บทที่ 5
หลักและวิธีการในการพัฒนาโปรแกรม

5.1 หลักการคำนวณของโปรแกรม

จากจุดประสงค์ของงานวิจัย ที่ต้องการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณปริมาณความส่องสว่างภายในอาคาร โดยมีการแสดงผลการคำนวณ เป็นค่าความส่องสว่าง ในระดับความลึกต่างๆ ที่ผู้ใช้งานสามารถจะนำผลการคำนวณไปประยุกต์ใช้งานต่อไปได้ ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงผลลัพธ์ดังกล่าวที่ได้จากการคำนวณ จึงจำเป็นที่ ผู้ใช้งานจะต้องเข้าใจในหลักการทำงานของโปรแกรม เพื่อให้ทราบถึงข้อกำหนดเบื้องต้น ในการทำงานของโปรแกรมและข้อจำกัดในการคำนวณ อันเนื่องจากวิธีการคำนวณที่ได้เลือกใช้ โดยจะมีการแบ่งระดับการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ ส่วนป้อนข้อมูล(Input) ส่วนการคำนวณ (Calculation) และส่วนแสดงผลของการคำนวณ (Output) ตามลำดับ (จากบทที่ผ่านมา) โดยในส่วนการคำนวณของโปรแกรมจะมีการแยกการคำนวณออกเป็น 2 ส่วนหลัก ตามวิธีการคำนวณที่ต่างกัน คือการคำนวณด้วยวิธีลูเมน และ วิธีเดย์ไลท์แฟกเตอร์ ซึ่งวิธีการคำนวณด้วยเดย์ไลท์แฟกเตอร์จะมีความยืดหยุ่นและมีความซับซ้อนในการคำนวณมากกว่า วิธีการคำนวณแบบลูเมน แต่การคำนวณด้วยวิธีลูเมน จะมีวิธีการคำนวณที่รวดเร็วกว่า และง่ายต่อการทำความเข้าใจมากกว่าการคำนวณด้วยวิธีอื่น

จากบทที่ผ่านมาเราทราบว่าการคำนวณ ได้มีการแบ่งออกเป็น สองวิธีหลัก ในแนวทางเดียวกับ หลักการคำนวณ จึงมีการแยกวิธีการคำนวณเป็นสองวิธีการ แต่ทั้งสองวิธีการจะวางอยู่บนพื้นฐานที่ว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่เป็นผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับการประยุกต์ใช้งานแสงธรรมชาติ การสื่อสารกับผู้ใช้งาน จะต้องไม่ทำให้ผู้ใช้สับสน ดังนั้นหลักการคำนวณ ของทั้งสองวิธีจะต้องมีวิธีการคำนวณ ที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจด้วยเช่นกัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบผลที่ได้จากการคำนวณในทุกขั้นตอน การคำนวณของโปรแกรม จึงมีการทำงานที่เรียงลำดับการทำงานตามขั้นตอนอย่างชัดเจน (Processing) เพื่อให้การคำนวณสามารถแยกการคำนวณออกจากกัน การกำหนดรูปแบบการคำนวณ จึงขึ้นอยู่กับการตัดสินใจ เลือกวิธีการคำนวณจากผู้ใช้งานเท่านั้น โดยในส่วนของการป้อนข้อมูลซึ่งเป็นองค์ประกอบแรกนั้น เมื่อผู้ใช้งานเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งในการคำนวณ โปรแกรมจะเริ่มต้น ในการเรียกข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณมาจัดเรียงข้อมูล เพื่อเตรียมป้อน แก่ส่วนการคำนวณ ซึ่งข้อมูลต่างๆ ที่ผู้ใช้งานได้กำหนดให้แก่โปรแกรมนั้น จะมีการบันทึกหรือเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้ จนกระทั่งมีการแก้ไขหรือเปิดไฟล์ใหม่ ข้อดีคือผู้ใช้งานจะไม่ต้องกังวลว่าจะต้องจดจำข้อมูลต่างๆ ไว้ก่อน นอกจากนี้ แม้ในบางกรณีที่ผู้ใช้งานป้อนข้อมูลให้แก่โปรแกรม ไม่ครบตามจำนวนตัวแปรที่จำเป็นในการคำนวณ การคำนวณก็ยังสามารถที่จะดำเนินการคำนวณต่อไปได้ เนื่องจากภายในโปรแกรมได้มีการเก็บค่ามาตราฐานต่างๆ ของแต่ละตัวแปรไว้ และจะแทนที่ตัวแปรที่ไม่มีการป้อนข้อมูลในทันที การคำนวณจึงไม่หยุดชะงัก ซึ่งวิธีการดังกล่าว จะทำให้ผู้ใช้งานไม่รู้สึกว่าโปรแกรม เป็นโปรแกรมที่มีการใช้งานยาก แต่ในทางตรงกันข้าม ผู้ใช้งานจะมีความรู้สึกเป็นมิตรกับโปรแกรม และรู้สึกว่าโปรแกรมง่ายต่อการใช้งาน ไม่ว่าผู้ใช้งาน จะป้อนข้อมูลที่คลาดเคลื่อน มากเพียงใดโปรแกรมก็ยังคงสามารถคำนวณผลได้ ยกเว้นในกรณี ของข้อมูลขนาดของอาคารและขนาดช่องเปิด ที่ผู้ใช้งานจะต้องเป็นผู้กำหนดเอง โปรแกรมไม่มีค่ามาตราฐานบันทึกไว้ แต่โปรแกรมจะมีฟังก์ชั่น (Function) ที่ช่วยตรวจสอบตัวเลขดังกล่าว ให้ถูกต้องก่อนที่จะคำนวณในส่วนอื่นต่อไป

การอ่านข้อมูล เพื่อใช้ในการคำนวณของโปรแกรม จะมีการแยก การอ่านข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนตามวิธีการคำนวณที่เลือกโดยผู้ใช้งาน การทำงานของทั้งส่วนนั้น จะมีการอ่านข้อมูล และการคำนวณที่แยกจากกันโดยเด็ดขาด โดยวิธีการคำนวณแบบลูเมนนั้นจะมีการเขียนโปรแกรม ให้มีการอ่านค่าของข้อมูลที่ป้อนอยู่ตลอดเวลา ข้อมูลที่ได้จะมีการอัพเดท (Update) ในทุกครั้งที่คำนวณ แต่การเรียกให้โปรแกรมมีการทำงานอยู่ตลอด

เวลานั้น จะทำให้วนรอบ ที่เรียกข้อมูลเพื่ออ่านนั้น มีการจองหน่วยความจำทางคอมพิวเตอร์ ตลอดเวลาเช่นกัน ส่วนวิธีการคำนวณแบบ สกายแฟกเตอร์ (Sky Factor) นั้น การอ่านข้อมูลจะเรียกข้อมูลต่างๆ จากหน้าจอ Databox ซึ่งข้อมูลต่างๆ ที่ป้อนในแต่ละหน้าจอนั้น จะถูกส่งมาเก็บยังหน้าจอ Databox ทันที ที่ผู้ใช้งานเลือกคำสั่งจบการทำ งานของแต่ละหน้าจอ โดย Databox จะทำหน้าที่คล้ายคลังเก็บข้อมูล และจัดรูปแบบของข้อมูลให้เป็นระเบียบก่อนจะคำนวณ (ผู้ใช้งานสามารถเรียกหน้าจอ Databox มาตรวจสอบได้) แต่ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมโดยวิธีการนี้ แม้จะไม่มีการอัพเดทข้อมูลตลอดเวลา แต่จะไม่สิ้นเปลืองหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์โดยไม่จำเป็น การทำงานของโปรแกรมก็จะเร็วขึ้น

การคำนวณของโปรแกรม ทั้งสองวิธี จะแยกเป็นอิสระจากกัน เช่นเดียวกับส่วนป้อนข้อมูล โดยที่การคำนวณของโปรแกรม จะอิงพื้นฐานของข้อมูล ที่ใช้ในการคำนวณ จากเรขาคณิต รูปทรงสี่เหลี่ยม เนื่องจากจะมีความสะดวกต่อการคำนวณในส่วนต่างๆ ของโปรแกรม รวมทั้งวิธีการคำนวณทั้งสองวิธี ต่างก็อาศัยการคำนวณบนพื้นฐานรูปทรงสี่เหลี่ยมด้วยเช่นกัน โดยวิธีการทั้งสองวิธีจะมีหลักการดังนี้ วิธีลูเมน จะอาศัยการพิจารณาจากข้อมูลต่างๆ ตามอัตราส่วนความสว่างของท้องฟ้า เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์จากตารางตามสัดส่วนของห้องและช่องเปิด ดังนั้นการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้จึงมีความสัมพันธ์กับเรียกอ่านไฟล์ข้อมูลเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์เป็นสำคัญ การเรียกอ่านไฟล์ จะมีความมากน้อยแค่ไหน ตามจำนวนจุด ที่ต้องการในการคำนวณ โดยปกติการคำนวณหาความส่องสว่าง หนึ่งจุดจะเรียกอ่านไฟล์อย่างน้อยหนึ่งครั้ง ดังนั้นตำแหน่งที่เก็บไฟล์ (Directories) ดังกล่าวจะต้องอยู่คงที่ และถ้าโปรแกรมไม่สามารถหาไฟล์ ได้พบการคำนวณก็จะยุติทันที ซึ่งไฟล์ที่บันทึกข้อมูลดังกล่าวจะถูกรวบรวมไว้ใน ไดเร็กทอรี่ย่อย (Sub Directories) ชื่อ Data มีลักษณะของข้อมูลที่เก็บในไฟล์ ที่โปรแกรมสามารถอ่านข้อมูลแล้วนำมาแปลงเป็น ตัวเลขจำนวนเต็ม (Integer) ได้ทันที การคำนวณด้วยวิธีการลูเมน จะมีการวนรอบการคำนวณทุกครั้ง เพื่อคำนวณ และ อ่านข้อมูลจากไฟล์ ซ้ำไปซ้ำมา จนกระทั่งครบทุกตำแหน่งที่ต้องการทราบความส่องสว่าง

วิธีการคำนวณแบบ สกายแฟกเตอร์นั้น จะมีการคำนวณที่สลับซับซ้อนมากกว่า การคำนวณด้วยวิธีลูเมนและไม่เน้นการตรวจสอบข้อมูลจากตาราง การคำนวณด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์จะมีการคำนวณตามลักษณะขององค์ประกอบของแสงภายในอาคาร ที่เกิดจากการรวมกัน ระหว่างแสงตรงจากช่องเปิด และแสงสะท้อนกระจายภายในห้อง โดยวิธีการหาค่าความสว่าง จากแสงตรงจากช่องเปิดนั้น จะอาศัยหลัก ของเรขาคณิตมาพิจารณา (จากบทที่ผ่านมา) เพื่อหาปริมาณความส่องสว่างรวมที่จุดรวมของเส้นสมมติ ของแนวแสง จากจุดมุมต่างๆ ของช่องเปิด และสำหรับการคำนวณหาแสงสะท้อนกระจายจากช่องเปิด จะเป็นการหาค่าเฉลี่ยจากการสะท้อนแสงครั้งแล้วครั้งเล่าภายในห้อง บนผนัง เพดาน หรือพื้น ซึ่งค่าการสะท้อนแสงกระจายนั้นจะมีค่าเท่ากันในทุกๆตำแหน่งของห้อง เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ย แต่ในความเป็นจริงนั้น ค่าดังกล่าวจะไม่เท่ากัน เพราะตำแหน่งของจุดที่อยู่ใกล้กับผนังนั้น ก็ควรที่จะได้รับอิทธิพล ของการสะท้อนแสง จากผนังมากกว่า ในตำแหน่งที่อยู่ไกลผนังออกมา แต่การคำนวณหาแสงสะท้อนกระจายจะเป็นค่าเฉลี่ย จึงถือว่าจุดที่อยู่ใกล้หรือไกลผนังนั้นจะถูกชดเชยด้วยค่าที่แตกต่างกันของการสะท้อนแสงภายใน โดยค่าต่างๆจะมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยในแต่ละจุด

การคำนวณหาค่าความส่องสว่างของแสงตรงจากช่องเปิด เมื่อตำแหน่งที่ต้องการทราบไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกับมุมของช่องเปิด จะมีการวิธีการคิดดังนี้คือ สมมติให้ตำแหน่ง ของจุดที่ต้องการทราบความสว่าง เป็นจุดรวมของเส้นตั้งฉากจากช่องเปิดที่ได้สมมติขึ้น และหักลบปริมาณแสงจากพื้นที่ ของเส้นสมมติ ที่จุดเดียวกันนั้นที่ไม่ใช่พื้นที่เดียวกับช่องเปิดจริง ซึ่งในท้ายสุด จะเหลือเพียงปริมาณแสง ที่ได้จากช่องเปิดเท่านั้น

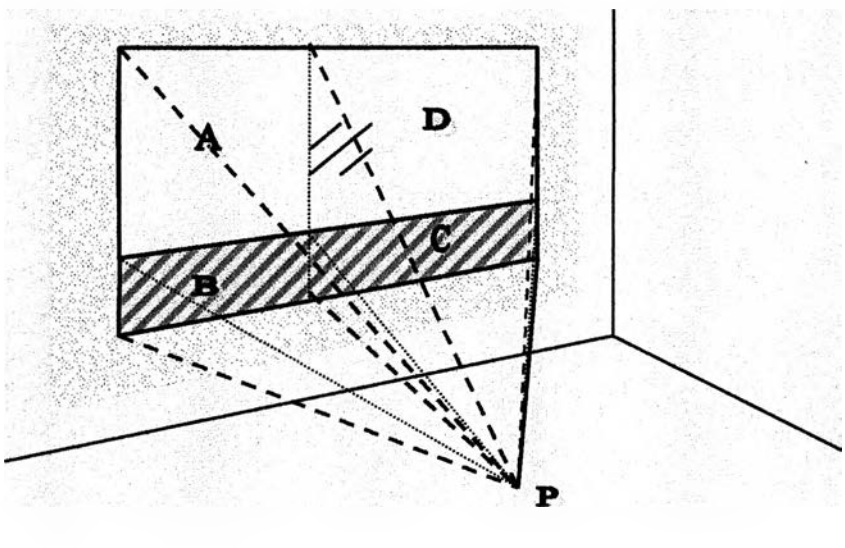
ต้นฉบับ หน้าขาดหาย

ปริมาณค่าความส่องสว่างช่องเปิด AD บนตำแหน่งที่ต้องการทราบความสว่าง P

= (ปริมาณความส่องสว่างช่องเปิด AB - ปริมาณความส่องสว่างช่องเปิด B บนตำแหน่ง P)

+ (ปริมาณความส่องสว่างช่องเปิด DC - ปริมาณความส่องสว่างช่องเปิด B บนตำแหน่ง P)

$$\text{Illuminance(AD)} = (AB - B) + (DC - C) \quad \text{.....(5.2)}$$



รูป 5.2 จุดที่ต้องการทราบความส่องสว่างแสงตรงจากช่องเปิด ระหว่างขอบช่องเปิดทั้งสองด้าน

จากหลักการดังกล่าวข้างต้น จะเป็นวิธีการในการคำนวณหาค่าปริมาณความส่องสว่างของแสงตรงจากช่องเปิด ณ ตำแหน่งใดๆภายในอาคาร และ เมื่อนำวิธีการดังกล่าวนี้ ไปพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดให้มีการคำนวณ แบบวนรอบ การคำนวณหาค่าความสว่างของจุดต่างๆ ไปเรื่อยๆ ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม จะมีลักษณะ 2 และ 3 มิติ ที่แสดงถึงตำแหน่งของค่าความสว่างภายในอาคาร ที่มีแนวโน้มต่อเนื่องกันไป

ในส่วนการคำนวณแสงสะท้อนกระจายจากช่องเปิด จะคำนวณด้วยหลักการของ การสะท้อนแสงภายในที่มีจำนวนครั้งของการสะท้อนซ้ำไปซ้ำมา ไม่มีที่สิ้นสุด ผลที่ได้จากการสะท้อนดังกล่าวนี้ จะเป็นค่าเฉลี่ยของการสะท้อนทั้งหมด แหล่งกำเนิดแสงสะท้อนที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร ทั้งจากการสะท้อนจากพื้นดินเข้ามา และการส่องผ่านเข้ามาโดยตรงจากท้องฟ้า ซึ่งการคำนวณหาค่าความสว่าง กระจายของการสะท้อน ภายในอาคารด้วยวิธีการนี้ จะมีค่าเฉลี่ยของผลที่ได้มีความใกล้เคียงมากกว่า การคำนวณ ด้วยวิธีการของ เดย์ไลท์แฟกเตอร์เพียงอย่างเดียว

สำหรับการคำนวณหาปริมาณความส่องสว่างของแสง เมื่อมีช่องเปิดมากกว่าหนึ่งช่องนั้น จะอาศัยคุณสมบัติของแสงที่ว่าปริมาณของแสงมีคุณสมบัติที่สามารถบวกกันได้ (Adding) ดังนั้นในกรณีที่ช่องเปิดมีมากกว่าหนึ่งช่องเปิดนั้น การหาปริมาณความความส่องสว่าง ก็คือการนำปริมาณความส่องสว่าง ของแสงจากช่องเปิดต่างๆ ณ ตำแหน่งความสว่างเดียวกัน มาบวกกันไปเรื่อยๆ ผลลัพธ์ ที่ได้จะเป็นค่าปริมาณ ความสว่างรวมที่ต้องการ

หลักการแสดงผลของโปรแกรม จะคำนึงถึงจุดประสงค์ พื้นฐานของโปรแกรมที่เน้นความง่ายต่อการทำความเข้าใจ เช่นเดียวกับการป้อนข้อมูลของโปรแกรมการแสดงผลของโปรแกรมจึงต้องมีการแสดงผลในลักษณะ

ของกราฟิกเป็นส่วนใหญ่ เพื่อให้ตอบสนองความต้องการข้างต้น การแสดงผลด้วยกราฟ 2 และ 3 มิติ จึงถูกนำมาใช้ในการแสดงผลของโปรแกรม ให้มีความชัดเจน โดยหลักการทำงานของโปรแกรม เพื่อแสดงผลที่มีลักษณะเป็นกราฟิก จะได้จากการคำนวณ ตามคุณสมบัติของวิธีการลูเมน สำหรับกราฟแบบสองมิติ และวิธีการเดย์ไลท์แฟกเตอร์ สำหรับการแสดงผลแบบสามมิติ ผลการแสดงผลในเชิงกราฟิกที่ได้ จะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของค่าความส่องสว่างที่แปรเปลี่ยน หรือแปรผันตามลักษณะของช่องเปิดและระดับความลึกของห้อง ที่ต่างกัน โดยแนวโน้มดังกล่าว จะมีความลดลงอย่างต่อเนื่องและจะลดลงอย่างรวดเร็ว(คล้ายสมการผกผันกำลังสอง) เมื่อตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าความสว่าง มีระยะออกห่างจากช่องเปิดมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อพิจารณาจากระยะทางที่สัมพันธ์กับขนาดความกว้างและความสูงของช่องเปิด ด้วยเช่นกัน

ดังนั้นหลักการคำนวณของโปรแกรมจะคำนึงถึงจุดประสงค์พื้นฐาน ของโปรแกรมเป็นสำคัญ คือจะต้องไม่ทำให้ผู้ใช้งาน รู้สึกว่าเป็นโปรแกรมที่ใช้งานยาก และไม่เป็นมิตรกับผู้ใช้งาน พื้นฐานการทำงานของโปรแกรมในทุกขั้นตอน จึงยึดหลักการดังกล่าวเป็นแนวปฏิบัติไม่ว่าจะเป็นการป้อนข้อมูล การคำนวณรวมถึงการแสดงผลของโปรแกรม จะสอดคล้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกัน ที่ไม่ก่อให้ผู้ใช้งานสับสน แต่จากปัญหาที่พบจะพบว่าในทางปฏิบัติจริงนั้น แม้ในทุกขั้นตอนจะยึดแนวทางดังกล่าวก็ตามลักษณะของโปรแกรมก็ยังคงมีการสร้างความสับสนให้กับผู้ใช้งานบางกลุ่มด้วยเช่นกัน เนื่องจากหากจะให้การคำนวณมีความแม่นยำนั้น ข้อมูลที่ใช้ประกอบการคำนวณจะต้องมีจำนวนมากเพียงพอ ต่อการคำนวณ แต่หากข้อมูลที่ใช้มีจำนวนมากเกินไป การป้อนข้อมูลก็จะง่ายต่อการสับสนของผู้ใช้งาน หรือคำจัดความที่ใช้ประกอบในโปรแกรมนั้น บางครั้งก็ไม่เอื้อให้ใช้คำสื่อความหมายอื่น นอกจากคำจำกัดความทางวิชาการได้ ทำให้การออกแบบโปรแกรมให้ตอบสนองต่อผู้ใช้งานทุกคนนั้นเป็นเรื่องที่ยากในทางปฏิบัติเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้ จึงแก้ปัญหาการคำนวณของโปรแกรม ให้มีการคำนวณหลายระดับตามความต้องการของผู้ใช้งานที่แตกต่างกัน ที่มีความต้องการผลการคำนวณเพียงคร่าวๆ จนกระทั่งถึงผลลัพธ์ที่มีความละเอียด ผู้ใช้งานจะสามารถเลือกระดับความยากง่ายของการใช้งานโปรแกรมได้ตามต้องการ ซึ่งเป็นการตอบสนองผู้ใช้งานในทุกกลุ่มให้ได้ มากที่สุด แต่ถึงแม้ จะกำหนดให้ หลักการทำงานของโปรแกรมมีการคำนึงถึงผู้ใช้งาน ทุกกลุ่มแล้วก็ตาม การตอบสองของโปรแกรมก็ยังคง มีการตอบสนองที่ไม่เต็มที่ต่อผู้ใช้งานทุกคน และเพื่อให้การใช้งานโปรแกรม มีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ควรจะมีการปรับตัว เข้าหากันของผู้ใช้งานโปรแกรม และตัวโปรแกรมเอง ผู้ใช้งานก็ควรที่จะต้องมีการศึกษาทำความเข้าใจถึงการประยุกต์ใช้งานแสงธรรมชาติภายในอาคาร และการใช้งานโปรแกรมบ้างในระดับหนึ่ง การใช้งานโปรแกรม ก็จะให้ประโยชน์สูงสุด ตามความสามารถในการคำนวณของโปรแกรม.

