บทที่ 2
ทฤษฎี และ แนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

แสงเป็นสิ่งที่จำเป็นในชีวิตมนุษย์ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ทำให้มนุษย์สามารถมองเห็นได้ มีผลไปถึงความสามารถในการประกอบกิจกรรมต่างๆ และ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องความรู้เกี่ยวกับแสง และ วิธีการในการนำแสงมาใช้ เพื่อสามารถนำไปใช้ในการศึกษารูปแบบการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้าง ต่อไป

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการให้แสงสว่าง

การใช้แสงให้มีประสิทธิภาพ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเรียนรู้พื้นฐานด้านแสงสว่าง ก่อนที่จะมีการพิจารณาใช้แสงสว่างภายในอาคารให้เกิดความสบายตา ก่อให้เกิดความสุขในการใช้อาคาร ควบคู่ไปกับความสวยงาม (ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540 : 1-1)

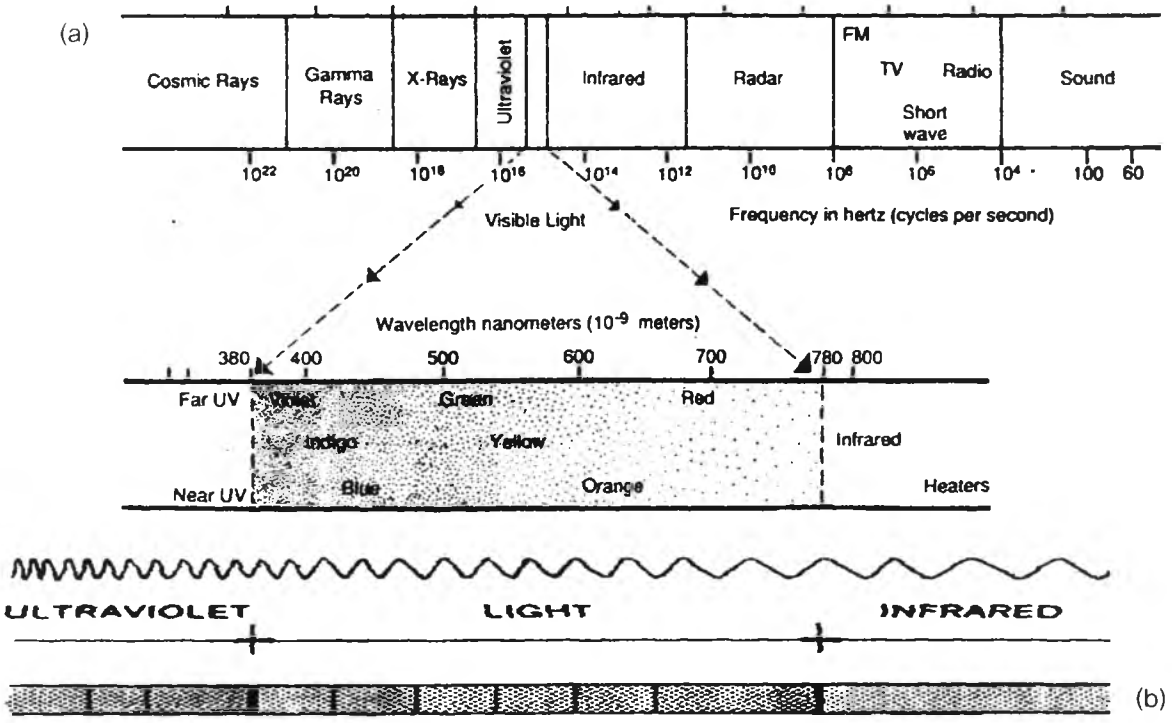
2.1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

แสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง เช่นเดียวกันกับพลังงานรูปแบบอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า พลังงานกล เป็นต้น มีคุณสมบัติพฤติกรรม และที่มาดังจะกล่าวต่อไป

1) คุณสมบัติของแสง

แสงเป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถเคลื่อนที่ได้โดยสามารถเคลื่อนที่ผ่านวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งได้โดยไม่ต้องอาศัยตัวนำใดๆ แสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วสูงถึง 299,820 กิโลเมตรต่อวินาที (John, Lewis, and Theo, 1992 : pp102) การเคลื่อนที่ของแสง จะอยู่ในรูปของคลื่นที่จะมีความถี่และความยาวคลื่นเฉพาะตัวต่างๆ กันออกไป เมื่อพิจารณาตั้งแต่ความยาวคลื่นต่ำสุดจนถึงความยาวคลื่นยาวที่สุด จะมีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.38 ถึง 0.78 ไมครอน (micron) หรือ 380 ถึง 780 นาโนเมตร (nanometers) (Stein and John, 1992 : pp912) และ ประกอบไปด้วย spectrum ของสีหลายสีอันเกิดจากการแผ่รังสีที่มีความถี่ และความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน ความยาวคลื่นสั้นที่ตกลงมาสู่พื้นโลก ได้แก่ อุลตราไวโอเลต และความยาวคลื่นยาว ได้แก่ อินฟราเรด แสงที่สามารถมองเห็นได้ (visible light) ตกอยู่ในช่วงกลางของ spectrum รวมทั้งหมดของการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบไปด้วย สีของคลื่นที่ความยาวคลื่นต่างๆ กัน ได้แก่ สีม่วง สี

คราม สีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง สีส้ม และสีแดง ตามลำดับจากความยาวคลื่นสั้นที่สุดไปความยาวคลื่นยาวที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 *(a) และ (b) แสดงความถี่และความยาวคลื่นของพลังงานต่างๆ* *

ที่มา : (a) Stein and John,1992 : pp912

(b) Lechner, 1991 :pp252

เนื่องจากแสงสามารถเคลื่อนที่ได้ สามารถเคลื่อนผ่านวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งได้โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง และเป็นสิ่งที่ทำให้มองเห็นรูปร่างลักษณะและสีของวัตถุ ดังนั้นการที่แสงตกกระทบวัตถุต่างๆ จึงทำให้เกิดพฤติกรรมในรูปแบบที่ต่างออกไป

2) พฤติกรรมของแสง

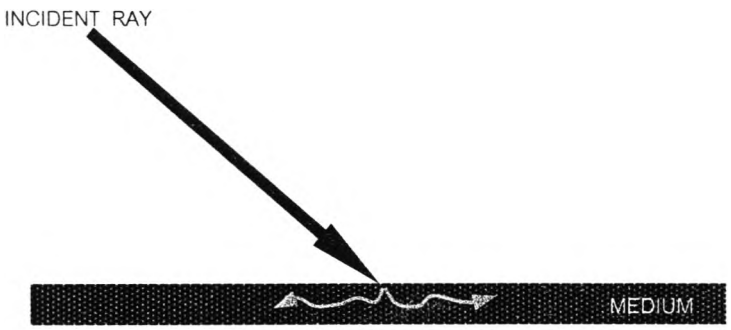
เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสง เดินทางไปตกกระทบวัตถุชนิดต่างๆ ยกตัวอย่าง เช่น อากาศ ของเหลว วัตถุโปร่งแสง วัตถุโปร่งใส วัตถุทึบแสง วัตถุที่มีผิวเรียบมัน วัตถุที่มีผิวด้าน

* จากรูป มีการขยายช่วงของส่วนที่มองเห็นด้วยตาเปล่าออกมา ตามลูกศรมาเป็นส่วนที่แรเงาด้านล่าง

เป็นต้น พฤติกรรมของแสงจะแตกต่างกันตามคุณสมบัติของวัตถุนั้นๆ ซึ่งแสงจะมีพฤติกรรมในการเดินทางของแสงตามลักษณะดังนี้

การดูดกลืน (Absorption, α)

คือพฤติกรรมที่แสงตกกระทบวัตถุแล้วถูกวัตถุดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลาง (medium) เช่น การฉายแสงลงบนผนังสีแดง แสงสีอื่นๆ จะถูกดูดกลืน ยกเว้นสีแดงที่จะสะท้อนออกมาสู่ดวงตา ทำให้เห็นผนังเป็นสีแดง พลังงานที่ถูกดูดกลืน จะเกิดการเปลี่ยนรูป ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อน (heat)



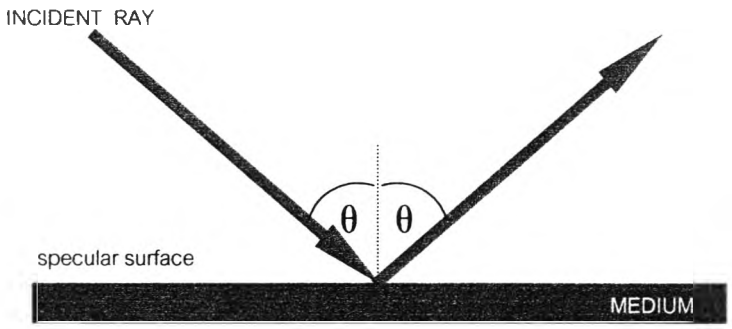
ภาพที่ 2.2 แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง

การสะท้อน (Reflection, ρ)

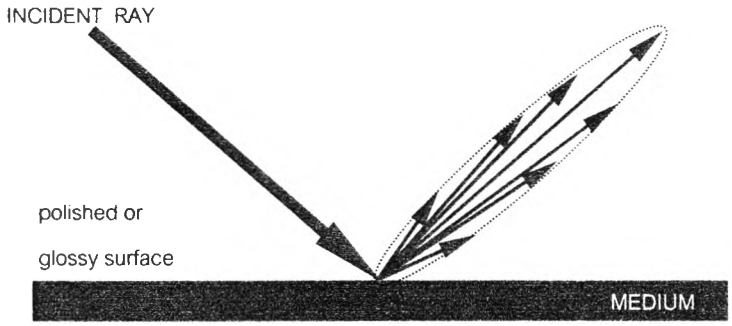
คือพฤติกรรมที่แสงตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนออก โดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่เปลี่ยนแปลงไป ลักษณะของการสะท้อนแบ่งออกเป็น

- **การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา** (Specular Reflection)

เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัสดุทึบแสง (opaque material) ที่มีลักษณะพื้นผิวเป็นผิวเรียบขัดมัน (polish or glossy surface) มุมที่แสงตกกระทบวัตถุ (angle of incident) จะเท่ากับมุมสะท้อน (angle of reflection) เมื่อตัวกลางมีพื้นผิวลักษณะเดียวกับกระจกเงาจะมีแสงสะท้อนในลักษณะเป็นลำแสง ในลักษณะเดียวกับรูปแบบที่ตกกระทบ (ดังแสดงภาพที่ 2.3) และเมื่อตัวกลางเป็นวัสดุที่มีพื้นผิวเรียบขัดมันในลักษณะอื่นๆ แสงสะท้อนจะมีลักษณะกระจายไปในทิศทางเดียวกัน (partially specular or directional reflection) เป็นแสงสะท้อนที่กระจายกว้างออกเล็กน้อยในทิศทางเฉลี่ย ทำมุมเท่ากับมุมตกกระทบ (ดังภาพที่ 2.4)



ภาพที่ *2.3 แสดงการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (specular reflection)*

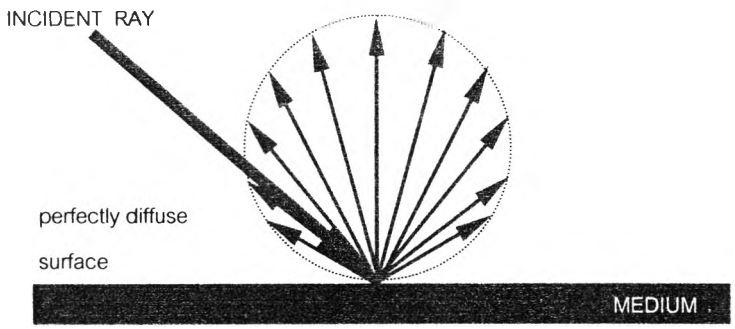


ภาพที่ *2.4 แสดงการสะท้อนแบบกระจายไปในทิศทางเดียวกัน (partially specular or directional reflection)*

