บทที่ 5

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

การศึกษาแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถศึกษาถึงแนวทางการออกแบบช่องแสงที่ถูกต้องสำหรับอาคารในประเทศไทย จากการศึกษาขอบเขตจำกัดของตัวแปรต่างๆ ทางด้านการใช้พลังงานสามารถสรุปแนวทางการสร้างแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติผ่านทางช่องแสงที่เหมาะสม และช่องแสงที่ไม่เหมาะสมกับอาคารในประเทศไทยได้ดังนี้

5. 1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ตัวแปร และอิทธพลของตัวแปร

จากการศึกษาตัวแปรทั้งหมด ได้แก่

1) รูปแบบ และอัตราส่วนช่องแสง
2) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร
3) ความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้า (มีการเปลี่ยนแปลงของแสงธรรมชาติตลอดทั้งวัน)
4) มุมของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนตำแหน่ง และการโคจรของดวงอาทิตย์
5) ค่ารังสีกระจายจากท้องฟ้า (ไม่รวมรังสีตรงจากดวงอาทิตย์รวมของดวงอาทิตย์)
6) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกอาคาร
7) ค่าความสกปรกของท้องฟ้า และสภาพบรรยากาศ
8) ตัวกลาง (กระจก) ค่าการส่องผ่านของแสง (VT) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)
9) พื้นที่สุทธิของช่องแสง (Net)
10) ระดับความส่องสว่างในแต่ละกิจกรรมตามมาตรฐานความส่องสว่างสากล

พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญต่อการใช้แสงธรรมชาติผ่านทางช่องแสงด้านข้างเข้ามาภายในอาคาร คือ อัตราส่วนช่องแสง และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร เนื่องจากเป็นตัวแปรที่สามารถทำให้แสงธรรมชาติกระจายสู่ระนาบทำงาน (Working plane) ได้มาก และยังเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรอื่นๆ อีกได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกอาคาร โดยที่ตัวกลางช่องแสง (กระจก) และพื้นที่สุทธิของช่องแสง ก็เป็นอีกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์โดยตรง ในการเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติในอาคารด้วยเช่นกัน

ตัวแปรที่ไม่สามารถกำหนดได้ คือ ความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้า มุมของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนตำแหน่ง และการโคจรของดวงอาทิตย์ ค่าความสกปรกของท้องฟ้า และสภาพบรรยากาศ กล่าวคือ สภาพท้องฟ้าที่ต่างกัน ค่าความส่องสว่างของแหล่งกำเนิดจะต่างกันด้วย ทำให้แสงที่ส่องลงมาถึง

พื้นดินมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากกระบวนการดูดกลืน และการกระเจิงของแสงธรรมชาติ เนื่องจากปริมาณไอน้ำ และฝุ่นละอองที่ชั้นบรรยากาศที่มีปริมาณมาก หรือน้อยตามแต่ละสภาพท้องฟ้าที่ต่างกัน

5.1.2 การออกแบบช่องแสงที่เหมาะสมกับอาคารในประเทศไทย คือ ช่องแสงที่มีการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้ตามความต้องการ (งานวิจัยนี้กำหนดให้ความต้องการปริมาณแสงธรรมชาติในอาคาร สำหรับ อาคารพักอาศัยเท่ากับ 250 ลักซ์ และภาระการทำความเย็นสูงสุดเท่ากับ 0.365 วัตต์ต่อตารางเมตร และสำหรับอาคารสำนักงานเท่ากับ 500 ลักซ์ และภาระการทำความเย็นสูงสุดเท่ากับ 0.731 วัตต์ต่อตารางเมตร) และสามารถทำให้เกิดปริมาณแสงสว่างภายในเฉลี่ยเท่ากันตลอดพื้นที่ทำงาน (Working plane) โดยที่ทำให้ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางช่องแสงเนื่องจากความต้องการแสงธรรมชาติน้อยที่สุด