5.2 โครงสร้างของโปรแกรม

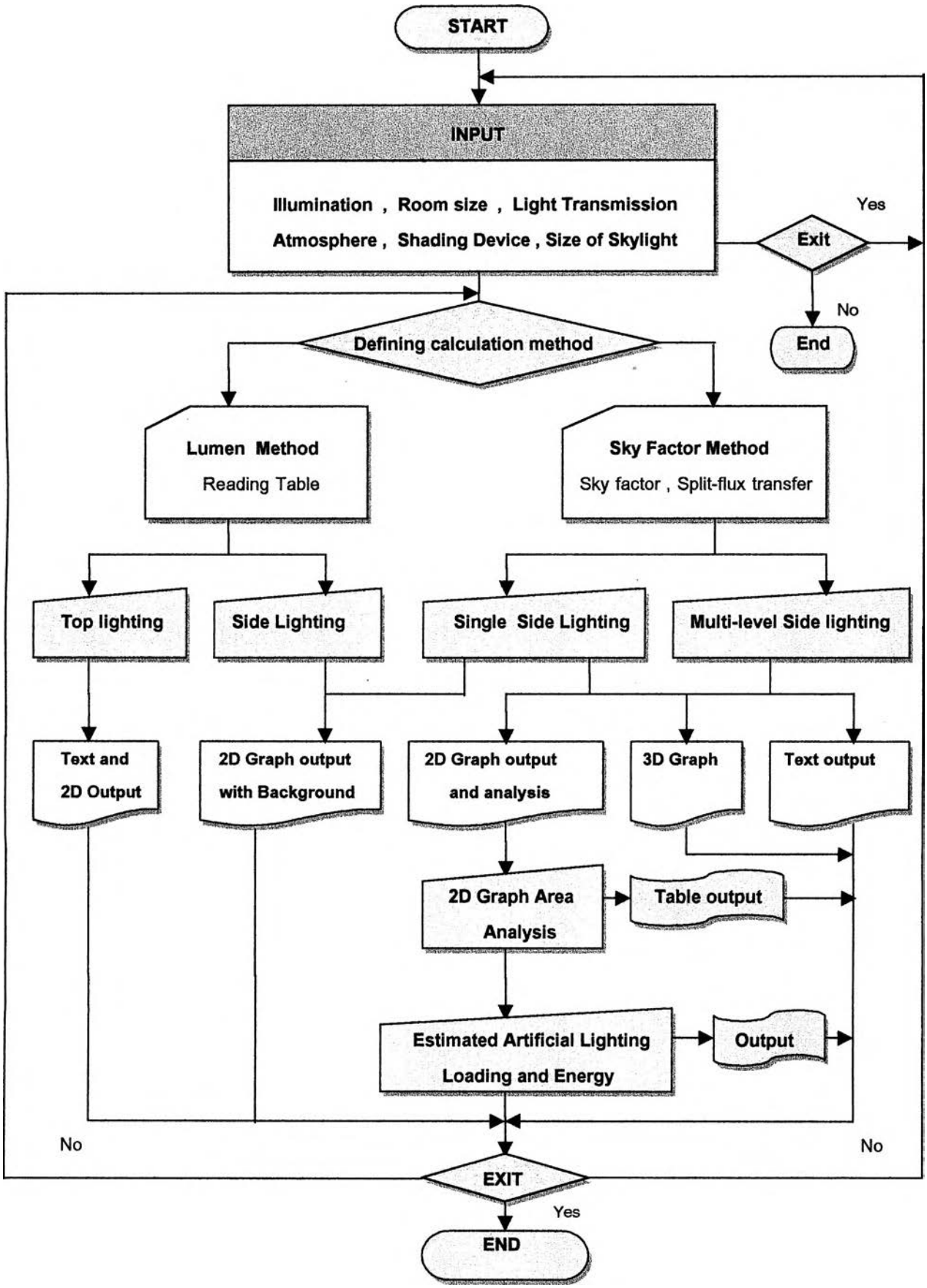
โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม จะมีขั้นตอนต่างๆ ตามลำดับการทำงานของโปรแกรม เริ่มจากการเริ่มต้นเข้าสู่โปรแกรม ปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆ ในการป้อนข้อมูล เลือกรูปแบบการแสดงผล รูปแบบการคำนวณ แสดงผลการคำนวณ และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการคำนวณ โดยในขั้นตอนต่างๆเหล่านี้ จะมีรายละเอียดปลีกย่อยและส่วนประกอบย่อยต่างๆ ที่จะประกอบกันขึ้นเป็นส่วนประกอบหลัก เพื่อให้เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้โดยสมบูรณ์

ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการอธิบาย ขั้นตอนต่างๆ ในการทำงานของโปรแกรม จะสามารถอธิบายเป็นข้อๆ ตามลำดับ ได้ดังนี้

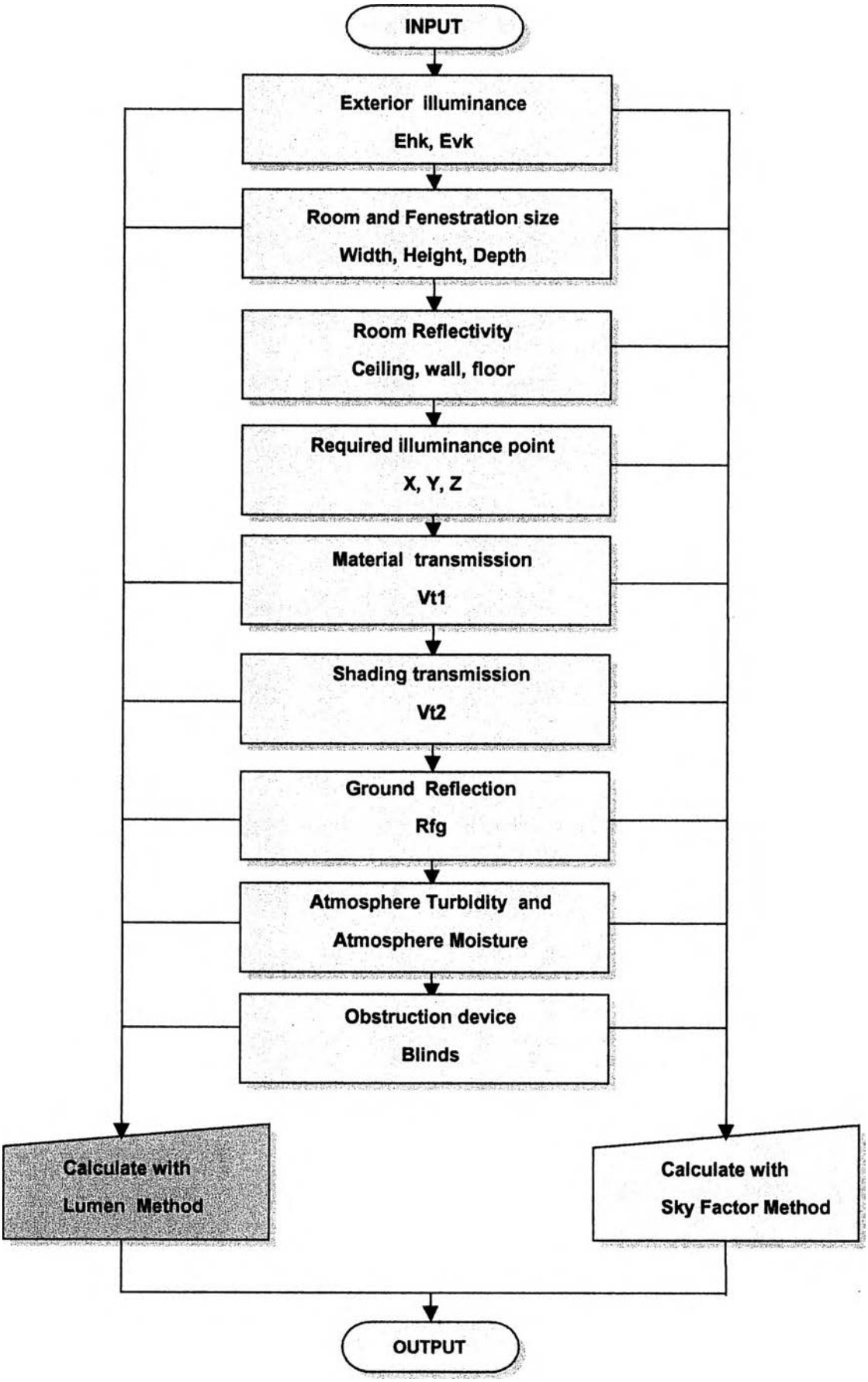
1) เริ่มต้นเข้าสู่โปรแกรม
2) ป้อนข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณแก่โปรแกรม ประกอบไปด้วยข้อมูลในส่วนของ
   - ค่าความส่องสว่างของท้องฟ้า
   - ขนาดของห้อง และขนาดของช่องเปิด
   - ตำแหน่งที่ต้องการทราบความส่องสว่างภายในอาคาร
   - ค่าการสะท้อนแสงของผนังภายในอาคาร
   - ค่าการส่องทะลุผ่านของแสงผ่านช่องเปิดอาคาร
   - ค่าการสะท้อนแสงของพื้นดินภายนอกอาคาร
   - สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร
   - ขนาดของช่องแสงด้านบนหลังคาของอาคาร (กรณีที่มีการคำนวณ)

   และในกรณีที่มีการส่องสว่างจากรังสีตรงดวงอาทิตย์ จะต้องมีการเพิ่มการป้อนข้อมูล ในส่วนของอุปกรณ์บังแดดแก่อาคาร
3) กำหนดรายละเอียดการคำนวณของโปรแกรม ตามลักษณะของวิธีการที่แตกต่างกันในการคำนวณ
4) กำหนดรายละเอียดการแสดงผลการคำนวณจากวิธีการคำนวณที่ได้เลือกในหัวข้อที่ 3 การกำหนดรายละเอียด ในการแสดงผลการคำนวณจะแตกต่างกัน เช่น การแสดงผลในลักษณะข้อความ การแสดงผลในลักษณะของกราฟความส่องสว่างภายใน(Daylight curve) หรือการแสดงผลในลักษณะของกราฟ 3 มิติ ที่จะต้องมีการกำหนดจำนวนแถวหรือแนวที่ต้องการ
5) การคำนวณของโปรแกรม ใช้เวลามากน้อยตามความละเอียดของผลลัพธ์ที่ต้องการ
6) การแสดงผลของโปรแกรมทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องพิมพ์ตามลักษณะที่ได้เลือกไว้ในหัวข้อที่ 4
7) การนำผลที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมไปทำการวิเคราะห์ โดยผลที่นำไปวิเคราะห์จะเป็นผลที่ได้จากกราฟความส่องสว่างภายใน ด้วยวิธีการคำนวณแบบสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor) ผลที่วิเคราะห์ได้ จะเป็นปริมาณความส่องสว่างเพิ่มเติมของไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ที่ชดเชยการส่องสว่างที่ไม่พอเพียงของแสงสว่างธรรมชาติ
8) กรณีที่ต้องการปรับปรุงรายละเอียดในการคำนวณใหม่ ให้กลับไปเริ่มต้นป้อนข้อมูลในหัวข้อที่ 2 หรือ หัวข้อที่ 4 อีกครั้ง และทำการคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่ผ่านมา
9) จบการทำงานของโปรแกรม

รายละเอียดการทำงานในแต่ละขั้นตอน ที่ได้กล่าวมาในข้างต้น สามารถสรุปเป็นลำดับ ด้วยแผนภูมิแสดงลำดับการทำงาน (Flow chart) ดังนี้



แผนภูมิ 5.1 แสดงโครงสร้างขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม



แผนภูมิ 5.2 แสดงลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ ด้วยวิธี Lumen Method และ Sky Factor

5.2.1 การแบ่งโครงสร้างของโปรแกรมตามลักษณะการเขียนโปรแกรม

โปรแกรมจะมีลักษณะของโครงสร้าง ที่แบ่งตามลักษณะ ของการทำงานที่แตกต่างกัน ในแต่ละขั้นตอนของโปรแกรม โดยที่แต่ละขั้นตอนจะมีรายละเอียด ซึ่งประกอบด้วยหน้าจอย่อยต่างๆ (คำว่า "หน้าจอ" ที่กล่าวในหัวข้อนี้ จะมีความหมายถึงชื่อของหัวข้อที่ใช้ในการเรียกคำสั่งในส่วนต่างๆตามข้อกำหนดของภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม) ที่ทำหน้าในลักษณะที่แตกต่างกัน การอธิบายในหัวข้อนี้ จะมีบางส่วนของข้อความ ที่อ้างอิงถึง รายละเอียดทางเทคนิคของการเขียนโปรแกรม ที่แบ่งออกเป็นยูนิต (Unit) ต่างๆ ตามตัวแปรภาษาของโปรแกรม ซึ่งจะเป็นชื่อเฉพาะ ที่ผู้เขียนโปรแกรมได้ตั้งขึ้น เพื่อสะดวกในการอ้างอิง และ สามารถดูรายละเอียดต่างๆ ทางเทคนิคประกอบได้จากภาษาในการเขียนโปรแกรม ในส่วนของภาคผนวกท้ายเล่ม
การอธิบายการทำงานของโปรแกรมในแต่ละหน้าจอ สามารถแยกอธิบายออกเป็น 2 ส่วนได้ดังนี้
ชื่อของยูนิต (Unit) ที่กำหนดในการเขียนโปรแกรม : หน้าที่หรือลักษณะการทำงานของยูนิตดังกล่าว

1) หน้าจอหลัก (Main Form or Main Menu)

หน้าจอหลักของโปรแกรม จะทำหน้าที่เสมือนเป็นหน้าจอศูนย์กลาง เพื่อเชื่อมต่อกับหน้าจอย่อยต่างๆ ในการติดต่อกับโปรแกรม รวมถึงการเปิดหรือปิดโปรแกรม

หน้าจอหลัก จะประกอบด้วยหน้าจอ Form1 (ดูรายละเอียด Source code หน้าจอ Form1 ประกอบ) จะมีหน้าที่หลักในการเปิด ปิด บันทึกไฟล์ และทำการติดต่อกับหน้าจอย่อยอื่นๆ

Projectname : ทำหน้าที่แสดงหรือป้อนข้อมูลรายละเอียดพื้นฐานของอาคารที่ทำการคำนวณ

Firstlogo : แสดงหน้าจอเพื่อเตรียมเข้าสู่โปรแกรม

2) หน้าจอย่อย ในการรับข้อมูลของโปรแกรม (Sub Forms or Sub Menu)

หน้าจอย่อย จะทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบย่อยต่างๆ ของโปรแกรมในการรับข้อมูล เพื่อส่งไปประมวลผลยังส่วนการคำนวณของโปรแกรม และไม่มีการคำนวณในส่วนนี้

หน้าจอย่อย จะประกอบด้วยหน้าจอต่างๆ ที่ใช้ในการติดต่อกับโปรแกรม โดยเรียกผ่านเมนูของหน้าจอหลัก มีรายละเอียดการทำงานของแต่ละหน้าจอดังนี้

Wthdata : การคำนวณหาตำแหน่ง มุมอัลติจูด (Altitude) และมุมอัลซิมุท (Azimuth) ของดวงอาทิตย์ ตามลักษณะของวัน เดือน และเวลา

Windirect : คำนวณหาปริมาณส่องสว่างแสงธรรมชาติ ในระนาบนอน และระนาบตั้ง ของช่องเปิด ในทิศทางต่างๆ

Newdata : แสดงหน้าจอในการป้อนข้อมูล ความส่องสว่างในระนาบนอน และระนาบตั้งที่ใช้ในการคำนวณของโปรแกรม และสภาพท้องฟ้า

Roomdata : แสดงขนาดของห้อง ขนาดช่องเปิด ตำแหน่งทิศทางของช่องเปิดและตำแหน่งภายในห้องที่ต้องการคำนวณปริมาณความสว่าง รวมถึงเป็นหน้าจอ เพื่อเรียกหน้าจอ Intreft สำหรับป้อนข้อมูลค่าการสะท้อนแสงภายในอาคาร

Intreft : แสดงค่าการสะท้อนแสงภายในอาคาร

Lightrans : แสดงค่าส่องทะลุผ่านของแสงธรรมชาติ ผ่านช่องเปิดที่แตกต่าง ตามลักษณะของวัสดุ และรูปแบบ

Atmos : แสดงค่าการสะท้อนแสง ของพื้นดินภายนอกอาคารและสภาพแวดล้อม บรรยากาศรอบอาคาร

Blinds : แสดงค่าของอุปกรณ์ ป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ ที่มีความแตกต่างตาม มุมองศา ในการป้องกัน และค่าการสะท้อนแสงของอุปกรณ์บังแดด

Topinput : แสดงหน้าจอการป้อนข้อมูล ของช่องแสงบนหลังคา ตามความกว้างและความสูง ของช่องเปิด

3) การกำหนดรายละเอียดการคำนวณของโปรแกรม (Calculation Defining)

การกำหนดรายละเอียดของโปรแกรม จะเป็นการกำหนดผลลัพธ์ ที่ต้องการแสดง ของโปรแกรมตามลักษณะวิธีการคำนวณ ที่แตกต่างกัน ของวิธีลูเมน และ วิธีสกายแฟกเตอร์ ตามลักษณะของช่องเปิดที่ต่างกัน

การกำหนดรายละเอียดของโปรแกรมจะทำให้การคำนวณของโปรแกรมมีความเหมาะสมต่อการใช้งานของผู้ใช้ และทำให้โปรแกรมสามารถแสดงผล ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด ซึ่งหน้าจอการกำหนดรายละเอียดของการคำนวณ บางหน้าจอ อาจจะมีการรวมส่วน การคำนวณเข้าไว้ด้วยเนื่องจาก การคำนวณไม่ซับซ้อนนัก จะแสดงรายละเอียดอีกครั้งเมื่อกล่าวถึงการคำนวณของโปรแกรม

การกำหนดรายละเอียดการคำนวณคำนวณ จะประกอบไปด้วยหน้าจอต่างๆ ดังนี้

Lumen : กำหนดรายละเอียดการแสดงผลการคำนวณปริมาณความส่องสว่างจากช่องเปิดด้านข้าง ของอาคาร ด้วยวิธีลูเมน

Lumentop : กำหนดรายละเอียดการแสดงผล การคำนวณปริมาณความส่องสว่าง จากช่องแสงด้านบนหลังคา ของอาคาร ด้วยวิธีการคำนวณแบบลูเมน การคำนวณสามารถจะแสดงระดับความส่องสว่างได้ 8 ระดับ

Skyfactor : กำหนดรายละเอียดการแสดงผล การคำนวณปริมาณความส่องสว่าง ของช่องเปิดด้านข้างอาคาร ด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์

Mulwindow : กำหนดลักษณะที่แตกต่างกันของช่องเปิด จำนวนไม่เกิน 5 ช่องเปิด และยกเลิกลักษณะของช่องเปิดที่ป้อนข้อมูลในส่วนของ Roomdata

4) การคำนวณหาปริมาณความส่องสว่างภายในของโปรแกรม (Calculation)

การคำนวณของโปรแกรม จะมีรายละเอียดของการคำนวณที่แตกต่างกันไป ในแต่ละประเภทของวิธีที่ใช้ในการคำนวณ (วิธีการคำนวณด้วยลูเมน และสกายแฟกเตอร์) และตามลักษณะของช่องเปิด ซึ่งผลลัพธ์ที่แสดงก็จะมีความแตกต่างกันไปตามข้อมูล และการกำหนดลักษณะการแสดงผลของผู้ใช้งาน

การคำนวณของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยหน้าจอ (Form หรือ Unit) ที่สำคัญในการประมวลผล จากข้อมูล ซึ่งจะเปรียบเสมือน หัวใจของโปรแกรม เพราะทุกคำสั่ง จะถูกส่งมาประมวล หาผลลัพธ์ ที่ส่วนนี้ของโปรแกรม การคำนวณจะมีแบ่ง การคำนวณ ในแต่ละส่วนออกเป็นหน้าจอต่างๆ ตามปริมาณของผลลัพธ์ ที่ต้องการ เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการทำงาน เช่น หากผู้ใช้งานต้องการคำตอบอย่างหยาบๆ ก็สามารถใช้หน้าจอการคำนวณเพียงบางส่วน หรือบางหน้าจอ ไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมด ก็สามารถแสดงผลได้ การป้อนข้อมูล และการคำนวณก็จะรวดเร็ว และไม่ยุ่งยาก

การคำนวณของโปรแกรม จะประกอบไปด้วยหน้าจอต่างๆ ดังนี้

Lumen : กำหนดรายละเอียดการคำนวณ และคำนวณปริมาณ ความส่องสว่างภายในอาคารจากช่องเปิดด้านข้างของอาคาร ด้วยวิธีการคำนวณแบบลูเมน รวมถึงเป็นหน้าจอเพื่อทำการเรียก หน้าจอ Lumengraph สำหรับแสดงผลการคำนวณด้วยกราฟความส่องสว่างภายใน

Lumentop : กำหนดรายละเอียดการคำนวณและคำนวณปริมาณความส่องสว่าง ภายในอาคาร จากช่องแสงด้านบนหลังคาของอาคารด้วยวิธีลูเมนเมททอด รวมถึงการแสดงผลในหน้าจอเดียวกัน

Commandbox : กำหนดรายละเอียดการแสดงผล และการคำนวณของโปรแกรม ด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์จะเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุด ของโปรแกรมในการคำนวณ โดยจะถูกเรียกให้คำนวณตามข้อกำหนดต่างๆ จากหน้าจอ Skyfactor และ Mulwindow

5) แสดงผลของโปรแกรม (Output)

การแสดงผลของโปรแกรม จะมีการแบ่งประเภทการแสดงผลออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ การแสดงผลในรูปแบบข้อความ (Text mode), การแสดงผลในลักษณะกราฟ 2 มิติ (Daylight curve) และ การแสดงผลในลักษณะ 3 มิติ (3D Graph)

หน้าจอที่มีส่วนสำคัญในการแสดงผลของโปรแกรม จะมีหน้าจอต่างๆ ดังนี้

Lumengraph : แสดงผลการคำนวณในลักษณะของกราฟความส่องสว่างภายใน (Daylight curve) ในแนวกึ่งกลางของช่องเปิด ด้วยวิธีการคำนวณแบบลูเมน และสกายแฟกเตอร์

Skycontour : จะแสดงผล ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม ด้วยวิธีการคำนวณแบบสกายแฟกเตอร์ การแสดงผลจะแสดงในลักษณะของข้อความเป็นหลัก แต่ละมีการจัดเรียงข้อความในลักษณะตามจำนวนของแถวนอนและแนวตั้ง (Matrix) ที่ได้กำหนด ในการคำนวณบนหน้าจอของ Commandbox

Sky3D : แสดงผลการคำนวณในลักษณะของกราฟ 3 มิติ ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ตามจำนวนที่กำหนดของแถวและแนว (Matrix) ในหน้าจอ Commandbox

6) วิเคราะห์ผลการคำนวณของโปรแกรม (Graph Analyze)

จะเป็นการนำผล ที่ได้จากการแสดงผล ในลักษณะของกราฟความส่องสว่างภายใน (Daylight curve) มาวิเคราะห์หาค่าความส่องสว่าง เพิ่มเติมจากแสงประดิษฐ์ และค่าการใช้พลังงานอย่างคร่าวๆ ซึ่งการวิเคราะห์ผลในขั้นตอนนี้จะต้องผ่านขั้นตอนการคำนวณและแสดงผล ด้วยกราฟ 2 มิติ ด้วยวิธีการคำนวณแบบสกายแฟกเตอร์ เสียก่อนจึงจะสามารถนำผลมาวิเคราะห์ได้

การวิเคราะห์ผลการคำนวณของโปรแกรม จะวิเคราะห์โดยอาศัยพื้นที่ใต้กราฟ Daylight curve ในแต่ละส่วนที่มีพื้นที่ ที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในส่วนของพื้นที่ ที่อยู่ต่ำกว่าระดับความส่องสว่างที่พอเพียง จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของการส่องสว่างของแสงธรรมชาติที่ไม่เพียงพอ และต้องการความส่องสว่างเพิ่มเติมจากแสงประดิษฐ์

การวิเคราะห์ผลการคำนวณของโปรแกรม ประกอบด้วยหน้าจอต่างที่ใช้ในการคำนวณดังนี

Grapharea : เป็นการนำผลการคำนวณด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor Method) มาแสดงผลในลักษณะของกราฟ 2 มิติ หรือ กราฟแสดงค่าความส่องสว่างภายใน (Daylight curve) พร้อมแสดงระดับเส้นความส่องสว่างที่พอเพียง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

Areacal : วิเคราะห์ผลการคำนวณ ที่ได้จากหน้าจอ Grapharea และ แสดงผลปริมาณความส่องสว่างเพิ่มเติมในส่วน ของแสงประดิษฐ์ รวมถึงการใช้พลังงานอย่างคร่าว ทั้งในส่วนของเครื่องปรับอากาศ และไฟฟ้าแสงประดิษฐ์

7) ส่วนประกอบเพิ่มเติมของโปรแกรม (Adding form)

ส่วนประกอบเพิ่มเติมของโปรแกรม จะเป็นส่วนประกอบที่ทำให้โปรแกรมมีความสามบูรณ์มากขึ้น และไม่มีผลต่อการคำนวณของโปรแกรม แต่จะเป็นส่วนทำให้การใช้งานโปรแกรม มีความสะดวกมากขึ้น เช่น ส่วนของการแสดงข้อมูลตารางที่ใช้ในการคำนวณ หรือ ข้อความช่วยเหลือต่างๆ เป็นต้น

ส่วนประกอบเพิ่มเติมของโปรแกรม ประกอบไปด้วยหน้าจอต่างๆ ดังนี้

Databox : แสดงค่าของข้อมูลต่างๆ ที่ได้ป้อนให้แก่โปรแกรม เพื่อใช้ในการคำนวณ และการคำนวณของโปรแกรมก็จะเรียกใช้ข้อมูลต่างๆ จากหน้าจอนี้เช่นกัน ซึ่งเปรียบเสมือนหน้าจอนี้ เป็นการรวบรวมและจัดระเบียบข้อมูล

