ดัชนีชี้วัดอาคารสีเขียวเพื่อประหยัดพลังงานกรณีศึกษาอาคารสีเขียวบริษัทมหาชน

Green Building Indicator for Energy Optimization:

Case Study of Public Company Buildings

เทียนธรรม จุนเจือจาน[1)] และ จงรักษ์ ผลประเสริฐ *[1)]

Tientam Junjuajarn[1)] and Chongrak Polprasert*[1)]

[1)]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาดัชนีชี้วัดอาคารสีเขียวเพื่อประหยัดพลังงานกรณีศึกษาอาคารสีเขียวบริษัทมหาชนและนำเสนอดัชนีชี้วัดวิธีการก่อสร้างอาคารสีเขียวให้ได้มาตรฐาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในการก่อสร้างที่อื่นๆ ได้และศึกษาวิเคราะห์ ดัชนีการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานต่างๆ ในประเทศไทย พร้อมทั้งเสนอแนวทางการจัดการพลังงานในอาคารสำนักงานต่างๆ และข้อมูลด้านกายภาพของ 2 กลุ่ม อาคารสีเขียวบริษัทมหาชนที่นำมาทดสอบดัชนีคือปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่างและค่าอาคารสีเขียวนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองสามารถทดสอบดัชนีการใช้ไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่าจากแบบจำลองสมการที่เหมาะสมคือ ดัชนีการใช้ไฟฟ้า 6.97 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร เท่ากับ 0.59 + 2.29 (ดัชนีเครื่องปรับอากาศ) + 0.04 (ดัชนีแสงสว่าง) -0.92 (ค่าอาคารเขียว) แบบจำลองสมการรวมนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและแสงสว่างเพื่อปรับปรุงอาคารให้ได้มาตรฐานอาคารสีเขียว

คำสำคัญ: อาคารสีเขียว ดัชนีการใช้พลังงาน พลังงานไฟฟ้า

Abstract

This paper presents a study of Green Building Indicators for Energy Optimization of public company buildings. The proposed indicators demonstrate how green building standards can be used in the operation of other public companies for optimization of energy consumption in office buildings in the country. Guidelines for energy management in buildings and offices and the physical side of other buildings were compared. Measuring the power consumption in air conditioning systems, lighting systems and Green Building Index contributed to the development of a Green building model. The Green building index was found to be 6.97 kWh per square meter which is equal to 0.59 + 2.29 (Air conditioning Index) + 0.04 (Lighting Index) -0.92 (Green Building Index). This model can be applied to reduce the electrical consumption of air conditioning and lighting to improve building standards for green buildings.

Keywords: Green building, Energy Use Index, Electrical Energy

1. บทนำ

ในสภาวะการปัจจุบันปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมและพลังงานเป็นปัญหาหลัก ทั้งในระดับประเทศและระดับโลกเป็นผลทำให้มนุษย์ทำการศึกษาและหาแนวทางการป้องกันเพราะมีผลต่อเนื่องและเกี่ยวข้องกันทั้งโลก ด้วยหลายๆ สาเหตุ เช่น การเพิ่มจำนวนของประชากรโลก การใช้พลังงานมากขึ้น ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทำให้มีการใช้ปัจจัยพื้นฐานเกินความจำเป็น ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและพลังงาน ประเทศไทยเริ่มมีบทบาทในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กับนานาประเทศจึงเกิดแนวคิดการก่อสร้างอาคารสีเขียวขึ้นเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของแบบอย่างในการแก้ปัญหา ทางออกหนึ่งของการประหยัดพลังงานเพราะอาคารแต่ละอาคารมีการใช้งานในระยะยาว ยิ่งอาคารสูงย่อมต้องมีการใช้พลังงานมากกว่าอาคารทั่วไปโดยพลังงานที่ใช้มากที่สุดคือหลังงานไฟฟ้าถ้ามีการจัดการที่ไม่เหมาะสมแล้วจะส่งผลกระทบต่อตัวอาคาร ตลอดจน สังคมและชุมชนโดยรอบประเทศและโลกตามมา แนวคิดในการก่อร้างอาคารสีเขียวจึงเป็นสิ่งที่ควรใช้ความสำคัญเพราะอาคารสีเขียวนั้นเป็นอาคารที่ได้รับการออกแบบและก่อสร้างโดยคำนึงถึงพลังงานและสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ เป็นอาคารที่ใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เป็นส่วนสำคัญหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในการก่อสร้างอาคารสีเขียว ต้องมีการบริหารจัดการและสร้างนวัตกรรมที่สอดคล้องกับผู้ประกอบการจึงจะสามารถดำเนินการสร้างอาคารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยยังเริ่มมีกฎหมายบังคับใช้ในการสร้างอาคารเพื่อกำหนดมาตรการ เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมแล้วนั้น แต่ยังไม่ได้เน้นในส่วนของการก่อสร้างอาคารที่ออกมาอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงควรกำหนดให้ชัดเจนเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์การสร้างอาคารสีเขียวกล่าวถึงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารบริษัทมหาชนโดยอาศัยหลักการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในอาคารที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันถือเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการริเริ่มการดำเนินการประเมินและชี้วัดการใช้พลังงานในอาคาร นำไปสู่การดำเนินนโยบายการบริหารจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบและเป็นส่วนสำคัญในการช่วยอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ รายการแรกในรายการนี้

