(C3) + 0.123(D8) + 0.257(E9) – 0.037(F3) + 0.0069(H1) -0.04(C5)$$

จากการทำการวิจัยที่ผ่านมาทั้งหมดทำให้เราได้เรียนรู้เรื่องต่างๆทั้งเรื่องการวางแผนการก่อสร้างอาคารเขียว เรื่องการเก็บข้อมูลต่างๆ และการวิเคราะห์ทางสถิติ รวมถึงการจัดทำรายงานผลการวิจัย โดยทางผู้วิจัยสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้เกือบทั้งหมด

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโครงงานวิศวกรรมโยธาสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.ชารินี ลิ้มสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ แนวทาง ขั้นตอนการทำงาน การแก้ไขปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ตลอดการทำโครงงานครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณด้วยความซาบซึ้งเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าของผลงานวิจัยทุกชิ้นที่คณะผู้จัดทำได้นำมาอ้างอิง บิดา มารดา รุ่นพี่และเพื่อนในภาควิชาวิศกรรมโยธา ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องในการทำโครงงานวิจัยเล่มนี้ คอยให้คำปรึกษา แนะนำการวางแผนการทำงาน และประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดีทำให้โครงงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ หากงานวิจัยฉบับนี้เกิดข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] USGB. 2009. LEED for new construction.

[2] TGBI. 2016. TREES - NC/CS Version 1.1.

[3] TGBI. 2016. TREES - EB Version 1.0.

[4] Gibson, E. and R. Gebken. 2003. Design quality in pre-project planning: applications of the Project Definition Rating Index.

[5] Weerasinghe, G., K. Soundararajan and J. Ruwanpura. 2007. LEED–PDRI Framework for pre-project planning of sustainable building projects.

[6] Kang, Y., C. Kim, H. Son, S. Lee and C. Limsawasd. 2013. Comparison of Preproject Planning for Green and Conventional Buildings.

[7] K. Khun-anod. 2019. The Analysis of Pre-project Planning for Green Building Construction.