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบช่องแสงที่เหมาะสม มีดังต่อไปนี้

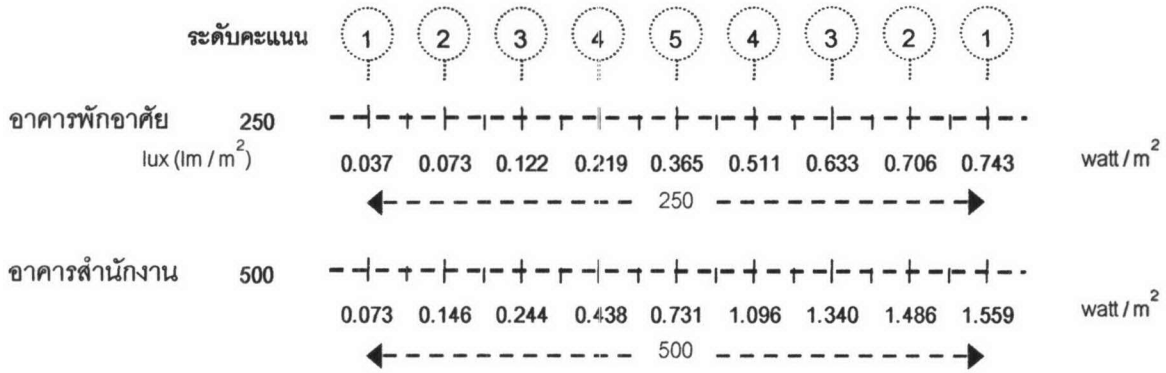
1) อัตราส่วนช่องแสง (W / D และ H / D) ที่เหมาะสม

2) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร (IRC) และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกอาคาร (Rfg) ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายแสงธรรมชาติให้ตกลงบนพื้นที่ทำงานได้มากขึ้น

3) ค่าการส่องผ่านของแสง (VT) และพื้นที่สุทธิของช่องแสง (Net) ที่ไม่เป็นการลดทอนความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ ที่เข้ามาภายในอาคาร

ตัวแปรดังกล่าวนี้ ค่าปริมาณความร้อนที่เกิดจากความต้องการแสงธรรมชาติในอาคาร ต้องทำให้ใกล้เคียงตามมาตรฐานความส่องสว่างที่กำหนด โดยที่งานวิจัยนี้ค่าปริมาณความร้อนเนื่องจากความส่องสว่างแสงธรรมชาติในอาคารที่เหมาะสมสำหรับ อาคารพักอาศัยเท่ากับ 250 ลักซ์ และภาระการทำความเย็นสูงสุดเท่ากับ 0.365 วัตต์ต่อตารางเมตร และสำหรับอาคารสำนักงานเท่ากับ 500 ลักซ์ และภาระการทำความเย็นสูงสุดเท่ากับ 0.731 วัตต์ต่อตารางเมตรเป็นระดับคะแนนเบอร์ 5 ซึ่งค่ามาตรฐานในการกำหนดระดับคะแนน ค่าปริมาณความร้อนเนื่องจากแสงสว่างที่ต้องการ มีค่าทั้งมากกว่า และน้อยกว่า 0.365 และ 0.731 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นระดับคะแนนเบอร์ 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ ดังภาพที่ 5 – 1 ต่อไปนี้

โดยระดับคะแนนรวม	เท่ากับ	2 - 3	จะได้คะแนนพลังงาน	เบอร์	1	ควรปรับปรุง
		4 – 5		เบอร์	2	พอใช้
		6 – 7		เบอร์	3	ปานกลาง
		8 – 9		เบอร์	4	ดี
		10		เบอร์	5	ดีมาก