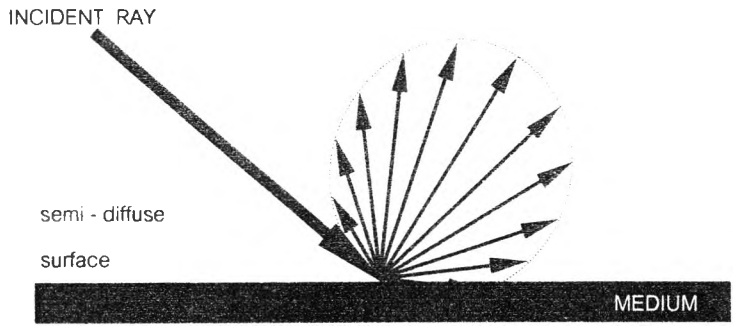
- **การสะท้อนแบบกระจาย** (Diffuse Reflection)

เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบวัตถุทึบแสงที่มีผิวไม่เรียบ ในลักษณะผิวด้านหรือขรุขระไม่สม่ำเสมอ (matt surface) แสงสะท้อนจะมีทิศทางหลายทิศทางซึ่งไม่มีทิศทางที่แน่นอน ถ้าวัตถุมีผิวไม่เรียบอย่างสม่ำเสมอหรือผิวด้าน (perfectly diffusing surface) เมื่อแสงตกกระทบจะสะท้อนแบบกระจายอย่างสมบูรณ์ (perfect diffuse reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่าๆ กัน ในทุกมุมสะท้อนในทุกๆ ทิศทางเหนือพื้นผิว (ดังภาพที่ 2.5) แต่หากวัตถุมีผิวขรุขระหรือไม่เรียบอย่างไม่สม่ำเสมอ (semi-diffuse surface) แสงจะสะท้อนแบบกระจายอย่างกระจัดกระจาย (semi-diffuse reflection) ดังภาพที่ 2.6

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

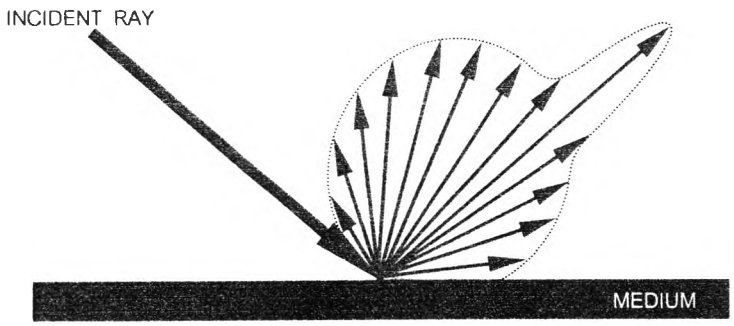


ภาพที่ *2.5 แสดงการสะท้อนแบบกระจายอย่างสมบูรณ์ (perfect diffuse reflection)*



ภาพที่ *2.6 แสดงการสะท้อนแบบกระจายอย่างกระจัดกระจาย (semi-diffuse reflection)*

โดยทั่วไปแล้ววัสดุส่วนใหญ่ มักจะมีลักษณะการสะท้อนที่ผสมผสานกันระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (specular reflection) กับการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (diffuse reflection) ดังภาพที่ 2.7



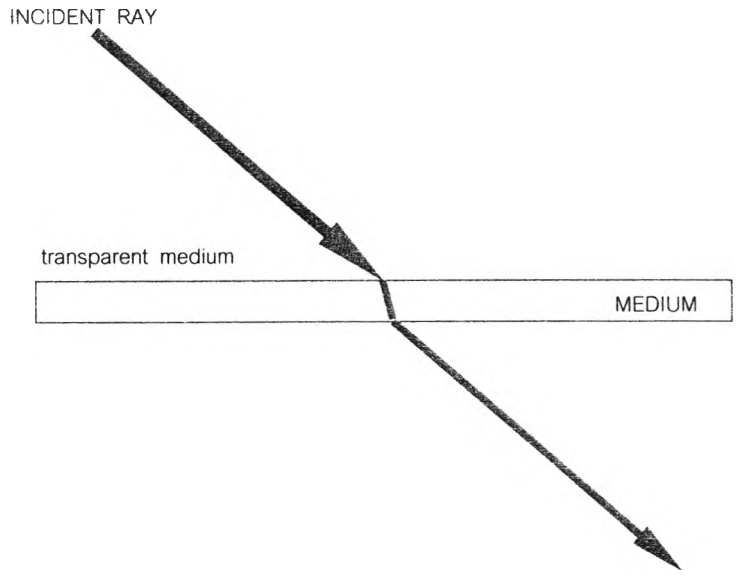
ภาพที่ *2.7 แสดงการสะท้อนแบบผสมผสานกันระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา(specular reflection) และการสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection)*

การส่องผ่าน (Transmission. τ)

คือพฤติกรรมที่แสงตกกระทบด้านหนึ่งของวัตถุแล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง จะเกิดขึ้นเฉพาะกับตัวกลางที่ยอมให้แสงผ่านได้ เมื่อแสงตกกระทบวัตถุ ซึ่งลักษณะและคุณสมบัติของตัวกลางจะทำให้แสงส่องผ่านไปสู่อีกด้านของวัตถุในลักษณะที่แตกต่างกัน

- **การส่องผ่านตัวกลางโปร่งแสง** (Transparent Medium)

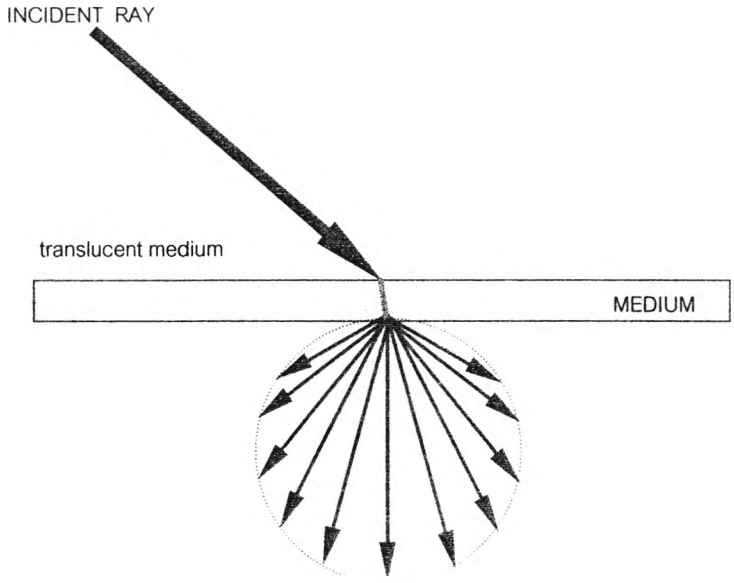
แสงจะเกิดการหักเห (refracted) หรือเปลี่ยนทิศทาง (bent) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ เช่น ลักษณะพื้นผิว ความหนา รูปทรง คุณลักษณะเฉพาะของวัสดุ ฯลฯ แสงที่ผ่านตัวกลางชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นลำแสงเช่นเดิม (ภาพที่ 2.8) ตัวกลางชนิดนี้จะมีความใสสามารถมองผ่านไปยังอีกด้านแล้วเห็นภาพได้ชัดเจน วัสดุที่เป็นตัวกลางโปร่งใส ยกตัวอย่างเช่น กระจกใส เป็นต้น



***ภาพที่** 2.8 แสดงการส่องผ่านของแสง เมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใส*

- **การส่องผ่านตัวกลางโปร่งแสง** (Translucent Medium)

แสงจะเกิดการกระจายตัวออกเมื่อแสงผ่านวัตถุโปร่งแสง เป็นการส่องผ่านแบบกระจาย (diffuse transmission) ดังภาพที่ 2.9 ตัวกลางจะมีลักษณะที่ยอมให้แสงผ่าน แต่จะไม่สามารถมองผ่านไปยังอีกด้าน หรือทำให้ไม่สามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจน วัสดุดังกล่าว เช่น กระจกฝ้า เป็นต้น



***ภาพที่** 2.9 แสดงการส่องผ่านตัวกลางโปร่งแสง*

เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่ยอมให้แสงผ่าน แสงจะถูกดูดกลืนไปในวัตถุส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับและส่วนที่เหลือจะถูกดูดกลืน หมายถึงปริมาณแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืน ปริมาณแสงที่สะท้อน และปริมาณแสงที่ส่องผ่านรวมกัน ดังสมการต่อไปนี้

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ α คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง

ρ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

τ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสง

แต่เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางทึบแสง แสงจะถูกดูดกลืนและสะท้อนเท่านั้น จะไม่เกิดการส่องผ่าน ปริมาณแสงที่ตกกระทบจึงเท่ากับปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนรวมกับปริมาณแสงที่สะท้อน

จากที่กล่าวข้างต้น คุณสมบัติและพฤติกรรมของแสง จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เลย หากปราศจากแหล่งกำเนิดแสง อันเป็นที่มาที่แท้จริงของแสง

3) แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสง มีความสำคัญในการศึกษาเรื่องแสงเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการให้แสง รูปแบบและคุณสมบัติของแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิด ทิศทางของแหล่งกำเนิด ปริมาณและความเข้มของแสง มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของแสงที่จะนำมาใช้งาน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของแสง

จากคุณสมบัติของแสงดังที่กล่าวมาข้างต้น ปริมาณและคุณภาพแสงจะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดแสงเป็นหลัก แต่ขณะเดียวกัน แสงก็สามารถก่อให้เกิดแหล่งกำเนิดแสงได้ด้วย จึงทำให้สามารถจำแนกแหล่งกำเนิดของแสงใน 2 กรณี (คมกฤช, 2540 : 14; Mazria,1979 : pp8-10)

แหล่งกำเนิดแสงทางตรง คือ แหล่งกำเนิดแสงที่มีพลังงานสูงจนสามารถเปล่งแสงออกมาจากตัวของมันเองได้โดยตรง

แหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม ได้แก่ แสงที่เกิดจากการสะท้อน หรือส่องผ่านวัตถุ ทำให้วัตถุนั้นมีคุณสมบัติเสมือนแหล่งกำเนิดแสง (secondary source) ซึ่งแสงจะมีลักษณะแตกต่างกันตามคุณสมบัติในการสะท้อนแสง และการยอมให้แสงส่องผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุด้วย

แหล่งกำเนิดแสง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ

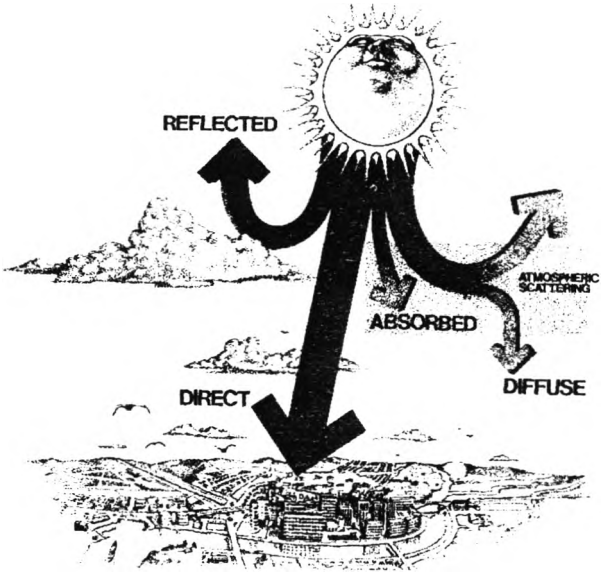
<u>แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ</u>

- **ดวงอาทิตย์** (The Sun)

ดวงอาทิตย์ เป็นแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติที่สำคัญที่สุด มีการแผ่รังสีออกมาในรูปของรังสีคลื่นสั้น (short wave radiation) ประกอบด้วยคลื่นรังสีอุลตราไวโอเลต (ultraviolet) คลื่นรังสีที่ตามองเห็น (visible light) และ คลื่นรังสีใกล้อินฟราเรด (near infrared) ซึ่งเมื่อแสงส่องผ่านอนุภาคของชั้นบรรยากาศของโลกจะสะท้อนและกระจายผ่านชั้นเมฆ ส่องลงมายังผิวโลก (Mazria, 1979 : pp8-10) สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท มีรูปแบบดังภาพที่ 2.10 และมีความสัมพันธ์กันตามสมการดังนี้

$$IT = ID + Id + Ir \qquad \text{.....(2)}$$

เมื่อ ID คือ รังสีตรงของดวงอาทิตย์ (Direct Solar Radiation)
Id คือ รังสีกระจายของดวงอาทิตย์ (Diffuse Solar Radiation)
Ir คือ รังสีสะท้อนของดวงอาทิตย์ (Reflected Solar Radiation)
IT คือ รังสีรวมของดวงอาทิตย์ (Total or Global Solar Radiation)



ภาพที่ 2.10 *ภาพแสดงการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เหนือพื้นโลก*

ที่มา *: Mazria, 1979 : pp9*

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดที่สามารถเคลื่อนที่ได้มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์ ทำให้ไม่เกิดความน่าเบื่อ นอกจากนี้เป็นพลังงานที่ได้จากธรรมชาติอย่างไม่มีวันหมดสิ้น จึงไม่จำเป็นต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายใดๆ สำหรับการใช้แสงจากดวงอาทิตย์ในรูปแบบรังสีสะท้อน และ รังสีกระจาย แต่แสงจากดวงอาทิตย์มีความแปรปรวนสูง ปริมาณแสงและปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์มากเกินความจำเป็น จึงต้องมีการควบคุมและทอนลงให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม (Lechner, 1991 : pp313-314)

- **ท้องฟ้า** (Sky)

เมื่อแสงสะท้อนและกระจายในอนุภาคของอากาศ และก้อนเมฆบนท้องฟ้า ทำให้ท้องฟ้ามีลักษณะเป็นแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติทางอ้อม ที่รับแสงจากดวงอาทิตย์ กระจายสู่พื้นโลก แสงสะท้อนจากท้องฟ้าจะเป็นรูปแบบของแสงที่ถูกลดทอนความสว่างและความร้อนลง จึงเป็นแสงที่เหมาะสมต่อการใช้งานภายในอาคาร (Lechner, 1991 : pp313-314)

<u>แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์</u>

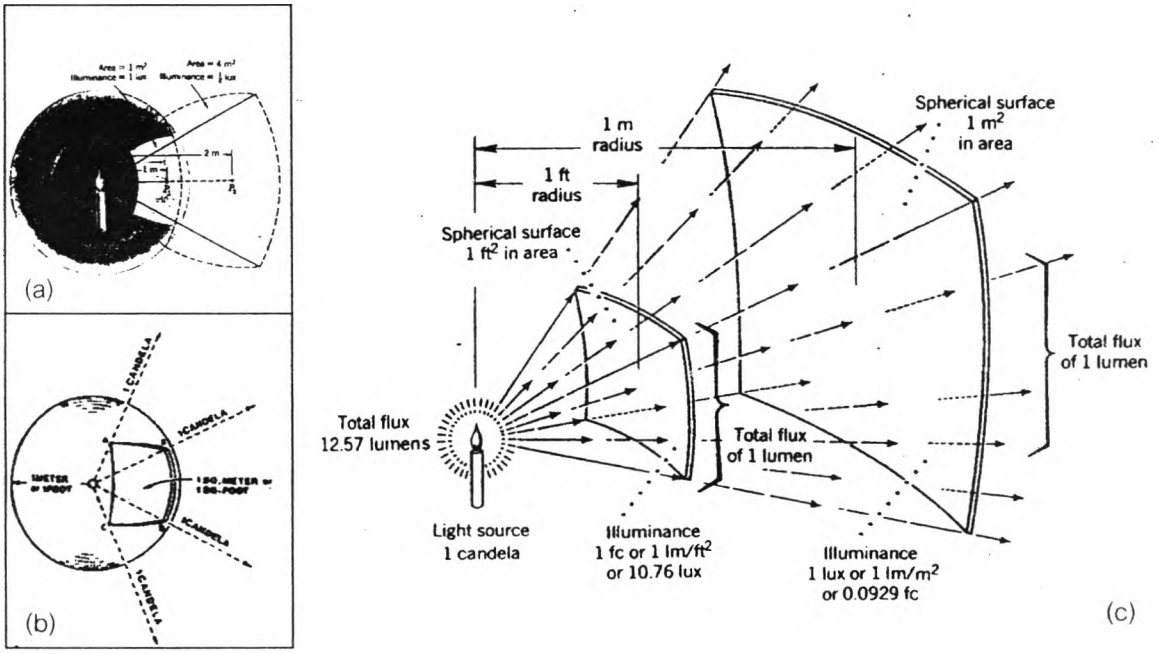
หลอดไฟฟ้า (Lamps) เป็นแสงประดิษฐ์ที่มีหลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทก็มีจุดเด่น-จุดด้อย แตกต่างกันออกไป การนำไปใช้งานและลักษณะกิจกรรมจะเป็นตัวกำเนิดชนิดของหลอดไฟ เนื่องจากหลอดไปมีสีของแสงเป็นสีเฉพาะตัว มีความถูกต้องของสีไม่เท่ากับแสงธรรมชาติ ให้ปริมาณและ

ประสิทธิภาพแสงในขอบเขตที่กำหนดขึ้น (ชำนาญ, 2540 : 2-1) ถึงแม้ว่าแสงธรรมชาติจะสามารถกำหนดปริมาณและประสิทธิภาพของแสงได้ตามที่ต้องการ แต่เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ต้องเสียทั้งค่าใช้จ่าย และพลังงานในการทำให้เกิดแสงสว่าง การใช้แสงประดิษฐ์ยังก่อให้เกิดความน่าเบื่อได้ เนื่องจากไม่ใช่แหล่งกำเนิดแสงที่เคลื่อนไหวได้อย่างดวงอาทิตย์ (John, 1992 : pp101 ; Lecher, 1991 : pp312)

ในการศึกษาเรื่องแสง ได้มีการสมมติค่าต่างๆ และให้นิยามของแสงเพื่อความสะดวกเข้าใจได้ตรงกันจากการอ้างอิงกับสิ่งที่เป็นรูปธรรม

2.1.2 **คำศัพท์ และ คำนิยามเกี่ยวกับแสง**

มีการอ้างอิงจากแสงจากเทียนไข 1 เล่ม ซึ่งมีกำลังในการส่องสว่าง 1 แรงเทียน (Candlepower) ทำให้เกิดคำศัพท์และนิยาม จำนวนหนึ่งที่สำคัญต่อการศึกษาเรื่องแสง



ภาพที่ 2.11 *(a) (b) และ (c) แสดงการอ้างอิงแสงจากเทียนไข เพื่อสมมติค่าและกำหนดนิยาม*

ที่มา : *(a) Stein, 1992 : pp925*

(b) Illuminating Engineering Society of North America [IES],1984 : pp9

(c) Stein. 1992 : pp915

1) ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง

ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่างพื้นฐาน ได้มีการกำหนด คำศัพท์และคำนิยามที่สำคัญดังต่อไปนี้

ปริมาณแสง (Luminous Flux, ϕ)

คือ รังสีหรือกำลังของแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง ใน 1 หน่วยเวลา เป็นการบอกค่าพลังงานหรือกำลังของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง ในรูปแบบของเส้นแรงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด มีหน่วยเป็น ลูเมน (lumen, lm) โดย ปริมาณแสง ของ 680 ลูเมน ที่เกิดจากลำของรังสีหนึ่งๆ ที่ความยาวคลื่น 0.555 ไมครอน (microns) จะมีพลังงาน 1 วัตต์ (watt) เป็นค่าที่มากที่สุดสำหรับตาของมนุษย์ในการมองเห็น ยกตัวอย่าง เทียนไขทั่วไปจะให้แสงประมาณ 12.57 ลูเมน ในขณะที่หลอดไส้ 100 วัตต์ ให้แสงประมาณ 1200 ลูเมน (John, 1992 : pp105; Stein, 1992 : pp914-915)

Solid Angle (ω)

เป็นการวัดสัดส่วนของพื้นที่ผิวทรงกลมที่ถูกครอบคลุมด้วยพื้นที่สมมติรูปกรวยที่มีส่วนแหลมที่สุดของกรวยอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมนั้นๆ หรืออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่ผิวของทรงกลมส่วนที่พิจารณา ต่อรัศมีของทรงกลมนั้นๆ ยกกำลังสอง มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (steradian, sr) ดังสมการต่อไปนี้

$$\omega = A / R^2 \quad \text{(steradian)} \qquad \text{.....(3)}$$

เมื่อ ω คือ โซลิดแองเกิล (Solid Angle)

A คือ พื้นที่ผิวทรงกลมส่วนที่พิจารณา

R คือ รัศมีของทรงกลม

ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity, I)

ความเข้มแห่งการส่องสว่าง หรือกำลังส่องสว่าง (candlepower) เป็นค่าปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดใน solid angle ใดๆ ในทิศทางหนึ่งทิศทางใด เป็นค่าที่บอกความมากน้อยของปริมาณแสงในทิศทางต่างๆ ของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ มีหน่วยเป็น แคนเดลา (candela) หรือ lumen per steradian เมื่อนำแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นจุด ที่มีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสม่ำเสมอทุกทิศทาง 1 แคนเดลา มาวางไว้ที่จุดศูนย์กลางทรงกลม ที่มีรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่ผิว

ทรงกลม 1 ตารางหน่วยจะมีค่า 1 ลูเมน พื้นที่ผิวทรงกลมทั้งหมด 12.57 ตารางหน่วย จึงมีปริมาณแสงที่ตกกระทบบนผิวทรงกลมทั้งหมด 12.57 ลูเมน สามารถสรุปได้ว่า ความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลาสามารถเปล่งปริมาณเส้นแรงออกมาได้ 12.57 ลูเมน ความสัมพันธ์ของความเข้มแห่งการส่องสว่าง (I) , ปริมาณแสง (ϕ) , และ solid angle (ω) เป็นไปตามสมการต่อไปนี้

$$I = \phi / \omega \quad \text{(candela)} \qquad \text{.....(4)}$$

เมื่อ I คือ ความเข้มแห่งการส่องสว่าง

ϕ คือ ปริมาณแสง

ω คือ solid angle

ความส่องสว่าง (Illuminance)

คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่ หน่วยใดๆ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (lumen per unit area) หากทรงกลมสมมติมีรัศมี 1 ฟุต ปริมาณแสง 1 ลูเมนที่ตกกระทบพื้นผิวทรงกลมในพื้นที่ 1 ตารางฟุต ความส่องสว่างจะมีค่า 1 ลูเมนต่อตารางฟุต หรือ 1 ฟุตแคนเดิล (footcandle,fc) แต่หากทรงกลมสมมติมีรัศมี 1 เมตร แสง 1 ลูเมน ตกลงบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร ของผิวทรงกลม ความส่องสว่างจะมีค่า 1 ลักซ์ (lux) โดย ความส่องสว่าง 1 ฟุตแคนเดิล เท่ากับ 10.764 ลักซ์ (Stein, 1992 : pp916)

การส่องสว่าง (Illumination, E)

คือ ปริมาณความส่องสว่างบนพื้นผิวที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ลักซ์ (lx) หรือ ฟุตแคนเดิล (fc) มีความสัมพันธ์กับความเข้มแห่งการส่องสว่างแบบแปรผันตามกัน และมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับระยะผกผัน (Inverse square law) ดังสมการต่อไปนี้ (คมกฤช, 2540 : 20)

$$E = I / d^2 \qquad \text{.....(5)}$$

เมื่อ E คือ การส่องสว่าง

I คือ ความเข้มแห่งการส่องสว่าง

d คือ ระยะทางระหว่างพื้นผิวกับแหล่งกำเนิดแสง

2) **ทฤษฎีความสว่างที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น**

เมื่อแสงส่องสว่างกระทบวัตถุจะเกิดความสว่างขึ้นทำให้เกิดการมองเห็น ค่าความสว่างที่ไม่เหมาะสมกับสายตา จะทำให้เกิดความไม่สะดวก ไม่สบายกับการมองเห็น ดังจะกล่าวต่อไป

ความสว่าง (Luminance,L)

คือ ความส่องสว่างที่สะท้อนหรือส่องผ่านออกมาจากวัตถุ เข้าตาทำให้สามารถมองเห็นวัตถุได้ โดยวัตถุนั้นจะมีคุณสมบัติเป็นแหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม (secondary light source) มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m^2) หรือ ฟุตแลมเบิร์ด (footlambert, FL) มีความสัมพันธ์กับการส่องสว่าง (E) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (ρ) และค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสง (τ) ดังสมการต่อไปนี้

$$L = E * \rho \quad \text{.....(6)}$$

$$L_{(FL)} = E_{(fc.)} * \tau \quad \text{.....(7)}$$

เมื่อ L คือ ความสว่าง

E คือ การส่องสว่าง

ρ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

τ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสง

ความจ้า (Brightness)

คือ การตอบสนองด้านความคิด (subjective response) ต่อความสว่าง (Luminance) ในพื้นที่ภาพที่มองเห็น (field of view) ซึ่งแสงจะมีความจ้ามาก หรือ น้อย ขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับตัวของสายตาของแต่ละบุคคล

ความเปรียบต่าง (Contrast)

คือ ความแตกต่างของจุดสังเกตกับสิ่งที่อยู่รอบข้าง ซึ่งถ้ามีความเปรียบต่างมากจะทำให้มองเห็นได้ง่าย ต้องการปริมาณแสงและเวลาในการรับภาพน้อยลง แต่ถ้าหากความเปรียบต่างมีค่ามากเกินไปจนทำให้สายตาต้องการ การปรับตัวอย่างรุนแรง จะเป็นผลให้สายตาไม่สามารถมองเห็นได้อย่างอิสระ หรือเกิดการระคายเคืองสายตา หมายถึง การเกิดแสงบาดตา สามารถหาความเปลี่ยน

ต่างได้จากอัตราส่วนความแตกต่างของความสว่าง (contrast ratio) ระหว่างวัตถุที่พิจารณากับความสว่างของสภาพแวดล้อมดังสมการ

$$\text{Contrast} = \left| \frac{L_B - L_T}{L_B} \right| \qquad \text{.....(8)}$$

เมื่อ L_B คือ ความสว่างของสภาพแวดล้อม

L_T คือ ความสว่างของวัตถุ

เพื่อป้องกันแสงบาดตา และความสบายในการมองเห็น มีความจำเป็นต้องควบคุม ความแตกต่างระหว่างจุดที่มืดที่สุด และจุดที่สว่างที่สุด (brightness contrast) ให้อยู่ในอัตราส่วนที่พอเหมาะ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542 : 16) ซึ่งมีการจำกัดปริมาณของความเปรียบต่างที่สามารถยอมรับได้เป็นค่ามากที่สุด ในรูป luminance ratio (John, 1992 : pp118) ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

แสงบาดตา (Glare and Sparkle)

เกิดขึ้นจากการเข้ามาของแสงที่มีความเข้มสูงสู่มุมมองของสายตา โดยแสงนี้มีความจ้า (brightness) มาก เมื่อเทียบกับความจ้าในสภาพแวดล้อมทั่วไป มีผลทำให้มีปัญหาในการมอง แสงบาดตาอาจเกิดขึ้นได้จาก 3 แนวทาง ดังนี้ (Lecher, 1991 : pp267-269; John, 1992 : pp119)

– **แสงบาดตาที่เกิดขึ้นโดยตรง** (Direct Glare and Direct Sparkle)

เกิดขึ้นเมื่อแหล่งกำเนิดแสง ที่มีความสว่างสูงมาก อยู่ภายในภาพที่มองเห็น จะมีความรุนแรงมากหากการมองมีทิศทางสู่แหล่งกำเนิดโดยตรง

– **แสงบาดตาที่เกิดขึ้นทางอ้อม** (Indirect Glare and Indirect Sparkle)

เกิดขึ้นเมื่อพื้นผิวภายในหรือภายนอกอาคาร เช่น ผนังห้อง ได้รับแสงในปริมาณมากแล้วสะท้อน หรือ ส่องผ่านแสงทำให้พื้นผิวนั้นๆมีความสว่างมากเกินไป

– **แสงบาดตาที่เกิดขึ้นจากการสะท้อน** (Reflected Glare , Reflected Sparkle and Veiling Reflected)

แสงบาดตาที่เกิดขึ้นจากแสงสะท้อน (reflected glare and reflected sparkle) เกิดขึ้นจากการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาจากแหล่งกำเนิดแสงบนพื้นผิวที่มีความมันวาว ตัวอย่างพื้นผิวภายในห้อง เช่น พื้นโต๊ะ กระจก มีผลทำให้เกิดความรำคาญเมื่อแสงสะท้อนนั้นอยู่ใน

จอภาพที่มองเห็น ในขณะที่ แสงสะท้อนที่ลดประสิทธิภาพในการมองเห็นวัตถุ (veiling reflected) เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงาบนวัตถุ แสงที่สะท้อนออกมาจากนั้น จะบดบังรายละเอียดบนวัตถุนั้น ทำให้สายตาไม่สามารถมองเห็นวัตถุนั้นได้อย่างชัดเจน ยกตัวอย่างเช่น การสะท้อนแสงบนหน้ากระดาษแบบมันของหนังสือ แสงที่สะท้อนออกมาจะมีความจ้ามากจนไม่สามารถอ่านตัวหนังสือได้

ในที่นี้ความแตกต่างที่สำคัญของ แกลร์ (glare) กับ สปาร์คเกิล (sparkle) ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของความสว่างกับพื้นที่ของความสว่างที่ปรากฏในภาพที่มองเห็น โดย สปาร์คเกิล จะเกิดความเข้มเท่ากัน หรือมากกว่า บนพื้นที่ขนาดเล็ก ซึ่งพื้นที่นี้จะเป็นจุดกลางที่มีประกายแสงกระจายออกมา ในขณะที่ แกลร์ จะเกิดในพื้นที่ขนาดใหญ่กว่า และไม่มีประกายแสงออกมาจากแสงบาดตาที่เกิดขึ้น (Gordon and Nuckolls, 1995 : pp40-42) ทั้งนี้แสงบาดตาประเภทต่างๆ สามารถเกิดได้ตั้งแต่ในระดับที่ทำให้เกิดความไม่สบายตา (discomfort glare) ที่สายตายังสามารถมองเห็นแต่เป็นไปด้วยความลำบาก หรือก่อให้เกิดความรำคาญไปจนถึงแสงบาดตาในระดับที่ทำให้ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้ (disability glare) สายตาไม่สามารถมองเห็นได้จากความจ้าที่มากเกินไป

ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงดังกล่าวข้างต้น จะมีประโยชน์ต่อสถาปัตยกรรมเฉพาะในกรณีที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น เพราะการมองเห็นเป็นปัจจัยหลักประโยชน์หลักของการใช้แสงภายในอาคาร ซึ่งทฤษฎีเกี่ยวกับการมอง ดังจะกล่าวต่อไปถึงข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการมองของมนุษย์

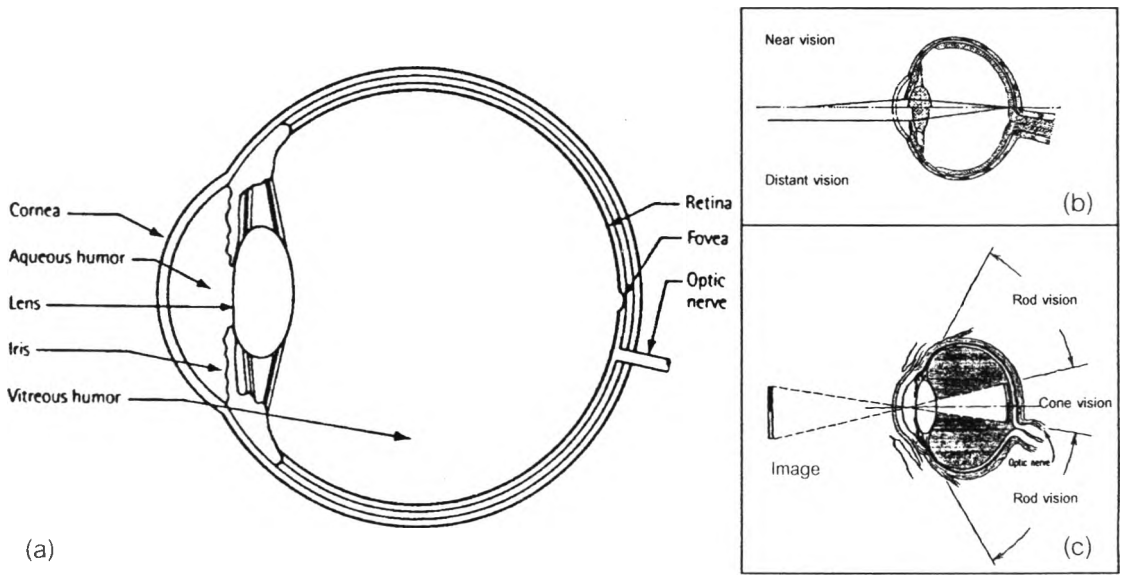
2.1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการมอง

แสงมีความสำคัญต่อการมอง และการมองเห็น ไม่เพียงแต่แสงจะต้องอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ แต่แสงจะต้องมีคุณภาพด้วย เพื่อก่อให้เกิดรูปแบบแสงที่มีประสิทธิภาพในการมองเห็น ซึ่งการที่จะสามารถออกแบบการใช้แสงที่เหมาะสมได้นั้นมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาทางด้านกายภาพของการรับรู้ผ่านทางสายตาและความต้องการในการมองเห็นของมนุษย์

1) ธรรมชาติของการมองเห็น

เมื่อแสงตกกระทบลงบนวัตถุใดๆ จะสะท้อนเข้าสู่กระบอกตาโดยผ่านแก้วตา (cornea) ลูกตา (lens) และเรตินา (retina) สู่ประสาทตา (nerve) ส่งภาพสู่สมอง เพื่อแปรผลทำให้เกิดการให้แสงที่ผ่านเข้ามาตกลงบริเวณเรตินาในตำแหน่งที่ถูกต้องแม่นยำ โดยจะมีม่านตา (iris) ทำหน้าที่ เปิด-ปิด กระบอกตาเพื่อควบคุมปริมาณแสง ดังกล่าวไม่ให้มากหรือน้อยจนเกินไป

