บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการตื่นตัวในการอนุรักษ์พลังงานในปัจจุบัน อันเนื่องจากการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือย เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า จากเชื้อเพลิง ที่ใช้แล้วหมดไป เป็นผลให้เกิดการค้นคว้า และประยุกต์การใช้แหล่งพลังงาน ในรูปแบบอื่น เพื่อทดแทนแหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิงดังกล่าว และแสงธรรมชาติ ก็เป็นพลังงานในรูปแบบหนึ่ง ที่สามารถให้ความส่องสว่างในการมองเห็นแก่มนุษย์ ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษ มีใช้ได้อย่างไม่จำกัด นอกจากนี้ แสงธรรมชาติยังเป็นแหล่งพลังงานที่มนุษย์มีความคุ้นเคยอย่างดี มนุษย์พึ่งพาแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์ นับตั้งแต่เริ่มอารยธรรมของมนุษย์ ทั้งการให้ความส่องสว่าง ในการมองเห็น หรือการประยุกต์เพื่อสร้างความสุนทรียภาพทางอารมณ์ก็ตาม แสงธรรมชาติ จึงเป็นตัวเลือกหนึ่ง ที่น่าสนใจในการใช้งาน โดยเฉพาะในภูมิประเทศในเขตร้อนชื้น อย่างประเทศไทย ที่มีปริมาณแสงแดดจัดตลอดปี

แสงธรรมชาติ ที่มนุษย์นำมาประยุกต์ใช้งานจะเป็นการใช้ เพื่อการส่องสว่างในการมองเห็น เสียเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะการส่องสว่างภายในอาคาร เพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ที่มีระดับความต้อง การความส่องสว่างมากน้อยต่างกัน ดังนั้นการที่ผู้ออกแบบอาคาร โดยเฉพาะสถาปนิก หากสามารถทราบถึง ความส่องสว่างในระดับต่างๆ ที่ได้จากแสงธรรมชาติ ก็จะช่วยให้การประยุกต์การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารตรงตามความต้องการมากที่สุด ที่ผ่านมา จึงได้มีการหาวิธีการต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงค่าความส่องสว่างภายในอาคารด้วยแสงจากธรรมชาติ และวิธีการที่ได้รับความนิยม และใช้อย่างแพร่หลาย คือการทดสอบจากหุ่นจำลอง และการคำนวณ

การทดสอบจากหุ่นจำลองจะให้ผลที่แม่นยำ และมีความเชื่อถือได้สูง แต่การทดสอบด้วยหุ่นจำลองก็มีข้อจำกัดที่ก่อให้เกิดความไม่สะดวกในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะขั้นตอน ค่าใช้จ่ายและเวลา จำนวนมากในการทดสอบ การคำนวณจึงเป็นอีกทนทางเลือกหนึ่ง ที่ดูจะมีความเหมาะสม ในการคาดการณ์ เพื่อหาปริมาณความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ เนื่องจากในปัจจุบันการคำนวณทางวิทยาศาสตร์ มีความก้าวหน้าไปอย่างมาก ประกอบกับเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบมีความแม่นยำ จนเกือบจะไม่มีความคลาดเคลื่อน ในการทดสอบ การใช้หลักทางคณิตศาสตร์ มาอธิบายผลที่ได้จากการทดสอบจึงสามารถเป็นไปได้ และผลที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ก็มีความสอดคล้องในลักษณะเดียวกับผลที่ได้จากการทดสอบด้วยหุ่นจำลอง

