โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

นาย วีรศักดิ์ เชี่ยวเชิงชล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4699-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPUTER SOFTWARE FOR ENERGY CONSERVATION ANALYSIS OF BUILDING FORMS, ENVELOPED MATERIALS AND SHADING DEVICES

Mr. Werasak Chiewchengchol

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Architecture

Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University

Academic Year 2003
ISBN 974-17-4699-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
โดย	นาย วีรศักดิ์ เชี่ยวเชิงชล
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ภิญโญ จินันทุยา)

..... กรรมการ

(อาจารย์ สุรพล พฤกษ์ไพบูลย์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วีรศักดิ์ เชี่ยวเชิงชล : โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. (COMPUTER SOFTWARE FOR ENERGY CONSERVATION ANALYSIS OF BUILDING FORMS, ENVELOPED MATERIALS AND SHADING DEVICES) อ. ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ , อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค , 131 หน้า. ISBN 974-47-4699-7

จากการตื่นตัวในด้านการอนุรักษ์พลังงาน นับเป็นจุดเริ่มต้นที่นำไปสู่การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน การเจาะช่องเปิดด้านข้างอาคารและการออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารให้กับช่องเปิดของอาคารถือเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน แต่ในการออกแบบแผงบังแดดนั้น ผู้ออกแบบต้องจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานในการอ่านค่าและการใช้สูตรในการคำนวณเป็นอย่างดี อีกทั้งต้องใช้ระยะเวลาในการคำนวณ ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณค่าต่างๆเพื่อใช้ในการออกแบบแผงบังแดด อย่างไรก็ตามโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้น ล้วนแล้วแต่เป็นการกรอกข้อมูลที่เป็นตัวเลขรวมถึงการแสดงผลของโปรแกรมที่มีการแสดงผลออกมาในรูปแบบของข้อมูลทางตัวเลขหรือแผนภูมิ จึงทำให้โปรแกรมเป็นเสมือนเครื่องมือในการคำนวณและการวิเคราะห์ค่าการป้องกันความร้อนที่รวดเร็วและแม่นยำเท่านั้น ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อการออกแบบอย่างแท้จริง เพราะในการออกแบบแผงบังแดดนั้นต้องคำนึงถึงรูปร่างหน้าตาของแผงบังแดดที่เกิดขึ้นด้วย ดังนั้นหากเรานำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบแผงบังแดด โดยมิได้มุ่งเน้นที่การวิเคราะห์และการคำนวนค่าของการป้องกันความร้อนที่รวดเร็วและแม่นยำเพียงอย่างเดียวแต่มีการมุ่งเน้นในส่วนของรูปร่างหน้าตาของอาคารประกอบกันจะทำให้เราได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างแท้จริง

ผลของการวิจัยสามารถสรุปแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีความสอดคล้องกับกระบวนการทำงานสถาปัตยกรรมด้านการอนุรักษ์พลังงานได้ดังนี้คือ พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบอย่างแท้จริงมิใช่เครื่องมือเพื่อการคำนวณ การสร้างการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นในขณะใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การใช้วิธีการเลือกและปรับเปลี่ยนค่าแทนการป้อนข้อมูลตัวเลข การแสดงผลเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการแสดงผลในทันทีที่มีการปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปร การแสดงผลในลักษณะของแนวทางในการออกแบบ นอกจากนี้แนวทางการพัฒนาโปรแกรมดังกล่าวยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรมด้านอื่นๆ เพื่อให้เกิดการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานควบคู่ไปกับการออกแบบของสถาปนิก

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

457 41932 25: MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD: COMPUTER SOFTWARE FOR ENERGY CONSERVATION ANALYSIS OF BUILDING FORMS, ENVELOPED MATERIALS AND SHADING DEVICES / OTTV / SHADING DEVICE / ENERGY CONSERVATION ANALYSIS

WERASAK CHIEWCHENGCHOL: COMPUTER SOFTWARE FOR ENERGY CONSERVATION ANALYSIS OF BUILDING FORMS, ENVELOPED MATERIALS AND SHADING DEVICES THESIS ADVISOR: ASST. PROF. KAWEEKRAI SRIHIRAN, THESIS COADVISOR: ASST. PROF. TANIT JINDAWANIK, 131 pp. ISBN 974-17-4699-7.

With awareness growing in energy conservation, this has lead to energy-saving building design. To open some space at the side of a building and design enveloped materials and shading devices are considered major building designs for energy conservation. However, an architect needs to have basic knowledge to interpret values and decide on the relevant formulas to design such enveloped materials and shading devices. The whole process is quite time-consuming. Hence, computer programs have been developed to help an architect design such devices. Most computer programs for building design basically require users to input related numbers. After processing, the output will be shown in either numerical or graphic manners. Accordingly, such computer devices simply enable an architect to calculate and analyze heat protection rapidly and accurately. They are definitely inappropriate for the purpose of architectural design since the design should not be limited to rapid and accurate calculation and analysis of heat protection, but also include style in the buildings. Therefore, if the researcher develops a new computer program that can fulfill all requirements, including the accurate and rapid calculation and analysis of the heat protection and stylish designed, it will enable an architect to design the perfect enveloped materials and shading devices.

It can be concluded that a computer program can be developed in line with the process of architectural design for energy conservation by developing a real designing program, not just calculating program. Details include the creation of the learning process while using the computer program, the selection and adjustment of the related information instead of input, quick response and analysis after changing input, and a demonstration of design guidance. Besides, it can be applied to developing other computer programs in other architectural fields to produce effective computer programs in conjunction with architectural designs.

Department : Architecture Student's signature.....
Field of study : Architecture Advisor's signature……..
Academic year : 2003 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของคณาจารย์กลุ่มสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ในการออกแบบสถาปัตยกรรมทุกท่าน

- ผศ.กวีไกร ศรีหิรัญ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา แนะนำและให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ของการจัดทำวิทยานิพนธ์มาด้วยดีโดยตลอด รวมถึงแนวความคิดต่างๆของโปรแกรมอีกมากมายครับ
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค ที่ให้คำปรึกษาและความรู้เพิ่มในด้านการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อเป็นประโยชน์ให้สามารถนำมาใช้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ครับ
- อ.สุรพล พฤกษ์ไพบูลย์ และ อ.ภิญโญ จินันทุยา ที่ประสาทความรู้ทางด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และเติมเต็มแนวความคิดให้กระผมตลอดสองปีการศึกษาครับ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และครอบครัวทุกๆ คนที่ให้กำลังใจและสนับสนุนการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้มาโดยตลอด รวมถึงค่าใช้จ่ายต่างๆในการเพิ่มพลังประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้เกิดพลังแห่งความเร็วและพลังแห่งการสร้างสรรค์ด้วย Pentium 4 2.5 GHz. จึงทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

ขอบเขตของการวิจัย..... 2

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 4

วิธีดำเนินการวิจัย..... 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 7

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและวิเคราะห์ทฤษฎีพื้นฐานในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร..... 9

การศึกษาและวิเคราะห์ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแผงบังแดด..... 13

การศึกษาและวิเคราะห์ภาพรวมของ โปรแกรมคอมพิวเตอร์(Software) ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน และการออกแบบแผงบังแดด..... 21

บทที่ 3 แนวทางการออกแบบพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์และคัดเลือกโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการพัฒนา..... 36

การวิเคราะห์และจัดวางองค์ประกอบของโปรแกรม..... 41

การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ประกอบการทำงานของโปรแกรม..... 43

การวิเคราะห์แนวทางของกระบวนการทำงานของโปรแกรม..... 51

บทที่ 4 การออกแบบโปรแกรมและการใช้งานโปแกรม

การออกแบบจัดวางองค์ประกอบของโปรแกรม..... 55

การออกแบบกระบวนการทำงานของโปรแกรม..... 69

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

วิธีการในการติดตั้งโปรแกรมเพื่อการใช้งาน..... 71
วิธีการในการใช้งานโปรแกรม..... 72

บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ

บทสรุปผลการวิจัย..... 83
ปัญหาและอุปสรรค..... 85
ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม..... 86

รายการอ้างอิง..... 88
บรรณานุกรม..... 90

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. 94
ภาคผนวก ข. 98

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 131

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	แสดงการเจาะช่องเปิด……	13
รูปที่ 2.2	แสดงการออกแบบแผงบังแดดให้กับตัวอาคารและช่องเปิดของอาคาร…..……..	14
รูปที่ 2.3	แสดงลักษณะของเงาของแผงบังแดดแบบต่างๆ.....…….	15
รูปที่ 2.4	แสดงลักษณะของมุมกระทำและมุมเบี่ยง.....……..……	15
รูปที่ 2.5	แสดงลักษณะหน้าตาของโปรแกรมคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (Q-SAVE SFG-OTTV Calculation Program).....…….....…..….....	23
รูปที่ 2.6	แสดงลักษณะการป้อนข้อมูลของโปรแกรม Q-SAVE และส่วนของการป้อนข้อมูลโดยการเลือกจากภาพกราฟฟิก.....…….....….....	24
รูปที่ 2.7	แสดงลักษณะการแสดงผลข้อมูลของโปรแกรม Q-SAVE ……..……..	25
รูปที่ 2.8	แสดงหน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรม คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์รูปทรงและวัสดุเปลือกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Magic Energy Estimated Zoftware version 1.5)…….	26
รูปที่ 2.9	แสดงส่วนของหน้าจอหลัก 2 ส่วน ทั้งส่วนที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูล กับส่วนของการคำนวณของโปรแกรม Magic Energy Estimated Zoftware version 1.5 ที่มีการใช้ภาพกราฟฟิก……..……	27
รูปที่ 2.10	แสดงส่วนของการแสดงผลด้วยภาพกราฟฟิกที่เข้าใจได้ง่าย ของโปรแกรม Magic Energy Estimated Zoftware version 1.5…….	28
รูปที่ 2.11	แสดงลักษณะของหน้าจอ ของโปรแกรม The Solar Tool ……..….	29
รูปที่ 2.12	แสดงลักษณะของหน้าจอหลักทั้ง 2 ส่วน ของโปรแกรม The Solar Tool …….	29
รูปที่ 2.13	แสดงลักษณะการแสดงผล ของโปรแกรม The Solar Tool ทั้ง ตาราง กราฟ ภาพ 3 มิติ……	30
รูปที่ 3.1	แสดงลักษณะหน้าจอการทำงานของ Microsoft Visual C++ 6.0…..……	37
รูปที่ 3.2	แสดงสัญลักษณ์ของ OpenGL……	38
รูปที่ 3.3	แสดงสัญลักษณ์ของ QT Designer……	39
รูปที่ 3.4	แสดงลักษณะหน้าจอการทำงานของ QT Designer 2.3……	40
รูปที่ 3.5	แสดงลักษณะหน้าจอการทำงานของ 3D Viz……	42
รูปที่ 3.6	แสดงลักษณะของระบบการป้อนข้อมูลด้วย Combo Box……..……	43
รูปที่ 3.7	แสดงลักษณะของระบบการป้อนข้อมูลด้วยการวาดเส้นของโปรแกรม AutoCAD....	45
รูปที่ 3.8	แสดงลักษณะของระบบการกำหนดค่าสีของระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP……	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.9	แสดงลักษณะของระบบการป้อนข้อมูลด้วย Spin Box สำหรับการกำหนดค่าทิศทางของอาคาร.....	48
รูปที่ 3.10	แสดงระบบการป้อนข้อมูลด้วยการกรอกค่าใน Text Box.....	48
รูปที่ 3.11	แสดงลักษณะของระบบการป้อนข้อมูลของพิกัด Latitude และ Longitude ด้วยการชี้ตำแหน่งบนแผนที่ ของโปรแกรม The Local Tool ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยของ The Solar Tool.....	49
รูปที่ 3.12	แสดงระบบการป้อนข้อมูลด้วย Slider.....	49
รูปที่ 3.13	แสดงหน้าจอของโปรแกรม SketchUP 3.0 ในการแสดงผลของเงาด้วยระบบภาพกราฟฟิก 3 มิติ.....	50
รูปที่ 4.1	แสดงส่วนการป้อนข้อมูลหลักบริเวณด้านซ้ายและขวาของโปรแกรม SunShields...	56
รูปที่ 4.2	แสดงลักษณะของ Tabwidget ที่ช่วยในการจัดแยกเก็บเครื่องมือต่างๆ.....	56
รูปที่ 4.3	แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผล (Display Option).....	57
รูปที่ 4.4	แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการวาดเส้นรูปทรงเปลือกอาคาร (2D Option).....	58
รูปที่ 4.5	แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผลกราฟฟิก 3 มิติ (3D Option).....	59
รูปที่ 4.6	แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลของวันเวลาและตำแหน่งที่ตั้งอาคาร (Location).....	60
รูปที่ 4.7	แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติต่างๆของผนังและช่องเปิด.....	61
รูปที่ 4.8	แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของผนัง.....	62
รูปที่ 4.9	แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของช่องเปิดของผนัง.....	62
รูปที่ 4.10	แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของแผงบังแดดแนวนอนด้านบนของช่องเปิด.....	63
รูปที่ 4.11	แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติแผงบังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือ.....	64
รูปที่ 4.12	แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติแผงบังแดดแนวตั้งด้านขวามือ.....	64
รูปที่ 4.13	แสดงส่วนสนับสนุนของโปรแกรม SunShields หรือ เมนูบาร์ (Menu Bar).....	65
รูปที่ 4.14	แสดงส่วนการแสดงผลในตำแหน่งต่างๆของหน้าจอของโปรแกรม SunShields.....	67
รูปที่ 4.15	แสดงแผนผังของกระบวนการทำงานของโปรแกรม SunShields.....	69
รูปที่ 4.16	แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการวาดเส้นรูปทรงเปลือกอาคาร (2D Option).....	73
รูปที่ 4.17	แสดงลักษณะของการวาดเส้นผนังเปลือกอาคารที่ถูกต้อง.....	74
รูปที่ 4.18	แสดงลักษณะของการวาดรูปทรงอาคารด้วยการวาดรูปทรงพื้นฐานสี่เหลี่ยม.....	74
รูปที่ 4.19	แสดงลักษณะของการแสดงเส้นสีแดงเพื่อแสดงว่าผู้ใช้กำลังเลือกผนังด้านนั้นๆอยู่..	75

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.20	แสดงส่วนกำหนดคุณสมบัติต่างๆของผนัง.....	76
รูปที่ 4.21	แสดงส่วนกำหนดคุณสมบัติต่างๆของช่องเปิดของผนัง.....	77
รูปที่ 4.22	แสดงส่วนกำหนดคุณสมบัติต่างๆของแผงบังแดดแนวนอนด้านบนของช่องเปิด.....	78
รูปที่ 4.23	แสดงส่วนกำหนดคุณสมบัติต่างๆของแผงบังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือ.....	78
รูปที่ 4.24	แสดงส่วนกำหนดคุณสมบัติต่างๆของแผงบังแดดแนวตั้งด้านขวามือ.....	79
รูปที่ 4.25	แสดงส่วนกำหนดข้อมูลของวันเวลาและตำแหน่งที่ตั้งอาคาร (Location).....	81

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการตื่นตัวในด้านการอนุรักษ์พลังงาน อันเป็นผลเนื่องมาจากการเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 นับเป็นจุดเริ่มต้นที่นำไปสู่การออกแบบอาคารที่เน้นการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น การเจาะช่องเปิดด้านข้างอาคารเพื่อการให้แสงสว่างภายในอาคารโดยการใช้แสงธรรมชาตินั้น ถือเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์พลังงานจากการให้แสงสว่างภายในอาคาร แม้สถาปนิกจะตระหนักดีถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการเจาะช่องเปิดให้กับอาคารแต่การเจาะช่องเปิดด้านข้างอาคารเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารก็ยังคงเป็นปัญหาสำหรับสถาปนิกที่จะควบคุมปริมาณ ทิศทาง ตลอดจนผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ที่จะถ่ายเทเข้ามาภายในอาคาร ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดความร้อนจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ที่จะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร จึงควรหลีกเลี่ยงในการเจาะช่องเปิดด้านข้างอาคารในทิศทางที่มีค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่มีปริมาณมาก เช่น ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงในการเจาะช่องเปิดด้านข้างอาคารในทิศทางดังกล่าวได้ สถาปนิกก็ควรออกแบบให้บริเวณช่องเปิดได้รับร่มเงาเพื่อช่วยลดความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ *(ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539: 79)*

การใช้แผงบังแดดนอกอาคารถือเป็นวิธีการหนึ่งในการสร้างร่มเงาให้กับช่องเปิดด้านข้างของอาคาร ซึ่งแผงบังแดดนอกคารนั้นจะสามารถกันรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์และความร้อนได้ดีกว่ากระจกตัดแสง หรือม่านและมู่ลี่ภายในอาคาร*(ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539: 47)* โดยในการออกแบบแผงบังแดดนั้นมีวิธีการออกแบบทั้ง การออกแบบโดยการเก็บข้อมูล การออกแบบโดยการสร้างหุ่นจำลอง รวมถึงการออกแบบโดยการใช้แผนภาพแบบตารางโคจรของดวงอาทิตย์ (Sun Chart) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะเป็นวิธีที่เหมาะสมและมีความแม่นยำมากที่สุด *(สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541: 61)* แต่ในการออกแบบด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้นผู้ออกแบบต้องหาค่ามุมต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาขนาดของแผงบังแดดรวมทั้งแสงและเงาที่เกิดขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในการอ่านค่าของมุมและการคำนวณนั้นผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานในการอ่านค่าและการใช้สูตรในการคำนวณเป็นอย่างดี อีกทั้งต้องใช้ระยะเวลาในการคำนวณอีกด้วย ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณค่าต่างๆเพื่อใช้ในการออกแบบแผงบังแดด เนื่องจากคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการคำนวณค่าของข้อมูลต่างๆได้อย่างรวด

เร็วและแม่นยำ ตลอดจนสามารถพัฒนาให้ใช้งานได้ง่าย ด้วยเหตุนี้คอมพิวเตอร์จึงเข้ามามีบทบาทในการทำงานในเรื่องนี้มากขึ้น

อย่างไรก็ตามโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้น ล้วนแล้วแต่เป็นการกรอกข้อมูลที่เป็นตัวเลขซึ่งมีเป็นจำนวนมากอันเนื่องมาจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแผงบังแดดนั้นมีเป็นจำนวนมากรวมถึงการแสดงผลของโปรแกรมที่มีการแสดงผลออกมาในรูปแบบของข้อมูลทางตัวเลขหรือแผนภูมิ ซึ่งทำให้โปรแกรมมีความยุ่งยากในการใช้งานทั้งในการกรอกข้อมูลที่เป็นตัวเลขและการแสดงผลของข้อมูลที่เป็นตัวเลขของค่าการป้องกันความร้อน ซึ่งต้องนำค่าดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์อีกครั้งเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบ จึงทำให้โปรแกรมเป็นเสมือนเครื่องมือในการคำนวนและการวิเคราะห์ค่าการป้องกันความร้อนที่รวดเร็วและแม่นยำเท่านั้น ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อการออกแบบอย่างแท้จริง เพราะในการออกแบบแผงบังแดดนั้นมิได้คำนึงถึงเพียงแค่ค่าของการป้องกันความร้อนเพียงอย่างเดียวแต่ต้องคำนึงถึงรูปร่างหน้าตาของแผงบังแดดที่เกิดขึ้นด้วยว่ามีความเหมาะสมกับตัวอาคารหรือไม่ เพราะในบางครั้งการออกแบบแผงบังแดดที่สามารถป้องกันความร้อนได้มากกว่าอาจไม่เหมาะสมกับอาคารเท่ากับแผงบังแดดที่ป้องกันความร้อนได้น้อยกว่าแต่มีรูปแบบที่เหมาะสมกับอาคารมากกว่า ดังนั้นหากเรานำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบแผงบังแดดโดยมีการใช้งานได้ง่ายทั้งในการกรอกข้อมูลและแสดงผลของข้อมูลที่มิได้มุ่งเน้นที่การวิเคราะห์และการคำนวนค่าของการป้องกันความร้อนที่แม่นยำและรวดเร็วเพียงอย่างเดียวแต่มีการมุ่งเน้นในส่วนของรูปร่างหน้าตาของอาคารประกอบกันจะทำให้เราได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยมีวัตถุประสงค์ต่างๆ ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
2. เพื่อเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์แนวทางการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือช่วยในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรมทางด้านการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปอย่างถูกต้อง และตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยมีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1. **ลักษณะรูปแบบของการวิเคราะห์รูปทรงอาคารและแผงบังแดดที่ใช้ในการวิจัย**

1.1 รูปแบบของการวิเคราะห์ รูปทรงอาคาร และแผงบังแดด เป็นการวิเคราะห์ในรูปแบบของภาพ 2 มิติ และ3 มิติ

1.2 รูปแบบของการวิเคราะห์รูปทรงอาคารเป็นการวิเคราะห์ในรูปทรงเหลี่ยมเท่านั้น ไม่ครอบคลุมรูปทรงอื่นๆ เช่น รูปทรงอิสระหรือรูปทรงวงกลมเป็นต้น

1.3 รูปแบบของช่องเปิด เป็นช่องเปิดด้านข้างอาคาร และมีรูปทรงสี่เหลี่ยมเท่านั้น ไม่ครอบคลุมรูปทรงอื่นๆ เช่น รูปทรงหลายเหลี่ยม รูปทรงอิสระหรือรูปทรงวงกลมเป็นต้น

1.4 รูปแบบของแผงบังแดดที่ใช้ในการวิจัยเป็นแผงบังแดด ที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมเท่านั้น ไม่ครอบคลุมรูปทรงอื่นๆ เช่น รูปทรงหลายเหลี่ยม รูปทรงอิสระหรือรูปทรงวงกลมเป็นต้น

1.5 เป็นแผงบังแดดที่มีรูปแบบแผงบังแดดในทางนอน(Horizontal Overhangs) ทางตั้ง (Vertical Louvers) ซึ่งเป็นแผงบังแดดที่ใช้กันโดยทั่วไป

การพัฒนาโปรแกรมไม่ครอบคลุม รูปแบบของการวิเคราะห์รูปทรงอาคารและแผงบังแดดต่อไปนี้

1.6 เป็นช่องเปิดบริเวณอื่นของอาคารที่ไม่ใช่ด้านข้างอาคาร เช่น การเจาะช่องเปิดด้านบนของอาคาร

1.7 เป็นแผงบังแดดที่ใช้งานชั่วคราว เช่น ไม้ไผ่หรือผ้าใบที่ใช้ในลักษณะเป็นมู่ลี่ม้วน เป็นต้น

2. วิธีการคำนวณค่าที่ใช้ในการวิจัย

2.1 วิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร(OTTV[1]) โดยการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ที่หันสู่ทิศทางต่างกันมาประกอบการคำนวณ เพื่อใช้ในวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

2.2 วิธีการในการคำนวณค่าของมุมต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบแผงบังแดด เช่น มุมกระทำ (Altitude Angle) หรือ มุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle)[2] เป็นต้น

3. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.1 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์ประเภท IBM PC Compatible[3] ที่มีอุปกรณ์ใช้พื้นฐานคือหน่วยประมวลผลก

[1] OTTV (Overall Thermal Tranfer Value)

[2] มุมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแผงบังแดดจะกล่าวถึง ในบทที่ 2 ต่อไป

[3] ระบบที่ทำงานบนเครื่องไอบีเอ็มพีซี (IBM PC) หรือเลียนแบบไอบีเอ็ม (IBM PC Compatible)

ลาง (Central Processing Unit) หน่วยความจำหลัก (Main Memory Unit) หน่วยเก็บข้อมูลสำรอง (Secondary Storage Unit) หน่วยรับข้อมูล (Input Unit) และหน่วยแสดงผล (Output Unit)

3.2 ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำและพัฒนาขึ้น อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมของ ระบบปฏิบัติการ[1] ตั้งแต่ Microsoft Windows 98, ME, 2000 และ Windows XP

การพัฒนาโปรแกรมไม่ครอบคลุม เครื่องมือต่อไปนี้

3.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ประเภทพกพา (Handheld Computing) ที่เรียกกันว่า PDA (Personal Digital Assistants) ซึ่งในปัจจุบันรู้จักกันดีในชื่อว่า เครื่องปาล์ม (Palm) ที่มีขนาดเล็กเพียงเท่าฝ่ามือ

3.4 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการอื่นๆ เช่น Unix, Linux, BeOS, OS2 Warp etc. เป็นต้น

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

แสงธรรมชาติ ในที่นี้หมายถึง แสงจากดวงอาทิตย์

แผงบังแดด ในที่นี้หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นเพื่อใช้ในการป้องกันแสงจากดวงอาทิตย์ให้กับช่องเปิดด้านข้างอาคาร

แผงบังแดด หมายถึง แผงบังแดดที่ติดตั้งอยู่บริเวณผนังด้านนอกของอาคาร

ช่องเปิด ในที่นี้หมายถึง การเปิดช่องเปิดบริเวณกรอบของอาคารเพื่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งอาจเป็นหน้าต่างหรือช่องแสงที่ติดตั้งกระจกไว้หรือไม่ก็ได้

ช่องเปิดด้านข้างอาคาร หมายถึง ช่องเปิดที่บริเวณผนังด้านข้างของอาคาร

การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี หมายถึง เป็นการถ่ายเทความร้อนที่มาจากการแผ่รังสีผ่านอากาศหรือสุญญากาศ ในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves) เช่น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ถ่ายเทผ่านสุญญากาศมายังโลก เป็นต้น *(ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539: 31)*

การแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ หมายถึง เป็นการแผ่รังสีตรงคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ซึ่งเคลื่อนผ่านบรรยากาศพุ่งตรงมายังพื้นผิวโลก

[1] ระบบปฏิบัติการ คือ ชุดของโปรแกรมที่อยู่ระหว่างฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ประยุกต์มีหน้าที่ในการควบคุมการปฏิบัติการของฮาร์ดแวร์ และสนับสนุนคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ให้กับซอฟต์แวร์ประยุกต์(ภิญโญ จินันทุยา: 2545, 6)

โดยตรง ส่วนใหญ่เป็นแสงสว่าง *(ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539: 29)*

ระบบติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) หมายถึง ระบบที่ทำการติดต่อระหว่างผู้ใช้และโปรแกรมเพื่อทำการรับค่าตัวแปรต่างๆ และส่งต่อให้กับโปรแกรมเพื่อนำค่าที่ได้รับไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป *(ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์: 2542)*

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. **ขั้นการศึกษาความรู้พื้นฐาน** โดยการศึกษาทบทวนวรรณกรรม งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร โดยแยกเป็นหัวข้อดังนี้
    1. ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
    2. ศึกษาวิธีการและกระบวนการในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร(OTTV) โดยการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ที่หันสู่ทิศทางต่างกันมาประกอบการคำนวณ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
    3. ศึกษาทฤษฎี หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบสถาปัตยกรรม
    4. ศึกษาการใช้งานคอมพิวเตอร์ในการออกแบบของสถาปนิก
    5. ศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เพื่อเป็นแนวทาง และหาความเป็นไปได้ในการจัดทำโปรแกรม
2. **ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล** มีหัวข้อดังนี้
    1. ศึกษาการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
    2. ศึกษาการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร(OTTV) โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัย
    3. ศึกษารูปแบบของแผงบังแดดภายและการเจาะช่องเปิดด้านข้างอาคาร โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ศึกษาค้นคว้าหาตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัย
5. ศึกษาข้อมูลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัยและสื่ออิเล็กทรอนิกส์
6. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการป้อนข้อมูล ระบบติดต่อกับผู้ใช้ และวิธีการแสดงผลของข้อมูลรวมไปถึงการจัดการระบบฐานข้อมูลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัย สื่ออิเล็กทรอนิกส์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆที่ได้มีการพัฒนาไว้ก่อนแล้ว

3. **ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา** แยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหาจากกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
   1.1 วิเคราะห์และจัดแยกตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
   1.2 วิเคราะห์และจัดแยกรูปแบบของรูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และแผงบังแดดที่มีผลต่อการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
   1.3 วิเคราะห์และจัดแยกตัวแปรที่ส่งผลต่อการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร(OTTV)
2. การวิเคราะห์ปัญหาจากกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์
   2.1 วิเคราะห์ความสอดคล้องการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร(OTTV) กับวิธีการคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
   2.2 วิเคราะห์วิธีการป้อนข้อมูล และระบบติดต่อกับผู้ใช้ที่สอดคล้องกับการทำงานในด้านการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
   2.3 วิเคราะห์วิธีการแสดงผลข้อมูลด้วยภาพกราฟิก ทั้งระบบภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ

4. **ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียด**

1. กำหนดรายละเอียดในการออกแบบโปรแกรม (Flow chart Diagram) โดยลำดับขั้นตอนต่างๆในการคิดคำนวณของโปรแกรมอย่างชัดเจน

2. คัดเลือกวิธีการทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมให้เหมาะสมกับวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร (OTTV)
3. กำหนดโครงสร้างของโปรแกรม ในลักษณะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะนำมาใช้ในการเขียนและพัฒนาโปรแกรม
4. กำหนดรายละเอียดของ ระบบติดต่อกับผู้ใช้ และวิธีการแสดงผลของข้อมูลรวมไปถึงการจัดการระบบฐานข้อมูลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5. ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1. ทำการเขียนและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

6. ขั้นตอนประเมินผลและแก้ไขโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1. ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นว่า มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือหรือไม่
2. ทำการทดลองใช้งานโปรแกรม เพื่อหาข้อผิดพลาดกับตัวโปรแกรม
3. ทำการปรับปรุง และแก้ไขโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้น และทำซ้ำจนกว่าโปรแกรมจะมีความสมบูรณ์เพียงพอ
4. จัดทำต้นแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปวิธีการใช้และรายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้น
2. สรุปปัญหาที่ได้เกิดขึ้นในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์
3. ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไป

8. ขั้นตอนจัดทำรายงานการวิจัยและขยายผลการวิจัย

1. จัดทำรายงานการวิจัย
2. นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมาใช้ในงานออกแบบจริง
3. จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ออกเผยแพร่ต่อไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังได้อย่างสะดวก รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

2. เพื่อให้สถาปนิกผู้ออกแบบสามารถเลือกลักษณะรูปแบบของรูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และแผงบังแดดที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม ที่เกิดจากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ
3. สถาปนิกและผู้ที่สนใจสามารถนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้เพื่อช่วยในการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และแม่นยำ
4. สามารถขยายผลโดยการนำวิธีการวิจัยไปเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมในสาขาอื่นๆ
5. เพื่อช่วยส่งเสริมการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในส่วนของการออกแบบรูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดสำหรับช่องเปิดด้านข้างของอาคาร เพื่อลดความร้อนจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ที่จะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ได้จัดแบ่งหัวข้อที่สำคัญในการศึกษาออกเป็น 3 หัวข้อหลัก คือ

- การศึกษาและวิเคราะห์ทฤษฎีพื้นฐานในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร
- การศึกษาและวิเคราะห์ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแผงบังแดด
- การศึกษาและวิเคราะห์ภาพรวมของ โปรแกรมคอมพิวเตอร์(Software) ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน และการออกแบบแผงบังแดด

การศึกษาและวิเคราะห์ทฤษฎีพื้นฐานในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร

สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงาน เพื่อการปรับสภาพอากาศในอาคาร ประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในแถบทรอปิคเหนือ ได้รับอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์ในทิศใต้มากกว่าทิศเหนือ ภูมิอากาศร้อนชื้นโดยทั่วไปค่าเฉลี่ยความเร็วลมค่อนข้างต่ำในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศ *(กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม: 2538, 13)* รูปทรงของอาคาร ทิศทางและการจัดวางช่องเปิด มีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร อาคารที่มีสัดส่วนพื้นที่ใช้สอยต่อปริมาตรหรือต่อพื้นที่เปลือกอาคาร แสดงว่ามีประสิทธิภาพดีในการใช้ประโยชน์อาคารและยังมีศักยภาพของการอนุรักษ์พลังงานที่ดีอีกด้วย แต่ในความเป็นจริงพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร มักไม่อำนวยให้เลือกรูปทรงของอาคาร ทิศทางและการจัดวางช่องเปิดของอาคารได้ตามต้องการ และยังมีแรงจูงใจเชิงพาณิชย์ในการจัดให้มีสัดส่วนพื้นที่ใช้สอยต่อปริมาตรหรือต่อพื้นที่เปลือกอาคารอีกด้วย

ดังนั้นข้อกำหนดของการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารจึงมุ่งจำกัดปริมาณความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารโดยการกำหนดเกณฑ์ ขั้นสูงของค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเข้าสู่อาคารไว้ และด้วยเหตุผลของสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไปนั้น การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร (OTTV) ในแต่ละประเทศจึงได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานที่แตกต่างกันออกไป สำหรับประเทศไทย ข้อกำหนดค่ามาตรฐานต่างๆ ได้นำมาจาก พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ที่ได้มีการปรับปรุงให้เหมาะสมและสอดคล้องกับ

การใช้งานในประเทศไทย แต่ในปัจจุบัน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(พพ.) ได้ดำเนินการร่วมกับ Danish International Development Assistance (DANIDA) จัดทำโครงการปรับปรุงข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคาร เพื่อทำการศึกษาวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและเหมาะสมกับประเทศไทย จนสามารถจัดทำร่างข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคารเรียบร้อยแล้ว ซึ่งคาดว่าจะสามารถนำมาใช้แทนข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคารเดิม ซึ่งได้รวมถึงการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารไว้ด้วยเช่นกัน และลักษณะของรูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และแผงบังแดดนั้น ก็ถือเป็นตัวแปรส่วนหนึ่ง ที่ส่งผลต่อการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารด้วย ดังนั้นในการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานนั้น จึงต้องคำนึงถึงค่าที่เกิดขึ้นจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารด้วยเช่นกัน

1. ข้อกำหนดและสมการในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร[1]

ในข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคารนั้น มีทั้งข้อกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร (OTTV) ในอาคารประเภทต่างๆ รวมไปถึง สมการในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร (OTTV) โดยมีรายละเอียดโดยสังเขปดังต่อไปนี้ (*โครงการปรับปรุงข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคาร กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน: 2547)*

1.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น

1.1.1 ข้อกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร (OTTV) ของอาคารประเภทต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

- ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร ประเภทสำนักงาน และสถานศึกษา (O-OTTV) กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 50 วัตต์/ตารางเมตร
- ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร ประเภทร้านค้า ศูนย์การค้า และห้างสรรพสินค้า (S-OTTV) กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 45 วัตต์/ตารางเมตร
- ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร ประเภทโรงแรม สถานพยาบาล และสถานพักฟื้น (H-OTTV) กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 30 วัตต์/ตารางเมตร

1.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารได้แบ่งวิธีการคำนวณออกเป็นดังนี้

[1] รายละเอียดทั้งหมดของการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร แสดงอยู่ในภาคพนวก

1.2.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value) เป็นการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ของผนังแต่ละด้าน มีสมการดังนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1\text{-}WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

เมื่อ

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

U_w คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($W/(m^2.c)$)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

U_f คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจกหรือผนังโปร่งแสง โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($W/(m^2.C)$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคารให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

$SHGC$ คือ the solar heat gain coefficient of window

SC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง

ESR คือ the effective solar radiation on transparent windows and/or wall in unit of W/m^2

1.2.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังเฉลี่ยทั้งอาคาร มีสมการดังนี้

$$OTTV = \frac{(A_{w1})(OTTV_1) + (A_{w2})(OTTV_2) + \ldots\ldots + (A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \ldots + A_{wi}}$$

เมื่อ

A_{wi} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่ทั้งผนังทึบและพื้นที่ช่องเปิด หรือผนังโปร่งแสง โดยมีหน่วยเป็นตารางเมตร (cm^2)

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. บทสรุปและการวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร

จากสมการในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารข้างต้นนั้น ทำให้สามารถวิเคราะห์ตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องที่ใช้ในการคำนวณ โดยจะทำการวิเคราะห์แบ่งตามลักษณะของการรับค่าตัวแปรได้ดังนี้

2.1 ตัวแปรซึ่งเป็นค่าคงที่ จากสมการการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารนั้นไม่พบว่ามีตัวแปรที่เป็นค่าคงที่เลย

2.2 ตัวแปรที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ตามค่าคงที่ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคาร
- ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามประเภทของอาคาร
- *SHGC*คือ the solar heat gain coefficient of window
- *ESR*

2.3 ตัวแปรที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องนี้โดยมากเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบลักษณะของรูปทรงอาคาร ทิศทาง และการจัดวางช่องเปิดของอาคาร รวมถึงลักษณะของแผงบังแดดอีกด้วย ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- U_w คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ ซึ่งขึ้นอยู่กับการเลือกใช้วัสดุของผนังอาคาร
- U_f คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจกหรือผนังโปร่งแสง ซึ่งขึ้นอยู่กับการเลือกใช้วัสดุที่ใช้กับช่องเปิด ว่าเป็นกระจกชนิดใด
- *WWR* คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนัง ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบขนาดของช่องเปิดของอาคาร
- *SC* คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบในส่วนต่างๆมากมายทั้ง ทิศทางของอาคาร การออกแบบช่องเปิดอาคาร รวมถึงลักษณะของแผงบังแดดของผนังอาคาร

โดยจากลักษณะของตัวแปรต่างๆในแต่ละกลุ่มนั้น มีความสำคัญต่อการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในด้านของระบบติดต่อกับผู้ใช้โดยเฉพาะส่วนของการ รับข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณต่อไป โดยจะกล่าวถึงในรายละเอียดของแนวทางในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในบทต่อไป

การศึกษาและวิเคราะห์ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแผงบังแดด

ช่องเปิดถือเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบสถาปัตยกรรม ซึ่งเหตุผลในการเปิดช่องเปิดนั้นอาจเพื่อประโยชน์ในหลายๆด้าน เช่น เพื่อการมองเห็นภายนอกอาคาร เพื่อการรับลมและเพื่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคาร และจากการเปิดช่องเปิดนี้เองที่ทำให้แสงแดดเข้ามาสู่ตัวอาคาร ซึ่งทำให้เกิดความร้อนจากแสงแดดโดยตรง กับภายในอาคาร

รูปที่ 2.1 แสดงการเจาะช่องเปิด

ขนาดและทิศทางของช่องเปิดถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการรับรังสีจากดวงอาทิตย์ และการถ่ายเทความร้อนที่ตามมา ช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่ต้องการการควบคุมมากกว่าและสิ่งสำคัญคือการเลือกชนิดของกระจกและประสิทธิภาพของแผงบังแดดเพื่อป้องกันรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์จะเกิดผลดีต่ออิทธิผลของการถ่ายเทความร้อนของช่องเปิดนั้นๆ ทิศทางของช่องเปิดนั้นก็มีส่วนสำคัญต่อรังสีจากดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิดนั้นด้วย เพราะลักษณะของการโคจรของดวงอาทิตย์ในตำแหน่งที่ตั้ง และทิศทางต่างๆมีความต่างกัน ดังนั้นการเลือกช่องเปิดในทิศทางที่มีค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่มีปริมาณมาก เช่น ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ก็จะทำให้ช่องเปิดนั้นรับรังสีจากดวงอาทิตย์มากกว่าช่องเปิดทางด้านอื่นๆ ดังนั้นผู้ใช้อาคารควรหลีกเลี่ยงช่องเปิดขนาดใหญ่และช่องเปิดในทิศทางที่มีค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่มีปริมาณมาก แต่หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ก็ควรมีการออกแบบให้ช่องเปิดนั้นได้รับร่มเงา โดยอาจจะใช้แผงบังแดดที่มีประสิทธิภาพในการกันแดดเป็นอย่างดีเข้ามาช่วย

การออกแบบแผงบังแดดให้กับตัวอาคารนั้น เราควรจะคำนึงถึงหลายๆส่วนด้วยกัน เนื่องจากแผงบังแดดนั้นไม่ได้มีประโยชน์ในหน้าที่ใช้สอยเพียงอย่างเดียว แต่แผงบังแดดยังมีผลต่อหน้าตาอาคารอีกด้วย ฉะนั้นเมื่อเราจะทำการออกแบบแผงบังแดดจึงควรมีการศึกษารายละเอียดถึงคุณประโยชน์ของแผงบังแดดแต่ละชนิด รวมทั้งควรมีการสำรวจความคิดเห็นของผู้ใช้สอยอาคารต่อแผงบังแดด เพื่อนำผลที่ได้มาออกแบบหรือนำมาปรับปรุงแผงบังแดดเพื่อความเหมาะสมและส่งผลให้เกิดประโยชน์สูงสุด

รูปที่ 2.2 แสดงการออกแบบแผงบังแดดให้กับตัวอาคารและช่องเปิดของอาคาร

โดยปกตินั้นการออกแบบแผงบังแดดแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ การออกแบบภายนอกอาคารและการออกแบบภายในอาคาร การออกแบบแผงบังแดดภายนอกอาคารมีผลดีกว่ามากเพราะตัวชิ้นส่วน ที่ใช้ในการบังแดดนั้นจะต้องร้อนขึ้นและ แผ่รังสีออกมา ซึ่งถ้าหากว่าแผงบังแดดนั้นอยู่ภายในอาคารแล้วตัวแผงบังแดดเองจะคลายความร้อนเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศภายในอาคารขึ้นอีก ในกรณีที่แผงบังแดดอยู่ภายนอกอาคารนอกจากการแผ่รังสีจากตัวแผงบังแดดเองจะเข้ามาไม่ถึงแล้ว ยังสามารถให้ลมพัดพาระบายความร้อนจากที่แผงแดดภายนอกได้อีกด้วย *(สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541: 56)*

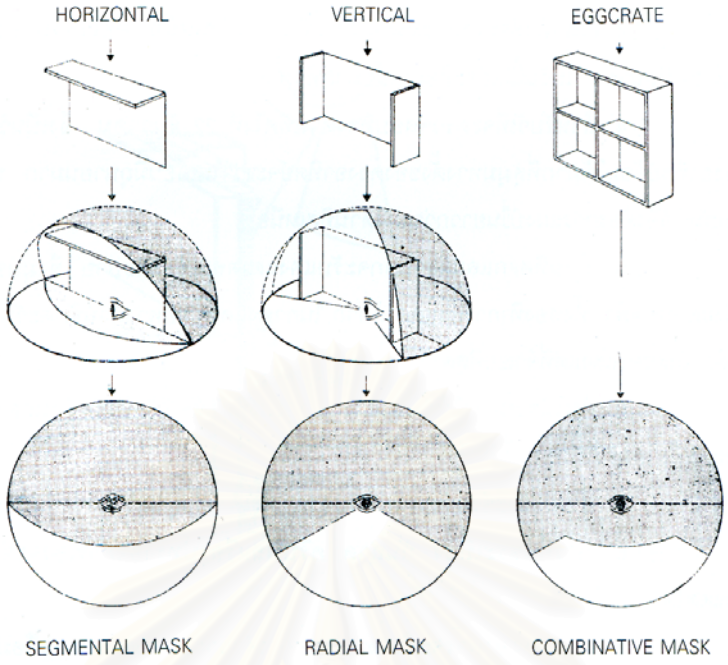
ช่องเปิดที่มีแผงบังแดดนั้น เราสามารถแบ่งชนิดของแผงบังแดดออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามลักษณะการทำงานแผงบังแดดได้ ดังนี้คือ *(ปิยชาติ แก้วแดง และคณะ อ้างถึงใน Watson, 1993: 161)*

- แผงบังแดดที่สามารถปรับทิศทางได้ (Adjustable Shading Device)
- แผงบังแดดที่สามารถปรับทิศทางได้อัตโนมัติ (Movable Shading Device)
- แผงบังแดดที่การกำหนดทิศทางและการจัดวางไว้อย่างตายตัว (Fixed Shading Device)

ซึ่งในแต่ละชนิดของแผงบังแดดนั้น เราก็สามารถที่จะแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้อีกตามทิศทางและรูปทรงของแผงบังแดดและการวางตัวขอแผงบังแดด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบได้ดังนี้คือ *(สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541: 73)*

1. แผงบังแดดแนวตั้ง (Vertical louvers)
2. แผงบังแดดแนวนอน (Horizontal overhangs)
3. แผงบังแดดแบบตาราง (Egg crate types)

โดยที่แผงบังแดดแต่ละแบบต่างก็สร้างร่มเงาให้กับตัวอาคาร ในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถอธิบายได้ในรูปแบบเครื่องหมายเงา (Shading mask) โดยแผงบังแดดแนวตั้งจะให้เครื่องหมายเงารูปร่างเป็นส่วนของวงกลมเป็นเส้นรัศมี (Radial mask) แผงบังแดดแนวนอนจะให้เครื่องหมายเงาเป็นรูปเสี้ยว (Segmental mask) ของวงกลม และแผงบังแดดผสมจะให้เครื่องหมายเงาจากมุมเงาทางตั้งและทางนอนรวมกัน

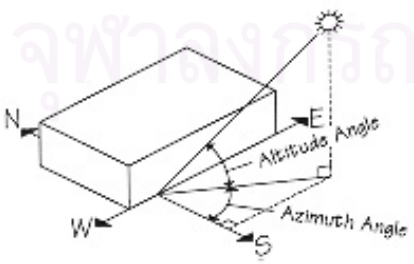


รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของเงาของแผงบังแดดแบบต่างๆ

1. การออกแบบขนาดและตำแหน่งของแผงบังแดด

ในการออกแบบแผงบังแดดนั้นเราจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับ มุมต่างๆที่เกี่ยวกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ซึ่งมุมต่างๆเหล่านั้น จะถูกนำไปใช้ในการออกแบบแผงบังแดด โดยมุมต่างๆที่เกี่ยวกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์มีดังนี้คือ