Datatable : แสดงค่าของตารางต่างๆ ที่จำเป็นในการคำนวณ เพื่อใช้อ้างอิง

Helpbox : แสดงข้อความที่จำเป็น ในการใช้งานโปรแกรม

Programer : แสดงข้อมูลส่วนตัวของผู้เขียนโปรแกรม และผู้ให้การสนับสนุนต่างๆ

5.3 การวิเคราะห์การคำนวณของโปรแกรม

การวิเคราะห์การทำงานของโปรแกรม จะวิเคราะห์ตามหลัก การทำงานของโปรแกรม ในการคำนวณในแต่ละขั้นตอน การทำงานของโปรแกรมจะมี หลักการทำงานคล้ายกับ การทำงานของโปรแกรมอื่นๆโดยทั่วไป คือ มีการรับข้อมูล คำนวณข้อมูล และแสดงผลลัพธ์ของข้อมูล แต่จะมีความแตกต่าง ในส่วนของหลักการทำงานในส่วนย่อยต่างๆ ของโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรม

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม จะมีการแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ตามลักษณะ การคำนวณที่ต่างกันของโปรแกรม คือ การคำนวณด้วยวิธีแบบลูเมน และสกายแฟกเตอร์ ดังนั้น การวิเคราะห์การคำนวณจึงแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนเช่นกัน คือ

5.3.1 การวิเคราะห์ วิธีการคำนวณแบบลูเมน (Lumen Method)

5.3.2 การวิเคราะห์ วิธีการคำนวณแบบสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor)

การวิเคราะห์การคำนวณของโปรแกรม จะเป็นการอธิบายรายละเอียดถึงขั้นตอนต่างๆ ในการคำนวณของโปรแกรมด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้งาน สามารถเข้าใจในความเป็นมา จากการคำนวณของโปรแกรม ในแต่ละขั้นตอนและเนื่องจากวิธีการคำนวณ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีวิธีการคำนวณอยู่สองวิธี การอธิบายถึงขั้นตอนต่างๆ จึงได้แยกอธิบายออกเป็นสองหัวข้อหลัก ตามแต่ละวิธีการคำนวณ การอธิบายจะอธิบายเปรียบเทียบด้วยแผนภูมิ ลำดับขั้นการทำงาน (Flow chart) เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และจะมีการสรุปถึงขั้นตอนต่างๆในส่วนท้ายของหัวข้อนั้น

5.3.1 การวิเคราะห์ วิธีการคำนวณด้วยลูเมน (Lumen Method)

การคำนวณช่องเปิดด้านข้างอาคาร (Side Lighting)

หลักในการคำนวณ

การคำนวณด้วยวิธีลูเมน (Lumen Method) เป็นวิธีการคำนวณค่าความส่องสว่างภายใน จากช่องเปิดด้านข้างอาคาร ที่มีการใช้งาน อย่างแพร่หลายในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีความสะดวกรวดเร็ว ในการคำนวณสามารถคำนวณแสงจากท้องฟ้าได้ทุกสภาวะ แต่การคำนวณด้วยวิธีนี้ ยังมีข้อจำกัดอยู่มากมาย ซึ่งข้อจำกัดที่สำคัญคือการคำนวณความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ เฉพาะแนวกึ่งกลางช่องเปิดและมีขอบเขตของจำนวนผลลัพธ์ที่ใช้แสดง ที่จำกัดเพียง 3 – 5 จุด เท่านั้น ผลจากการคำนวณที่ได้จึงยังไม่มีความละเอียดเพียงพอ

การคำนวณของโปรแกรม แม้จะมีข้อจำกัดของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ แต่หากได้มีการนำวิธีการดังกล่าวมาประยุกต์เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ก็จะทำให้ผู้ใช้งาน มีความคล่องตัวเป็นอย่างมาก เนื่องจากการข้อดีของวิธีการคำนวณดังกล่าวที่รวดเร็ว อย่างไรก็ตามการคำนวณด้วยวิธีลูเมน จะต้องอาศัยการอ่านข้อมูลจากตารางจำนวนมาก และนำค่าที่ได้จากตารางมาเปรียบเทียบก่อนที่จะนำมาคูณ กับค่าตัวแปรต่างๆ ที่ได้เตรียมไว้เพื่อให้ทราบถึง ค่าการส่องสว่างที่ต้องการ ซึ่งผู้ใช้งานจะเสียเวลาในการค้นหาค่าสัมประสิทธิ์ จากตารางต่างๆ การใช้คอมพิวเตอร์ ในการอ่านค่าตารางต่างๆ ที่ได้มีการบันทึกไว้เป็นข้อมูล ก็จะทำให้การอ่านข้อมูล และการคำนวณมีความรวดเร็ว

หลักการคำนวณด้วยวิธีการแบบลูเมน คือการอ่านค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคารตามลักษณะที่แตกต่างกันของระยะระหว่างช่องเปิด และตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าความส่องสว่างคูณกับค่าความสว่างสุทธิ เมื่อได้ผ่านทะลุช่องเปิดเข้ามาภายในอาคาร ดังนั้น จุดสำคัญสำหรับการคำนวณ ด้วยวิธีลูเมน คือการอ่านข้อมูลจากตารางต่างๆ ซึ่งการที่จะเลือกอ่านข้อมูลจากตารางใดนั้น จะถูกกำหนดโดยอัตราส่วนระหว่างค่าความส่องสว่างในระนาบตั้ง (Exvk) และ ค่าความส่องสว่างในระนาบนอน (Exhk) มีค่าเท่ากับ Exvk / Ehk เรียกว่า ค่าองค์ประกอบท้องฟ้า (Sky Component) โดยแต่ละตารางจะแสดงถึง ค่าองค์ประกอบท้องฟ้า ที่มีความแตกต่างกันอยู่ 5 ระดับ คือ ค่า Exvk/Exhk = 0.75, Exvk/Exhk = 1.00, Exvk/Exhk = 1.25, Exvk/Exhk = 1.50, Exvk/Exhk = 1.75 และ หากค่า Exvk/Exhk มีค่ามากกว่า 1.75 ก็ให้ใช้ค่าของ Exvk/Exhk เท่ากับ 1.75

การอ่านข้อมูล จากตารางจะพิจารณาจาก ค่าอัตราส่วนระหว่างความสูง และ ความกว้างของช่องเปิดกับระยะความลึกของห้องมีค่าเท่ากับ W/D และ H/D ค่าอัตราส่วนดังกล่าวนี้ ใช้ในการกำหนด ตำแหน่งของแถวและแนวที่ต้องการของข้อมูล ในตารางองค์ประกอบของท้องฟ้า (Sky component) ค่าที่ได้ดังกล่าว จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ ระดับความส่องสว่างภายในอาคารตามอัตราส่วนที่กำหนดการคำนวณจะคำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากตาราง ซึ่งจะมีค่าสัมประสิทธิ์อยู่ทั้งสิ้น 3 - 5 ตัวแปร (จุดที่ต้องการทราบความสว่างของห้อง) นำมาคูณกับค่าความส่องสว่างสุทธิ ที่ทะลุผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในอาคาร ก็จะทราบค่าความสว่างที่ต้องการในแต่ละจุดนั้น

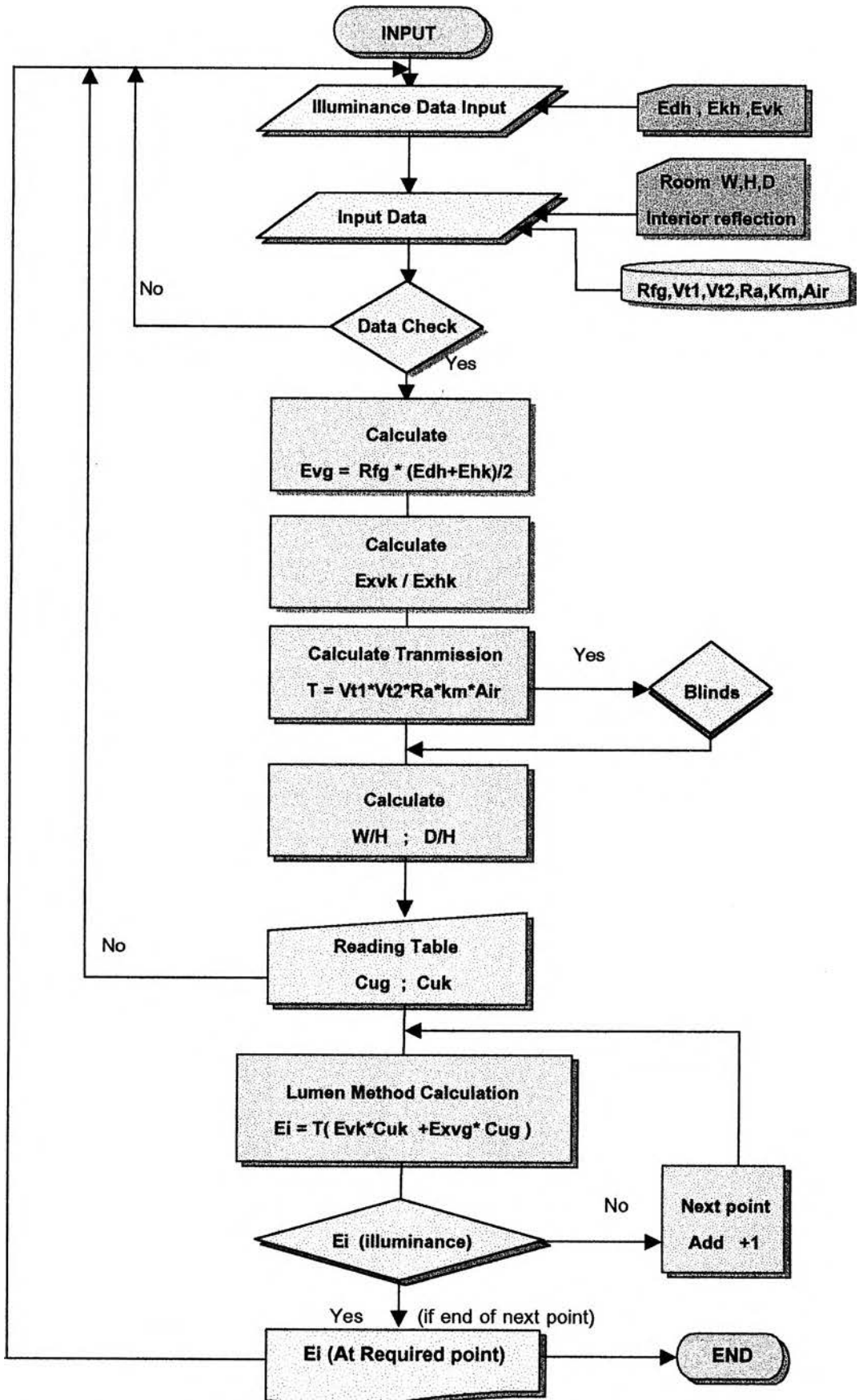
ขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรม (แผนภูมิ 5.3)

1) อ่านข้อมูลค่าความส่องสว่าง ของท้องฟ้าใน ระนายนอน (Ehk) ระนาบตั้ง (Evk) และ ความสว่างรังสีตรงในระนาบนอน (Edh)
2) อ่านค่าตัวแปรต่างๆที่จำเป็นในการคำนวณ อาทิ
   ค่าความส่องทะลุผ่านของแสงผ่านวัสดุช่องเปิด (Vt1) , ค่าความทึบแสงของวัสดุช่องเปิด (Vt2)

ค่าการสะท้อนแสงของพื้นดิน (Frg) , ค่าพื้นที่ช่องเปิดสุทธิ (Ra)
ค่าความสกปรกของบรรยากาศ (Km) , ค่าสภาพภูมิประเทศ (Air)

3) ตรวจสอบข้อมูล ที่ได้จากข้อมูลในข้อ 1 และ 2 หากถูกต้อง (Yes) ให้ข้ามไปทำงานยังขั้นตอนต่อไปในขั้นตอนที่ 5 แต่หากข้อมูลไม่ถูกต้องให้กลับไปตรวจสอบการป้อนข้อมูลอีกครั้งในขั้นตอนที่ 4
4) ตรวจสอบข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อน แล้วกลับไปแก้ไขข้อมูลที่คาดเคลื่อนนั้น ในข้อที่ 1 และ 2
5) คำนวณค่าปริมาณแสงสว่างทั้งหมดจากการสะท้อนแสงของพื้นดิน Evg = Rfg * (Edh+Ehk)/2
6) คำนวณค่าองค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky Component) จาก Exvk / Exhk
7) คำนวณค่าการส่องทะลุผ่านของแสงผ่านช่องเปิด (Transmission) จากตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลด้วยสมการ T = Vt1*Vt2*Ra*km*Air
8) หากมีการใช้อุปกรณ์บังแดด ในการป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ ให้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของดวงอาทิตย์ แต่ในกรณีที่ไม่มีการป้องกันให้ข้ามไปยังขั้นตอนที่ 9
9) คำนวณค่าอัตราส่วน ระยะความกว้างของช่องเปิดกับความลึกของห้อง (W/D) และระยะความสูงของช่องเปิด กับความลึกของห้อง (H/D)
10) นำค่าอัตราส่วนค่าองค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky component) ไปกำหนด ในการเลือกตาราง ที่ต้องการ โดยใช้ข้อมูลของ W/D และ H/D ในการกำหนดตำแหน่งแถวหรือแนวของสัมประสิทธิ์ที่ต้องการบนตาราง
11) นำข้อมูลข้างต้นมาคำนวณด้วยวิธีลูเมนเมททอด จากสมการ Ei = T(Evk*Cuk +Exvg* Cug) ค่าที่ได้จากการคำนวณจะเป็นค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคาร ณ ตำแหน่งของระยะ 10, 30 ,50 ,70 และ 90 เปอร์เซ็นต์ของความลึกห้อง
12) ตรวจสอบค่าความส่องสว่างที่ได้จากการคำนวณ
13) หากค่าความส่องสว่างที่คำนวณได้ถูกต้อง และครบถ้วนตามจำนวน ให้ข้ามไปยังขั้นตอนที่ 15 แต่หากค่าความสว่างที่ได้จากการคำนวณยังไม่ครบตามค่าสัมประสิทธิ์ ให้ไปทำยังขั้นตอนที่ 14
14) คำนวณค่าความสว่างภายใน ในจุดถัดไปให้ครบตามจำนวน ค่าสัมประสิทธิ์ ที่ได้จากตารางองค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky component) โดยบวกขึ้นหนึ่งจุดทุกๆ ครั้งที่คำนวณ
15) ค่าความส่องสว่างภายใน ในแต่ละจุด ตามจำนวนที่ต้องการ
16) ตรวจสอบค่าความส่องสว่างภายใน หากไม่มีการแก้ไขให้ทำงานยังขั้นตอนต่อไป แต่หากมีการแก้ไขการคำนวณให้กลับไปเริ่มต้นป้อนข้อมูลเพื่อทำการคำนวณใหม่อีกครั้งในขั้นตอนที่ 1
17) จบการคำนวณ

ความละเอียดของจุด หรือสัมประสิทธิ์ความสว่างภายใน ห้องจากตาราง จะมากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับเอกสารที่ผู้คำนวณใช้ในการอ้างอิง ซึ่งโดยทั่วจุดเหล่านี้จะมีจำนวนอยู่ระหว่าง 3 ถึง 5 จุด ที่ระยะร้อยละ 10, 30, 50, 70 และ ร้อยละ 90 ของความยาวห้อง (5 จุด) เท่านั้น นอกจากนี้ การคำนวณความส่องสว่าง ภายในที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี ลูเมน มักจะให้ผลการคำนวณค่าความส่องสว่างที่มากกว่า ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีการอื่น



แผนภูมิ 5.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนการคำนวณ ความส่องสว่างจากช่องเปิดด้านข้างด้วยวิธี Lumen Method

ช่องแสงด้านบนหลังคา (Top Lighting)

หลักในการคำนวณ

หลักการและขั้นตอนในการคำนวณจะมีความคล้ายคลึงกับ การคำนวณหาความส่องสว่าง ของช่องเปิดด้านข้างอาคารด้วยวิธีลูเมน คือ สามารถคำนวณได้ง่ายและรวดเร็ว การคำนวณก็จะเน้น การอ่านค่าจากตาราง เป็นสำคัญเช่นกัน การอ่านจากตารางจะทำให้ทราบค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณในสมการ เพื่อหาค่าความสว่างในแต่ละจุด เรียกว่าค่า Cu ที่กำหนดด้วยค่าอัตราส่วนพื้นที่ว่างภายในห้อง (Room Cavity Ratio , RCR) โดยที่ค่า RCR จะหาได้จาก สัดส่วนของห้องนั้นๆ

การคำนวณหาความสว่างของระนาบทำงาน (Worked plane) จากช่องแสงด้านบน ด้วยวิธีลูเมนเมททอด จะให้ความรวดเร็วในการคำนวณเช่นเดียวกับการคำนวณช่องแสงด้านข้างที่คำนวณด้วยวิธีเดียวกัน ซึ่งผลลัทธ์ที่ได้จากการคำนวณก็จะมีข้อจำกัดในเรื่องความแม่นยำของผลลัพธ์ จำนวนของตำแหน่ง ในการแสดงผลที่ต้องการและแนวการแสดงผลที่แสดงได้เฉพาะกึ่งกลางของช่องแสงเท่านั้น อย่างไรก็ตามเพื่อให้โปรแกรมมีความสมบูรณ์มากที่สุด ในส่วนของการคำนวณ ด้วยวิธีลูเมนเมททอด ที่สามารถคำนวณได้อย่างรวดเร็ว และอาศัยข้อมูลที่ไม่สลับซับซ้อนนัก ในการคำนวณ งานวิจัยนี้ จึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในส่วนการคำนวณความส่องสว่าง จากช่องแสงด้านบน รวมเข้ากับการคำนวณความส่องสว่าง จากช่องแสงด้านข้าง ด้วยเช่นกัน เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ความส่องสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคารได้หลายรูปแบบ

หลักการคำนวณด้วยวิธีลูเมนเมททอด สำหรับช่องแสงด้านบน จะมีหลักสำคัญ คือ การอ่านค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง(Cu) เพื่อใช้คำนวณในสมการจากตารางค่า Cu ที่ได้จากตารางจะถูกำหนดโดยค่าของ RCR ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากสมการ RCR = 5*h(W+l)/(wl) ในการคำนวณหากค่า RCR ที่ได้มีค่ามากกว่าค่า Cu ที่ปรากฏในตารางก็ให้เลือกใช้ค่า Cu ที่มากที่สุดในการคำนวณ ดังนั้นเพื่อต้องการหาค่า RCR จะสามารถคำนวณได้จากความกว้าง ความสูง และ ความลึกของห้อง แล้วนำค่า RCR ที่ได้มาหาค่า Cu โดยเทียบหาตำแหน่งของค่าที่ต้องการ จากค่าการสะท้อนแสงที่มีค่าแตกต่างกันในตาราง ที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าการสะท้อนแสงภายในห้อง คือ ค่าการสะท้อนแสงของเพดาน เท่ากับ 80, 50, 20 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าการสะท้อนแสงของผนังที่มีค่าระหว่าง 50, 30 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ค่าจากตาราง IES, 1989) การคำนวณค่า RCR จะใช้ค่าความสูง ที่เป็นค่าความสูงสุทธิ จากความสูงของห้อง หักลบด้วยความสูงในระดับพื้นที่ทำงาน

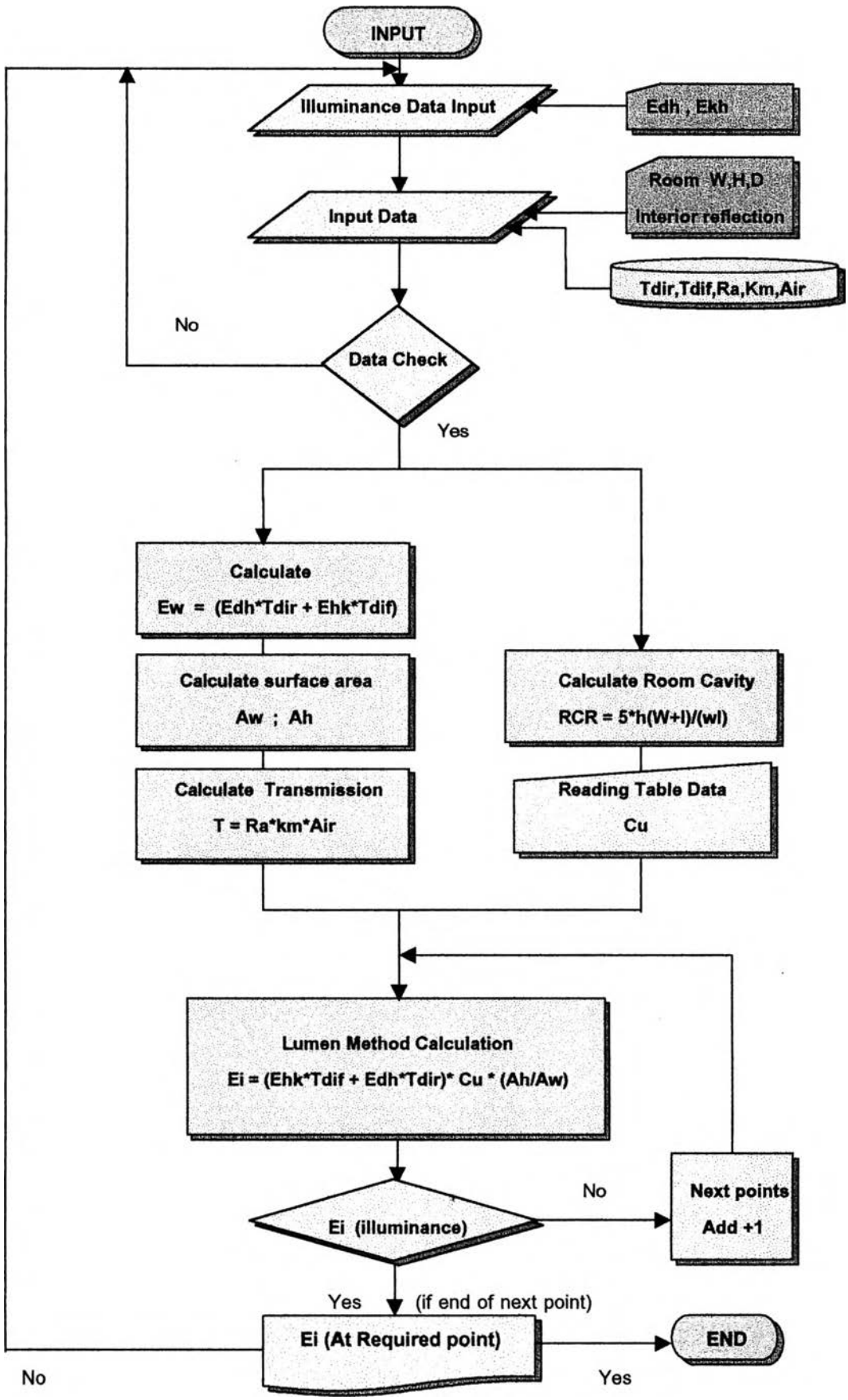
การคำนวณหาความส่องสว่างภายในอาคารจากช่องแสงด้านบน หลังจากทราบค่าสัมประสิทธิ์ Cu ซึ่งจำเป็นในการคำนวณด้วยวิธีลูเมนเมททอด ยังมีค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลอีก อาทิ ค่าการส่องทะลุผ่านของแสงธรรมชาติผ่านช่องแสง จากสมการ T= Ra*km*Air, ค่าส่องสว่างแสงธรรมชาติเมื่อผ่านวัสดุช่องเปิดจากสมการ Ew = (Edh*Tdir+Ehk*Tdif) และ ค่า Aw ; Ah ซึ่ง Aw คือ ค่าพื้นที่ของระดับใช้งาน (Worked plane area) และ Ah คือ พื้นที่ของช่องเปิดที่ตั้งฉากกับระนาบระดับใช้งาน(Worked plane) จากข้อมูลเหล่านี้ สามารถนำมาใช้เป็นตัวแปรต่างๆ ในสมการ เพื่อคำนวณหาค่าความส่องสว่างที่ต้องการ บนระนาบใช้งาน จากสมการ Ei = (Ehk*Tdif + Edh*Tdir)* Cu * (Ah/Aw) ค่าระดับความส่องสว่างที่ได้จะไม่ใช่ค่าความส่องสว่างที่ระดับพื้นห้อง แต่จะเป็นค่าระดับความส่องสว่างที่ระนาบใช้งาน ซึ่งหากมีการเปลี่ยนระดับระนาบการทำงาน ที่ความสูงต่างๆ (ที่มีค่าความสูงของห้อง หักลบด้วยความสูงที่ต้องการ) ก็จะสามารถคำนวณค่าความสว่าง ที่ต้องการ บนระนาบใช้งาน ณ ความสูงต่างๆ ที่ต้องการได้ และถ้ามีการคำนวณ ในระนาบต่างๆ หลายระนาบก็จะให้ผลในการแสดงค่าความส่องสว่างที่ละเอียดมากขึ้น