อย่างไรก็ตาม การคาดการณ์ปริมาณแสงธรรมชาติ ด้วยทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ผู้คำนวณจะสามารถทราบถึงค่าความส่องสว่างได้ทันที แต่การคำนวณทางคณิตศาสตร์ จะสร้างความยุ่งยากให้แก่ผู้ออกแบบที่ไม่มีทักษะทางคณิตศาสตร์ที่ดีพอ เนื่องจากการคำนวณจะมีสมการต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณเป็นจำนวนมาก และเป็นปัญหาหนึ่งที่ทำให้การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติ ด้วยวิธีการคำนวณ ไม่เป็นที่นิยม เท่ากับการทดสอบด้วยหุ่นจำลอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงพยายามพัฒนาสมการพยากรณ์ ที่สามารถใช้งานได้อย่างง่าย ซึ่งสามารถสรุปผลที่ได้จากการวิจัยในการพัฒนาไปสู่การสร้างสมการดังนี้

6.1 สรุปข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

6.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความสว่าง และปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์

ในสภาพท้องฟ้าที่มีความแตกต่างกันพลังงานแสงอาทิตย์จะประกอบด้วย อินฟราเรด, อัลตราไวโอเลต, และรังสีของคลื่นแสง ซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้สามารถที่จะแปลเปลี่ยนเป็นแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ได้ โดยเทียบหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยของแสงสว่าง ต่อหน่วยของปริมาณ รังสีจากดวงอาทิตย์ ประสิทธิภาพความส่องสว่าง ของดวงอาทิตย์ จะแปรผันตามปริมาณพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ ที่ประกอบด้วยช่วงคลื่น ที่มีความยาวคลื่นระหว่างช่วงคลื่นแสงที่มองเห็นและไม่เห็น (อินฟราเรด และ อัลตราไวโอเลต) และตัวแปรที่มีอิทธิพลของลักษณะท้องฟ้าโปร่ง ,ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบและค่าเฉลี่ยจากท้องฟ้า (clear, overcast, average sky) และมุมอัลติจูล , มุมอัลซิมุทของดวงอาทิตย์ ซึ่งในส่วนสำคัญประสิทธิภาพของความสว่างจะแยกออกเป็น จากดวงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว, จากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว และจากปริมาณรังสีรวมของดวงอาทิตย์และท้องฟ้า (Global Radiation Sun Plus Sky)

จากข้อมูลที่ได้ศึกษา จะพบว่าประสิทธิภาพความสว่างของแสงอาทิตย์ ที่ได้จากการตรวจวัดจะมีความส่องสว่าง และปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ในแนวทางเดียวกัน เมื่อทดสอบโดยการวัดประสิทธิภาพความส่องสว่างในหน่วย ลูเมนต่อวัตต์ (lumen per watt) ในลักษณะของปริมาณความสว่าง ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เทียบกับความเข้มของรังสี จากดวงอาทิตย์ต่อหน่วยพื้นที่เดียวกัน และผลจากข้อมูลข้างต้น ได้แสดงให้เห็นว่าท้องฟ้าโปร่ง และ ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบ จะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อประสิทธิผล ของความส่องสว่างตามมุมของดวงอาทิตย์ (ในแต่ละช่วงเวลาของปี) แต่จะมีการลดลงอย่างมาก ของปริมาณรังสีตรงดวงอาทิตย์ (Sun's direct radiation) จะเกิดขึ้นเมื่อ มุมอัลติจูลของดวงอาทิตย์มีค่าน้อยกว่า 25 องศา อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบผลอาจจะมีความคลาดเคลื่อนของผลจากอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบได้ แต่ผู้วิจัยก็ได้ใช้ลมการตัวคูณประกอบแก้ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากที่สุด ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาข้างต้น ได้ดังนี้

ความสามารถในการวัดความสัมพันธ์ ของรังสีกระจายทั้งหมด (Global radiation) จากท้องฟ้าโปร่ง, ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบ (Clear sky , Overcast sky and Average sky) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความสว่างที่พบอยู่ระหว่าง 105 + - 2 , 123 + - 5 และ 100 + - 7 ลูเมนต่อวัตต์ (lm/W) ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของท้องฟ้า ที่เป็นแบบรวม (Global radiation) จะพบว่ามีความแตกต่างกันจากน้อยที่สุด 105 lm/W ในเดือนมีนาคมถึง 123 lm/W ในเดือนพฤศจิกายน แต่แท้จริงแล้ว จุดประสงค์ในการศึกษาเรื่องแสงสว่างนั้น ค่าของแสงสว่างที่นำมาใช้งานจะเป็นค่าของความสว่างจากดวงอาทิตย์ และจากท้องฟ้าในลักษณะต่างๆ เป็นตัวกำหนดด้วย นอกจากนี้ จากการแสดงข้อมูลด้วยกราฟการกระจายแสงของดวงอาทิตย์ จะแสดงให้เห็นถึงค่าที่เกือบคงที่ค่าหนึ่งของประสิทธิผลของความสว่าง ซึ่งจะได้ประมาณ 123 lm/W สำหรับมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ ที่มากกว่า 25 องศา และจะลดลงเหลือ 87 lm/W เมื่อมุมอัลติจูลของดวงอาทิตย์เท่ากับ $7\frac{1}{2}$ องศา โดยทั่วไปเพื่อสะดวกในการคำนวณจะใช้ค่าความสว่าง 100 lm/w ซึ่งสามารถยอมรับได้ในความถูกต้อง และความสว่างของดวงอาทิตย์ ในสภาพท้องฟ้าที่ปราศจากเมฆปกคลุม (ท้องฟ้าโปร่ง) จะต่ำกว่าประมาณ 15-20%

จากการทดสอบทั่วไป ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความสว่าง ที่ได้จากรังสีดวงอาทิตย์ ของค่าเฉลี่ยจากท้องฟ้า ที่จะตรงข้ามกับค่ารวมของ ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ (Global Radiation) แต่การรวมกันของค่าเฉลี่ยของรังสีจากท้องฟ้าที่เกี่ยวกับค่าเฉลี่ยความสว่างของท้องฟ้า และจากรายงานที่เกี่ยวข้อง จะใช้ค่าเฉลี่ยที่เท่ากับ 130 ลูเมนต่อวัตต์ เป็นค่ามาตราฐาน ในการพิจารณาความสว่างของแสงจากท้องฟ้าตลอดทั้งปี และจากการพิจารณา ถึง ค่าสูงสุด ของการกระจายสเปกตรัม ของพลังงาน จากรังสีดวงอาทิตย์ ในสภาพท้องฟ้าโปร่ง จากคลื่นสั้น เปรียบเทียบกับท้องฟ้า แบบมีเมฆปกคลุมทั้งหมด ที่สามารถจะลดทอนความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณ ของพลังงานในคลื่นแสงอินฟราเรด ที่เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมคลื่นแสงทั้งหมดนั้น จะมีผลทำให้ประสิทธิผล ของความสว่างของแสงในท้องฟ้าโปร่ง เพิ่มขึ้นเป็น 150 ลูเมนต่อวัตต์

การหาค่าเฉลี่ยความสว่าง (Average Illumination) ของแสงจากดวงอาทิตย์ หรือท้องฟ้า จากค่าของรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) และ การแปลงค่าเฉลี่ยของรังสีจากดวงอาทิตย์ หรือท้องฟ้า สามารถเปลี่ยนแปลงได้ดังสมการต่อไปนี้

Average sun/sky illumination (lm/ft^2) = Average sun/sky radiation (w/ft^2) x luminous efficiency of sun/sky radiation (lm/W)

และจากสมการข้างต้น IES. (Illuminating Engineering Society) ได้ใช้ในการอ้างอิงในการคำนวณหาค่าประสิทธิผลความสว่าง (Luminous efficiency) ของท้องฟ้าเป็นราย 5 นาที ซึ่งค่าความสว่างของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ใช้ในการคำนวณสามารถพิจารณาได้จากตารางข้างล่างนี้ ตลอดช่วงที่ทำการวัดข้อมูล (ตุลาคม 2542-มีนาคม 2543)

Source	Luminous efficiency (lm/W)	
	Raw - data	Calculate
Sun (solar altitude < 7 ½°)	87	93
Sun (solar altitude > 25°)	115	117
Sky (clear)	107	125
Sky (average)	123	140

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าประสิทธิผลความสว่าง (Luminous efficiency) ของแสงสว่างธรรมชาติ หน่วยเป็น ลูเมน ต่อวัตต์

6.1.2 ข้อสรุปของข้อมูลที่ได้จากการศึกษา

☐ กรณีแสงกระจายจากท้องฟ้า

จากข้อสรุปการส่องสว่างของท้องฟ้ากรณีแสงกระจาย(Diffuse Illumination) มีรายละเอียดดังนี้

- ☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศเหนือ มีความสัมพันธ์กับทิศใต้ ในลักษณะสัมพันธ์โดยตรงโดยที่ค่าความส่องสว่างทางด้านทิศเหนือ มีค่าสูงสุด ประมาณ 16,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างด้านทิศใต้มีค่าสูงสุดประมาณ 26,000 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)
- ☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศตะวันออก มีความสัมพันธ์กับทิศตะวันตก ในลักษณะผกผันโดยที่ค่าความสว่างด้านทิศตะวันออก มีค่าสูงสุดประมาณ 14,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างทางด้านทิศตะวันตก มีค่าสูงสุดประมาณ 14,500 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)
- ☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีความสัมพันธ์กับทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ในลักษณะผกผันโดยที่ค่าความสว่างด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าสูงสุดประมาณ 20,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ มีค่าสูงสุดประมาณ 21,500 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)
- ☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีความสัมพันธ์กับทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในลักษณะผกผันโดยที่ค่าความสว่างด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีค่าสูงสุดประมาณ 15,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีค่าสูงสุดประมาณ 17,500 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)
- ☐ ในขณะที่ความส่องสว่างในระนาบนอน จะมีค่าความส่องสว่างสูงที่สุด ในทุกสภาพท้องฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่างในระนาบตั้ง โดยจะมีค่าความสว่างสูงสุดอยู่ที่ 35,000 ลักซ์ (ในท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน)

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่าค่าความส่องสว่างในสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) มีค่าความสว่างสูงสุดเมื่อเทียบกับสภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) และสภาพที่ปกคลุมไปด้วยท้องฟ้าจนมองไม่เห็นแหล่งกำเนิดแสง (Cloudy Sky) ตามลำดับ ทั้งนี้ความแตกต่างดังกล่าวจะอยู่ในค่าเฉลี่ยประมาณ 10 – 16.5 % ในขณะที่สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจะมีค่าต่ำที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยที่ประมาณ 2,500 ลักซ์

☐ กรณีแสงตรงจากดวงอาทิตย์

จากข้อสรุปการส่องสว่างของท้องฟ้า กรณีแสงตรง (Direct Solar Illumination) พบว่ามีรายละเอียดดังนี้

☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศใต้ มีความสัมพันธ์กับแนวระนาบ ในลักษณะสัมพันธ์โดยตรงโดยที่ค่าความส่องสว่างทางด้านทิศเหนือ มีค่าสูงสุด ประมาณ 66,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างในแนวระนาบมีค่าสูงสุด ประมาณ 113,000 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)

☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศตะวันออก มีความสัมพันธ์กับทิศตะวันตก ในลักษณะผกผันโดยที่ค่าความสว่างด้านทิศตะวันออก มีค่าสูงสุดประมาณ 64,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างทางด้านทิศตะวันตก มีค่าสูงสุดประมาณ 60,500 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)

☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีความสัมพันธ์กับทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในลักษณะผกผันโดยที่ค่าความสว่างด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีค่าสูงสุดประมาณ 75,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีค่าสูงสุดประมาณ 77,500 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)

☐ ในขณะที่ความส่องสว่างในระนาบนอน จะมีค่าความส่องสว่างสูงที่สุด ในทุกสภาพท้องฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่างในระนาบตั้ง โดยจะมีค่าความสว่างสูงสุดอยู่ที่ 135,000 ลักซ์ (ในท้องฟ้าแบบณ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง)

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่าค่าความส่องสว่างในสภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) มีค่าความสว่างสูงสุดเมื่อเทียบกับสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) และสภาพที่ปกคลุมไปด้วยท้องฟ้าจนมองไม่เห็นแหล่งกำเนิดแสง (Cloudy Sky) ตามลำดับ

6.2 การคาดการณ์ปริมาณความส่องสว่างจากสมการ

ในการศึกษาและวิจัยนี้ได้มีจุดประสงค์หลัก เพื่อหาสมการพยากรณ์สำหรับคาดการณ์ปริมาณแสงธรรมชาติภายนอก โดยนำสมการที่ได้มาประมาณการปริมาณความส่องสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคาร โดยมีการใช้งานที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และจากการศึกษาข้อมูลในบทต่างๆ ที่ผ่านมา ผู้วิจัยสามารถที่จะพัฒนาสมการพยากรณ์ดังกล่าวได้เป็นผลสำเร็จ และสามารถนำไปใช้คำนวณ เพื่อคาดการณ์ปริมาณความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ ได้ตามต้องการ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

จากการใช้สมการพยากรณ์ในการคาดการประมาณค่าความส่องสว่างภายนอก ในช่วงเวลาที่มีการทำการศึกษาจะพบว่า สมการพยากรณ์ สามารถคาดการณ์ปริมาณความส่องสว่างภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพทุกสมการ

ซึ่งรูปแบบของสมการที่ใช้ในการประมาณการคือ

ทิศ	สมการพยากรณ์ $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x^2_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4$	R-Square
ระนาบนอน	$I_{Dh} = 7221.54 + (62.27*G.rad) - (0.03* G.rad^2) - (4557.82*1/Sky\ Ratio) + (0.72*Alt^2)$	0.99
เหนือ	$I_{Dn} = 2112.79 + (18.63*G.rad) - (0.01* G.rad^2) - (433.721*1/Sky\ Ratio) + (1.39*Alt^2)$	0.97
ใต้	$I_{Ds} = 1409.90 + (45.74*G.rad) - (0.02* G.rad^2) - (1091.51*1/Sky\ Ratio) + (0.01*Alt^2)$	0.98
ตะวันออก	$I_{De} = 1399.00 + (21.29*G.rad) - (0.01* G.rad^2) - (523.771*1/Sky\ Ratio) + (0.49*Alt^2)$	0.96
ตะวันตก	$I_{Dw} = 1744.92 + (27.07*G.rad) - (0.01* G.rad^2) - (1274.92*1/Sky\ Ratio) + (0.19*Alt^2)$	0.97
ตะวันออกเฉียงเหนือ	$I_{Dne} = 2294.49 + (17.11*G.rad) - (0.01* G.rad^2) - (657.111*1/Sky\ Ratio) + (1.66*Alt^2)$	0.96
ตะวันตกเฉียงเหนือ	$I_{Dnw} = 1509.53 + (15.48*G.rad) - (0.01* G.rad^2) - (671.11*1/Sky\ Ratio) + (0.94*Alt^2)$	0.96
ตะวันออกเฉียงใต้	$I_{Dse} = 1277.98 + (28.26*G.rad) - (0.02* G.rad^2) - (235.292*1/Sky\ Ratio) + (0.92*Alt^2)$	0.95
ตะวันตกเฉียงใต้	$I_{Dsw} = 1353.41 + (26.99*G.rad) - (0.01* G.rad^2) - (380.784*1/Sky\ Ratio) + (0.68*Alt^2)$	0.96
โดยที่,	I = ค่าความส่องสว่างในแต่ละทิศ Illuminaance from skylight, (lux) D = แสงกระจาย ในแต่ละทิศ , (h,n,s,e,w,ne,nw,se,sw) G.rad = ค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์ Global Horizontal Radiation, (watt / sqm.) Sky Ratio = ค่ารังสีกระจาย / ค่ารังสีรวม Diffuse Radiation $_{raw\ data}$ / Global Radiation $_{raw\ data}$ Alt = มุมอัลติจูด Solar Altitute Angle (degree)	

ตารางที่ 6.2 แสดงรูปแบบสมการพยากรณ์ กรณีแสงกระจายจากท้องฟ้า ทั้งระนาบนอนและระนาบตั้ง

จากการใช้สมการพยากรณ์ในการคาดการประมาณค่าความส่องสว่างภายนอก ในช่วงเวลาที่มีการทำการศึกษาจะพบว่า สมการพยากรณ์สามารถ คาดการณ์ปริมาณความส่องสว่างภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพทุกสมการ

ซึ่งรูปแบบของสมการที่ใช้ในการประมาณการคือ

ทิศ	สมการพยากรณ์ $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x^2_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4$	R-Square
ระนาบนอน	$I_H = -64.58 + (93.86 * G.rad) - (0.005 * G.rad^2) + (295.83 * 1/Sky\ Ratio) - (1.32 * Alt^2)$	0.99
ระนาบนอน	$I_H = -254.58 + (97.21 * G.rad)$	0.99
ใต้	$I_S = -1013.636 + (86.25 * G.rad) - (0 * G.rad^2) + (433.66 * 1/Sky\ Ratio) - (2.01 * Alt^2)$	0.99
ใต้	$I_S = -756.82 + (82.74 * G.rad)$	0.99
ตะวันออก	$I_E = -8566.72 + (304.74 * G.rad) - (0.21 * G.rad^2) + (597.11 * 1/Sky\ Ratio) - (29.04 * Alt^2)$	0.98
ตะวันตก	$I_W = -7836.48 + (228.14 * G.rad) - (0.20 * G.rad^2) + (567.48 * 1/Sky\ Ratio) - (10.64 * Alt^2)$	0.97
ตะวันออกเฉียงใต้	$I_{SE} = -9192.73 + (292.78 * G.rad) - (0.14 * G.rad^2) + (770.55 * 1/Sky\ Ratio) - (28.1 * Alt^2)$	0.98
ตะวันตกเฉียงใต้	$I_{SW} = -10894.6 + (273.8 * G.rad) - (0.19 * G.rad^2) + (1638.56 * 1/Sky\ Ratio) - (14.1 * Alt^2)$	0.97
โดยที่,	I = ค่าความส่องสว่างในแต่ละทิศ Illuminaance from skylight, (lux) H,S,E,W,SE,SW = แสงตรง ในแต่ละทิศ G.rad = ค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์ Global Horizontal Radiation, (watt / sqm.) Sky Ratio = ค่ารังสีกระจาย / ค่ารังสีรวม Diffuse Radiation $_{raw\ data}$ / Global Radiation $_{raw\ data}$ Alt = มุมอัลติจูด Solar Altitute Angle (degree)	

ตารางที่ 6.3 แสดงรูปแบบสมการพยากรณ์ กรณีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ทั้งระนาบนอนและระนาบตั้ง

ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้ เนื่องจากผู้วิจัย มีระยะเวลาในการศึกษาที่จำกัด เมื่อเทียบกับขอบเขต เนื้อหาในการศึกษา เนื้อหาของเรื่องต่างๆหลายด้าน รวมถึงอุปสรรคจากเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ทำให้ไม่สามารถที่จะทำการวิจัยลงลึกในรายละเอียดในด้านต่างๆ ที่ต้องการศึกษาได้ทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ดังนี้

1) ประเทศไทยยังไม่มีหน่วยงานใดวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลค่ารังสีรวมที่ตกกระทบในแนวระนาบ โดยใช้วิธี Typical Meteorological Year (TMY) ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลพื้นฐาน ที่จำเป็นอย่างยิ่งในการอ้างอิง เพื่อคำนวณหาค่าความส่องสว่างตลอดทั้งปี เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวจะทำให้สมการ มีผลการคำนวณที่ถูกต้องยิ่งขึ้น และสามารถที่จะคำนวณหาค่าความส่องสว่าง แบบต่อเนื่องได้ตลอดทั้งปี ดังนั้นหากเป็นไปได้ การวิจัยในส่วนต่อไปจำเป็นที่จะต้องมีการวิจัยข้อมูลดังกล่าว อย่างน้อย 10 ปีในการเก็บข้อมูล) เพื่อให้ครอบคลุมลักษณะของท้องฟ้าประเภทต่างๆ ในแต่ละฤดูกาล

ข้อแนะนำในการเก็บข้อมูลความสว่างของท้องฟ้า การเก็บรวบรวมข้อมูลค่ารังสีรวมของท้องฟ้า จะต้องมีการเก็บข้อมูล (อย่างน้อย 10 ปีขึ้นไป) และควรใช้ข้อมูลจากหน่วยงานที่มีมาตรฐานในการเก็บข้อมูลเท่านั้น เพราะข้อมูลดังกล่าวจะเป็นตัวแทนค่ารังสีรวมของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบใน 1 โ

2) เนื่องจากระยะเวลาในงานวิจัยมีจำกัดทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลค่าความสว่างภายนอกได้ตลอดทั้งปี ดังนั้นควรมีการเก็บข้อมูลดังกล่าวในช่วงเวลายังไม่ได้ทำการศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาปรับให้สมการพยากรณ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3) จากปัญหาในการทดสอบ ที่มีจำนวนชุดเครื่องมือ ในการวัดค่าความส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพในการอ่านค่าจำกัด แต่มีข้อจำกัด คืออาจมีข้อผิดพลาดจากพฤติกรรมของแสงจากท้องฟ้าบางส่วนได้ นอกจากนี้มาตรฐานในการติดตั้งเครื่องมือ อาจมีข้อผิดพลาดดังนี้ ข้อมูลที่ได้จึงอาจจะมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นถ้ามีข้อมูลที่น่าเชื่อถือกว่าควรนำข้อมูลดังกล่าวมาเพื่อเปรียบเทียบ ถึงค่าความแตกต่างของแสงกระจาย และนำผลดังกล่าว มาปรับปรุงผลที่ได้จากงานวิจัยให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

4) การพิจารณาถึงปริมาณความส่องสว่าง ที่ได้จากการคำนวณของสมการ แต่เพียงอย่างเดียวจะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในการประยุกต์ใช้งานแสงสว่างธรรมชาติภายในอาคาร เนื่องจากการพิจารณาการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติให้ได้ประโยชน์สูงสุด จะต้องคำนึงถึง การใช้พลังงานภายในอาคารควบคู่ไปด้วย เนื่องจาก ปริมาณการแผ่รังสีความร้อน จะผ่านเข้ามาภายในอาคารเพิ่มขึ้น หากช่องเปิดมีขนาดใหญ่ จะเป็นการเพิ่มภาระการปรับอากาศแก่อาคาร ซึ่งขนาดของภาระการปรับอากาศที่เพิ่มขึ้น อาจจะไม่คุ้มกับค่า พลังงานที่ลดลงจากแสงสว่างประดิษฐ์ (ที่ทดแทนด้วยแสงธรรมชาติ) เมื่อพิจารณาจากอัตราการใช้ไฟฟ้า

5) เพื่อให้สมการมีความสะดวก ในการใช้งานมากยิ่งขึ้น ควรจะพัฒนาโปรแกรมให้สามารถป้อนข้อมูลอาคาร เข้าสู่โปรแกรมในลักษณะของกราฟิก 2 หรือ 3 มิติ จากโปรแกรมอื่นๆ ที่ใช้ในการสร้างรูปทรงได้ เช่น โปรแกรม AutoCAD เนื่องจากจะทำให้ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ ที่มีการเก็บแบบแปลนอาคาร ด้วยโปรแกรมดังกล่าว สามารถที่จะนำข้อมูลที่มีอยู่แล้วมาคำนวณหาค่าความส่องสว่างภายในได้ทันที