- มุมไต่ (Angle of Declination) คือ มุมที่เกิดขึ้นเนื่องจากดวงอาทิตย์ทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร (หรือ ระนาบของส้นศูนย์สูตร)
- มุมกระทำ (Altitude Angle) คือ มุมที่ดวงอาทิตย์กระทำจริงทางแนวตั้งกับระนาบขอบฟ้า (อ่านค่าได้ด้วยมุมตัด (Profile Angle) กับมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle)



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของมุมกระทำ และมุมเบี่ยง

- มุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) คือ มุมตามแนวระดับที่ดวงอาทิตย์กระทำกับทิศใต้ ซึ่งในตอนเช้าจะหมุนไปทางตะวันออก และตอนบ่ายจะหมุนไปทางทิศตะวันตก Azimuth ในซีกโลกภาคเหนือ เช่น ประเทศไทย คือมุมที่ดวงอาทิตย์หมุนตามแนวระดับเบี่ยงทิศใต้ ส่วน Azimuth ในซีกโลกภาคใต้ คือมุมที่ดวงอาทิตย์หมุนตามแนวระดับเบี่ยงกับทิศเหนือ

- มุมตัด (Profile Angle) คือ มุมที่ระดับของดวงอาทิตย์กระทำในระนาบที่ตั้งฉากกับผนัง หรืออาคาร ค่าของมุมตัด (Profile Angle) จะแตกต่างไปจากค่าของมุมกระทำ (Altitude Angle) และในการออกแบบ ค่ามุมตัด มีความสำคัญมากกว่า มุมกระทำ เพราะนำไปพล็อตหาค่าความลึกของที่บังแดดแนวนอนได้

โดยค่าของมุมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแผงบังแดดข้างต้นนั้น สามารถหาได้จากสมการ ต่างๆ ดังนี้

สมการของ มุมไต่(Angle of Declination) อธิบายได้ดังนี้ คือ

$$\delta = 0.4093 \sin (2\pi (J - 81)/368)$$

เมื่อ

δ คือ มุมไต่ (Angle of Declination) ของดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน

J คือ วันที่ ที่เริ่มนับจากวันแรกของเดือนของปี (Julian date) โดยไม่สนใจเดือนต่างๆ ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่ วันที่ 1 จนถึงวันที่ 365 ของปี

สมการของ มุมกระทำ(Altitude Angle) อธิบายได้ดังนี้ คือ

$$a_t = \arcsin ((\sin l)(\sin\delta) - (\cos l)(\cos\delta)(\cos(\pi t/12)))$$

เมื่อ

a_t คือ มุมกระทำ(Altitude Angle) ของดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน

l คือ ตำแหน่งละติจูล หน่วยเรเดียน

δ คือ มุมคล้อยต่ำของดวงอาทิตย์

t คือ เวลาดวงอาทิตย์ หน่วยทศนิยมของชั่วโมง

มุมของ มุมกระทำ(Altitude Angle) จะมีค่าของมุมอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง $\pi/2$ ถ้าทิศทางของดวงอาทิตย์อยู่ต่ำกว่าแนวระดับหรือเกินกว่า $\pi/2$ จะให้ค่าเป็นลบ สมการของมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) อธิบายได้ดังนี้ คือ

$$a_s = \arctan \left(\frac{- [\cos\delta \sin(\pi t/12)]}{-[\cos l \sin + (\sin l)(\cos\delta)(\cos(\pi t/12))]} \right)$$

เมื่อ

a_s คือ มุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle)ดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน

l คือ ตำแหน่งของมุมละติจูล หน่วยเรเดียน

δ คือ มุมไต่ (Angle of Declination) ของดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน

t คือ เวลาดวงอาทิตย์ หน่วยทศนิยมของชั่วโมง

มุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) จะเริ่มจากศูนย์องศา ในแนวของทิศใต้ และหมุนตามเข็มนาฬิกา เรื่อยไปจนถึงทิศเหนือ เป็นระยะทาง π และให้ทิศทางดังกล่าวเป็นบวก สำหรับทิศทางตรงข้าม เมื่อเริ่มจากศูนย์องศาในแนวทิศใต้หมุนทวนเข็มนาฬิกาขึ้นไปทางเหนือผ่านทิศตะวันออกเป็นระยะทาง π จะให้ทิศทางดังกล่าวเป็นลบในการคำนวนแสงธรรมชาติด้วยวิธีการต่างๆนั้น จะต้องมีการคำนวณถึงแสงธรรมชาติบนพื้นผิวแนวตั้งเสมอเช่นหน้าต่าง หรือผนังอาคาร ดังนั้นมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) ที่เกิดขึ้นจะเป็นมุมในแนวนอน ระหว่างมุมที่อ้างถึง(ศูนย์องศาทางทิศใต้) กับมุมที่เกิดขึ้นจริงของผนังที่ตั้งฉากนั้นๆ

มุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) ของดวงอาทิตย์ เมื่อตกกระทบกับผนัง หรือช่องเปิดที่ไม่ได้อยู่ในแนวทิศใต้ จะพิจารณามุม มุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) ได้จากสาการดังนี้

$$a_z = a_s - a_e$$

เมื่อ

a_z คือ ระดับมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle)ของดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน

a_s คือ มุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) หน่วยเรเดียน

a_e คือ ความสูงมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle)หน่วยเรเดียน

มุมตัด (Profile Angle) ของแสงดวงอาทิตย์ จะเป็นมุมที่เกิดขึ้น ระหว่าง แนวระนาบปกติกับมุมตกกระทบ ของดวงอาทิตย์ คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$a_i = \arccos (\cos a_t / \cos a_z)$$

เมื่อ

a_i คือ มุมตัด (Profile Angle) หน่วยเรเดียน

a_t คือ มุมกระทำ(Altitude Angle) ของดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน

a_z คือ ระดับของมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle)ดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน

เมื่อเราได้ทราบถึงมุมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เราก็จะต้องทำการหาค่าของมุมต่างๆเหล่านั้น เพื่อนำค่าของมุมต่างๆที่ได้มาเป็นข้อมูลในการออกแบบแผงบังแดด และก่อนที่จะออกแบบนั้นเราจะต้องเลือกวันและเดือนที่ต้องการกันแดดซึ่งขึ้นอยู่กับความร้อนหนาวในฤดูต่างๆและสภาพลมฟ้าอากาศในเขตความสบาย (Comfort Zone) โดยตรวจสอบดูในแผนภาพ ซึ่งแสดงเขตความสบาย สำหรับประเทศไทยโดยเฉพาะที่กรุงเทพฯ เมื่อดูจากแผนภาพแสดงเขตความสบาย (comfort Zone) จะเห็นว่าเราต้องการการกันแดดตลอดปี *(ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539: 137)* และในเครื่องมือหามุมดวงอาทิตย์ จะเห็นว่า ทางด้านทิศใต้แสงแดดจะเข้ามุมตัด (Profile Angle) ต่ำสุดในเดือนธันวาคม เราจึงมักเลือกเวลาออกแบบในเดือนธันวาคม เมื่อเราได้วันและเดือนแล้ว เรา

ควรจะเลือกเวลาที่ต้องการจะกันแดด โดยดูจากเวลาที่จะใช้สอยอาคาร ซึ่งอาคารแต่ละชนิดต่างก็มีเวลาการใช้งานที่แตกต่างกันออกไปเมื่อเราได้วันและเวลาแล้ว เราก็จะทำการออกแบบโดยอาศัยแผนภาพแสดงตารางโคจรของดวงอาทิตย์ มาหามุมต่างๆดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น ก็จะเริ่มทำการออกแบบแผงบังแดด

โดยการออกแบบแผงบังแดด แบ่งลักษณะการออกแบบออกได้เป็น 2 อย่าง คือ แผงบังแดดตามแนวนอน เช่น กันสาด ชายคา เป็นต้น และแผงบังแดดแนวตั้ง และในกรณีที่ไม่สามารถใช้แผงบังแดดแนวนอน หรือแนวตั้งเพียงอย่างเดียว (ทั้งนี้โดยพิจารณาจากมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำว่าไม่วิกฤติจนเกินไป จนการออกแบบกระทำไม่ได้) ซึ่งในกรณีหลังนี้จะต้องใช้วิธีการออกแบบผสมระหว่างแผงบังแดดตามแนวตั้งกับตามแนวนอน *(สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541: 82)*

2. การออกแบบแผงบังแดดตามแนวนอนหรือแนวระดับ (Horizontal overhangs)

การออกแบบแผงบังแดดแบบตามแนวนอนหรือแนวระดับนี้ ก็คือการออกแบบกันสาด หรือชายคานั่นเอง ให้สามารถป้องกันแสงแดดส่องเข้ามาผ่านประตู หรือหน้าต่าง ซึ่งประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับขนาด และตำแหน่งของแผงบังแดด

2.1 ความกว้างของแผงบังแดดแนวนอน

การหาความกว้างของการยื่นแผงบังแดด จะต้องได้ค่าของมุมตัด (Profile Angie) เสียก่อนโดยจะต้องรู้ว่าจุดวิกฤติในการออกแบบอยู่ที่วัน และเวลาใด ที่จะใช้อาคาร แล้วเอาค่าของมุมตัด (Profile Angie) มาหาความกว้าง และใช้ค่ามุมเบี่ยง (Bearing Angie) นำมาหาความยาว ซึ่งหลักการในการป้องกันแสงแดดของที่บังแดดตามแนวนอน คือ ช่องเปิดของผนังอาคารจะต้องป้องกันมุมตัด (Profile Angle) ที่มีค่าน้อยที่สุดทางทิศนั้น ซึ่งถ้าต้องการป้องกันแสงแดดตลอดทั้งปีจะต้องใช้ค่าของมุมตัดที่น้อยที่สุดของตลอดทั้งปี

2.2 ความยาวของแผงบังแดดแนวนอน

นอกจากความยาวของการยื่นแผงบังแดดหรือชายคาออกไปแล้ว ยังต้องพิจารณาความกว้างของแผงบังแดดด้วย มิฉะนั้นแสงแดดจะสาดเอียงลอดด้านข้างเข้าไปในบริเวณที่ต้องการมิให้แสงแดดเข้าไปกระทบได้ โดยการหาความยาวของแผงบังแดดนั้น เราจะต้องได้ค่าของมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) เสียก่อน ซึ่งต้องเป็นจุดวิกฤติของวัน และเวลาใด ที่จะใช้อาคารหรือของตลอดทั้งปี และในการหานั้นจะต้องหาทั้งจากทางด้านซ้ายของช่องเปิดและทางด้านขวาของช่องเปิดอีกด้วย เนื่องจากบางครั้งมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) ของช่องเปิดของด้านทั้งสองอาจมีค่าที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางของช่องเปิดนั้นๆ

3. การออกแบบแผงบังแดดตามแนวตั้ง (Vertical louvers)

ในบางกรณีการยื่นแผงบังแดดตามแนวระดับหรือชายคาแต่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถจะป้องกันแสงแดดได้ ทั้งนี้จะพบเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมตัด (Profile Angle) มีค่าน้อยมาก (แสดงว่าดวงอาทิตย์อยู่เรี่ย ๆ ขอบฟ้า) หรือเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) มาก ๆ ในเวลาเช้ามากและบ่ายมาก ดวงอาทิตย์อยู่ต่ำและมีมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) มาก จนทำให้ต้องยืดความกว้างของแผงบังแดดตามแนวระดับออกไปด้านข้างเกินปกติไปมาก เราอาจใช้แผงบังแดดทางแนวตั้งในการกันแดดแทน

3.1 ขนาดความลึกและทิศทางของแผงบังแดดแนวตั้ง

ขนาดความลึก และ ทิศทางของแผงบังแดดตามแนวตั้ง ได้จากค่าของมุมเบี่ยงของดวงอาทิตย์ (Azimuth หรือ Bearing Angle) โดยจะต้องหาสองค่าคือ ในเวลาที่เช้าที่สุด (ที่เริ่มต้องการกันแดด) และสายที่สุดหรือบ่ายมากที่สุด (ที่ไม่ต้องการกันแดด) ซึ่งสองเวลานี้มีค่ามุมเบี่ยงมากที่สุดทางทิศตะวันออก และ ทิศตะวันตก

3.2 ความสูงของแผงบังแดดตามแนวตั้ง

ขนาดความสูงจะหาได้โดยใช้มุมตัด (Profile Angle) ของดวงอาทิตย์ในตำแหน่งสูงสุดชี้ในจุดบนสุดของหน้าต่างในระหว่างเวลาที่ต้องการร่มเงา สิ่งพึงระวังของแผงบังแดดตามแนวตั้ง คือ มุมตัด (Profile Angie) ของดวงอาทิตย์เพราะถ้ามุมตัดมีค่ามาก มุมก็ยิ่งสูง แผงบังแดดตามแนวตั้งก็จะต้องสูงขึ้นตามไปด้วย

4. การหาเงาที่ได้รับจากแผงบังแดด

การหาเงาที่ได้รับจากแผงบังแดดนั้น ถือเป็นวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบถึงการป้องกันรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ที่จะเกิดขึ้นกับพื้นที่ภายในอาคารตรงบริเวณช่องเปิดที่มีแผงบังแดดอยู่ ซึ่งในบางครั้งการหาเงาที่เกิดขึ้นนั้นจะทำให้เราทราบถึงแสงแดดที่ผ่านเข้ามาได้และเราก็สามารถตัดสินใจถึงการยอมรับของประสิทธิภาพของการกันแดดของแผงบังแดดนั้นๆได้ รวมถึงการจัดวางสิ่งของภายในอาคารที่ไม่ต้องการให้ได้รับผลกระทบต่อสิ่งของเหล่านั้นหรือไม่

ถ้าเราทราบถึงขนาดและที่ตั้งของแผงบังแดดแล้ว เราก็จะสามารถหาเงาที่เกิดขึ้นได้ต้องอาศัยมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) และมุมตัด (Profile Angle) ที่กระทำกับแผงบังแดดนั้นๆ โดยเราสามารถทำการหาเงาได้ 2 วิธี

4.1 โดยการเขียนแปลน

โดยทำการเขียนแปลนของแผงบังแดดกับหน้าต่างและเขียนรูปตัด โดยเขียนมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle) และมุมตัด (Profile Angle) สำหรับเวลาเริ่มแรกและหลังสุดที่ต้องการหาเงาลงไปในแปลน ให้ผ่านริมของแผงบังแดด เนื้อที่ระหว่างเส้นคู่ทั้งสองจะเป็นเงาที่ได้รับ ซึ่งสามารถหาเงาที่เกิดขึ้นจากแผงบังแดดได้ทั้งในด้าน

รูปตัด รูปแปลน รวมถึงรูปด้านของอาคารอีกด้วย ซึ่งการใช้วิธีในการเขียนรูปนั้นถือเป็นวิธีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

4.2 โดยการใช้สูตรในการคำนวณ

โดยการใช้สูตรในการคำนวณเพื่อหาค่าของเงาที่เกิดขึ้นจากแผงบังแดด[1]

เงาที่เกิดขึ้นจากแผงบังแดดถือเป็นสิ่งหนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบถึงประสิทธิภาพของการออกแบบแผงบังแดดนั้นๆ เพราะจะทำให้เราสามารถมองเห็นถึงแสงเงาที่จะเกิดขึ้นกับตัวอาคารและช่องเปิดของอาคาร ซึ่งลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นอาจใช้ในการตัดสินใจเลือกใช้แผงบังแดดนั้นๆหรือไม่ เพราะการออกแบบแผงบังแดดนั้นต้องคำนึงถึงรูปร่างหน้าตาของแผงบังแดดประกอบกันด้วยซึ่งบางครั้งแผงบังแดดที่บังแสงได้อย่างดีแต่มีรูปร่างหน้าตาที่ไม่เหมาะสมกับตัวอาคารเลย เราจึงอาจปรับเปลี่ยนรูปร่างของแผงบังแดดเพื่อให้เหมาะสมกับตัวอาคารถึงแม้จะมีแสงเข้าสู่ตัวอาคารอยู่บ้างก็ตาม ซึ่งแสงแดดที่เข้าสู่ภายในตัวอาคารเหล่านั้นเราอาจยอมรับได้ในระดับหนึ่ง ดังนั้นการแสดงเงาที่ได้รับให้เห็นจึงเป็นทางเลือกในการตัดสินใจว่าแสงแดดที่เกิดขึ้นหรือเงาที่ได้รับจากแผงบังแดดนั้นเราสามารถยอมรับได้หรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับรูปร่างหน้าตาของแผงบังแดดที่เหมาะสมกับอาคารมากกว่า ซึ่งการแสดงเงาที่ได้รับนั้นอาจต้องสามารถแสดงให้เห็นในช่วงเวลาต่างๆได้ในทุกๆเวลา

5. บทสรุปและการวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแผงบังแดด

ทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแผงบังแดดข้างต้น ทำให้สามารถวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบแผงบังแดด โดยจากการวิเคราะห์แบ่งตามลักษณะของการรับค่าตัวแปรจะพบว่าตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแผงบังแดดนั้น เป็นตัวแปรที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ ตามการออกแบบ ซึ่งตัวแปรต่างๆเหล่านี้ประกอบไปด้วย

- ขนาดของช่องเปิด ขนาดของช่องเปิดส่งผลต่อแสงเงาที่เกิดขึ้นในตัวอาคารซึ่งหากช่องเปิดมีขนาดใหญ่ก็ย่อมทำให้แสงที่เข้าถึงภายในอาคารย่อมมีมากตามไปด้วย ดังนั้นขนาดของแผงบังแดดของช่องเปิดจึงต้องมีขนาดที่สอดคล้องกับขนาดช่องเปิดด้วยเช่นกัน
- ตำแหน่งของช่องเปิด ตำแหน่งของช่องเปิดมีผลต่อมุมของแดดที่เกิดขึ้นกับช่องเปิดนั้นๆ เพราะที่ตำแหน่งพิกัด Latitude Longitude ต่างๆ มีผลต่อมุมแดดที่จะเกิดขึ้นกับตัวอาคารที่แตกต่างกันออกไป
- ตำแหน่งทิศทางของช่องเปิด ทิศทางต่างๆนั้นมีผลต่อรูปแบบของแผงบังแดด ดังในงานวิจัยเรื่อง รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน : การให้แสงสว่างธรรมชาติ และลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร *(กนกวรรณ อุสันโน, 2539:*

[1] สูตรในการคำนวณค่าของเงาที่เกิดขึ้นจากแผงบังแดด แสดงอยู่ในภาคพนวก

126-146) ซึ่งจากการวิจัยพบว่าอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมในทิศทางต่างๆมีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป

- วันเวลาที่ต้องการบังแดด วันเวลาที่ต้องการคำนวณหาเพื่อการบังแดดเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเพราะทิศทางของแสงแดดนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาในตลอดปี ดังนั้นวันเวลาที่ต้องการบังแดดจึงเป็นข้อมูลสำคัญเพื่อให้แผงบังแดดนั้นมีประสิทธิภาพในการบังแดดในวันเวลานั้น แต่ถ้าหากมีความต้องการให้แผงบังแดดนั้นมีประสิทธิภาพตลอดทั้งปีก็ควรมีการคำนึงถึงวันเวลาที่เป็นจุดวิกฤติเพราะเป็นวันเวลาที่แสงแดดจะส่องเข้าในช่องเปิดทำมุมมากที่สุดหรือมีปริมาณแสงแดดเข้าสู่อาคารมากที่สุด ดังนั้นถ้าหากต้องการให้แผงกันแดดนั้นป้องกันแสงแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดทั้งปี
- รูปแบบของแผงบังแดด รูปแบบของแผงบังแดดนั้นในการออกแบบไม่ได้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ว่าผู้ใช้ต้องการที่จะใช้เพียง รูปแบบของแผงบังแดดในแนวนอนเท่านั้น แต่รูปแบบของแผงบังแดดนั้นถูกกำหนดโดย ตำแหน่งและทิศทางของช่องเปิดจึงทำให้ในการเลือกรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยในการออกแบบแผงบังแดดนั้น ไม่สามารถกำหนดรูปแบบตายตัวว่าเป็นเพียง รูปแบบของแผงบังแดดในแนวนอนเท่านั้น แต่ต้องมีการรองรับการออกแบบแผงบังแดดทั้ง แผงบังแดดแนวตั้ง (Vertical louvers) และแผงบังแดดแนวนอน (Horizontal overhangs) ซึ่งรูปแบบของแผงบังแดดต่างๆนี้ มีลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นแตกต่างกันออกไปและมีความเหมาะสมกับช่องเปิดในทิศทางต่างๆที่แตกต่างกันออกไปอีกด้วย

การศึกษาและวิเคราะห์ภาพรวมของ โปรแกรมคอมพิวเตอร์(Software) ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน และการออกแบบแผงบังแดด

คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทกับการปฏิบัติวิชาชีพสถาปัตยกรรมในประเทศไทย ในระยะปลายของช่วงที่ 4 หรือในช่วงปี พ.ศ. 2517-2525 *(ผุสดี ทิพทัส: 2539, 558)* ในขณะนั้นบริษัทสถาปนิกบางแห่งเริ่มมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้กับงานบางประเภทในระหว่างขั้นตอนของการดำเนินงานออกแบบและผลิตผลงาน แต่การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้นั้นก็มีส่วนช่วยในงานบางประเภทเท่านั้น จนถึงช่วงที่ 5 พ.ศ. 2526-2537 ในการปฏิบัติวิชาชีพสถาปัตยกรรมในประเทศไทยเริ่มตระหนักถึงความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการเข้ามาช่วยงานในด้านต่างๆมากขึ้น โดยมีจุดประสงค์เบื้องต้นของการใช้คอมพิวเตอร์ก็เพื่อประหยัดเวลา ของการทำงาน และต่างก็มีความคิดว่าคอมพิวเตอร์นั้น เหมาะที่จะใช้งานด้านการเก็บข้อมูลหรือในการคิดราคาเท่านั้น แต่ในส่วนของการสังเคราะห์ (Synthesis) ความคิดออกมาจากข้อมูลต่างๆ ให้เป็นรูปทรงอาคารให้ได้นั้น ยังคงมั่นใจว่า

ต้องเกิดจากการตกผลึกของกระแสความคิดสร้างสรรค์ และประสบการณ์ที่ได้สั่งสมมาตลอดที่จะเกิดขึ้นได้ในตัวคนเท่านั้น *(ผุสดี ทิพทัส: 2539, 639-644)*

จนในปัจจุบัน การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้กับการปฏิบัติวิชาชีพสถาปัตยกรรมเริ่มมีมากขึ้น คอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design: CAD) ในการเขียนแบบ การพิมพ์งานแบบ การประมาณราคา การเก็บและบันทึกข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวกับงาน รวมไปถึงการนำเสนอผลงานผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งแตกต่างจากในอดีตที่มีการใช้งานคอมพิวเตอร์ในงานเพียงบางส่วนเท่านั้น อาจเป็นเพราะการพัฒนาขึ้นอย่างก้าวกระโดด ของเทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และระบบปฏิบัติการ ที่ทำให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer, Home-use Computer) มีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าเดิมหลายสิบเท่า และมีราคาถูกลงมากเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพ ทำให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ทางด้าน Graphic ต่างๆที่เดิมต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง (Work Station) กลับสามารถทำงานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ การพัฒนาโปรแกรมทางด้านคอมพิวเตอร์ Graphic ทั้งในแง่การผลิตเพื่อจำหน่าย และการศึกษาในกลุ่มผู้สนใจ จึงเกิดตามขึ้นมาอย่างแพร่หลาย เพราะไม่มีข้อจำกัดด้านอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอีกต่อไป เกิดโปรแกรมทางด้าน Graphic ระดับสูงขึ้นมากมายในท้องตลาด หากย้อนกลับมาดูการพัฒนาในประเทศ การนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานมาใช้นั้น ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในวงการต่างๆเช่นเดียวกับในต่างประเทศ สำหรับในด้านการออกแบบในงานสถาปัตยกรรมนั้น ก็มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากต่างประเทศจำนวนไม่น้อยที่เริ่มเข้ามามีบทบาท ทำให้การทำงานของนักออกแบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากการศึกษารวบรวมข้อมูล เราจะพบว่ามีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) อยู่น้อยมากที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการออกแบบแผงบังแดด แต่โดยมากจะเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงได้เลือกโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานและออกแบบแผงบังแดดมาวิเคราะห์ ประกอบไปด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 โปรแกรมด้วยกันดังนี้ คือ

- โปรแกรมคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (Q-SAVE SFG-OTTV Calculation Program)
- โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์รูปทรงและวัสดุเปลือกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Magic Energy Estimated Zoftware version 1.5)
- โปรแกรม The Solar Tool

โดยในการวิเคราะห์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำการคัดเลือกมานั้น มีหัวข้อในการวิเคราะห์เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมต่อไปดังนี้ คือ

จุดประสงค์การพัฒนาเพื่อการใช้งานโปรแกรม เป็นการวิเคราะห์ในส่วนของจุดประสงค์ในการพัฒนาโปรแกรมตัวอย่าง เพื่อนำมาประยุกต์สร้างคุณลักษณะของโปรแกรมที่ทำให้โปรแกรมทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานยิ่งขึ้น

ระบบติดต่อระหว่างผู้ใช้โปรแกรมกับโปรแกรม เป็นการวิเคราะห์ในส่วนของรูปแบบการติดต่อระหว่างผู้ใช้โปรแกรมกับโปรแกรม ทั้งด้านการรับข้อมูล และด้านการแสดงผลของข้อมูล เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างส่วนติดต่อระหว่างผู้ใช้โปรแกรมกับโปรแกรมที่เหมาะสม

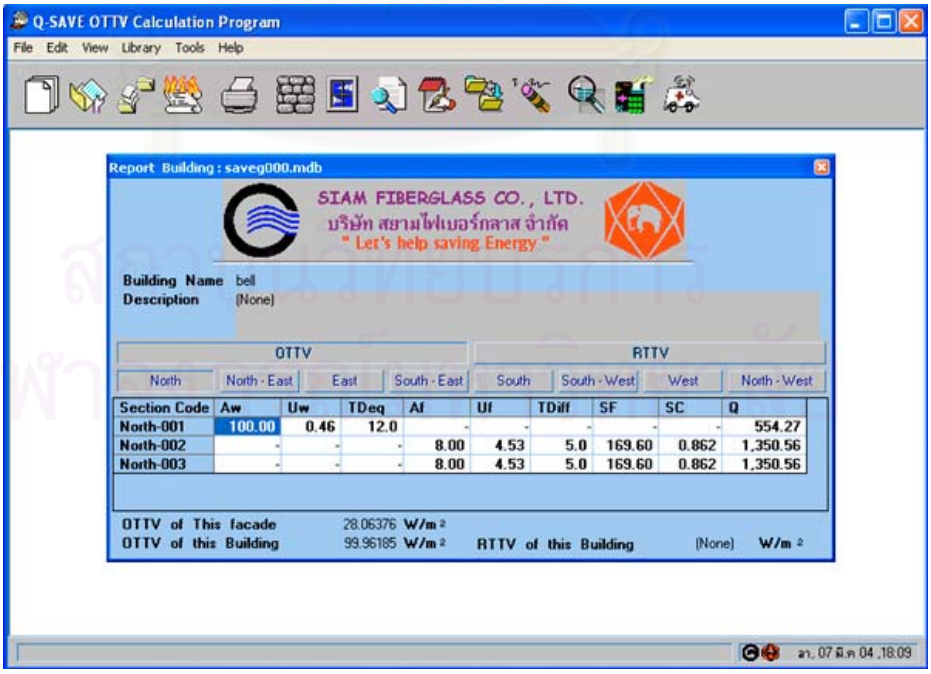
กระบวนการทำงานของโปรแกรม เป็นการวิเคราะห์ในส่วนของการทำงานของโปรแกรมว่ามีการใช้งานอย่างไร ทางด้านการประมวลผลของโปรแกรมเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาด้านการขั้นตอนของการทำงานในด้านต่างๆของโปรแกรม

จุดเด่นและข้อจำกัดของโปรแกรม เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาจุดเด่นและข้อจำกัดในการใช้งานโปรแกรม แล้วนำมาเป็นข้อพิจารณาเพื่อใช้ประกอบการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

1. **โปรแกรมคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร** (Q-SAVE SFG-OTTV Calculation Program)

ผู้พัฒนาโปรแกรม : บริษัท สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด

ระบบปฏิบัติการที่ใช้ : Windows 95, 98, ME, XP (home)



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะหน้าตาของโปรแกรมคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (Q-SAVE SFG-OTTV Calculation Program)

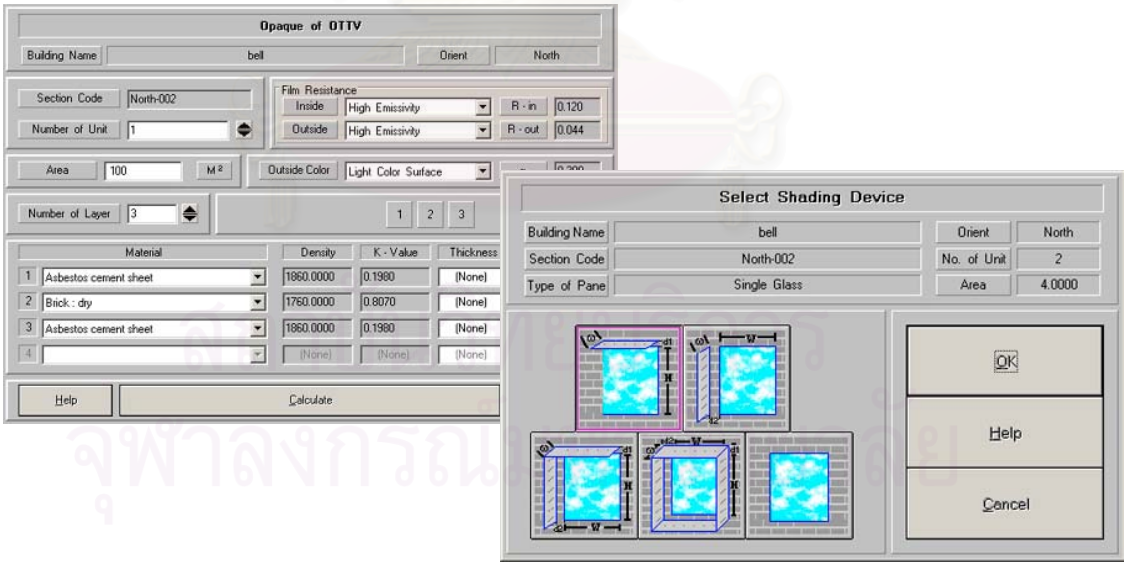
1.1 จุดประสงค์การพัฒนาเพื่อการใช้งานโปรแกรม

เป็นโปรแกรมที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้ความสะดวกและรวดเร็วในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคุ้มทุนในการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงอาคาร

1.2 ระบบติดต่อระหว่างผู้ใช้โปรแกรมกับโปรแกรม

โปรแกรมมีหน้าจอหลักเพียงหน้าจอเดียว แต่จะมีหน้าจอย่อยต่างๆแยกออกไปตามลำดับขั้นตอนในการใช้งานโปรแกรมออก โดยจะมี ปุ่มเมนูหลักของโปรแกรมในการควบคุมการทำงานต่างๆของโปรแกรม

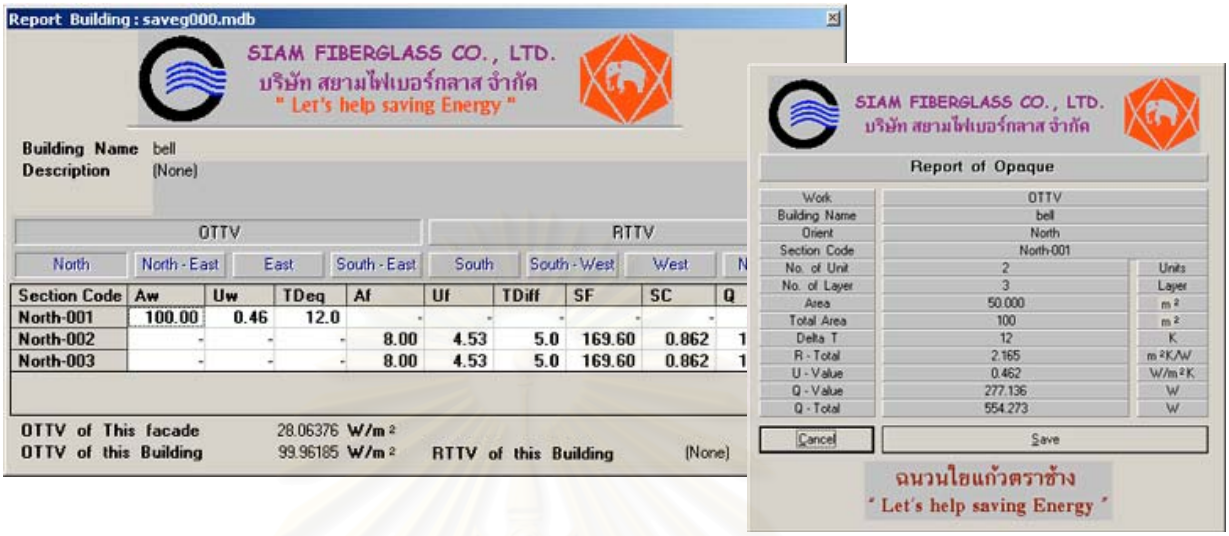
1.2.1 กระบวนการป้อนข้อมูล ในการป้อนข้อมูลนั้น โปรแกรมจะมีการแยกการป้อนข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็น ผนังทึบ และ ช่องเปิด การป้อนข้อมูลของโปรแกรมนั้น เป็นการเน้นการป้อนข้อมูลด้วยตัวเลขเป็นหลัก โดยมีทั้งการกรอกค่า การเลือกค่าที่กำหนดให้มา รวมไปถึงการเลื่อนปรับเปลี่ยนค่าข้อมูลต่างๆ นอกจากนั้นยังมีส่วนของการป้อนข้อมูลด้วยระบบภาพกราฟฟิกอยู่บ้างซึ่งเป็นภาพกราฟฟิก เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายกับตัวแปรนั้นๆ เช่น ลักษณะของรูปที่แสดงรูปแบบของแผงบังแดดรูปแบบต่างๆ



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะการป้อนข้อมูลของโปรแกรม Q-SAVE และส่วนของการป้อนข้อมูลโดยการเลือกจากภาพกราฟฟิก

1.2.2 ระบบการแสดงผล ในส่วนของการแสดงผลของการคำนวณค่าต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณค่าของโปรแกรมนั้น โปรแกรมจะเน้นที่การแสดงผลด้วยตัว

อักษร และตัวเลขเป็นหลัก ซึ่งโปรแกรมจะทำการแยกผลของการคำนวณออกเป็นในแต่ละส่วนของผนังด้านต่างๆ และจะแสดงผลจากการคำนวณออกมาเป็นรูปแบบของตาราง ในการคำนวณ



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะการแสดงผลข้อมูลของโปรแกรม Q-SAVE

1.3 กระบวนการทำงานของโปรแกรม

ในส่วนของระบบการประมวลผลของโปรแกรมนั้น เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการป้อนข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องแล้ว หากต้องการทราบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการคำนวณของโปรแกรม ผู้ใช้จะต้องทำการสั่งให้โปรแกรมทำการประมวลผลใหม่ทุกครั้งหากต้องการทราบผลลัพธ์ จากการคำนวณ

1.4 จุดเด่นและข้อจำกัดของโปรแกรม

1.4.1 จุดเด่นของโปรแกรมนั้นประกอบไปด้วย ความสามารถในด้านการจัดเก็บฐานข้อมูลอยู่พอสมควร โดยตัวโปรแกรมสามารถสร้างฐานข้อมูลใหม่ สามารถเรียกเปิดฐานข้อมูลเดิมที่ได้สร้างไว้ รวมถึงการลบและแก้ไขฐานข้อมูลต่างๆในการคำนวณได้อีกด้วย รวมไปถึงในส่วนของการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ได้ทราบ เพื่อใช้ในการคำนวณจุดคุ้มทุน ซึ่งทำให้โปรแกรมสามารถรองรับการใช้งานเพื่อการปรับปรุงอาคารอีกด้วย

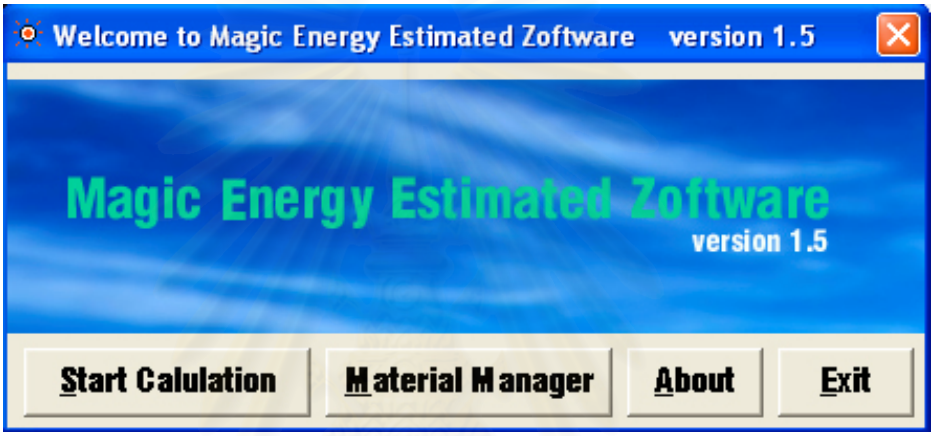
1.4.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม โดยจุดสำคัญของข้อจำกัดของโปรแกรมน่าจะอยู่ในส่วนของกระบวนการในการประมวลผลของโปรแกรม เพราะเมื่อเสร็จสิ้นการป้อนรายละเอียดข้อมูลแล้วนั้นผู้ใช้โปรแกรมจะต้องมีการเรียกให้โปรแกรมทำการคำนวณใหม่ทุกครั้ง ซึ่งทำให้ไม่มีความสะดวกในการใช้งานของโปรแกรม อีกทั้งในส่วนของการป้อนข้อมูลน่าจะมีการใช้ระบบการ

ป้อนข้อมูลที่มีความหลากลายและง่ายต่อการทำความเข้าใจของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องมากกว่านี้

2. **โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์รูปทรงและวัสดุเปลือกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน** (Magic Energy Estimated Zoftware version 1.5)

ผู้พัฒนาโปรแกรม : อวิรุทธ์ อุรุพงศา (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.)

ระบบปฏิบัติการที่ใช้ : Windows 95, 98, ME, 2000, XP



รูปที่ 2.8 แสดงหน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรม คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์รูปทรงและวัสดุเปลือกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Magic Energy Estimated Zoftware version 1.5)

2.1 จุดประสงค์การพัฒนาเพื่อการใช้งานโปรแกรม

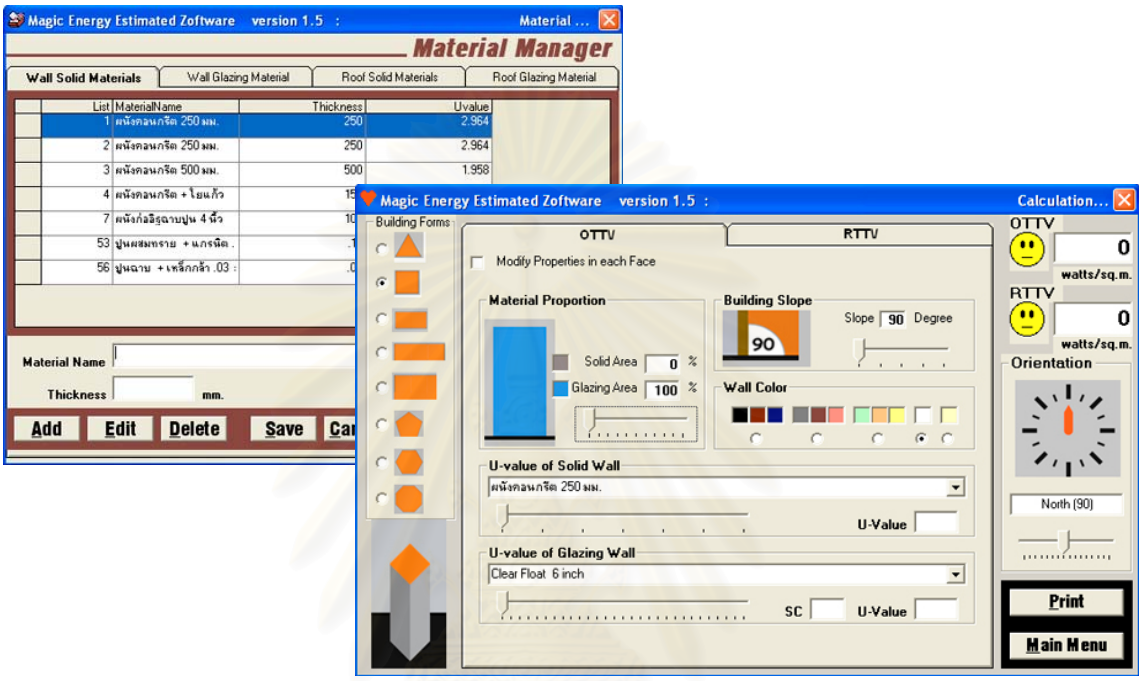
เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบรูปทรงและวัสดุเปลือกอาคารที่เหมาะสมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และสอดคล้องตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

2.2 ระบบติดต่อระหว่างผู้ใช้โปรแกรมกับโปรแกรม

โปรแกรมมีหน้าจอหลักในการควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือส่วนที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูล และอีกส่วนเป็นส่วนของการป้อนข้อมูลและการคำนวณ ซึ่งจะแบ่งย่อยออกเป็นส่วนของการป้อนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าของ OTTV และ RTTV อีกด้วย

2.2.1 กระบวนการป้อนข้อมูล การป้อนข้อมูลของโปรแกรมเป็นการป้อนข้อมูลด้วยการตัวเลข ควบคู่ไปกับการใช้กราฟฟิกง่ายๆ ในการสื่อสารให้เข้าใจ

ถึงตัวแปรนั้นๆ โดยมีทั้งการกรอกค่า การเลือกค่าที่กำหนดให้มา รวมไปถึงการเลื่อนปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ การเลือกรูปทรงของอาคารจากรูปภาพ อีกทั้งยังมีส่วนของการกำหนดค่าของข้อมูลต่างๆไว้ในฐานข้อมูลได้โดยตรงเพื่อใช้ในการกำหนดค่าต่างๆได้อีกด้วย เช่น วัสดุของผนังหรือกระจกชนิดต่างๆ



รูปที่ 2.9 แสดงส่วนของหน้าจอหลัก 2 ส่วน ทั้งส่วนที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูล กับส่วนของการคำนวณของโปรแกรม Magic Energy Estimated Zoftware version 1.5 ที่มีการใช้ภาพกราฟฟิก

2.2.2 ระบบการแสดงผล ในการแสดงผลของการคำนวณค่าต่างๆของโปรแกรมจะมีการแสดงผลด้วยตัวอักษร และตัวเลขเป็นหลัก นอกจากนั้นโปรแกรมยังแสดงภาพกราฟฟิกอย่างง่ายเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงผลของการคำนวณของโปรแกรมได้อีกด้วย

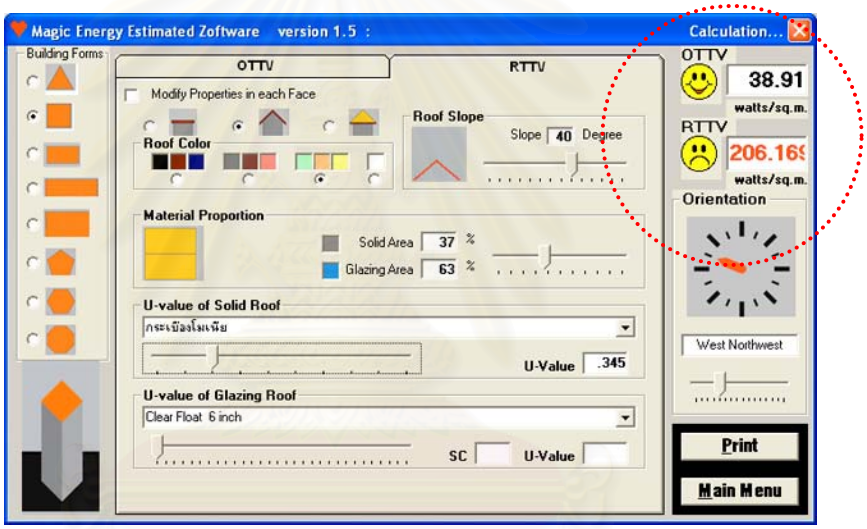
2.3 กระบวนการทำงานของโปรแกรม

ในส่วนของระบบการประมวลผลของโปรแกรมนั้น โปรแกรมมีลักษณะของการประมวลผลของโปรแกรม Real-time Interactive[1] ซึ่งทำให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถทำการคำนวณผลของโปรแกรมได้ตลอดเวลาในขณะที่มีการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ ส่งผลต่อการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี

[1] Real-time Interactive หมายถึง การแสดงผลบนจอภาพในรูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีการตอบสนอง เปลี่ยนแปลงทันทีโดยไม่ต้องรอผลจากการคำนวณ เมื่อผู้ใช้ เปลี่ยนแปลงค่า ออกคำสั่ง หรือทำการกระทำบางอย่าง

2.4 จุดเด่นและข้อจำกัดของโปรแกรม

2.4.1 จุดเด่นของโปรแกรมนั้นประกอบไปด้วย ความสามารถในด้านการจัดเก็บฐานข้อมูลโดยเฉพาะในส่วนของการใส่ข้อมูลของวัสดุต่างๆ ของผนังและกระจกเข้าไว้ในฐานข้อมูลซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเพิ่มเติมได้ในภายหลัง ในส่วนของการประมวลผลของโปรแกรมในระบบ Real-time Interactive ถือเป็นจุดเด่นอีกอย่างหนึ่งของโปรแกรม ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกในการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นในส่วนของการแสดงผลที่แสดงออกในรูปแบบกราฟฟิกที่สื่อสารออกมาให้เข้าใจได้ง่าย ทำให้ผู้ใช้โปรแกรมในระดับพื้นฐานสามารถเข้าใจผลของการคำนวณจากโปรแกรมได้ว่ามีผลเป็นอย่างไร ดีหรือไม่ดี