แผนภูมิที่ 5 - 1 แสดงระดับคะแนนที่ใช้ในการประเมินค่าการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.3 การออกแบบช่องแสงที่ไม่เหมาะสมกับอาคารในประเทศไทย คือ ช่องแสงที่ไม่ได้คำนึงถึงหลักการข้างต้น โดยที่ช่องแสงนั้นเป็นช่องแสงที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้น้อย และทำให้เกิดปริมาณความร้อนที่สูงขึ้น เนื่องจากความต้องการปริมาณแสงสว่างที่มากเกินไป ทำให้ต้องการแสงประดิษฐ์เพิ่มเติม เกิดเป็นภาระการทำความเย็นภายในอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบช่องแสงที่ไม่เหมาะสม มีดังต่อไปนี้

1) การใช้อัตราส่วนช่องแสง (W / D และ H / D) ที่ไม่เหมาะสม

2) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร (IRC) และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกอาคาร (Rfg) ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายแสงธรรมชาติให้ตกลงบนพื้นที่ทำงานได้น้อย หรือมากจนเกินไป ทำให้ต้องมีการเพิ่ม หรือลดแสงสว่างตามลำดับ เกิดการสูญเสียพลังงานอีกทางหนึ่ง

3) ค่าการส่องผ่านของแสง (VT) และพื้นที่สุทธิของช่องแสง (Ra) ที่ทำให้ความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ ที่เข้ามาภายในอาคารมีปริมาณที่น้อยลง

5. 2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อจำกัดในการวิจัย

ถึงแม้ว่าการวิจัยนี้จะได้แบบประเมินค่าการใช้แสงธรรมชาติในอาคารตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แต่ยังมีข้อบกพร่องซึ่งเกิดขึ้นจากข้อจำกัด เรื่องตัวแปรที่มีจำนวน และความหลากหลายมาก รวมทั้งเวลาที่จำกัด ทำให้การเสนอผลการวิจัยจำเป็นต้องมีการเลือกเฉพาะกรณีที่สำคัญ และสามารถเชื่อมโยงไปถึงตัวแปรอื่นๆ ดังข้อจำกัดต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) แบบประเมินนี้ไม่สามารถประเมินอาคารที่มีการใช้ช่องแสงด้านบน (Sky lighting) เนื่องจากตัวแปรที่มีจำนวนมาก ทำให้เกิดข้อจำกัดในการสร้างแบบประเมินของงานวิจัยนี้ และอีกเหตุผลว่าอาคารส่วนใหญ่ในประเทศไทยนั้นมีการใช้ช่องแสงด้านข้าง (Side lighting) เป็นจำนวนมากกว่าการใช้ช่องแสงด้านบน ดังนั้นจึงกำหนดขอบเขตของการสร้างแบบประเมินเพื่อทำการประเมินช่องแสงด้านข้างเท่านั้น

2) แบบประเมินนี้ไม่สามารถประเมินอาคารที่มีการใช้ช่องแสงที่มีการใช้แผงกันแดด (Shading Device) และอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร เช่น หิ้งนำแสง (Light Shelf) ภายใน และภายนอกอาคาร ที่ช่วยในการนำแสงเข้ามาภายในอาคาร

3) ค่าความส่องสว่างภายนอก ค่าความสกปรก และสภาพบรรยากาศของท้องฟ้า ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ มีการใช้ข้อมูล และสูตรการคำนวณที่ได้ใช้ในปี 1966 โดยปัจจุบัน (2003) ได้มีองค์กรและสถาบันต่างๆ เช่น สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน จัดทำโดยมหาวิทยาลัยศิลปากร ได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาแผนที่ และข้อมูลศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมเพิ่มเติม (ภาคผนวก ซ) ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่ครบถ้วน และน่าเชื่อถือกว่าข้อมูลที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการคำนวณ

4) แบบประเมินนี้ สามารถประเมินได้แต่ตัวแปรที่เกี่ยวกับความส่องสว่างภายในเท่านั้น เนื่องจากตัวแปรที่เกี่ยวกับแสงสว่างภายนอกอาคาร ได้แก่ สภาพท้องฟ้า และตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ ต้องมีการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลานาน และมีการคำนวณที่ซับซ้อน ยุ่งยาก ในงานวิจัยนี้จึงกำหนด ให้เป็นสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน โดยใช้ค่าที่ไม่ และไม่ถูกต้องแม่นยำเท่าที่ควร และได้กำหนดใช้วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12.00 น. มาทำการคำนวณหาค่าความส่องสว่างภายในอาคาร เนื่องจากเห็นว่า ในวัน และเวลาดังกล่าว มีค่าของรังสีกระจายในระนาบตั้ง และระนาบนอนเฉลี่ยน้อยที่สุด (ภาคผนวก ช)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีการศึกษาตัวแปรไม่ครบทุกตัวแปร ทำให้ผลการวิจัยไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากยังมีข้อมูลไม่ครบ และความยากในการสรุปผลจากข้อมูลที่มีปริมาณมาก อย่างไรก็ตามจากข้อบกพร่องของการวิจัยนี้ได้เสนอแนะแนวทางในการศึกษาต่อเนื่องที่จะสามารถทำให้งานวิจัยสมบูรณ์ขึ้น

5.2.2 การศึกษาต่อเนื่องจากงานวิจัยนี้

จากข้อจำกัดในการวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถทำการศึกษาต่อเนื่องจากการวิจัยได้ดังนี้

- ในกรณีที่ช่องแสงมีขนาดใหญ่เกินไป และทำให้ได้ปริมาณแสงสว่างภายในมากเกินความต้องการ เป็นผลให้เกิดปริมาณความร้อนที่สูงขึ้นด้วยตามลำดับ และเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียค่าใช้จ่ายในเรื่องการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ในการลดปริมาณความร้อนภายในอาคารลง
- ในกรณีที่ช่องแสงมีขนาดเล็กเกินไป และทำให้เกิดปริมาณแสงสว่างภายในน้อยกว่าความต้องการ เป็นผลให้เกิดความต้องการแสงสว่างที่มากขึ้น ทำให้มีการใช้แสงประดิษฐ์ หรือการใช้หลอดไฟฟ้าที่มากขึ้น เป็นผลให้เกิดปริมาณความร้อนที่สูงขึ้นด้วยตามลำดับ และเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียค่าใช้จ่ายในเรื่องการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ในการลดปริมาณความร้อนภายในอาคารลงได้อีกทางหนึ่ง

1) ควรมีการศึกษาการใช้แสงธรรมชาติจากช่องแสงด้านบน (Sky lighting) เพิ่มเติม เพื่อการใช้งานร่วมกันกับการใช้แสงธรรมชาติจากช่องแสงด้านข้าง (Side lighting) เพื่อช่วยในการเพิ่มแสงบนระนาบทำงาน (Working plane) ให้สูงขึ้น

2) ควรมีการศึกษาการใช้แผงกันแดด (Shading Device) และอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร เช่น หิ้งนำแสง (Light Shelf) ภายใน และภายนอกอาคาร เพื่อช่วยในการนำแสงธรรมชาติ ที่เข้ามาภายในอาคารบนระนาบทำงาน และทำให้แสงธรรมชาติ สามารถเข้ามาภายในได้ลึกกว่าเดิม

3) ข้อมูลเรื่อง ค่าความส่องสว่างภายนอก ค่าความสกปรก และสภาพบรรยากาศของท้องฟ้า ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปศึกษาต่อเนื่องโดยการใช้ข้อมูลความเข้มของแสงสว่างธรรมชาติ (Global illuminance) ของประเทศไทย โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการหาปริมาณแสงสว่างที่มาจากส่วนต่างๆ ของท้องฟ้า (Sky luminance) ในงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแผนที่ และข้อมูลศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียม คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยเสนอต่อสำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่ทันสมัยกว่าข้อมูลที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้