เรตินา ประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวนมากแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ โคน (cones) และ ร็อด (rods) ซึ่งโคนจะทำหน้าที่รับความรู้สึกทางด้านสี และแยกแยะรายละเอียดของสิ่งที่มองเห็น โดยเฉพาะในเวลากลางวันที่มีแสง ส่วนร็อด ช่วยทำให้เห็นภาพต่างๆ ได้อย่างหยาบๆ ในเวลากลางคืนที่มืด โดย ร็อดไม่สามารถตอบสนองทางด้านสีได้ (Stein, 1992 : pp926-928)



ภาพที่ 2.12 *(a) แสดงส่วนประกอบของตา (b) แสดงลักษณะการรับภาพใกล้ – ไกล และ (c) แสดงพื้นที่การรับภาพของโคน และ ร็อด*

ที่มา : *(a) Gordon, 1995 : pp3*

(b) พรรณชลัท, 2542ก : 9

(c) Stein,1992 : pp928

คุณภาพของแสงจะเกิดขึ้นจากการจัดองค์ประกอบของสเปคตัม ประกอบกับความสมบูรณ์ของตา โดยนอกจากดวงตาของแต่ละบุคคล จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ตามลักษณะทางพันธุกรรม เพศ ราย พฤติกรรมการมอง และลักษณะกิจกรรมรวมทั้งความถี่ในการใช้สายตา ซึ่งดวงตาจะต้องการการปรับตัวในการเปลี่ยนแปลงแสงรูปแบบต่างๆ การปรับตัวของสายตา (eye adaptation) มักเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความส่องสว่างและเวลาที่ใช้ในการมอง ดวงตาใช้เวลาในการปรับตัวในที่มืดเป็นเวลานานกว่าในที่สว่าง เมื่อมีการเปลี่ยนความสว่างจากความสว่างมากไปยังความสว่างน้อยมาก ตาจะใช้เวลาประมาณ 30 นาที ในปรับตัว (ชำนาญ, 2540 : 1-4) อันเป็นระยะเวลาที่นานพอสมควร ในการออกแบบให้เกิดลักษณะที่มีการเปลี่ยนความสว่างในปริมาณอย่างกระทันหัน จะทำให้เกิดความพยายามในการปรับตัวของสายตาอย่างมากและรวดเร็ว มีผลทำให้ตาไม่สามารถมองเห็นภาพในชั่วระยะเวลาหนึ่ง สายตาสามารถปรับตัวอย่างสบาย ด้วยอัตรา 1 : 200 ของแสงที่มีความสว่างน้อยกับแสงที่มีความสว่างมาก ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีการเปลี่ยนความสว่างจากที่ที่มืดไปยังที่ที่มีความสว่างมาก ตามีความต้องการในการปรับตัวน้อยกว่า สายตาจะสามารถปรับตัว ด้วยอัตราส่วนของความสว่างที่เพิ่มขึ้นเป็น 1: 1000 ระหว่างแสงความสว่างน้อยกับแสงที่มีความสว่างมาก (John, 1992 : pp103)

นอกจากความสามารถในการมองของสายตาแล้ว ในการเห็นภาพ มุมในการมองและมุมที่สายตาสามารถมองเห็นก็เป็นสิ่งสำคัญในการเห็นภาพ

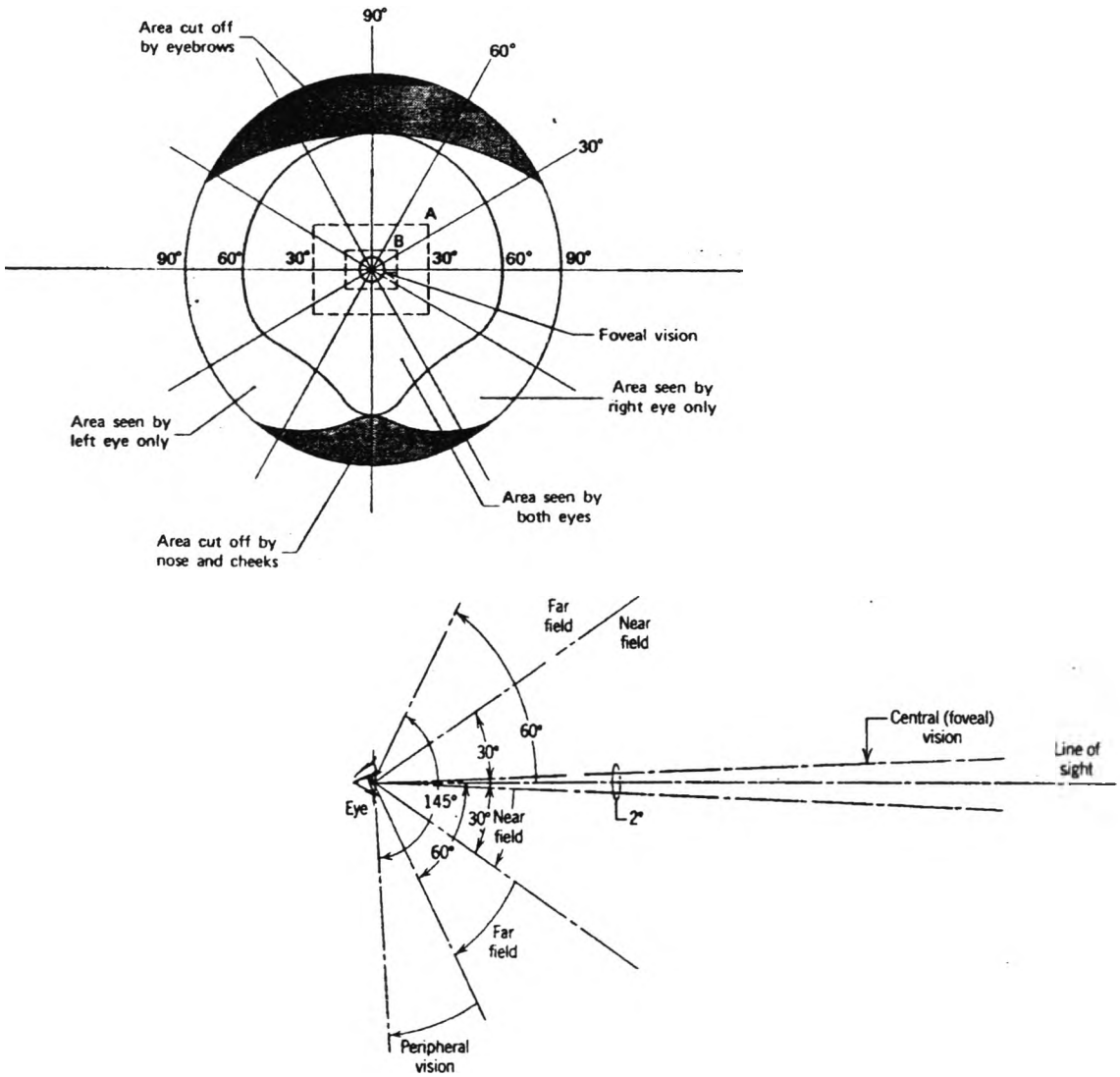
2) มุมมองของสายตา

สายตามีความสามารถในการเห็นภาพในมุมที่จำกัด โดยแต่ละมุมมองของสายตา จะมีความสามารถในการรับภาพ และความสว่างที่แตกต่างกัน โดยจะสามารถแบ่งมุมตามความสามารถในการมองเห็นภาพออกได้ดังนี้ (John, 1992 : pp103 ; Lecher, 1991 : pp258 ;Stein, 1992 : pp929)

ส่วนกลางของพื้นที่ที่มองเห็น คือ จุดที่มองไปครอบคลุม พื้นที่ 1-2 องศาจากแกนกลาง กรวยที่ได้เป็นพื้นที่ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนที่สุด เรียกว่า การมองเห็นในส่วนกลางของจอรับภาพ (The central foveal vision)

ทรวงกรวยที่ทำมุมกับแกนกลาง 30° ในพื้นที่ถัดมาจากส่วนกลางของการมองเห็น จะเป็นพื้นที่ที่สามารถมองเห็นได้ไม่ละเอียดนัก จะเป็นเพียงการสามารถแยกความแตกต่างระหว่างวัตถุกับสิ่งแวดล้อมของมัน พื้นที่ในส่วนนี้ เรียกว่า พื้นที่รอบจอรับภาพ (The foveal surround)

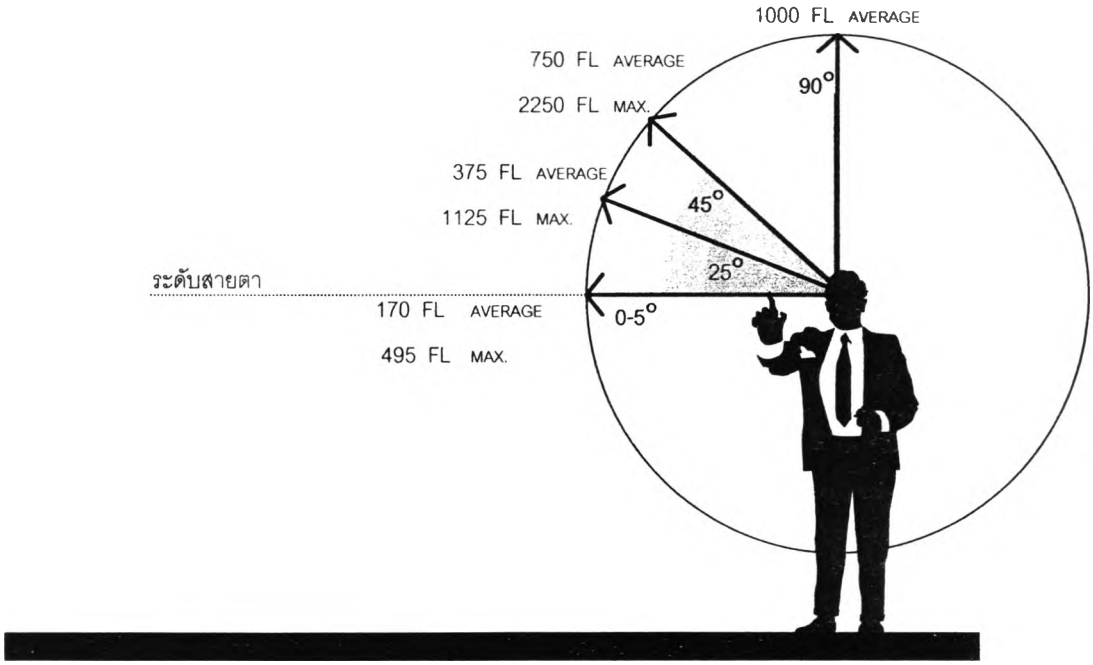
ส่วนที่เหลือ คือ จุดที่อยู่ขอบสุดของการมองเห็น จะมองเห็นวัตถุในขนาดและรูปร่างที่แตกต่างออกไปจากความเป็นจริง เนื่องจากการซับซ้อนกันของพื้นที่การมองของตาซ้ายและตาขวา ส่วนนี้เรียกว่า การมองเห็นในส่วนขอบ (The peripheral vision) ซึ่งสามารถศึกษาได้จากภาพ 2.13



ภาพที่ 2.13 *แสดงมุมที่สายตาสามารถมองเห็นได้*

ที่มา : *Stein, 1992 : pp929*

มุมมอง (angle of degree) ของสายตา ในมุมต่างๆ มีความสามารถในการยอมรับระดับความจ้าที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.14



***ภาพที่** 2.14 แสดงระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้ในมุมมองที่แตกต่างกัน**[*]*

***ที่มา** : เขียนขึ้นใหม่จาก สุนทร, 2541 : 94*

จะเห็นได้ว่าในมุมที่สายตาเจาะจงมอง สายตาสามารถยอมรับระดับความจ้าได้น้อย ในขณะที่มุมที่กว้างออกไปจนถึงนอกพื้นที่ที่สายตามองเห็นสายตาจะสามารถยอมรับแสงได้มากขึ้นเรื่อยๆ (สุนทร, 2541 : 94-95) จึงอาจจะพอสรุปได้ว่ามุมมองที่อยู่ในระดับสายตา จะมีความสำคัญมากในการออกแบบการใช้แสง เพราะหากมีการออกแบบใช้มีความจำเป็นในระดับที่มากเกินไป จะรบกวนภาพที่มองเห็น ทำให้ประสิทธิภาพในการมองลดลง ทำลายสายตาและรบกวนสมาธิของผู้ได้รับแสงนั้นๆ ได้

นอกจากความสามารถในการมองเห็นของสายตา และลักษณะของแสงแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่สำคัญต่อการมองเห็น ดังจะกล่าวต่อไปนี้

---

[*] หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยโดยประมาณของความสว่าง (average luminance) เป็นค่าประมาณการมีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (footlamberts, FL)

I20236347

3) ปัจจัยในการมองเห็น

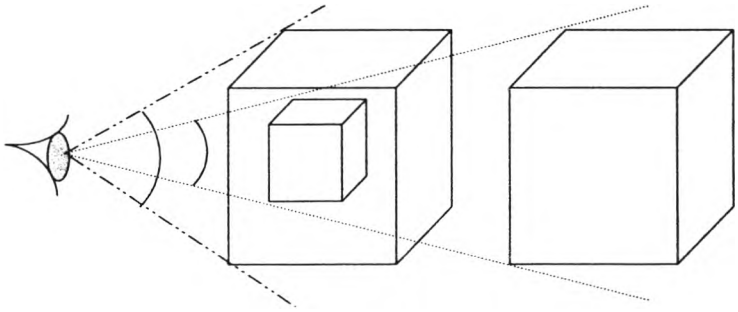
มีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการมองเห็นวัตถุ ได้แก่ ตัววัตถุเอง สภาพการให้แสง และตัวผู้มองเห็นเอง (Lecher, 1991 : pp262-269; Stein, 1992 : pp928-960)

<u>วัตถุ (The Task)</u>

– ปัจจัยโดยตรง

– ขนาดและความใกล้-ไกล (Size/Proximity)

ในที่นี้หมายถึง ขนาดที่มองเห็น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดจริงของวัตถุกับระยะจากวัตถุถึงตา วัตถุจะมีขนาดใหญ่ขึ้นถ้ามีระยะใกล้กับดวงตา ทั้งนี้จะสามารถแสดงให้เป็นรูปธรรม ในภาพที่ 2.15 ในรูปแบบของมุมในการมอง (solid angle)



ภาพที่ 2.15 *แสดงความสัมพันธ์ของขนาดวัตถุกับการมองเห็น*

อาจสามารถกล่าวได้ว่า ดวงตาจะเห็นวัตถุในขนาดเท่ากัน ถ้ามุมในการมอง (solid angle) มีขนาดเท่ากัน

– ความสว่างหรือความจ้า (Luminance or Brightness)

การทำให้วัตถุมีความสว่างหรือความจ้าที่พอเหมาะให้สามารถเห็นวัตถุได้ชัดเจนขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีขนาดเล็กมากก็ตามโดยความสว่างที่มากกว่าจะดึงดูดความสนใจของสายตาไปจากความสว่างที่น้อยกว่า เมื่ออยู่ในภาพที่มองเห็นภาพเดียวกัน

– ความเปรียบต่าง (Contrast)

ค่าความเปรียบต่างควรมีค่าที่เหมาะสม ซึ่งความเปรียบต่างนี้จะสัมพันธ์กับความส่องสว่างด้วย ยกตัวอย่างเช่น หากวัตถุอยู่ในที่มืดจะจำเป็นที่จะต้องมีค่าความเปรียบต่างของวัตถุกับสภาพแวดล้อม มากจึงจะเห็นวัตถุได้ชัด ในขณะที่เมื่ออยู่ในที่ที่มีการส่องสว่างสูง ความสว่างมากจะต้องการค่าความเปรียบต่างน้อยกว่า

– เวลาที่มอง (Exposure Time)

ถ้ามีเวลาในการมองน้อยจะทำให้ความสามารถในการมองด้อยลง จำเป็นที่จะต้องไปเพิ่มในปัจจัยอื่น ยกตัวอย่างเช่น การมองป้ายบนถนน รถวิ่งด้วยความเร็ว ทำให้มีเวลาในการมองน้อย จะต้องมีการ เพิ่มขนาดตัวอักษร เพิ่มความสว่างแก่ป้าย หรือเพิ่มค่าความเปรียบต่างของตัวอักษรกับแผ่นป้าย ให้สามารถมองเห็นวัตถุได้ชัดขึ้น

– ปัจจัยทางอ้อม

– ลักษณะเฉพาะของวัตถุ

มีผลทางจิตใจต่อการมองเห็น ความคุ้นเคยกับวัตถุจะเป็นเรื่องที่สำคัญเรื่องหนึ่ง ถ้าวัตถุมีลักษณะเฉพาะที่ผู้มองมีความคุ้นเคย จะทำให้สามารถมองเห็นได้ชัดตามความเคยชิน

– การต้องการความถูกต้องในการมอง

ถ้าวัตถุเป็นวัตถุที่ไม่ต้องการความถูกต้องหรือความละเอียดในการมองนัก จะสามารถลดทอนการพิจารณาในปัจจัยต่างๆได้มากกว่าวัตถุที่ต้องการมองอย่างละเอียด

– การเคลื่อนที่ของวัตถุ

การที่วัตถุเคลื่อนที่ เร็ว ช้า หรือ อยู่นิ่ง จะทำให้สามารถเห็นวัตถุได้ ในรูปแบบที่ต่างกัน ซึ่งสัมพันธ์กับเวลาในการมองเห็น

– รูปแบบของสิ่งแวดล้อม

มีผลต่อความสว่างและความเปรียบต่างที่มีต่อวัตถุ ยกตัวอย่างเช่น การมองวัตถุสีอ่อนที่มีพื้นหลังของวัตถุเป็นสีเข้ม จะเห็นวัตถุในขนาดหนึ่ง ถ้าเปลี่ยนพื้นหลังเป็นสีอ่อนขนาด และความชัดเจนจะเปลี่ยนไป

สภาวะการให้แสง (The Lighting Conditon)

– ปัจจัยโดยตรง

– ระดับการส่องสว่าง (Illumination Level)

จะต้องมีให้แสงในปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการของสายตา

– แสงบาดตา (Glare)

ให้แสงโดยหลีกเลี่ยงหรือป้องกันการเกิดแสงบาดตา

– ปัจจัยทางอ้อม

– อัตราส่วนความสว่าง และ อัตราส่วนความจ้า (Luminance Ratio and Brightness Ratio)

ในที่นี้อัตราส่วนความสว่าง หมายถึง อัตราส่วนความสว่างระหว่างวัตถุที่อยู่ติดกัน และ อัตราส่วนความจ้า หมายถึง อัตราส่วนความสว่างระหว่างพื้นผิวภายในกับสภาพภายนอกอาคาร ซึ่งอัตราส่วนทั้งสองจะมีผลต่อการมองเห็น โดยจะสามารถทำให้เกิดแสงบาดตา และปัญหาการปรับสายตา

– รูปแบบของความจ้า (Brightness Pattern)

ถึงแม้ว่าค่าความสว่างมีค่าเท่ากัน รูปแบบของแสงที่เกิดขึ้นอาจไม่เหมือนกัน ความจ้าจะมีรูปแบบต่างกันออกไปตามลักษณะการเดินทางของแสงผ่านตัวกลางแบบต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น การให้แสงกระจายมีรูปแบบของความจ้าแตกต่างจากแสงโดยตรงและมีผลต่อการมองเห็นที่ต่างกัน แสงตรงจะทำให้เกิดจุดสว่างและเงาคม ทำให้สามารถมองเห็นวัตถุได้ชัดเจนกว่าเมื่อวัตถุได้รับแสงกระจายซึ่งจะเกิดความสว่างใกล้เคียงกันที่วัตถุ ทั้งนี้ภาพที่เกิดจากวัตถุที่ได้รับแสงกระจายจะทำให้เกิดรูปแบบความจ้าที่นุ่มนวล ไม่ตัดกันรุนแรงดังที่เกิดขึ้นในแสงตรง ทำให้สามารถมองวัตถุได้อย่างสบายตา

– การให้สีของแสง (Chromaticity)

สีของแสงที่ต่างกันมีผลต่อการมองเห็นที่ต่างกันในแง่ความถูกต้องเหมือนจริง แสงธรรมชาติให้ความถูกต้องเหมือนจริงได้มากที่สุด เนื่องจาก สีของแสงมีความสมบูรณ์ คือ

แสงมีองค์ประกอบของสีครบทุกสี ในขณะที่ หลอดไฟฟ้าจะมีข้อกำจัดคือให้สีบางสีมาก และขาดสีบางสีไป ทำให้สีของวัตถุที่เห็นไม่ตรงกับความเป็นจริง

ผู้มองวัตถุ (The Observer)

– **ปัจจัยโดยตรง**

– สภาพของสายตา

แปรผันตามสุขภาพและอายุของผู้มองเห็น

– ระดับความสามารถในการปรับสายตา

สายตาต้องการการปรับตัวต่างกันเมื่ออยู่ในสภาพแสงที่ต่างกัน

– ความอ่อนล้าของสายตา

เมื่อมีความล้าของกล้ามเนื้อจะมีผลให้การมองเห็น มีประสิทธิภาพน้อยลง

– **ปัจจัยทางอ้อม**

– ความรู้สึกของผู้มอง

เป็นการตอบสนองทางด้านจิตวิทยาของผู้มอง มีส่วนทำให้เกิดความต้องการของแต่ละบุคคล เช่น รู้สึกกลัวที่มืดจะมีความต้องการความสว่างมากขึ้นกว่าปกติ

นอกจากปัจจัยที่สำคัญต่อการมองเห็นแล้ว ความต้องการแสงของมนุษย์มีอิทธิพลต่อการมองเห็นอย่างมาก เนื่องจากมนุษย์ต้องการแสงทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ ทั้งด้านกายภาพและความรู้สึก

4) ความต้องการแสง

มนุษย์ต้องการแสงเพื่อการมอง ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เพื่อตอบสนองด้านจิตใจ และ ทำให้เกิดการเรียนรู้ การใช้แสงอย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องสามารถสนองความต้องการแสงได้ ความต้องการพื้นฐานของมนุษย์นั่นคือการดำรงชีวิต ซึ่งความต้องการแสงในการดำรงชีวิตนี้ มีความสัมพันธ์กับการเดินทาง การเคลื่อนไหว การดำรงอยู่ การป้องกันตัว และการมีชีวิตรอด จึงจะสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้ (Lechner, 1991 : pp274-276)

ความต้องการแสงในการชี้ทางหรือนำทาง

มนุษย์มีความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นหนทางที่จะเดินไป นอกจากนี้แสงสามารถชี้จุดที่เป็นทางออกไปสู่ภายนอกได้ แสงจะสามารถสนองความต้องการเรื่องการชี้ทางหรือนำทางให้แก่มนุษย์ในสองกรณี นั่นคือ เพียงพอต่อการมองเห็นทาง และ สามารถนำสายตาไปสู่จุดหมายที่มนุษย์ต้องการจะไปถึงได้