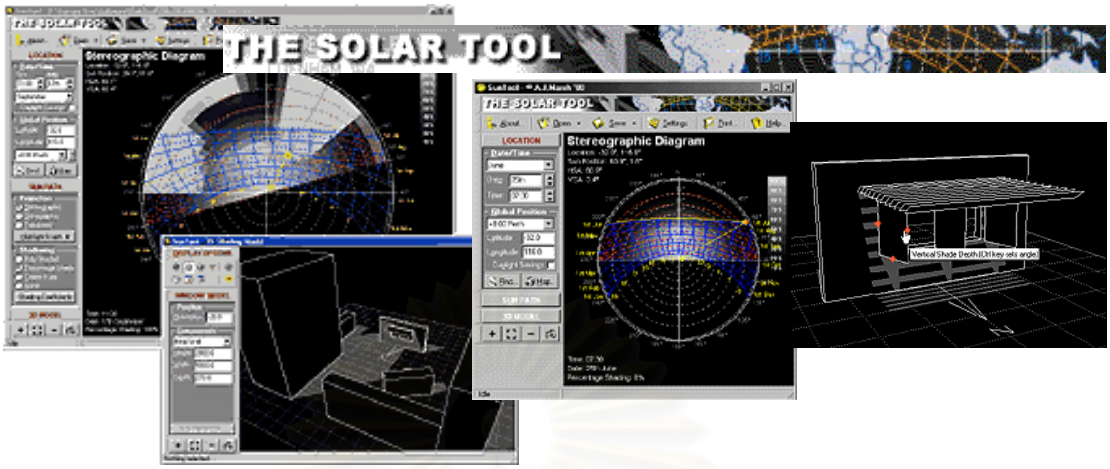
รูปที่ 2.10 แสดงส่วนของการแสดงผลด้วยภาพกราฟฟิกที่เข้าใจได้ง่าย ของโปรแกรม Magic Energy Estimated Zoftware version 1.5

2.4.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม โดยจุดสำคัญของข้อจำกัดของโปรแกรมน่าจะอยู่ในส่วนของการป้อนข้อมูลที่กำจัดอยู่พอสมควรในส่วนของรูปทรงอาคารที่มีให้เลือกรูปทรงได้ไม่มากนัก และไม่ครอบคลุมถึงส่วนของการออกแบบแผงบังแดด ให้กับอาคารอีกด้วย

3. **โปรแกรมคอมพิวเตอร์** The Solar Tool

ผู้พัฒนาโปรแกรม : Square One research/ Dr. Andrew Marsh and Ms. Caroline Raines of Square One *research* and the Welsh School of Architecture at Cardiff University

ระบบปฏิบัติการที่ใช้ : Windows



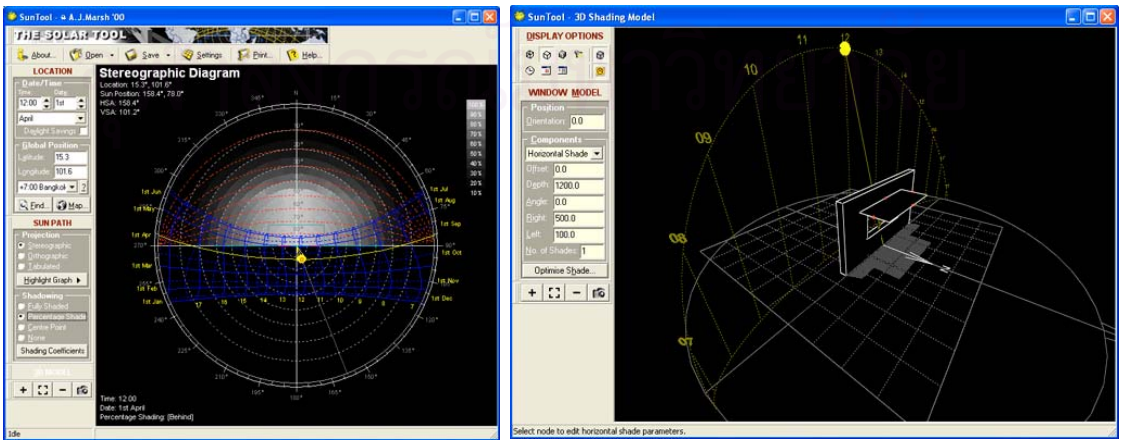
รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของหน้าจอ ของโปรแกรม The Solar Tool

3.1 จุดประสงค์การพัฒนาเพื่อการใช้งานโปรแกรม

เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นจากสถาบันการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์ในด้านการศึกษาเป็นหลัก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ถึงลักษณะของแสงและเงาที่เกิดขึ้นจากแสงธรรมชาติโดยตรง รวมไปถึงแสงเงาที่เกิดขึ้นกับช่องเปิดและแผงบังแดด รวมไปถึงผลกระทบของแสงและเงาของอาคารข้างเคียงได้อีกด้วย ซึ่งโปรแกรมจะคำนึงถึงตำแหน่งที่ตั้งและทิศทางของผนังเป็นหลัก

3.2 ระบบติดต่อระหว่างผู้ใช้โปรแกรมกับโปรแกรม

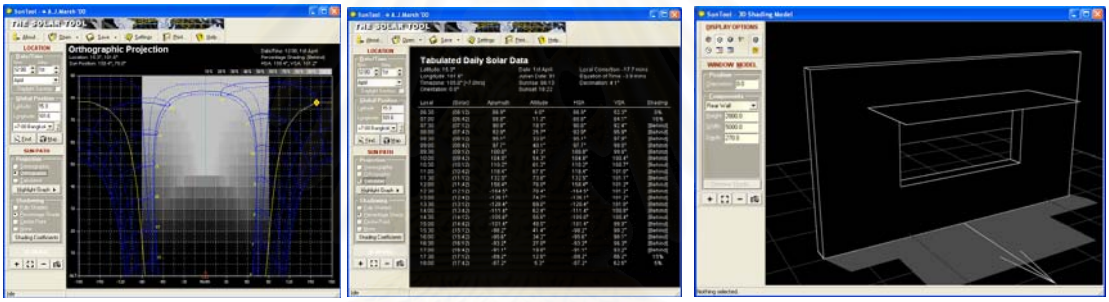
โปรแกรมมีการแบ่งหน้าจอการทำงานหลักออกเป็น 2 ส่วน คือในส่วนของการแสดงภาพ 2 มิติของ Sun Chart กับที่แสดงภาพ 3 มิติ ของผนัง ช่องเปิดและแผงบังแดด โดยทั้ง สองส่วนเป็นอิสระจากกันแต่มีการเชื่อมโยงกันด้วย ค่าข้อมูลของตัวแปรต่างๆ



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของหน้าจอหลักทั้ง 2 ส่วน ของโปรแกรม The Solar Tool

3.2.1 กระบวนการป้อนข้อมูล การป้อนข้อมูลของโปรแกรมมีครอบคลุมทั้งการกรอกค่า การเลือกค่าที่กำหนดให้มา การเลื่อนปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ การป้อนข้อมูลด้วยวิธีทางภาพกราฟฟิก จากแผนที่เพื่อกำหนดที่ตั้งของอาคาร โดยข้อมูลบางส่วนก็มีการจัดเก็บข้อมูลต่างๆไว้ในฐานข้อมูลได้โดยตรงเพื่อใช้ในการกำหนดค่าต่างๆได้ นอกจากนั้นโปรแกรมยังรองรับการปรับเปลี่ยนข้างจากภาพ 3 มิติ อีกด้วย เช่น ทิศทางของอาคาร ขนาดของแผงบังแดด เป็นต้น

3.2.2 ระบบการแสดงผล ในการแสดงผลของการคำนวณค่าต่างๆของโปรแกรมจะมีการแสดงผลของการคำนวณที่หลากหลาย ทั้งการแสดงผลด้วยตัวเลขและตาราง การแสดงผลด้วยภาพกราฟฟิก 2 มิติ และรวมไปถึงภาพกราฟฟิก 3 มิติอีกด้วย ซึ่งทำให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายทั้ง ผู้ใช้ในระดับพื้นฐานและผู้ใช้ในระดับเชี่ยวชาญ



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะการแสดงผล ของโปรแกรม The Solar Tool ทั้ง ตาราง กราฟ ภาพ 3 มิติ

3.3 กระบวนการทำงานของโปรแกรม

ในส่วนของระบบการประมวลผลของโปรแกรมนั้น โปรแกรม The Solar Tool มีลักษณะของการประมวลผลของโปรแกรมในระบบ Real-time Interactive ที่ดีเพราะรองรับการรับค่าด้วยภาพสามมิติและแสดงผลในรูปแบบ 3 มิติในทันที ซึ่งทำให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถรับรู้ผลได้ทันทีจากภาพกราฟฟิก 3 มิติ มิต้องยุ่งยากในการกดูค่าการคำนวณด้วยตัวเลข ส่งผลต่อการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างรวดเร็ว

3.4 จุดเด่นและข้อจำกัดของโปรแกรม

3.4.1 จุดเด่นของโปรแกรม The Solar Tool ที่จะไม่กล่าวถึงไม่ได้คือ ในส่วนระบบการประมวลผลแบบ Real-time Interactive และส่วนของการรับข้อมูลและแสดงผลการคำนวณข้อมูลออกมาในรูปแบบภาพกราฟฟิก 3 มิติ ซึ่งทำให้ผู้ใช้เข้าใจผลการคำนวณได้อย่างรวดเร็วและเข้าใจง่ายยิ่งขึ้น กว่า

การแสดงด้วยตัวเลข และภาพกราฟฟิก 2 มิติ ทำให้ผู้ใช้โปรแกรมในระดับพื้นฐานและผู้ใช้ในระดับเชี่ยวชาญสามารถเข้าใจผลลัพธ์ของการคำนวณจากโปรแกรมได้เป็นอย่างดี เช่น ภาพการแสดงของแสงและเงาที่เกิดขึ้นจากผนัง ช่องเปิดและแผงบังแดด และถือเป็นโปรแกรมที่รองรับการใช้งานของผู้ใช้ได้เป็นอย่างดีทั้งในระดับพื้นฐานและในระดับเชี่ยวชาญ

3.4.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม โปรแกรม The Solar Tool ถือว่ามีเป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาได้เป็นอย่างดี ทำให้โปรแกรมมีข้อจำกัดต่างๆอยู่น้อยมาก จะมีแค่เพียงในส่วนของผนังอาคารที่จะทำการคำนวณได้เพียงด้านเดียวไม่สามารถคำนวณ ผนังของอาคารทั้งหมดได้พร้อมๆกัน

4. บทสรุปและบทวิเคราะห์ภาพรวมของ โปรแกรมคอมพิวเตอร์(Software) ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน และการออกแบบแผงบังแดด

สถานการณ์การใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์(Software) ในประเทศไทย ในปัจจุบันนั้น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ที่มีการนำมาใช้กับการทำงานจริงล้วนเป็น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) จากต่างประเทศทั้งสิ้น อาจเป็น Freeware หรือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ที่มีลิขสิทธิ์ โปรแกรมที่ได้รับความนิยมในกลุ่มผู้ให้บริการออกแบบ เช่น Lightscrape (Autodesk) และ Dialux (Dial) ซึ่งโปรแกรมตัวแรกนั้นเป็นที่นิยมในหมู่ นักออกแบบทั่วไป ส่วนโปรแกรมอื่นๆมีใช้กันบ้างไม่มากนัก สำหรับความนิยมในกลุ่มผู้วิจัยด้านแสงสว่างและพลังงานนั้น ส่วนมากก็จะมุ่งเน้นเป็นผู้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ขึ้นมาใช้งานเอง และมีบางส่วนที่ใช้โปรแกรมของกลุ่มนักวิจัยอื่น และที่นิยมก็คือกลุ่มที่พัฒนาโดย Berkley Laboratory เช่น DOE2.0 , ADELINE บาง Module เป็นต้น ซึ่งเป็น Freeware ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

จากการศึกษาในประเด็นเรื่องภาพรวมของ โปรแกรมคอมพิวเตอร์(Software) ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน และการออกแบบแผงบังแดด ทำให้ทราบถึงข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบแผงบังแดดได้ดังนี้

4.1 สถานการณ์การศึกษา และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ด้านงานออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน

สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ที่พัฒนามา เพื่องานออกแบบโดยคำนึงถึงการอนุรักษ์พลังงานโดยเฉพาะนั้น พบว่าโดยมากมีการทดลองและพัฒนา ในระดับการวิจัย เท่านั้น เท่าที่ปรากฏพบว่ายังไม่มี โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ทางด้านนี้ของคนไทย ตัวใดเลยที่สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้ โดยจากการสำรวจข้อมูลในภาครัฐ ในหน่วยงานที่อาจเกี่ยวข้องเช่น NECTEC, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน รวมทั้ง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เอกชนของคนไทยที่มีการ

วางจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด กลุ่มผู้ใช้งานที่ได้กล่าวไป ไม่พบ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ที่เกี่ยวข้องและเป็นของคนไทยเองแต่อย่างใด สำหรับในส่วนการศึกษานั้น ที่ผ่านมาพบว่ามีการพัฒนา โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ทางด้านการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานขึ้นมาบ้างแล้ว โดยผู้พัฒนาส่วนใหญ่เป็นนักวิจัยเป็นโปรแกรมส่วนใหญ่จะออกมาใน เชิงการคำนวณเพื่อพิสูจน์ค่าตัวเลข ต่างๆ มากกว่าจะออกมาเป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบ สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ที่เน้นทางการออกแบบ ซึ่งพัฒนาโดยผู้ศึกษาทางด้านงานออกแบบมาโดยตรงนั้น มีปรากฏเพียงไม่กี่ผลงานนัก เนื่องจากกลุ่มนักออกแบบเช่น Designer หรือ สถาปนิก ยังอยู่ในระยะเริ่มต้น ของการเข้ามามีบทบาทบนสายการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software)

4.2 ส่วนติดต่อระหว่างผู้ใช้โปรแกรมกับโปรแกรมหรือ Graphic User Interface (GUI)

Graphic User Interface นั้นมีความสำคัญต่อการใช้งานและการทำความเข้าใจกับโปรแกรม การสื่อสารโดยสัญลักษณ์ ความสะดวกรวดเร็วในการจัดการ การเข้าถึงข้อมูลเพื่อให้ได้ผลของข้อมูล การยอมให้ผู้ใช้ตั้งค่าได้ตามความต้องการหรือตามความถนัดของผู้ใช้เองได้ ล้วนเป็นสิ่งที่มีผลกับประสิทธิภาพของ Graphic User Interface ทั้งสิ้น เทคนิคการสร้าง Graphic User Interface ที่ใช้ง่ายและพบในโปรแกรมที่ได้ศึกษามานั้นมีหลายลักษณะด้วยกัน เช่น การใช้ Icon ปุ่ม ตลอดจนการวางตำแหน่ง Menu ต่างๆให้ใกล้เคียงและเป็นรูปแบบเดียวกันกับ โปรแกรมที่ผู้ใช้มีความคุ้นเคยเป็นอย่างดี เช่น Windows หรือ AutoCAD เป็นต้น จึงทำให้แนวทางในการจัดวาง Graphic User Interface ของโปรแกรมที่ได้มีการพัฒนามาเป็นแนวทางเดียวกับโปรแกรมทั้ง 2 ข้างต้น เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่ายและคุ้นเคยกับโปรแกรมที่ได้เคยใช้มาก่อน และหากโปรแกรมมีความสามารถในการแสดงผลเป็น 3 มิติแบบ Real time ก็จะมีปุ่มและคำสั่ง Standard ที่ใช้ควบคุมการแสดงผลเช่นเดียวกับโปรแกรม 3 มิติโดยทั่วไป เช่นการเปลี่ยนมุมมอง จากมุมมองรูปแปลนเป็นรูปมุม Perspective การหมุนภาพ การขยายภาพ

4.3 การป้อนข้อมูล Input

การคำนึงถึง Basic Input ที่โปรแกรมต้องการ นอกจากควรจะมีให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นแล้ว ยังต้องคำนึงถึง เทคนิควิธีการป้อนค่าด้วย การพิมพ์หรือกรอกข้อความถือเป็นเทคนิคการ Input แบบง่ายที่สุดแต่ไม่สะดวกสำหรับผู้ใช้ที่สุด แต่วิธีการดังกล่าวก็มักนำมาใช้เพราะมีความแม่นยำของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ลักษณะของการ Input ข้อมูลแบบนี้มักจะเป็นโปรแกรมที่เน้นการ

วิเคราะห์ข้อมูลหรือการคำนวณเป็นหลักเพื่อใช้ในการวิเคราะห์อย่างละเอียด การป้อนข้อมูลที่น่าจะเหมาะสมกับการออกแบบควรใช้กราฟิกหรือเทคนิคต่างๆช่วยเพื่อให้ป้อนข้อมูลได้รวดเร็วขึ้น อาจเป็นเทคนิคที่เรียกว่า Drag & Drop ที่มักถูกนำมาใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแทบทุกโปรแกรม เป็นการสั่งงานโดยเมาส์ นั่นเอง นอกจากข้อมูลต่างๆที่ให้ป้อนค่าได้แล้ว ในการออกแบบโปรแกรมที่ดีนั้นควรมี ค่า Default ของโปรแกรมเอาไว้ให้อยู่แล้ว เพื่อให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเสียเวลากรอกข้อมูลทุกตัวทั้งหมดเอง เช่น พิกัดตำแหน่งของกรุงเทพฯ เป็นต้น หรือหากข้อมูลตัวไหนไม่สำคัญนักก็สามารถใช้ค่า Default ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานกลางๆได้ หรือไม่เช่นนั้นก็ควรมีค่าที่เป็น General Standard เก็บอยู่ใน Library ให้สามารถ Load มาใช้ได้ทันที แทนที่จะมีแต่ค่า Specific เพียงอย่างเดียว

4.4 การแสดงผลของโปรแกรม

สำหรับการแสดงผลของโปรแกรมนั้น จะพบว่าในส่วนของการแสดงผลที่เกิดขึ้นจากการประมวลผลของโปรแกรมนั้น เราอาจแบ่งกลุ่มของลักษณะของการแสดงผลของโปรแกรมออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ

4.4.1 การแสดงผลแบบ Visual Simulation แสดงภาพเสมือนจริง การแสดงผลลักษณะนี้ โปรแกรมจะต้องมีลักษณะการทำงานเป็น 3 มิติ อาจมีความสามารถแบบ Real time ด้วย เป็นรูปแบบที่พบในโปรแกรมระดับสูง ใช้หน่วยความจำและความสามารถในการแสดงผลของเครื่องมาก รวมทั้งการพัฒนาโปรแกรมก็จะทำได้ยากอีกด้วย แต่ก็เป็นการแสดงผลที่เหมาะสมกับการใช้งานของสถาปนิกที่ต้องการจำลองภาพที่เกิดขึ้นให้มีความสมจริงเพื่อใช้ในการนำเสนอผลงานที่ได้ทำการออกแบบไว้มากกว่าเพื่อใช้ในการออกแบบโดยตรง

4.4.2 การแสดงผลแบบ Graphic ใช้ในการ Analysis ต่างๆเช่น Contour ของแสง กราฟความสว่าง หรือภาพในแบบ 3 มิติที่ไม่ได้มุ่งเน้นที่ความสมจริงของภาพ โปรแกรมอาจทำงานเป็น 3มิติ หรือเพียงแค่ 2 มิติก็ได้ เป็นการแสดงผลที่ใช้ความสามารถของเครื่องไม่สูงนัก และเทคนิคในการเขียนโปรแกรมไม่ซับซ้อน โดยทั่วไปแล้วโปรแกรมที่แสดงผลในรูปแบบแรกได้จะมีความสามารถแสดงผลในลักษณะนี้ได้ มีโปรแกรมเป็นจำนวนมากที่แสดงผลแบบ Graphic อาจเป็นเพราะโปรแกรมไม่ได้มุ่งเน้นที่การแสดงภาพให้เหมือนจริง แต่ต้องการมุ่งเน้นที่การออกแบบหรือการวิเคราะห์ข้อ

มูลที่เกิดขึ้นในรูปแบบที่ไม่ใช้ตัวเลข โปรแกรมที่แสดงผลได้เพียงระดับนี้เช่น โปรแกรม Sun Tool เป็นต้น

4.4.3 การแสดงผลแบบ Data ตัวเลข เป็นการแสดงผลที่ใช้ความสารถของเครื่องน้อยที่สุด ใช้การคำนวณแบบง่ายๆไม่ซับซ้อน โปรแกรมที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ DOS ส่วนใหญ่จะมีความสามารถในการแสดงผลจำกัดอยู่ในระดับนี้เท่านั้น สำหรับบนระบบปฏิบัติการที่สูงขึ้น ก็ยังมีบางโปรแกรมที่แสดงผลในระดับนี้เช่นกัน อาจเนื่องมาจากข้อมูลที่ต้องการแสดงผลนั้นเหมาะสมที่จะแสดงเป็นตัวเลข เช่นการประเมินค่าใช้จ่าย แสดงค่าของพิกัด หรือแสดงค่าของพลังงานต่างๆ เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไปหรือเพื่อให้เกิดความแม่นยำของข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ขึ้นมา โปรแกรมที่แสดงผลระดับนี้

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบแผงบังแดดนั้น มุ่งเน้นที่การออกแบบมากกว่าการสร้างภาพให้สมจริงหรือนำผลของข้อมูลออกมาในรูปแบบของตัวเลขเพื่อมาวิเคราะห์ค่าต่างๆต่อ ดังนั้นแนวทางในการแสดงผลจำควรเป็นการแสดงผลในรูปแบบของ การแสดงผลแบบ Graphic

4.5 ระบบการประมวลผลของโปรแกรม

เนื่องจากโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานงานนั้น คงจะหลีกเลี่ยงไม่ได้กับการคำนวณค่าของสมการต่างๆที่มีค่าข้อมูลตัวเลขที่เกี่ยวข้องในปริมาณมากๆ และมีความซับซ้อนในหลายส่วนของสมการที่เกี่ยวข้อง ด้วยเหตุนี้ระบบการประมวลผลของโปรแกรมโดยส่วนใหญ่จึงเป็นการช่วยอำนวยความสะดวกในส่วนของการคำนวณค่าเป็นหลัก เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งก็นับว่าเป็นข้อดีอย่างหนึ่งเช่นกัน แต่ถ้าหากมองลึกลงไปในแง่ของการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรมนั้น ระบบการประมวลผลของโปรแกรมนอกจากจะเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณแล้ว โปรแกรมควรที่จะมีส่วนช่วยในการเสนอแนวทางในการออกแบบ เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมนำมาวิเคราะห์ ปรับเปลี่ยนและควบคุมตัวแปรที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ในหลายมุมมองมากขึ้น และทำให้เราทราบถึงข้อมูลของตัวแปรที่สำคัญทั้งในด้านของการออกแบบและการอนุรักษ์พลังงานไปพร้อมกันด้วย ซึ่งจะทำให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น สามารถช่วยในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงานอย่างแท้จริง

โดยปรับเปลี่ยนระบบการประมวลผลจากระบบที่เป็นระบบการป้อนค่าของข้อมูลเข้าไปในโปรแกรมและทำการประมวลผลออกมา เมื่อมีการผิดพลาดหรือค่าที่ได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการจึงย้อนกลับไปทำการแก้ไขข้อมูลแล้วทำการประมวลผลใหม่อีกครั้ง แต่ในระบบการประมวลผลที่ใช้ระบบการประมวลผลในลักษณะ Real-time Interactive จะมีส่วนช่วยในการออกแบบมากขึ้น โดยโปรแกรมจะทำการประมวลผลทันทีที่มีการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง ทำให้ทราบถึงตัวแปรที่มี ผลต่อการออกแบบต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ใช้โปรแกรมสำหรับการออกแบบสถาปัตยกรรมมากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แนวทางการออกแบบพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย รวมทั้งรูปแบบลักษณะโปรแกรมตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษาที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้สามารถจัดแบ่งแนวทางในการออกแบบพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ได้เป็นหัวข้อหลักดังนี้คือ

- การวิเคราะห์และคัดเลือกโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการพัฒนา
- การวิเคราะห์และจัดวางองค์ประกอบของโปรแกรม
- การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ประกอบการทำงานของโปรแกรม
- การวิเคราะห์แนวทางกระบวนการทำงานของโปรแกรม

การวิเคราะห์และคัดเลือกโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการพัฒนา

การทำการวิจัยเพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ การวิเคราะห์และคัดเลือกเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น จะต้องพิจารณาจากคุณสมบัติและความสามารถในการนำมาพัฒนาโปรแกรมใน 3 ส่วนหลักด้วยกัน คือ

1. ส่วนของเครื่องมือสนับสนุนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ส่วนของเครื่องมือสนับสนุนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในที่นี้หมายถึง ส่วนที่ใช้ในการสนับสนุนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งก็คือ ส่วนของการจัดการข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรม การตรวจสอบหาข้อผิดพลาดของโปรแกรมในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการคำนวณและการประมวลผลซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจาก โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานนั้น จะต้องมีค่าตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องอยู่มากมายการพัฒนาให้โปรแกรมมีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลอย่างรวดเร็วย่อมส่งผลโดยตรงต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะทำการพัฒนา ซึ่งจากการพิจารณาจากเหตุผลต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงได้เลือกโปรแกรม ไมโครซอฟท์ วิชวล ซี พลัส พลัส 6.0 (Microsoft Visual C++ 6.0) เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมต่อการนำการใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในครั้งนี้

1.1 คุณลักษณะเด่นของ Microsoft Visual C++ 6.0

1.1.1 เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ (Application) ที่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95, 98, 2000, Me, NT, XP ซึ่งระบบ

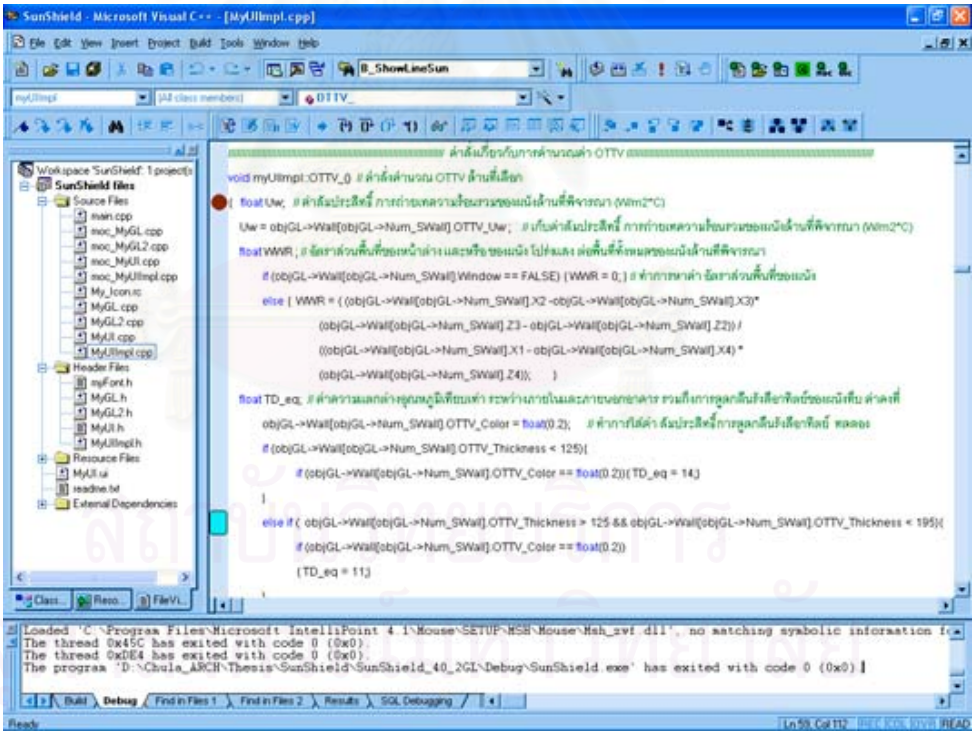
ปฏิบัติการดังกล่าว เป็นระบบปฏิบัติการที่เป็นมาตรฐาน มีผู้ใช้กันโดยทั่วไป และสามารถพัฒนาโปรแกรมต่อไปได้โดยง่าย

1.1.2 เป็นโปรแกรมที่สามารถพัฒนาได้ต่อเนื่อง ทั้งนี้ Microsoft Visual C++ เป็นโปรแกรมที่มีพื้นฐานมาจากภาษา C และ C++ ซึ่งถือเป็นภาษาพื้นฐานของการพัฒนาโปรแกรมโดยทั่วไป

1.1.3 เป็นโปรแกรมที่ใช้พื้นฐานมาจากภาษา C ซึ่งเป็นภาษาที่มีการคำนวณและประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว

1.1.4 สนับสนุนลักษณะการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object – oriented Programming) โดยอาศัยแนวคิดจากการสร้าง Class ของ Object เพื่อให้ง่ายต่อการทำสำเนาต่อไปได้

1.1.5 การตรวจสอบข้อผิดพลาดของการพัฒนาโปรแกรม(Debug) สามารถทำได้ง่ายเนื่องจากมีเครื่องมือต่างๆที่รองรับในการค้นหาจุดพิดพลาดของโปรแกรมได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะหน้าจอการทำงานของ Microsoft Visual C++ 6.0

1.2 ข้อจำกัดของ Microsoft Visual C++ 6.0

ข้อจำกัดของ Microsoft Visual C++ 6.0 คือในส่วนของการพัฒนาระบบติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ต้องการจะพัฒนาขึ้น ซึ่งยังไม่มีความหลากหลายมากนัก

เมื่อเทียบกับ โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาตัวอื่นๆ เช่น Microsoft Visual Basic 6.0 ที่มีเครื่องมือช่วยในการพัฒนา ระบบติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรมมากกว่า

2. ความสามารถในการแสดงผลของภาพกราฟฟิก

ความสามารถในการแสดงผลของโปรแกรมในรูปแบบของภาพกราฟฟิกนั้น ถือเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาโปรแกรมนี้ เนื่องจากการแสดงผลทางด้านกราฟฟิก ในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ เป็นส่วนที่จะช่วยให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถทำความเข้าใจกับ รูปทรงของอาคาร รูปร่างและตำแหน่งของช่องเปิด รวมไปถึงลักษณะของแผงบังแดดที่เกิดขึ้น การสร้างภาพกราฟฟิกที่สร้างจากเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น จะต้องมีการอ้างอิงถึงเครื่องมือ (Tool) ที่ใช้สำหรับการสร้างภาพ ซึ่งมีอยู่มากมาย

รูปที่ 3.2 แสดงสัญลักษณ์ของ OpenGL

โดยในการเลือกเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างภาพกราฟฟิกนี้ ได้ทำการเลือกเครื่องมือของไลบรารี่ OpenGL (Open Graphic Library) ซึ่งเป็นของบริษัท ซิลิกอน กราฟฟิกอิงค์ จำกัด OpenGL คือ ซอฟต์แวร์อินเตอร์เฟสกับฮาร์ดแวร์กราฟฟิก (จอภาพกับการ์ดจอภาพ) อินเตอร์เฟสประกอบด้วย คำสั่ง (Function) นับร้อยๆชุด ซึ่งอนุญาติให้นักเขียนโปรแกรมนำมาใช้ในการสร้างภาพกราฟฟิกที่มีคุณภาพสูง โดยเฉพาะการสร้างภาพกราฟฟิก 3 มิติ (Dimension) อีกทั้งยังรองรับการพัฒนาควบคู่ไปกับ Microsoft Visual C++ อีกด้วย

2.1 คุณลักษณะเด่นของ OpenGL

OpenGL เป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการพัฒนาภาพกราฟฟิก 2 มิติ และ 3 มิติได้เป็นอย่างดี ตั้งแต่ที่ได้เริ่มแนะนำ OpenGL ในปี พ.ศ.2534 OpenGL ก็กลายเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม และได้รับการยอมรับโดยทั่วไปในการสร้างภาพกราฟฟิก 3 มิติ และงานที่ต้องการคุณภาพกราฟฟิกระดับสูง สำหรับลักษณะเด่นของ OpenGL สามารถสรุปได้ดังนี้คือ

2.1.1 มาตรฐานอุตสาหกรรมในด้านกราฟฟิก รายละเอียด OpenGL ถูกจัดการหรือบริหารโดยสมาคมอิสระซึ่งเป็น ARB (Architecture Review Board) โดยมีคณะกรรมการส่วนหนึ่งมาจาก SGI หรือ Silicon Graphics และจากไมโครซอฟท์ ARB มีหน้าที่แนะนำสเปค OpenGL ต่างๆ ด้วยการสนับสนุนของคณะกรรมการ ดังนั้น OpenGL จึงเป็นระบบเปิดอย่างแท้จริง (มาตรฐานกราฟฟิกที่ทำงานได้หลายๆ แพลตฟอร์ม)

2.1.2 ความเสถียรภาพ เนื่องจาก OpenGL ได้มีการพัฒนาและใช้มานานกว่า 9 ปี รายละเอียดของ OpenGL ถูกควบคุมโดยสมาคมอิสระ และมีการปรับปรุง

พัฒนาข้อมูลอยู่ตลอดเวลาพร้อมทั้งการประกาศสู่สาธารณชน สำหรับนักพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อรับทราบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดอยู่ตลอดเวลา

2.1.3 ความรวดเร็วในการประมวลผลในการวาดภาพกราฟฟิก เนื่องจาก OpenGL เป็นการทำงานที่ติดต่อโดยตรงกับ ฮาร์ดแวร์กราฟฟิก จึงทำให้ OpenGL มีการสร้างภาพพร้อมกับการประมวลผลที่รวดเร็วอีกด้วย

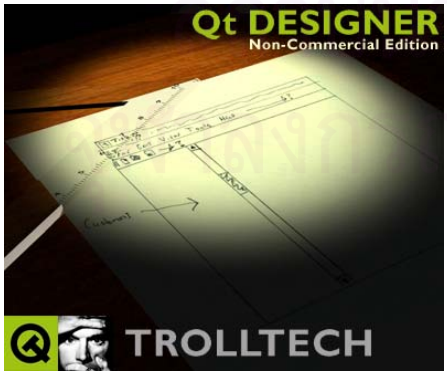
2.1.4 สามารถพัฒนาได้ในหลายระบบปฏิบัติการ ทุกแอพพลิเคชั่นที่ใช้ OpenGL ในการสร้างภาพ จะยังคงสามารถแสดงผลของภาพกราฟฟิกได้เหมือนเดิม ซึ่งเป็นผลมาจาก ฮาร์ดแวร์ กราฟฟิกที่รองรับ OpenGL โดยไม่คำนึงถึงระบบปฏิบัติการหรือระบบ Windows ที่ใช้ OpenGL สามารถพัฒนาไปยังคอมพิวเตอร์ระดับใดๆก็ได้ ทำงานได้ตั้งแต่จากเครื่องคอมพิวเตอร์เล็ก, PC เวิร์คสเตชัน จนถึงซุปเปอร์คอมพิวเตอร์

2.1.5 ความง่ายต่อการใช้งาน OpenGL มีคำสั่งต่างๆมากมายที่ได้ถูกจัดโครงสร้างเป็นอย่างดี และถูกหลักตรรกศาสตร์ทำให้มีความง่ายต่อการเข้าใจและการนำมาใช้งาน

2.2 ข้อจำกัดของ OpenGL

ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของ OpenGL คือไม่มีการสนับสนุนอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ร่วมกับฮาร์ดแวร์กราฟฟิก เช่น ไมโครโฟน และคีย์บอร์ด นักพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ต้องมีวิธีการที่จะติดต่อกับผู้ใช้งาน เช่นการป้อนข้อมูลจากผู้ใช้เข้ามา ด้วยเหตุผลที่ว่า OpenGL เกี่ยวข้องกับการวาดภาพกราฟฟิกเท่านั้น

3. ความสามารถของระบบการติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม



รูปที่ 3.3 แสดงสัญลักษณ์ของ QT Designer

ความสามารถของระบบการติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม ถือเป็นส่วนที่จะใช้ในการรับส่งข้อมูลต่างๆ ของโปรแกรมกับผู้ใช้โปรแกรม ซึ่งหลังจากที่ได้เลือกโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาเป็น Microsoft Visual C++ 6.0 แล้วนั้นก็ทำให้ทราบถึงข้อจำกัดบางประการในส่วนของการพัฒนา ระบบติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการคัดเลือกเครื่องมือ (tool) ที่ใช้สำหรับการพัฒนา ระบบติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรมมาช่วยในการพัฒนาโปรแกรมในส่วนนี้มาก

โดยในการเลือกเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างระบบติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรมนั้น ได้ทำการเลือกเครื่องมือของไลบรารี่ QT ซึ่งเป็นของ Trolltech โปรแกรม Qt Designer ได้ถูกพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2543 โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นเครื่องมือในการพัฒนา ระบบติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม ของโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นด้วยการใช้ ภาษา C++ ในการพัฒนาโปรแกรมซึ่งใน ภาษา C++ มิได้รองรับการพัฒนาในส่วนของ ระบบติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม

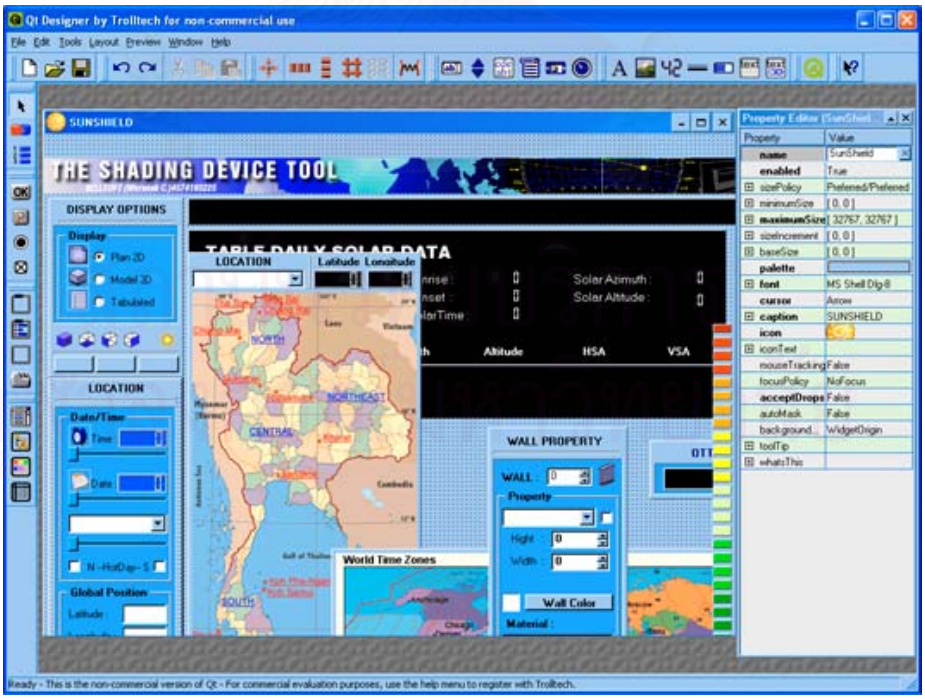
3.1 คุณลักษณะเด่นของ QT Designer

3.1.1 รองรับการพัฒนากับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา C++ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ QT Designer รองรับการพัฒนาที่ควบคู่ไปกับการใช้ Microsoft Visual C++ 6.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมหลักในการพัฒนาโปรแกรม

3.1.2 รองรับการพัฒนาควบคู่กับ OpenGL เนื่องจากที่เราได้ทำงานคัดเลือกเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างภาพกราฟฟิก เป็นไลบรารี่ OpenGL (Open Graphic Library) ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงระบบที่รองรับการพัฒนาของไลบรารี่ OpenGL

3.1.3 มีเครื่องมือที่สนับสนุนในการพัฒนา เครื่องมือที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรมที่หลายหลาย อยู่พอสมควรในการนำมาใช้ในการพัฒนา

3.1.4 สามารถพัฒนาได้ในหลายระบบปฏิบัติการ ทั้งระบบปฏิบัติการ Windows, Unix, MacOS X และ Linux



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะหน้าจอการทำงานของ QT Designer 2.3

3.2 ข้อจำกัดของ QT Designer

QT Designer ยังถือเป็นโปรแกรมที่มีการพัฒนาในระยะสั้น ทำให้ในการทำงานบางส่วน ไม่มีความเสถียรภาพ มากนัก และในส่วนของ เครื่องมือที่ใช้สำหรับรับส่งค่ากับผู้ใช้โปรแกรม เช่น ปุ่มรับค่าต่างๆ ยังไม่ครอบคลุมหลากลายมากนักเมื่อเทียบกับเครื่องที่ใช้ในการพัฒนาระบบติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม ของ Microsoft Visual Basic

จากการคัดเลือกเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ตามคุณสมบัติและความสามารถที่ต้องคำนึงถึงในการพัฒนาโปรแกรมข้างต้น สามารถสรุปเครื่องมือที่มีความเกี่ยวข้องในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ครั้งนี้ได้ ดังนี้คือ

- โปรแกรม Microsoft Visual C++ 6.0 เพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดระบบของโปรแกรม และเครื่องมือในการสนับสนุนการพัฒนาโปรแกรมโดยรวมทั้งหมด
- OpenGL (Open Graphic Library) เพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการสร้างภาพกราฟฟิก ทั้งระบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ในการแสดงผลของโปรแกรมในรูปแบบของภาพกราฟฟิก
- Qt Designer 2.3 เพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาระบบการติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม ของโปรแกรม

การวิเคราะห์และจัดวางองค์ประกอบของโปรแกรม

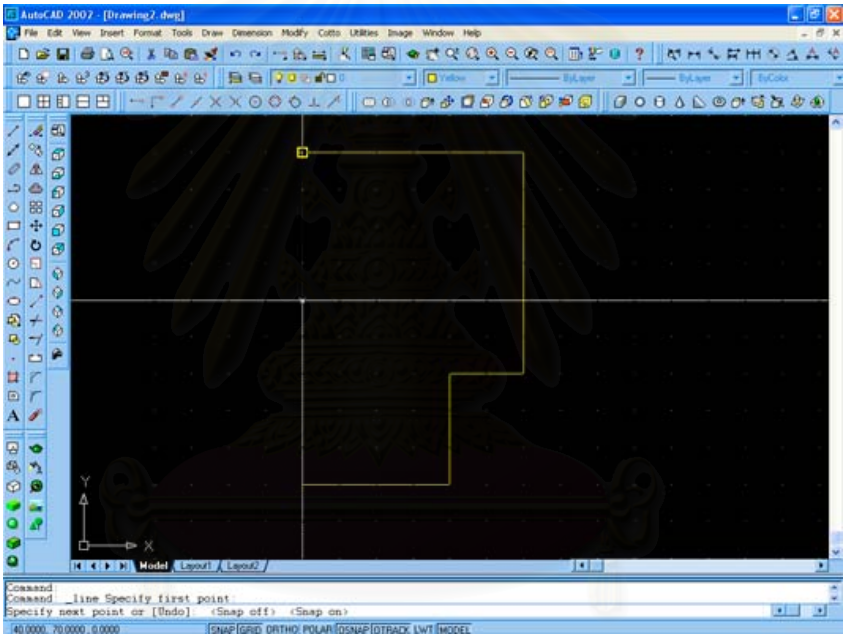
ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น ต้องคำนึงถึงการจัดวางองค์ประกอบต่างๆของระบบติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรมทั้งหมดให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวกในการทำงาน โดยในส่วนของการจัดวางองค์ประกอบต่างๆนั้น ควรจัดวางตำแหน่งของส่วนระบบติดต่อระหว่างผู้ใช้โปรแกรมกับโปรแกรม ให้ใกล้เคียงกับการใช้งานตามปกติของผู้ใช้โดยทั่วไป ทั้งในส่วนของการทำงานในระบบปฏิบัติการและการทำงานกับโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้การผู้ใช้งานโปรแกรมเรียนรู้วิธีการในการใช้งานโปรแกรมได้ง่าย เนื่องจากมีความคล้ายคลึงกับโปรแกรมแต่ๆที่ผู้ใช้เคยใช้งานมาก่อน โดยมีการจัดวางองค์ประกอบหลักต่างๆ ดังนี้

1. **ส่วนเครื่องมือหลักของโปรแกรม**

ส่วนของเครื่องมือหลักของโปรแกรม จะประกอบไปด้วย เครื่องมือต่างๆที่ใช้กำหนดการทำงานและเครื่องมือในการป้อนข้อมูลจากผู้ใช้โปรแกรม โดยการป้อนข้อมูลนั้นใช้วิธีการในป้อนข้อมูลผ่านแผงแป้นอักขระ (Keyboard) หรือผ่านอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง (Mouse) เพื่อปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรหลักในการประมวลผลของโปรแกรม เช่น การกำหนดขนาดอาคาร การกำหนดชนิดวัสดุ รวมถึงการกำหนดรูปแบบของแผงบังแดด เป็นต้น ซึ่งเครื่องมือในการทำงานและเครื่องมือในการป้อนข้อมูลดังกล่าวนี้ถือเป็นส่วนที่มีการใช้งานอยู่ตลอดเวลาในการใช้งานของโปรแกรม ดังนั้นการจัดวางในส่วน

ของการเครื่องมือหลักของโปรแกรมนี้ จึงน่าจะเป็นส่วนที่แสดงอยู่ทางหน้าจอตลอดเวลา โดยสามารถทำการจัดวางทั้งในส่วนด้านบน ด้านซ้ายและด้านขวาของโปรแกรม ดังเช่นในโปรแกรมที่ช่วยในการออกแบบต่างๆ เช่น โปรแกรม AutoCAD 2002 หรือ โปรแกรม Autodesk VIZ ซึ่งถือเป็นโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสถาปัตยกรรมและมีผู้ใช้งานเป็นส่วนมาก จึงควรนำแนวทางในการจัดวางมาใช้

โดยจากการพิจารณาในส่วนของโปรแกรม ที่ต้องมีเครื่องมือในการทำงานและตัวแปรต่างๆที่ต้องทำการป้อนข้อมูลมากมายที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ จึงได้พิจารณาเลือกจัดวางตำแหน่งของส่วนเครื่องมือหลักที่บริเวณ ด้านซ้ายและขวาของโปรแกรมเพื่อให้มีพื้นที่ที่เพียงพอต่อการรองรับเครื่องมือต่างๆ และยังเป็นบริเวณที่โปรแกรมในออกแบบต่างๆมักนิยมใช้ ซึ่งน่าจะทำให้ผู้ใช้งานโปรแกรมมีความคุ้นเคยในการใช้งานอยู่แล้ว



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะหน้าจอการทำงานของ Autodesk VIZ

2. ส่วนสนับสนุนการใช้งานของโปรแกรม

เป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดรายละเอียดในการใช้งานต่างๆของโปรแกรม ซึ่งถือเป็นส่วนที่ไม่ค่อยได้ใช้งานมากนักมีการใช้งานในบางครั้งเท่านั้น ดังนั้นการจัดวางอาจไม่มีความจำเป็นต้องแสดงรายละเอียดอยู่ที่หน้าจอของโปรแกรมตลอดเวลาควรจัดให้เป็นส่วนที่จัดเก็บอยู่ในส่วนของ เมนูบาร์ทางด้านบนสุดของโปรแกรม โดยจะมีเมนูย่อยๆ ให้เลือกใช้งานในส่วนของคำสั่งต่างๆเกี่ยกับการกำหนดรายละเอียดต่างๆของโปรแกรม ซึ่งเป็นตำแหน่งที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆ ดังเช่น โปรแกรม Adobe Photoshop 7 หรือโปรแกรม Microsoft Office Word 2000 เป็นต้น

3. **ส่วนการแสดงผลของโปรแกรม**

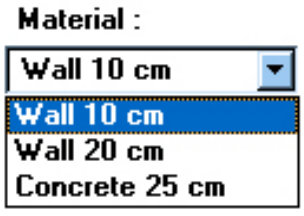
ในส่วนของการแสดงผลของโปรแกรมที่ได้จากการคำนวณและประมวลผลของโปรแกรมนั้น ในส่วนนี้โปรแกรมจะมีระบบของการแสดงผลของโปรแกรม ทั้งแบบ ค่าตัวเลขและตาราง ระบบภาพกราฟฟิก 2 มิติ ระบบภาพ 3 มิติ ซึ่งทั้ง 3 ส่วนต้องเป็นส่วนที่ผู้ใช้สามารถเปิดดูได้ตลอดเวลาและง่ายในการเรียกใช้งาน และด้วยการที่โปรแกรมมีส่วนหน้าจอแสดงผลถึงสามส่วนด้วยกัน จึงพิจารณาเลือกให้มีส่วนของหน้าจอเป็นสองส่วนและสามารถทำการสลับการทำงานทั้งสามส่วนในการแสดงผลได้ โดยจะมีส่วนของหน้าจอแสดงผลหลัก เป็นหน้าจอใหญ่บริเวณส่วนกลางของโปรแกรม และส่วนของหน้าจอที่สองเป็นหน้าจอเล็กอยู่ด้านข้างของโปรแกรม ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ถือเป็นระบบการทำงานแบบหลายหน้าจอพร้อมกัน (Multi Tasking) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทำงานได้อย่างสะดวก เหมือนดังเช่นการทำงานของโปรแกรมออกแบบทั่วไปที่มีการใช้ระบบการทำงานหลายหน้าจอพร้อมกัน เช่น โปรแกรม 3D MAX

การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ประกอบการทำงานของโปรแกรม

จากการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนของ การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดข้างต้น สามารถนำข้อมูลของแต่ละตัวแปรที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์หาแนวทางของระบบการติดต่อกับผู้ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยแบ่งออกได้ดังนี้

1. **ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w)**

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w) เป็นตัวแปรที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้และเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ซึ่งค่าของวัสดุดังกล่าวส่งผลต่อค่าของการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร ดังนั้นในการเลือกใช้ค่าตัวแปรดังกล่าวจะเกิดขึ้นจากการป้อนค่าโดยตรงจากผู้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง ซึ่งในการกำหนดค่าของวัสดุนั้นโปรแกรมควรมีการตั้งค่าตัวแปรเบื้องต้นที่เป็นตัวแปรของวัสดุที่มีการใช้งานอยู่โดยทั่วไปเช่น ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ หรือ ผนังคอนกรีตหนา 10 ซม. เป็นต้น ซึ่งค่าตัวแปรดังกล่าวถือเป็นตัวแปรที่มีการใช้งานกันอยู่โดยทั่วไป อีกทั้งยังทำให้ผู้ที่ไม่มีความรู้ ความชำนาญในการศึกษาทางด้านอนุรักษ์พลังงานมาก่อน ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w) จากการเลือกใช้วัสดุสามารถใช้งานโปรแกรมได้อย่างง่ายดายโดยสามารถเลือกชนิดของวัสดุที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปได้



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของระบบการป้อนข้อมูลด้วย Combo Box

จากรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อพิจารณาถึงระบบการป้อนข้อมูลที่มีความเหมาะสมกับการป้อนค่าของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w) จึงได้เลือกใช้การป้อนข้อมูลด้วย Combo Box ซึ่งเป็น กล่องป้อนข้อมูลที่เก็บค่าตัวแปรต่างๆไว้ในผู้ใช้โปรแกรมสามารถเลือกค่าตัวแปรที่เก็บไว้ได้โดยง่าย

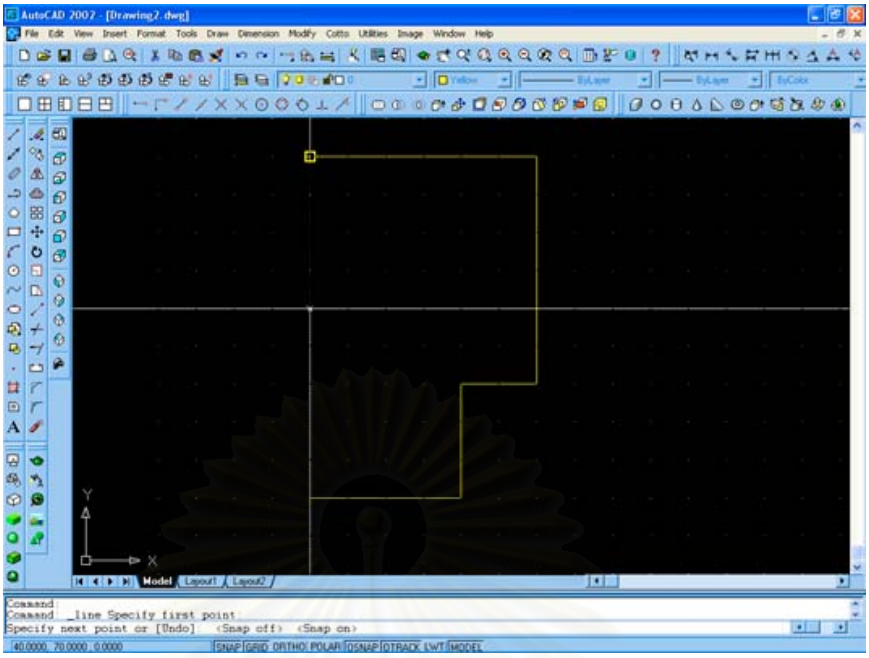
2. อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (*WWR*)

ค่าอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (*WWR*) เป็นตัวแปรที่เกิดจากการคำนวณค่าของพื้นที่ผนังและพื้นที่ช่องเปิดเพื่อหาอัตราส่วนของพื้นที่ ถือเป็นตัวแปรที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ ตามขนาดผนังแต่ละด้านของอาคาร ซึ่งผนังแต่ละด้านล้วนเกิดจากรูปทรงโดยรวมของอาคาร ดังนั้นตัวแปรดังกล่าวย่อมเกิดจาก รูปทรงของอาคาร พื้นที่ผนังในแต่ละด้านรวมถึงการกำหนดช่องเปิด ในผนังแต่ละด้านว่ามีหรือไม่มี อีกทั้งยังรวมไปถึงว่าถ้ามีผนังแล้วนั้นจะมีพื้นที่เท่าไรอีกด้วย ดังนั้นขอกล่าวพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 รูปทรงอาคาร และพื้นที่ผนังแต่ละด้าน

ในส่วนของการป้อนข้อมูลของรูปทรงอาคารจะส่งผลต่อค่าของพื้นที่ผนังโดยตรงอยู่แล้ว โดยในการป้อนค่าของรูปทรงอาคารและพื้นที่ผนังแต่ละด้านนั้น โดยทั่วไปของโปรแกรมที่ได้ทำการศึกษาจะเป็นการกรอกค่าของพื้นที่ผนังในแต่ละด้าน ทำให้เกิดความยุ่งยากในการใส่ค่าของพื้นที่ของผนังแต่ละด้านโดยวิธีการบอกค่ากว้างยาวสูงของผนังอาคารแต่ละด้านซึ่งจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการป้อนข้อมูล และไม่มีความสะดวกในการใช้งาน

ดังนั้นจึงได้พิจารณาเลือกวิธีในการวาดเส้นของเปลือกอาคาร เพื่อให้ง่ายกับผู้ใช้โปรแกรมให้สามารถเขียนรูปทรงอาคารได้โดยตรง ทำให้เข้าใจรูปทรงของอาคารโดยรวมทั้งหมดไปพร้อมๆ กับการป้อนค่าพื้นที่ผนัง โดยในการวาดเส้นของโปรแกรมนั้นได้พิจารณาเลือกการวาดเส้นของเปลือกอาคารให้มีความคล้ายคลึงกับการวาดเส้นในโปรแกรม Auto CAD 2002 ซึ่งถือเป็นโปรแกรมที่มีผู้ใช้งานอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงน่าจะทำให้ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจถึงขั้นตอนในการวาดเส้นของเปลือกอาคารในโปรแกรมได้โดยง่าย และในส่วนของความสูงของอาคารนั้นได้มีการเลือกระบบการป้อนข้อมูลอีกระบบหนึ่งที่เป็นการใช้ Spin Box ในการป้อนข้อมูล



รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะของระบบการป้อนข้อมูลด้วยการวาดเส้นของโปรแกรม AutoCAD 2002

2.2 การเจาะช่องเปิดและขนาดพื้นที่ของช่องเปิด

โดยการกำหนดค่าตัวแปรดังกล่าวถือเป็นค่าตัวแปรที่ต้องมีการปรับตั้งโดยตรงจากผู้ใช้งานโปรแกรม และในส่วนของการเจาะช่องเปิดและการกำหนดขนาดนั้นของช่องเปิดนั้น สามารถแบ่งเป็นสองขั้นตอนหลักๆ ได้ดังนี้

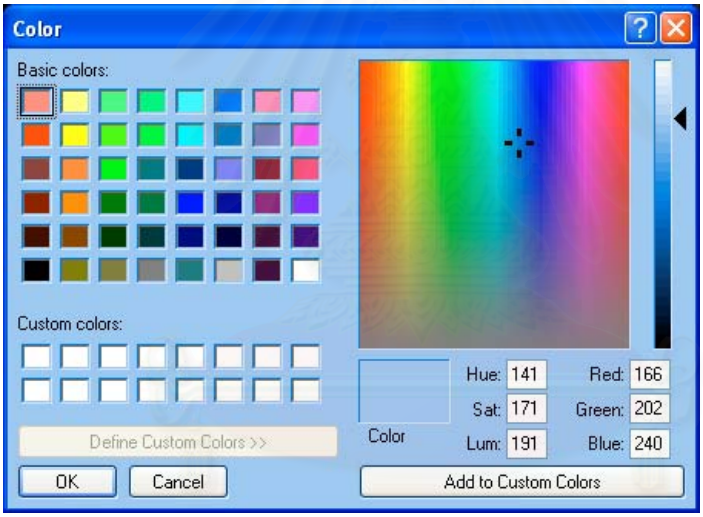
- ขั้นตอนแรกเป็นส่วนที่จะใช้ในการกำหนดว่าจะมีช่องเปิดหรือไม่
- ขั้นตอนที่สอง คือเมื่อมีการกำหนดให้มีช่องเปิดแล้วนั้น ช่องเปิดดังกล่าวว่าจะมีขนาดอย่างไร กว้าง สูงเท่าไร และอยู่ที่ตำแหน่งไหน

จากขั้นตอนหลักๆทั้งสองขั้นตอนจึงได้เลือกรูปแบบของการกำหนดค่าตัวแปรออกเป็น 2 อย่าง ในส่วนของขั้นตอนแรกได้เลือกการป้อนข้อมูลด้วย Check Box ซึ่งเป็นกล่องเลือก ค่าว่ามีค่าเป็นจริงหรือไม่จริง โดยมีลักษณะคล้ายกับการเลือกใช่หรือไม่ ในส่วนของขั้นตอนที่สอง จะเป็นการเลือกใช้ระบบการป้อนข้อมูลด้วย Spin Box ซึ่งเป็นการป้อนค่าที่สามารถปรับค่าได้สองแบบ คือทั้งแบบกรอกตัวเลขโดยตรง และการกดปุ่มเพื่อเพิ่มค่าหรือลดค่าได้ โดยระบบการป้อนข้อมูล ของ Spin Box ทั้งสองแบบส่งผลดีต่อการกำหนดค่าของตัวแปรที่แม่นยำและยังสามารถปรับเปลี่ยนค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ทำให้ผู้ใช้สามารถทราบถึงผลของการเพิ่มค่าและลดค่าในระดับต่างๆได้เป็นอย่างดี

3. **ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า(TD_{eq})**

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า(TD_{eq}) เป็นตัวแปรที่เกิดขึ้นจากองค์ประกอบหลายประการของวัสดุของผนังที่ทำการเลือก คือ ลักษณะสี ลักษณะผิว ค่าการดูดซับแสงอาทิตย์ และมวลสารของวัสดุนั้นๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบค่าจากตาราง แล้วจึงนำค่านั้นมาใช้ในการคำนวณต่อไป

ซึ่งในการเลือกสีของอาคารนั้น อาคารแต่ละแบบล้วนมีความหลากหลายในการเลือกใช้สี ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการใช้เครื่องมือที่ช่วยในการกำหนดสีโดยตรงของผนัง ซึ่งเป็นค่าของการกำหนดค่าสีด้วยระบบของค่าสีของคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีค่าเป็นสีผสมระหว่าง สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยพิจารณาเลือกเครื่องมือในการกำหนดค่าสีที่ใกล้เคียงกับการกำหนดค่าสีในโปรแกรม Adobe Photoshop 7 ซึ่งถือเป็นโปรแกรมทางด้านภาพกราฟฟิกที่มีผู้นิยมใช้กันโดยทั่วไป หรือในแบบของการกำหนดค่าสีของระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP รวมทั้งลักษณะในการกำหนดค่าสีดังกล่าวยังเป็นลักษณะของการกำหนดค่าสีของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป จึงน่าจะทำให้ผู้ใช้มีความเข้าใจในการกำหนดค่าสีของโปรแกรมได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะของระบบการกำหนดค่าสีของระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP

4. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจกหรือผนังโปร่งแสง (U_f)

เนื่องจากตัวแปรดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกับ ตัวแปรของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w) ดังนั้นจึงได้กำหนดของระบบการป้อนข้อมูลที่เหมือนกันกับค่าของตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w) ดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

5. ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (ΔT)

ค่าของตัวแปร ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (ΔT) นี้เป็นค่าคงที่ที่ได้มีการกำหนดค่าไว้ตายตัวที่จะมีการปรับเปลี่ยนค่าต่อเมื่อมีการเลือกชนิดของอาคารที่แตกต่างกันออกไปตามประเภทของอาคารดังนี้

- อาคารประเภทสำนักงาน และสถานศึกษา มีค่าเป็น 5

- อาคารประเภทร้านค้า ศูนย์การค้า และห้างสรรพสินค้า มีค่าเป็น 5
- อาคารประเภทโรงแรม สถานพยาบาล และสถานพักฟื้น มีค่าเป็น 3

6. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง (*SHGC*)

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุของกระจกโดยตรงซึ่งถือเป็นตัวแปรที่สามารถใช้ระบบการป้อนข้อมูลร่วมกับ การเลือกใช้วัสดุของหน้าต่างได้ โดยไม่ต้องมีการป้อนข้อมูลใดๆเพิ่มเติม

7. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (*SC*)

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (*SC*) เป็นตัวแปรที่มีความซับซ้อนมากที่สุดในตัวแปรทุกตัวที่กล่าวมา เพราะมีความเกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าต่างๆมากมายมาใช้ในการประกอบการคำนวณ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์บังแดดของช่องเปิดด้านนั้นๆ ซึ่งมีความเกี่ยวข้อง กับรูปแบบแผงบังแดดนอกอาคาร ทั้งขนาดความกว้าง ความลึกและความสูง ของแผงบังแดด ตำแหน่งที่ตั้งของแผงบังแดดบนผนัง รวมทั้งทิศทางของผนังนั้นๆ ดังนั้นจึงขอกล่าว โดยละเอียดแยกตามตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้

7.1 รูปแบบของแผงบังแดด

รูปแบบของแผงบังแดดที่นำมาพิจารณาใช้ในการออกแบบแผงบังแดดนั้นมี 2 รูปแบบ ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 คือ แผงบังแดดแนวนอน และแผงบังแดดแนวตั้ง ซึ่งในการกำหนดค่าจะมีความใกล้เคียงกับการกำหนดค่าของช่องเปิดและขนาดของช่องเปิด คือเป็นการกำหนดว่ามีช่องเปิดหรือไม่ทั้งแบบแนวนอนและแนวตั้ง รวมทั้งการกำหนดขนาดและตำแหน่งของแผงบังแดดว่ามีความกว้าง ความลึก ความสูง เท่าไร ทั้งแบบที่เป็นแผงบังแดดแนวนอนและแผงบังแดดแนวตั้ง ดังนั้นรูปแบบของระบบการป้อนข้อมูลจึงคล้ายคลึงกับการป้อนข้อมูลของช่องเปิด คือมีการใช้ระบบการป้อนข้อมูลด้วย Check Box และ Spin Box

7.2 ทิศทางของอาคาร

ทิศทางของอาคารนั้นมีผลต่อผนังในทุกๆด้าน ว่าผนังต่างๆนั้นจะหันหน้าเข้าสู่ทิศทางใด ซึ่งจะส่งผลต่อการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารในผนังแต่ละด้าน ซึ่งในการเลือกใช้ระบบการป้อนข้อมูลของทิศทางของอาคารนั้น ควรมีการปรับเปลี่ยนค่าได้ทั้ง เพิ่มขึ้นและลดลง รวมไปถึงการกำหนดค่าด้วยตัวเลขโดยตรงอีกด้วย ดังนั้นจึงได้เลือกรูปแบบของระบบการป้อนข้อมูลด้วย Spin Box ซึ่งรองรับการปรับเปลี่ยนค่าทั้ง 2 แบบข้างต้น

รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะของระบบการป้อนข้อมูลด้วย Spin Box สำหรับการกำหนดค่าทิศทางของอาคาร

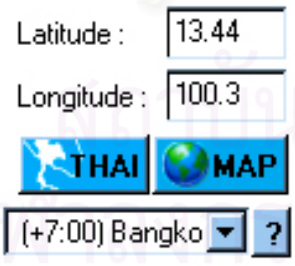
8. **ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของอาคาร (*ESR*)**

ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของอาคาร เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความลาดเอียงของผนังอาคาร ซึ่งขึ้นอยู่กับแนวทางในการออกแบบ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในส่วนของการทำอาคารผนังเอียงนั้นถือเป็นส่วนที่มีความนิยมในการใช้งานใช้กันอยู่น้อยมากๆ ด้วยเหตุนี้ในส่วนของความลาดเอียงของผนังนั้น จึงได้พิจารณาให้เป็นส่วนของค่าตัวแปรคงที่ ที่มีความลาดเอียงของผนังที่เป็นปกติคือที่ 90° เท่านั้น

9. **ตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร**

ตำแหน่งที่ตั้งของตัวอาคารมีความเกี่ยวข้องกับการการออกแบบแผงบังแดดของอาคารดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ซึ่งมีผลต่อการหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์และมุมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เพื่อใช้ในการหาทิศทางของแดดที่เกิดขึ้นกับตัวอาคาร ซึ่งค่าของตัวแปรของตำแหน่งที่ตั้งของอาคารนั้นประกอบไปด้วย 2 ตัวแปร คือ ตำแหน่งที่ตั้งในระบบพิกัด Latitude และ Longitude ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นค่าที่บางครั้งผู้ใช้โปรแกรมอาจไม่สามารถทราบถึงตำแหน่งที่ตั้งในระบบพิกัด Latitude และ Longitude ของตนเองได้จึงควรมีเครื่องมือช่วยในการบอกพิกัดของตำแหน่งพื้นฐานคร่าวไว้ในผู้ใช้โปรแกรมสามารถระบุได้โดยง่าย

โดยจากการพิจารณาถึงระบบการป้อนข้อมูลที่ต้องคำนึงถึงการป้อนโดยตรงจากผู้ใช้โปรแกรม และส่วนของเครื่องมือช่วยเหลือในการระบุตำแหน่งพื้นฐานไว้สำหรับผู้ใช้โปรแกรม จึงได้แบ่งระบบการติดต่อผู้ใช้โปรแกรมออกเป็น 2 ระบบด้วยกัน คือ

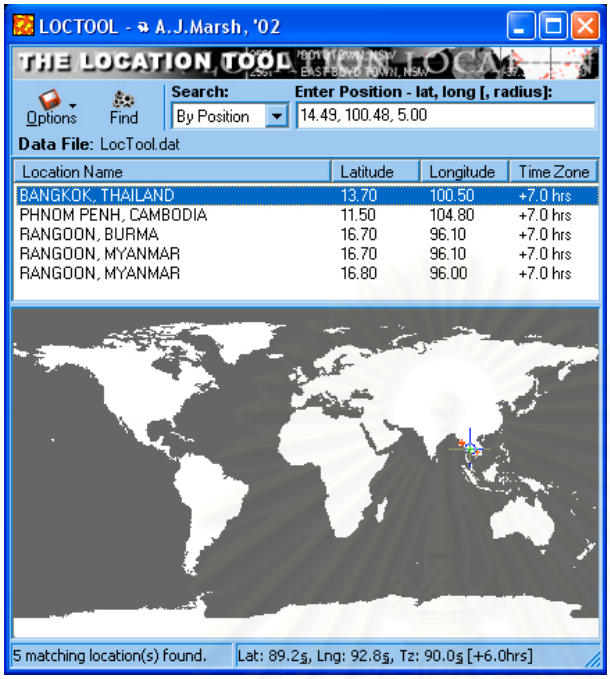


รูปที่ 3.10 แสดงระบบการป้อนข้อมูลด้วยการกรอกค่าใน Text Box

- ระบบการกรอกพิกัดด้วยตนเองโดยการใช้ Text Box ซึ่งเป็นช่องสำหรับการกรอกค่าตัวเลขโดยตรงจากผู้ใช้โปรแกรมที่มีความรู้ถึงระบบพกัดที่ตั้ง Latitude และ Longitude ของตนเอง อีกทั้งยังรองรับการใช้งานในระดับสูงอีกด้วย

- ระบบการกรอกพิกัด จากแผนที่หรือจากระบบฐานข้อมูล โดยใช้การเลือกตำแหน่งที่ตั้งจากแผนที่ หรือเลือกจากชื่อตำแหน่งที่ตั้งในพื้นที่ของอาคารนั้นๆในระบบฐานข้อมูล โดยโปรแกรมจะรองรับตำแหน่งที่ตั้งโดยละเอียดภายในประเทศไทย โดยข้อมูลจะเก็บฐานข้อมูลของระบบพิกัด Latitude และ Longitude ของจังหวัดต่างๆ ของ

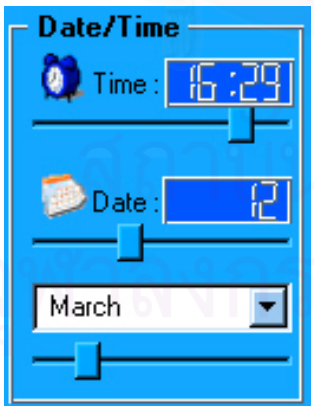
ประเทศไทยไว้ด้วย เพื่อให้ง่ายกับการใช้งานของผู้ใช้โปรแกรมที่ไม่มีความรู้ในส่วนของระบบพิกัด Latitude และ Longitude ของพื้นที่



รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะของระบบการป้อนข้อมูลของพิกัด Latitude และ Longitude ด้วยการชี้ตำแหน่งบนแผนที่ ของโปรแกรม The Local Tool ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยของ The Solar Tool

10. วันและเวลา

วันและเวลามีผลต่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์เช่นเดียวกันกับตำแหน่งที่ตั้งของตัวอาคาร โดยจะมีผลต่อมุมของแดดที่จะเกิดขึ้นกับอาคาร รวมทั้งเงาที่จะเกิดขึ้นจากแผงบังแดดอีกด้วย ซึ่งในการปรับเปลี่ยนวันและเวลา นั้นจะทำให้ทราบถึงมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของทิศทางของแดด โดยมีลักษณะของการเพิ่มค่าและลดค่า



รูปที่ 3.12 แสดงระบบการป้อนข้อมูลด้วย Slider

โดยจากการพิจารณาได้เลือกลักษณะของระบบการป้อนข้อมูลด้วย Slider มาใช้ เพราะเป็นการปรับเปลี่ยนค่าที่มีลักษณะการเพิ่มและลดลงโดยจำกัดอยู่ในข้อมูลที่กำจัด เช่น จำกัด เวลาทั้งหมดที่พระอาทิตย์ขึ้นและพระอาทิตย์ตก หรือจากวันที่ 1-30 หรือ 1-31 เป็นต้น ซึ่งทำให้สามารถควบคุมตัวแปรได้ อีกทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ง่ายโดยการใช้อุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง (Mouse) มาทำการปรับเลื่อนค่าต่างๆได้ทั้งเพิ่มค่าและลดค่าทำให้สะดวกและรวดเร็ว

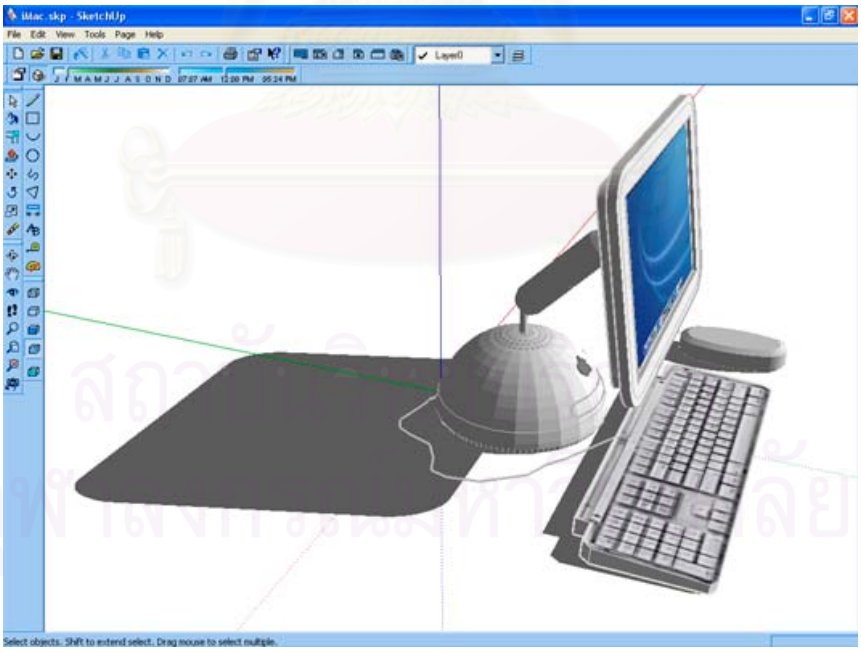
11. ค่าตำแหน่งและมุมต่าง ๆของดวงอาทิตย์

ค่าต่างๆที่มีความเกี่ยวข้องกับดวงอาทิตย์ที่ได้จากการคำนวณแล้วของโปรแกรมนั้น การแสดงผลควรแสดงผลในรูปแบบของค่าตัวเลขเพื่อให้มีความชัดเจนในค่าต่างๆ อีกทั้งควรมีการจัดเป็นตารางเพื่อทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงค่าที่เปลี่ยนแปรไปด้วย ดังนั้นจึงพอจารณาเลือกการแสดงผลแบบธรรมดาที่เป็นตัวเลขโดยตรงเพื่อให้ความแม่นยำของค่า รวมไปถึงบางส่วนที่แสดงผลในรูปของตารางข้อมูล

12. ลักษณะของเงาที่เกิดขึ้น

ลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นถือเป็นข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและประมวลผลของโปรแกรม ซึ่งในส่วนของการแสดงผลของข้อมูลดังกล่าวนั้น แนวทางในการนำเสนอด้วยระบบภาพกราฟฟิก 3 มิติ น่าจะเป็นทางออกที่ดีที่สุดเพราะจะทำให้ผู้ใช้งานโปรแกรมมีความเข้าใจถึงลักษณะและทิศทางของเงาได้อย่างดีที่สุด อย่างเช่นในลักษณะของโปรแกรม SketchUP 3.0 ซึ่งมีลักษณะของการแสดงผลของเงาในระบบภาพ 3 มิติ ซึ่งทำให้มีความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

จากการพิจารณาถึงวิธีการที่จะสามารถแสดงผลให้ผู้ใช้โปรแกรมมีความเข้าใจได้มากที่สุด คงเป็นในส่วนของการแสดงผลด้วย ภาพกราฟฟิก 3 มิติ โดยการแสดงผลผ่านเครื่องมือช่วยในการสร้างภาพกราฟฟิก 3 มิติ ของระบบ OpenGL มาทำการแสดงผลออกทางหน้าจอของโปรแกรมโดยตรง



รูปที่ 3.13 แสดงหน้าจอของโปรแกรม SketchUP 3.0 ในการแสดงผลของเงาด้วยระบบภาพกราฟฟิก 3 มิติ

13. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร (OTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร (OTTV) ถือเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่เกิดจากการคำนวณค่าของโปรแกรม โดยในการแสดงผลนั้นจะเป็นการแสดงผลออกมาในรูปแบบของค่าของตัว

เลขที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งจะทำหมีความแม่นยำให้การแสดงค่ามากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามสำหรับการแสดงผลด้วยวิธีดังกล่าวถือเป็นการแสดงผลสำหรับผู้ใช้ที่มีความเข้าใจในค่าที่ได้มาจากการคำนวณค่า ตัวเลขในระดับใดที่มีผลดีหรือไม่ดี แต่สำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้มากนักในส่วนของ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร (OTTV) คงจะไม่สามารถทำความเข้าใจได้เป็นอย่างดี จึงพิจารณาเลือกระบบการแสดงผลแบบ แถบค่า ซึ่งแสดงโดยการใช้ช่องตารางระดับแสดงสี เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจถึงค่าที่ได้จากการคำนวณมากขึ้น

การวิเคราะห์แนวทางของกระบวนการทำงานของโปรแกรม

การวิเคราะห์แนวทางของกระบวนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ถือเป็นส่วนช่วยในการพัฒนาโปรแกรมในด้านการสร้างความสัมพันธ์ของระบบการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด เพื่อให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้ง่าย โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาในส่วนของ ทฤษฎีพื้นฐานในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร และทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแผงบังแดดข้างต้น ทำให้สามารถกำหนดลำดับขั้นตอนของกระบวนการทำงานของโปรแกรมโดยรวมทั้งหมด ซึ่งแบ่งเป็นส่วนต่างๆดังนี้

1. การกำหนดข้อมูลพื้นฐาน

การกำหนดข้อมูลพื้นฐานนี้ ถือเป็นส่วนแรกของการทำงานของโปรแกรม โดยโปรแกรมจะทำการกำหนดข้อมูลพื้นฐานขึ้นมาให้กับผู้ใช้โปรแกรมเป็นลำดับแรกเมื่อมีการเรียกใช้โปรแกรมขึ้นมา ซึ่งข้อมูลพื้นฐานนี้ถือเป็นข้อมูลที่ผู้ใช้ไม่มีความจำเป็นที่ต้องกำหนดในขั้นตอนแรก แต่หากต้องการปรับเปลี่ยนค่านั้นก็สามารถทำได้ ในขั้นตอนต่อๆไป ข้อมูลพื้นฐานนี้ จะประกอบไปด้วยค่าตัวแปรต่างๆดังต่อไปนี้

1.1 วันและเวลา

โปรแกรมจะทำการกำหนดข้อมูลพื้นฐานให้กับผู้ใช้โดยการกำหนด วันและเวลาปัจจุบันให้เป็นค่าเริ่มต้นของโปรแกรม

1.2 ตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร

โปรแกรมจะทำการกำหนดข้อมูลพื้นฐานของตำแหน่งที่ตั้งของอาคารที่ กรุงเทพฯ เป็นค่าเริ่มต้นของโปรแกรม

1.3 ทิศทางของอาคาร

ทิศทางของอาคารนั้นโปรแกรมจะทำการกำหนดให้มีการตั้งค่าเริ่มต้นของทิศทางของอาคารที่ตำแหน่ง 0°

1.4 ความสูงของผนัง

ค่าความของพื้นฐานเริ่มต้นของผนังนั้น โปรแกรมจะกำหนดให้อยู่ที่ 3.00 ม. เป็นค่าเริ่มต้น เมื่อผู้ใช้มีการวาดผนังอาคารขึ้นมา

1.5 วัสดุผนัง

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมทำการวาดเปลือกอาคารขึ้นมา โปรแกรมจะกำหนดให้ผนังนั้นๆ มีวัสดุพื้นฐานที่เป็น ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น ฉาบปูนเรียบ 2 ด้าน เป็นค่าวัสดุเริ่มต้นพื้นฐานของโปรแกรมที่จะทำการกำหนดให้

1.6 สีของผนังอาคาร

โปรแกรมจะกำหนดค่าสีพื้นฐานเริ่มต้นให้กับทุกๆผนังที่ทำการสร้างขึ้นมา โดยเลือกให้เป็น สีขาว เป็นค่าสีเริ่มต้นของผนัง

1.7 ช่องเปิดของผนัง

เมื่อผู้ใช้กำหนดให้มีช่องเปิดให้กับผนังของอาคารด้านนั้นๆ โปรแกรมจะตั้งค่าของช่องเปิดเริ่มต้นที่ ความสูงจากพื้น 1.00 ม. ตัวช่องเปิดมีความสูง 1.00 ม. เช่นกัน ส่วนความกว้างของช่องเปิดนั้นจะเป็นครึ่งหนึ่งของความกว้างของผนังด้านนั้นๆ

1.8 วัสดุกระจก

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมทำการเลือกให้มีการสร้างช่องเปิด โปรแกรมจะทำการกำหนดข้อมูลพื้นฐานเริ่มต้น โดยจะกำหนดที่วัสดุกระจกที่เป็นค่าพื้นฐานนั้น คือ กระจกใส หนา 6 มม.

1.9 แผงบังแดด

เช่นเดียวกับช่องเปิดการเลือกให้มีแผงบังแดดทั้งในแบบแนวนอนและแนวตั้งนั้นย่อมต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้นเช่นเดียวกัน โดยจะมีความลึกที่ 0.50 ม. ส่วนความกว้างและความสูงนั้นจะตามขนาดของช่องเปิดด้านนั้นๆ

2. การป้อนข้อมูลเบื้องต้น

การป้อนข้อมูลเบื้องต้น เป็นขั้นตอนในการทำงานถัดจากที่โปรแกรมได้ทำการกำหนดข้อมูลพื้นฐานไปแล้วในขั้นตอนแรก โดยในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่จะต้องกำหนดโดยผู้ใช้โปรแกรมทั้งหมดโดยการกำหนดจากระบบการป้อนข้อมูลของระบบติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม และเมื่อมีการป้อนข้อมูลเบื้องต้นไปแล้วนั้นผู้ใช้งานโปรแกรมก็สามารถกลับมาทำการแก้ไขได้อีกครั้งในขั้นตอนถัดไป โดยค่าตัวแปรที่ถือเป็นข้อมูลเบื้องต้นของโปรแกรมประกอบไปด้วยค่าตัวแปรต่างๆดังต่อไปนี้

2.1 รูปทรงของอาคาร

รูปทรงของอาคารเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่โปรแกรมจะทำการรับค่าเพื่อนำไปประมวลผลต่อไป ซึ่งเป็นการรับค่าโดยการวาดรูปเส้นเปลือกอาคาร ซึ่งจะทำให้ทราบถึงขนาด

ความยาวของผนังอาคารในแต่และด้าน อีกทั้งยังทราบทิศทางต่างๆของผนังในแต่ละด้านอีกด้วย เมื่อผู้ใช้ได้ทำการวาดเส้นเปลือกอาคารขึ้น

2.2 ช่องเปิดของผนัง

เมื่อทราบถึงขนาดของผนังอาคารแล้ว ผู้ใช้โปรแกรมจะทำการกำหนดค่าของช่องเปิดได้ว่าในผนังด้านต่างๆนั้น มีช่องเปิดหรือไม่โดยผู้ใช้เพียงแค่ทำการกำหนดค่าจะมีการเจาะช่องเปิดของผนังอาคารด้านนั้นๆ หรือไม่ ซึ่งเมื่อเลือกแล้วโปรแกรมก็จะทำการกำหนดค่าพื้นฐานของช่องเปิดอีกครั้งโดยอัตโนมัติ ดังรายละเอียดที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

2.3 แผงบังแดด

ในการกำหนดข้อมูลเบื้องต้นของแผงบังแดดนั้น มีเงื่อนไขเบื้องต้นอยู่ว่าผนังอาคารด้านนั้นๆจะต้องมีช่องเปิดอยู่ ผู้ใช้โปรแกรมจึงจะสามารถกำหนดแผงบังแดดด้านต่างๆให้กับช่องเปิดของผนังอาคารด้านนั้นๆได้ โดยผู้ใช้โปรแกรมเพียงแค่ทำการกำหนดค่าว่ามีช่องเปิดแบบใดบ้างทั้งแผงบังแดดในแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งเมื่อเลือกแล้วโปรแกรมก็จะทำการกำหนดค่าพื้นฐานของช่องเปิดอีกครั้งโดยอัตโนมัติ

3. การคำนวณและประมวลผล

ในส่วนของขั้นตอนในการคำนวณและประมวลผลนั้น ถือเป็นขั้นตอนหลักและหัวใจสำคัญของโปรแกรม โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการทำงานโดยโปรแกรมทั้งหมด โดยในการคำนวณและประมวลผลนั้น โปรแกรมจะทำการคำนวณและประมวลผลควบคู่ไปกับการกำหนดข้อมูลเบื้อง และการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรที่จะกล่าวถึงต่อไป โดยจะทำการคำนวณและประมวลโดยทันที ซึ่งเป็นระบบการทำงานที่เรียกว่า Real-time Interactive ซึ่งจะทำการโต้ตอบกับผู้ใช้โปรแกรมโดยทันที ทำให้ผู้ใช้ทราบถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับตัวแปรต่างๆ และสามารถนำไปวิเคราะห์ถึงตัวแปรที่สำคัญที่ส่งผลต่อค่าต่างๆที่ได้จากการคำนวณและประมวลผลได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามการแสดงผลด้วยระบบ Real-time Interactive นั้นเป็นการให้โปรแกรมมีการคำนวณและประมวลผลอยู่ตลอดเวลา ซึ่งทำให้โปรแกรมต้องใช้ระบบประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นหากมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณและประมวลผลอยู่เป็นจำนวณมากแล้ว โปรแกรมย่อมต้องใช้ระบบประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สูงเช่นเดียวกันเพื่อรองรับการคำนวณและประมวลผลของโปรแกรมที่มีอยู่มากมายและต้องทำการอยู่ตลอดเวลา ซึ่งถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้มีความเร็วของระบบประมวลผลของเครื่องที่ไม่เพียงพอจะส่งผลให้การทำงานของโปรแกรมเกิดการติดขัดขึ้นเนื่องจากระบบทำการคำนวณหรือประมวลผลไม่ทัน โดยเฉพาะในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานซึ่งต้องมีการคำนวณค่าของสมการและตัวแปรที่มากมายอีกทั้งในส่วนของการแสดงผลด้วยภาพ

กราฟฟิก 3 มิติอีกด้วย ดังนั้นในส่วนของการคำนวณและประมวลผลของโปรแกรมนั้น จะต้องตรวจสอบว่า การคำนวณและประมวลผลดังกล่าวจำเป็นต้องทำการคำนวณหรือไม่ เพราะบางครั้งผู้ใช้โปรแกรมอาจมิได้เลือกให้ทำการแสดงผลในส่วนดังกล่าว ดังนั้นจึงไม่ควรให้โปรแกรมทำการคำนวณและประมวลผลค่าดังกล่าวหากมิได้มีการเรียกทำการแสดงผล เพราะจะทำให้การคำนวณและประมวลผลดังกล่าวนั้นไม่ก่อให้เกิดประโยชน์และไปดึงทรัพยากรของระบบการประมวลผลของเครื่องไปอีกด้วย

4. การแสดงผล

การแสดงผลของโปรแกรมนั้นน่าจะถือเป็นขั้นตอนที่ทำการพร้อมกับการคำนวณและประมวลผล เพราะถ้าไม่มีการแสดงผลในทันทีที่ได้ค่าจากการคำนวณและการประมวลผลแล้ว ระบบการทำงานแบบ Real-time Interactive ก็จะไม่มีความสมบูรณ์ขึ้นได้ และในการแสดงผลนั้นถือเป็นขั้นตอนการทำงานสุดท้ายของโปรแกรมโดยตรง โดยการแสดงผลของโปรแกรมนี้ต้องมีการแสดงผลควบคู่กันไปทั้ง 3 แบบ ด้วยกัน คือ ทั้งที่เป็นตารางและตัวเลข ภาพกราฟฟิก 2 มิติ และภาพกราฟฟิก 3 มิติ

5. การปรับเปลี่ยนค่าตัวแปร

การปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปรไม่ถือเป็นการทำงานในขั้นตอนสุดท้ายเพราะโปรแกรมจะวนเข้าสู่การทำงานในส่วนของขั้นตอนการคำนวณและการประมวลผลอีกครั้ง แล้วจบขั้นตอนของการทำงานที่การแสดงผลของโปรแกรม แต่การปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปรต่างๆก็ถือเป็นขั้นตอนที่ถัดจากการทำการป้อนข้อมูลเบื้องต้น เพราะเมื่อได้ทำการป้อนข้อมูลเบื้องต้นแล้ว ผ่านการคำนวณประมวลผลจนถึงการแสดงผลของโปรแกรมนั้นซึ่งน่าจะถือว่าเป็นการจบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแล้วนั้น แต่หากผู้ใช้โปรแกรมตรวจสอบค่าในส่วนของการคำนวณและประมวลผลที่ได้ทำการแสดงผลมาแล้วนั้นไม่เป็นที่น่าพอใจของผู้ใช้โปรแกรม ผู้ใช้โปรแกรมก็จะทำการกลับมาทำในส่วนของขั้นตอนนี้ที่เรียกว่าการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นที่น่าพอกับผู้ใช้โปรแกรม อีกทั้งยังสามารถกลับมาทำการในขั้นตอนนี้ได้อีกเรื่อยๆ จนกว่าผู้ใช้โปรแกรมจะพอใจกับผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม

โดยในส่วนของตัวแปรที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ถือเป็นตัวแปรทั้งหมดของโปรแกรมที่จะสามารถทำการปรับเปลี่ยนค่าได้ ทั้งจากข้อมูลพื้นฐานที่กำหนดโดยตัวโปรแกรมคอมพิวเตอร์เองและทั้งส่วนของข้อมูลเบื้องต้นที่กำหนดโดยตรงจากผู้ใช้โปรแกรม

บทที่ 4

การออกแบบโปรแกรมและการใช้งานโปแกรม

ในการวิเคราะห์แนวทางในการออกแบบพัฒนาโปรแกรม ในส่วนต่างๆทั้ง การวิเคราะห์จัดวางองค์ประกอบ การกำหนดตัวแปร รวมทั้งวิเคราะห์แนวทางของกระบวนการทำงานของโปรแกรมที่ได้ทำการศึกษามานั้น ทำให้สามารถออกแบบและพัฒนาโปรแกรมตามแนวทางดังกล่าวข้างต้นได้ โดยผลของการออกแบบและการใช้งานโปรแกรมนั้น แยกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้คือ

- การออกแบบจัดวางองค์ประกอบของโปรแกรม
- การออกแบบกระบวนการทำงานของโปรแกรม
- วิธีการในการติดตั้งโปรแกรม SunShields
- วิธีการในการใช้งานโปรแกรม SunShields