2. วิธีวิจัย

การเก็บข้อมูลวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทางกายภาพของอาคารและข้อมูลการใช้พลังงานของอาคาร ทั้งนี้ สำหรับข้อมูลทางกายภาพ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลที่ตั้งอาคาร จำนวนพื้นที่ใช้สอยที่มีการปรับอากาศ (ตารางเมตร) สำหรับข้อมูลการใช้พลังงาน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ในรอบ 12 เดือน ไม่รวมถึงพลังงานความร้อนอื่นๆ

2.1 ขอบเขตการศึกษา

2.1.1 ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานและวิธีการจัดการพลังงานจากอาคารบริษัทมหาชนที่เป็นอาคารสีเขียว 2 แห่ง และทดสอบความถูกต้องดัชนีความเขียวกับข้อมูลอาคารบริษัทมหาชนที่เป็นสีเขียว 1 แห่ง และไม่ใช่สีเขียว 2 แห่ง

2.1.2 เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงานบริษัทมหาชนที่เป็นอาคารสีเขียวย้อนหลัง 12 เดือนโดยกำหนดใช้ที่เป็นลักษณะอาคารสำนักงานจำนวน 3 แห่ง ทั้งนี้ไม่รวมพลังงานไอน้ำ หรือพลังงานความร้อนอื่นๆ

2.1.3 เก็บข้อมูลอาคารที่เป็นอาคารสำนักงานบริษัทมหาชนที่เป็นอาคารสีเขียว 1 แห่ง และไม่ใช่สีเขียว 2 แห่ง โดยกำหนดใช้ที่เป็นลักษณะอาคารสำนักงานจำนวน 2 แห่ง ข้อมูลย้อนหลัง 12 เดือนทั้งนี้ไม่รวมพลังงานไอน้ำ หรือพลังงานความร้อนอื่นๆ

การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปริมาณ การเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทางกายภาพจากการลงพื้นที่จริง ซึ่งประกอบด้วยที่ตั้งอาคาร ลักษณะการใช้สอย จำนวนพื้นที่ใช้ สอยที่มีการปรับอากาศ (ตารางเมตร) และ ข้อการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ครบรอบ 12 เดือนปฏิทิน จากการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานและวิธีการจัดการพลังงานจากอาคารบริษัทมหาชนที่ได้รับรองมาตรฐานอาคารสีเขียว โดยกำหนดใช้ที่เป็นลักษณะอาคารสำนักงานสีเขียวบริษัทมหาชนจำนวน 3 แห่ง และอาคารสำนักงานบริษัทมหาชนที่ยังไม่ได้รับรองมาตรฐานอีก 2 แห่ง

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สมการถดถอย (Regression Analysis) หาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานของอาคารรวมต่อปีและพื้นที่ใช้สอยปรับอากาศ เพื่อกำหนดวิธีการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อปีและเปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อปีของกลุ่มตัวอย่างอาคารสำนักงานบริษัทมหาชนกับผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อยืนยันการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกลุ่มตัวอย่างสามารถใช้ในการกำหนดเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารที่เหมาะสมไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีแนวโน้มใช้พลังงานไฟฟ้ามากหรือน้อยผิดปกติ