การคำนวณของโปรแกรม จะอาศัยหลักการที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในการคำนวณ ค่าความส่องสว่างของแสงบนระนาบความสูงต่างๆที่ต้องการ โดยที่ผู้ใช้งานสามารถที่จะเลือกระดับความถี่ในการแสดงผลได้ตามต้อง

การแต่จะต้องไม่มากเกินไปจากระดับที่กำหนด การอธิบายขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสามารถที่จะอธิบายเป็นข้อๆ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ได้ดังนี้

1) อ่านข้อมูลค่าความส่องสว่างของท้องฟ้า ในระนาบนอน (Ehk) และ ความสว่างรังสีตรง ในระนาบนอน (Edh)
2) อ่านค่าตัวแปรต่างๆที่จำเป็นในการคำนวณ อาทิ
   ค่าความส่องทะลุผ่านของแสงผ่านวัสดุช่องเปิด (Vt1) , ค่าความทึบแสงของวัสดุช่องเปิด (Vt2)
   ค่าพื้นที่ช่องเปิดสุทธิ (Ra) , ค่าความสกปรกของบรรยากาศ (Km) , ค่าสภาพภูมิประเทศ (Air)
   ค่าการสะท้อนแสงภายในของเพดาน , ค่าการสะท้อนแสงของผนัง สำหรับในในการอ่านตาราง
3) ตรวจสอบข้อมูล ที่ได้จากข้อมูลในข้อ 1 และ 2 หากถูกต้อง (Yes) ให้ข้ามไปทำงานยังขั้นตอนต่อไปในขั้นตอนที่ 5 แต่หากข้อมูลไม่ถูกต้องให้กลับไปตรวจสอบการป้อนข้อมูลอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 4
4) กลับไปแก้ไขข้อมูลที่คลาดเคลื่อน ในข้อที่ 1 และ 2 หากข้อมูลถูกต้องให้คำนวณยังขั้นตอน ต่อไป
5) คำนวณค่าปริมาณแสงสว่างทั้งหมดที่ตกกระทบระนาบนอน Ew = (Edh*Tdir + Ehk*Tdif)
   คำนวณหาค่าตัวแปร Aw และ Ah
6) คำนวณหาปริมาณส่องทะลุผ่านของแสงธรรมชาติผ่านช่องแสง T = Ra*km*Air
7) คำนวณค่า RCR = 5 * h (W+l)/(wl) จากขนาดของห้อง และความสูงสุทธิ ระหว่างความสูงห้องลบด้วยความสูงระดับใช้งาน
8) อ่านค่าสัมประสิทธิ์ Cu จากตาราง ตามข้อกำหนดของ ค่า RCR ที่คำนวณได้ในข้อ 7
9) นำข้อมูลข้างต้น มาคำนวณหาปริมาณความส่องสว่าง จากช่องแสงด้านบนด้วยวิธีลูเมน (Lumen Method) จากสมการ Ei = (Ehk*Tdif + Edh*Tdir)* Cu * (Ah/Aw) ค่าที่ได้จากการคำนวณจะเป็นค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคาร ณ ตำแหน่งของความสูงในระดับใช้งาน
10) ค่าความส่องสว่างที่ระนาบใช้งาน
11) ตรวจสอบค่าความส่องสว่างที่ต้องการบนระนาบใช้งาน หากผลลัพธ์ถูกต้องให้ข้ามไปยังขั้นตอนที่ 13 แต่หากผลลัพธ์ไม่สมบูรณ์ให้ไปทำงานยังขั้นตอนที่ 12
12) คำนวณค่าความส่องสว่างในจุด หรือตำแหน่งถัดไป โดยการย้อนกลับไปคำนวณในหัวข้อที่ 9 และให้นับเพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง เมื่อมีการคำนวณในจุดถัดไป
13) ค่าความส่องสว่างที่ต้องการ ณ ระนาบความสูงต่างๆ
14) ตรวจสอบค่าความส่องสว่างภายในที่คำนวณได้ หากไม่มีการแก้ไข ให้ทำงานยังขั้นตอนต่อไป แต่หากมีการแก้ไขการคำนวณให้กลับไปเริ่มต้นป้อนข้อมูลเพื่อทำการคำนวณใหม่อีกครั้งในขั้นตอนที่หนึ่ง
15) จบการคำนวณ

การคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวนี้ ค่าการส่องสว่างภายในของแสงจากช่องแสงด้านบน มักจะมีค่าการส่องสว่างสูงกว่าค่าการส่องสว่างที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีอื่น เช่นเดียวกับการคำนวณช่องเปิดด้านข้างอาคารด้วยวิธีเดียวกัน



แผนภูมิ 5.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนการคำนวณ ความส่องสว่างจากช่องแสงด้านบนด้วยวิธี Lumen Method

5.3.2 การวิเคราะห์ วิธีการคำนวณด้วยสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor)

การคำนวณด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์(Sky Factor) จะเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศอังกฤษ และประเทศทางแถบยุโรป เนื่องจากการคำนวณที่สะดวก สามารถอธิบายลักษณะการส่องสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคาร ได้ทั้งองค์ประกอบแสงตรงจากช่องเปิด (Direct Component) และ องค์ประกอบแสงกระจาย (Indirect Component) แต่การคำนวณด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor) จะมีความยุ่งยาก ในการคำนวณมากกว่าการคำนวณด้วยวิธีอื่น การคำนวณจะต้องอาศัยเครื่องคำนวณ เพื่อช่วยในการหาคำตอบ เพราะตัวเลขต่างๆ ในสมการมีความซับซ้อน และใช้การอธิบายสมการด้วย กฎของตรีโกณมิติ (cosine) ดังนั้นการคำนวณด้วยวิธีนี้ จึงไม่สะดวกในการคำนวณด้วยมือ โดยเฉพาะการคำนวณ ค่าความส่องสว่างภายในห้อง ที่มีจำนวนจุด ที่ต้องการทราบความสว่าง มากกว่าหนึ่งหรือสองจุดขึ้นไปเพราะค่าความสว่าง ในแต่ละจุดนั้น จะต้องอาศัยสมการในการอธิบายจำนวนมากกว่าหนึ่งสมการขึ้นไป ซึ่งหากจำนวนจุดที่ต้องการทราบความสว่างยิ่งมาก การแทนค่าต่างๆ ในสมการก็จะมีความยุ่งยากมากยิ่งขึ้น จนมากเกินกว่าที่จะทำการคำนวณด้วยมือ

การคำนวณด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor) แม้จะไม่เหมาะสำหรับการคำนวณด้วยมือ เนื่องจากมีค่าของตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณค่อนข้างมากทำให้ง่ายต่อการสับสน แต่ในปัจจุบันการคำนวณตัวเลขจำนวนมากมีความรวดเร็ว และถูกต้อง ด้วยการอาศัยการคำนวณจากคอมพิวเตอร์ ที่นับวัน เทคโนโลยีในแขนงนี้ จะพัฒนาขีดความเร็วขึ้นอย่างต่อเนื่อง การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาค่าความส่องสว่างภายในด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ จึงทำให้เรื่องที่ยุ่งยากกลับมาเป็นสิ่งที่ง่ายดาย ในขณะที่การคำนวณใช้เวลาในการคำนวณที่ไม่นานนัก แม้ว่าการคำนวณ จะต้องมีสมการจำนวนมาก เข้ามาเกี่ยวข้อง แตกต่างจากการคำนวณ ด้วยเครื่องคำนวณชนิดอื่นในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งการคำนวณตัวเลขจำนวนมากดังกล่าวต้องอาศัยเวลานานหลายชั่วโมง ดังนั้นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณหาปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคาร จึงช่วยให้ผู้ใช้งาน โดยทั่วไปได้รับประโยชน์เต็มที่ สามารถแก้ปัญหาความซับซ้อนจากตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor) ได้ การคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวจึง กระทำได้โดยง่าย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการคำนวณ ด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ จากหนังสือ Daylighting ของ Hopkinson ซึ่งผู้แต่งหนังสือ จัดได้ว่าเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในด้านแสงธรรมชาติ ผู้หนึ่งของโลก (ในขณะแต่งหนังสือเล่มนี้ ท่านสอนอยู่ที่ University College, London)วิธีการคำนวณแบบสกายแฟกเตอร์ ที่ศึกษานั้น จะแบ่งการอธิบายพฤติกรรมของแสงภายในอาคารออกเป็นสองลักษณะใหญ่ คือ แสงตรงจากช่องเปิด (Direct Component) และแสงกระจายจากการสะท้อนแสงภายในห้อง (Indirect Component) โดยการรวมกันขององค์ประกอบของแสงทั้งสองลักษณะ จะเป็นค่าความส่องสว่าง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ

แสงตรงจากช่องเปิด (Direct component) จะเป็นแสงตรงจากช่องเปิด ที่ส่องสว่างมายัง ตำแหน่งที่ต้องการ (Hopkinson, 1973) ได้อธิบายแสงตรงดังกล่าว ด้วยหลักของเรขาคณิต และเรียกวิธีการ คำนวณดังกล่าวว่า วิธีสกายแฟกเตอร์ การคำนวณหาค่าความส่องสว่าง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ จะเกิดจากมุมของเส้นที่ได้สมมติขึ้น ให้เป็นเส้นตั้งฉากจากช่องเปิดมารวมกัน และอาศัยหลักการของตรีโกนมิติในการอธิบายระยะต่างๆ ของรูปเรขาคณิต

แสงกระจายจากการสะท้อนแสงภายในห้อง (Indirect component) เป็นค่าเฉลี่ย ของการกระจายแสงภายในห้อง เมื่อแสงตกกระทบพื้นผิวส่วนต่างๆ ในห้องครั้งแล้วครั้งเหล่า จนกระทั่ง การสะท้อนแสงที่เกิดขึ้น มีจำนวนครั้งเป็นอนันต์ (Infinity) ซึ่งเสมือนเป็นค่าเฉลี่ยของแสง ที่ตกกระทบบนตำแหน่งที่ต้องการ การคำนวณหาค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสงภายในห้องจะใช้วิธีการ ที่เรียกว่าการแยกฟลักซ์การคำนวณ (The B.R.S.Split-Flux Transfer method) ซึ่งวิธีการนี้ จะมีข้อดีมากกว่า วิธีคำนวณค่าการสะท้อนแสงภายในแบบอื่นๆ เนื่องจากจะมี

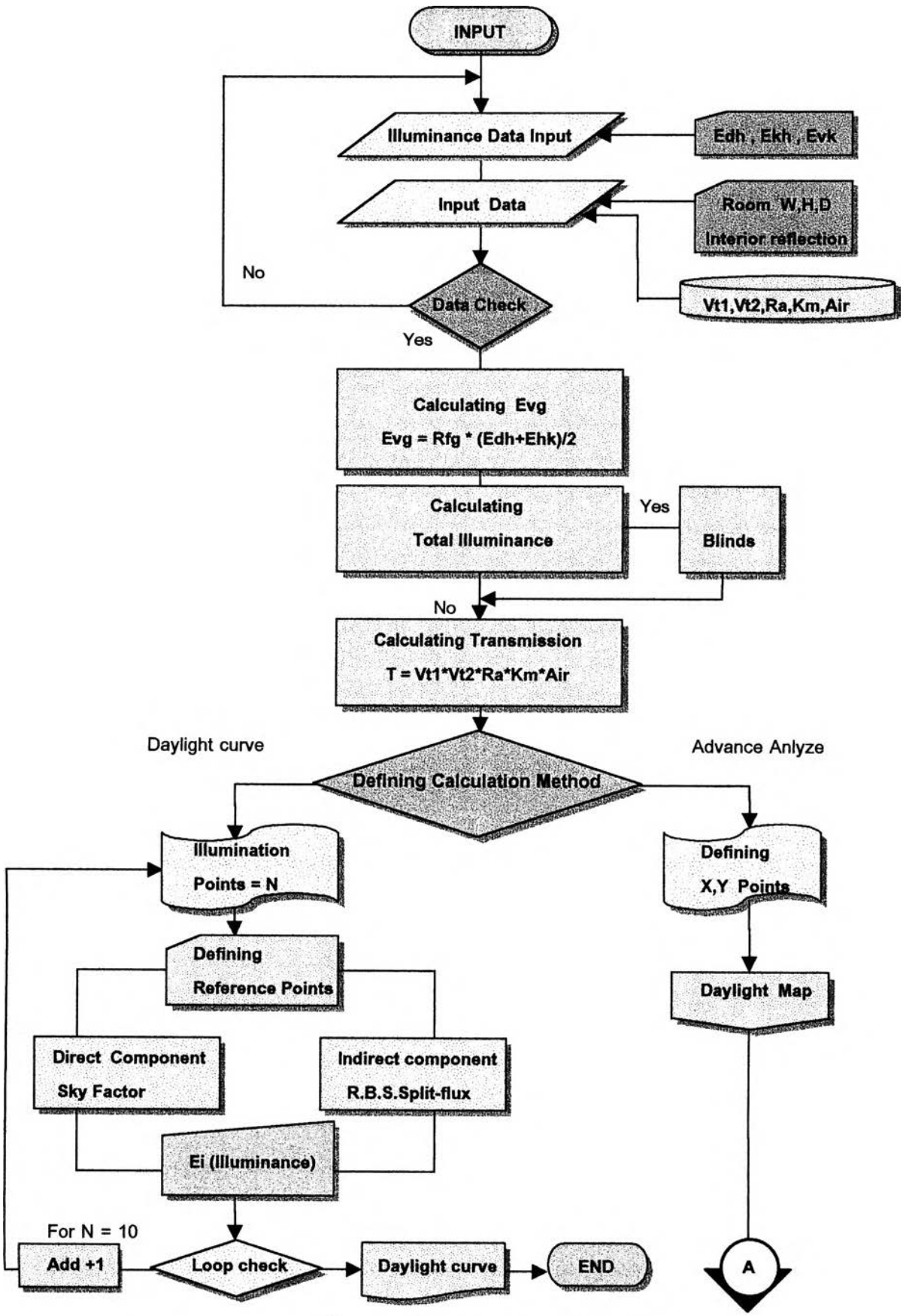
การแยกลักษณะของแสงที่กระจายเข้าสู่อาคารจากพื้นดิน และจากท้องฟ้า ที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นที่มาของชื่อการคำนวณแบบแบ่งส่วนฟลักซ์ในการคำนวณ (Split-Flux)

การคำนวณหาความส่องสว่างภายใน ณ จุดใดๆ จะได้จากการรวมกันระหว่าง องค์ประกอบของแสงตรงจากช่องเปิดและองค์ประกอบของแสงสะท้อนกระจายภายในช่องเปิดนั้น จากหลักการดังกล่าว เหล่านี้จะเป็นหัวใจของการคำนวณด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor) ที่ทำให้วิธีการนี้มีความยืดหยุ่นมากกว่า การคำนวณด้วยวิธีลูเมน (Lumen Method) การคำนวณตามหลักการของวิธี Sky Factor จะเริ่มจากการป้อนข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณ เช่นเดียวกับการคำนวณ ด้วยวิธีการอื่น แต่การคำนวณด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor) จะสามารถปรับเปลี่ยน ลักษณะของค่าการสะท้อนแสงภายใน ได้ตามต้องการ ระหว่าง 0 จนถึง 0.95 (โดยไม่ถึง 1.00 เนื่องจากจะทำให้การคำนวณมีค่าเป็นอนันต์ตามสมการ) เมื่อป้อนข้อมูลเรียบร้อยให้เลือกการคำนวณ ด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ จะมีการตรวจสอบข้อมูล ก่อนการคำนวณ โดยการคำนวณในส่วนแรก คือ การหาปริมาณแสงสว่างทั้งหมด ที่เข้าสู่ช่องเปิดอาคาร โดยพิจารณาจากแสงที่สะท้อนจากพื้นดินเข้าสู่อาคาร (Evg = Rfg * (Edh+Ehk)/2) จากแสงสว่างตรง และแสงกระจายในระนาบนอน จากครึ่งท้องฟ้า คูณกับค่าการสะท้อนแสงของพื้นดินบริเวณหน้าช่องเปิด รวมกับแสงสว่างกระจายในระนาบตั้งที่เข้าสู่อาคาร ปริมาณแสงสว่างที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร จะถูกลดทอนลง โดยค่าการส่องทะลุผ่านของแสง ของวัสดุที่ชนิดต่างๆ ที่ใช้ทำช่องเปิด ซึ่งจะเป็นสัมประสิทธิ์ ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เรียกว่าค่า Vt1 ส่วนความแตกต่างของเฉดสีในวัสดุช่องเปิดนั้นจะเรียกว่าค่า Vt2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เช่นกัน จากนั้นจึงป้อนข้อมูลชนิดของกรอบช่องเปิดที่จะให้พื้นที่สุทธิในการส่องผ่านของแสงธรรมชาติ รวมถึง ค่าความสกปรกของท้องฟ้า และสภาพบรรยากาศ ในแต่ละภูมิประเทศ ที่แตกต่างกัน

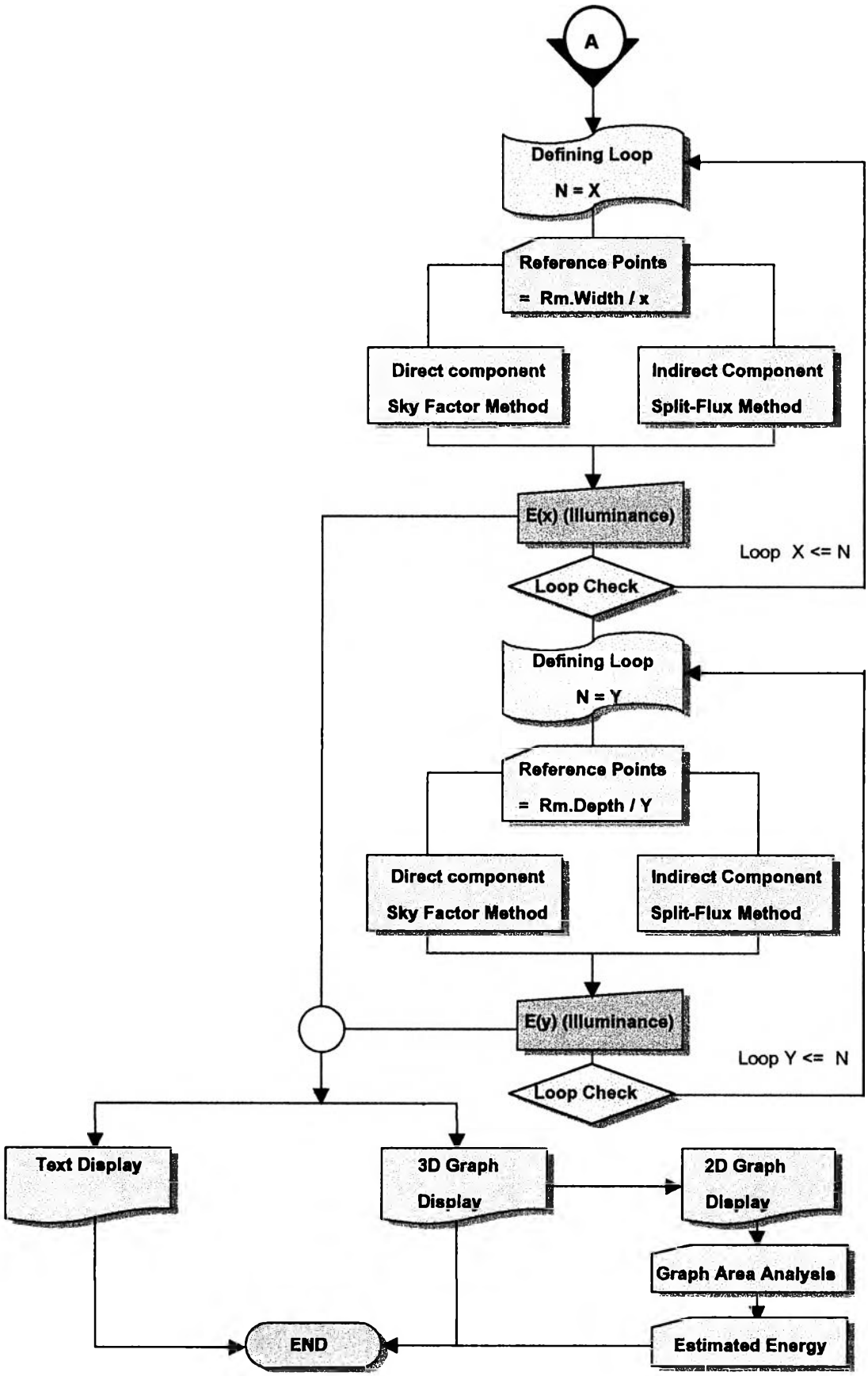
การคำนวณจะแยกการคำนวณออกเป็นสองส่วน ตามลักษณะ ขององค์ประกอบของแสง ภายในอาคาร คือ แสงตรงและแสงสะท้อนกระจาย โดยกำหนดจำนวน ความละเอียดของจุดในการคำนวณ ตามแนวนอน และแนวตั้งของอาคาร หรือจำนวนจุด X และ Y ซึ่งจะมีผลต่อการกำหนด จำนวนรอบที่จะทำการคำนวณจะต้องไม่เกินกว่าจุดที่กำหนดไว้ การวนรอบคำนวณของโปรแกรม จะเริ่มต้นคำนวณในรอบแรก โดยกำหนดให้จำนวนรอบ N = X เมื่อค่า N ในรอบแรก มีค่าเท่ากับ 1 แล้ว จึงหาความลึกของตำแหน่งภายในอาคาร ที่ต้องการ ซึ่งเรียกว่าจุดอ้างอิง (Reference points) ด้วยสมการ Rm.Width / x* N เพื่อป้อนแก่การคำนวณ ในส่วนของแสงตรงจากช่องเปิด และแสงสะท้อนกระจายภายในห้อง ซึ่งจะนำมารวมกัน เป็นค่าความส่องสว่างรวม ที่ต้องการ ณ ตำแหน่งอ้างอิง (Reference point) ค่าความสว่างที่ได้จะถูกสะสมไว้ ในทุกรอบที่ทำการคำนวณ และค่าของ N จะมีการเพิ่มค่าขึ้นครั้งละหนึ่ง ในทุกๆวงรอบที่เพิ่มขึ้น (N = N + 1) เมื่อจำนวนรอบของ N เท่ากับค่าของ X ที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่ต้น ก็จะยุติวงรอบการคำนวณทันที เพื่อไปทำงานในส่วนต่อไป ที่จะเป็นการคำนวณวงรอบในแนวตั้ง ที่มีลักษณะการวนรอบเช่นเดียว กับแนวนอน จึงไม่ขออธิบายซ้ำอีก แต่จะเปลี่ยนจากค่าของ X เป็น Y และการหาตำแหน่ง ที่ต้องการจะเป็น Rm.Depth / Y* N ผลที่ได้จากการคำนวณก็จะสะสมไว้ เช่นเดียวกับ ค่าความส่องสว่างที่ได้จากแนวตั้ง

เมื่อการวนรอบการคำนวณในแนวตั้ง และแนวนอนสิ้นสุดลง ค่าความสว่างที่ได้จะถูกนำมารวมกัน และจัดเรียงใหม่ตามลำดับในการคำนวณ ที่พร้อมจะนำไปแสดงผลทั้งในส่วนการแสดงผลต่างๆ ทั้งการแสดงผลแบบข้อความ การแสดงผลแบบ 3 มิติ และการแสดงผล แบบสองมิติ ที่จะสามารถนำไปพิจารณาหาพื้นที่ ที่ต้องการทราบความส่องสว่างเพิ่มเติมได้

ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ จะมีค่าน้อยกว่าผลลัพธ์ ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีลูเมน แต่จะมีค่าใกล้เคียงความจริงมากกว่า เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลที่ได้ กับผลการวัดจากหุ่นจำลอง นอกจากนี้แนวโน้มของกราฟที่ได้จะมีความใกล้เคียงกับกราฟที่วัดได้ จากหุ่นจำลองมากกว่าด้วยเช่นกัน (รายละเอียดของผลการเปรียบเทียบกับหุ่นจำลองจะแสดงในหัวข้อ 5.4)



แผนภูมิ 5.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนการคำนวณ
ความส่องสว่างจากช่องเปิดด้านข้างด้วยวิธี Sky Factor (มีต่อหน้าถัดไป)



แผนภูมิ 5.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนการคำนวณ
ความส่องสว่างจากช่องเปิดด้านข้างด้วยวิธี Sky Factor (ต่อ)

การคำนวณของโปรแกรม ในการหาค่าความส่องสว่าง ของแสงบนระนาบ ความลึกต่างๆ ที่ต้องการ โดยที่ผู้ใช้งานสามารถที่จะปรับระดับความลึก ในการคำนวณ ได้ตามต้องการ แต่จะต้องมีจำนวนจุด ที่ต้องการคำนวณไม่มากเกินกว่า 40 จุด(การใช้งานจริงไม่ควรเกิน 20 จุดต่อหนึ่งด้าน)

การอธิบายขั้นตอนการทำงาน ของโปรแกรมสามารถที่จะอธิบายเป็นข้อๆ เพื่อให้ง่าย ต่อการทำความเข้าใจ ได้ดังนี้

1) อ่านข้อมูลค่าความส่องสว่างของท้องฟ้า ในระนายนอน (Ehk) ระนาบตั้ง (Evk) และ ความสว่างรังสีตรงในระนาบนอน (Edh)
2) อ่านค่าตัวแปรต่างๆที่จำเป็นในการคำนวณ อาทิ
   ค่าความส่องทะลุผ่านของแสงผ่านวัสดุช่องเปิด (Vt1) , ค่าความทึบแสงของวัสดุช่องเปิด (Vt2)
   ค่าการสะท้อนแสงของพื้นดิน (Frg) , ค่าพื้นที่ช่องเปิดสุทธิ (Ra)
   ค่าความสกปรกของบรรยากาศ (Km) , ค่าสภาพภูมิประเทศ (Air)
3) ตรวจสอบข้อมูล ที่ได้จากข้อมูลในข้อ 1 และ 2 หากถูกต้อง (Yes) ให้ข้ามไปทำงานยังขั้นตอน ต่อไปในขั้นตอนที่ 5 แต่หากข้อมูลไม่ถูกต้องให้กลับไปตรวจสอบการป้อนข้อมูลอีกครั้งในขั้นตอนที่ 4
4) ตรวจสอบข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อน แล้วกลับไปแก้ไขข้อมูลที่คาดเคลื่อนนั้น ในข้อที่ 1 และ 2
5) คำนวณค่าปริมาณแสงสว่างทั้งหมดจากการสะท้อนแสงของพื้นดิน Evg = Rfg * (Edh+Ehk)/2
6) หาค่าความส่องสว่างรวม ที่ผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในอาคาร โดยการรวมกัน ของความส่องสว่างภายนอก ในระนาบตั้งและระนาบนอน
7) หากมีการใช้อุปกรณ์บังแดด ในการป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ ให้คำนวณ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของดวงอาทิตย์ แต่ในกรณีที่ไม่มีการป้องกันให้ข้ามไปยังขั้นตอนที่ 8
8) คำนวณค่าการส่องทะลุผ่าน ของแสงผ่านช่องเปิด (Transmission) จากตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลด้วยสมการ T = Vt1*Vt2*Ra*km*Air
9) เลือกรูปแบบการแสดงผลในการคำนวณ
   9.1) ต้องการแสดงผลเฉพาะ กราฟความส่องสว่างภายใน (Daylight curve) โปรแกรม จะกำหนดความละเอียดของจุดในการแสดงผลค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ที่จุดกึ่งกลาง ของช่องเปิดให้เท่ากับ 10 จุด ให้เลือกการทำงาน ในขั้นตอนที่ 10
   9.2) ต้องการแสดงผลอย่างละเอียด (Advance Analyze) ให้เลือกขั้นตอนการทำงานที่ 18
10) กำหนดความละเอียดของจุดในการคำนวณเท่ากับ 10 จุด โดยแบ่งจุดละ 10 เปอร์เซ็นต์ของความลึกห้อง
11) คำนวนความลึกของจุดที่ต้องการทราบความส่องสว่างจากเส้นตั้งฉากในแนวกึ่งกลางของช่องเปิด
12) คำนวณหาความสว่างภายในของแสงตรงจากช่องเปิด ด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor)
13) คำนวณหาความสว่างกระจายจาก การสะท้อนแสงภายในอาคาร ด้วยวิธี การคำนวณแยกฟลักซ์ (The B.R.S. Split-flux Transfer)
14) หาปริมาณความส่องสว่างของแสงภายในอาคาร จากการรวมกันของความส่องสว่าง แสงตรงจากช่องเปิด (ข้อ 12) และความสว่างกระจายจากการสะท้อนแสงภายในอาคาร (ข้อ 13)
15) ตรวจสอบวงรอบการคำนวณ หากยังมีวงรอบการคำนวณไม่ถึง 10 จุด(รอบ) ให้ย้อนกลับ ไปเริ่มคำนวณในข้อ 11 เพื่อหาความลึกตำแหน่งต่อไปในการคำนวณ และ ให้บวกจำนวนรอบเพิ่มขึ้นที่ละหนึ่ง แต่หากจำนวนรอบในการคำนวณครบ 10 จุดตามที่กำหนดให้จบวงรอบการทำงานและให้ไปทำงานต่อขั้นตอนที่ 16

16) แสดงผลค่าความส่องสว่างภายในที่ได้จากการคำนวณทั้ง 10 จุด ด้วยกราฟแสดงความส่องสว่างภายใน
17) จบการคำนวณ เพื่อแสดงผลกราฟความส่องสว่างภายใน (Daylight curve)
18) กำหนดจำนวนแถว (x) หรือแนว (Y) ในการแสดงผล โดยให้แถวแทนความถี่ตามความกว้างของห้องและแนวแทนความถี่ตามความยาวห้อง
19) เลือกการทำงาน แบบ Daylight Map
20) กำหนดจำนวนรอบ (N) การคำนวณความส่องสว่างตามแนวความยาวห้อง ตามจำนวนของแถว (x) ในขั้นตอนที่ 18 ดังนั้น N = X
21) หาตำแหน่งที่ต้องการทราบความสว่าง (Reference point) จาก Room Width/(X*N) เมื่อ N แทนจำนวนรอบที่คำนวณ
22) คำนวณความสว่างภายในของแสงตรงจากช่องเปิด ด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ จากตำแหน่งในข้อ 21
23) คำนวณหาความสว่างกระจายจากการสะท้อนแสงภายในอาคาร ด้วยวิธีการคำนวณแยกฟลักซ์ (The B.R.S. Split-flux Transfer) จากตำแหน่งในข้อ 21
24) หาปริมาณความส่องสว่างของแสงภายในอาคาร จากการรวมกันของความส่องสว่างแสงตรงจากช่องเปิด (ข้อ 22) และความสว่างกระจายจากการสะท้อนแสงภายในอาคาร (ข้อ 23)
25) ตรวจสอบวงรอบการคำนวณ หากยังมีวงรอบการคำนวณไม่ถึงจำนวน N รอบที่กำหนด ให้ย้อนกลับไปเริ่มคำนวณในข้อ 21 และ ให้บวกจำนวนรอบ เพิ่มขึ้นที่ละหนึ่ง (N = N +1) สำหรับการคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่อไป แต่หากจำนวนรอบในการคำนวณครบตามจำนวนรอบที่กำหนด N = X ให้จบวงรอบการคำนวณ และให้ไปทำงานยังขั้นตอนที่ 26
26) กำหนดจำนวนรอบ (N) การคำนวณความส่องสว่างตามแนวความยาวห้องตามจำนวนของแถว (x) ในขั้นตอนที่ 18 ดังนั้น N = Y
27) หาตำแหน่งที่ต้องการทราบความสว่าง (Reference point) จาก Room Depth / (Y*N) เมื่อ N แทนจำนวนรอบที่คำนวณ
28) คำนวณหาความสว่างภายในของแสงตรงจากช่องเปิด ด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor) จากตำแหน่งในข้อ 27
29) คำนวณหาความสว่างกระจายจากการสะท้อนแสงภายในอาคาร ด้วยวิธีการคำนวณแยกฟลักซ์ (The B.R.S. Split-flux Transfer) จากตำแหน่งในข้อ 27
30) หาปริมาณความส่องสว่างของแสงภายในอาคาร จากการรวมกัน ของความส่องสว่างแสงตรงจากช่องเปิด (ข้อ 28) และความสว่างกระจายจากการสะท้อนแสงภายในอาคาร (ข้อ 29)
31) ตรวจสอบวงรอบการคำนวณ หากยังมีวงรอบการคำนวณ ไม่ถึงจำนวน N รอบที่กำหนด ให้ย้อนกลับไปเริ่มคำนวณในข้อ 27 และให้บวกจำนวนรอบเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งรอบ (N = N +1) สำหรับการคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่อไป แต่หากจำนวนรอบในการคำนวณครบตามจำนวนรอบที่กำหนด N = Y ให้จบวงรอบการคำนวณ และให้ไปทำงานยังขั้นตอนที่ 32
32) เรียงลำดับค่าความส่องสว่างของแถวและแนว จากข้อมูล ในขั้นตอนที่ 24 และ 30
33) แสดงผลการคำนวณในลักษณะตัวเลข ค่าความส่องสว่าง ที่ได้มีการเรียงลำดับของข้อมูลแล้ว
34) ไปทำงานยังขั้นตอนที่ 40
35) แสดงผลการคำนวณในลักษณะของกราฟฟิก 3 มิติ หากต้องการให้มีการวิเคราะห์การแสดงผลให้ข้ามขั้นตอนที่ 36 ไปทำงานยังขั้นตอนที่ 37
36) ไปทำงานยังขั้นตอนที่ 40

37) แสดงผลการคำนวณของแถวที่ต้องการในลักษณะของกราฟ 2 มิติ (Daylight curve) และหาพื้นที่ใต้กราฟจากระดับความสว่างพอเพียงที่กำหนด (กำหนดให้ 500 ลักซ์ เป็นค่ามาตราฐาน)
38) คำนวณหาความส่องสว่างเฉลี่ยเพิ่มเติม ที่ต้องการจากแสงประดิษฐ์ และการใช้พลังงานอย่างคร่าวๆ จากการใช้พลังงานของหลอดไฟแสงประดิษฐ์
39) แสดงผลการคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเพิ่มเติมและการใช้พลังงานอย่างคร่าวๆ ของหลอดไฟฟ้าแสงประดิษฐ์
40) จบการคำนวณ

การคำนวณด้วยวิธีสกายแฟกเตอร์ กรณีมีจำนวนช่องเปิดด้านข้างมากกว่าหนึ่งช่องเปิด

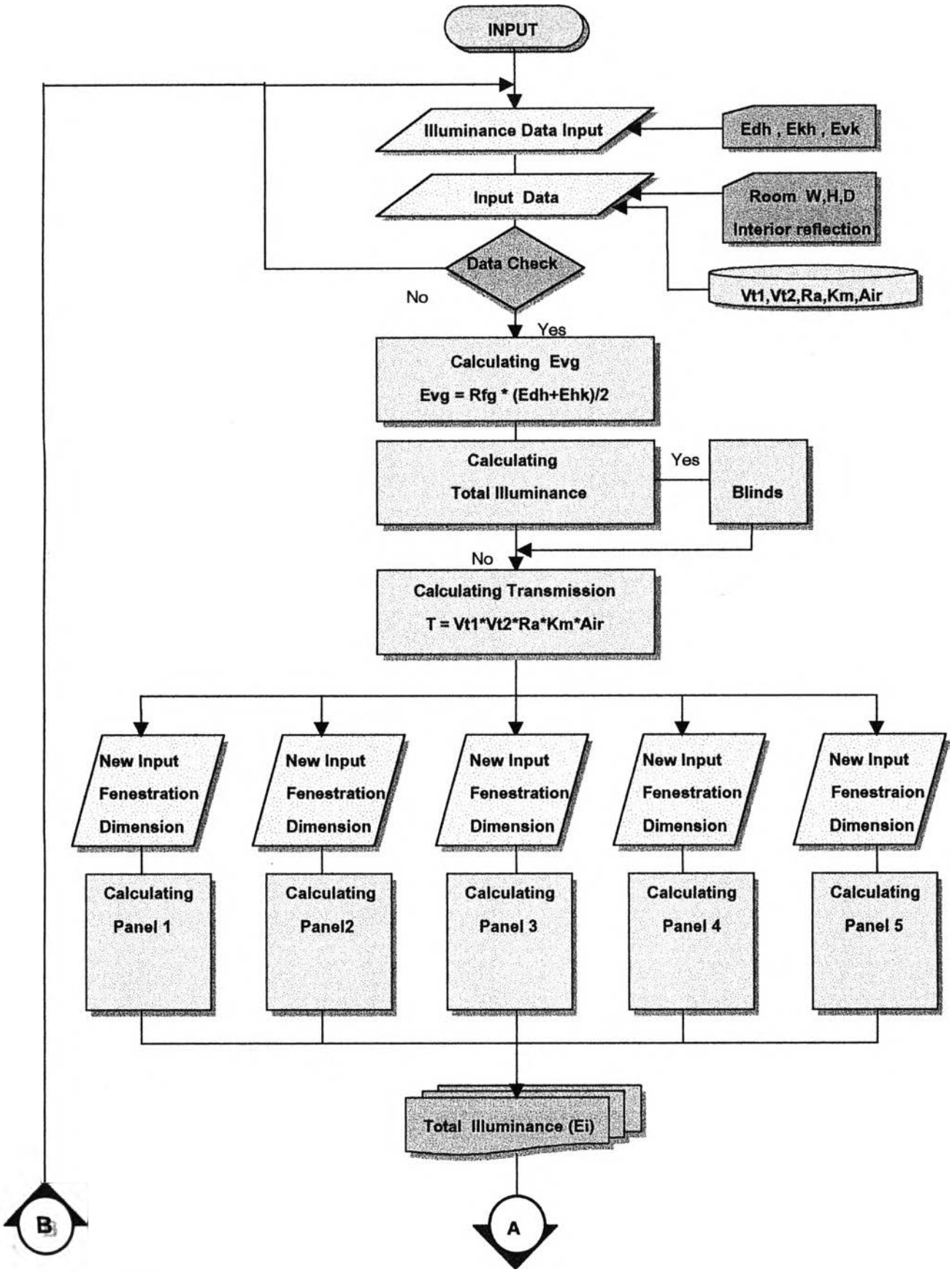
หลักการคำนวณพื้นฐาน จะมีลักษณะเช่นเดียวกับการคำนวณแสงจากช่องเปิดเพียงช่องเดียว คือ จะมีการแยกคำนวณ ระหว่างแสงตรงจากช่องเปิด และ แสงกระจายจากการ สะท้อน ของผนังภายใน ตามวิธีการคำนวณ แบบสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor) ปริมาณความส่องสว่างที่ได้ จะเป็นผลรวมระหว่าง ความส่องสว่างของแสงตรงจากช่องเปิด และแสงกระจายจากการสะท้อน แต่ในกรณี ของการคำนวณช่องเปิดด้านข้าง ที่มีมากกว่าหนึ่งช่องเปิด ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้โปรแกรมสามารถจะคำนวณจำนวนช่องเปิดได้ทั้งสิ้น จำนวน 5 ช่องเปิด การคำนวณจะต้องมีความละเอียด ของขั้นตอนในการคำนวณเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มขั้นตอนการเลือกจำนวนช่องเปิดที่ต้องการคำนวณ ที่มีการบันทึกข้อมูลของแต่ละช่องเปิดที่ไม่เกี่ยวข้องกัน กล่าวคือการคำนวณของแต่ละช่องเปิด จะมีการคำนวณที่แยกเป็นอิสระต่อกัน สามารถคำนวณ และเก็บข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ โดยไม่ข้องเกี่ยวซึ่งกันและกัน หากกล่าวให้ง่ายคือเมื่อมีการคำนวณช่องเปิดจำนวน 1 ช่องเปิด จะหมายถึงการคำนวณจะมีการทำงานทั้งสิ้น 1 ครั้ง แต่หากมีการคำนวณช่องเปิดจำนวน 5 ช่องเปิด โปรแกรมจะมีการคำนวณจำนวน 5 ครั้งตามจำนวนของช่องเปิดที่ได้เลือก โดยผลที่ได้จากการคำนวณก็จะถูกแยกเก็บไว้เป็นคนละส่วน ซึ่งช่องเปิดใดหากไม่ได้ถูกเลือกให้มีการคำนวณ ข้อมูลก็จะมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นเมื่อการคำนวณช่องเปิดที่ถูกเลือกเสร็จสิ้นผู้ใช้งานจะสามารถทราบปริมาณ ความส่องสว่างที่แท้จริง ได้จากการรวมกันของปริมาณความส่องสว่างในแต่ละช่องเปิด ซึ่งช่องเปิดใดที่มีค่าเท่ากับศูนย์เมื่อรวมกันก็จะไม่มีผลใดๆ ต่อการคำนวณ

การคำนวณในกรณีช่องเปิดมากกว่าหนึ่งช่องเปิดนั้น จะสามารถพิจารณาได้จากแผนภูมิ 5.6 และแผนภูมิ 5.7 ที่จะแสดงถึงรายละเอียดขยายการทำงานในส่วนการคำนวณของแต่ละช่องเปิด จากแผนภูมิดังกล่าวจะพิจารณาได้ว่า ขั้นตอนของการทำงาน โดยทั่วไปจะยังคงรูปแบบเดิม ซึ่งผู้ใช้งาน จะไม่สับสนในการป้อนข้อมูลต่างๆ เช่นเดียวกับการคำนวณช่องเปิดเพียงช่องเปิดเดียว เพียงแต่การคำนวณ จะแยกการคำนวณออกเป็น 5 ช่องเปิดย่อย

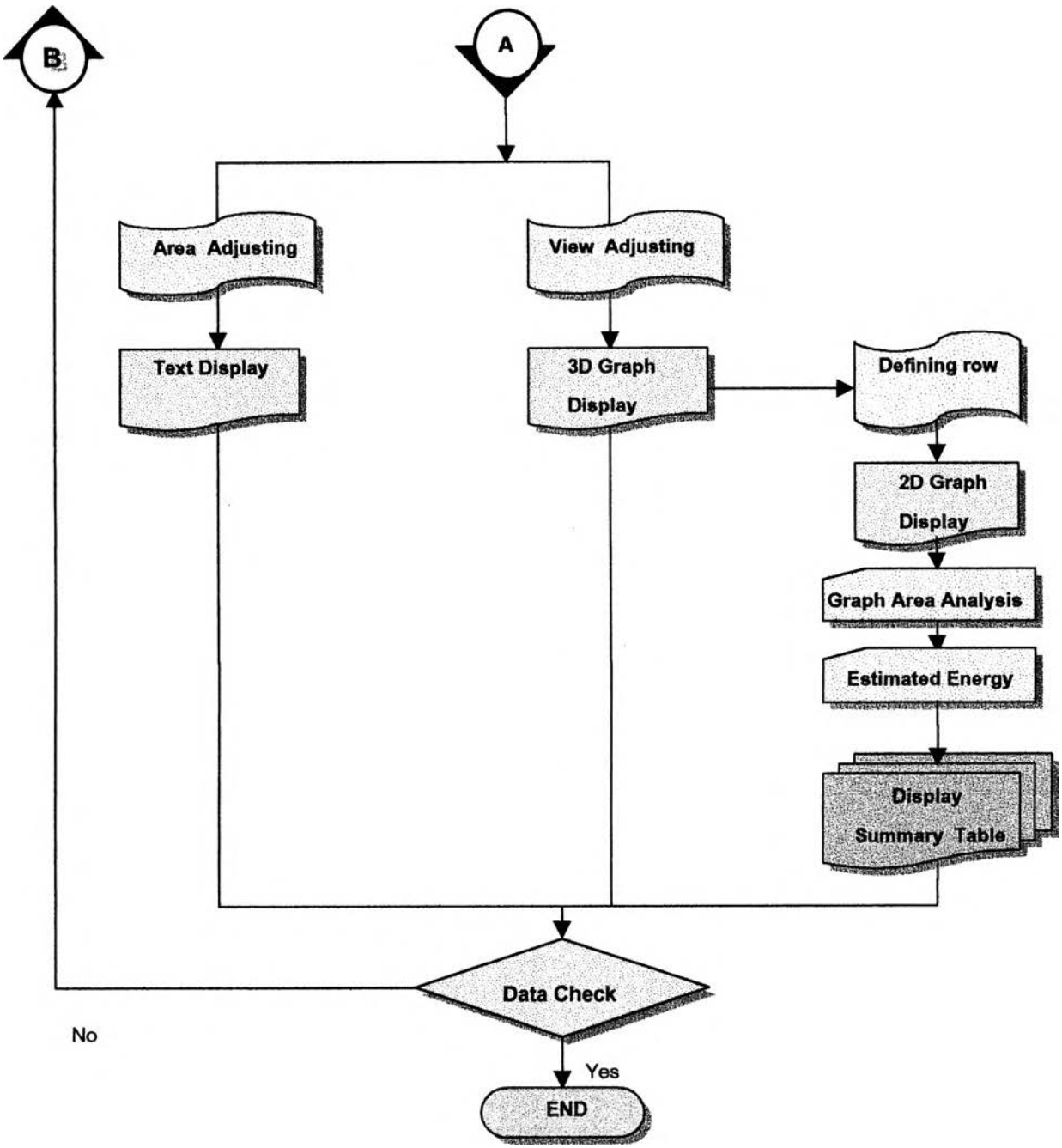
การป้อนข้อมูลช่องเปิดที่แตกต่างกัน เพื่อคำนวณนั้น โปรแกรมจะกำหนดให้ ข้อมูลของช่องเปิด ทั้งขนาด และตำแหน่ง ในแนวแกน X , Y , Z ที่ได้ป้อนลงไปในหน้าจอ ของการป้อนข้อมูล แบบหลายช่องเปิด (Multi Window) นั้น ไปทับข้อมูลเดิม (เสมือนการลบข้อมูลเดิมและแทนที่ด้วยข้อมูลใหม่) และเมื่อมีการคำนวณช่องเปิดถัดไป ข้อมูลของช่องเปิดถัดไป ก็จะมาทับข้อมูลที่มีอยู่ก่อนหน้า เป็นเช่นนี้ ไปเรื่อยๆ การคำนวณหาปริมาณความส่องสว่างรวม จึงจำเป็นที่จะต้องคำนวณที่ละช่องเปิด แล้วจึงนำมาผลที่ได้ มารวม ในภายหลัง ในกรณีเมื่อมีการแก้ไขข้อมูลของช่องเปิดใหม่ ก็จำเป็นที่จะต้องสั่งให้ มีการคำนวณใหม่ แล้วจึงรวมกันใหม่ อีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นหากช่องเปิดใดที่มีค่าความส่องทะลุผ่านของแสงสว่าง (Visible Transmission) ที่ไม่เท่ากับช่องเปิดก่อนหน้า ก็จะสามารถแก้ไขได้ โดยการออกจากหน้าจอการคำนวณแบบหลายช่องเปิด (Multi window)เสียก่อน

เพื่อไปแก้ค่าการส่องทะลุผ่านของแสง ให้ได้ตามต้องการ ซึ่งหลังจากแก้ไขเสร็จเรียบร้อย ก็ให้เรียกหน้าจอการคำนวณแบบ Multi window ให้ปรากฏขึ้นมาอีกครั้ง เพื่อคำนวณช่องเปิดถัดไป ซึ่งช่องเปิดใหม่ ก็จะใช้ข้อมูลค่าการส่องทะลุผ่านที่ได้แก้ไขแล้วในการคำนวณ