โดยข้อมูลเรื่องค่าความส่องสว่างภายนอก เป็นการรวบรวมข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม (GSM 5) ในช่วงความยาวคลื่นแสงสว่าง (0.55 – 0.90 μm) เป็นเวลานานกว่า 5 ปี (1998 - 2003) และมีการวัดแสงสว่างธรรมชาติที่ตกกระทบระนาบต่างๆ ด้วยเครื่อง sky scanner และสามารถแสดงผล ค่าความเข้มแสงสว่างจากส่วนต่างๆ ของท้องฟ้า ทุกชั่วโมงในแต่ละเดือน ณ ตำแหน่งที่ว่าการอำเภอ และจังหวัดทั่วประเทศ โดยแบ่งท้องฟ้าออกเป็น 25 โซน และหาค่าเฉลี่ยในแต่ละโซนออกมาในรูปของแผนภูมิ และฐานข้อมูลสำหรับใช้งาน ตัวอย่างแผนภูมิ ดูภาคผนวก ซ

โดยคำนึงถึงค่าความสกปรก และสภาพบรรยากาศของท้องฟ้า จากปริมาณของฝุ่นละอองในบรรยากาศ ซึ่งเป็นตัวบอกความขุ่นมัว (turbidity) ของบรรยากาศ ซึ่งมีผลต่อปริมาณของรังสีดวงอาทิตย์ที่ลดลงโดยกระบวนการดูดกลืนและกระเจิงด้วยสูตรคำนวณ โดยสูตรการคำนวณดังกล่าวจะไม่ขออ้างถึง เนื่องจากมีการคำนวณที่ซับซ้อน และยุ่งยาก และได้เสนอแนวทางในการศึกษาต่อเนื่องไว้ ณ ที่นี้

4) แบบประเมินนี้ สามารถประเมินได้แต่ตัวแปรที่เกี่ยวกับความส่องสว่างภายในเท่านั้น เนื่องจากตัวแปรที่เกี่ยวกับแสงสว่างภายนอกอาคาร ได้แก่ สภาพท้องฟ้า และตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ ต้องมีการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลานาน และมีการคำนวณที่ซับซ้อน ยุ่งยาก ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ดังนั้นควรมีการศึกษาในส่วนของค่าความส่องสว่างภายนอก ได้แก่ รังสีกระจายจากท้องฟ้าในระนาบนอน และระนาบตั้ง และรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ของวัน เดือน และเวลาอื่นๆ (อีก 365 วัน) ที่ผู้วิจัยไม่ได้ทำการวิจัยไว้ เพื่อทำให้สามารถประเมินค่าการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ได้ละเอียด ถูกต้อง และแม่นยำ ยิ่งกว่าเดิม โดยอาจใช้ข้อมูลที่ คณะวิทยาศาสตร์ ภาคฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลไว้แล้ว เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือที่สุดสำหรับข้อมูลที่เก็บรวบรวมในปัจจุบัน

5) ควรมีการศึกษาในเรื่องของคุณภาพของแสงธรรมชาติ ได้แก่ การปรับสภาพของสายตา (Eyes Adaptation) ความจ้า และความเปรียบต่าง (Brightness and Contrast) และการเกิดแสงบาดตา (Glare) ที่มีผลต่อการรับรู้ทางสายตาของมนุษย์ เนื่องจากหากมีการออกแบบที่ไม่ดี ทำให้มีปริมาณแสงธรรมชาติระหว่างภายนอก และภายในอาคารที่ต่างกันมากเกินไป จะทำให้เกิดการรบกวนการมองเห็นภาพที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ประสิทธิภาพในการมองลดลง ทำลายสายตา และรบกวนสมาธิของผู้ที่ได้รับแสง ซึ่งจากการศึกษาเพิ่มเติมนั้น จะช่วยให้แบบประเมินมีความถูกต้อง แม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

6) แบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพนี้ มีความซับซ้อน และใช้เวลาในการคำนวณ เพื่อทำการประเมินค่าการใช้แสงธรรมชาติในอาคารมากเกินไป จึงควรมีการปรับปรุงรูปแบบการประเมินให้กระชับ และง่ายขึ้นกว่าเดิม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย