บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลงานวิจัย รวมถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการลดการสูญเสียพลังงาน ตลอดจนใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางเทคนิคและการเงิน
2. สำรวจและรวบรวมข้อมูลเอกสาร ข้อมูลภาคสนามที่มีการดำเนินงานเกี่ยวกับระบบการจัดการพลังงาน ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารผู้โดยสารสนามบิน
3. จัดทำรายการประเมินระบบการจัดการพลังงานในแต่ละขั้นตอน ทั้งวิเคราะห์ถึงสิ่งที่ส่งผลกระทบต่อการอนุรักษ์พลังงานในระบบการจัดการพลังงาน
4. นำเสนอแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการพลังงานที่เหมาะสม พร้อมมาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารผู้โดยสารสนามบิน
5. สรุปผลจากการศึกษาการจัดการพลังงานในอาคารผู้โดยสารสนามบิน เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาด้านอื่นๆ ต่อไป
6. จัดทำรายงานโครงการศึกษาวิจัยและวิทยานิพนธ์

3.2 ข้อมูลการดำเนินงาน

การศึกษาการจัดการพลังงานในอาคารผู้โดยสารสนามบิน ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลในด้านต่างๆ มาประกอบการพิจารณา เพื่อทราบถึงสถานภาพการดำเนินการจัดการพลังงานปัจจุบัน โดยแบ่งข้อมูลในการศึกษาออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ข้อมูลเอกสาร เช่น ข้อมูลจากการค้นคว้างานวิจัย เอกสารทางด้านวิชาการ และข้อมูลที่ได้จากทางอาคารผู้โดยสารสนามบิน
2. ข้อมูลจากการลงสนามสำรวจ เช่น ข้อมูลการดำเนินงานด้านระบบการจัดการพลังงาน ข้อมูลลักษณะการใช้งาน การติดตั้งระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ข้อมูลจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญ รวมถึงเจ้าหน้าที่และพนักงาน

3.3 การจัดทำรายการประเมินการจัดการพลังงาน

ผู้วิจัยได้จัดทำรายการประเมินการจัดการพลังงานในแต่ละขั้นตอน ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงความสามารถของการจัดการพลังงานและการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม โดยเกณฑ์การประเมินระบบการจัดการจัดการพลังงานพิจารณาจากแนวทาง วิธีการและขั้นตอนการจัดการพลังงาน เพื่อให้เกิดความชัดเจนผู้วิจัยจึงได้แบ่งเกณฑ์การประเมินออกเป็น 6 ระดับ พร้อมทั้งระบุถึงน้ำหนักที่มีนัยสำคัญต่อการประเมินในแต่ละขั้นตอนด้วย ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะนำมาเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ข้อมูลในลำดับต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลระบบการจัดการพลังงาน

3.4.1 SWOT Analysis [17]

การวิเคราะห์ข้อมูลการจัดการพลังงานในอาคารผู้โดยสารสนามบินใช้หลักการของ SWOT Analysis เป็นการวิเคราะห์ภาพรวมของสถานการณ์ต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกองค์กร เพื่อวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อผลการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งมีความสำคัญต่อการเปรียบเทียบการทำงานของธุรกิจในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน อันนำไปสู่การสร้างกลยุทธ์ โดยเน้นว่ากลยุทธ์ที่สร้างขึ้นจะต้องก่อให้เกิดความเหมาะสมระหว่างสถานการณ์ภายในและสถานการณ์ภายนอก

3.4.2 วิธีดำเนินการ SWOT Analysis [18]

การวิเคราะห์ SWOT จะครอบคลุมขอบเขตของปัจจัยที่กว้างด้วยการระบุจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรคขององค์กร ทำให้มีข้อมูล ในการกำหนดทิศทางหรือเป้าหมายที่จะถูกสร้างขึ้นมาบนจุดแข็งขององค์กร และแสวงหาประโยชน์จากโอกาสทางสภาพแวดล้อม และสามารถกำหนดกลยุทธ์ที่มุ่งเอาชนะอุปสรรคทางสภาพแวดล้อมหรือลดจุดอ่อนขององค์กรให้มีน้อยที่สุดได้ ภายใต้การวิเคราะห์ SWOT นั้น จะต้องวิเคราะห์ทั้งสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกองค์กร โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.4.2.1 การประเมินสภาพแวดล้อมภายในองค์กร จะเกี่ยวกับการวิเคราะห์และพิจารณาทรัพยากรและความสามารถภายในองค์กรทุกๆ ด้าน เพื่อที่จะระบุจุดแข็งและจุดอ่อนขององค์กรแหล่งที่มาเบื้องต้นของข้อมูลเพื่อการประเมินสภาพแวดล้อมภายใน คือระบบข้อมูลเพื่อ การบริหารที่ครอบคลุมทุกด้านทั้งในด้านโครงสร้าง ระบบ ระเบียบ วิธีปฏิบัติงาน บรรยากาศในการทำงานและทรัพยากรในการบริหาร (คน เงิน วัสดุ การจัดการ) รวมถึงการพิจารณาผลการดำเนินงานที่ผ่านมาขององค์กรเพื่อที่จะเข้าใจสถานการณ์และผลกลยุทธ์ก่อนหน้านี้ด้วย

จุดแข็งขององค์กร (S-Strengths) เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยภายในจากมุมมองของผู้ที่อยู่ภายในองค์กรนั้นเองว่าปัจจัยใดภายในองค์กรที่เป็นข้อได้เปรียบหรือจุดเด่นขององค์กรที่องค์กรควรนำมาใช้ในการพัฒนาองค์กรได้ และควรดำรงไว้เพื่อการ เสริมสร้างความเข็มแข็งขององค์กร

จุดอ่อนขององค์กร (W-Weaknesses) เป็นการวิเคราะห์ ปัจจัยภายในจากมุมมองของผู้ที่อยู่ภายในจากมุมมอง ของผู้ที่อยู่ภายในองค์กรนั้นๆ เองว่าปัจจัยภายในองค์กรที่เป็นจุดด้อย ข้อเสียเปรียบขององค์กรที่ควรปรับปรุงให้ดีขึ้นหรือขจัดให้หมดไป อันจะเป็นประโยชน์ต่อองค์กร

3.4.2.2 การประเมินสภาพแวดล้อมภายนอก ภายใต้การประเมินสภาพแวดล้อมภายนอกองค์กรนั้นสามารถค้นหาโอกาสและอุปสรรคทางการดำเนินงานขององค์กรที่ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจทั้งในและระหว่างประเทศที่เกี่ยวกับการดำเนินงานขององค์กร เช่น อัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ นโยบาย การเงิน การงบประมาณ สภาพแวดล้อมทางสังคม เช่น ระดับการศึกษาและอัตรารู้หนังสือของประชาชน การตั้งถิ่นฐานและการอพยพของประชาชน ลักษณะชุมชน ขนบธรรมเนียมประเพณี ค่านิยม ความเชื่อและวัฒนธรรม สภาพแวดล้อมทางการเมือง เช่น พระราชบัญญัติ พระราชกฤษฎีกา มติคณะรัฐมนตรี และสภาพแวดล้อมทางเทคโนโลยี หมายถึง กรรมวิธีใหม่ๆ และพัฒนาการทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและให้บริการ

โอกาสทางสภาพแวดล้อม (O-Opportunities) เป็นการวิเคราะห์ว่าปัจจัยภายนอกองค์กร ปัจจัยใดที่สามารถส่งผลกระทบประโยชน์ ทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการดำเนินการขององค์กรในระดับมหาภาค และองค์กรสามารถฉกฉวยข้อดีเหล่านี้มาเสริมสร้างให้ หน่วยงานเข็มแข็งขึ้นได้

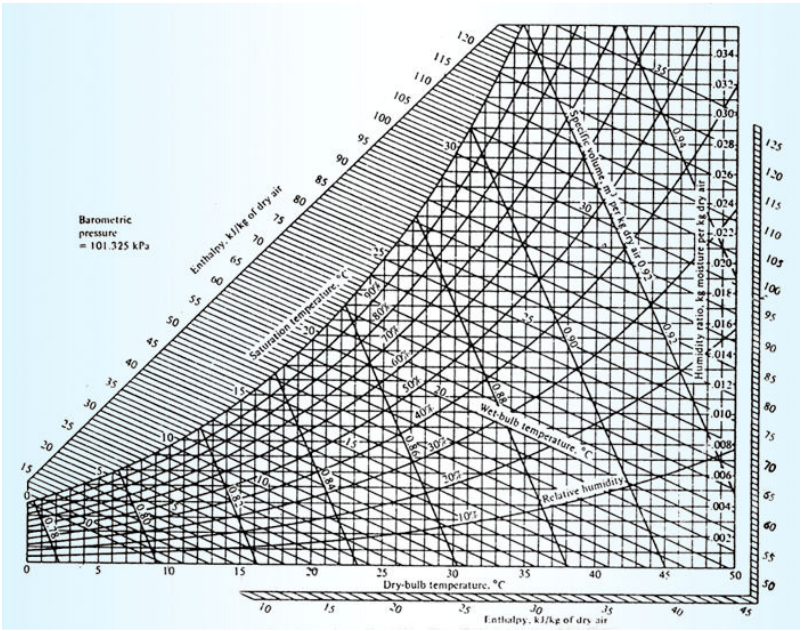
อุปสรรคทางสภาพแวดล้อม (T-Threats) เป็นการวิเคราะห์ว่าปัจจัยภายนอกองค์กรปัจจัยใดที่สามารถส่งผลกระทบในระดับมหภาคในทางที่จะก่อให้เกิดความเสียหายทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งองค์กรจำต้องหลีกเลี่ยง หรือปรับสภาพองค์กรให้มี ความแข็งแกร่งพร้อมที่จะเผชิญแรงกระทบดังกล่าวได้

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลระบบปรับอากาศ

จากการศึกษาข้อมูลและตรวจวัดเครื่องปรับอากาศ ประกอบด้วยข้อมูลที่จัดเก็บโดยระบบ BAS และผลที่ได้จากการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมของอากาศภายในอาคาร ทำให้ได้มาตรการปรับลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นแนวทางไปสู่การอนุรักษ์พลังงานในอาคารผู้โดยสารสนามบิน ซึ่งมีแนวทางวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.5.1 แผนภูมิไซโครเมตริก

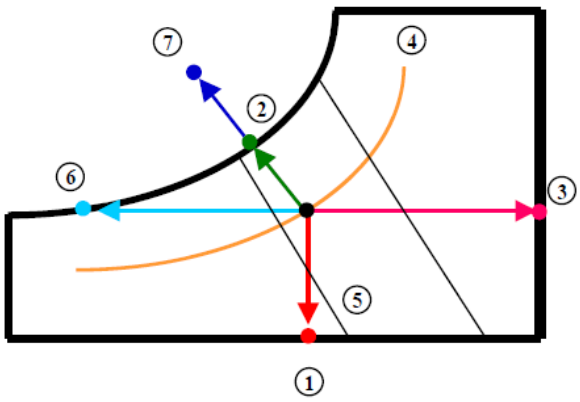
แผนภูมิไซโครเมตริกเป็นกราฟแสดงคุณสมบัติของอากาศ ค่าที่กำหนดในแผนภูมิเป็นค่าที่ได้จากอากาศมาตรฐานและที่ความกดของบรรยากาศ โครงสร้างทั่วไปของแผนภูมิไซโครเมตริกและคุณสมบัติพื้นฐานของอากาศ [19] ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภูมิไซโครเมตริกและคุณสมบัติพื้นฐานของอากาศ [19]

3.5.2 ความหมายของค่าที่แสดงในแผนภูมิไซโครเมตริก

ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับกระบวนการทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่สมบูรณ์และการวิเคราะห์แผนภูมิไซโครเมตริกของกระบวนการปรับอากาศสามารถสรุปไว้ในแผนภูมิไซโครเมตริก [19, 20] โดยค่าในการอ่านเส้นต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 เส้นสมบัติต่างๆ ภายในแผนภูมิไซโครเมตริกซ์



รูปที่ 3.2 เส้นสมบัติต่างๆ ภายในแผนภูมิไซโครเมตริก [20]

1. อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature; DB) หมายถึง อุณหภูมิของอากาศที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ธรรมดา อุณหภูมิกระเปาะแห้งจะพล็อตลงในเส้นแนวนอนที่ส่วนล่างของแผนภูมิ ที่อุณหภูมินี้เป็นการวัดถึงความร้อนสัมผัสโดยที่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกระเปาะแห้งจะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของความร้อนสัมผัส
2. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature: WB) หมายถึง อุณหภูมิของอากาศที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ ที่กระเปาะหุ้มด้วยสำลีหรือไส้ตะเกียงที่ชุ่มน้ำและทำการหมุนในอากาศ อุณหภูมิกระเปาะเปียกจะพล๊อตลงในเส้นที่จุดเริ่มต้นอยู่ในเส้นอิ่มตัวและเอียงลงมาทางด้านของ อุณหภูมิแสดงถึงค่าความร้อนทั้งหมด (เอนทาลปี) คือ ความร้อนสัมผัสบวกความร้อนแฝง
3. ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humility: w) หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงของอากาศ ในหน่วยของไอน้ำต่อปอนด์ของอากาศแห้ง สเกลของ w จะอยู่ทางด้านขวามือในแกนตั้งของแผนภูมิ
4. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humility: RH) หมายถึง อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ต่อด้วยความดันของไออิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน อาจจะกล่าวได้ว่าค่าความชื้นสัมพันธ์เท่ากัน เปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวของอากาศหรืออัตราส่วนความชื้นจำเพาะ w ที่มีอยู่จริงต่อด้วยความชื้นจำเพาะที่สภาวะอิ่มตัว w_{sat} นั้นคือ RH = w/w_{sat} เส้นความชื้นสัมพันธ์จะเริ่มจากด้านล่างซ้ายและโค้งขึ้นไปด้านบนขวา โดยประมาณความโค้งเท่ากับเส้นอิ่มตัว (100% RH)
5. ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume: SpV) หมายถึง ส่วนกลับของความหนาแน่นในหน่วยลูกบาศก์ฟุตของของผสมไอน้ำกลับอากาศต่อด้วยปอนด์ของอากาศแห้ง เส้นของปริมาณจำเพาะเริ่มจากเส้น DB และเอียงขึ้นไปทางด้านซ้าย
6. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature: DP) หมายถึง อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเกิดการอิ่มตัวและเริ่มควบแน่นเป็นหยดน้ำ หรืออุณหภูมิที่อากาศถูกทำให้เย็นลงก่อนเกิดการควบแน่น อุณหภูมิจุดน้ำค้างเป็นจุดที่อยู่ตลอดบนเส้นอิ่มตัว อุณหภูมิจุดน้ำค้างเป็นค่าที่แสดงถึงความร้อนแฝง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจุดน้ำค้างจึงเป็นตัวบอกถึงการเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝง
7. เอนทาลปี (Enthalpy; h) หมายถึง ปริมาณความร้อนทั้งหมด เป็นค่าที่แสดงปริมาณความร้อนของของผสมไอน้ำกับอากาศเหนือจุดศูนย์ โดยมีหน่วยเป็น Btu ต่อปอนด์ของอากาศแห้ง ค่าของเอนทาลปีจะอยู่บนสเกลเหนือเส้นอิ่มตัวที่อยู่ทางซ้ายมือของแผนภูมิไซโครเมตริกซ์

การหาค่าจากแผนภูมิไซโครเมตริก เพื่อลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการอ่านค่าโดยตรงจากแผนภูมิไซโครเมตริก จึงใช้สมการสำหรับหาค่าจากแผนภูมิไซโครเมตริก ASHRAE [21] ดังนี้

ความดันไอน้ำอิ่มตัวในอากาศหาได้จากสมการที่ (3.1)

$$p_{vs}(T_{abs}) = \exp\left[C_1/T_{abs} + C_2 + C_3 T_{abs} + C_4 T_{abs}^2 + C_5 T_{abs}^3 + C_6 \ln(T_{abs})\right] \quad (3.1)$$

เมื่อ P_{vs} = ความดันของไอน้ำอิ่มตัว (kPa)

T_{abs} = อุณหภูมิของอากาศที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (°C)

C_1 = -5.80002206e+03

C_2 = -5.5162560e+00

C_3 = -4.8640239e-02

C_4 = 4.1764768e-05

C_5 = -1.4452093e-08

C_6 = 6.5459673e-00

ความดันของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศหาได้จากสมการที่ (3.2)

$$P_v = \%RH \times P_{vs} \tag{3.2}$$

เมื่อ P_v = ความดันของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ (kPa)

%RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

P_{vs} = ความดันของไอน้ำอิ่มตัว (kPa)

อัตราส่วนความชื้นของอากาศหาได้จากสมการที่ (3.3)

$$w = 0.622\, P_v / (101.3 - P_v) \tag{3.3}$$

เมื่อ P_v = ความดันของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ (kPa)

w = ความชื้นสัมบูรณ์ ($kg_{น้ำ}/kg_{อากาศแห้ง}$)

เอนทาลปีของอากาศชื้นหาได้จากสมการที่ (3.4)

$$h = 1.006T + W(2501 + 1.805T) \tag{3.4}$$

เมื่อ h = เอนทาลปี (kJ/kg)

w = ความชื้นสัมบูรณ์ ($kg_{น้ำ}/kg_{อากาศแห้ง}$)

T = อุณหภูมิของอากาศ (°C)

คำนวณหาค่าภาระความเย็นที่ลดลงหาได้จากสมการที่ (3.5)

$$Q = \dot{m}(h_2 - h_1) \tag{3.5}$$

เมื่อ $\dot{m}$ = อัตราการไหลของอากาศ (m^3/h)

h_1 = เอนทาลปีของอากาศก่อนปรับอุณหภูมิ (kJ/kg)

h_2 = เอนทาลปีของอากาศหลังปรับอุณหภูมิ (kJ/kg)

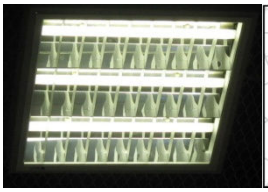
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

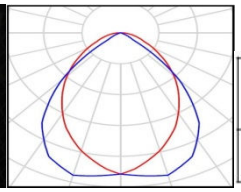
จากการรวบรวมข้อมูลของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ประกอบด้วยข้อมูลชนิดของหลอดไฟฟ้าและตรวจวัดค่าความส่องสว่างในบริเวณต่างๆ ทำให้สามารถได้มาซึ่งข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการเสนอมาตรการในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานดังนี้

3.6.1 รายละเอียดการศึกษาทางด้านลักษณะจำเพาะของโคมไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นติดตั้งมาพร้อมกับอาคารมีการเปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี ประกอบด้วยโคมไฟดังนี้

1. โคมไฟชนิด F1 T8 3x18w จำนวน 2,062 โคม มีลักษณะโคมไฟและสมบัติดังแสดงในรูปที่ 3.3

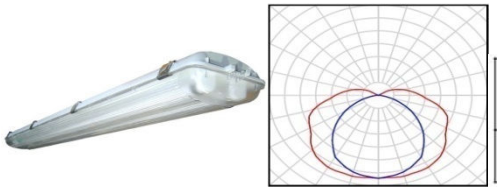




อุณหภูมิสี (เคลวิน)	กระแส (แอมป์แปร์)	ค่าความสว่าง (ลูเมน)	ประสิทธิภาพ (ลูเมน/วัตต์)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)
6,500	0.370	1,030	72	18,000

รูปที่ 3.3 ลักษณะโคมไฟชนิด F1

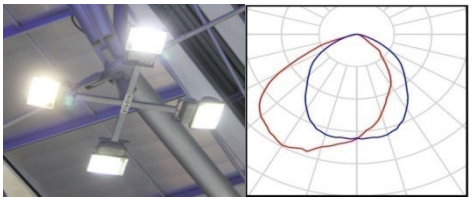
2. โคมไฟชนิด F2 T8 2x36w จำนวน 848 โคม มีลักษณะโคมไฟและสมบัติดังแสดงในรูปที่ 3.4



อุณหภูมิสี (เคลวิน)	กระแส (แอมป์แปร์)	ค่าความสว่าง (ลูเมน)	ประสิทธิภาพ (ลูเมน/วัตต์)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)
6,500	0.430	3,250	90	18,000

รูปที่ 3.4 ลักษณะโคมไฟชนิด F2

3. โคมไฟ F4 MH 4x250w จำนวน 572 โคม มีลักษณะโคมไฟและสมบัติดังแสดงในรูปที่ 3.5



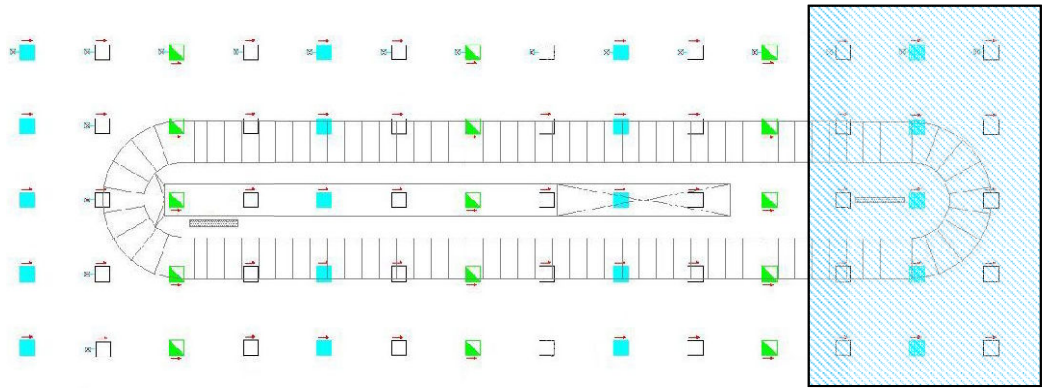
อุณหภูมิสี (เคลวิน)	กระแส (แอมป์แปร์)	ค่าความสว่าง (ลูเมน)	ประสิทธิภาพ (ลูเมน/วัตต์)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)
4,500	2	19,000	88	10,000

รูปที่ 3.5 ลักษณะโคมไฟชนิด F4

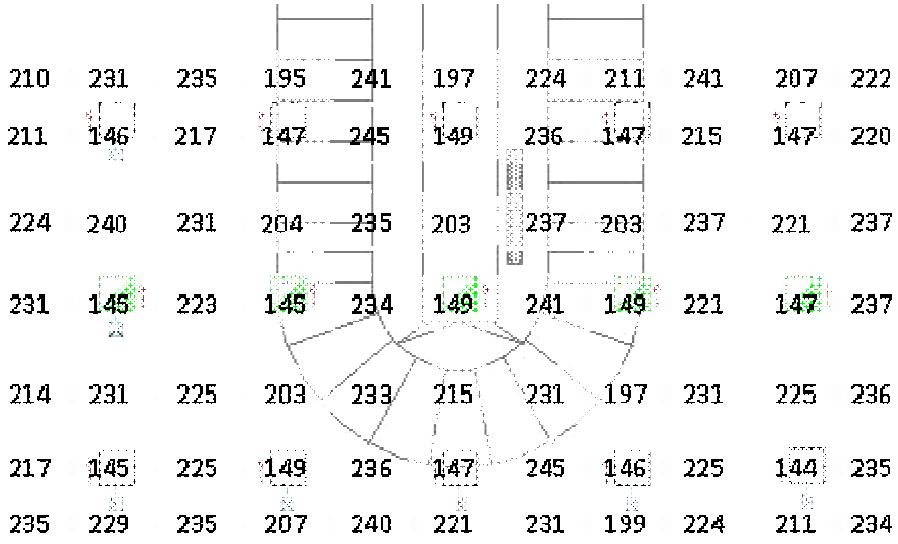
3.6.2 รายละเอียดการศึกษาการตรวจวัดค่าแสงสว่าง

ในการตรวจวัดใช้ LUX METER EXTECH 407026 ตรวจวัดในบริเวณต่างๆ โดยวัดสูงจากพื้น 70 เซนติเมตร ทุกบริเวณ

3.6.2.1 บริเวณสายพานลำเลียงกระเป๋า มีตำแหน่งในการตรวจวัดค่าความส่องสว่าง และผลการตรวจวัดแสดงในรูปที่ 3.6 โดยมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 209 ลักซ์ จะเห็นว่าค่าความส่องสว่างนั้นมีค่าใกล้เคียงกันทั้งหมด ซึ่งบริเวณตำแหน่งใต้โคมไฟนั้นมีค่าความส่องสว่างน้อยกว่าบริเวณระหว่างโคมไฟที่ผลเป็นแบบนี้เกิดจากโคมนี้มีตัวสะท้อนแสง ซึ่งบริเวณระหว่างโคมไฟนั้นจะได้รับแหล่งแสงสว่างจากสองแหล่ง ค่าความส่องสว่างจึงสูงกว่าบริเวณใต้โคมไฟ



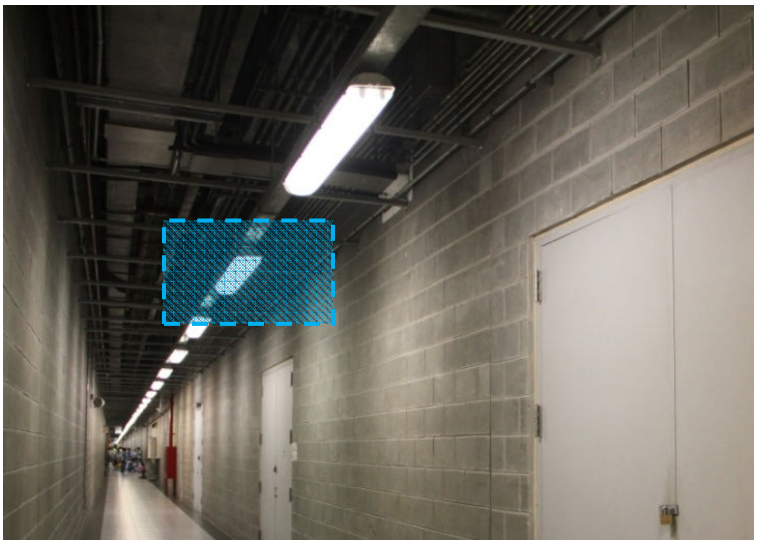
ก) ตำแหน่งพื้นที่ตรวจวัดค่าความส่องสว่าง



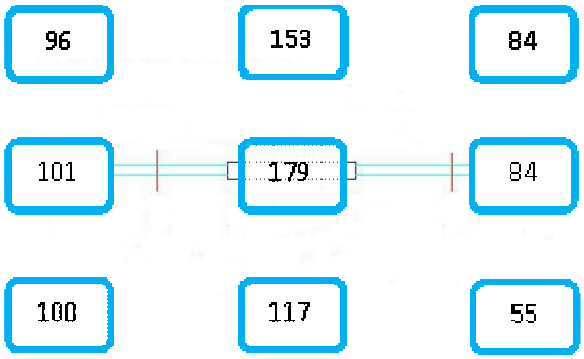
ข) ตัวเลขแสดงผลการตรวจวัดค่าความส่องสว่างในตำแหน่งต่างๆ มีหน่วยเป็นลักซ์

รูปที่ 3.6 พื้นที่ตรวจวัดบริเวณสายพานลำเลียงกระเป๋าและผลการตรวจวัดค่าความส่องสว่าง

3.6.2.2 บริเวณโถงทางเดินยาว มีตำแหน่งในการตรวจวัดค่าความส่องสว่าง และผลการตรวจวัดแสดงในรูปที่ 3.7 มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 107 ลักซ์ จะเห็นว่าค่าความส่องสว่างบริเวณใต้โคมไฟจะมีค่าสูงกว่าบริเวณระหว่างโคม เนื่องจากลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟนั้นกระจายลงด้านล่างมากกว่ากระจายออกด้านข้าง