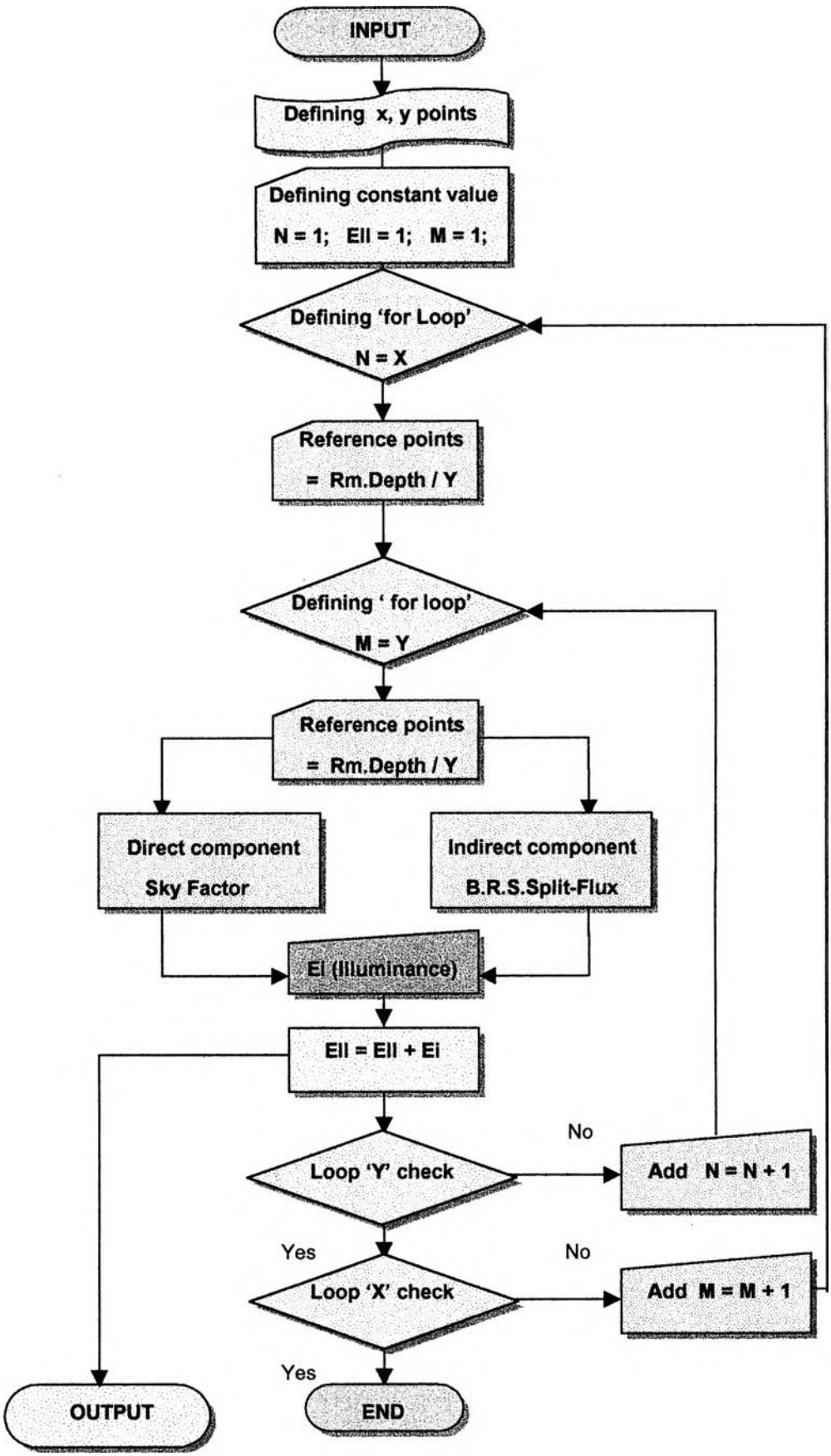
จากรายละเอียดข้างต้น จะแสดงเห็นว่า การคำนวณช่องเปิด แต่ละช่องเปิด จะไม่มีความเกี่ยวข้องกันเลย ผลที่ได้จากการคำนวณจะเป็นอิสระและแสดงผลได้ด้วยตัวเอง ทั้งสองและสามมิติ นอกจากนี้ เพื่อให้การคำนวณถูกต้อง จึงกำหนดให้ผู้ใช้งานสามารถที่จะปรับเปลี่ยนจำนวนของแถว และแนวได้ เฉพาะการคำนวณในช่องเปิด (Panel) ที่หนึ่งเท่านั้น กรณีของช่องเปิดถัดไปจะไม่สามารถปรับเปลี่ยนค่าตัวเลขดังกล่าวได้ เนื่องจากค่าของจำนวนแถวและ แนวที่ไม่เท่ากันในทุกๆ ช่องเปิดที่ทำการคำนวณ จะทำให้เกิดความแตกต่างของจำนวนข้อมูล ที่ไม่สามารถนำค่าความสว่างของแต่ละช่องเปิดมารวมกันได้ และเพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาดดังกล่าว จึงกำหนดให้สามารถป้อนค่าดังกล่าวได้เฉพาะช่องเปิดที่หนึ่งเท่านั้น



แผนภูมิ 5.6 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการคำนวณความส่องสว่าง จากช่องเปิดด้านข้างด้วยวิธี Sky Factor มากกว่าหนึ่งช่องเปิด



แผนภูมิ 5.6 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการคำนวณความส่องสว่าง จากช่องเปิดด้านข้างด้วยวิธี Sky Factor มากกว่าหนึ่งช่องเปิด (ต่อ)



แผนภูมิ 5.7 แสดงรายละเอียดขยายขั้นตอนการคำนวณในส่วนของ **Calculating Panel**

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม จะมีลักษณะ เช่นเดียวกับ การคำนวณช่องเปิด เพียงช่องเปิดเดียว โดยเฉพาะในส่วนต้นของการคำนวณ เพื่อป้อนข้อมูล และส่วนท้าย สำหรับแสดงผลข้อมูล จะมีขั้นตอนการทำงานที่เหมือนกันทุกประการ แต่กรณีการป้อนข้อมูลหลายช่องเปิดนั้นจะต่างกัน ในส่วนของการเลือกจำนวนช่องเปิดที่คำนวณเท่านั้น ดังนั้นการอธิบายขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม สามารถอธิบายเป็นข้อๆ ดังนี้

1) อ่านข้อมูลค่าความส่องสว่าง ของท้องฟ้า ในระนายนอน (Ehk) ระนาบตั้ง (Evk) และ ความสว่างรังสีตรงในระนาบนอน (Edh)
2) อ่านค่าตัวแปรต่างๆที่จำเป็นในการคำนวณ อาทิ
   ค่าความส่องทะลุผ่านของแสงผ่านวัสดุช่องเปิด (Vt1) , ค่าความทึบแสงของวัสดุช่องเปิด (Vt2)
   ค่าการสะท้อนแสงของพื้นดิน (Frg) , ค่าพื้นที่ช่องเปิดสุทธิ (Ra)
   ค่าความสกปรกของบรรยากาศ (Km) , ค่าสภาพภูมิประเทศ (Air)
3) ตรวจสอบข้อมูล ที่ได้จากข้อมูลในข้อ 1 และ 2 หากถูกต้อง (Yes) ให้ข้ามไปทำงาน ยังขั้นตอนต่อไปในขั้นตอนที่ 5 แต่หากข้อมูลไม่ถูกต้องให้กลับไปตรวจสอบการป้อนข้อมูลอีกครั้งในขั้นตอนที่ 4
4) ตรวจสอบข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อน แล้วกลับไปแก้ไขข้อมูลที่คาดเคลื่อนนั้น ในข้อที่ 1 และ 2
5) คำนวณค่าปริมาณแสงสว่างทั้งหมดจากการสะท้อนแสงของพื้นดิน Evg = Rfg * (Edh+Ehk)/2
6) หาค่าความส่องสว่างรวมที่ผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในอาคาร โดยการรวมกัน ของความส่องสว่างภายนอกในระนาบตั้งและระนาบนอน
7) หากมีการใช้อุปกรณ์บังแดด ในการป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ ให้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ การบังแดดของดวงอาทิตย์ แต่ในกรณีที่ไม่มีการป้องกันให้ข้ามไปยังขั้นตอนที่ 8
8) คำนวณค่าการส่องทะลุผ่าน ของแสงผ่านช่องเปิด (Transmission) จากตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลด้วยสมการ T = Vt1*Vt2*Ra*km*Air
9) เลือกจำนวนช่องเปิดที่ต้องการคำนวณ จาก 1 ถึง 5 ช่องเปิด
10) ป้อนข้อมูลขนาด และตำแหน่งของช่องเปิดอีกครั้งหนึ่ง ให้ครบตามจำนวนช่องเปิดที่ได้เลือก (ข้อมูลที่ป้อนในข้อ 10 จะถูกนำไปแทนที่ข้อมูล ขนาด และตำแหน่งของช่องเปิดเดิม)
11) กำหนดขนาดของจำนวนแถวนอน และแถวตั้งในการคำนวณ และแสดงผล (เฉพาะกรณีที่ป้อนข้อมูลของช่องเปิดที่หนึ่งเท่านั้น)
12) โปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ในการคำนวณวงรอบ (Loop)
13) เริ่มต้นวงรอบการคำนวณตามแถว (Row) เมื่อกำหนดให้ N = X จำนวนรอบในการคำนวณ จะต้องเท่ากับจำนวนแถว X
14) กำหนดตำแหน่งที่ต้องการทราบความส่องสว่างภายในต ามความกว้างของห้อง = Rm.Width / X
15) เริ่มต้นวงรอบการคำนวณตามแนว (Column) เมื่อกำหนดให้ M = Y จำนวนรอบในการคำนวณจะต้องเท่ากับจำนวนแนว Y
16) กำหนดตำแหน่งที่ต้องการทราบความส่องสว่างภายในตามความกว้างของห้อง = Rm.Depth / Y
17) คำนวณค่าความส่องสว่างที่ได้จากแสงตรงจากช่องเปิดด้วย วิธีสกายแฟกเตอร์ (Sky Factor)
18) คำนวณค่าความส่องสว่างกระจายของแสงสะท้อน ภายในห้อง ด้วยวิธีการแยกฟลักซ์การคำนวณ (The R.B.S Split-Flux)
19) ปริมาณความส่องสว่าง ภายในห้อง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ จากการรวมกัน ของแสงตรงจากช่องเปิด และแสงกระจายจากการสะท้อนภายในห้อง
20) บันทึกข้อมูลความส่องสว่างที่ได้จากขั้นตอนที่ 19 เพิ่มขึ้น ทีละ 1 ข้อมูล

21) ตรวจสอบวงรอบการคำนวณ (M) และจำนวนแนว Y หากครบวงรอบให้ออกจากวงรอบ เมื่อ M = Y แต่หากยังไม่ครบวงรอบให้กลับไปคำนวณยังขั้นตอน 16 โดยบวกจำนวนวงรอบเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งวงรอบ

22) ตรวจสอบวงรอบการคำนวณ (N) และจำนวนแถว X หากครบวงรอบ ให้ออกจากวงรอบ เมื่อ N = X แต่หากยังไม่ครบวงรอบให้กลับไปคำนวณยังขั้นตอน 13 โดยบวกจำนวนวงรอบเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งวงรอบ

23) การบวกเพิ่มของข้อมูล ผลคำนวณค่าความส่องสว่างตามแถวและแนวที่กำหนด ตามขั้นตอนที่ 20

24) ปริมาณความส่องสว่างที่แท้จริง จากการรวมกันของค่าความส่องสว่างจากช่องเปิดต่างๆ

25) เรียงลำดับค่าความส่องสว่างของแถวและแนว จากข้อมูล ในขั้นตอนที่ 24

26) แสดงผลการคำนวณค่าความส่องสว่าง ที่ได้มีการเรียงลำดับของข้อมูลแล้ว ในลักษณะที่เป็นข้อความต่างๆ

27) หากต้องการแสดงผลการคำนวณในลักษณะอื่น ให้ทำขั้นตอนถัดไป (ขั้นตอนที่ 28) แต่หากต้องการจบการทำงานให้ทำ งานยังขั้นตอนที่ 33

28) แสดงผลการคำนวณในลักษณะของกราฟฟิก 3 มิติ หากต้องการให้มีการวิเคราะห์การแสดงผลให้ข้ามขั้นตอนที่ 30

29) หากต้องการแสดงผลการคำนวณในลักษณะอื่น ให้ทำขั้นตอนถัดไป แต่หาก ต้องการจบการทำงาน ให้ทำ งานยังขั้นตอนที่ 33

30) แสดงผลการคำนวณของแถวที่ต้องการในลักษณะของกราฟ 2 มิติ (Daylight curve) และหาพื้นที่ใต้กราฟจากระดับความสว่างพอเพียงที่กำหนด (กำหนดให้ 500 ลักซ์ เป็นค่ามาตราฐาน)

31) คำนวณหาความส่องสว่างเฉลี่ยเพิ่มเติม ที่ต้องการจากแสงประดิษฐ์ และการใช้พลังงานอย่างคร่าวๆ จากการใช้พลังงานของหลอดไฟแสงประดิษฐ์

32) แสดงผลการคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเพิ่มเติมและการใช้พลังงานอย่างคร่าวๆ ของหลอดไฟฟ้าแสงประดิษฐ์

33) ตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม หากไม่มีการแก้ไขให้ทำขั้นตอนที่ 34 แต่หากต้องการแก้ไขรายละ เอียดในการคำนวณ ให้กลับไปเริ่มต้นใหม่ในขั้นตอน 1

34) จบการคำนวณ

5.4 การวิเคราะห์ผลการคำนวณจากโปรแกรม

การหาค่าความส่องสว่างของแสง ณ จุดใดๆ ภายในอาคาร จะได้จากการรวมกันระหว่างองค์ประกอบของแสงตรงจากช่องเปิด และ แสงกระจายจากการสะท้อนแสงภายในอาคาร (ตามทฤษฎีของ Hopkinson) และเพื่อเป็นการทดสอบ ทฤษฎีดังกล่าว ในงานวิจัยนี้ จึงได้ทำการทดสอบองค์ประกอบทั้งสองของแสงข้างต้น โดยการวัดค่าความส่องสว่างภายในจากหุ่นจำลอง 2 ชุด ให้ชุดหนึ่ง กำหนดให้มีผนังภายในสีดำทึบ มีค่าการสะท้อนแสงภายในใกล้เคียงศูนย์ และหุ่นจำลองอีกชุด จะกำหนดให้มีค่าการสะท้อนแสงภายในใกล้เคียงหนึ่ง มีวัสดุภายในเป็นวัสดุ ที่มีผิวมันวาว (อาทิ พวกอลูมิเนียมฟลอย์, เงินขัดมัน ,หรือกระจก เป็นต้น) การศึกษาจะแสดงถึงผลของค่าความส่องสว่างที่ได้ ใน 2 ลักษณะ โดยลักษณะแรก จะแสดงถึงแสงตรงจากช่องเปิด สำหรับหุ่นจำลองสีดำทึบ เนื่องจากวัสดุสีดำทึบจะทำให้หุ่นจำลองมีค่าการสะท้อนแสงภายในที่ค่อนข้างน้อยมาก แสงที่ได้จึงเสมือนเป็นแสงตรงจากช่องเปิดเท่านั้น และลักษณะ ที่สองคือแสงกระจายเต็มที่จากหุ่นจำลอง ที่ใช้วัสดุภายใน เป็นวัสดุมันวาว ซึ่งการสะท้อนแสงของวัสดุดังกล่าว จะมีค่ามากเป็นพิเศษ จึงเสมือนมีค่าการสะท้อนแสงที่สมบูรณ์ภายในหุ่นจำลองนั้น ซึ่งจะใช้ทดสอบปริมาณแสงกระจาย ดังนั้นหากทฤษฎีดังกล่าวถูกต้อง (Hopkinson, 1973) เราจะทราบถึงปริมาณความส่องสว่างจากแสงตรงเพียงอย่างเดียว และปริมาณแสงตรง กับแสงกระจาย รวมกันจากหุ่นจำลองที่มีผิวมันวาว เมื่อนำผลการทดสอบทั้งสองมาหักลบกัน ก็จะได้ปริมาณความส่องสว่าง ของแสงกระจายแต่เพียงอย่างเดียว และหากเป็นไปตามทฤษฎี ลักษณะของแสงกระจายที่ได้ดังกล่าว จะต้องมีลักษณะเป็นเส้นตรง เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมด ของแสงกระจาย แต่ในการทดสอบจริงนั้น ผลการทดสอบที่ได้ จะให้คุณสมบัติของการสะท้อนแสงภายในอาคารเสมือนเป็นเส้นตรง เนื่องจากการทดสอบไม่สามารถควบคุม ตัวแปรบางตัวได้ มีการสูญเสียความส่องสว่างบางส่วนให้แก่ช่องเปิด สังเกตได้จากกราฟ ในช่วงแรก จะมีค่าน้อยกว่ากราฟในส่วนอื่น จากนั้นลักษณะของกราฟจึงมีความราบเรียบคล้ายเส้นตรงที่มีความลาดชันเล็กน้อย ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากวัสดุภายใน ของหุ่นจำลองผิวมันวาวนั้น ไม่ได้มีค่าการสะท้อนแสงภายในเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ตามทฤษฎี ดังนั้นกราฟจึงไม่ใช่เส้นตรง และการที่ค่าการสะท้อนแสงภายในเป็น 100 เปอร์เซ็นต์นั้น จะไม่มีทางเป็นไปได้ในทางปฏิบัติจริง และการคำนวณ แต่จะเป็นเพียงการสะท้อนแสงแบบอุดมคติมากกว่า เพราะค่าดังกล่าว จะทำให้ผลที่ได้จากการคำนวณ มีค่าเป็นอนันต์ (ตัวหารเท่ากับศูนย์)

การทดสอบลักษณะของแสงกระจายจากหุ่นจำลอง แม้ผลการทดสอบที่วัดได้จากกราฟ จะไม่ใช่เส้นตรง แต่สามารถแสดงแนวโน้มที่จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงได้ จึงสรุปได้ว่า การที่กราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงนั้นแสดงให้เห็นความสอดคล้องกับทฤษฎีดังกล่าว

ดังนั้นสมมติฐานของทฤษฎีดังกล่าว จึงมีความเป็นไปได้ ที่สามารถนำมาสรุป เป็นทฤษฎี เพื่อใช้ในการศึกษาปริมาณ ความส่องสว่างของแสงภายในจากองค์ประกอบ ของ แสงตรงจาก ช่องเปิด และ แสงสะท้อนกระจายภายในห้อง ผลการคำนวณที่ได้จากการรวมกัน ขององค์ประกอบทั้งสอง จะมีค่าความสว่างใกล้เคียงความจริงยิ่งขึ้น หากค่าความส่องสว่างกระจายที่ได้ไม่ใช่ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย แต่เป็นค่าความสว่างที่เกิดขึ้นจริง ณ ตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าความส่องสว่างนั้น

5.4.1 ผลการทดสอบหุ่นจำลอง เพื่อหาความส่องสว่างตรงจากช่องเปิด (Direct Component)

หุ่นจำลองเพื่อทดสอบ หาค่าความส่องสว่างตรงจากช่องเปิด จะมีค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสงของผนังภายในเท่ากับ 0.06 (จากการทดสอบ) มีการจำลองขนาดอาคาร ที่มีความกว้าง 8 เมตร ลึก 16 เมตร และสูง 4 เมตร ด้วยมาตราส่วน 1: 20

การทดสอบจะวัดค่าความสว่างภายในด้วยเครื่องมือวัดแสง ทุกระยะ กว้าง x ยาว เท่ากับ 1 เมตร มีผลค่าความส่องสว่าง ที่ได้จากการทดสอบดังนี้

ข้อมูลจำเพาะการทดสอบ
ค่าความสว่างภายนอก ในระนาบนอน (Ehk) ภายในห้องท้องฟ้าจำลอง (Sky dome) = 5,600 ลักซ์
ค่าความสว่างภายนอก ในระนาบตั้ง (Evk) ภายในห้องท้องฟ้าจำลอง (Sky dome) = 2,500 ลักซ์

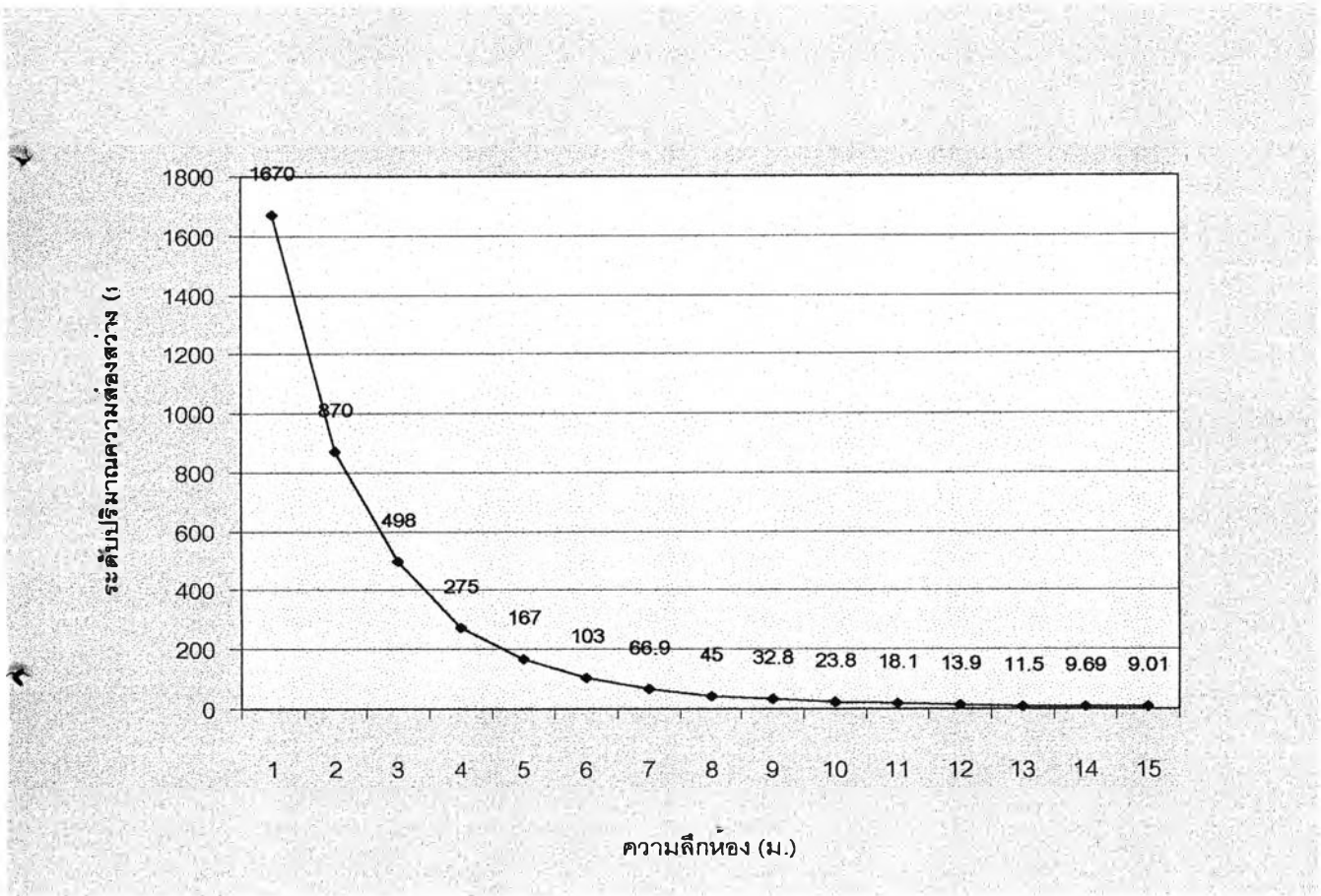
ค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง ที่มีค่าการสะท้อนแสงภายใน = 0.06

ตารางแสดงผลค่าความส่องสว่าง (หน่วยลักซ์, Lux)

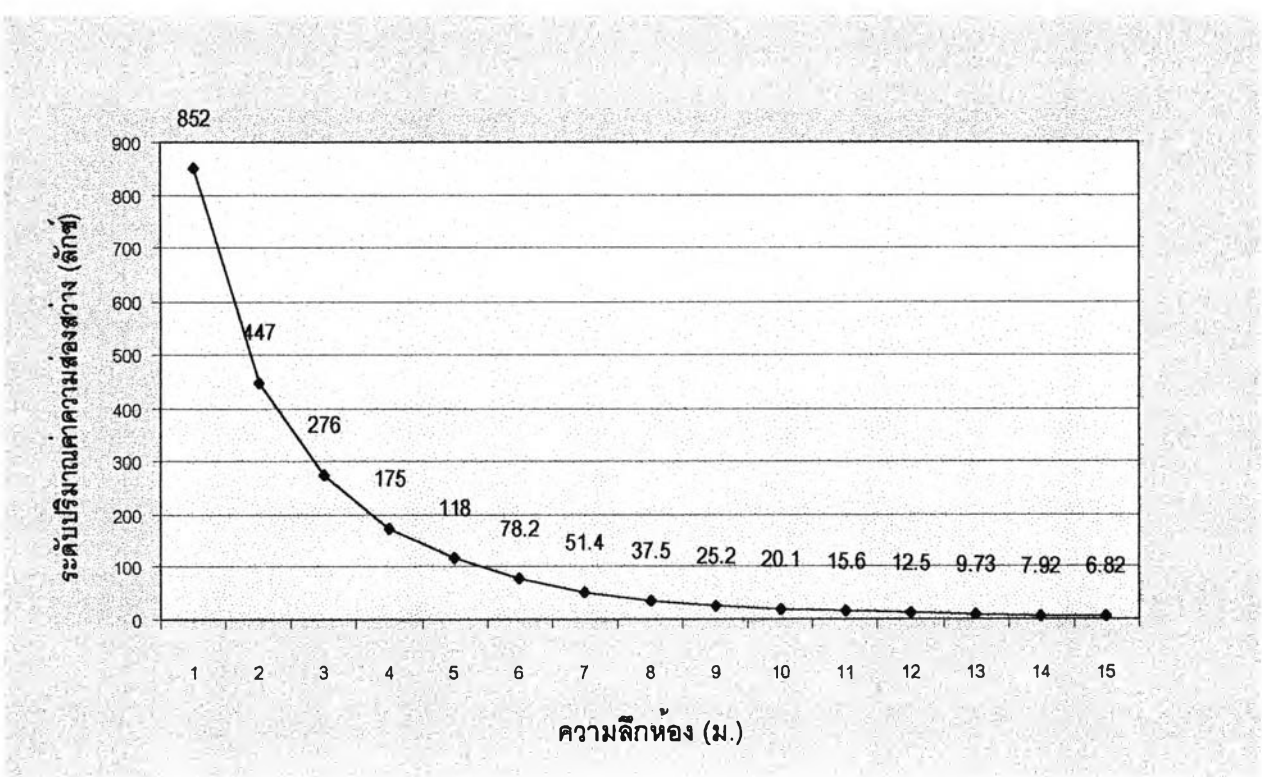
Points (in.)	P1 3	P2 2	P3 1	P4 CI	P5 1	P6 2	P7 3
1	863	1390	1540	1670	1530	1390	852
2	450	677	796	870	785	660	447
3	277	369	435	498	440	360	276
4	174	218	251	275	256	214	175
5	117	141	156	167	153	132	118
6	77	87.5	99	103	99.4	84.1	78.2
7	50.4	58.8	60.3	66.9	63.6	54.4	51.4
8	38.3	38.3	39.0	45	43	36.8	37.5
9	27.5	27.7	27.0	32.8	29.4	26.3	25.2
10	20.2	21.2	20.2	23.8	22	20.9	20.1
11	14.8	16.3	15.5	18.1	17.5	15.9	15.6
12	11.6	13.3	12.0	13.9	13.4	13	12.5
13	9.17	10.7	9.53	11.5	10.6	10.3	9.73
14	7.77	8.65	9.06	9.69	9.37	8.36	7.92
15	6.45	7.63	8.11	9.01	8.05	7.8	6.82

หมายเหตุ ทดสอบเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2542 เวลา 14:45 น.

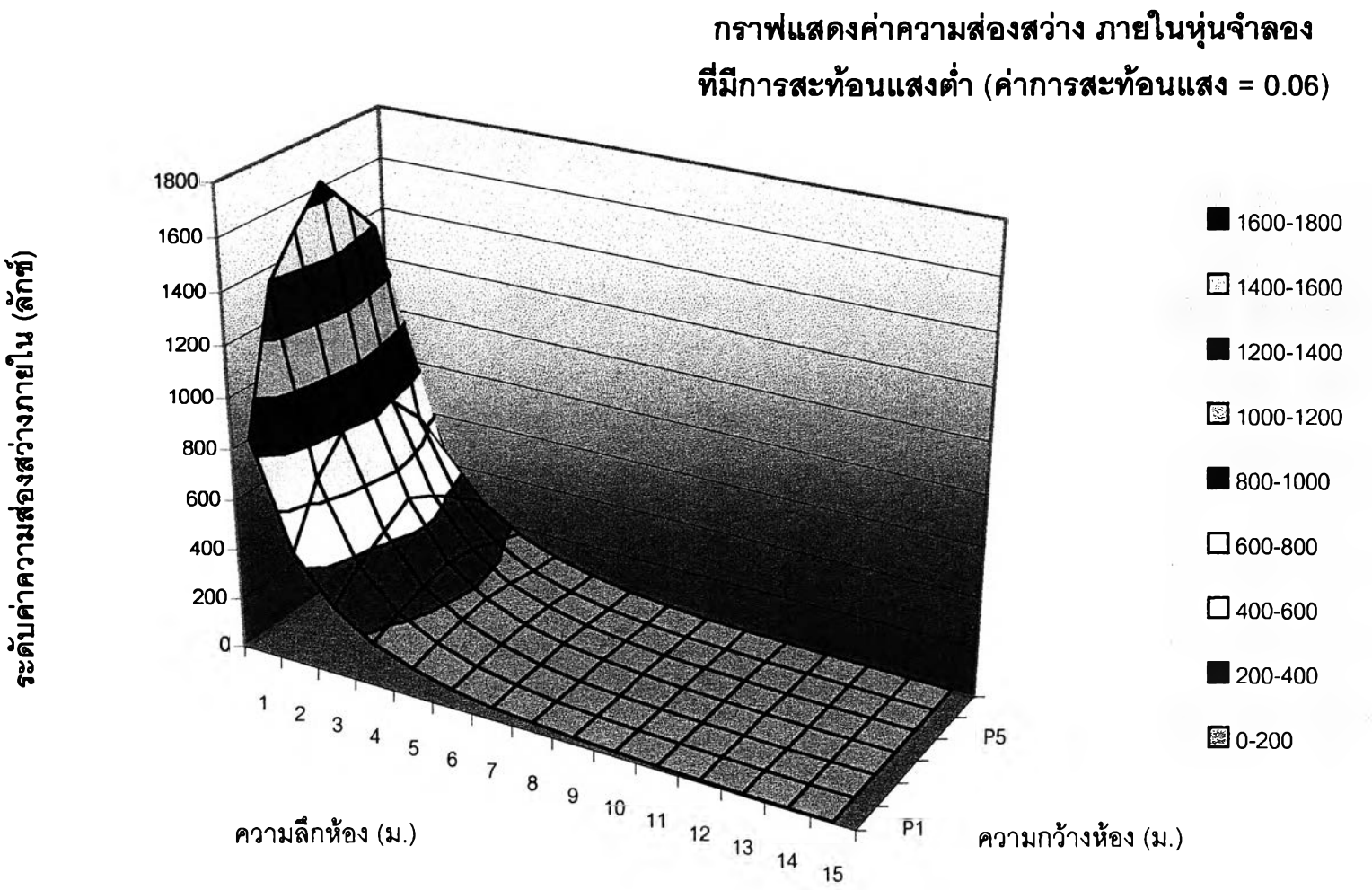
ตาราง 5.1 แสดงผลการทดสอบ ค่าความส่องสว่างแสงตรงจากช่องเปิด ด้วยหุ่นจำลอง



รูป 5.3 กราฟแสดงค่าความส่องสว่างภายใน แนวกึ่งกลางช่องเปิด (แนว P4, CI)



รูป 5.4 กราฟแสดงค่าความส่องสว่างภายใน แนวริมของช่องเปิด (แนว P7 , 3)



รูป 5.5 กราฟ 3 มิติแสดงค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง เพื่อทดสอบแสงตรงจากช่องเปิด

5.4.2 ผลการทดสอบหุ่นจำลอง เพื่อหาความสว่างสะท้อนกระจายจากช่องเปิด (Indirect Component)

หุ่นจำลองเพื่อทดสอบ หาค่าความส่องสว่างตรงจากช่องเปิด จะมีค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสงของผนังภายในเท่ากับ 0.92 (จากการทดสอบ) มีการจำลองขนาดอาคาร ที่มีความกว้าง 8 เมตร ลึก 16 เมตร และสูง 4 เมตร ด้วยมาตราส่วน 1: 20

การทดสอบจะวัดค่าความสว่างภายในด้วยเครื่องมือวัดแสง ทุกระยะกว้าง x ยาว เท่ากับ 1 เมตร มีผลค่าความส่องสว่าง ที่ได้จากการทดสอบดังนี้

ข้อมูลจำเพาะการทดสอบ
ค่าความสว่างภายนอก ในระนาบนอน (Ehk) ภายในห้องท้องฟ้าจำลอง (Sky dome) = 5,600 ลักซ์
ค่าความสว่างภายนอก ในระนาบตั้ง (Evk) ภายในห้องท้องฟ้าจำลอง (Sky dome) = 2,500 ลักซ์

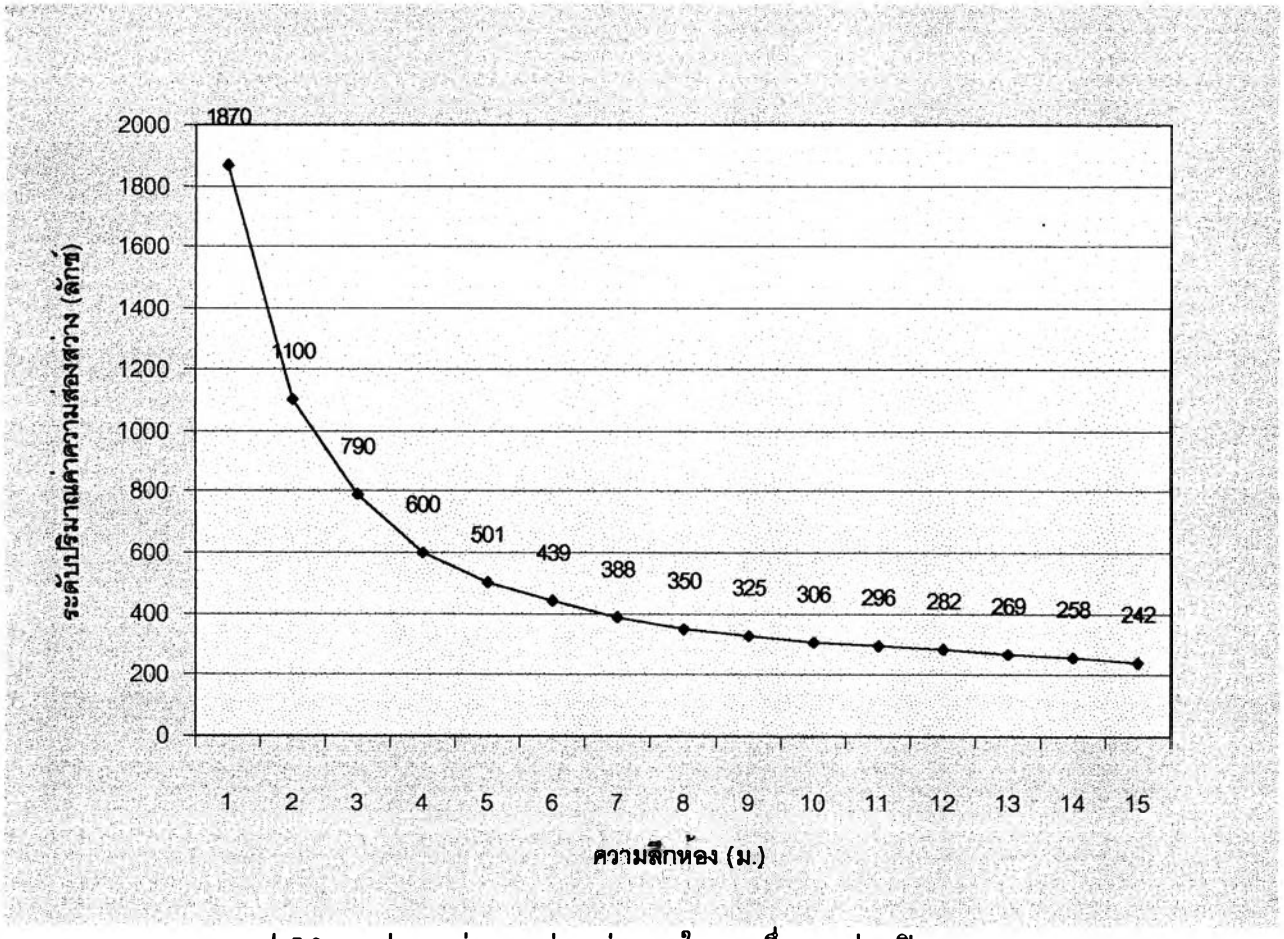
ค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง ที่มีค่าการสะท้อนแสงภายใน = 0.92

ตารางแสดงผลค่าความส่องสว่าง (หน่วยลักซ์, Lux)

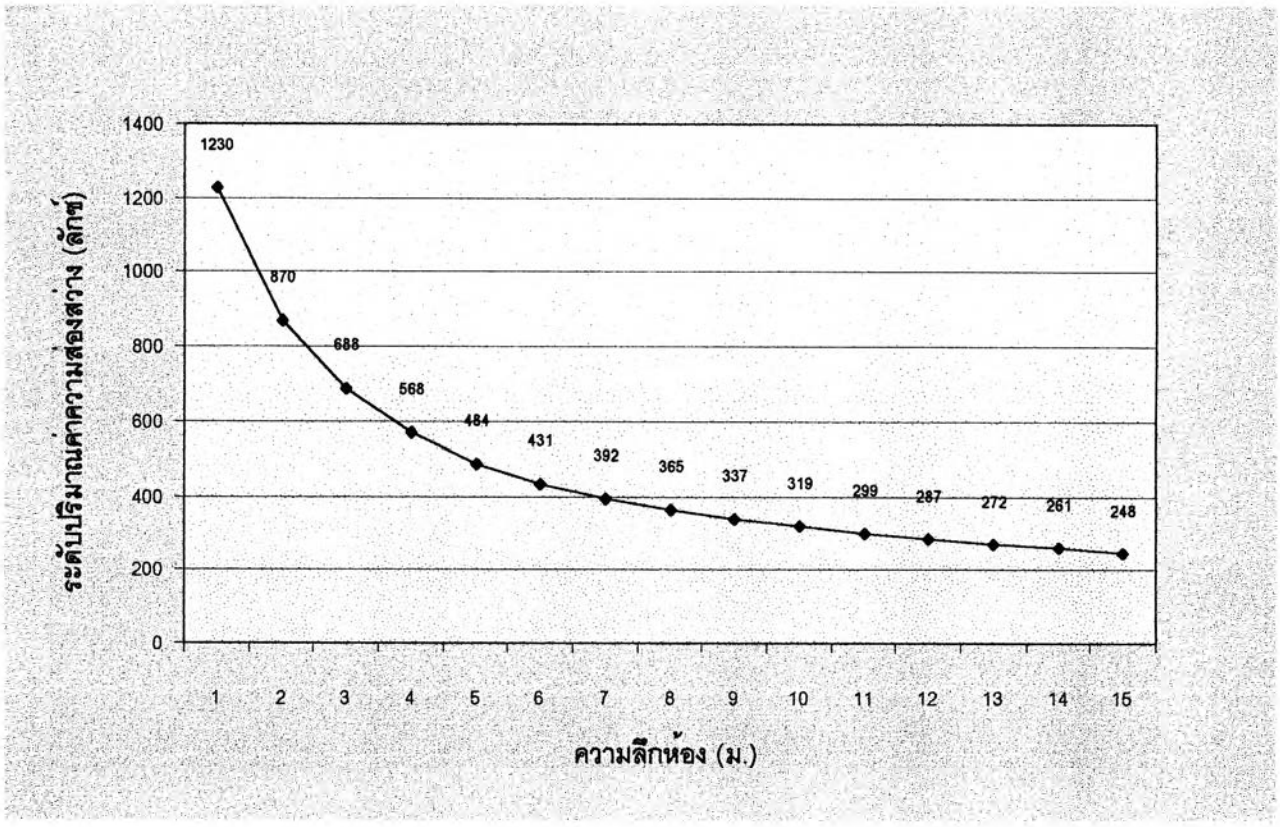
Points (m.)	P1 3	P2 2	P3 1	P4 CI	P5 1	P6 2	P7 3
1	1220	1660	1840	1870	1840	1670	1230
2	872	1030	1090	1100	1090	1040	870
3	689	750	790	790	788	754	688
4	570	579	600	600	600	581	568
5	490	490	496	501	498	491	484
6	432	429	434	439	435	432	431
7	390	387	382	388	384	389	392
8	364	361	355	350	355	362	365
9	348	336	332	325	334	336	337
10	321	318	315	306	313	315	319
11	301	298	296	296	296	297	299
12	287	284	281	282	282	284	287
13	273	272	269	269	269	270	272
14	262	261	258	258	258	261	261
15	247	246	245	242	245	248	248

หมายเหตุ ทดสอบเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2542 เวลา 14:45 น.

ตาราง 5.2 แสดงผลการทดสอบ ค่าความสว่างสะท้อนกระจายภายในอาคาร ด้วยหุ่นจำลอง



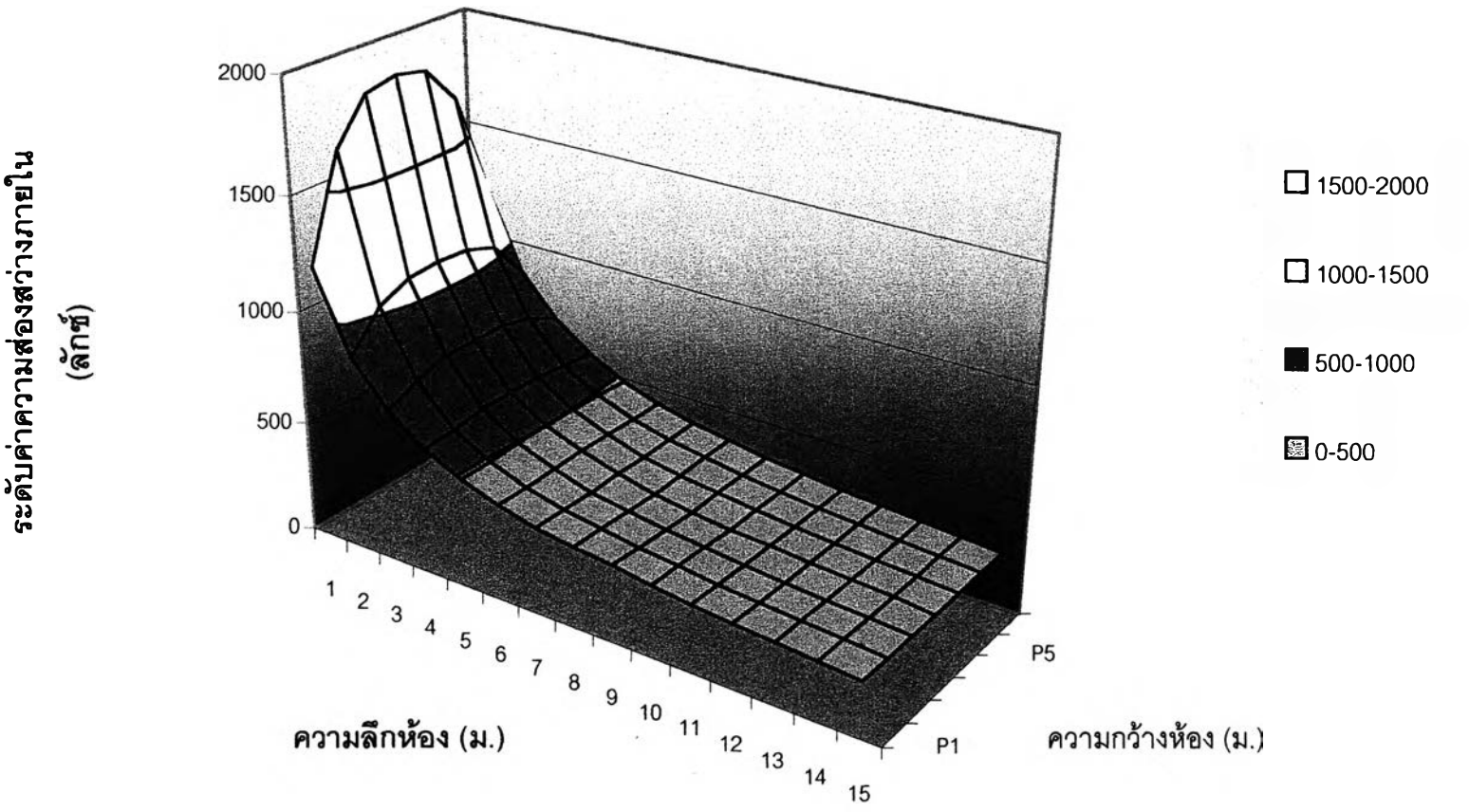
รูป 5.6 กราฟแสดงค่าความส่องสว่างภายใน แนวกึ่งกลางช่องเปิด (แนว P4, CI)



รูป 5.7 กราฟแสดงค่าความส่องสว่างภายใน แนวริมของช่องเปิด (แนว P7 , 3)

กราฟแสดงค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง ที่มีการสะท้อนแสงสูง

(ค่าการสะท้อนแสง = 0.92)



รูป 5.8 กราฟ 3 มิติแสดงค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง เพื่อทดสอบแสงกระจาย

5.4.3 เปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้ระหว่างการทดสอบจากหุ่นจำลอง และโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การทดสอบผลข้อมูล จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจากหุ่นจำลองนั้น จะป้อนข้อมูลในการคำนวณ ในสภาวะเดียวกับการทดสอบ ด้วยหุ่นจำลอง อาทิ ค่าความส่องสว่างภายนอกในระนาบนอน และระนาบตั้ง ตำแหน่งช่องเปิด ขนาดอาคาร ค่าการสะท้อนแสงภายในของวัสดุ และองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อการคำนวณ

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม จะกำหนดให้มีการแสดงผลของตำแหน่งค่าความส่องสว่างภายใน ณ ตำแหน่งเดียวกับการทดสอบด้วยหุ่นจำลอง คือ มีความกว้างและยาวของระยะแต่ละจุด เท่ากับ 1 เมตร มีความสูงระดับทำงานที่ 0.75 เมตร ดังนั้นผลที่ได้จากการทดสอบทั้งสอง จะเป็นการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่าง ณ ตำแหน่งเดียวกัน

ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ จะมีผลของการคำนวณค่าความส่องสว่างภายใน โดยเฉลี่ยต่ำกว่า ค่าที่ได้จากการทดสอบจากหุ่นจำลอง เนื่องจากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ จะสามารถควบคุมความละเอียดของตัวแปรได้ละเอียดมากกว่า และไม่มีการรบกวนจากความสว่างภายนอก ที่ก่อให้เกิดการรบกวนค่าความส่องสว่าง ภายใน เมื่อทดสอบด้วยหุ่นจำลอง และ หากแยกพิจารณาองค์ประกอบของแสง ในแต่ละองค์ประกอบ จะพบว่า

1) แสงตรงจากช่องเปิด ค่าความส่องสว่างที่คำนวณ ได้จากคอมพิวเตอร์ จะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าการทดสอบที่ได้จากหุ่นจำลอง
2) แสงสะท้อนกระจายภายในห้อง จะมีค่าความส่องสว่างต่ำกว่า ค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยหุ่นจำลอง แต่จะมีความแตกต่างน้อยกว่าค่าความส่องสว่างที่ได้จากองค์ประกอบแสงตรงจากช่องเปิด
3) ในสภาวะปกติ ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ แสงตรงจากช่องเปิด และแสงสะท้อนกระจาย จะมีผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ต่ำกว่าค่าความส่องสว่างที่ได้จากหุ่นจำลอง เช่นกัน แต่ลักษณะของกราฟที่ได้จากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ และหุ่นจำลอง จะมีลักษณะที่มีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกัน
4) แสงสะท้อนกระจายเพียงอย่างเดียว จากการทดสอบด้วยหุ่นจำลอง จะพบว่า มีลักษณะคล้ายเส้นตรงที่มีความลาดชันในระดับต่ำ โดยเฉพาะในส่วนแรกบริเวณช่องเปิดค่าความส่องสว่างจะต่ำกว่าในระยะถัดมา เนื่องจากอาจจะมี การสูญเสียความสว่าง ให้แก่สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ทางช่องเปิด และบริเวณส่วนท้ายของเส้นแสงสะท้อนกระจายจะมีความโค้งลาดลง จากค่าความส่องสว่างที่ลดลงอย่างต่อเนื่องตามความลึกของห้อง
5) แสงสะท้อนกระจายเพียงอย่างเดียวที่ได้จากการวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะมีค่าเฉลี่ยของการสะท้อน เป็นกราฟเส้นตรง ขนานกับระนาบความลึกของห้อง เนื่องจากทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ ค่าการสะท้อนกระจาย จะเป็นค่าเฉลี่ยจากการสะท้อนทั้งหมดในอาคาร ผลลัพธ์ที่ได้จึง เป็นเส้นตรง (เปรียบเสมือนไม่มีการสูญเสียพลังงานในการสะท้อนแสงเลย)