ความต้องการแสงเพื่อบ่งบอกเวลา

การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์เป็นตัวกำหนด เวลากลางวัน ที่มนุษย์ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ เพราะสามารถมองเห็นได้ชัดเจนจากปริมาณแสงที่มาก และ เวลากลางคืน ที่มนุษย์หยุดการทำกิจกรรม เนื่องจากไม่สามารถมองเห็นได้ถนัดนัก ในทางกลับกัน มนุษย์จะสามารถทราบเวลาได้จากการสังเกตตำแหน่งจากดวงอาทิตย์ และ ความมืด-ความสว่าง จะเห็นได้ว่าการเปิดรับแสงธรรมชาติจะให้ประโยชน์ด้านการรับรู้เวลาของมนุษย์ ซึ่งเป็นการรับรู้ตามธรรมชาติ

ความต้องการแสงเพื่อให้สามารถรับรู้รูปทรงของวัตถุ

การที่แสงตกกระทบวัตถุแล้วเกิดการไล่ความเข้มของแสงและเงาขึ้นบนวัตถุ ทำให้มนุษย์สามารถทราบรูปทรงของวัตถุ รับรู้ความลึก และ ระยะใกล้-ไกลได้ มีประโยชน์ในการกะระยะ และ ทำให้สามารถคาดเดาปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นกับวัตถุได้ ทั้งนี้แสงที่ตกกระทบวัตถุจะต้องมีปริมาณมากเพียงพอที่จะทำให้มนุษย์มองเห็น โดยคุณภาพของแสงจะมีมากน้อยก็ตามความสำคัญในการมองเห็นนั้นๆ โดยทั่วไปแล้วแสงควรทำให้เกิดภาพที่ชัดเจน และ สีที่ตรงตามความเป็นจริงที่สุด

ความต้องการแสงเพื่อให้สามารถทำกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ได้

มนุษย์ต้องการแสงในการมองเห็นเพื่อทำกิจกรรม ซึ่งไม่เท่ากันในแต่ละบุคคล และ แต่ละกิจกรรม มนุษย์ต้องการรูปแบบของแสงที่ต่างกันในกิจกรรมที่ต่างกัน โดยทั่วไปขึ้นอยู่กับความต้องการความละเอียดในการมอง ถ้าต้องการความละเอียดในการมองมาก จะต้องการแสงปริมาณและคุณภาพดี ในขณะที่กิจกรรมที่ต้องการความละเอียดไม่มากนักจะต้องการปริมาณและคุณภาพแสงลดลง

ในเชิงปริมาณ มักจะกล่าวถึงในรูปค่าความส่องสว่างตามที่แสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งการออกแบบการใช้แสงโดยอาศัยการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างจะสามารถทำได้ง่ายกว่า การพิจารณาแสงเชิงคุณภาพซึ่งมีตัวแปรหลายตัวที่จะต้องนำมาพิจารณา เช่น มีอัตราส่วนความสว่างและอัตราส่วนความจ้าค่าที่เหมาะสม รูปแบบความจ้าที่ไม่ทำให้เกิดแสงบาดตา การให้สีที่สมบูรณ์

ตารางที่ 2.1 *แสดงค่าความส่องสว่างในแต่ละกิจกรรม*

ชนิดของกิจกรรม	ช่วงของความส่องสว่าง	
	ลักซ์ (lux)	ฟุตแคนเดิล (fc.)
การให้แสงทั่วไปตลอดพื้นที่ใช้งาน		
—พื้นที่สาธารณะที่มีสิ่งแวดล้อมมืด	20-30-50	2-3-5
—พื้นที่มีการใช้งานในระยะสั้น	50-75-100	5-7.5-10
—พื้นที่ทำงานไม่ต้องการมองเห็นที่ละเอียดนัก	100-150-200	10-15-20
ความส่องสว่างวัตถุ		
—การมองเห็นวัตถุที่มีความเปรียบต่างสูงหรือมีขนาดใหญ่	200-300-500	20-30-50
—การมองวัตถุที่มีความเปรียบต่างขนาดกลางหรือมีขนาดเล็ก	500-750-1000	50-75-100
—การมองวัตถุที่มีความเปรียบต่างต่ำหรือขนาดเล็ก	1000-1500-2000	100-150-200
ความส่องสว่างวัตถุ จากการให้แสงทั่วไปกับแสงเฉพาะที่		
—การมองวัตถุที่มีความเปรียบต่างต่ำและขนาดเล็กเวลานาน	2000-3000-5000	200-300-500
—การมองวัตถุที่ต้องการความแม่นยำสูง ในระยะเวลานาน	5000-7500-10000	500-750-1000
—การมองวัตถุที่มีความเปรียบต่างต่ำมากและขนาดเล็กอย่างละเอียด	10000-15000-20000	1000-1500-2000

ที่มา : *Stein, 1992 : pp941*

ซึ่งได้มีการกำหนดค่าความส่องสว่าง เพื่อใช้งานกับแต่ละพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารและพื้นที่ใช้สอยประเภทต่างๆ เพื่อง่ายต่อการประยุกต์ใช้ในการออกแบบ ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ใช้สอยต่างๆ[*]

ชนิดของพื้นที่ใช้สอย		ช่วงของความส่องสว่าง (ลักซ์)
พื้นที่ทั่วไป	— ทางเดิน	50-100-150
	— บันได บันไดเลื่อน	100-150-200
	— ที่เก็บของ ห้องเก็บของ	100-150-200
สำนักงาน	— สำนักงานทั่วไป พิมพ์ดีด ห้องคอมพิวเตอร์	300-500-750
	— สำนักงานเขียนแบบ	500-750-1000
	— ห้องประชุม	300-500-750
ร้านค้า	— อาคารพาณิชย์	500-750
	— ซุปเปอร์มาร์เกต	500-750
	— ที่อื่นๆ	300-500
โรงเรียน	— ห้องบรรยาย	300-500-750
	— หน้ากระดาน	300-500-750
	— ห้องเขียนแบบ	500-750-1000
	— ห้องทดลอง	300-500-750
	— ห้องศิลปะ	300-500-750
	— ห้องปฏิบัติการ	300-500-750
ห้องสมุด	— ชั้นหนังสือ	1500-200-300
	— โต๊ะอ่านหนังสือ	300-500-750
	— เคาน์เตอร์	200-300-500
อุตสาหกรรม	— งานหยาบ เครื่องมือหนัก	200-300-500
	— งานขนาดกลาง เครื่องจักร	300-500-750
	— งานละเอียด อิเล็กทรอนิกส์	500-750-1000
	— งานละเอียดมาก เครื่องมือวัด	1000-1500-2000
ห้องประชุม	— โรงภาพยนตร์ คอนเสิร์ต	50-100-150
	— อเนกประสงค์	150-200-300

ที่มา : *Publication CIE No.29.2(1986)-Guide on Interior Lighting อ้างถึงใน ชำนาญ, 2540 : 4-4*

[*] รายละเอียดตามเอกสารที่แนบมาในภาคผนวก ก

ความต้องการแสงเพื่อทำให้พื้นที่มีความสดชื่น

แสงสามารถทำให้เกิดการมองเห็น สีสัน ลวดลาย จึงสามารถกระตุ้นให้มนุษย์เกิดความสดชื่น มีชีวิตชีวาได้ ทั้งนี้รูปแบบของแสงบางอย่างจะสามารถทำให้เกิดความรู้สึกในทางตรงกันข้ามได้เช่นกัน

ความต้องการแสงเพื่อเน้นให้สายตาเกิดความสนใจ

สายตามนุษย์จะถูกสั่งการอย่างอัตโนมัติ ให้มุ่งไปมองในที่ที่มีความสว่างสูงกว่าเสมอ จึงสามารถใช้แสงเพื่อเน้นให้เกิดความสนใจได้ ในทางตรงกันข้ามแสงที่มีความสว่างสูงสามารถดึงดูดความสนใจของมนุษย์มากเกินไปจนเป็นผลให้เกิดความรำคาญได้เช่นกัน

ความต้องการแสงเพื่อใช้จัดระเบียบสภาพที่มองเห็น

แสงสามารถทำให้สายตามองเห็นภาพ โดยแสงที่พอเหมาะ จะทำให้ภาพที่เห็นชัดเจน สมองสามารถแยกแยะการมองเห็นได้ดีขึ้น

ความต้องการแสงเพื่อความปลอดภัย

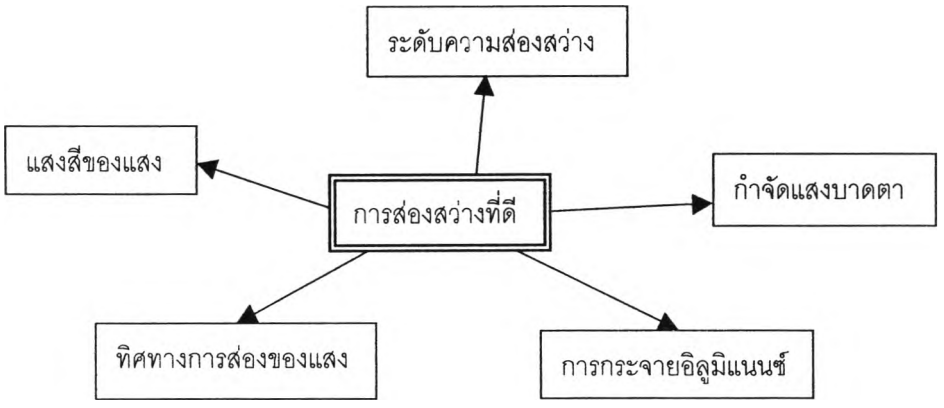
การมองเห็นถือเป็นประสาทสัมผัสที่สามารถส่งสัญญาณไปสู่สมองได้รวดเร็ว และ ชัดเจน เมื่อมนุษย์รับรู้สิ่งแวดล้อมทั้งหมดได้ จะรู้สึกปลอดภัย แสงเป็นตัวการหนึ่งที่ทำให้เกิดการมองเห็น จึงสามารถทำให้มนุษย์รู้สึกปลอดภัยได้

จะเห็นได้ว่านอกจากความต้องการเชิงปริมาณ คือ แสงมีปริมาณเพียงพอต่อการทำกิจกรรมแล้วมนุษย์ยังต้องการเชิงคุณภาพ เพื่อให้รับรู้สิ่งที่มองเห็นได้ชัดเจนตรงตามความเป็นจริงโดยไม่ทำลายความสวยงามหรือทำให้เกิดอันตรายต่อผู้มอง ซึ่งความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นและความต้องการด้านความรู้สึกซึ่งมีผลทางด้านจิตใจต่างก็มีความสำคัญ โดยจะเห็นได้ว่าความต้องการแสงของมนุษย์มีพื้นฐานมาจากความเคยชินของการใช้แสงธรรมชาติในชีวิตประจำวันและธรรมชาติของการมองเห็นของสายตาของมนุษย์ ในทางกลับกันการให้แสงภายในอาคารก็ควรตอบสนองความต้องการรูปแบบต่างๆข้างต้นเช่นเดียวกัน

จากรายละเอียดพื้นฐานและทฤษฎีที่กล่าวมาแล้วเบื้องต้นจะเป็นประโยชน์ต่อการให้แสงสว่างแก่ในพื้นที่ใช้สอยของอาคาร ตามหลักดังจะกล่าวต่อไป

2.1.4 การให้แสงภายในอาคาร

ชำนาญ (2541: 1-24 - 1-25) กล่าวไว้ว่า "....***นอกจากความส่องสว่างหรืออิลูมิแนนซ์ที่เพียงพอแล้ว แสงสี ความนิ่งนอนของสภาวะแวดล้อม แสงบาดและอื่นๆ ก็มีผลต่อการมองเห็นด้วย การมองเห็นวัตถุชัดอย่างเดียวไม่พอ สิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือ ต้องมีความสบายตาในการมองเห็น***...."