การออกแบบจัดวางองค์ประกอบของโปรแกรม

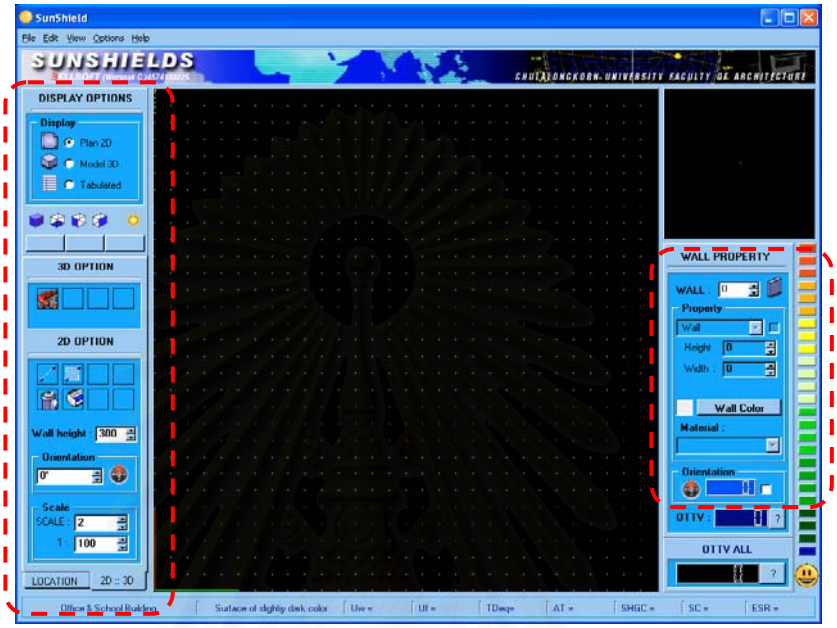
ในการออกแบบจัดวางองค์ประกอบของ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน(SunShields) นี้ ได้ทำการออกแบบจัดวางองค์ประกอบต่างๆของระบบติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรมทั้งหมดให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกในการทำงาน โดยมีการจัดวางองค์ประกอบหลักต่างๆ ดังนี้

1. ส่วนเครื่องมือหลักของโปรแกรม

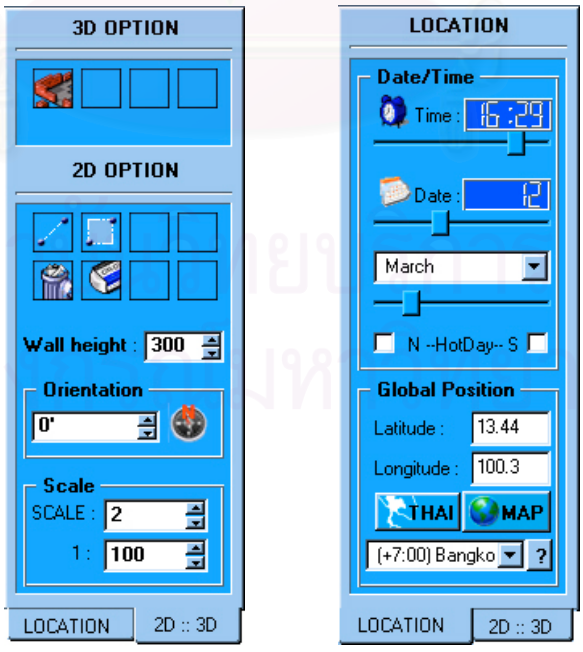
ในส่วนของการป้อนข้อมูลหลักของโปแกรมได้ทำการจัดวางไว้บริเวณด้านซ้ายมือและขวามือของโปรแกรม ซึ่งจะเป็นส่วนที่มีการแสดงอยู่ตลอดเวลาในการใช้งานโปรแกรมเพื่อให้เกิดความสะดวกในการป้อนข้อมูลและแก้ไขข้อมูลได้ตลอดเวลาที่ทำการใช้งานโปรแกรม แต่ในส่วนของการป้อนข้อมูลของโปรแกรมด้วยวิธีการในการวาดเส้นเปลือกอาคารนั้น ได้จัดให้มีพื้นที่บริเวณตรงกลางของโปรแกรมให้เป็นพื้นที่ในส่วนของการวาดเส้นเปลือกอาคาร เพื่อให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นและทำงานได้อย่างสะดวกมากขึ้น

โดยในส่วนของการป้อนข้อมูลหลักของโปรแกรมนั้น เนื่องจากโปรแกรมมีค่าของตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าอยู่มากอีกทั้งปุ่มเครื่องมือต่างๆ จึงทำให้พื้นที่ในการจัดวางให้กับตัวแปรและปุ่มเครื่องมือทั้งหมดไม่สามารถจัดวางให้พอเพียงได้กับขนาดของหน้าจอของโปรแกรม ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบให้มีการใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Tabwidget ซึ่งเป็นเครื่องมือใน QT Design ที่ช่วยในการจัดเก็บเครื่องมือต่างๆให้สามารถทำการจัดเก็บเครื่องมือแยกเป็นสัดส่วนได้ อีกทั้งยังช่วยลดพื้นที่

ในการจัดวางเครื่องมือต่างๆ ให้น้อยลงอีกด้วย ซึ่งมีลักษณะของการซ้อนกันของ Tab เพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูล โดยได้ทำการจัดแยกเก็บข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร กับปุ่มเครื่องมือที่เกี่ยวข้องการวาดเส้นเปลือกอาคารและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการแสดงภาพกราฟฟิก 2 มิติ และ 3 มิติ



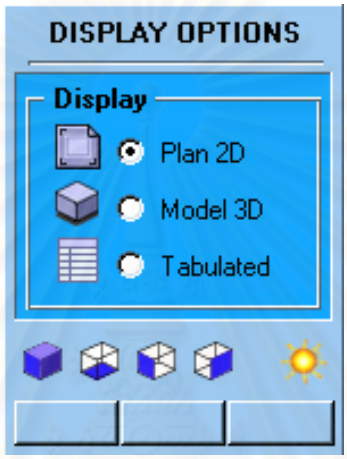
รูปที่ 4.1 แสดงส่วนการป้อนข้อมูลหลักบริเวณด้านซ้ายและขวาของโปรแกรม SunShields



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของ Tabwidget ที่ช่วยในการจัดแยกเก็บเครื่องมือต่างๆ

โดยในส่วนของการป้อนข้อมูลหลักต่างๆ ในโปรแกรมนั้น ได้จัดแยกเป็น กล่องเครื่องมือ(Toolbox) ต่างๆ กล่องเครื่องมือ (Toolbox) หมายถึง กลุ่มเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานต่างๆที่จำเป็นในการทำงานและการป้อนข้อมูล เครื่องมือต่างๆเหล่านี้มีอยู่เป็นจำนวนมากจึงได้มีการจัดรวมเครื่องมือที่มีความเกี่ยวข้องกันในการทำงานมาไว้ใน กล่องเครื่องมือ(Toolbox) เพื่อให้มีความสะดวกในการทำงานในแต่ละส่วน โดยมีการจัดแยกเครื่องมือไว้ในกล่องเครื่องมือ(Toolbox) ต่างๆดังนี้

1.1 กล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผล (Display Option)



รูปที่ 4.3 แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผล (Display Option)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเลือกการแสดงผลของโปรแกรม ทั้งการแสดง ตารางตัวเลข กราฟฟิก 3 มิติ หรือ มุมมองต่างๆของกราฟฟิก 3 มิติ โดยเครื่องมือในส่วนนี้ประกอบไปด้วย

1.1.1 ผังเส้นเปลือกอาคาร (Plan 2D) ใช้ในการเลือกให้แสดงผังเส้นเปลือกอาคาร

1.1.2 ภาพกราฟฟิก 3 มิติ (Model 3D) ใช้ในการเลือกแสดงรูปทรงผนังในภาพ 3 มิติ

1.1.3 ตารางตัวเลข (Tabulated) ใช้ในการเลือกแสดงผล ตารางตัวเลขของการคำนวณ

1.1.4 แสดงมุมมอง 3 มิติ (3D) เป็นการสั่งให้แสดงภาพมุมมอง 3มิติ ในส่วนการแสดงของภาพ 3 มิติ

1.1.5 แสดงมุมมองด้านบน(Top) เป็นการสั่งให้แสดงภาพมุมมองทางด้านบนของผนัง ในส่วนการแสดงของภาพ 3 มิติ

1.1.6 แสดงมุมมองด้านหน้า(Front) เป็นการสั่งให้แสดงภาพมุมมองทางด้านหน้าของผนัง ในส่วนการแสดงของภาพ 3 มิติ

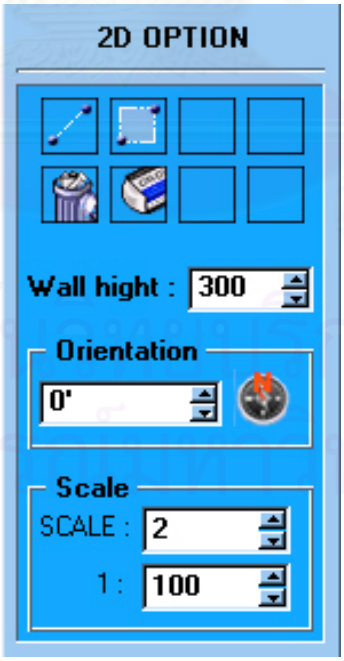
1.1.7 แสดงมุมมองด้านข้าง(Side) เป็นการสั่งให้แสดงภาพมุมมองทางด้านข้างของผนัง ในส่วนการแสดงของภาพ 3 มิติ

1.1.8 แสดงเส้นวงโคจรของดวงอาทิตย์ (Sun Orbit) เป็นการให้ทำการแสดงเส้นแนวทางการโคจรของดวงอาทิตย์ในภาพกราฟฟิก 3 มิติ

1.1.9 แสดงภาพเคลื่อนไหวของดวงอาทิตย์ทั้งวัน (Animation Time) เป็นการให้โปแกรมทำการแสดงภาพเคลื่อนไหวของดวงอาทิตย์ในวันที่ผู้ใช้โปรแกรมได้ทำการเลือกไว้ โดยแสดงการเคลื่อนไหวของดวงอาทิตย์ทั้งวันตั้งแต่ พระอาทิตย์ขึ้นจนกระทั่งพระอาทิตย์ตก

1.1.10 แสดงภาพเคลื่อนไหวของดวงอาทิตย์ทั้งเดือน (Animation Day) เป็นการให้โปรแกรมทำการแสดงภาพเคลื่อนไหวของดวงอาทิตย์ในเวลาและเดือนที่ผู้ใช้โปรแกรมได้ทำการเลือกไว้ โดยแสดงการเคลื่อนไหวของดวงอาทิตย์ทั้งเดือนนั้นในเวลาเดียวกันตั้งแต่วันเริ่มต้นของเดือนจนวันสุดท้ายของเดือนนั้นๆ

1.2 กล่องเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการวาดเส้นรูปทรงเปลือกอาคาร (2D Option)



รูปที่ 4.4 แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการวาดเส้นรูปทรงเปลือกอาคาร (2D Option)

เป็นเครื่องมือต่างๆที่ใช้กับการทำงานในการวาดเส้นเปลือกอาคาร และการป้อนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรูปทรงอาคาร โดยเครื่องมือในส่วนนี้ประกอบไปด้วย

1.2.1 การวาดรูปทรงอาคารด้วยการวาดเส้นตรง (Wall Line) เป็นคำสั่งเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเริ่มทำการวาดเส้นผนังของอาคารได้ โดยทำการวาดลงในหน้าจอภาพกราฟฟิก 2 มิติ

1.2.2 การวาดรูปทรงอาคารด้วยการวาดรูปทรงพื้นฐานสี่เหลี่ยม (Wall Rectangle) ใช้เป็นตัวช่วยในการวาดเส้นผนังของเปลือกอาคารที่เป็นรูปทรง 4 เหลี่ยม

1.2.3 ทิ้งเส้นผนังเปลือกอาคารที่วาดทั้งหมด (Bin) ใช้ในการลบเส้นของผนังอาคารที่วาดทั้งหมด เพื่อให้สามารถทำการวาดเริ่มใหม่ได้

1.2.4 ลบเส้นผนังเปลือกอาคาร (Eraser) เป็นการลบเส้นผนังที่พึ่งทำการวาดลงไป

1.2.5 ความสูงของผนังอาคาร (Wall Height) เป็นเครื่องมือในส่วนของการป้อนค่าความสูงของผนังอาคารที่ทำการเขียน

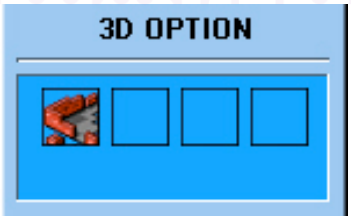
1.2.6 ทิศทางอาคาร (Orientation) เป็นเครื่องมือในการป้อนข้อมูลทิศทางของอาคาร

1.2.7 แสดงทิศทางของอาคาร (Show Orientation) เป็นคำสั่งใช้ในการกำหนดให้โปรแกรมทำการแสดงทิศทางของอาคารให้เห็น ในภาพผังของผนังเปลือกอาคาร

1.2.8 มาตรส่วน(Scale) เป็นส่วนในการป้อนข้อมูลของผู้ใช้ว่าต้องการขนาดความห่างของช่องตารางในการวาดเส้นผนังเปลือกอาคารเท่าไร

1.2.9 มาตรส่วนต่อตาราง(Scale Unit) เป็นการกำหนดมาตรส่วนของช่องตาราง 1 ช่องต่อขนาด ต่อเซนติเมตรของเส้นผนังเปลือกอาคาร

1.3 กล่องเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผลกราฟฟิก 3 มิติ (3D Option)



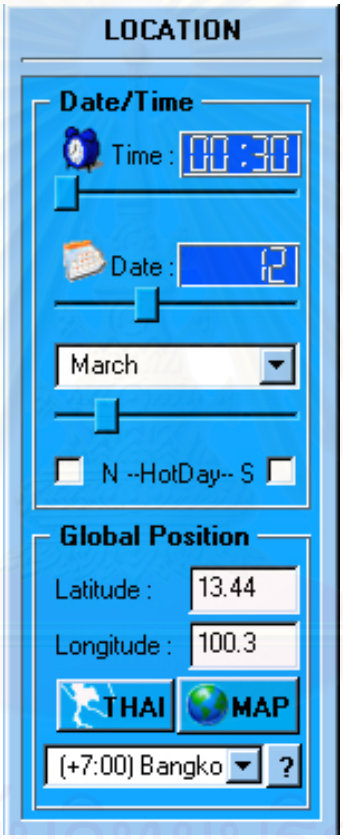
รูปที่ 4.5 แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผลกราฟฟิก 3 มิติ (3D Option)

เป็นเครื่องมือต่างๆที่ใช้กับการทำงานในการแสดงผลในส่วนของภาพกราฟฟิก 3 มิติ ของผนังเปลือกอาคาร โดยเครื่องมือในส่วนนี้ประกอบไปด้วย

1.3.1 แสดงอาคารทั้งหลัง (All Model) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการให้โปรแกรมทำการแสดงภาพของอาคารทั้งหลังออกมาในรูปแบบภาพกราฟฟิก 3 มิติ ในจอแสดงผลภาพกราฟฟิก 3 มิติ

1.4 กล่องเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลของวันเวลาและตำแหน่งที่ตั้งอาคาร (Location)

เป็นเครื่องมือต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานในส่วนของการกำหนด วัน/เวลา และการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร โดยเครื่องมือในส่วนนี้ประกอบไปด้วย



รูปที่ 4.6 แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลของวันเวลาและตำแหน่งที่ตั้งอาคาร (Location)

1.4.1 เวลา (Time) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการกำหนดค่าของเวลา

1.4.2 วัน (Day) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการกำหนดค่าวัน

1.4.3 เดือน (Month) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการกำหนดเดือน

1.4.4 Hot Date North ใช้ในการกำหนดให้โปรแกรมเปลี่ยนค่าของวัน ไปยังวันที่แดดคล้อยต่ำที่สุดทางทิศเหนือ

1.4.5 Hot Date South ใช้ในการกำหนดให้โปรแกรมเปลี่ยนค่าของวัน ไปยังวันที่แดดคล้อยต่ำที่สุดทางทิศใต้

1.4.6 ละติจูด (Latitude) ใช้ในการกำหนดค่าของตำแหน่งที่ตั้งของอาคารในระบบพิกัดแนว ละติจูด

1.4.7 ลองติจูด (Longitude) ใช้ในการกำหนดค่าของตำแหน่งที่ตั้งของอาคารในระบบพิกัดแนว ลองติจูด

1.4.8 แผนที่ประเทศไทย(Thai Map) ใช้ในการแสดงแผนที่ประเทศไทย เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของอาคารจากแผนที่ประเทศไทย

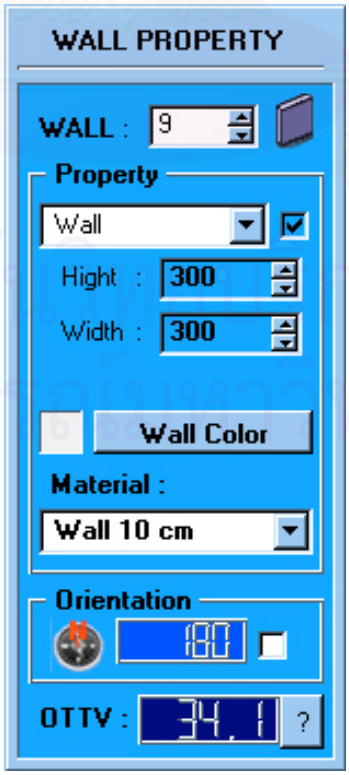
1.4.9 แผนที่โลก (World Map) ใช้ในการแสดงแผนที่โลก เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของอาคารในจากแผนที่โลก

1.4.10 Time Zones ใช้ในการเลือก เวลา Time Zones ของตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร

1.4.11 Show Time Zones เป็นคำสั่งให้โปรแกรมทำการทำการ แสดงแผนที่ Time Zones เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ทราบถึง Time Zones ของตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร

1.5 กล่องเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติต่างๆของผนังและช่องเปิด

เป็นเครื่องมือต่างๆที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลในส่วนคุณสมบัติต่างๆของผนังเปลือกอาคาร โดยเครื่องมือในส่วนนี้ประกอบไปด้วย เครื่องมือหลักและเครื่องมือที่แยกย่อยออกไปได้อีก 5 ส่วน โดยเป็นส่วนของคุณสมบัติต่างๆ โดยเครื่องมือประกอบไปด้วย

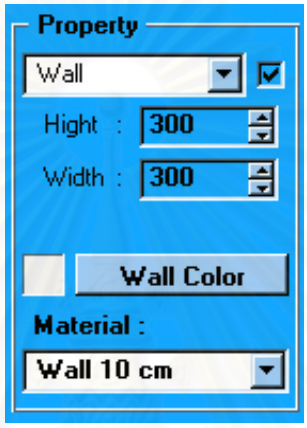


รูปที่ 4.7 แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติต่างๆของผนังและช่องเปิด

1.5.1 ผนัง (Wall) เป็นการเลือกให้โปรแกรมทำการแสดงรูปร่างผนังเปลือกอาคารในภาพกราฟฟิก 3 มิติ

1.5.2 คุณสมบัติ(Property) เป็นเครื่องมือที่แยกย่อยออกเป็น 5 ส่วน โดยมีเครื่องมือในการเลือกว่าผู้ใช้ต้องการให้แสดงคุณสมบัติในส่วนใดของผนัง โดยประกอบไปด้วยเครื่องมือดังนี้

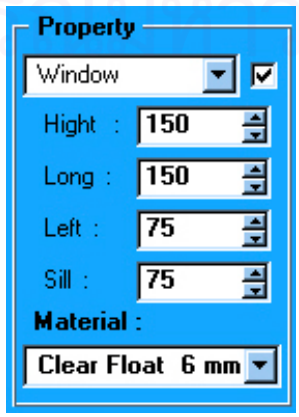
1.5.2.1 เครื่องมือในส่วนแรก เป็นเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของผนังประกอบไปด้วยเครื่องมือดังนี้



รูปที่ 4.8 แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของผนัง

- ความสูง(Height) เป็นส่วนที่แสดงความสูงของผนัง
- ความกว้าง(Width) เป็นส่วนที่แสดงความกว้างของผนัง
- สีผนัง (Wall Color) เป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดสีของผนังเปลือกอาคาร
- วัสดุผนัง (Material) เป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดวัสดุของผนังเปลือกอาคาร

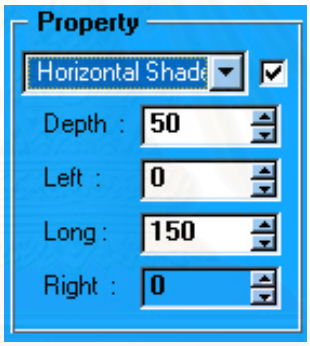
1.5.2.2 เครื่องมือในส่วนที่สอง เป็นเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของช่องเปิดของผนังประกอบไปด้วยเครื่องมือดังนี้



รูปที่ 4.9 แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของช่องเปิดของผนัง

- ช่องเปิด(Window) เป็นส่วนในการกำหนดว่าจะมีช่องเปิดหรือไม่
- ความสูง(Height) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดความสูงของช่องเปิด
- ความกว้าง(Width) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดความยาวของช่องเปิด
- ชิดซ้าย (Left) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดตำแหน่งซ้ายสุดของช่องเปิดว่าอยู่ห่างจากขอบของผนังเท่าไร
- ธรณีช่องเปิด (Sill) เป็นส่วนแสดงตำแหน่งของระดับธรณีช่องเปิดว่าสูงจากขอบล่างของผนังเท่าไร
- วัสดุผนัง (Material) เป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดวัสดุของกระจกที่ใช้กับช่องเปิด

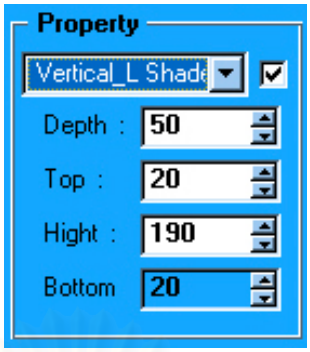
1.5.2.3 เครื่องมือในส่วนที่สาม เป็นเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของแผงบังแดดแนวนอนด้านบนของช่องเปิดประกอบไปด้วยเครื่องมือดังนี้



รูปที่ 4.10 แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของแผงบังแดดแนวนอนด้านบนของช่องเปิด

- แผงบังแดดแนวนอนด้านบน(Horizontal Shade) เป็นส่วนในการกำหนดว่าจะมีแผงบังแดดแนวนอนด้านบนของช่องเปิดหรือไม่
- ความลึก(Depth) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดความลึกของแผงบังแดด
- ชิดซ้าย (Left) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดตำแหน่งซ้ายสุดของแผงบังแดดแนวนอนด้านบนว่าอยู่ห่างจากขอบซ้ายของช่องเปิดเท่าไร
- ความยาว(Long) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดความยาวของแผงบังแดด
- ชิดซ้าย (Right) เป็นส่วนที่แสดงตำแหน่งขวาสุดของแผงบังแดดแนวนอนด้านบนว่าอยู่ห่างจากขอบขวาของช่องเปิดเท่าไร

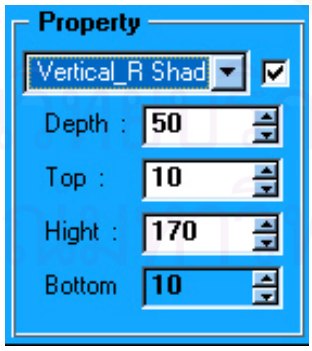
1.5.2.4 เครื่องมือในส่วนที่สี่ เป็นเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของแผงบังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือ(จากมุมมองของผู้ใช้โปรแกรม) ประกอบไปด้วยเครื่องมือดังนี้



รูปที่ 4.11 แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติแผงบังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือ

- แผงบังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือ(Vertical_L Shade) เป็นส่วนในการกำหนดว่าจะมีแผงบังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือหรือไม่
- ความลึก(Depth) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดความลึกของแผงบังแดด
- ชิดบน (Top) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดตำแหน่งบนสุดของแผงบังแดดแนวตั้งว่าอยู่ห่างจากขอบบนสุดของช่องเปิดเท่าไร
- ความสูง(Height) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดความสูงของแผงบังแดด
- ชิดล่าง (Bottom) เป็นส่วนที่แสดงตำแหน่งล่างสุดของแผงบังแดดแนวตั้งว่าอยู่ห่างจากขอบล่างสุดของช่องเปิดเท่าไร

1.5.2.5 เครื่องมือในส่วนที่ห้า เป็นเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของแผงบังแดดแนวตั้งด้านขวามือ(จากมุมมองของผู้ใช้โปรแกรม) ประกอบไปด้วยเครื่องมือดังนี้



รูปที่ 4.12 แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติแผงบังแดดแนวตั้งด้านขวามือ

- แผงบังแดดแนวตั้งด้านขวามือ(Vertical_R Shade) เป็นส่วนในการกำหนดว่าจะมีแผงบังแดดแนวตั้งด้านขวามือหรือไม่
- ความลึก(Depth) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดความลึกของแผงบังแดด

- ชิดบน (Top) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดตำแหน่งบนสุดของแผงบังแดด แนวตั้งว่าอยู่ห่างจากขอบบนสุดของช่องเปิดเท่าไร
- ความสูง(Height) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดความสูงของแผงบังแดด
- ชิดล่าง (Bottom) เป็นส่วนที่แสดงตำแหน่งล่างสุดของแผงบังแดด แนวตั้งว่าอยู่ห่างจากขอบล่างสุดของช่องเปิดเท่าไร

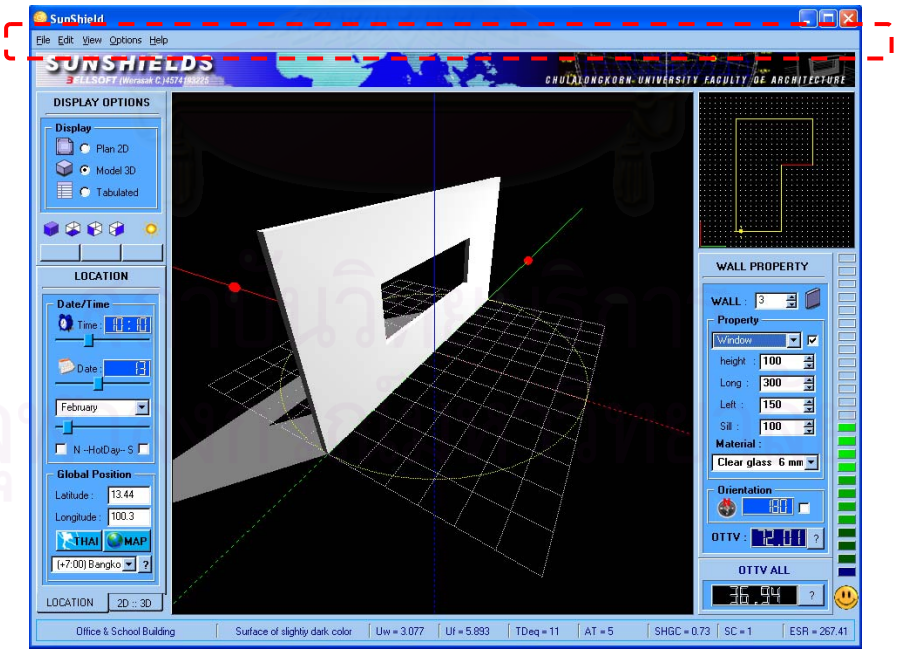
1.5.3 ทิศทางของผนัง(Orientation) เป็นเครื่องมือที่แสดงทิศทางของผนังด้านนั้นๆ ว่าหันหน้าไปยังทิศทางใด

1.5.4 OTTV เป็นเครื่องมือแสดงผลของค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังด้านนั้นๆ

1.5.5 Show OTTV เป็นเครื่องที่ใช้ให้โปรแกรมทำการแสดงค่าของสมการและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังด้านนั้นๆ

2. ส่วนสนับสนุนการใช้งานของโปรแกรม

ในส่วนสนับสนุนการใช้งานของโปรแกรมได้ทำการจัดวางไว้ที่บริเวณด้านบนของโปรแกรม เป็นตำแหน่งที่เรียกว่า เมนูบาร์ (Menu Bar) ซึ่งอยู่ใต้ ไตเติลบาร์ (Title Bar)[1] โดยเมนูบาร์ประกอบไปด้วยเมนูคำสั่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของโปรแกรม โดยเมนูเหล่านี้จะมีเมนูย่อยๆให้เลือกใช้งาน โดยเมนูคำสั่งต่างๆประกอบไปด้วย เมนูต่างๆดังนี้



รูปที่ 4.13 แสดงส่วนสนับสนุนของโปรแกรม SunShields หรือ เมนูบาร์ (Menu Bar)

[1] ไตเติลบาร์ (Title Bar) คือ แถบด้านบนสุดของโปรแกรม ที่ใช้แสดงสัญลักษณ์ของโปรแกรมและชื่อโปรแกรม ซึ่งที่มุมอีกด้านหนึ่งจะมีไอคอนที่ใช้ย่อขยายหน้าจอและปิดโปรแกรม

2.1 File คำสั่งเกี่ยวกับโปรแกรมและข้อมูล ประกอบไปด้วยเมนูย่อยๆดังนี้

2.1.1 New ใช้ในการเปิดหน้าจอของโปรแกรมขึ้นมาอีกหนึ่งหน้าจอเพื่อใช้งาน

2.1.2 Open ใช้ในการเปิดข้อมูลเดิมของโปรแกรม

2.1.3 Save ใช้ในการบันทึกข้อมูลของโปรแกรม

2.1.4 Print ใช้ในการพิมพ์ข้อมูลของโปรแกรม

2.1.5 Exit ใช้ในการออกจากระบบการทำงานของโปรแกรม หรือ ปิดโปรแกรม

2.2 Edit คำสั่งเกี่ยวกับการแก้ไข ประกอบไปด้วยเมนูย่อยๆดังนี้

2.2.1 Undo คำสั่งในการยกเลิกการกระทำที่ทำไปในโปรแกรม

2.2.2 Redo คำสั่งย้อนกลับไปยังการกระทำที่พึ่งได้ทำการยกเลิกไปในโปรแกรม

2.3 View คำสั่งเกี่ยวกับการมองต่างๆ ประกอบไปด้วยเมนูย่อยๆดังนี้

2.3.1 3D view คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับมุมมองภาพกราฟฟิก 3 มิติ

- Top View ให้โปรแกรมแสดงภาพมุมมองทางด้านบนของผนังในภาพกราฟฟิก 3 มิติ
- Front View ให้โปรแกรมแสดงภาพมุมมองทางด้านหน้าของผนังในภาพกราฟฟิก 3 มิติ
- Side View ให้โปรแกรมแสดงภาพมุมมองทางด้านข้างของผนังในภาพกราฟฟิก 3 มิติ
- 3D View ให้โปรแกรมแสดงภาพมุมมอง 3 มิติ ในภาพกราฟฟิก 3 มิติ

2.3.2 Grid ใช้ในการกำหนดลักษณะของ Grid ที่แสดงในภาพกราฟฟิก 3 มิติ

2.4 Option คำสั่งเกี่ยวกับเครื่องมือทางเลือกต่างๆ ประกอบไปด้วยเมนูย่อยๆดังนี้

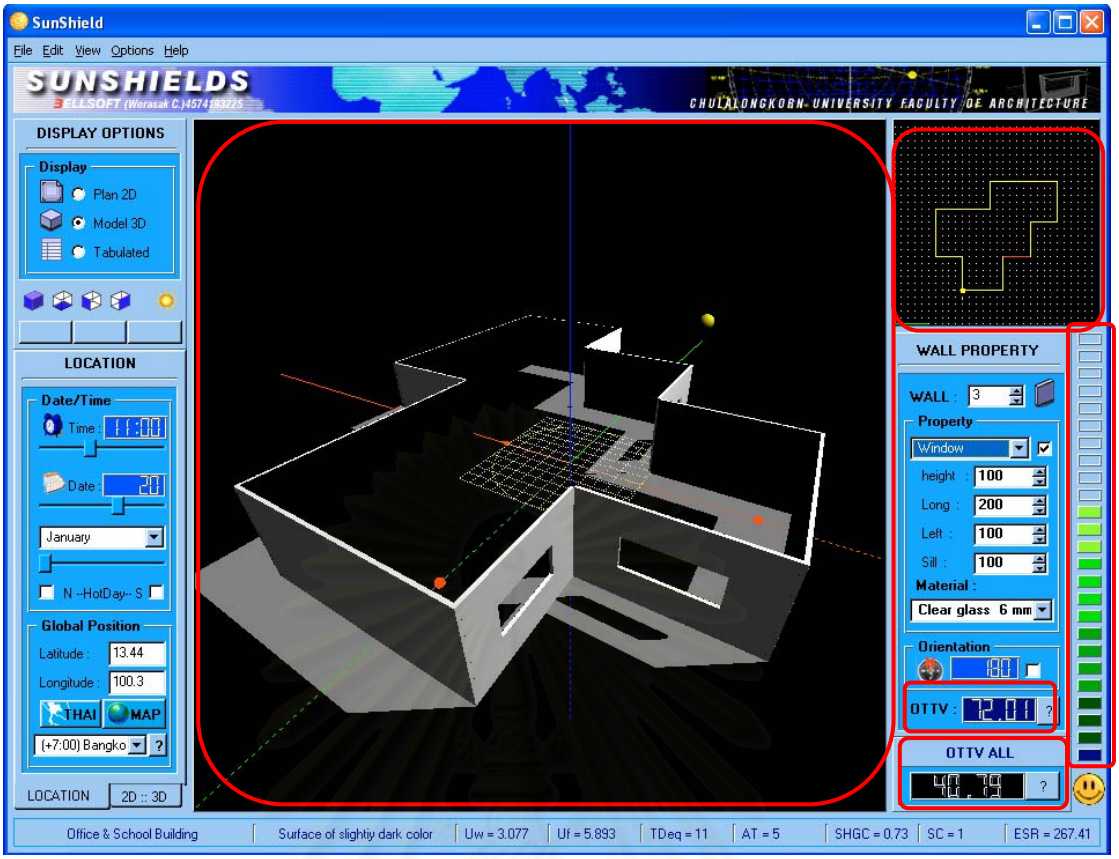
2.5 Help คำสั่งเกี่ยวกับรายละเอียดและความช่วยเหลือ ประกอบไปด้วยเมนูย่อยๆดังนี้

2.5.1 About SunShields แสดงรายละเอียดของโปรแกรม SunShields

2.5.2 About BellSoft แสดงรายละเอียดของผู้จัดทำโปรแกรม SunShields

3. ส่วนการแสดงผลของโปรแกรม

ในส่วนของการแสดงผลของโปรแกรมนั้นเนื่องจากโปรแกรมได้มีส่วนในการแสดงผลในหลายรูปแบบ ทั้งแบบค่าตัวเลข แบบตารางตัวเลข แบบแถบแสดงผล แบบภาพกราฟฟิก 2 มิติของผังเส้นผนังเปลือกอาคาร แบบภาพกราฟฟิก 3 มิติ ของรูปทรงผนังเปลือกอาคาร ดังนั้นจึงมีการจัดวางส่วนแสดงผลไว้ในตำแหน่งต่างที่มีความเหมาะสมให้มากที่สุด และด้วยเหตุที่ส่วนของการแสดงผลที่มีอยู่มากจึงได้ทำการออกแบบให้มีในส่วนของการใช้ของผู้ใช้ให้ทำการเลือกแสดงในส่วนที่ต้องการให้ทำการแสดงผลอย่างจัดเจนมากขึ้น ด้วยโดยในส่วนของการแสดงผลได้ทำการจัดวางไว้ในตำแหน่งต่างๆดังนี้



รูปที่ 4.14 แสดงส่วนการแสดงผลในตำแหน่งต่างๆของหน้าจอของโปรแกรม SunShields

3.1 ส่วนแสดงผลหลักของโปรแกรม

ส่วนแสดงผลหลักของโปรแกรมได้ทำการจัดวางไว้บริเวณตรงกลางของหน้าจอโปรแกรม ซึ่งเป็นส่วนที่มีขนาดในการแสดงผลที่ใหญ่ที่สุดของโปรแกรมเพื่อให้เกิดความชัดเจนในการมองเห็นจากผู้ใช้โปรแกรมได้เป็นอย่างดี โดยในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ผู้ใช้ต้องทำการเลือกให้โปรแกรมแสดงผลที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการ โดยปุ่มคำสั่งได้อธิบายไว้ข้างต้นแล้วในส่วนของ กล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผล (Display Option) โดยผู้ใช้สามารถเลือกให้โปรแกรมทำการแสดงผลได้ใน 3 ส่วน คือ

- แสดงภาพกราฟฟิก 2 มิติ ในส่วนของเส้นผนังเปลือกอาคาร
- แสดงภาพกราฟฟิก 3 มิติ ในส่วนของรูปทรงของผนังและช่องเปิด
- แสดงตารางที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม

3.2 ส่วนแสดงผลสำรองของโปรแกรม

ส่วนแสดงผลสำรองของโปรแกรมได้ทำการจัดวางไว้บริเวณตรงมุมขวาบนของหน้าจอโปรแกรม ซึ่งเป็นส่วนที่มีขนาดในการแสดงผลรองลงมาจากส่วนแสดงผลหลักของโปรแกรม โดยในส่วนแสดงผลสำรองของโปรแกรมนั้นจะแสดงผลได้ใน 3 ส่วนเช่นเดียวกันกับส่วนแสดงผลหลักของโปรแกรม ซึ่งจะเป็นส่วนแสดงผลในอีกรูปแบบที่มี

ขนาดเล็กกว่าเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถ มองในส่วนของการแสดงผลในอีกรูปแบบได้พร้อมกัน เช่น ส่วนแสดงผลหลักกำลังแสดงผลในส่วนของภาพกราฟฟิก 3 มิติ ในส่วนของรูปทรงของผนังและช่องเปิด และส่วนแสดงผลสำรองจะทำการแสดงภาพกราฟฟิก 2 มิติ ในส่วนของเส้นผนังเปลือกอาคารควบคู่กันไป ทำให้ผู้ใช้โปรแกรมมีความสะดวกมากขึ้นเพราะผู้ใช้โปรแกรมสามารถมองส่วนการแสดงผลใน 2 รูปแบบได้พร้อมๆกัน

3.3 ส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนัง

ส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนัง เป็นส่วนที่แสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังในด้านต่างๆที่ผู้ใช้กำลังเลือกให้มีการแสดงผล โดยได้ทำการจัดวางไว้ในตำแหน่งที่ใกล้กับการกำหนดค่าคุณสมบัติต่างๆของผนัง ช่องเปิด และแผงบังแดด เพื่อให้มีความสะดวกในการมองเห็นของผู้ใช้โปรแกรม เมื่อผู้ใช้ได้ทำการเปลี่ยนค่าคุณสมบัติต่างๆของผนัง ซึ่งส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังอยู่ที่บริเวณด้านล่างขวามือ ในกล่องเครื่องมือของคุณสมบัติของผนัง

3.4 ส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังทั้งหมดของอาคาร

ส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังทั้งหมดของอาคาร ได้ทำการจัดวางให้อยู่ใกล้กับตำแหน่งของการกำหนดค่าคุณสมบัติต่างของผนัง และส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนัง เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถสังเกตได้ง่าย โดยอยู่ที่มุมล่างด้านขวาและอยู่ใต้ส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนัง

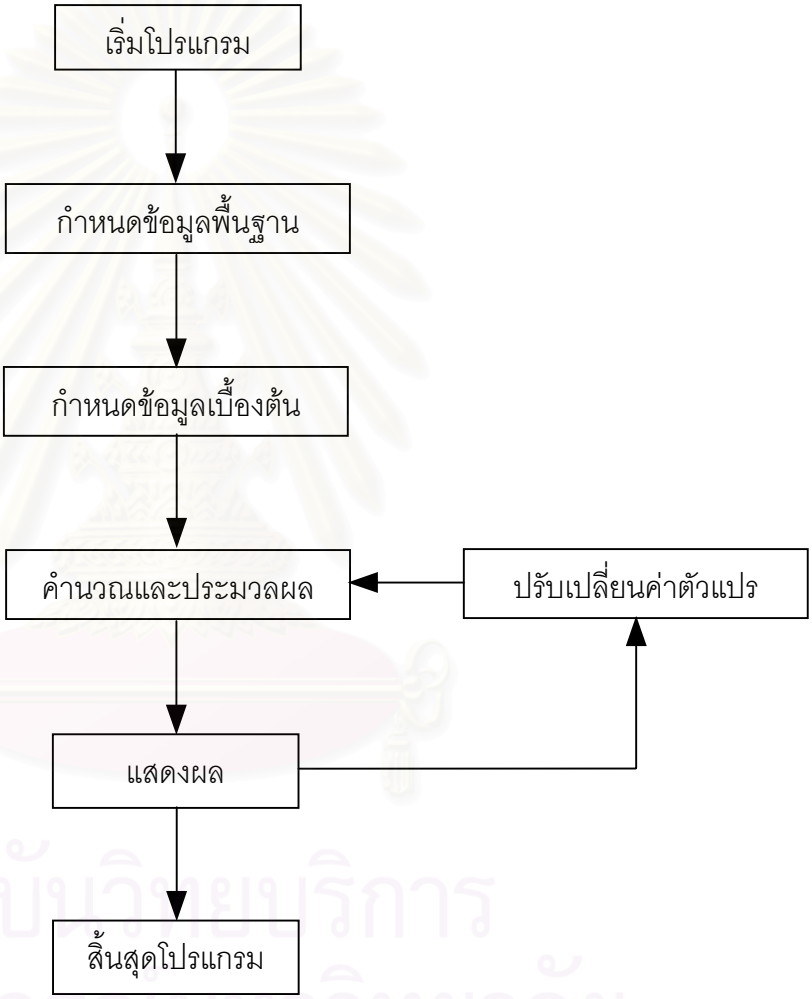
3.5 ส่วนแสดงผลของแถบแสดงค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังทั้งหมดของอาคาร

เป็นส่วนที่ช่วยในการแสดงผลเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมที่มิได้ศึกษาในด้านอนุรักษ์พลังงานมาสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย โดยได้ทำการจัดวางไว้ที่บริเวณมุมขวาล่างของโปรแกรม เนื่องจากอยู่ใกล้กับบริเวณของทั้ง ส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนัง และส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังทั้งหมดของอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การออกแบบกระบวนการทำงานของโปรแกรม

จากการวิเคราะห์แนวทางของกระบวนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รวมถึงทฤษฎีพื้นฐานในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร และทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแผงบังแดดข้างต้น ทำให้สามารถออกแบบและกำหนดลำดับขั้นตอนของกระบวนการทำงานของโปรแกรมโดยรวมทั้งหมด โดยสามารถทำการเขียนแผนผังของกระบวนการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดได้ดังนี้



รูปที่ 4.15 แสดงแผนผังของกระบวนการทำงานของโปรแกรม SunShields

จากแผนผังของกระบวนการทำงานของโปรแกรม จะแสดงให้เห็นถึงระบบขั้นตอนของกระบวนการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด

1. **เริ่มโปรแกรม**

การเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมนั้น จะเริ่มเมื่อผู้ใช้ทำการเรียกใช้งานโปรแกรม

2. **กำหนดข้อมูลพื้นฐาน**

เมื่อเริ่มโปรแกรมขึ้นแล้วการทำงานในส่วนของการกำหนดข้อมูลพื้นฐานจะทำงานขึ้นเองโดยอัตโนมัติด้วยระบบการทำงานของโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมจะทำการตั้งค่าตัวแปรต่างๆที่เป็นข้อมูลพื้นฐานให้โดยอัตโนมัติ

3. **กำหนดข้อมูลเบื้องต้น**

หลังจากในส่วนของการกำหนดข้อมูลพื้นฐานโดยโปรแกรมแล้ว จะเป็นส่วนการทำงานของการกำหนดข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งโปรแกรมจะรอรับค่าตัวแปรจากการป้อนข้อมูลโดยข้อมูลเบื้องต้นจะถูกป้อนเข้าสู่ระบบการทำงานโดยผู้ใช้โปรแกรมเป็นผู้กำหนด

4. **คำนวณและประมวลผล**

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมทำการป้อนข้อมูลเบื้องต้น ระบบการทำงานในส่วนของการคำนวณและประมวลผลของโปรแกรมจะเริ่มต้นทำงานทันที โดยการคำนวณและประมวลผลของโปรแกรมจะทำงานควบคู่ไปกับการป้อนข้อมูลเบื้องต้นของผู้ใช้โปรแกรม

5. **แสดงผล**

ในส่วนของการแสดงผลของโปรแกรมนั้น โปรแกรมจะทำการแสดงผลควบคู่ไปกับการคำนวณและประมวลผลของโปรแกรม โดยจะทำการแสดงผลต่างๆออกมาในทันทีเมื่อได้มีการคำนวณและประมวลผลค่าต่างๆ เสร็จสิ้นแล้ว

6. **ปรับเปลี่ยนค่าตัวแปร**

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมป้อนข้อมูลเบื้องต้นเข้าสู่ระบบ และโปรแกรมได้ทำการคำนวณ ประมวลผลและแสดงผลแล้ว หากผลของการแสดงผลจากกาคำนวณและประมวลผลของข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวไม่เป็นที่ยอมรับต่อผู้ใช้โปรแกรม ผู้ใช้โปรแกรมจะทำการในส่วนของการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ ซึ่งเมื่อได้ทำการปรับเปลี่ยนค่าแล้วกระบวนการทำงานของโปรแกรม จะย้อนเข้าสู่ระบบการคำนวณและประมวลผล จนถึงการแสดงผลของโปรแกรมอีกครั้งจากค่าตัวแปรที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนไป โดยผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถจะทำงานในส่วนของการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรกี่ครั้งก็ได้จนกว่าผลที่ได้จะเป็นที่ยอมรับต่อผู้ใช้งานโปรแกรม

7. **สิ้นสุดโปรแกรม**

ในส่วนของการสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรมนั้น จะสิ้นสุดการทำงานต่อเมื่อเป็นการเรียกกระทำจากผู้ใช้โปรแกรม เพราะในส่วนของการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรนั้น โปรแกรมไม่สามารถทราบได้ว่าผลที่ได้จากการคำนวณและประมวลผลแล้วนั้นจะเป็นที่ยอมรับต่อผู้ใช้โปรแกรมหรือไม่และเมื่อใด

วิธีการในการติดตั้งโปรแกรมเพื่อการใช้งาน

การติดตั้งโปรแกรม SunShields นั้นจะเหมือนกับการติดตั้งโปรแกรมโดยทั่วๆไปใน Windows คือเรียกไฟล์ setup.exe จากแผ่นซีดี หรือถ้าเป็นการติดตั้งใน Windows 98, ME, 2000 หรือ XP ที่สนับสนุนการเปิดโปรแกรมแบบ Auto Run ที่เมื่อใส่แผ่นซีดีตัวโปรแกรม setup ก็จะถูกเรียกขึ้นมาโดยอัตโนมัติ โดยโปรแกรม SunShields จะต้องการระบบที่มีคุณสมบัติขั้นต่ำดังต่อไปนี้

- ระบบปฏิบัติการ Windows 98, ME หรือ Windows 2000, XP
- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี CPU รุ่น Pentium II 300 MHz ขึ้นไป
- หน่วยความจำ (RAM) 96 MB
- ความละเอียดของจอภาพแสดงผล 1024 x 768
- การ์ดแสดงผล รองรับ Library OpenGL

ในการติดตั้งโปรแกรมเพื่อการใช้งานนั้น ผู้ใช้จะต้องทำการติดตั้งในส่วนของ Library OpenGL ให้กับระบบของเครื่องด้วยเพื่อให้สามารถใช้งาน OpenGL ได้ โดยในส่วนของการติดตั้งนั้นจะอธิบายในภายหลัง การติดตั้งโปรแกรม SunShields ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. ใส่แผ่นโปรแกรม SunShields ลงในไดรว์ซีดีรอม
2. รอให้โปรแกรมติดตั้งทำงานโดยอัตโนมัติ (Auto run) แต่ถ้าโปรแกรมอัตโนมัติไม่ทำงานก็ให้ทำการ ดับเบิลคลิกไฟล์ setup.exe จากแผ่นซีดี
3. โปรแกรมจะเริ่มทำการติดตั้ง ให้ใส่ ชื่อของคุณและชื่อบริษัท
4. เมื่อติดตั้งส่วนประกอบต่างๆเสร็จสมบูรณ์ แล้วก็จะถามว่าต้องการ Restart เครื่องหรือไม่ ให้คลิกปุ่ม Restart Windows
5. เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วก็เป็นอันเสร็จขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม SunShields แต่ผู้ใช้ยังต้องทำการติดตั้ง Library OpenGL เพื่อการใช้งานโปรแกรม
6. ในการติดตั้ง Library OpenGL นั้นผู้ใช้จะต้องทำการติดตั้งด้วยตนเอง โดยในแผ่นซีดี SunShields จะมีโฟลเดอร์ OpenGL อยู่ภายใน โฟลเดอร์ จะมีไฟล์ดังนี้ OPENGL32.DLL, GLU32.DLL, GLUT32.DLL
7. ให้นำไฟล์ทั้งหมด ใส่ไว้ใน system ของ Windows สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows 98, ME ในส่วนของระบบปฏิบัติการ Windows 2000, XP ให้นำไฟล์ทั้งหมด ใส่ไว้ใน system32 ของ Windows
8. เมื่อทำการดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว ถือเป็นการเสร็จสิ้นในการติดตั้งโปรแกรม SunShields เพื่อการใช้งานได้

วิธีการในการใช้งานโปรแกรม

1. การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม SunShields

หลังจากที่ได้ทำการติดตั้งโปรแกรม Sunshields เรียบร้อยแล้วก็สามารถเรียกใช้งานโปรแกรมได้ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1.1 การเรียกใช้จากปุ่ม Start

- Click mouse ที่ปุ่ม Start
- เลื่อน mouse เลือกคำสั่ง Programs>SunShields
- Click mouse เลือกคำสั่ง SunShields เพื่อเรียกการใช้งานโปรแกรม

1.2 การเรียกใช้งานจากปุ่ม ไอคอน(Icon)

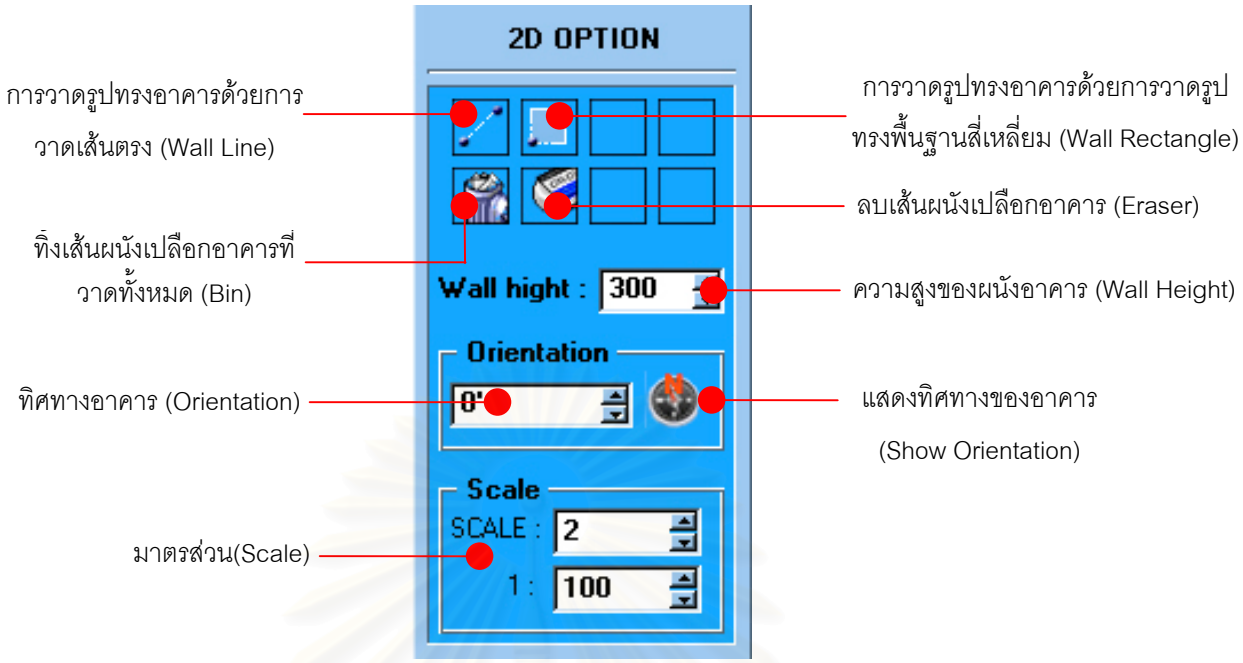
หลังจากที่ได้ทำการติดตั้งโปรแกรม SunShields จากแผ่นซีดีไปแล้ว ไอคอน (Icon) ของโปรแกรมจะถูกติดตั้งไว้ที่หน้าจอของ Windows ดังนั้นผู้ใช้ก็สามารถเรียกการใช้งานโปรแกรม SunShields ได้จากปุ่ม ไอคอน โดยการ Double Click ที่ปุ่มไอคอน SunShields

หลังจากที่ผู้ใช้งานโปรแกรมได้ทำการเรียกใช้งานโปรแกรม SunShields แล้ว สักครู่ก็จะปรากฏหน้าจอของโปรแกรมขึ้นมา

2. การป้อนข้อมูลรูปทรงอาคารด้วยการวาดเส้นผนังเปลือกอาคาร

หลักจากปรากฏหน้าจอของโปรแกรมขึ้นมา โปรแกรมจะถูกกำหนดให้อยู่ที่หน้าจอในส่วนของการป้อนข้อมูลด้วยการวาดเส้นผนังเปลือกอาคาร เพื่อรอรับการป้อนข้อมูลในส่วนนี้ ในการป้อนข้อมูลของการวาดเส้นเปลือกอาคารผู้ใช้โปรแกรมต้องทำการกำหนดมาตรส่วนของภาพตารางที่ต้องการวาด โดยดูขนาดของตารางที่บริเวณส่วนแสดงผลของภาพกราฟฟิก 2 มิติ ที่บริเวณกลางหน้าจอของโปรแกรม โดยในการกำหนดมาตรส่วนนั้นอยู่ในส่วนของ กล่องเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการวาดเส้นรูปทรงเปลือกอาคาร (2D Option) ให้ผู้ใช้กำหนดมาตรส่วนตามที่ต้องการสำหรับการวาดเส้นผนังเปลือกอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

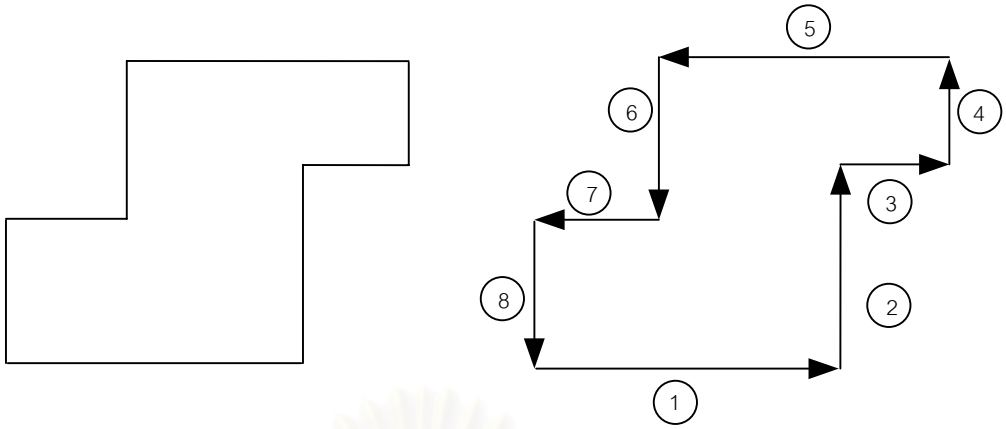


รูปที่ 4.16 แสดงกล่องเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการวาดเส้นรูปทรงเปลือกอาคาร (2D Option)

ต่อจากนั้นให้ผู้ใช้ทำการกำหนดความสูงของผนังที่ต้องการ หลังจากกำหนดมาตรส่วนและความสูงของผนังตามที่ต้องการแล้วก็เป็นส่วนของการวาดเส้นผนังเปลือกอาคาร โดยผู้ใช้จะต้องทำการเลือกลักษณะในการวาดรูปทรงของอาคารก่อน โดยการเลือกลักษณะในการวาดจากกล่องเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการวาดเส้นรูปทรงเปลือกอาคาร (2D Option) โดยจะมีทั้งแบบการวาดเส้นขึ้นเองหรือการเลือกรูปทรงพื้นฐาน โดยการใช้งานในลักษณะของการวาดรูปทรงต่างๆนั้นมีลักษณะการใช้งานดังนี้คือ

2.1 การวาดรูปทรงอาคารด้วยการวาดเส้นตรง

ในการวาดรูปทรงอาคารด้วยการวาดเส้นตรงนั้น เริ่มแรกผู้ใช้จะต้องทำการกดปุ่มเลือกใช้งานเพื่อให้โปรแกรมได้ทราบว่าผู้ใช้ต้องการวาดรูปทรงของอาคารด้วยการวาดเส้น หลังจากนั้นก็ให้ทำการวาดเส้นไปตามตารางที่ปรากฏอยู่ โดยการคลิกไปยังตำแหน่งตามตารางที่ปรากฏอยู่ที่หน้าจอแสดงผลไปเรื่อยๆตามรูปทรงที่ต้องการ ซึ่งในการวาดนั้นมีเงื่อนไขอยู่ว่าผู้ใช้จะต้องทำการวาดเส้นผนังเปลือกอาคารในลักษณะทวนเข็มนาฬิกาดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.15 เพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณทิศทางของผนังที่ผู้ใช้วาดได้ เพราะหากมีการวาดเส้นผนังเปลือกอาคารที่ไม่ถูกต้องโปรแกรมจะทำการคำนวณทิศทางของผนังอาคารคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง



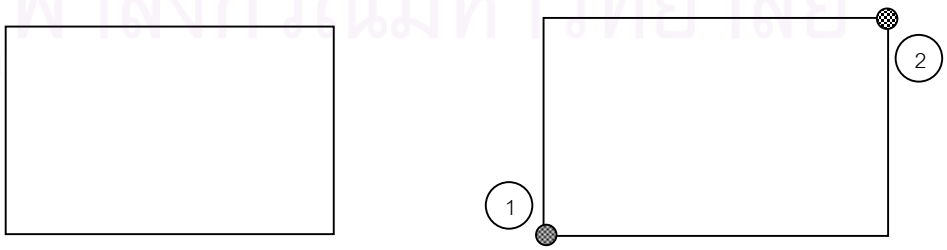
รูปทรงอาคารที่ต้องการวาด *ลำดับในการวาดและทิศทางการวาดทวนเข็มนาฬิกา*

รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะของการวาดเส้นผนังเปลือกอาคารที่ถูกต้อง

ในการวาดเส้นนั้นหากมีการวาดเส้นที่พิดพลากลงไปผู้ใช้สามารถใช้ปุ่มในการลบเส้น หรืออาจใช้การกด Delete ที่ Keyboard ก็จะเป็นการลบเส้นที่ผู้ใช้ได้ทำการเขียนลงไป แต่หากผู้ใช้ต้องการลบเส้นทั้งหมดที่ได้เขียนไปนั้นให้ทำการกดปุ่ม ลบทั้งหมด (Bill) ในการลบเส้นผนังเปลือกอาคารทั้งหมด แล้วจึงทำการวาดใหม่อีกครั้ง

2.2 การวาดรูปทรงอาคารด้วยการวาดรูปทรงพื้นฐานสี่เหลี่ยม

รูปแบบของการวาดเส้นผนังเปลือกอาคารจากการเลือกวาดด้วยรูปทรงพื้นฐานที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมนั้นมีการใช้งานที่สะดวก แต่จะเหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะอาคารที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมเท่านั้น โดยในการวาดนั้นเมื่อผู้ใช้ทำการกดปุ่มเลือกใช้งานเพื่อให้โปรแกรมได้ทราบว่าผู้ใช้ต้องการวาดรูปทรงอาคารด้วยการวาดรูปทรงพื้นฐานสี่เหลี่ยมแล้ว หลังจากนั้นก็ให้ทำการให้ผู้ใช้ทำการคลิกตำแหน่งของมุมซ้ายล่าง และมุมขวาบนของรูปทรงอาคารสี่เหลี่ยมในตารางตามขนาดที่ต้องการดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.16 ซึ่งเมื่อทำการดังกล่าวแล้วโปรแกรมจะทำการวาดเส้นผนังเปลือกอาคารทั้งสี่ด้านขึ้นมาให้ในทันที โดยผู้ใช้ไม่ต้องเสียเวลาในการวาดเส้นอาคารทั้ง 4 ด้าน ส่วนในการลบนั้นก็มีวิธีการที่เหมือนกับการวาดรูปทรงอาคารด้วยการวาดเส้นทุกประการ



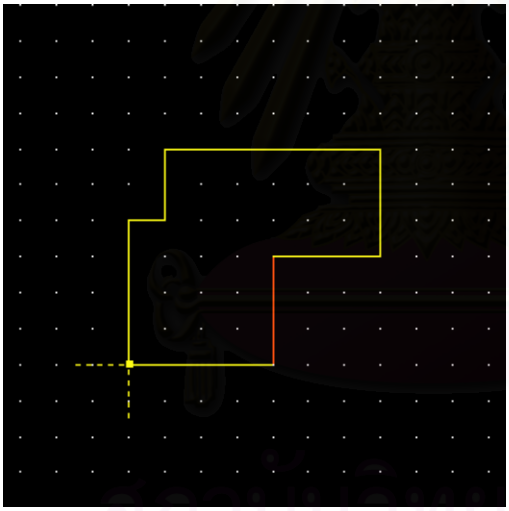
รูปทรงอาคารที่ต้องการวาด *ลำดับในการคลิกเพื่อวาดรูปทรงอาคารสี่เหลี่ยม*

รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะของการวาดรูปทรงอาคารด้วยการวาดรูปทรงพื้นฐานสี่เหลี่ยม

หลังจากที่ผู้ใช้โปรแกรมได้ทำการวาดรูปทรงอาคารตามต้องการแล้ว ก็เป็นส่วนของการกำหนดทิศทางของอาคาร โดยผู้ใช้ทำการกดเลือกทิศทางตามที่ต้องการได้ นอกจากนั้นผู้ใช้ยังสามารถทำการกดปุ่ม แสดงทิศทางของอาคาร (Show Orientation) เพื่อให้โปรแกรมทำการวาดเส้นแสดงแนวแกนของทิศทางที่บริเวณหน้าจอของผังเส้นผนังเปลือกอาคารได้อีกด้วย

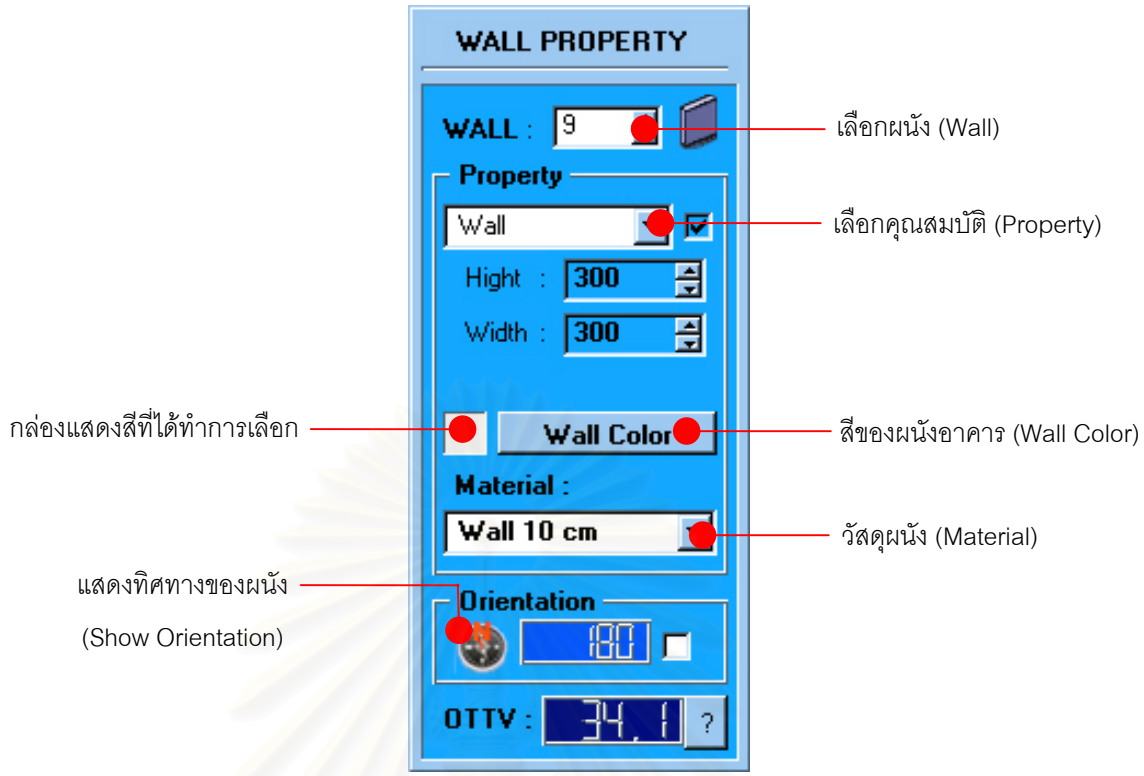
3. การกำหนดคุณสมบัติของผนัง

หลังจากที่ได้รูปทรงของอาคารแล้วนั้น ก็จะเป็นในส่วนของการกำหนดคุณสมบัติต่างๆของผนัง โดยเมื่อผู้ใช้ได้ทำการวาดรูปทรงของอาคารแล้วนั้นโปรแกรมจะทราบถึงจำนวนของผนังอาคารทั้งหมดในรูปทรงอาคารที่ผู้ใช้ได้ทำการเขียนขึ้นมา และในการกำหนดคุณสมบัติของผนังนั้นจำเป็นต้องทำการเลือกว่าผู้ใช้ต้องการกำหนดคุณสมบัติของผนังด้านไหนโดยให้ผู้ใช้ทำการเลือกด้วยปุ่มผนัง (Wall) โดยจะเป็นตัวเลขลำดับของผนังที่ได้ทำการเขียน ซึ่งเมื่อผู้ใช้ทำการเลือกผนังโปรแกรมจะทำการแสดงผนังด้านที่ผู้ใช้เลือกกระทำ โดยการแสดงที่หน้าจอแสดงผลในส่วนของ ภาพกราฟฟิก 2 มิติของผังเส้นผนังเปลือกอาคาร ซึ่งโปรแกรมจะทำการวาดเส้นของผนังด้านที่เลือกเป็นสีแดงเพื่อแสดงว่าผู้ใช้กำลังเลือกผนังด้านนั้นๆอยู่



รูปที่ 4.19 แสดงลักษณะของการแสดงเส้นสีแดงเพื่อแสดงว่าผู้ใช้กำลังเลือกผนังด้านนั้นๆอยู่

เมื่อผู้ใช้เลือกผนังที่ต้องการจะกำหนดคุณสมบัติแล้วก็ให้ทำการกำหนดคุณสมบัติต่างของผนังด้านนั้นๆได้ โดยให้ผู้ใช้ทำการเลือกว่าต้องการกำหนดคุณสมบัติต่างๆในส่วนไหน ที่บริเวณปุ่มคุณสมบัติ(Property) โดยการกำหนดคุณสมบัตินั้นแบ่งเป็นคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 4.20 แสดงส่วนกำหนดคุณสมบัติต่างๆของผนัง

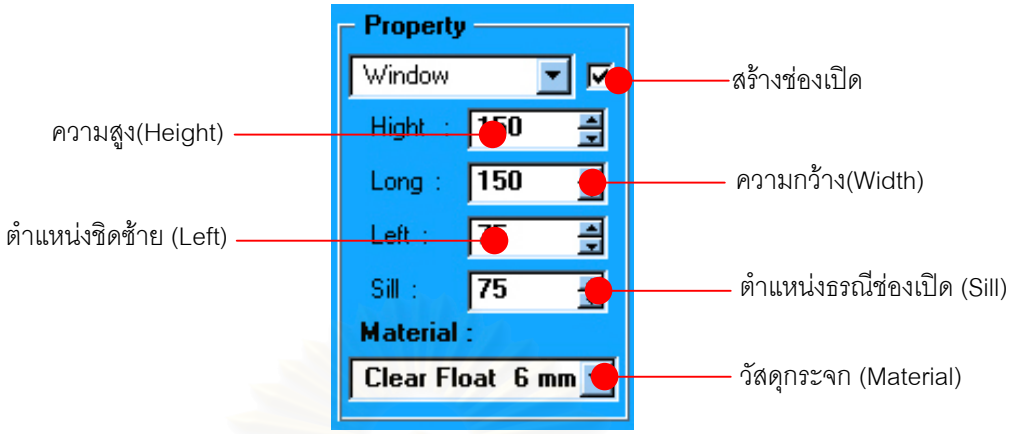
3.1 คุณสมบัติของผนังอาคาร

ในส่วนของคุณสมบัติของผนังอาคารนั้นผู้ใช้สามารถทำการกำหนดคุณสมบัติได้ 2 ส่วนด้วยกันดังนี้

3.4.1 สีของผนังอาคาร (Wall Color) การกำหนดสีของผนังสามารถทำได้โดยการกดปุ่ม Wall Color โปรแกรมจะแสดงหน้าจอสำหรับการกำหนดค่าของสีขึ้นมา โดยผู้ใช้สามารถทำการคลิกเลือกสีที่ต้องการได้โดยตรง หากไม่ปรากฏสีที่ต้องการก็สามารถทำการกำหนดค่าสีขึ้นเองได้ โดยการกรอกค่าของสีผสมตามหลักของสีในระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งประกอบไปด้วยสี แดง เขียว น้ำเงิน ตามต้องการ ซึ่งเมื่อทำการกำหนดแล้ว หน้าจอในการกำหนดค่าสีจะหายไป และสีที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกก็จะถูกแสดงไว้ที่กล่องสีบริเวณด้านข้างปุ่ม และโปรแกรมก็จะนำค่าสีนั้นๆที่ได้ทำการเลือกไว้ไปวาดลงในผนังอาคารด้านนั้นในทันที

3.4.2 วัสดุผนัง (Material) ผู้ใช้จะสามารถทำการเลือกวัสดุผนังได้ โดยจะทำการเลือกจากชนิดของผนังที่โปรแกรมได้ทำการกำหนดไว้ให้แล้วซึ่งเป็นวัสดุผนังอาคารที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปเพื่อให้ง่ายแก่การเลือกใช้วัสดุผนัง

3.2 คุณสมบัติของช่องเปิด



รูปที่ 4.21 แสดงส่วนกำหนดคุณสมบัติต่างๆของช่องเปิดของผนัง

ในส่วนของคุณสมบัติของช่องเปิดนั้นผู้ใช้ต้องทำการเลือกก่อนว่าจะให้ผนังด้านนั้นมีการเจาะช่องเปิดหรือไม่โดยการคลิกใน Check Box เพื่อให้โปรแกรมทราบว่าผู้ใช้เลือกให้มีการเจาะช่องเปิดกับผนังด้านนั้นๆ เมื่อได้ทำการกำหนดแล้วผู้ใช้ก็จะสามารถทำการกำหนดคุณสมบัติต่างๆของช่องเปิดได้ โดยประกอบไปด้วยคุณสมบัติ 5 ส่วนด้วยกันดังนี้

3.4.1 ความสูง(Height) ให้ผู้ใช้กำหนดความสูงของช่องเปิดตามต้องการ

3.4.2 ความกว้าง(Width) ผู้ใช้สามารถกำหนดความกว้างของช่องเปิดได้ตามต้องการ

3.4.3 ชิดซ้าย (Left) ผู้ใช้จะต้องทำการกำหนดตำแหน่งซ้ายสุดของช่องเปิดว่าอยู่ห่างจากขอบของผนังเท่าไร

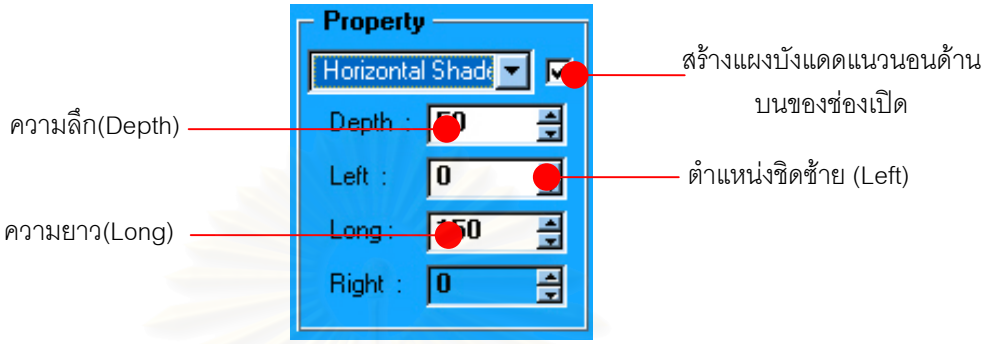
3.4.4 ธรณีช่องเปิด (Sill) ผู้ใช้สามารถทำการกำหนดตำแหน่งของระดับธรณีช่องเปิดว่าสูงจากขอบล่างของผนังเท่าไร

3.4.5 วัสดุผนัง (Material) ผู้ใช้จะสามารถทำการเลือกวัสดุกระจกได้ โดยจะทำการเลือกจากชนิดของกระจกที่โปรแกรมได้ทำการกำหนดไว้ให้แล้วซึ่งเป็นวัสดุกระจกที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปเพื่อให้ง่ายแก่การเลือกใช้วัสดุ

3.3 คุณสมบัติของแผงบังแดดแนวนอนด้านบนของช่องเปิด

ในส่วนของคุณสมบัติของแผงบังแดดแนวนอนด้านบนของช่องเปิดนั้น จะสามารถทำการกำหนดได้ต่อเมื่อผู้ใช้ได้ทำการกำหนดให้มีช่องเปิดกับผนังด้านนั้นแล้ว จึงจะสามารถทำการกำหนดให้มีการสร้างแผงบังแดดแนวนอนด้านบนของช่องเปิด ซึ่งเมื่อผนังด้านนั้นมีช่องเปิดแล้วผู้ใช้ก็สามารถทำการสร้างแผงบังแดดแนวนอนด้านบนของ

ช่องเปิด ได้โดยการคลิกใน Check Box เพื่อให้โปรแกรมทราบว่าผู้ใช้เลือกให้มีการสร้างแผงบังแดดแนวนอนด้านบนของช่องเปิดกับผนังด้านนั้นๆ เมื่อได้ทำการกำหนดแล้วผู้ใช้ก็จะสามารถทำการกำหนดคุณสมบัติต่างๆได้ โดยประกอบไปด้วยคุณสมบัติ 3 ส่วนด้วยกันดังนี้



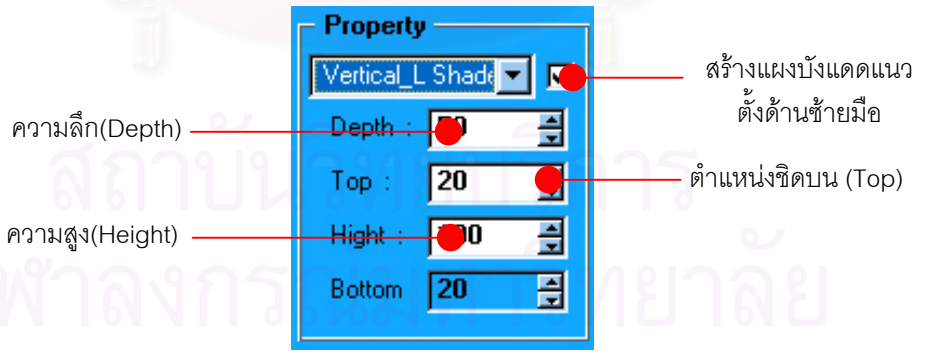
รูปที่ 4.22 แสดงส่วนกำหนดคุณสมบัติต่างๆของแผงบังแดดแนวนอนด้านบนของช่องเปิด

3.4.1 ความลึก(Depth) ผู้ใช้สามารถทำการกำหนดความลึกของแผงบังแดดตามที่ต้องการได้

3.4.2 ชิดซ้าย (Left) ผู้ใช้สามารถทำการกำหนดตำแหน่งซ้ายสุดของแผงบังแดดแนวนอนด้านบนว่าอยู่ห่างจากขอบซ้ายของช่องเปิดเท่าไรได้ตามต้องการ

3.4.3 ความยาว(Long) ผู้ใช้สามารถทำการกำหนดความยาวของแผงบังแดดได้ตามต้องการ

3.4 คุณสมบัติของแผงบังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือ(จากมุมมองของผู้ใช้โปรแกรม)



รูปที่ 4.23 แสดงส่วนกำหนดคุณสมบัติต่างๆของแผงบังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือ

ในส่วนของคุณสมบัติของแผงบังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือ เช่นเดียวกับแผงบังแดดแนวนอนที่จะทำการกำหนดได้ต่อเมื่อผู้ใช้ได้ทำการกำหนดให้มีช่องเปิดกับผนังด้านนั้นแล้ว ในการสร้างก็มีวิธีเดียวกันคือการคลิกใน Check Box เพื่อให้โปรแกรมทราบว่าผู้ใช้เลือกให้มีการสร้างแผงบังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือกับผนังด้านนั้นๆ เมื่อได้ทำการ

กำหนดแล้วผู้ใช้ก็จะสามารถทำการกำหนดคุณสมบัติต่างๆได้ โดยประกอบไปด้วยคุณสมบัติ 3 ส่วนด้วยกันดังนี้

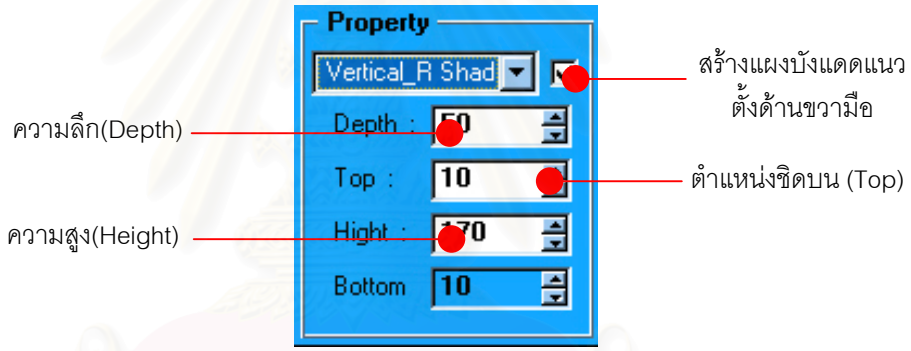
3.4.1 ความลึก(Depth) ผู้ใช้สามารถทำการกำหนดความลึกของแผงบังแดดตามที่ต้องการได้

3.4.2 ชิดบน (Top) ผู้ใช้สามารถทำการกำหนดตำแหน่งบนสุดของแผงบังแดดแนวตั้งว่าอยู่ห่างจากขอบบนสุดของช่องเปิดเท่าไร

3.4.3 ความสูง(Height) ผู้ใช้สามารถทำการกำหนดความสูงของแผงบังแดดได้ตามต้องการ

3.5 คุณสมบัติของแผงบังแดดแนวตั้งด้านขวามือ(จากมุมมองของผู้ใช้โปรแกรม)

ในส่วนของคุณสมบัติของแผงบังแดดแนวตั้งด้านขวามือนั้นมีลักษณะในการทำงานและกำหนดค่าที่เหมือนกับ คุณสมบัติของแผงบังแดดแนวตั้งด้านซ้ายมือทุกประการ



รูปที่ 4.24 แสดงส่วนกำหนดคุณสมบัติต่างๆของแผงบังแดดแนวตั้งด้านขวามือ

4. การปรับเลี่ยนวันเวลาและสถานที่ตั้งของอาคาร

การปรับเปลี่ยนวันเวลาและสถานที่ตั้งนั้น ผู้ใช้สามารถทำการปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลาตั้งแต่เริ่มโปรแกรม โดยไม่มีความจำเป็นต้องวาดรูปทรงของอาคารก่อนก็ได้ โดยในการปรับเปลี่ยนค่าวันเวลาละตำแหน่งที่ตั้งของอาคารนั้นประกอบไปด้วยตัวแปรที่เกี่ยวข้องและสามารถปรับเปลี่ยนได้ดังนี้

4.1 เวลา (Time)

เมื่อผู้ใช้เรียกใช้โปรแกรมขึ้นมานั้น โปรแกรมจะทำการกำหนดเวลาให้โดยอัตโนมัติโดยจะตั้งค่าของเวลาที่ ณ.เวลาปัจจุบัน ของเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่อย่างไรก็ตามผู้ใช้จะสามารถทำการกำหนดเวลาที่ผู้ใช้ต้องการได้เอง โดยใช้แถบเลื่อนไปตามเวลาที่ต้องการ ซึ่งเวลานั้นจะเปลี่ยนค่าไปในทุกๆ 10 นาที โดยเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ผู้ใช้สามารถกำหนดได้นั้นจะถูกบังคับโดยโปรแกรมซึ่งจะทำการคำนวณเวลาที่พระอาทิตย์

ขึ้นและพระอาทิตย์ตกตามวันที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นในการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรของเวลานั้นจะถูกจำกัดอยู่ในช่วงเวลาที่พระอาทิตย์ขึ้นและพระอาทิตย์ตก

4.2 วัน (Day)

วันที่นั้นเบื้องต้นจะถูกกำหนดไว้ที่ วันปัจจุบัน ที่ผู้ใช้ทำการเปิดใช้โปรแกรม ซึ่งผู้ใช้ก็สามารถทำการปรับเปลี่ยนค่าของวันได้ตามต้องการ ด้วยการใช้แถบเลื่อนในการกำหนดค่าวันตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยค่าจะเปลี่ยนแปลงไปใน 1 วัน ซึ่งจำนวนของวันนั้นจะถูกกำหนดจากค่าของเดือนที่กำหนดไว้ โดยโปรแกรมจะทำการคำนวณและกำหนดจำนวนวันให้โดยอัตโนมัติ

4.3 เดือน (Month)

เดือนก็จะถูกกำหนดไว้ที่ เดือนปัจจุบันที่ผู้ใช้ได้เปิดใช้โปรแกรมขึ้นมา และในการปรับเปลี่ยนค่านั้นก็สามารถทำการปรับเปลี่ยนค่าได้ 2 วิธีคือ การเลือกปรับเปลี่ยนจากแถบเลื่อน และการปรับเปลี่ยนโดยการเลือกเดือนที่ต้องการ

4.4 วันที่แดดคล้อยต่ำที่สุดทางด้านทิศเหนือ และทิศใต้ (Hot Date North and South)

เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเลือกวันที่มีการคล้อยต่ำของดวงอาทิตย์ในทิศ เหนือและใต้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการตรวจสอบถึงแดดที่จะเข้าสู่อาคารได้มากที่สุดในทิศทางดังกล่าว เพื่อใช้ในการประกอบการพิจารณาในการออกแบบ ซึ่งผู้ใช้สามารถใช้งานได้โดยการคลิกเลือกที่ Check Box ในทิศทางที่ต้องการ เมื่อทำการเลือกแล้วโปรแกรมจะทำการเปลี่ยนค่าของ วันที่และเดือน ให้อยู่ในวันและเดือนที่พระอาทิตย์มีการคล้อยต่ำมากที่สุดในทิศทางที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกไป และผู้ใช้สามารถเลือกกลับมายังวันที่ได้เลือกก่อนที่จะทำการปรับเปลี่ยนไปนั้นโดยการคลิกที่ Check Box อีกครั้งจะเป็นการกลับมายังเวลาที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกไว้ก่อนหน้านี้แล้วเหมือนเดิม

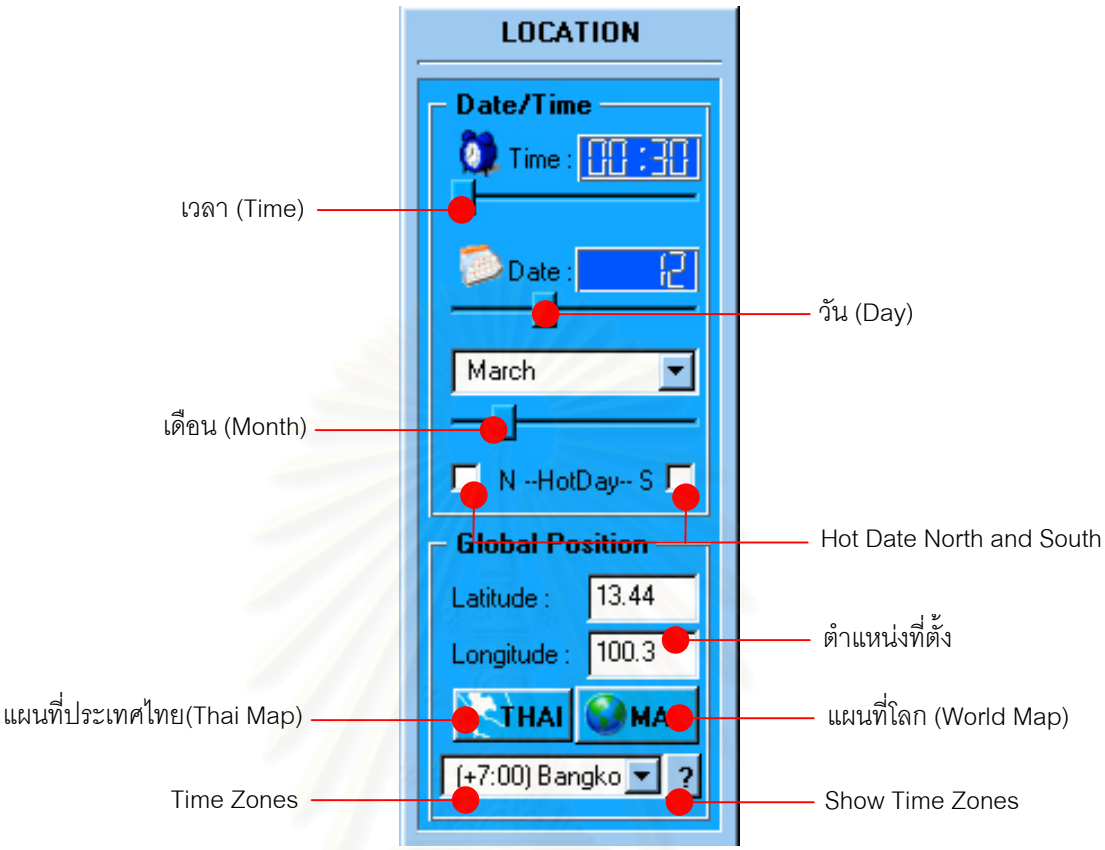
4.5 ตำแหน่งที่ตั้ง

ตำแหน่งที่ตั้งนั้น เริ่มต้นจะถูกกำหนดด้วยโปรแกรมโดยอัตโนมัติ โดยจะถูกกำหนดไว้ที่ ตำแหน่งที่ตั้งของ กรุงเทพฯ ซึ่งผู้ใช้สามารถทำการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของที่ตั้งอาคารได้ 2 วิธี คือการกำหนดค่าโดยการกรอกตำแหน่งพิกัดของละติจูดและลองติจูดโดยตรง หรือการเลือกจากแผนที่ โดยในการเลือกจากแผนที่นั้น โปรแกรมได้แบ่งออกเป็น ตำแหน่งที่ตั้งในประเทศไทย

4.6 Time Zones

ตำแหน่ง Time Zones นั้นเริ่มต้นจะถูกตั้งที่ตำแหน่ง +7.00 ซึ่งเป็นตำแหน่ง Time Zones ของประเทศไทย ซึ่งผู้ใช้จะยังคงสามารถกำหนดกำหนดด้วยตัวเองได้ โดยการเลือกค่าตามที่ได้มีการกำหนดไว้ด้วยโปรแกรม โดยในส่วนนี้โปรแกรมจะมีส่วนของ

ปุ่มที่จะแสดงภาพแผนที่โลกที่แบ่ง Time Zones ไว้ให้ผู้ใช้ที่ไม่มีความรู้สามารถทำการกดเรียกเพื่อดูตำแหน่งของ Time Zones ได้



รูปที่ 4.25 แสดงส่วนกำหนดข้อมูลของวันเวลาและตำแหน่งที่ตั้งอาคาร (Location)

5. การแสดงผลจากการคำนวณและประมวลผลในส่วนต่าง ๆ

การแสดงผลของโปรแกรมจากการคำนวณและประมวลผลนั้น โปรแกรมได้กำหนดให้มีการแสดงผลในส่วนต่างๆ โดยส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนัง ส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังทั้งหมดของอาคาร และส่วนแสดงผลของแถบแสดงค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังทั้งหมดของอาคารนั้น จะแสดงให้ผู้ใช้โปรแกรมเห็นอยู่ตลอดเวลาที่บริเวณหน้าจอโปรแกรมบริเวณทางด้านมุมขวาล่างของหน้าจอ โดยส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนัง และส่วนแสดงผลค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังทั้งหมดของอาคารจะทำการแสดงค่าออกมาในรูปแบบของค่าตัวเลข ส่วนการแสดงผลของแถบแสดงค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารของผนังทั้งหมดของอาคารนั้น จะใช้ลักษณะคล้ายแถบแสดงความมากน้อยของค่าตัวแปรที่ได้ด้วยสี โดยจะมีการไล่สีจากสีน้ำเงินจนกระทั่งสีแดงซึ่งใช้ในการสื่อความมายถึงความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ถ้า

ใกล้สีแดงมากก็แสดงว่าค่าของการคำนวณที่ได้มีค่าที่มากซึ่งการแสดงผลในลักษณะนี้จะทำให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายกว่าค่าตัวเลขที่แสดงออกมา ซึ่งสามารถทำให้ผู้ที่ไม่มีความรู้ในด้านการอนุรักษ์พลังงานก็สามารถทำความเข้าใจได้

ในส่วนของการแสดงผลอีก 3 ส่วน คือในส่วนของ ส่วนแสดงภาพกราฟฟิก 2 มิติของเส้นผนังเปลือกอาคาร ส่วนแสดงภาพกราฟฟิก 3 มิติของรูปทรงของผนังและช่องเปิด ส่วนแสดงตารางที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมนั้น ทั้ง 3 ส่วนเป็นส่วนของการแสดงผลที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องทำการเลือกว่าต้องการให้โปรแกรมทำการแสดงผลในส่วนไหนไว้ที่หน้าจอแสดงผลหลักของโปรแกรม บริเวณตรงกลางหน้าจอของโปรแกรม ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำการกดปุ่มเพื่อเลือกว่าต้องการให้แสดงผลในส่วนไหน โดยเมื่อผู้ใช้ทำการเลือกแล้วการแสดงผลในอีกส่วนก็จะถูกแสดงให้ผู้ใช้เห็นในส่วนหน้าจอแสดงผลสำรอง บริเวณมุมขวาบนของหน้าจอโปรแกรมไปพร้อมๆกันเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถมองเห็นการแสดงผลในอีกส่วนได้พร้อมๆกัน

6. การปิดการใช้งานโปรแกรม SunShields

ในการปิดใช้งานโปรแกรมนั้น เมื่อผู้ใช้โปรแกรมทำการใช้งานจนเสร็จสิ้นแล้ว ก็จะสามารถทำการเรียกปิดการใช้งานโปรแกรม ได้ด้วยกันหลายวิธีดังนี้

6.1 การเรียกปิดการใช้งานโปรแกรมผ่านแผงแป้นอักขระ (Keyboard)

ผู้ใช้โปรแกรมสามารถทำการเรียกปิดใช้งานโปรแกรมได้อย่างรวดเร็วด้วยการกดที่ตัวอักษร Ctrl + Q หรือด้วยการกดปุ่ม F1 ก็จะเป็นการปิดการใช้งานโปรแกรม SunShields โดยอัตโนมัติ

6.2 การเรียกปิดจากเมนูบาร์(Menu Bar)

โดยทำการเลือกคำสั่ง File ที่บริเวณ เมนูบาร์ (Menu Bar) ภายในจะปรากฏคำสั่ง Exit ให้ผู้ใช้ทำการเลือกคำสั่งดังกล่าว ก็จะเป็นการเรียกปิดการใช้งานของโปรแกรม SunShields

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

บทสรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานนั้น ถือเป็นส่วนสำคัญในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน แต่อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานนั้น เป็นส่วนที่สถาปนิกผู้ออกแบบต้องมีความรู้ในเรื่องนี้อีกทั้งยังต้องมีการคำนวณค่าตัวแปรและสมการต่างๆมากมายเพื่อมาใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้า วิจัยและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้งหมดที่ได้กล่าวมาแล้วในงานวิจัยนี้ จึงมีความมุ่งหวังที่จะนำเสนอเครื่องมือทางคอมพิวเตอร์ให้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่ง เพื่อช่วยแบ่งเบาปัญหาในขั้นตอนต่างๆ ของการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานให้กับสถาปนิกผู้ออกแบบ เพื่อช่วยให้สถาปนิกผู้ออกแบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่กฎหมายกำหนด และสามารถลดระยะเวลาการทำงานของสถาปนิกในขั้นตอนการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเพื่อการพัฒนาพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (SunShields) จึงได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยขั้นตอนและความยุ่งยากต่างๆ ในการทำงานของสถาปนิกในการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานให้มีความยุ่งยากซับซ้อนน้อยลงไปได้

จากการวิจัยและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (SunShields) ทั้งหมดที่ผ่านมาทำให้ได้ข้อสรุป ถึงแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมในเชิงอนุรักษ์พลังงานที่สอดคล้องกับการทำงานของสถาปนิกผู้ออกแบบ โดยสามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการทำงานทางด้านสถาปัตยกรรม โดยรายละเอียดที่สำคัญของแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมมีดังนี้คือ

1. **พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบอย่างแท้จริง มิใช่เครื่องมือเพื่อการคำนวณ**

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานโดยส่วนใหญ่ผู้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มักมุ่งเน้นการพัฒนาโปรแกรมที่ความรวดเร็วในการคำนวณค่า ซึ่งความรวดเร็วในการคำนวณค่าต่างๆด้วยคอมพิวเตอร์นั้นถือเป็นจุดเด่นในการทำงานกับคอมพิวเตอร์อยู่แล้ว แต่ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรมนั้น ต้องอาศัยองค์ประกอบอื่นๆที่จะช่วยในกระบวนการออกแบบของสถาปนิกด้วย โดยในส่วนของการแสดงผลอาจมิได้มุ่งเน้นที่ค่าข้อมูลตัวเลขจากการคำนวณเพียงเท่านั้น อาจต้องมองถึงการแสดงผลในรูปแบบต่างๆที่สร้างความชัดเจนในการแสดงผลเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรมให้กับสถาปนิกผู้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นๆ

2. **การสร้างการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นในขณะใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์**

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ควรมุ่งเน้นในส่วนของการสร้างการเรียนรู้ให้กับผู้ใช้โปรแกรมด้วย เพราะในการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถทำให้ผู้ใช้โปรแกรมเข้าใจถึงกระบวนการทำงานของโปรแกรม หรือผลกระทบของตัวแปรต่างๆ จะส่งผลให้ผู้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความเข้าใจมากขึ้นทั้งในส่วนของการทำงานของโปรแกรมและในส่วนของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบนั้นๆ ยิ่งโดยเฉพาะในส่วนของการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงานซึ่งมีสถาปนิกผู้มีความรู้ในด้านนี้อยู่ไม่มากนัก หากมีการสร้างการเรียนรู้ในขณะที่ใช้งานโปรแกรมจะทำให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถสร้างการเรียนรู้ในด้านการอนุรักษ์พลังงานให้กับสถาปนิกผู้ใช้งานโปรแกรมเพิ่มมากขึ้น

3. **การใช้วิธีการเลือกและปรับเปลี่ยนค่าแทนการป้อนข้อมูลตัวเลข**

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานมักนิยมใช้การป้อนค่าด้วยการกรอกค่าข้อมูลตัวเลขซึ่งแม่จะมีความแม่นยำในการกรอกค่าข้อมูล แต่การป้อนข้อมูลดังกล่าวผู้ใช้โปรแกรมก็ต้องมีความรู้ในค่าข้อมูลดังกล่าวจึงจะสามารถกำหนดค่าได้อย่างถูกต้องและเข้าใจ การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการป้อนข้อมูลจากเดิมเป็นวิธีการเลือกและปรับเปลี่ยนค่าด้วยเครื่องมือต่างๆที่มีอยู่จะสามารถช่วยให้ผู้ใช้โปรแกรมที่ไม่มีความรู้ทางด้านการอนุรักษ์พลังงานโดยตรงสามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น ช่วยลดความผิดพลาดในการป้อนค่าข้อมูล

4. **การแสดงผลเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล**

การแสดงผลของข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์นั้นถือเป็นแนวทางในการช่วยสถาปนิกในการออกแบบสถาปัตยกรรม โดยในการแสดงผลเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นโปรแกรมต้องมุ่งเน้นที่การแสดงผลโดยทันทีที่ได้มีการปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปร หรือที่เรียกว่า ระบบ Real-time Interactive ดังที่ได้เคยกล่าวไว้แล้วในบทต่างๆข้างต้น เพราะในการแสดงผลให้สถาปนิกผู้ใช้โปรแกรมทราบถึงผลลัพธ์ในทันที จะช่วยให้สถาปนิกผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเข้าใจถึงค่าตัวแปรที่ได้ทำการปรับ

เปลี่ยนว่าส่งผลต่อผลลัพธ์จากการคำนวณและประมวลผลของโปรแกรมอย่างไร ทำให้สามารถตัดสินใจกับค่าตัวแปรต่างๆได้และทำให้เกิดความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมได้

5. **การแสดงผลในลักษณะของแนวทางในการออกแบบ**

การแสดงผลโดยทั่วไปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน จะเป็นลักษณะของรายละเอียดการคำนวณ ซึ่งผลดังกล่าวอาจเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่มีความรู้เฉพาะด้านพลังงานเพียงเท่านั้น ดังนั้นหากมีการแสดงผลที่มีความหลากหลาย ให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่าย หรือการแสดงผลที่สมารถรับรู้ได้ทันที เช่นการแสดงผลด้วยภาพกราฟฟิก 3 มิติ ที่มิใช่เป็นเพียงค่าตัวเลข จะทำให้การแสดงผลนั้นอยู่ในลักษณะของแนวทางในการออกแบบมากกว่า ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบสถาปัตยกรรมได้ดียิ่งขึ้น

ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรคถือเป็นตัวแปรอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อการพัฒนาโปรแกรมในด้านต่างๆ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน และทำให้การพัฒนาโปรแกรมไม่สามารถทำการพัฒนาได้อย่างสะดวก โดยสามารถทำการสรุปเป็นหัวข้อต่างๆได้ดังนี้

1. **ความรู้ความเข้าใจในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน**

ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานนั้น ผู้พัฒนาโปรแกรม อาจต้องมีความรู้ในด้านนี้อยู่พอสมควรเพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาโปรแกรมให้เป็นไปได้อย่างถูกต้อง ตามแนวทางต่างๆ เพราะหากผู้พัฒนาโปแกรมคอมพิวเตอร์ไม่มีความรู้ในด้านการอนุรักษ์พลังงานเลย อาจต้องใช้เวลาบางส่วนในการทำความเข้าใจในการศึกษาทางด้านนี้ ซึ่งอาจส่งผลต่อการพัฒนาโปรแกรมโดยตรงให้ไม่สามารถทำการพัฒนาโปรแกรมได้อย่างเต็มที่กับข้อจำกัดของเวลา

2. **ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปัดเศษเมื่อมีการคำนวณทางคณิตศาสตร์**

ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานนั้น มิอาจหลีกเลี่ยงได้เลยกับค่าตัวแปรและสมการต่างๆที่ใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ลักษณะของการคำนวณที่ต้องการความละเอียดในค่าตัวเลขที่ได้จากการคำนวณ จึงถือเป็นส่วนหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงเพราะหากค่าที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น จะส่งผลต่อค่าการคำนวณอื่นๆที่ตามมา ซึ่งสิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุดของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้คือลักษณะของการปัดเศษทศนิยมในการคำนวณค่า เพราะบางครั้งการคิดเลขทศนิยมที่มีค่าตัวเลขเป็นจำนวนมากอาจส่งผลให้เกิดการปัดเศษที่ไม่ถูกต้องและเที่ยงตรง

ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม

การศึกษาวิจัยและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (SunShields) นี้ เป็นการพัฒนาเพื่อเป็นแนวทางหรือเป็นต้นแบบสำหรับใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการทำงานของสถาปนิกผู้ออกแบบและผู้เกี่ยวข้องกับออกแบบสถาปัตยกรรมที่มุ่งเน้นการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งการศึกษาวิจัยและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของเวลาในการพัฒนาโปรแกรม จึงทำให้การทำงานในบางส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นยังไม่สามารถทำได้อย่างครบถ้วน ดังนั้นจึงได้กำหนดข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (SunShields) ต่อไปเพื่อให้เป็นประโยชน์ในการพัฒนาโปรแกรมต่อไปในอนาคต โดยมีรายละเอียดต่างๆดังนี้

1. **การพัฒนาในส่วนสนับสนุนการติดต่อกับโปรแกรมประยุกต์อื่น ๆ**

ควรมีการพัฒนาในส่วนของการสร้างส่วนติดต่อและถ่ายโอนข้อมูลของรูปทรงอาคารที่ได้ทำการเขียนโดยโปรแกรมเขียนแบบ หรือโปรแกรมออกแบบอื่นๆ เช่น AutoCAD 3D Max ที่จะสามารถช่วยนำข้อมูลทั้งแบบแปลนและแบบจำลอง 3 มิติ เข้ามาใช้ได้ทันที ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น

2. **การพัฒนาในส่วนการวาดเส้นผนังเปลือกอาคารที่มีความหลากหลายมากขึ้น**

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (SunShields) ในส่วนของการวาดเส้นผนังเปลือกอาคารยังถูกจำกัดอยู่ที่การวาดรูปทรงของอาคารที่เป็นเหลี่ยมเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงอาจมีอาคารที่ต้องการความหลากหลายมากขึ้น ทั้งในแบบของรูปทรงกลม หรือรูปทรงอิสระ จึงควรมีการพัฒนาในส่วนนี้เพื่อให้การใช้งานสามารถการรองรับรูปแบบของอาคารที่หลากหลายมากขึ้น

3. **การพัฒนาในส่วนของการเจาะช่องเปิดของผนังเปลือกอาคาร**

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (SunShields) ในส่วนของการเจาะช่องเปิดของผนังเปลือกอาคารนั้นยังจำกัดอยู่แค่เพียงการเจาะช่องเปิดเพียง 1 ช่องเปิดเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงของการเจาะช่องเปิดของผนังเปลือกอาคารนั้นอาจมีการเจาะช่องเปิดที่มากกว่า 1 ช่องเปิดในผนังแต่ละด้าน ดังนั้นจึงควรพัฒนาให้โปรแกรมสามารถรองรับการเจาะช่องเปิดที่มากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ของโปรแกรม

4. **การพัฒนาในส่วนของรูปแบบแผงบังแดดที่หลากหลายมากขึ้น**

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (SunShields) ในส่วนของรูปแบบของแผงบังแดดนั้นยังมีรูปแบบของแผงบังแดดไม่มากนัก จึงไม่สามารถรองรับการออกแบบแผงบังแดดที่มีความหลากหลายมากนัก เช่น การออกแบบแผงบังแดดแบบตาราง หรือแผงบังแดดในแนวทแยงมุมต่างๆ ดังนั้นในการพัฒนาต่อในส่วนของรูปแบบของแผงบังแดดที่หลากหลายมากขึ้นจะทำให้ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถทำการออกแบบแผงบังแดดได้อย่างอิสระและมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น

5. **การพัฒนาในส่วนของการคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์และการลงทุน**

ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานนั้น เราคงจะหลีกเลี่ยงไม่ได้กับการคำนึงถึงผลทางด้านเศรษฐศาสตร์และการลงทุน ว่าในการออกแบบอาคารที่มีการอนุรักษ์พลังงานแล้วนั้นจะก่อให้เกิดผลประโยชน์อย่างไรกับผู้ใช้งานอาคาร เพราะหากไม่ก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ การออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานคงจะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง ดังนั้นการแสดงผลในส่วนของราคาต่างๆน่าจะส่งผลดีต่อสถาปนิกผู้ออกแบบให้สามารถรู้ถึงผลประโยชน์ในด้านเศรษฐศาสตร์และการลงทุนอย่างไรบ้างกับผู้ใช้งานอาคารโดยตรง

6. **การพัฒนาในส่วนของระบบฐานข้อมูล**

ในส่วนของการพัฒนาระบบฐานข้อมูล จะเป็นส่วนช่วยให้เกิดความสมบูรณ์ในการใช้งานมากขึ้น ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (SunShields) นั้นมีค่าตัวแปรต่างๆมากมายที่ควรจะถูกจัดเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้สามารถกำหดเพิ่มเติมข้อมูล แก้ไขข้อมูล หรือการลบข้อมูลต่างๆได้ เช่น ในส่วนของระบบพิกัด ละติจูดและลองติจูด ของพื้นที่ต่างๆ ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆของวัสดุ เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กนกวรรณ อุสันโน. **รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน : การให้แสงสว่างธรรมชาติ และลดการถ่านเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. **คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2538.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. **โครงการปรับปรุงข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคาร กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน**, 4 กุมภาพันธ์ 2547 ณ ศูนย์ประชุมสหประชาชาติ.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. **การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์, 2521.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน**. จำนวน 10,000 เล่ม. กรุงเทพมหานคร: บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด(มหาชน), 2539.

ปิยชาติ แก้วแดง, ฤชิมน ธนบุญสมบัติ, สมพงษ์ นามทวีสุข และสราวุธ จิตต์เจริญ. **รายงาน เรื่อง ประสิทธิภาพการใช้แผงแดดของสตูดิโอคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. กรุงเทพฯ: 2545.

ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์. Computer Graphics **สำหรบนักออกแบบ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สุทธาการพิมพ์, 2542.

ผุสดี ทิพทัส. **สถาปนิกสยาม พื้นฐาน บทบาท ผลงาน และแนวคิด(พ.ศ. 2475-2537) เล่ม 1 และเล่ม 2**. พิมพ์ครั้งแรก. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กรุงเทพฯ, 2539.

ภิญโญ จินันทุยา. **การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรม**, 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545.

สมสิทธิ์ นิตยะ. **การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น** TROPICAL DESIGN ENVIRONMENT. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

สยามไฟเบอร์กลาส. Q-Save SFG-OTTV Calculation Program [Computer software]. สยามไฟเบอร์กลาส, [24 มีนาคม 2547]

อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ. **โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์รูปทรงและวัสดุเปลือกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ในการออก

แบบสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ภาษาอังกฤษ

Autodesk. **AutoCAD2002**[Computer software]. 2002. Available form:

http://www.autodesk.com

Autodesk. **Autodesk VIZ 4**[Computer software]. 2002. Available form:

http://www.autodesk.com

Last Software. **SketchUp 3.10**[Computersoftware]. 2002. Available form:

http://www.sketchup.com/

Marsh A. **The Solar Tool**[Computer software]. 2001. Available form: http://www.squ1.com

Marsh A. **ECOTECT**[Computer software]. 2001. Available form: http://www.squ1.com

Microsoft Corporation. **Microsoft Visual C++ 6.0** [Computer software]. Available form:

http://www.microsoft.com

Trolltech. **Qt DESIGNER 2.3**[Computer software]. 2001. Available form:

http://www.trolltech.com

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กมล เกียรติเรืองกมลา. **โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคาดการณ์ปริมาณแสงธรรมชาติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

คมกฤช ชูเกียรติมั่น. **การใช้แสงธรรมชาติเสริมเพื่อลดพลังงานในอาคาร: กรณีศึกษาอาคารใน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ครรชิต มาลัยวงศ์ และวิชิต ปุณวัตร์. **เทคนิคการออกแบบโปรแกรม**. กรุงเทพฯ: เอช.เอ็น.กรุ๊ป, 2521.

ฉัททวุฒิ พิชผล และพิชิต สันติกุลานนท์. **คู่มือเรียน Visual Basic 6**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: เอช.เอ็น.กรุ๊ป, 2544.

ดวงแก้ว สวามิภักดิ์. **ระบบฐานข้อมูล**. กรุงเทพฯ: เอช.เอ็น.กรุ๊ป, 2540.

ทศพร นามเทพ. **เทคนิคการประมาณค่าความส่องสว่างจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ กรณีศึกษา : กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

เบญจพร ศักดิ์ศิริ. **ทฤษฎีและตัวอย่างโจทย์ การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C++**. กรุงเทพฯ: แมคกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอนเตอร์ไพร์ส, อิงค์, 2542.

ประกรณ์ เมฆจำเริญ. **การใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณและวิเคราะห์การส่องสว่างภายในอาคาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณพิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.

ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ. **เทคนิคแสงสว่าง**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.

พรพล สาครินทร์ และ กฤษฎา แก้วมณี. **เข้าใจหลักการสร้างงาน 3 มิติ ระดับมืออาชีพ** 3D Graphics Rendering. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซัคเซส มีเดีย, 2544.

พรพล สาครินทร์ และ กฤษฎา แก้วมณี. **พื้นฐานการก้าวสู่โลก 3 มิติ**. กรุงเทพฯ: บริษัท ซัคเซส มีเดีย, 2544.

พรรณจิรา ทิศาวิภาต. **ผลของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ผ่านช่องแสงด้านข้างที่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรงโดยการหมุนหลบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชา

เทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

พรรณชลัท สุริโยธิน. **พื้นฐานแสงสว่าง**. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชา การให้แสงสว่างในงานสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, มิถุนายน 2543.

พิรุฬห์รัตน์ บุริประเสริฐ. **รูปแบบของช่องเปิดด้านข้องเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

มงคล อัศวโกวิทกรณ์. **การเขียนโปรแกรมกราฟิก**. กรุงเทพมหานคร: บริษัทดวงกมลสมัยจำกัด, 2534.

มานพ รุจิภากร. **การใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณและการจำลองความส่องสว่างภายในอาคาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณพิต สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

ระพีพรรณ พิริยะกุล. **เทคนิคในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ยูไนเต็ดท์บุ๊คส์, 2531.

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, วีระ อินพันทัง และ สันติ ฉันทวิลาสวงศ์. **สถานภาพผลงานทางวิชาการสาขาสถาปัตยกรรมในประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ บริษัท ทีซีจี พริ้นติ้ง จำกัด, 2544.

สุชาย ธนวเสถียร และวิชัย จิวังกูล. **โครงสร้างข้อมูลเพื่อการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์**. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2543.

สุนทร บุญญาธิการ. การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบเมืองไทย. **วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย** ฉบับพิเศษครบรอบ 60 ปี (2536): 16-24.

สุนทร บุญญาธิการ. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า**. จำนวน 3,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท พร็อพเพอร์ตี้มาร์เก็ต จำกัด, 2542.

อวิรุทธ์ อุรุพงศา. **การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียนในชนบท**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ภาษาอังกฤษ

Chapra, C. Steven. **Numerical Method for Engineers With Programming and Solfware Appliactions**.

Ckaude L. Robbins. **Daylight Design and Analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986

Deitel, Harvey M. **How to Program C++**. New Jersey: Printice-Hall,1998.

Digital Equipment Corporation. **Microcomputer Interfaces**. Handbook, 1980.

Fuller Moore. **Concept and Practice of Architectural Daylighting**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

Fuller Moore. **Environment Control Systems: Heating Cooling Lighting**. New York: McGraw-Hill, 1993.

Hubbard John. Schaum's Outline Series; **Theory and Problems of Programming With C++**. New York: McGraw – Hill, 1996.

Mealing, S. **The art and science of computer animation**. Oxford: 1992 Intellect Ltd,1992.

Prosise, J. **How Computer Graphics Work**. Emeryville, California: Ziff-Davis Press, 1993.

Tregenza, P and Loe, D. **The design of lighting**. London: E & FN Spon, 1998.

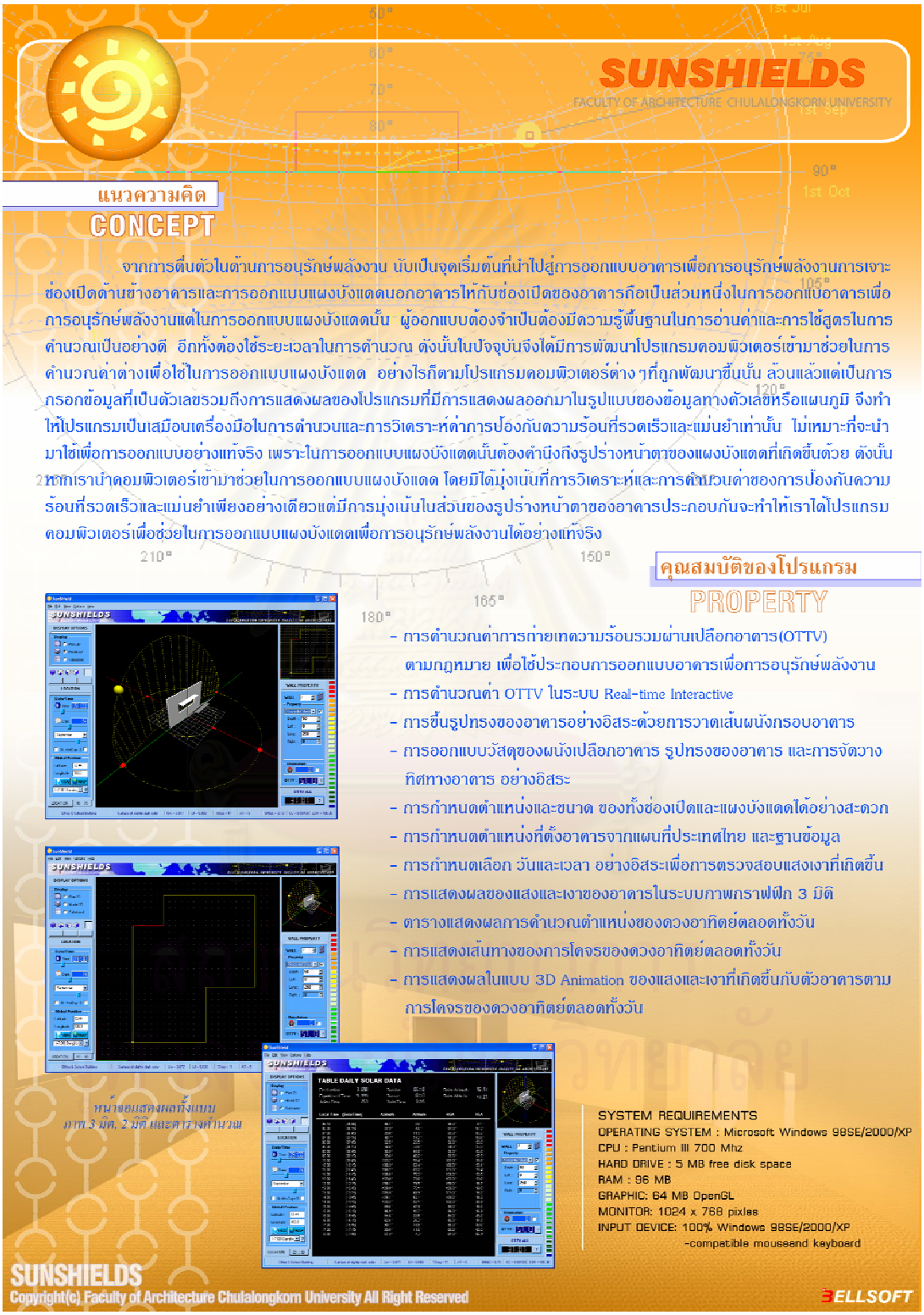
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

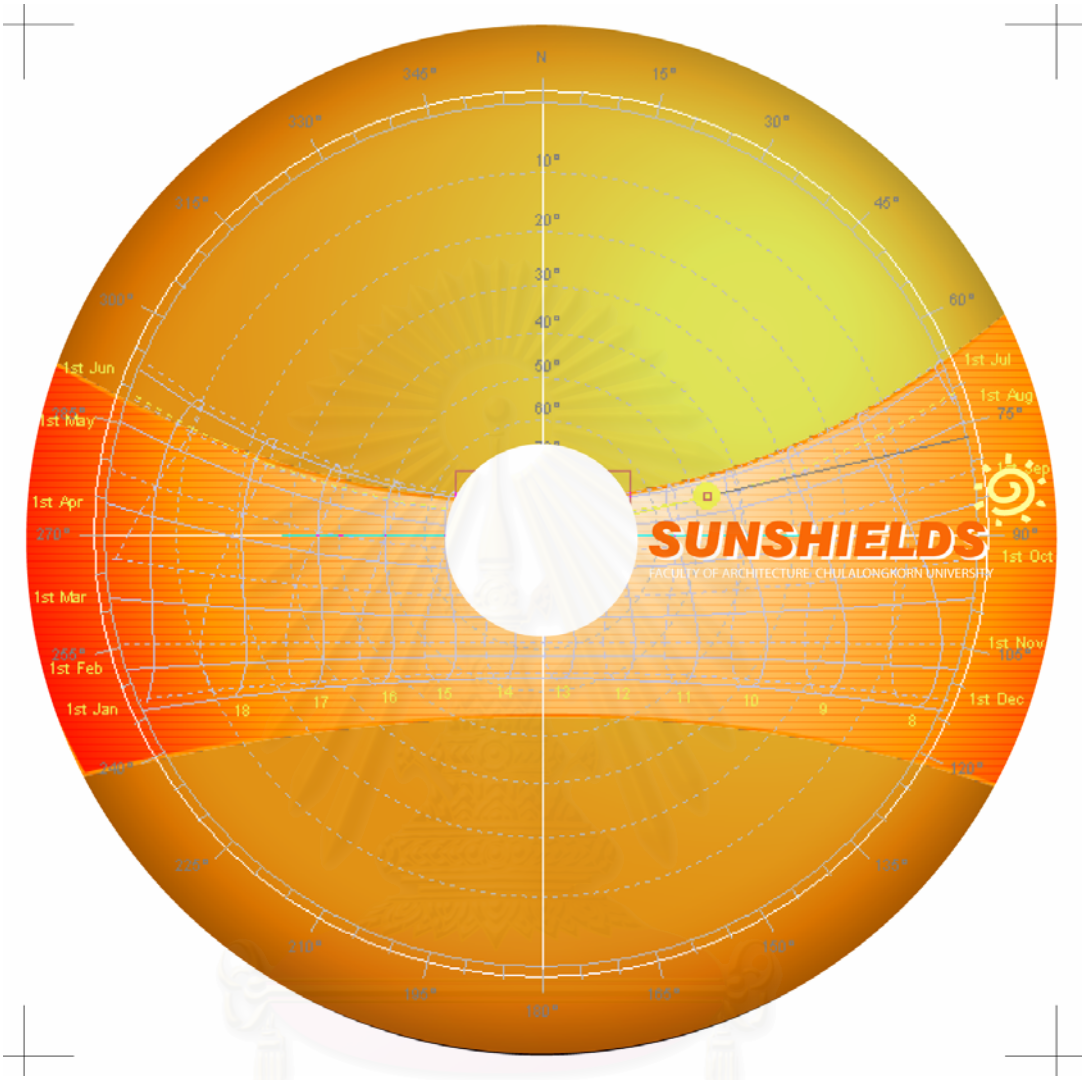
ใบนำเสนอรายละเอียดของโปรแกรม SunShields



ด้านหน้าและด้านหลังของกล่องของโปรแกรม SunShields

ปกด้านหน้าและปกด้านหลังของกล่อง CD ของโปรแกรม SunShields

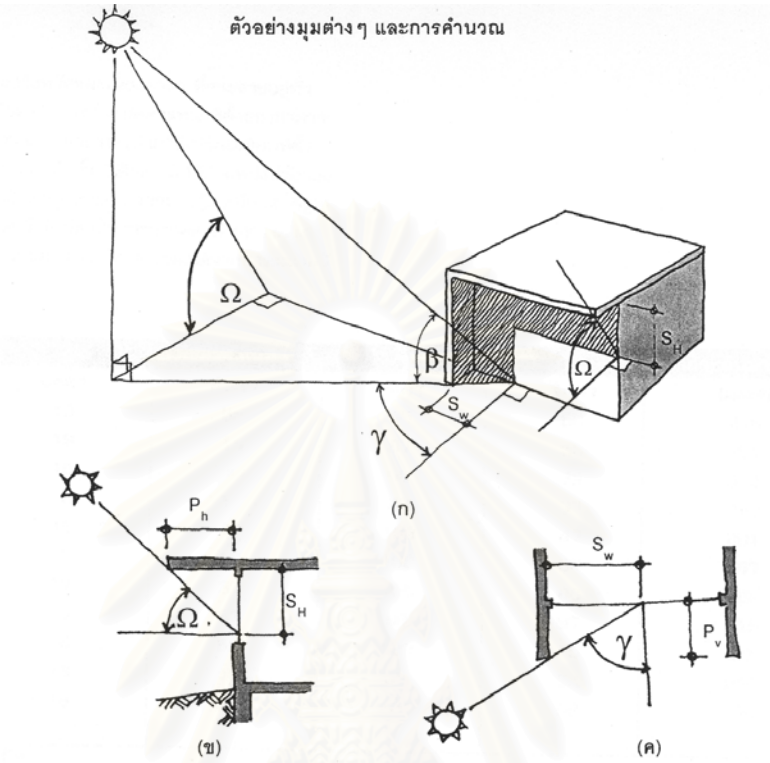
แผ่น CD โปรแกรม SunShields



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

การใช้สูตรในการคำนวณเพื่อหาค่าของเงาที่เกิดขึ้นจากแผงบังแดด ซึ่งมีวิธีการในการคำนวณดังนี้



แสดงลักษณะของการคำนวณเพื่อหาเงาที่ได้รับจากแผงบังแดด

รูป (ก) แสดงมุมต่างๆของดวงอาทิตย์ จากรูป

β คือ มุมยกขึ้นของดวงอาทิตย์ (Solar Altitude)

γ คือ มุมอะซิมุทของผนัง (Wall-Solar Azimuth) คือ มุมที่วัดจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแนวระดับกับแนวตั้งฉากกับผนัง

Ω คือ มุมเงาแดด (Profile Angle) หมายถึง มุมที่ผู้สังเกตเงาแดดหันหน้าไปในทิศทางขนานกับผนังอาคารที่ถูกแดด ซึ่งหาได้จากสูตร

$$\tan\Omega = \frac{\tan\beta}{\tan\gamma}$$

รูป (ข) แสดงมุมของเงาแดดทางตั้ง ซึ่งอาจคำนวณความยาวของส่วนยื่น โดยคำนวณจากสูตร

$$P_h = S_H * \cot\Omega$$

= ส่วนยื่นของส่วนกันแดด

= ความสูงของเงาแดดถึงใต้ส่วนยื่น

รูป (ค) แสดงมุมของเงาแดดทางตั้ง ซึ่งอาจคำนวณความยาวของส่วนยื่น โดยคำนวณจากสูตร

$$P_v = S_w * \cot\gamma$$

= ความยาวของครีบกันแดด

= ระยะเงาตกทอดถึงริมครีบกันแดด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Draft Building Energy Code

Scope of Application

The following requirements for energy performance are meant to apply to new designated buildings.

Part I: Energy Performance Requirements

The building envelope system, lighting system, and air-conditioning system of a new designated building shall each comply with energy performance requirements set out in Section 1 to Section 3.

If one or more systems specified in the first paragraph cannot meet the requirements, a building shall still be considered to comply with the energy performance requirements if it meets the whole building energy performance under the procedure described in Section 4.

Section 1

Building Envelope System

The Overall Thermal Transfer Value of wall (OTTV) and the Overall Thermal Transfer Value of roof (RTTV) of an air-conditioned building

1.1 The Overall Thermal Transfer Value (OTTV) of wall of a building is used as a measure of thermal performance of the envelope of the building. Its value represents the size of the average heat gain through the envelope (inclusive of walls and windows) as sensed by the air-conditioning system of the building.

(a) The Overall Thermal Transfer Value (O-OTTV) of the exterior walls of the air-conditioned building of an office or an educational institute or of the air-conditioned part of such building shall not exceed 50 watts per square meter of its exterior walls.

(b) The Overall Thermal Transfer Value (S-OTTV) of the exterior walls of the air-conditioned building of a department store, retail store, shopping center or hypermarket or of the air-conditioned part of such building shall not exceed 45 watts per square meter of its exterior walls.

(c) The Overall Thermal Transfer Value (H-OTTV) of the exterior walls of the air-conditioned building of a hotel or a hospital/convalescent home or of the air-conditioned part of such building shall not exceed 30 watts per square meter of its exterior walls.

The OTTV of the exterior walls of an air-conditioned building or of its air-conditioned part shall be calculated as a weighted average value of the $OTTV_i$ of individual exterior walls of the air-conditioned building or of the air-conditioned part of a building.

1.2 The Overall Thermal Transfer Value of Roof (RTTV) of a building is used as a measure of thermal performance of the roof of the building. Its value represents the size of the average heat gain through roof and skylight as sensed by the air-conditioning system of the building.

(a) The Roof Thermal Transfer Value (O-RTTV) of the air-conditioned building of an office or an educational institute or of the air-conditioned part of such building shall not exceed 15 watts per square meter of the roof area.

(b) The Roof Thermal Transfer Value (S-RTTV) of the air-conditioned building of a department store, retail store, shopping center or hypermarket or of the air-conditioned part of such building shall not exceed 12 watts per square meter of the roof area.

(c) The Roof Thermal Transfer Value (H-RTTV) of the air-conditioned building of a hotel or a hospital/convalescent home or of the air-conditioned part of such building shall not exceed 10 watts per square meter of the roof area.

For a building used for many purposes, each area of use corresponding to one of the category of buildings above, the building envelope requirements appropriate to each category shall apply to each envelope section.

Note *The prefixes O, S and H are used here to distinguish the OTTV and RTTV of a building using the new formulation from the value calculated using previous formulation.*

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Section 2

Lighting System

Rated power requirement of electric lighting within a building, excluding its car parking area

2.1 Electric lighting within a building shall be at a sufficient but not excessive illuminance level for each category of work, and the level complies with acceptable engineering standards.

2.1 Rated power of the electric lighting equipment in a building, not including its car parking area, shall not exceed the following values in Table 2.1:

Table 2.1 Allowable rated power for lighting.

Category of building [1]	Allowable rated power (W/m^2. of utilized area)
(a) Offices or educational buildings	14
(b) Hotels, hospitals/convalescent homes	12
(c) department stores, retail stores, shopping centers or hypermarket [2]	18

[1] *For a building used for many purposes, each area of use corresponding to a function specified in the table, shall comply with the corresponding value in the table.*

[2] *Including electric lighting generally used for advertisement of goods, excepting of those used in store-front display window.*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Section 3

Air-conditioning System

Energy performance of air-conditioning system(s) within a building

Air-conditioning system(s) installed in a building shall comply with the requirements set out below.

3.1 Unitary Air Conditioners

Unitary air conditioner(s) of a building shall have minimum efficiency in terms of coefficient of performance (COP) or energy efficiency ratio (EER), at accepted standard rating condition, not less than the values shown in Table 3.1.

Table 3.1 Minimum performance for unitary air-conditioners

Category and size	Minimum performance, COP (EER)
Air cooled (split system and single package)	
Less than 3500 W_{th} (0.995 TR)	2.82 (9.62)
From 3,500 W_{th} and less than 7,600 W_{th} (2.16 TR)	2.82 (9.62)
From 7,600 W_{th} and less than 12,000 W_{th} (3.41 TR)	2.82 (9.62)
From 12,000 W_{th} and less than 17,600 W_{th} (5.00 TR)	2.82 (9.62)
Over 17,600 W_{th} (5.00 TR)	2.56 (8.74)
Water-cooled	
All sizes	3.99 (13.62)

Note *One ton of refrigeration (TR) equals 12,000 British Thermal Units per hour (BTU/hr) and equals 3,516.7 thermal watts (W_{th}).*

3.2 Large air-conditioning system

When a large air-conditioning system is used, energy performance is required on the water chillers, and on other parts of the air-conditioning system.

(a) Water chiller

Each water chiller shall have minimum efficiency in terms of coefficient of performance (COP) or kilowatt per ton of refrigeration (kW/TR), at accepted standard rating conditions, not less than the values shown in Table 3.2.

Table 3.2 Minimum performance for water chillers.

Category and size	Minimum performance, COP (kW/TR)
Air-cooled water chillers	
Up to 351.7 kW_{th} (100 TR)	2.70 (1.30)
Over 351.7 kW_{th} (100 TR)	2.93 (1.20)
Water-cooled water chillers	
Less than 527.5 kW_{th} (150 TR)	3.91 (0.90)
From 527.5 kW_{th} and less than 703.3 kW_{th} (200 TR)	4.69 (0.75)
From 703.3 kW_{th} and less than 879.2 kW_{th} (250 TR)	5.25 (0.67)
From 879.2 kW_{th} and up to 1,758.3 kW_{th} (500 TR)	5.40 (0.65)
Over 1,758.3 kW_{th}	5.67 (0.62)

(b) Other parts of the air-conditioning system

Electrically driven chilled water air-conditioning system comprises water chiller(s), air-handling systems, condenser water cooling system, and chilled water transport system.

The air-handling system, condenser water cooling system, and chilled water transport system shall be considered to comply with the requirement if taken together has a rated coefficient of performance of 7.03 (0.5 kW/TR).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Section 4

Whole Building Energy Compliance

Alternative means of compliance when one or more systems do not comply

If the performance of any one or more systems (i.e. envelope system, lighting system, and air-conditioning system) of the proposed design of a building does/do not comply with the performance requirement(s), the building design shall be evaluated for compliance under the whole building energy compliance procedure.

Under the whole building energy compliance procedure, a reference building model shall be used. The reference building model shall possess the same functional areas as those of the proposed building design. Each façade shall possesses the same area and of the same orientation as that of the proposed building design. However, the building envelope system, lighting system and air-conditioning system of the reference building model shall each comply with the performance requirement of each respective system.

The proposed building design is considered to comply under whole building energy compliance procedure when its computed annual energy consumption is less than or equal to that of the reference building model.

Part II: Computation Methods and Standard Data

Section 1

Calculation of OTTV and RTTV

1. Method and Data for Calculation of OTTV

1.1 The OTTV of an Exterior Wall

The OTTV of each of the exterior surface wall ($OTTV_i$) shall be calculated from

$$OTTV_i = (U_w)(1\text{-}WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \qquad (1.1)$$

where

$OTTV_i$ is the OTTV of the wall under consideration in unit of W/m^2,
U_w is the thermal transmittance of the opaque wall in unit of $W/(m^2.K)$,
WWR is the window to wall ratio, a ratio of area of transparent windows and/or transparent walls against the gross area of the wall under consideration,
TD_{eq} is the equivalent indoor-outdoor temperature difference in unit of degree Celsius that accounts for absorption of solar radiation of the opaque wall,
U_f is the total thermal transmittance of glass or transparent wall in unit of $W/(m^2.K,)$
ΔT is the exterior-interior temperature difference,
$SHGC$ is the solar heat gain coefficient of window,
SC is the shading coefficient of window, and

ESR is the effective solar radiation on transparent windows and/or walls in unit of W/m^2

The Overall Thermal Transfer Value of gross exterior walls of a building (OTTV) is the weighted average value of OTTV of each exterior wall ($OTTV_i$) which shall be calculated from the following equation:

$$OTTV = \frac{(A_{w1})(OTTV_1) + (A_{w2})(OTTV_2) + \ldots + (A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \ldots + A_{wi}} \quad (1.2)$$

where

A_{wi} is an area of the wall under consideration which includes areas of opaque wall and windows or transparent wall in unit of sq.m and

$OTTV_i$ is the individual OTTV of each exterior wall, which can be calculated as in Equation (1.1).

1.2. Thermal Transmittance

The thermal transmittance (U value) of a section of a building envelope shall be calculated as in the followings:

1.2.1. Thermal Transmittance (U value) of a Section of Building Envelope

Thermal transmittance (U-value) is the inverse of thermal resistance, which can be calculated as follows:

$$U = \frac{1}{R} \quad (1.3)$$

where R is the thermal resistance.

1.2.2. Thermal Resistance (R)

Thermal resistance value of a section of building envelope comprising a homogeneous material can be calculated by the following equation:

$$R = \frac{\Delta x}{k} \quad (1.4)$$

R is the thermal resistance, $m^2.K/W$,

Δx is the thickness of the section, m, and

k is the thermal conductivity of the material of the section, W/(m.K).

1.2.3. Thermal Resistance of an Envelope Section Comprising Multiple Layers

For an envelope section composing multiple layers, thermal resistance of the section is the sum of thermal resistance of each layer.

Heat from exterior environment is transferred to the surface of an envelope section through an exterior air film. Also, at the interior surface of the envelope section, heat is transferred from the interior surface to the interior environment through an interior air film.

(a) Envelope Section Comprising Multiple Layers

The total thermal resistance R_T of an envelope section comprising n layers of different materials in Figure 1.1 is calculated as follows

$$R_T = R_o + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + ... + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i \qquad (1.5)$$

Section 1.01 where $\Delta x_i, ..., \Delta x_n$ are sicknesses of the layers,
$k_i, ..., k_n$ are thermal conductivities of the materials of the layers,
R_o is the thermal resistance of the exterior air film, and
R_i is the thermal resistance of the interior air film.

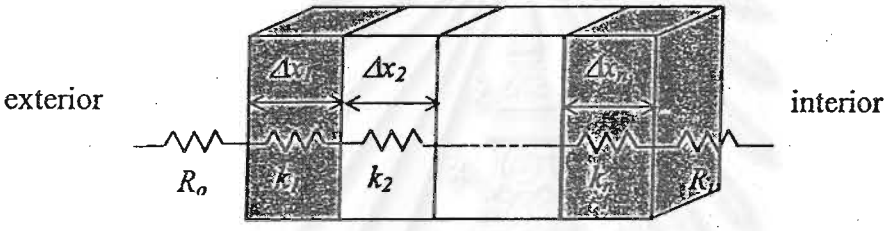


Figure 1.1 Configuration of an envelope section comprising multiple layers.

(b) Envelope Section Comprising an Air Gap

Air gap(s) or air space(s) between layers in an envelope section also offer(s) resistance to heat transfer. All mechanisms of conduction, convection and radiation heat transfer are present in the air gap at different degrees. In Figure 1.2, R_a represents thermal resistance of air gap. The total thermal resistance R_T of the envelpoe section is obtained as

$$R_T = R_o + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + ... + R_a + ... + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i \qquad (1.6)$$

where the terms are defined in (1.5).

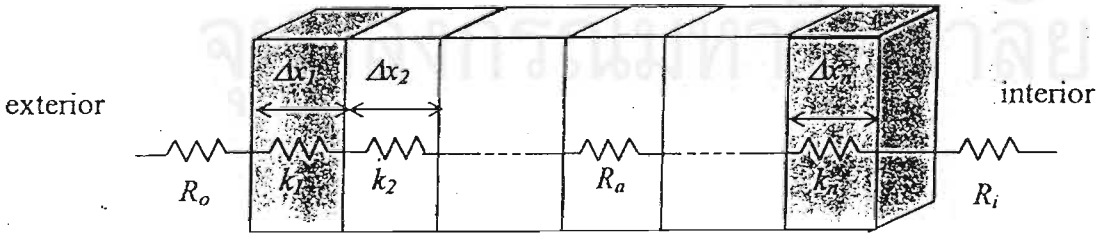


Figure 1.2 Envelope section of multiple layers comprising an air gap.

1.2.4. Thermal Resistance of Air Films and Air Gaps.

Thermal resistance of an air film on the surface of a wall is influenced by the speed of wind movement near the surface and by thermal emittance of the surface. Surfaces of most materials used in envelope sections are highly emissive, with emittance close to 0.9. Table 1.1 shows values of the thermal resistance of air films for a wall.

Table 1.1 Thermal resistance values of air films on a wall.

	Interior wall, (R_i)	Exterior wall, (R_o)
Thermal Resistance, (m^2.K/W)	0.12	0.044

Thermal resistance of an air gap or air space within an envelope section or an opaque wall is highly dependent on thermal emittance of the surfaces facing each other across the air gap. Values of such thermal resistance are given in Table 1.2.

Table 1.2 Thermal resistance values of air gap.

Type of wall surface	Thermal resistance value of air-gap of different width, (m^2.K/W)		
	5 mm	20 mm	100 mm
Surface with high emittance	0.11	0.148	0.16
Surface with low emittance	0.25	0.578	0.606

The values in the first line corresponding to those for surfaces with high thermal emittance shall be used in all common situations. The values in the second line corresponding to those for surfaces with low thermal emittance apply only to cases when highly reflective materials such as reflective foils are used.

For an air gap of width falling in between the given widths in the table, linear interpolation shall be used to obtain its thermal resistance. For an air gap of width greater than 100 mm, the value at 100 mm shall be used.

1.2.5. Thermal Conductivity (k) and Other Properties.

Thermal conductivity is a property of material. Thermal conductivity values of common materials used in building construction are given in Table 1.3. For a construction material different from those in Table 1.3, property values tested and certified by a recognized institute shall be used.

For most construction materials, thermal properties relevant to heat gain are thermal conductivity, k (W/(m.K)), specific density, ρ (kg/m^3) and specific heat, c_p (kJ/(kg.K)). The values of the latter two properties are also given in Table 1.3. These two properties are relevant in determination of the extent of heat absorption and the extent of delay of heat transmission across the opaque section of a wall. For a material used to cover an exterior wall surface that is exposed to solar radiation and to sky, solar absorptance and thermal emittance properties of such material are also relevant to heat gain and loss through the given wall.

Table 1.3 Thermal Conductivity (k), density and specific heat (c_p) of materials.

No.	Materials	Conductivity, k W/(m.K)	Density, ρ kg/m^3	Specific heat, c_p, kJ/(kg.K)
1	Asbestos cement sheet	0.398	1860	1.00
2	Asbestos insulation board	0.108	720	1.00
3	Asphalt, roofing	1.226	1100	1.51
4	Bitumen	1.298	1100	1.26
5	Brick			
	(a) dry and plastered or covered by cement mortar or tile	0.807	1760	0.837
	(b) wall (no plaster and exposed)	1.154	1600	0.79
6	Concrete	1.442	2400	0.92
7	Concrete, light weight of different density			
	density 620 kg/m^3	0.160	620	0.84
	density 960 kg/m^3	0.303	960	0.84
	density 1120 kg/m^3	0.346	1120	0.84
	density 1280 kg/m^3	0.476	1280	0.84
8	Concrete block	1.02	1370	0.92
9	Cork board	0.042	144	2.01
10	Fiber board	0.052	264	0.59
11	Fiber glass			
	(a) blanket	0.038	Actual value by manufacturer	0.96
	(b) rigid board	0.033	Actual value by manufacturer	0.96
	(c) rigid pipe sections	0.038	Actual value by manufacturer	0.96
12	Glass sheet	1.053	2512	0.88
13	Gypsum plaster board	0.191	880	1.09
14	Hard board			
	(a) standard	0.216	1024	1.34
	(b) medium	0.123	640	1.30
15	Metal			
	(a) aluminum alloy-typical	211	2672	0.896
	(b) copper, commercial	388	8784	0.390
	(c) steel	47.6	7840	0.500
16	Mineral fiber board	0.05	290	0.80
17	Plastering materials			
	(a) gypsum	0.235	720	1.09
	(b) perlite	0.115	616	1.34
	(c) sand/cement	0.553	1568	0.84
18	Polystyrene, expanded	0.035	16	1.21
19	Polyurethane foam	0.024	24	1.59
20	Polyethylene foam	0.029	45	1.21

21	PVC, flooring	0.713	1360	1.26
22	Stone			
	sand stone	1.298	2000	0.79
	granite	2.927	2640	0.79
	marble	1.298	2640	0.80
23	Roof tiles	0.836	1890	1.00
24	Timber			
	softwood	0.125	608	1.30
	hardwood	0.138	702	1.30
	plywood	0.138	528	1.21
25	Vermiculite, loose granules	0.065	Actual value by manufacturer	1.34
26	Chipboard plywood	0.144	800	1.30
27	Paper board	0.086	400	1.38

Note: The property values are based on data in 2001 ASHRAE Handbook of Fundamentals (SI).

1.3. Equivalent Temperature Difference (TD_{eq})

This is the equivalent temperature difference between the exterior and the interior surface of an opaque wall that accounts for absorbed solar radiation on the wall. Its value is dependent on the duration of absorption of solar radiation, the solar absorptance value of exterior surface, mass of wall, direction and inclination angle of a given wall.

1.3.1 Solar Absorptance

The value of solar absorptance of the exterior surface of an opaque wall is relevant to the extent of absorption of solar radiation on the wall and is to be used for determining the value of equivalent temperature difference of the wall. These values are given in Table 1.4.

Table 1.4 Values of solar absorptance of exterior surfaces of walls

Surface finish	Solar absorptance	Remark
Article II. Surfacing Material Reflective aluminum cladding White marble White washed gravel **Article III. Paint** White Silver Silver or bronze reflective	0.3	Reflective and white surface
Surfacing Material Cream or pale color marble Cream or pale color granite Cream or pale color gravel Light colored cladding **Paint**	0.5	Surface of pale color

Cream Pale blue Pale green Pale yellow Pale orange		
Surfacing Material Unpainted concrete Unpainted brick Unpainted fiber board Washed gray gravel Unpainted asbestos **Paint** Red Blue Green Orange Rustic	0.7	Surface of slightly dark color
Surfacing Material Red brick Asphalt-coating Dark gray and black concrete Dark green or dark red roofing **Paint** Dark blue or dark green Dark gray Dark brown Black	0.9	Surface of dark color

1.3.2 Density-Specific Heat Product

The capacity of an opaque wall to absorb heat, store and delay its transmission is related to the product of density and specific heat of the wall material.

For an opaque wall comprising a material of density ρ_i, specific heat c_{pi}, and thickness Δx_i, the density-specific heat value is calculated as

$$DSH_i = (\rho_i)(c_{pi})(\Delta x_i), \qquad \text{kJ/(m}^2\text{.K)} \tag{1.7}$$

For an opaque wall comprising n layers, the density-specific heat and material thickness of the multiple layered wall is to be calculated as

$$DSH = DSH_1 + DSH_2 + ... + DSH_n, \qquad \text{kJ/(m}^2\text{.K)} \tag{1.8}$$

where $DSH_i = (\rho_i)(c_{pi})(\Delta x_i)$ is the densit-specific heat and material thickness product, and

ρ_i = density of layer i, kg/m^3
c_{pi} = specific heat of layer i, kJ/(kg.K)
Δx_i = thickness of layer i, m.

If a wall contains an air gap, the air gap does not contribute any density-specific heat to the wall.

1.3.3 Equivalent Temperature Difference (TD_{eq}) of an Opaque Wall of Buildings

Table 1.5 gives a series of values of equivalent temperature difference for an opaque wall of an office or school building, tabulated with respect to value of solar absorptance of surface, density-specific heat product, direction the wall faces, and the inclination angle.

The inclination angle of a wall is the angle (in degrees) that the wall makes with earth. A vertical wall has an inclination angle of 90°, and a flat roof has an inclination angle of 0°.

Table 1.6 gives values of equivalent temperature difference for a department store or a hypermarket and Table 1.7 gives similar values for a hotel or a hospital building building.

When the material and thickness of each layer of a wall is given, values of density and specific heat in Table 1.3 is to be used to calculate its density-specific heat product using Equation (1.7) and (1.8). For a construction material different from those in Table 1.3, property values tested and verified by a recognized institute shall be used.

Table 1.5 Values of Equivalent temperature Difference (TD_{eq}) of an opaque wall of an office or school building.

Table 1.6 Values of Equivalent temperature Difference (TD_{eq}) of an opaque wall of a department store or hypermarket building.

Table 1.7 Values of Equivalent temperature Difference (TD_{eq}) of an opaque wall of a hotel or hospital building.

These three table are shortened for letter of invitation

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4. Thermal Transmittance of Glazing (U_f)

Thermal transmittance of glazed fenestration shall be calculated using the same method of calculation of thermal transmittance of wall. Equation (1.5) and Equation (1.6) shall be used depending the type of glazing. Manufacturers of glazing products also provide thermal transmittance values using certified testing or calculation procedure. In case such certified values are unavailable, the following methods shall be used.

1.4.1 Single Glazing

The thermal transmittance (U_f) of a single-pane glazed window system shall be calculated from

$$U_f = \frac{1}{R_f}, \quad \text{and} \tag{1.9a}$$

$$R_f = R_i + \frac{\Delta x}{k_g} + R_o, \tag{1.9b}$$

Where R_f is its thermal resistance

R_i and R_o are the thermal resistance of the interior and the exterior air film respectively, the value of each shall be obtained from Table 1.1.

Δx is the thickness of the pane

k_g is the conductivity of the glass material.

1.4.2 Laminated Glazing

The thermal transmittance of laminated glazing shall be calculated using Equation (1.5).

1.4.3 Window System Comprising Multiple Panes

In case a window system comprises multiple glass panes, equation (1.6) shall be used to calculate its thermal resistance. For such a window system, temperatures of the panes and of the air in the pane are high. Thermal resistance values for air gaps between glass panes/ transparent materials in Table 1.8 shall be used.

Table 1.8 Thermal resistance values for air gaps between glass panes.

Width of air gap	Thermal resistance value of air gap, $m^2.K/W$	
mm	High surface emittance	Low surface emittance
13	0.119	0.345
10	0.110	0.278
7	0.097	0.208
6	0.091	0.196
5	0.084	0.167

The value of surface emittance of a glazing is considered high, unless low emissivity coating is present.

If the width of an air gap falls in between the values in the table, interpolation shall be used to find appropriate value of its thermal resistance. For an air gap with width exceeding 13 mm, the value corresponding to that of 13 mm shall be used.

1.5. Exterior-Interior Temperature Difference

The exterior-interior temperature difference is the difference of exterior and interior air temperature of air-conditioned building. Its value is to be used in calculation of the term representing heat conduction across glazing in the OTTV formulation of Equation (1.1). The value of the exterior-interior temperature difference for each category of building appears in Table 1.9.

Table 1.9 Exterior-interior temperature difference

Category of Building	Office and school	Hospital and hotel	Department store and hypermart
Exterior-interior temperature difference, degree celcius	5	3	5

1.6.Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)

This coefficient represents a fraction of average incident solar radiation or solar heat gain on a glazed window that is transmitted and contributes to heat gain in the interior space. It comprises a term that represents direct transmission of solar radiation and a term that represents thermal transfer of an inward-flowing fraction of absorbed solar radiation on the glazing. Manufacturers of glazing products normally provide values of solar heat gain coefficients using certified testing or calculation procedures. In case such certified values are unavailable, appropriated values in Table 1.10 shall be used.

Table 1.10 Values of and solar heat gain coefficient and visible transmittance of glazing of window system

Glass thickness, mm	Glass type	Visible transmittance	SHGC
Uncoated single glazing			
6	Clear glass	0.88	0.73
6	Bronze glass	0.54	0.54
6	Green glass	0.76	0.54
6	Gray glass	0.46	0.52
6	Bluegreen glass	0.75	0.55
Reflective single glazing			
6	Stainless steel reflective coating 20% on clear glass	0.20	0.28
6	Titanium reflective coating 20% on clear glass	0.20	0.27
6	Titanium reflective coating 30% on clear glass	0.30	0.35
Uncoated double glazing			
6	Clear glass, clear glass	0.78	0.60
6	Bronze glass, clear glass	0.47	0.41
6	Green glass, clear glass	0.68	0.41

6	Gray glass, clear glass	0.41	0.39
6	Bluegreen glass, clear glass	0.67	0.43
6	High performance green tinted glass, clear glass	0.59	0.33
Reflective double glazing			
6	Titanium reflective coating 30% on clear glass, clear glass	0.27	0.25
Low-e double glazing, e = 0.2 on surface 2			
6	Low-emissivity coated glass, clear glass	0.73	0.53
Low-e double glazing, e = 0.1 on surface 2			
6	Low-emissivity coated glass, clear glass	0.72	0.44
6	High performance green tinted glass, low-emissivity coated glass	0.57	0.27

1.7.Shading Coefficient (SC)

The shading coefficient of an external shading device represents the effective fraction of average incident solar radiation that passes through the shading device on the glazed window. Its value shall be calculated by the following procedure.

1.7.1. Geometrical Position of the Sun

The geometrical position of the sun relative to a location is determined by a *solar altitude angle*, α_s, that is the angle measured between the line drawn towards the sun from a point on earth and the horizontal surface, and a *solar azimuth angle*, γ_s, that is the angle the projection of the line to the sun makes with the southern direction. Figure 1.3 illustrates the geometrical configuration. The reference coordinate is set in the cardinal directions, and its center is located at the point of observation on earth.

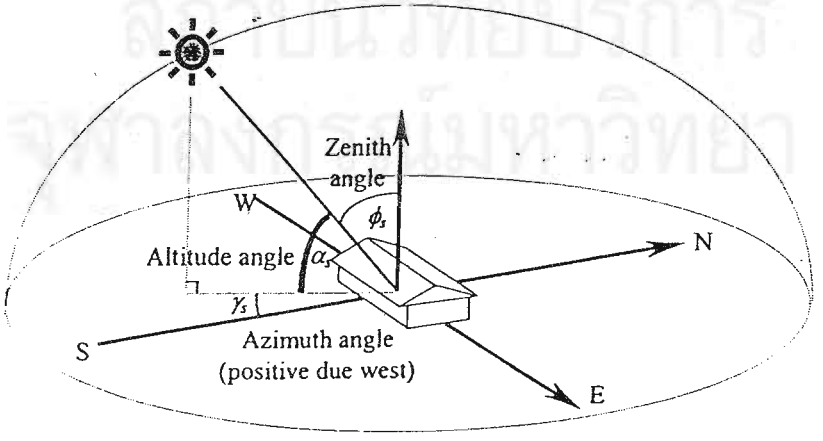


Figure 1.3 Geometrical position of the sun relative to a point on earth.

(a) Solar Time

This is the time based on the physical angular motion of the sun. Solar noon is the time when the altitude angle of the sun reaches its peak. Solar time can be calculated from

$$t_s = t_l - 4(L_{gs} - L_{gl}) + E_{qt} \quad (1.10)$$

where t_s = solar time,
t_l = local standard time,
L_{gs} = standard local longitude, L_{gs}, which is 105° E
L_{gl} = actual longitude, L_{gl}, which is 100.5° E and
E_{qt} = equation of time (min).

The last two terms in (1.10) are in minutes. The equation of time is computable from

$$E_{qt} = 9.87 \sin 2B - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B, \quad \text{minutes,} \quad (1.11a)$$
$$B = 360^{o} (j_d - 81) / 364, \; 1 \le j_d \le 365, \quad (1.11b)$$

where j_d is Julian date, which is the day number of the year.

(b) Mathematical Relationships of the Position of the Sun

The solar altitude angle and the solar azimuth angle shall be obtained from

$$\sin\alpha_s = \sin L_t . \sin\delta + \cos L_t . \cos\delta . \cos\omega \quad (1.12)$$
$$\sin\gamma_s = \cos\delta . \sin\omega / \cos\alpha_s \quad (1.13)$$

where L_t = the latitude of the location, which is 13.7° N),
δ = declination angle,
ω = solar hour angle, the physical angular position of the sun, and
= $\pi(t_s - 12)/12$, radian. (1.14)

The declination angle is the angle that the ray of the sun to the center of the earth makes with the plane of the equator. The declination angle for a given date j_d can be obtained from

$$\delta = 23.45 \sin [360(284 + j_d) / 365] \quad (1.15)$$

1.7.2 Calculation of Shading Coefficients of Shading Devices

Consider Figure 1.4 in the following.

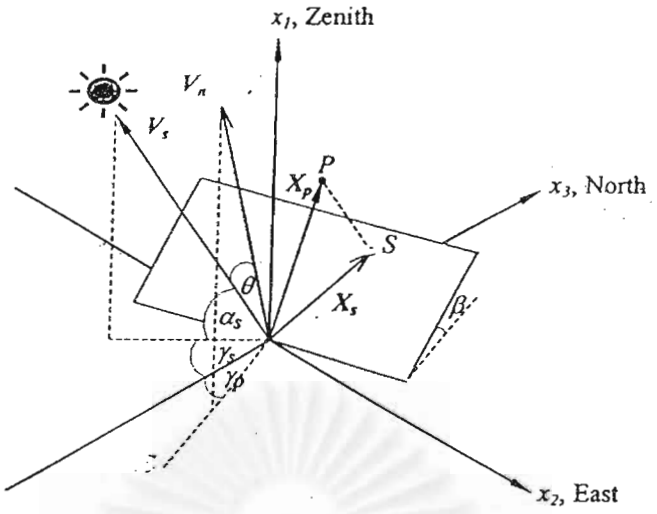


Figure 1.4 Geometry of a Plane and of a Point above the Plane Relative to the Sun.

A coordinate (x_1, x_2, x_3) is identified with the zenith, East and North direction. A unit vector representing the direction of the sun and a unit vector representing the normal to the inclined plane, based on the x-coordinate, are given as

$$V_s^x = \begin{bmatrix} \sin\alpha_s \\ -\cos\alpha_s.\sin\gamma_s \\ -\cos\alpha_s.\cos\gamma_s \end{bmatrix}, \text{ solar vector} \qquad (1.16)$$

$$V_n^x = \begin{bmatrix} \cos\beta \\ -\sin\beta.\sin\gamma_p \\ -\sin\beta.\cos\gamma_p \end{bmatrix}, \text{ plane normal} \qquad (1.17)$$

The angle between the solar vector and the plane normal, θ, can be obtained from the following relationships

$$\cos\theta = (V_s^x, V_n^x)$$
$$= \sin\alpha_s.\cos\beta + \cos\alpha_s.\sin\gamma_s.\sin\beta.\sin\gamma_p + \cos\alpha_s.\cos\gamma_s.\sin\beta.\cos\gamma_p. \qquad (1.18)$$

(a) Solar Radiation on Unshaded Plane

For an unshaded plane, the total solar radiation on the plane $E_{et\theta}$ is given as

$$E_{et\theta} = E_{eS}\cos\theta + E_{ed}\frac{(1+\cos\beta)}{2} \qquad (1.19)$$

where E_{eS} = the beam normal component of the solar radiation, in the direction of the sun, W/m^2
$cos\theta$ = cosine of angle between the plane normal and the solar vector,
E_{ed} = diffuse component of the solar radiation on a horizontal plane, W/m^2,

(b) Shading by a Point above the Inclined Plane

A shading device can be represented by its corner points. Shading calculation is simplified by considering the shading points.

Let X_p be the vector representing the coordinate of a point P above the inclined plane. Let the distance of point P from the inclined plane be h.

Let S be the shadow of the point P casted by the sun on the inclined plane. Vector X_s represents the coordinates of the point S. The vector X_s, X_p and V_s^x are related as

$$X_s = X_p - h\, V_s^x / \cos\theta \qquad (1.20)$$

There will be a shade casted if the shading point is above or is in front of the plane and the sun is up and facing the plane.

(c) Shading of a Window by a Shading Device

Consider a horizontal shading device in front of a window in Figure 1.5.

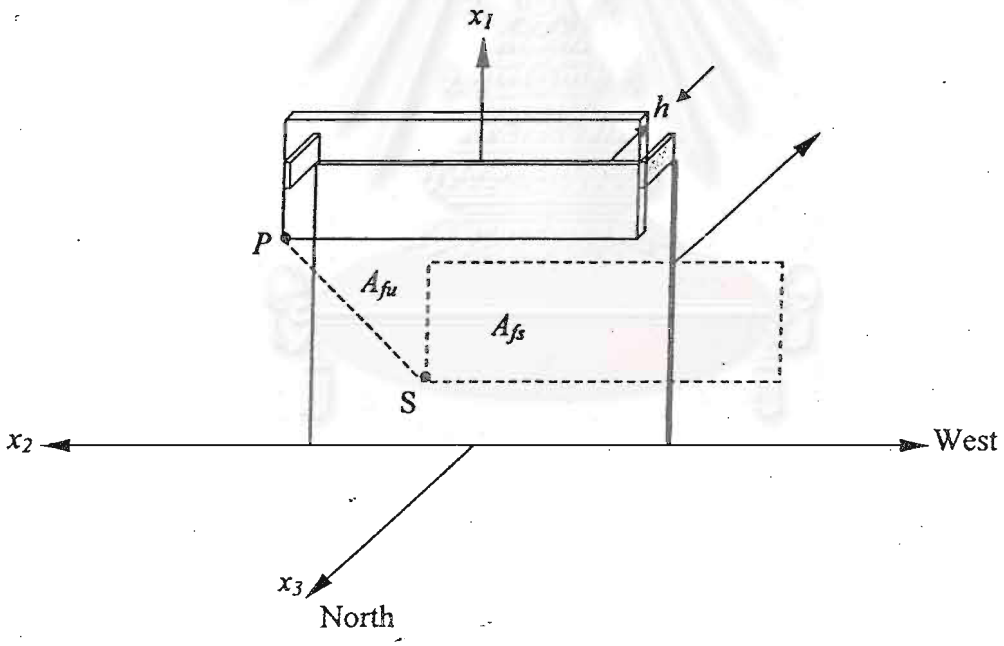


Figure 1.5 Sun shading by a horizontal shading device in front of a window.

The window faces north. A point P is identified at a corner point of the shading device. If the coordinate of point P is represented by X_p, the coordinate of point S, the shade point casted by P on to the plane of the window is represented by X_s. The vector X_s is calculated from Equation (1.20). In this case, h is the distance between the shading device and the window. The shade of the shading device is identified as the area formed by the shade points casted by the corner points of the shading device. The area A_{fs} is the area on the window that is under shade. The area A_{fu} is the unshaded area on the window. Both direct and diffuse solar radiation falls on unshaded area A_{fu}, while only diffuse radiation falls on the shaded area A_{fs}.

(d) Solar Radiation on a Window with Shading Device

If the unshaded area of a window is A_{fu}, and the total area of the window is A_f, effective solar radiation on the window (with inclination angle β) is given as

$$E_{ew} = A_{fu} E_{eS} \cos\theta + A_f E_{ed} \frac{(1+\cos\beta)}{2} \quad (1.21)$$

(e) Shading Coefficient (SC) of an Exterior Shading Device

Shading coefficient accounting the shading effect of an exterior shading device is to be calculated from the following procedure.

The instantaneous Shading Coefficient of a shading device is expressed as

$$SC = E_{ew} / E_{et\theta} \quad (1.22)$$

Where E_{ew} is the effective solar radiation reaching the window through the shading device and $E_{et\theta}$ is the total radiation on the unshaded window.

To calculate the annual value of the Shading Coefficient (SC) of a shading device, it suffices to treat it as the ratio of the cumulative net solar radiation reaching the window through the shading device, E_{ew}, over the working hours of four reference days to the cumulative solar radiation on the unshaded window, $E_{et\theta}$, over the same period. The four reference days are 21 st of March, 21 st of June, 21 st of September, and 21 st of December. The annual value shall be obtained from

$$(SC)_y = \frac{\left[\left(\sum_{h=i}^{n} E_{ew}\right)_{21March} + \left(\sum_{h=i}^{n} E_{ew}\right)_{22June} + \left(\sum_{h=i}^{n} E_{ew}\right)_{23September} + \left(\sum_{h=i}^{n} E_{ew}\right)_{22December}\right]}{\left[\left(\sum_{h=i}^{n} E_{et\theta}\right)_{21March} + \left(\sum_{h=i}^{n} E_{et\theta}\right)_{22June} + \left(\sum_{h=i}^{n} E_{et\theta}\right)_{23September} + \left(\sum_{h=i}^{n} E_{et\theta}\right)_{22December}\right]} \quad (1.23)$$

where $(SC)_y$ is annual shading coefficient of the shading device

h is hour number of solar radiation corresponding to each type of building.

For 1) Office and school h = 8, ... , 17

2) Hotel and hospital h = 1, ... , 24

3) Department store and superstore h = 10 , ... , 22

The beam normal component of the solar radiation in the direction of the sun, and diffuse component of the solar radiation on a horizontal plane of four reference days are given in Table 1.11.

Table 1.11. Beam and diffuse solar radiation of four reference days.

Time	Solar radiation (W/m2)							
	Mar-21		Jun-22		Sep-23		Dec-22	
(hour)	Beam	Diffuse	Beam	Diffuse	Beam	Diffuse	Beam	Diffuse
1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6.00	0.0	0.0	5.6	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0
7.00	68.5	44.9	77.8	105.0	94.4	77.1	64.4	19.9
8.00	185.7	121.6	145.4	196.2	202.3	165.1	270.0	83.5
9.00	290.1	190.0	204.3	275.6	296.2	241.8	454.4	140.5
10.00	374.8	245.4	250.9	338.6	369.9	302.0	603.3	186.5
11.00	433.8	284.1	282.6	381.2	418.3	341.4	704.9	217.9
12.00	463.2	303.4	297.3	401.1	437.9	357.5	751.3	232.2
13.00	461.0	301.9	294.2	397.0	427.6	349.0	738.9	228.4
14.00	427.3	279.8	273.6	369.1	388.0	316.7	668.7	206.7
15.00	364.5	238.7	236.5	319.1	321.7	262.6	546.1	168.8
16.00	276.7	181.2	185.3	250.0	233.5	190.6	380.8	117.7
17.00	170.0	111.3	123.0	165.9	129.2	105.5	185.6	57.4
18.00	51.7	33.9	53.3	72.0	16.1	13.1	0.0	0.0
19.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1.8.Effective Solar Radiation (ESR)

Table 1.12 gives a series of values of effective solar radiation tabulated with respect to value of the inclination angle of the wall. The inclination angle of a wall is the angle (in degrees) that the wall makes with earth. A vertical wall has an inclination angle of 90°, and a flat roof has an inclination angle of 0°.

Table 1.13 gives values of effective solar radiation for a hotel or hospital building and Table 1.14 gives similar values for a department store or hypermart building.

Table 1.12 Effective Solar Radiation (ESR) of an office or school building, (W/m^2).

Inclination angle, degree	Direction							
	North	North east	East	South east	South	South west	West	North west
0	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38
15	405.00	421.74	433.61	440.00	441.62	438.90	431.51	419.53
30	358.99	390.20	412.96	425.48	428.59	422.98	408.39	385.65
45	306.68	348.31	379.58	397.17	401.47	393.20	372.57	341.61
60	255.37	301.60	337.61	358.44	363.45	353.18	328.62	293.33
75	212.39	255.60	291.21	312.65	317.70	306.52	281.11	246.70
90	185.06	215.84	244.53	263.14	267.41	256.82	234.58	207.62

Table 1.13 Effective Solar Radiation (ESR) of a hotel or hospital building, (W/m^2).

Inclination angle, degree	Direction							
	North	North east	East	South east	South	South west	West	North west
0	191.44	191.44	191.44	191.44	191.44	191.44	191.44	191.44
15	177.49	185.24	190.45	193.01	193.33	191.76	188.38	183.39
30	157.51	171.84	181.79	186.87	187.63	184.64	178.12	168.59
45	134.67	153.68	167.29	174.48	175.71	171.59	162.54	149.52
60	112.13	133.17	148.76	157.33	158.93	154.12	143.54	128.65
75	93.08	112.74	128.05	136.87	138.66	133.74	123.01	108.45
90	80.68	94.81	106.98	114.57	116.26	111.96	102.86	91.40

Table 1.14 Effective Solar Radiation (ESR) of a department store or a hypermart building, (W/m^2).

Inclination angle, degree	Direction							
	North	North east	East	South east	South	South west	West	North west
0	326.55	326.55	326.55	326.55	326.55	326.55	326.55	326.55
15	303.15	307.90	315.66	323.63	330.14	333.80	331.91	321.31
30	268.08	278.60	293.82	308.44	319.42	324.35	319.10	299.32
45	227.46	243.07	264.27	283.71	297.18	301.59	292.50	266.04
60	187.41	205.70	230.29	252.20	266.21	268.90	256.53	226.97
75	154.06	170.92	195.12	216.63	229.31	229.66	215.55	187.56
90	133.52	143.11	162.04	179.75	189.27	187.26	173.98	153.31

2. Method and Data for Calculation of RTTV

2.1 RTTV of a Roof

The RTTV of each roof ($RTTV_{ni}$) shall be calculated from

$$RTTV_{ni} = (U_r)(1\text{-}SRR)(TD_{eq}) + (U_s)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (2.1)$$

$RTTV_{ni}$ is the RTTV of the roof under consideration in unit of W/m^2
U_r is a thermal transmittance of the roof in unit of $W/(m^2.K)$
SRR is the skylight to roof ratio, a ratio of area of transparent skylights and/or transparent roofs against the gross area of the roof under consideration
TD_{eq} is an equivalent indoor-outdoor temperature difference in unit of degree Celsius that accounts for absorption of solar radiation of the roof.
U_s is a total thermal transmittance of skylight or transparent roof in unit of $W/(m^2.K)$
ΔT is the exterior-interior temperature difference
$SHGC$ is the solar heat gain coefficient of skylight
SC is the shading coefficient of skylight
ESR is effective solar radiation on transparent skylights and/or roofs in unit of W/m^2

The Roof Thermal Transfer Value of gross roofs of a building (RTTV) is the weighted average value of RTTV of each roof ($RTTV_{ni}$), which shall be calculated from the following equation:

$$RTTV_n = \frac{(A_{w1})(RTTV_{n1}) + (A_{w2})(RTTV_{n2}) + \ldots + (A_{wi})(RTTV_{ni})}{A_{w1} + A_{w2} + \ldots + A_{wi}} \quad (2.2)$$

where A_{wi} is an area of the roof under consideration which includes areas of roof and skylights or transparent roof in unit of sq.m.
$RTTV_{ni}$ is the individual RTTV of each exterior wall, which can be calculated as in Equation (2.1).

2.2. Thermal Transmittance

The thermal transmittance (U) of a roof shall be calculated using the method in section 1.2. Thermal property of materials in Table 1.3 shall be used also in this case. However, thermal resistance of air film and of air gaps for the case of roof shall be taken from Table 2.1, Table 2.2, and Table 2.3.

Table 2.1 Thermal resistance values of air films on a roof.

	Interior surface of roof, (R_i) at different slope angles from horizontal surface			Exterior surface, (R_o) at any slope angle
	0	22.5	45	
Thermal Resistance, (m^2.K/W)	0.162	0.148	0.133	0.055

Thermal resistance of an air gap or air space within a roof section is highly dependent on thermal emittance of the surfaces facing each other across the air gap. Values of such thermal resistance are given in Table 2.2.

Table 2.2 Thermal resistance of air gap within a roof.

Type of roof surface		Thermal resistance value of air-gap of different width, (m^2.K/W)		
		5 mm	20 mm	100 mm
Surface with high emittance				
Slope angle form horizontal surface	0°	0.11	0.148	0.174
	22.5°	0.11	0.148	0.165
	45°	0.11	0.148	0.158
Surface with low emittance				
Slope angle form horizontal surface	0°	0.25	0.572	1.423
	22.5°	0.25	0.571	1.095
	45°	0.25	0.570	0.768

The values in the first line corresponding to those for surfaces with high thermal emittance shall be used in all common situations. The values in the second line corresponding to those for surfaces with low thermal emittance apply only to cases when highly reflective materials such as reflective foils are used.

For an air gap of width falling in between the given widths in the table, linear interpolation shall be used to obtain its thermal resistance. For an air gap of width greater than 100 mm, the value at 100 mm shall be used.

Values of thermal resistance of air film at the surface of ceiling under a roof are given in Table 2.3.

Table 2.3 Values of thermal resistance of air films at the surface of ceiling under a roof.

Type of surface of ceiling	Thermal resistance of air-film (m^2.K/W)
Surface with high emittance	0.458
Surface with low emittance	1.356

2.3. Equivalent Temperature Difference (TD_{eq})

This is an equivalent temperature difference between the exterior and the interior surface of a roof that accounts for absorbed solar radiation on the roof. Its value is dependent on the duration of absorption of solar radiation, the solar absorptance value of exterior surface, mass of roof, direction and inclination angle of a given roof.

2.3.1 Solar Absorptance of Roof Surface

The value of solar absoptance of the exterior surface of a roof is related to the extent of absorption of solar radiation on the roof and is to be used for determining the value of equivalent temperature difference of roof. These values are given in Table 1.4.

2.3.2 Density-Specific Heat Product

The capacity of a roof to absorb heat, store and delay its transmission is related to the product of density and specific heat of the roof material.

The density-specific heat product of a roof shall be calculated by the method in section 1.3.2

2.3.3 Equivalent Temperature Difference (TD_{eq}) of Roofs

Table 1.5 gives a series of values of equivalent temperature difference applicable to the roof of an office or school building.

Table 1.6 gives values of equivalent temperature difference applicable to a roof of department store or hypermarket building and Table 1.7 gives similar values for a a hotel or hospital building.

When the material and thickness of each layer of a roof is given, values of density and specific heat in Table 1.3 is to be used to calculate its density-specific heat product using Equation (1.7) and (1.8). For a construction material different from those in Table 1.3, property values tested and verified by a recognized institute are to be used.

2.4 Thermal Transmittance of Skylight (U_s)

Thermal transmittance of glazing of skylight shall be calculated using the same method of calculation of thermal transmittance of glazing. Equation (1.5) and Equation (1.6) shall be used depending the type of glazing. Manufacturers of skylight products also provide thermal transmittance values using certified testing or calculation procedure. In case such certified values are unavailable, the methods of calculation of thermal transmittance (U_f) of glazed window shall be used. Furthermore, values of resistance of internal air film of Table 2.3 shall be used.

2.5 Exterior-Interior Temperature Difference (ΔT)

The exterior-interior temperature difference is the difference of exterior and interior air temperature of air-conditioned building. Its value is to be used in calculation of the term representing heat conduction across skylight in the RTTV formulation of Equation (2.1). The value of the exterior-interior temperature difference for each category of building appears in Table 2.4.

Table 2.4 Exterior-interior temperature difference

Category of Building	Office and school	Hospital and hotel	Department store and hypermart
Exterior-interior temperature difference, degree celcius	5	3	5

2.6 Solar Heat Gain Coefficient (*SHGC*)

This coefficient represents a fraction of average incident solar radiation or solar heat gain on a skylight that is transmitted and contributes to heat gain in the interior space. Manufacturers of skylight products normally provide values of solar heat gain coefficients using certified testing or calculation procedures. In case such certified values are unavailable, appropriated values in Table 1.10 shall be used.

2.7 Shading Coefficient (*SC*)

The shading coefficient of an external shading device for roof skylight shall be calculated by the same procedure as that in section 1.7

2.8 Effective Solar Radiation (*ESR*)

The values of effective solar radiation for skylight for an office or school building, a department store or hypermarket building, and a hotel or hospital building are given in Table 1.12, Table 1.13, and Table 1.14 respectively.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Section 2

Evaluation of System Performance Compliance and Whole Building Energy Compliance of the Design of a Proposed Building

For a building or a floor of a building comprising different air-conditioned zones and unconditioned spaces illustrated in Figure 2.1, performance of its lighting system, air-conditioning system and building envelope system shall be evaluated under the procedure described in Subsection 2.1.

Whole building energy compliance of such building shall be evaluated under the procedure described in Subsection 2.2.

Figure 2.1 illustrates the configuration of a building or a floor of a building.

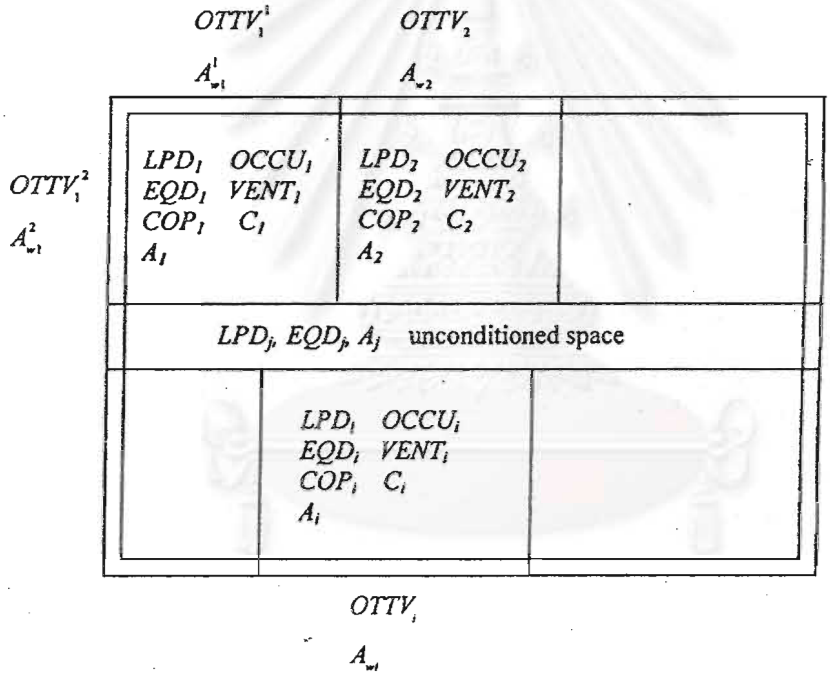


Figure 2.1 Configuration of a building or a floor of a building.

In each air-conditioned space *i*,

LPD_i is the lighting power density, inclusive of the power of ballasts (Wm^{-2}),
EQD_i is the equipment power density (Wm^{-2})
$OCCU_i$ is the density of occupancy (person m^{-2}),
$VENT_i$ is the ventilation rate per area ($l/s.m^2$),
COP_i is the coefficient of performance of the air-conditioning system serving the space, and
C_i is the capacity of the unitary air-conditioner serving the space or the capacity of the air-handling system,
A_i is the floor area of the space.

If there is an external wall enclosing the space,

$OTTV_i$ is the overall thermal transfer value of the external wall, and
A_{wi} is the corresponding area of the external wall.

For an unconditioned space j, LPD_j, EQD_j, and A_j are the corresponding lighting power density, equipment power density, and area of the space respectively.

2.1 System Performance Compliance

The performances of building envelope system, lighting system, and air-conditioning system of a proposed building design and the compliance with the energy efficiency requirement are to be evaluated as in the followings.

2.1.1 Building Envelope System

The building envelope system of a proposed building design shall comply with the requirements in Section 1 of Part I.

2.1.2 Lighting System

The average rated lighting power density of a building shall be calculated from

$$LPD_a = \frac{\sum_{i=1}^{n}(A_i)(LPD_i)}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \qquad (2.1.1)$$

The value of LPD_a shall comply with the minimum performance requirements in Section 2 of Part I.

2.1.3 Air-conditioning System

(a) Perfomance compliance of a large air-conditioning system

A large air-conditioning system comprising water chillers shall be considered to comply with the minimum performance requirement when each water chiller complies with the requirements in Table 3.2 of Section 3.2 of Part I and other parts of the air-conditioning system complies with the requirements of Subsection b) of Section 3.2 of Part I.

The combined coefficient of perfomance of the air-handling system, condenser water cooling system, and chilled water transport system is taken as the ratio of the design water-side cooling capacity of the system to the combined rated electric power of air-handling system, condenser water cooling system, and chilled water transport system, excluding rated electric power of spare or standby units.

The design water-side cooling capacity of an air-conditioning system is taken as the combined rated cooling capacity of water chillers, excluding spare or standby unit(s).

In case the combined rated cooling capacity of air-handling systems is larger than the design water-side system cooling capacity, electric power of the air-handling systems to be used in the system performance calculation shall be taken proportionately to the ratio of the design water-side cooling capacity and the combined rated cooling capacity of the air-handling systems.

(b) System compliance of air-conditioning systems of a building

The air-conditioning system(s) of a building shall be considered to comply with the minimum system performance requirement if each unitary air-conditioner complies with the requirements in Table 3.1 of Section 3 of Part I and each large air-conditioning system complies with the requirements in Subsection a) in the immediate foregoing.

(c) Performance of a large air-conditioning system

For a large air-conditioning system using water chiller(s), the coefficient of performance of the whole system, COP_s is obtained as the ratio of the design water-side system cooling capacity to the combined rated electric power of all equipment, excluding that of spare or standby unit(s), of the system.

2.2 Whole Building Energy Compliance

In case one or more systems of a proposed building design do(es) not comply with the requirements under the procedure in Section 2.1 of this part, the proposed building design is still eligible to be evaluated under the path of whole building energy compliance.

2.2.1 Rated Power Requirement of a Proposed Building Design

The rated power requirement of a proposed building design shall be calculated as follows

$$E_{pa} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{n} \left[\frac{A_{wi}(OTTV_{wi})}{COP_i} + A_i \left\{ \frac{C_l(LPD_i) + C_e(EQD_i) + 130C_o(OCCU_i) + 24C_v(VENT_i)}{COP_i} \right\} \right] + \sum_{i=1}^{n} A_i(LPD_i + EQD_i) \qquad (2.2.1)$$

where C_l, C_e, C_o, and C_v represents the fraction of thermal power contributed to the load of the air-conditioning systems by lighting, equipment, occupants and ventilation respectively. The values for these coefficients are given in Table 2.2.1. In unconditioned space j, there is no air-conditioning power and the first summation in (2.1.1) excludes air-conditioning terms corresponding to this space.

Table 2.2.1 Values of coefficients of thermal power contribution

Building Category	C_l	C_e	C_o	C_v
Office, School and Department store or hypermarket	0.84	0.85	0.90	0.90
Hotel and hospital	1.0	1.0	1.0	1.0

2.2.2 Rated Power Requirement of Reference Building

A reference building model is used as part of the whole building energy compliance procedure. The shape and layout of the model is identical to that of the proposed building design. The model possesses air-conditioned zones and unconditioned spaces identical to those of the proposed building design. Each zone and each space comprises equipment power density (EQD), density of occupancy (OCCU), and ventilation rate (VENT) identical to those in the zones and spaces of the proposed building design.

However, the OTTVs of the walls and RTTVs of the roofs in all facades of the reference building comply with required values of OTTV and required values of RTTV of building of that category in Section 1 of Part I. Lighting power density in each zone and space takes on a common value LPD_c that complies with the relevant minimum performance requirements of the relevant category of building in Section 2 of Part I.

The coefficient of performance of each standards complying air-conditioning system serving a space *i*, COP_{ci}, complies with the required performance of Section 3 of Part I and of Section 2.1 of this part. For a large air-conditioning system using water chiller(s), its coefficient of performance is calculated as in Subsection (c) of Section 2.1.3 under system performance compliance.

The configuration of the reference building or of a floor of the reference building is shown in Figure 2.2.1.

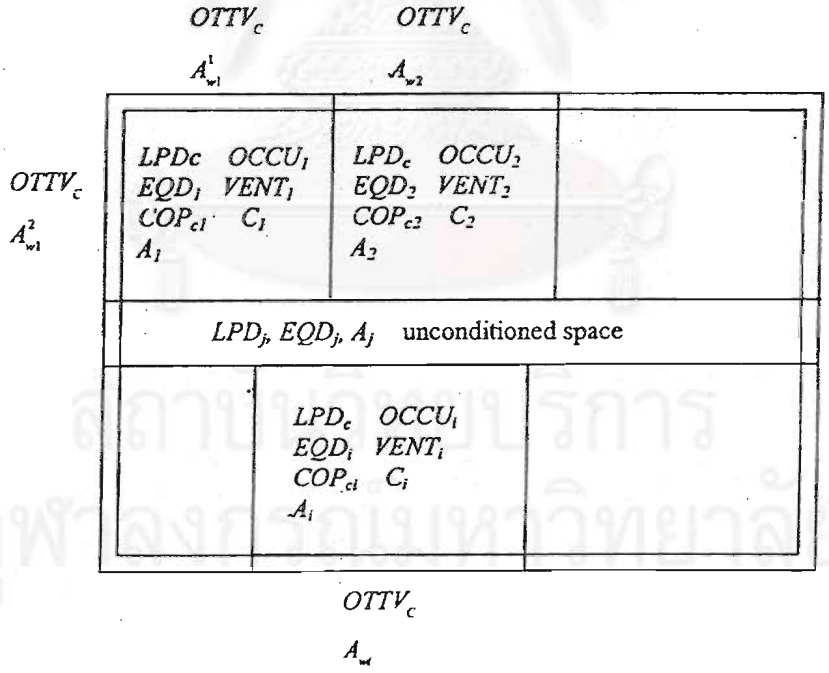


Figure 2.2.1 Configuration of the reference building used for evaluating whole building energy performance requirement.

In the figure, all wall OTTVs are identical and equal to $OTTV_c$. Also, lighting power density in each zone and space is identical and equal to LPD_c.

The related power requirement of the reference building shall be calculated follows

$$E_{pc} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{n} \left[\frac{A_{wi}(OTTV_c) + A_i(LPD_c)}{COP_{ci}} + A_i \left\{ \frac{C_e(EQD_i) + 130C_o(OCCU_i) + \quad 24C_v(VENT_i)}{COP_{ci}} \right\} \right] + \sum_{i=1}^{n} A_i(LPD_c + EQD_i) \qquad (2.2.2)$$

The proposed building design is considered to comply with whole building energy requirement when E_{pa} is less than or equal to E_{pc}

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ / นามสกุล นายวีรศักดิ์ เชี่ยวเชิงชล **ชื่อเล่น** เบลล์

วันเกิด 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2520

สัญชาติ ไทย **ศาสนา** พุทธ **สถานภาพ** โสด

Website www.bboybell.com/bellsoft **E-Mail** bell@bboybell.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2535 : จบการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ณ. โรงเรียนเซนต์คาเบรียล

พ.ศ. 2537 : ได้สำเร็จการฝึกวิชาทหารชั้นปีที่ 3 จากกรมการรักษาดินแดน

พ.ศ. 2538 : จบการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ณ. โรงเรียนหอวัง

พ.ศ. 2542 : จบการศึกษาในระดับอุดมศึกษา ณ.คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต สาขาสถาปัตยกรรมหลัก

พ.ศ. 2545 : เข้าสอบและได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุม ระดับภาคีสถาปนิก สาขาสถาปัตยกรรมหลัก

ประวัติการทำงาน

ปี พ.ศ. 2542 – 2545

บริษัท บี.บอย.เบลล์. คอนสตรัคชั่น จำกัด ตำแหน่ง : Architect, Cost Estimator

หน้าที่ : ดูแลงานด้านการประมาณราคาค่าก่อสร้าง และการออกแบบอาคาร

ปี พ.ศ. 2543 – 2545

บริษัทในเครือ B.Boy.Bell Group ตำแหน่ง : Graphic Designer, Web Designer

หน้าที่ : ดูแลงานด้านการออกแบบสิ่งพิมพ์ต่างๆ ของบริษัทฯ ทั้ง Websites และสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ ของบริษัทในเครือ

ปี พ.ศ. 2546 – ปัจจุบัน

Interior Architects 49 Limited (IA49) ตำแหน่ง : Computer Admin& Graphic Designer

หน้าที่ : ดูแลระบบ LAN Network (Linux Server) และ เครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งหมด รวมทั้งดูแลงานด้าน Graphic ทั้ง Brochure และ Web Site ให้กับทางบริษัทฯ

ปี พ.ศ. 2547 – ปัจจุบัน

Landscape Architects 49 Limited (L49)

ตำแหน่ง : Computer Admin & Graphic Designer

หน้าที่ : ดูแลระบบ LAN Network (Linux Server) และ เครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งหมด รวมทั้งดูแลงานด้าน Graphic ทั้ง Brochure และ Web Site ให้กับทางบริษัทฯ