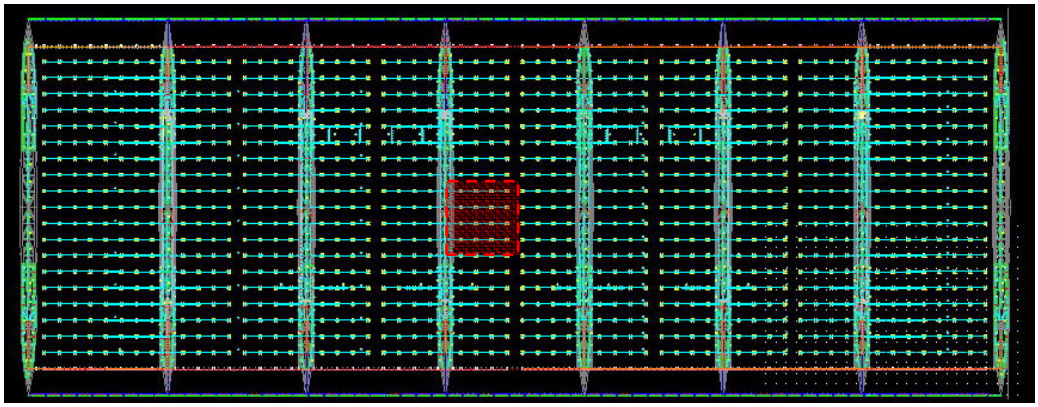
ก) ตำแหน่งพื้นที่ตรวจวัดค่าความส่องสว่าง



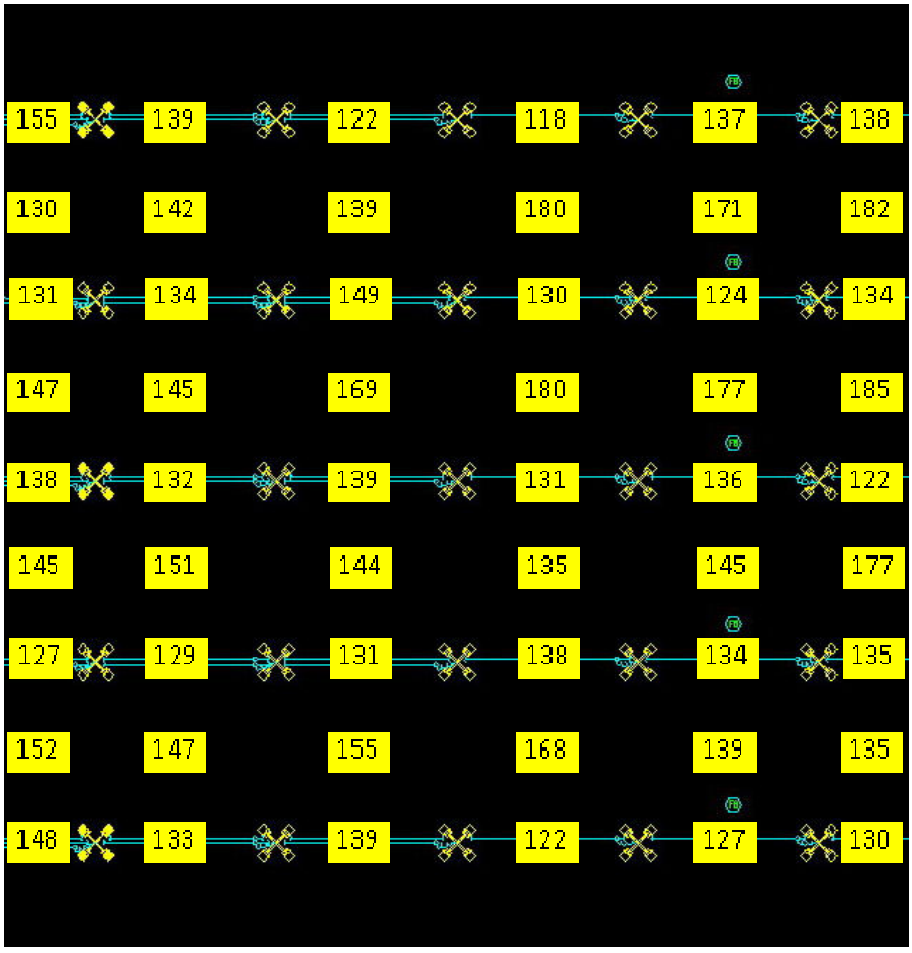
ข) ตัวเลขแสดงผลการตรวจวัดค่าความส่องสว่างในตำแหน่งต่างๆ มีหน่วยเป็นลักซ์

รูปที่ 3.7 พื้นที่ตรวจวัดบริเวณโถงทางเดินยาวและผลการตรวจวัดค่าความส่องสว่าง

3.6.2.3 บริเวณหลังคาชั้น 4 มีตำแหน่งในการตรวจวัดค่าความส่องสว่าง และผลการตรวจวัดแสดงในรูปที่ 3.8 ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 143 ลักซ์ จะสังเกตเห็นว่าค่าความส่องสว่างมีความแตกต่างกัน เนื่องจากมีหลอดไฟขาดในบางโคม



ก) ตำแหน่งพื้นที่ตรวจวัดค่าความส่องสว่าง



ข) ตัวเลขแสดงผลการตรวจวัดค่าความส่องสว่างในตำแหน่งต่างๆ มีหน่วยเป็นลักซ์

รูปที่ 3.8 พื้นที่ตรวจวัดบริเวณหลังคาชั้น 4 และผลการตรวจวัดค่าความส่องสว่าง

3.7 การประเมินความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์

การประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนสำหรับมาตรการที่เสนอแนะนั้น จากกรณีศึกษาข้างต้นทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินใน 4 รูปแบบ คือ

1. ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น (Simple Pay Back Period, PB)
2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Values, NPV)
3. อัตราผลตอบแทนสุทธิภายใน (Internal Rate of Return, IRR)
4. การวิเคราะห์ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit/cost analysis; B/C)

3.8 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ มีดังนี้

1. เครื่องวัดความเร็วลมและอุณหภูมิแบบพกพา Testo 425 เป็นเครื่องมือวัดที่สามารถวัดได้ทั้งความเร็วลมและอุณหภูมิได้พร้อมกัน โดยใช้หลักการหัววัดความร้อน (Hot wire) ติดตั้งที่ตัวเครื่องพร้อมด้ามจับแบบ telescope ปรับความยาวได้สูงสุด 820 มิลลิเมตร

รายละเอียด	ความสามารถของเครื่อง
ช่วงการวัดความเร็วลม	0 ถึง 20 m/s
ช่วงการวัดอุณหภูมิ	-20 ถึง +70 °C
ค่าความคลาดเคลื่อนความเร็วลม	± (0.03 m/s +5% of mv.)
ค่าความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิ	± 0.5 °C (0 ถึง +60 °C)
ค่าความละเอียดความเร็วลม	0.01 m/s
ค่าความละเอียดอุณหภูมิ	0.1 °C
อุณหภูมิสำหรับใช้งานของตัวเครื่อง	-20 ถึง +50 °C

รูปที่ 3.9 เครื่องวัดความเร็วลมและอุณหภูมิ Testo 425

2. เครื่องวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature and Relative Humidity Tester) ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ด้านลมจ่ายและลมกลับระบบปรับอากาศ Accuracy ±0.5%

รายละเอียด	ความสามารถของเครื่อง
ช่วงการวัดอุณหภูมิ	-20 ถึง +70 °C
ค่าความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิ	± 0.5 °C
ค่าความคลาดเคลื่อนความชื้นสัมพัทธ์	± 0.5 %RH
ค่าความละเอียดอุณหภูมิ	0.1 °C
ค่าความละเอียดความชื้นสัมพัทธ์	0.1 %RH
เลือกหน่วยวัดอุณหภูมิ	°C หรือ °F
อุณหภูมิสำหรับใช้งานตัวเครื่อง	-20 ถึง +50 °C

รูปที่ 3.10 เครื่องวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

3. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้แสงอินฟราเรด UT301A (Infrared Thermometer) ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส ใช้แสงอินฟราเรดเป็นตัวตรวจจับความร้อนแล้วนำมาประมวลผลแสดงเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล

รายละเอียด	ความสามารถของเครื่อง
ช่วงวัดอุณหภูมิ	-18 ถึง 350 องศาเซลเซียส
ระยะการวัด	12 ต่อ 1
อ่านค่าเร็ว	0.5 วินาที
ค่าความละเอียด	0.1ºC
เลือกปรับค่า Emissivity	ได้ตั้งแต่ 0.10 ถึง 1.0
เลือกหน่วยวัดอุณหภูมิ	°C หรือ °F
ระบบการดูค่า	ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าต่าง และ ค่าเฉลี่ย

รูปที่ 3.11 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้แสงอินฟราเรด UT301A

4. เครื่องมือวัดค่าแสงสว่างแบบพกพา LUX METER EXTECH 407026 ใช้วัดความส่องสว่างภายในอาคาร และเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างจากการวัดจริงกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

รายละเอียด	ความสามารถของเครื่อง
ช่วงการวัดแสงสว่าง	0 ถึง 50,000 LUX
ค่าความคลาดเคลื่อน	+ -4% FS
ค่าความละเอียดแสงสว่าง	0.1 LUX
น้ำหนักตัวเครื่อง	726 g

รูปที่ 3.12 เครื่องมือวัดค่าแสงสว่างแบบพกพา LUX METER EXTECH 407026

5. กล้องถ่ายภาพดิจิตอลใช้ในการเก็บรูปภาพประกอบการนำเสนอ

รูปที่ 3.13 กล้องถ่ายภาพดิจิตอล