ค่าความส่องสว่างที่ได้จากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เมื่อมีค่าการสะท้อนแสงวัสดุภายใน = 0.06

ข้อมูลจำเพาะที่ป้อนในการคำนวณ

- ค่าการสะท้อนแสงภายในเฉลี่ย = 0.06 (เพดาน = 0.06 , ผนัง = 0.06 , พื้น = 0.06)
- ค่าความสว่างภายนอก บนระนาบนอน (Ehk) = 5,600 ลักซ์
- ค่าความสว่างภายนอก บนระนาบตั้ง (Evk) = 2,500 ลักซ์
- ขนาดห้อง กว้าง x ยาว x สูง = 8 x 16 x 4 เมตร
- ช่องเปิดมีขนาด กว้าง x ยาว = 6 x 2.5 เมตร
- ตำแหน่งช่องเปิด ห่างจากขอบผนัง = 1 เมตร
- ช่องเปิดสูงจากพื้นดิน (ระดับความสูงเดียวกับระดับทำงาน) = 0.75 เมตร
- ชนิดของวัสดุช่องเปิด จะกำหนดให้ไม่มีวัสดุช่องเปิดใดๆ มีค่า Vt1 = 1.00
- ค่าความทึบจากเฉดสีของกระจก Vt2 = 1.00
- ชนิดของช่องเปิด เป็นชนิดไม่มีกรอบช่องเปิด
- ค่าการสะท้อนแสงจากวัสดุพื้นดิน ภายนอกอาคาร คือ คอนกรีต Rfg = 0.20

ตารางแสดงผลการคำนวณ (หน่วยลักซ์, Lux)

Points (m.)	P1 3	P2 2	P3 1	P4 CI	P5 1	P6 2	P7 3
1	706	1171	1319	1350	1319	1171	706
2	414	605	709	739	709	605	414
3	249	334	389	408	389	334	249
4	157	198	226	236	226	198	157
5	104	125	140	145	140	125	104
6	72	83	92	94	92	83	72
7	51	58	63	64	63	58	51
8	38	42	45	46	45	42	38
9	29	32	33	34	33	32	29
10	23	24	25	26	25	24	23
11	18	19	20	20	20	19	18
12	15	15	16	16	16	15	15
13	12	13	13	13	13	13	12
14	10	11	11	11	11	11	10
15	9	9	9	9	9	9	9

หมายเหตุ ทดสอบด้วยโปรแกรม Daylight 0.9c

ตาราง 5.3 แสดงผลการคำนวณ ค่าความส่องสว่างแสงตรงจากช่องเปิด ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ค่าความส่องสว่างที่ได้จากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เมื่อมีค่าการสะท้อนแสงวัสดุภายใน = 0.92

ข้อมูลจำเพาะที่ป้อนในการคำนวณ

- ค่าการสะท้อนแสงภายในเฉลี่ย = 0.92 (เพดาน = 0.92 , ผนัง = 0.92 , พื้น = 0.92)
- ค่าความสว่างภายนอก บนระนาบนอน (Ehk) = 5,600 ลักซ์
- ค่าความสว่างภายนอก บนระนาบตั้ง (Evk) = 2,500 ลักซ์
- ขนาดห้อง กว้าง x ยาว x สูง = 8 x 16 x 4 เมตร
- ช่องเปิดมีขนาด กว้าง x ยาว = 6 x 2.5 เมตร
- ตำแหน่งช่องเปิด ห่างจากขอบผนัง = 1 เมตร
- ช่องเปิดสูงจากพื้นดิน (ระดับความสูงเดียวกับระดับทำงาน) = 0.75 เมตร
- ชนิดของวัสดุช่องเปิด จะกำหนดให้ไม่มีวัสดุช่องเปิดใดๆ มีค่า Vt1 = 1.00
- ค่าความทึบจากเฉดสีของกระจก Vt2 = 1.00 และไม่มีกรอบช่องเปิด
- ค่าการสะท้อนแสงจากวัสดุพื้นดิน ภายนอกอาคาร คือ คอนกรีต Rfg = 0.20

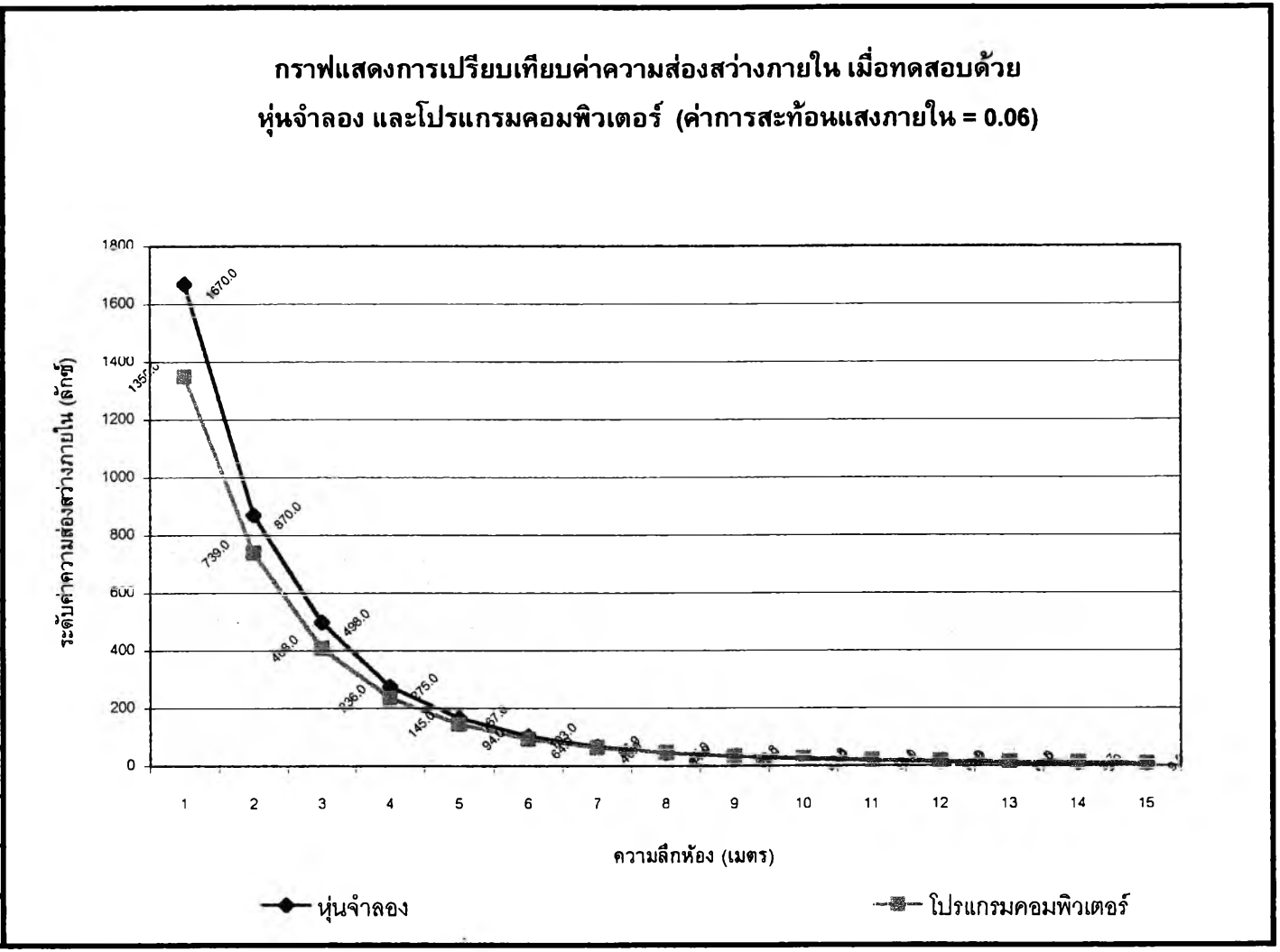
ตารางแสดงผลการคำนวณ (หน่วยลักซ์, Lux)

Points (m.)	P1 3	P2 2	P3 1	P4 CI	P5 1	P6 2	P7 3
1	1063	1529	1677	1707	1677	1529	1063
2	772	963	1067	1096	1067	963	772
3	606	692	747	765	747	692	606
4	514	556	584	594	584	556	514
5	461	483	498	503	498	483	461
6	429	441	449	452	449	441	429
7	409	416	420	422	420	416	409
8	396	400	403	404	403	400	396
9	387	389	391	391	391	389	387
10	380	382	383	383	383	382	380
11	376	377	378	378	378	377	376
12	372	373	374	374	374	373	372
13	370	370	371	371	371	370	370
14	368	368	369	369	369	368	368
15	366	367	367	367	367	367	366

หมายเหตุ ทดสอบด้วยโปรแกรม Daylight 0.9c

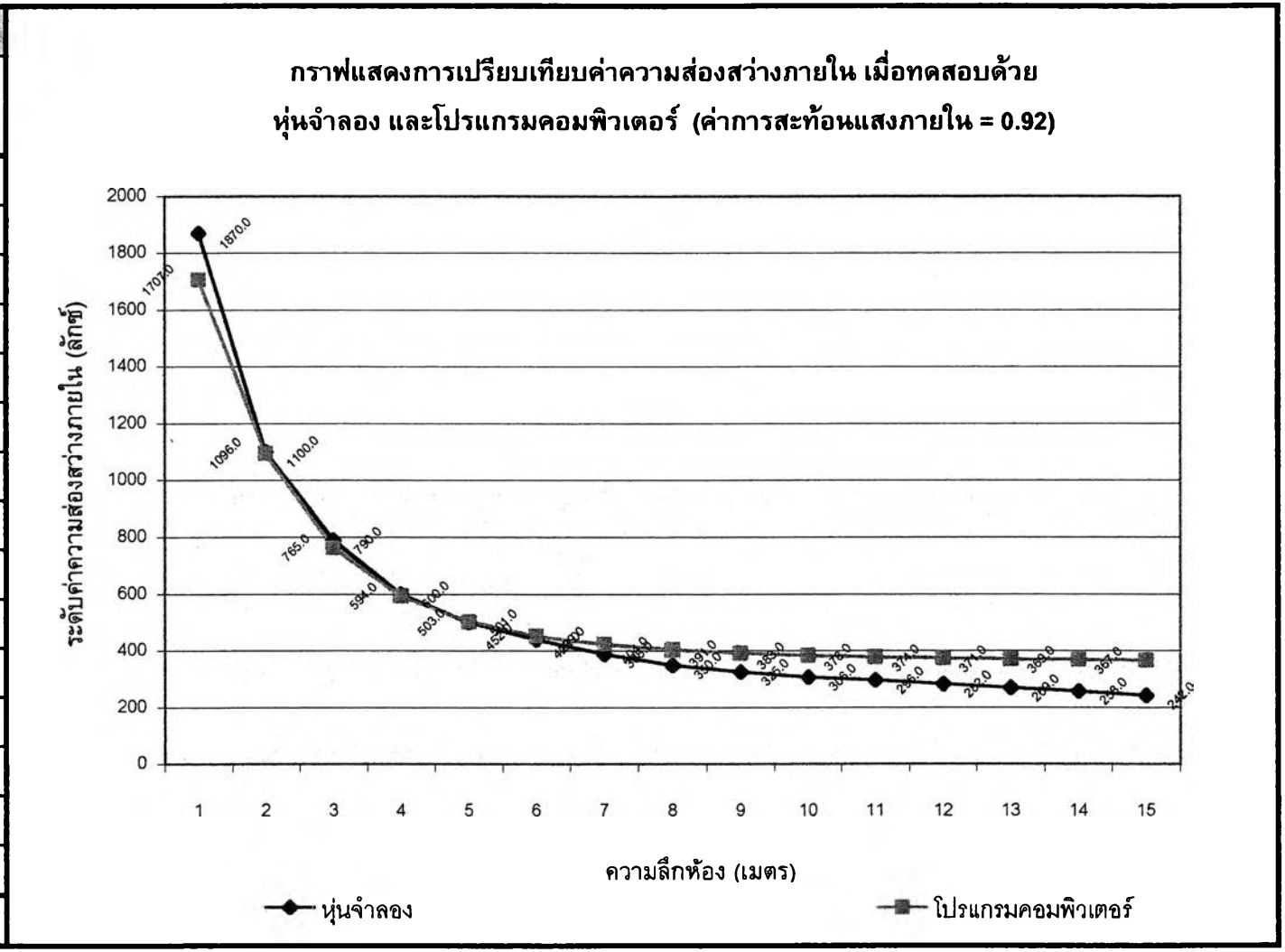
ตาราง 5.3 แสดงผลการคำนวณ ค่าความสว่างสะท้อนกระจายภายในอาคาร ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ปริมาณความส่องสว่างภายใน (ลักซ์)			
ตำแหน่งความลึก	การทดสอบหุ่นจำลอง	โปรแกรมคอมพิวเตอร์	ความแตกต่าง
1	1670.0	1350.0	320.0
2	870.0	739.0	131.0
3	498.0	408.0	90.0
4	275.0	236.0	39.0
5	167.0	145.0	22.0
6	103.0	94.0	9.0
7	66.9	64.0	2.9
8	45.0	46.0	-1.0
9	32.8	34.0	-1.2
10	23.8	26.0	-2.2
11	18.1	20.0	-1.9
12	13.9	16.0	-2.1
13	11.5	13.0	-1.5
14	9.7	11.0	-1.3
15	9.0	9.0	0.0
Avg	254.2	214.1	40.2



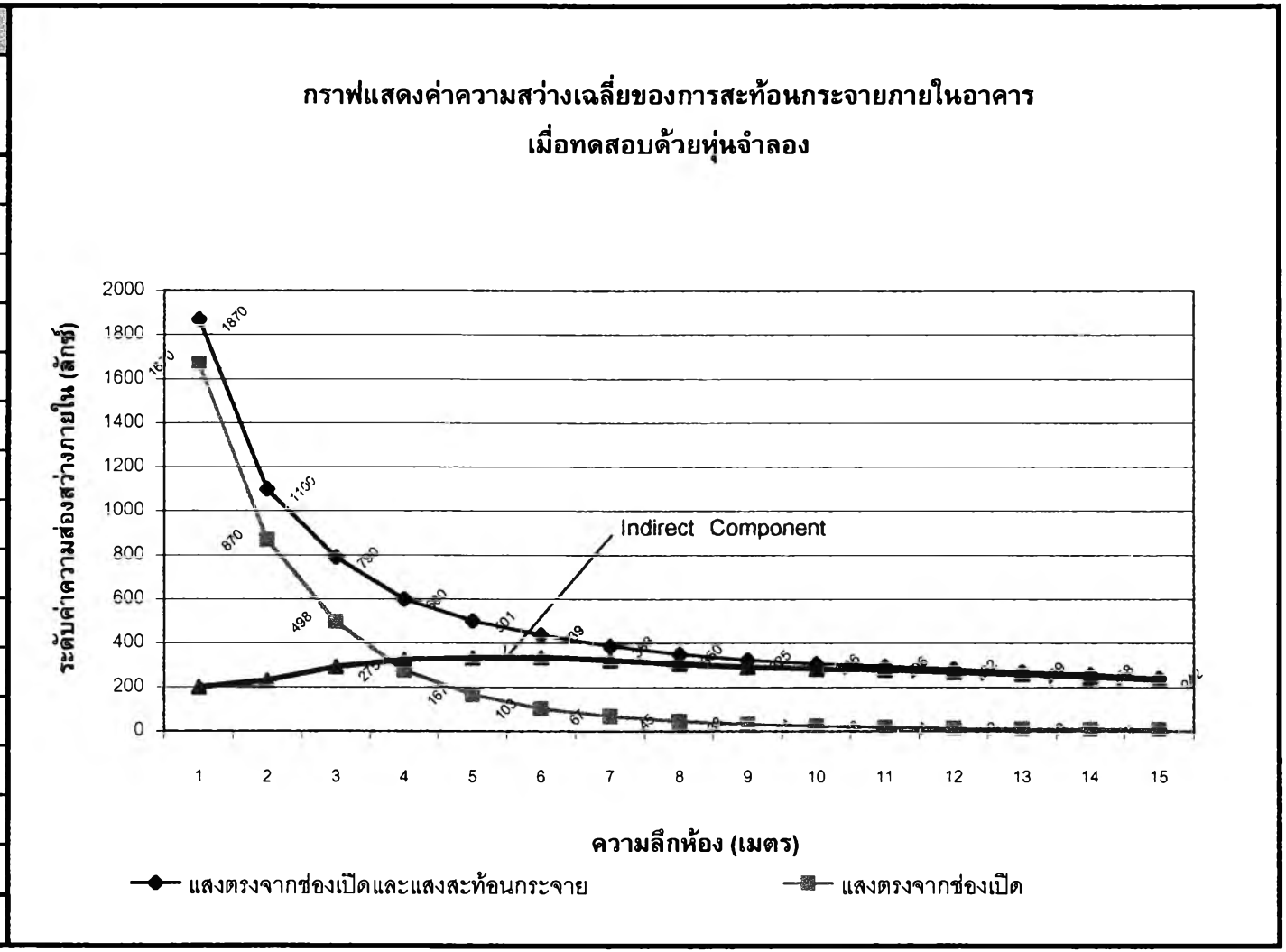
รูป 5.9 เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างแสงตรงจากช่องเปิดเมื่อทดสอบด้วยหุ่นจำลอง และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แนวกึ่งกลางช่องเปิด

ปริมาณความส่องสว่างภายใน (ลักซ์)			
ตำแหน่งความลึก	การทดสอบหุ่นจำลอง	โปรแกรมคอมพิวเตอร์	ความแตกต่าง
1	1870.0	1707.0	163.0
2	1100.0	1096.0	4.0
3	790.0	765.0	25.0
4	600.0	594.0	6.0
5	501.0	503.0	-2.0
6	439.0	452.0	-13.0
7	388.0	422.0	-34.0
8	350.0	404.0	-54.0
9	325.0	391.0	-66.0
10	306.0	383.0	-77.0
11	296.0	378.0	-82.0
12	282.0	374.0	-92.0
13	269.0	371.0	-102.0
14	258.0	369.0	-111.0
15	242.0	367.0	-125.0
15	534.4	571.7	-37.3



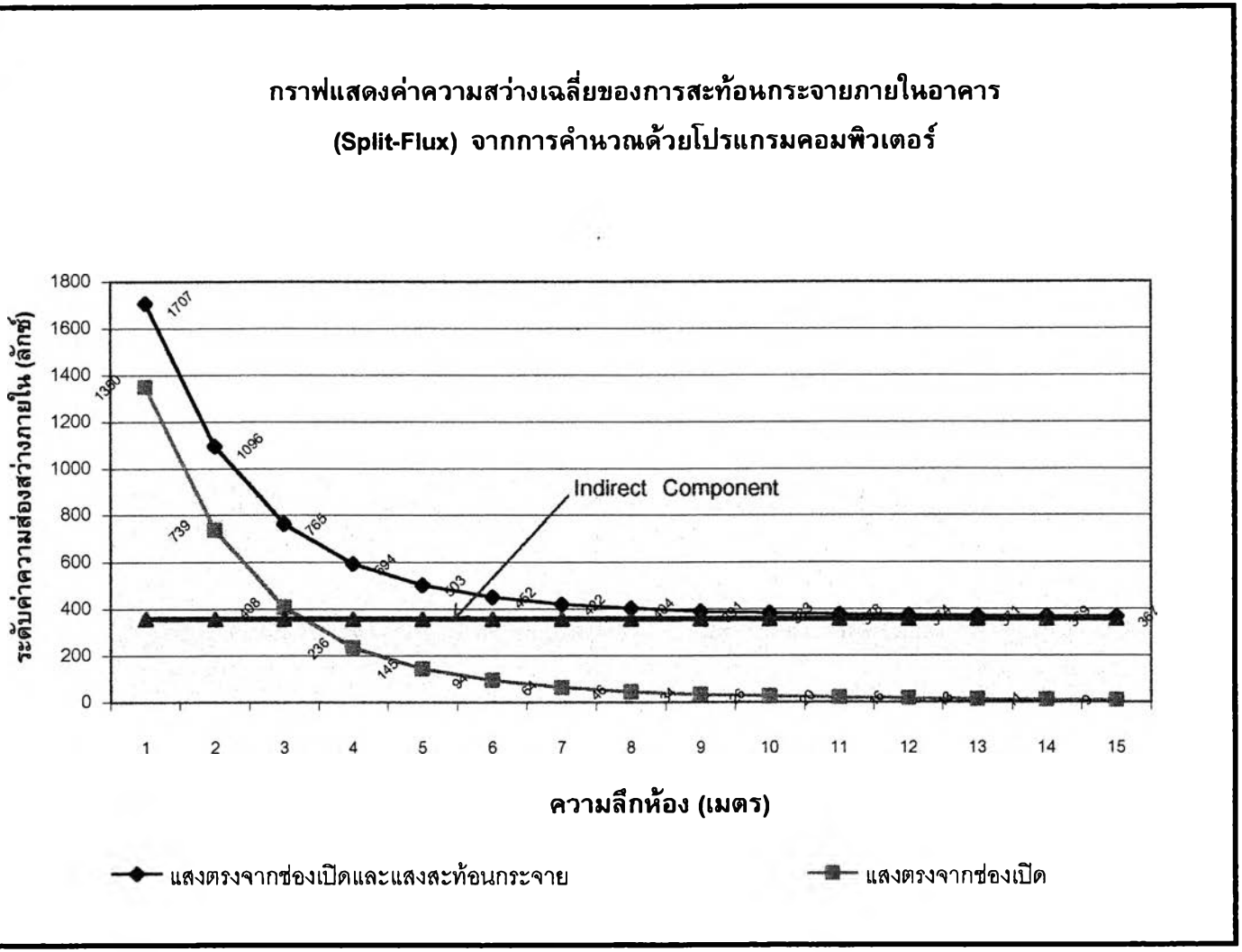
รูป 5.10 เปรียบเทียบค่าความสว่างสะท้อนกระจายภายในอาคาร เมื่อทดสอบด้วยหุ่นจำลอง และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แนวกึ่งกลางช่องเปิด

ปริมาณความส่องสว่างภายใน (ลักซ์)			
ตำแหน่งความลึก	แสงตรง + แสงสะท้อน	แสงตรงจากช่องเปิด	ความแตกต่าง
1	1870	1670	200
2	1100	870	230
3	790	498	292
4	600	275	325
5	501	167	334
6	439	103	336
7	388	67	321
8	350	45	305
9	325	33	292
10	306	24	282
11	296	18	278
12	282	14	268
13	269	12	258
14	258	10	248
15	242	9	233
Avg	534	254	280



รูป 5.11 ค่าความสว่างสะท้อนกระจาย (Indirect Component) เมื่อทดสอบด้วยหุ่นจำลอง แนวกึ่งกลางช่องเปิด

ปริมาณความส่องสว่างภายใน (ลักซ์)			
ตำแหน่งความลึก	แสงตรง + แสงสะท้อน	แสงตรงจากช่องเปิด	ความแตกต่าง
1	1707	1350	357
2	1096	739	357
3	765	408	357
4	594	236	358
5	503	145	358
6	452	94	358
7	422	64	358
8	404	46	358
9	391	34	357
10	383	26	357
11	378	20	358
12	374	16	358
13	371	13	358
14	369	11	358
15	367	9	358
Avg	572	214	358



รูป 5.12 ค่าความสว่างสะท้อนกระจาย (Indirect Component) เมื่อคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แนวกึ่งกลางช่องเปิด