หลังจากนั้นจึงดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลจำนวนพื้นที่มีการปรับอากาศและข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร เพื่อกำหนดดัชนีการใช้พลังงานในอาคาร (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อเดือน) ข้อมูลดัชนีการใช้พลังงานในอาคารทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติและเปรียบเทียบกับดัชนีพลังงานในอาคารประเภทเดียวกันและอาคารที่ยังไม่ได้รับรองมาตรฐาน เพื่อกำหนดเกณฑ์การใช้พลังงานของอาคารสำนักงานและแนวทางการประยุกต์ใช้ดัชนีพลังงานเพื่อพัฒนาเป็นอาคารสีเขียวต่อไป

2.2 สมการการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานของอาคาร

$$x = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศต่อปี } (kWh/year)}{\text{พื้นที่ใช้สอย } (m^2)} \quad (1)$$

$$y = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่างต่อปี } (kWh/year)}{\text{พื้นที่ใช้สอย } (m^2)} \quad (2)$$

$$z = \text{ค่าอาคารสีเขียว } z = 1 \text{ (green building)}$$

$$= 0 \text{(non- green building)} \quad (3)$$

$$T = \frac{\text{การใช้พลังงานของอาคารต่อปี } (kWh/year)}{\text{พื้นที่ใช้สอย } (m^2)} \quad (4)$$

$$A + x + y + z = T \quad (5)$$

เมื่อ ; x คือ ดัชนีพลังงานในระบบปรับอากาศ

Y คือ ดัชนีพลังงานในระบบแสงสว่าง

Z คือ ค่าอาคารสีเขียว

T คือ ดัชนีการใช้พลังงานรวม

A คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ

2.3 คำจำกัดความที่ใช้ในการคำนวณ

2.3.1 การใช้พลังงานของอาคารต่อปี คือผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากบิลค่าไฟฟ้า 12 เดือน

2.3.2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศ คือ พลังงานที่ได้จากการตรวจวัดอุปกรณ์ทั้งหมดของระบบปรับในช่วงเวลาหนึ่ง แล้วคำนวณเป็นพลังงานที่ใช้ต่อเดือน

2.3.3 พลังงานที่ใช้ในระบบแสงสว่าง คือ พลังงานที่ได้จากการตรวจวัดวงจรไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดของอาคารไม่รวมพื้นที่จอดรถในช่วงเวลาหนึ่ง แล้วคำนวณเป็นพลังงานที่ใช้ต่อเดือน

2.3.4 พื้นที่ใช้สอยรวม คือ พื้นที่ทั้งหมดในอาคารไม่รวมพื้นที่จอดรถ

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปี หลังจากนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีและพื้นที่ปรับอากาศของกลุ่มตัวอย่างจะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้สมการการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร และค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปี จากกนั้นนำค่าดัชนีของกลุ่มตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอื่น และจัดเรียงค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปี โดยใช้หลักการคำนวณทางสถิติ เพื่อกำหนดเกณฑ์การใช้พลังงาน และแนวทางการประยุกต์ใช้เพื่อการบริหารจัดการพลังงานต่อไป

3. ผลการวิจัย

ข้อมูลทางด้านกายภาพ: อาคารกลุ่มต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มอาคารสีเขียวและกลุ่มที่ไม่ใช่อาคารสีเขียว ทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลัง 12 เดือน

กลุ่มอาคารสีเขียว

1. อาคาร a ที่ตั้ง เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอย 74,600 ตารางเมตร ลักษณะ อาคารสำนักงานบริษัทมหาชน จำนวนชั้น 21 ชั้น

2. อาคาร b ที่ตั้ง ถนนวิภาวดี กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอย 56,000 ตารางเมตร ลักษณะ อาคารสำนักงานบริษัทมหาชน จำนวนชั้น 35 ชั้น

3. อาคาร c ที่ตั้ง ดูไบ ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ มีพื้นที่ใช้สอย 55,741 ตารางเมตร ลักษณะ อาคารสำนักงานบริษัทมหาชนจำนวนชั้น 12 ชั้น

กลุ่มที่ไม่ใช่อาคารสีเขียว

1. อาคาร d ที่ตั้ง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ มีพื้นที่ใช้สอย 60,500 ตารางเมตร ลักษณะอาคารสำนักงาน จำนวนชั้น 42 ชั้น

2. อาคาร e ที่ตั้ง แขวงสีลม เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอย 34,600 ตารางเมตรลักษณะ อาคารสำนักงาน จำนวนชั้น 26 ชั้น

พบว่าอาคารที่ได้มาตรฐานอาคารสีเขียว เช่น อาคาร a, b และ c มีการก่อสร้างที่คำนึงความสะอาดสูงสุด และการออกแบบให้อาคารได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอ ส่วนที่มีการใช้งานตลอดทั้งวันลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งการใช้พลังงานทดแทนโดยการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้า ทำให้ทั้ง 3 อาคารเป็นอาคารสีเขียวที่ได้มาตรฐาน ส่วนอาคาร d และ e พบว่ายังขาดปัจจัยด้านการออกแบบให้อาคารได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอ และ การใช้พลังงานทดแทนรวมไปถึงการพัฒนาอาคารตามนโยบายผู้บริหารให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

เกี่ยวกับข้อมูลทางสถิติ: ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลัง 12 เดือนทั้งนี้ไม่รวมถึงพลังงานไอน้ำหรือพลังงานความร้อนอื่นๆ ข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากรายงานประจำปีของบริษัทมหาชนในปี 2558 และจากการสอบถามจากพนักงานของบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและการจัดการอาคาร โดยได้มีการสงวนชื่อบริษัทมหาชน และนำมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากรายงานประจำปีของบริษัทมหาชนในปี 2558 และจากการสอบถามจากพนักงานของบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและการจัดการอาคาร โดยได้มีการสงวนชื่อบริษัทมหาชน และนำมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงาน จำนวน 2 กลุ่มอาคาร แสดงดังตารางที่ 1-6 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าดัชนีรวมการใช้ไฟฟ้าบริษัทตัวอย่างรายเดือน (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

	ค่าดัชนีรวมการใช้ไฟฟ้าบริษัทตัวอย่างรายเดือน (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)				
เดือน	อาคารตัวอย่าง				
	a	b	c	d	e
มกราคม	6.88	6.87	6.24	8.72	8.99
กุมภาพันธ์	7.05	7.01	6.68	9.04	9.12
มีนาคม	7.14	7.37	6.52	9.12	8.72
เมษายน	6.86	7.23	6.88	8.63	8.82
พฤษภาคม	6.88	7.23	7.24	8.99	9.10
มิถุนายน	6.87	7.31	5.63	8.72	9.13
กรกฎาคม	6.91	7.14	7.85	9.12	8.95
สิงหาคม	6.87	7.17	7.92	8.83	9.09
กันยายน	6.88	7.52	7.85	9.05	10.19
ตุลาคม	6.64	7.78	7.92	9.06	9.06
พฤศจิกายน	6.68	6.24	6.58	9.12	8.72
ธันวาคม	6.51	6.12	6.12	8.77	8.77

ข้อมูลจากตารางที่ 1 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารที่เป็นอาคารสีเขียวข้อมูลการใช้พลังงานรวมต่อปีของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่าง มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5.51 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.92 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 6.74 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และ ดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารที่ไม่เป็นอาคารสีเขียว ของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่าง มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 8.63 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10.19 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 8.99 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

	ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าบริษัทตัวอย่างรายเดือน (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)				
เดือน	อาคารตัวอย่าง				
	a	b	c	d	e
มกราคม	3.10	3.09	2.81	3.49	3.60
กุมภาพันธ์	3.17	3.15	3.01	3.62	3.65
มีนาคม	3.21	3.32	2.94	3.65	3.49
เมษายน	3.08	3.25	3.09	3.45	3.53
พฤษภาคม	3.10	3.25	3.26	3.60	3.64
มิถุนายน	3.09	3.29	2.53	3.49	3.65
กรกฎาคม	3.11	3.21	3.53	3.65	3.58
สิงหาคม	3.09	3.23	3.56	3.53	3.64
กันยายน	3.10	3.38	3.53	3.62	4.08
ตุลาคม	2.99	3.50	3.56	3.62	3.62
พฤศจิกายน	3.01	2.81	2.96	3.65	3.49
ธันวาคม	2.93	2.76	2.76	3.51	3.51

ข้อมูลแสดงในตารางที่ 2 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบปรับอากาศอาคารที่เป็นอาคารสีเขียว ของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่าง มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 2.53 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.56 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.13 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบปรับอากาศอาคารที่ไม่เป็นอาคารสีเขียว ตัวอย่าง มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 3.45 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.08 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.60

ตารางที่ 3 ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

	ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าบริษัทตัวอย่างรายเดือน (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)				
เดือน	อาคารตัวอย่าง				
	a	b	c	d	e
มกราคม	2.41	2.06	1.56	3.05	3.15
กุมภาพันธ์	2.47	2.10	1.67	3.16	3.19
มีนาคม	2.50	2.21	1.63	3.19	3.05
เมษายน	2.40	2.17	1.72	3.02	3.09
พฤษภาคม	2.41	2.17	1.81	3.15	3.19
มิถุนายน	2.41	2.19	1.41	3.05	3.19
กรกฎาคม	2.42	2.14	1.96	3.19	3.13
สิงหาคม	2.40	2.15	1.98	3.09	3.18
กันยายน	2.41	2.26	1.96	3.17	3.57
ตุลาคม	2.32	2.33	1.98	3.17	3.17
พฤศจิกายน	2.34	1.87	1.64	3.19	3.05
ธันวาคม	2.28	1.84	1.53	3.07	3.07

ข้อมูลตารางที่ 3 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างอาคารที่เป็นอาคารสีเขียว ของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่าง มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 1.41 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.50 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2.09 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร ดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างอาคารที่ไม่เป็นอาคารสีเขียว ของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่าง มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 3.02 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.57 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.15 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณระหว่างอาคารสีเขียว a และ b

Regression Statistics		
Multiple R	0.999856	
R Square	0.999713	user: R square อธิบายได้ 99.97% of the variance ของการใช้ไฟ
Adjusted R Square	0.999693	
Standard Error	0.018894	
Observations	48	

ANOVA	*df*	*SS*	*MS*	*F*
Regression	3	54.70219	18.23406	51078.37
Residual	44	0.015707	0.000357	
Total	47	54.71789		

	Coefficients	*standard Err*	*t Stat*	*P-value*
Intercept	0.592	0.074115	7.99132	0.000
AIR	2.294	0.022422	102.2987	0.000
LIGHT	0.048	0.022591	2.104425	0.041
GREEN	- 0.924	0.017845	-51.7755	0.000

ข้อมูลจากตารางที่ 1-4 ได้นำข้อมูลของอาคาร a และ b มาทดสอบความสัมพันธ์เพื่อพัฒนาแบบจำลองสมการเพื่อสร้างดัชนีอาคารสีเขียวดังตารางที่ 5 นำค่า Coefficients มาใช้ในสมการที่ 5 ได้สมการทดสอบในสมการที่ 6 พบว่าดัชนีการใช้พลังงานของอาคารสีเขียวมีค่าเท่ากับ 6.97 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร จึงสามาถนำไปใช้ทดสอบกับอาคารอื่นๆ ได้

$$0.59 + 2.29(X) + 0.05(Y) - 0.92(Z) = 6.97$$

เมื่อ ; x คือ ดัชนีพลังงานในระบบ ปรับอากาศ
y คือ ดัชนีพลังงานในระบบแสงสว่าง
z คือ ค่าพลังงานสีเขียว

ตารางที่ 5 ตารางทดสอบดัชนีอาคารที่อาคารสีเขียวและไม่เป็นอาคารสีเขียว

เดือน	ตารางทดสอบดัชนีความเป็นอาคาร สี เขียวและไม่เป็นอาคารสีเขียว (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)		
	c	d	e
มกราคม	6.17	8.70	8.95
กุมภาพันธ์	6.62	9.00	9.07
มีนาคม	6.46	9.07	8.70
เมษายน	6.83	8.62	8.79
พฤษภาคม	7.20	8.95	9.05
มิถุนายน	5.53	8.70	9.08
กรกฎาคม	7.84	9.07	8.91
สิงหาคม	7.91	8.80	9.04
กันยายน	7.84	9.00	10.07
ตุลาคม	7.91	9.02	9.01
พฤศจิกายน	6.51	9.07	8.70
ธันวาคม	6.04	8.74	8.75

ข้อมูลจากตารางที่ 5 ตารางทดสอบดัชนีอาคารที่อาคารสีเขียวและไม่เป็นอาคารสีเขียว พบว่าอาคาร C ซึ่งเป็นอาคารสีเขียวมีค่าดัชนีอาคารสีเขียวเฉลี่ย 6.90 ค่าดัชนีดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าดัชนีอาคารสีเขียวของสมการทดสอบ และ อาคาร d และ e ไม่ใช่อาคารสีเขียว มีค่าดัชนีอาคารสีเขียวเฉลี่ย 8.90, 9.01 ค่าดัชนีดังกล่าวมีค่ามากกว่าดัชนีอาคารสีเขียวของสมการทดสอบ

4. สรุปผลการวิจัย

1. จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าปัจจัยสำคัญของการออกแบบที่สำคัญคือ อาคารที่ได้มาตรฐานอาคารสีเขียว เช่น มีการก่อสร้างที่คำนึงความสะอาดสูงสุด และการออกแบบให้อาคารได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอ ส่วนที่มีการใช้งานตลอดทั้งวันลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งการใช้พลังงานทดแทนโดยการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้า และนโยบายของบริษัทที่ชัดเจนในการพัฒนาอาคารสำนักงาน ทำให้เป็นอาคารสีเขียวที่ได้มาตรฐาน

2. ข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารสีเขียวได้มีการพัฒนาแบบจำลองสมการสำหรับคำนวณดัชนีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้

$$0.59 + 2.29(X) + 0.05(Y) - 0.92(Z) = 6.97$$

3. แบบจำลองสมการการใช้พลังงานได้ทดสอบความถูกต้องกับอาคารอื่นๆ ที่เป็นอาคารสีเขียวและไม่เป็นอาคารสีเขียวได้อย่างถูกต้อง

4. แบบจำลองสมการดัชนีการใช้พลังงานนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารอื่นๆ เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานและได้มาตรฐานตามแบบอาคารสีเขียว

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ขึ้นมาได้ หากปราศจากความเมตตากรุณาจากท่านอาจารย์ ศาสตราจารย์ ดร.จงรักษ์ ผลประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้ข้อมูลและคำแนะนำต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้เขียน โดยเฉพาะการวางเค้าโครง แนวทางการเขียนเนื้อหาและบทวิเคราะห์ ตลอดจนการกำหนดกรอบเวลาในการเสนอความคืบหน้าของงาน ซึ่งถือเป็นแรงกระตุ้นให้แก่ผู้เขียนได้อย่างดียิ่ง ทั้งท่านอาจารย์ยังได้สละเวลาอันมีค่าตรวจสอบความถูกต้องของงานผู้เขียน อีกด้วยผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งใจและสำนึกในพระคุณของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ไว้ ณ ที่นี้สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมา

จนสำเร็จการศึกษาโดยหากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มี ประโยชน์และคุณค่าทางการศึกษาอยู่บ้าง ผู้เขียนขอยกความดีทั้งหมดแด่ท่านอาจารย์ ศาสตราจารย์ ดร.จงรักษ์ ผลประเสริฐ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน รวมทั้งกราบเป็น กตเวทิตาแก่บิดา มารดา คณาจารย์และผู้มีพระคุณที่ได้อบรมเลี้ยงดู ให้ความรู้ ความเมตตาแก่ผู้เขียน แต่หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความบกพร่องประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับความผิดพลาดไว้แต่เพียงผู้เดียว

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรกมล ตันติวนิช (2554). เกณฑ์การใช้พลังงานเพื่อการบริหารจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบในอาคารสาขาธนาคารพาณิชย์, (การศึกษาโครงการเฉพาะเรื่อง). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และผังเมือง

[2] ธรรจน์ เศรษบุตร (2549) นวัตกรรมการจัดการพลังงานทดแทน ความเป็นไปได้ในการพัฒนาโครงการบ้านจัดสรรประเภทบ้าน เดี่ยวระดับกลางในเชิงนิเวศน์, (หนังสืองานวิชาการ). จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

[3] ลำยอง ปลั่งกลาง (2554) บริบทของวิสาหกิจชุมชนการท่องเที่ยวตามองค์ประกอบมาตรฐานการท่องเที่ยวสีเขียว, มหาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

[4] ณัฐพล เขตกระโทก, (2556).การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอาคารบรรณสาร 2 ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา, (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, คณะบริหารการจัดการ, สาขาการจัดการ

[5] บุญชัย พันธุ์ธีรานุรักษ์, ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2557) “มูลค่าก่อสร้างของอาคารเขียว”, วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล., ปีที่ 16, ฉบับที่ 19, ธันวาคม 2014, หน้า 13-22

[6] นิคม ถนอมเสียง (2555) .ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการทำนายตัวแปร. สืบค้นจาก : http://home.kku.ac.th/nikom// [8 มิถุนายน 2558]