ภาพที่ 2.16 *ผังแสดงองค์ประกอบที่ทำให้เกิดการส่องสว่างที่ดี*

ที่มา : *เขียนขึ้นใหม่จาก ชำนาญ, 2540 : 1-24*

จากการจัดการให้เกิดความส่องสว่างที่ดี จะขึ้นอยู่กับการออกแบบพื้นที่ใช้สอยของอาคารและระบบการให้แสงเป็นหลัก ดังข้อมูลพื้นฐานต่อไปนี้

1) หลักในการออกแบบการให้แสง

การให้แสงสว่างโดยทั่วไป สามารถทำได้ โดยปฏิบัติตามหลักต่อไปนี้ (Lechner, 1991 : pp278)

ข้อ 1

ต้องมีการพิจารณาวัตถุที่ต้องการมองในแต่ละพื้นที่ เพื่อการออกแบบการให้แสง เช่น วัตถุต้องการมองที่ละเอียดเพียงใด, สีมีความสำคัญเพียงใด และ วัตถุอยู่ตำแหน่งใด มีแนวการมองในระนาบใด ต้องการส่องสว่างสำหรับระนาบพื้นผิวในแนวตั้งหรือแนวนอน เป็นต้น

ข้อ 2

ทำให้เกิดการส่องสว่างลงบนสิ่งที่ต้องการจะมอง โดยไม่ทำให้เห็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีความเข้มมากเกินไป ซึ่งอาจสามารถทำได้โดยการใช้การให้แสงทางอ้อม คือการที่แสงจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางสู่สิ่งที่ต้องการมองโดยสะท้อนจากตัวสะท้อนและพื้นผิวภายในห้องก่อนอย่างน้อย 1 ครั้ง

ข้อ 3

แสงบาดตาเป็นสิ่งที่ควรป้องกัน ซึ่งสามารถทำได้โดยหลีกเลี่ยงลักษณะที่ทำให้แหล่งกำเนิดแสงหรือ ความสว่างที่สว่างมากเกินไป มาอยู่ในภาพที่มองเห็น หรือ การใช้ตัวบังมาบังแหล่งกำเนิดแสงที่มีความสว่างมากเกินความจำเป็นไว้

ข้อ 4

ในสถานการณ์ทั่วไป การให้แสงที่ดีที่สุด จะประกอบด้วยแสงโดยตรงและแสงกระจาย ซึ่งทำให้เกิดเงา (shadow) และร่ม (shade) ที่ไม่เข้มนัก ซึ่งเป็นการทำให้เห็นความเป็นสามมิติของวัตถุ อย่างมีคุณภาพ

ข้อ 5

ความมืดมีความสำคัญเท่ากับความสว่าง ควรมีการออกแบบให้มีทั้งความมืดและความสว่างเพื่อความไม่น่าเบื่อ แต่ต้องมีการระวังอัตราส่วนความจ้าที่มากเกินไปอันมีผลต่อการปรับตัวของสายตา

ข้อ 6

สามารถให้ความสว่างเพื่อเน้นวัตถุ หรือ พื้นที่หนึ่งๆ ให้เด่นได้ ด้วยการเพิ่มหรือลดความจ้าของสภาพแวดล้อม โดยควรมีอัตราส่วนความจ้า ประมาณ 1 : 10

ข้อ 7

รูปแบบที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายและคุณภาพของแสงมีความสำคัญกว่าปริมาณของแสง ทั้งนี้หากแสงมีคุณภาพดีมากอาจทำให้สามารถลดปริมาณความส่องสว่างลงได้

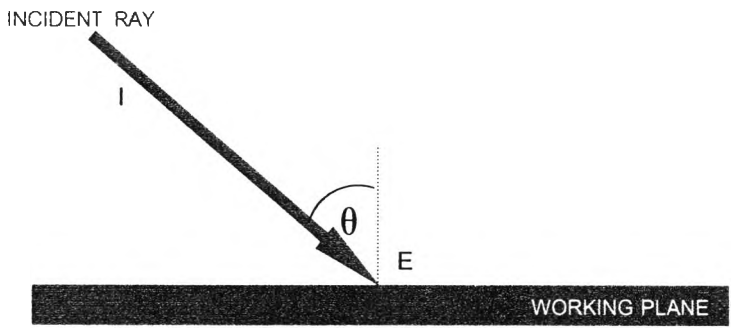
นอกจากหลักดังกล่าวยังมีวิธีการที่เป็นองค์ประกอบของการให้แสงอีกวิธี ซึ่งอยู่ในรูปแบบของการคำนวณความส่องสว่าง ภายในห้องใดๆ

2) **การคำนวณความส่องสว่างภายในอาคาร**

ความมากน้อยของความส่องสว่างขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ (incident angle) คุณลักษณะของแหล่งกำเนิด ลักษณะของพื้นที่ผิวและสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุผิวของห้อง ส่วนคุณภาพจะขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของแสง ตามรูปแบบการคำนวณต่อไปนี้

<u>มุมตกกระทบ</u> (Incident Angle)

ปริมาณของความสว่างของแสงที่ตกกระทบพื้นที่ทำงาน (working plane) ขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของแสงนั้นที่ทำมุมกับแนวตั้งฉากของระนาบทำงาน ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 *แสดงมุมตกกระทบ (incident angle)*

ดังความสัมพันธ์ระหว่างค่าความส่องสว่าง (illumination) กับความเข้มแห่งการส่องสว่าง (intensity) ที่เป็นไปตามสมการต่อไปนี้

$$E = \frac{I * \cos\theta}{d^2} \qquad \text{.....(9)}$$

เมื่อ E คือ ค่าความส่องสว่าง (illumination) มีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล (fc.)

I คือ ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง (indensity) มีหน่วยเป็น แคนเดลา (cadela)

θ คือ มุมตกกระทบของแสง (incident angle)

d คือ ระยะระหว่างแหล่งกำเนิดจุดรับแสง

จะเห็นได้ว่าความส่องสว่างจะมีค่ามากเมื่อโคซายน์เซต้า (cos θ) มีค่ามาก ซึ่งโคซายน์เซต้าแปรผกผันกับค่ามุมเซต้า จึงสามารถกล่าวได้ว่าเซต้าควรมีค่าน้อยที่สุดจึงจะทำให้ความส่องสว่างมีค่ามากที่สุดได้ และ ที่มีค่าน้อยที่สุดก็คือ เซต้า = 0 (θ = zero) หมายความว่า ค่าความส่องสว่างจะมีค่ามากที่สุดถ้ามีการให้แสงตั้งฉากกับระนาบทำงาน (working plane) แต่ทั้งนี้จะต้องพิจารณาระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดกับจุดรับแสงที่มีค่าน้อยที่สุดด้วย

การคำนวณการส่องสว่างอีกรูปแบบหนึ่งเป็นการประมาณการความส่องสว่างภายในห้อง เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันเพราะใช้เวลาอันสั้น เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก ได้แก่ การคำนวณการส่องสว่างแบบลูเมน

<u>การคำนวณการส่องสว่างแบบลูเมน</u>

การคำนวณแบบลูเมน ใช้กับพื้นที่ที่ต้องการความส่องสว่างสม่ำเสมอ มักเป็นพื้นที่ที่ต้องใช้สายตามาก เป็นการคำนวณที่รวมผลของการสะท้อนแสงของวัสดุ ผนัง , พื้น และ เพดาน ด้วย สามารถคำนวณ ตามสมการต่อไปนี้ (ชำนาญ, 2540 : 4-1 - 4-2)

$$E = \frac{L * MF * CU}{A} \qquad \text{.....(10)}$$

เมื่อ E คือ ความส่องสว่าง (illumination,lux)
L คือ ปริมาณแสง (lumen)
MF คือ ปัจจัยในการบำรุงรักษา
CU คือ สัมประสิทธิ์การใช้งาน
A คือ พื้นที่ (ตารางเมตร)

ปัจจัยในการบำรุงรักษา (MF) ขึ้นอยู่กับการบำรุงรักษาวัสดุที่เป็นทางผ่าน หรือ ตัวสะท้อนของแสง ในแสงประดิษฐ์ ได้แก่ ดวงโคม ในขณะที่แสงธรรมชาติ ได้แก่ กระจก และตัวสะท้อน ถ้ามีการทำความสะอาดบ่อย จะต้องการการบำรุงรักษามากทำให้เกิดค่าปัจจัยในการบำรุงรักษา (MF) ค่าน้อยตามไปด้วย ดังนั้นควรมีการทำความสะอาดสม่ำเสมอจึงจะทำให้ค่าความส่องสว่างมีค่ามากตามที่ต้องการ

สัมประสิทธิ์การใช้งาน (CU) คือ อัตราส่วนปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง และการสะท้อนจากพื้น ผนัง และเพดานก่อนส่งมาสู่พื้นทำงาน ต่อ ปริมาณแสงจากแหล่งกำเนิด ค่า

สัมประสิทธิ์การใช้งาน ขึ้นอยู่กับ อัตราส่วนความจุของห้อง (room cavity ratio, RCR) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดาน ผนัง และพื้น สามารถหาได้โดยการเปิดตารางสัมประสิทธิ์การใช้งาน จากตารางสามารถกล่าวได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงยิ่งมากจะยิ่งทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานมากขึ้น ในขณะที่ค่าอัตราส่วนความจุของห้องยิ่งมีค่าน้อย ยิ่งทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน มาก โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานจะมีความแตกต่างกันออกไปตามสภาพท้องฟ้า และ รูปแบบของพื้นที่ใช้สอย ดังตารางที่แนบมา ในภาคผนวก ข.

ค่าอัตราส่วนความจุของห้อง (RCR) คือ อัตราส่วนของความกว้าง ความยาว และความสูงของห้อง ที่มีความสัมพันธ์ตามสมการต่อไปนี้

$$RCR = \frac{5H\ (L + W)}{L * W} \qquad \text{.....(11)}$$

เมื่อ RCR คือ room cavity ratio

L คือ ความยาวห้อง

W คือ ความกว้างห้อง

H คือ ความสูง

ค่าอัตราส่วนความจุห้อง จะแปรผันตามความสูงห้อง คือยิ่งสูงอัตราส่วนความจุห้องจะยิ่งมีค่ามาก ในขณะเดียวกันจะแปรผกผันกับพื้นที่ห้อง (ความกว้าง * ความยาว)

สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุชนิดต่างๆ จะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับลักษณะผิวของวัสดุ สีของวัสดุและลักษณะเฉพาะของวัสดุนั้นๆ สามารถศึกษาสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุต่างๆ ได้จากภาคผนวก ค

ในการให้แสงสว่างสู่พื้นที่ใช้งาน มีความต้องการความสม่ำเสมอ (Uniformity) ในระดับหนึ่งเพื่อประสิทธิภาพในการใช้งาน

<u>ความสม่ำเสมอของแสงสว่าง</u>

พื้นที่ใช้งานที่มีรูปแบบการใช้งานที่ไม่เหมือนกัน จะมีความต้องการความสม่ำเสมอในระดับที่แตกต่างกัน ดังนี้ (ชำนาญ, 2540 : 4-5 - 4-6)

พื้นที่ทำงานที่ต้องการความส่องสว่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ห้อง เนื่องจากอาจมีการเคลื่อนพื้นที่ทำงาน (working plane) ไปยังจุดต่างๆ ของห้อง โดยอัตราความส่องสว่างต่ำสุดต่อความส่องสว่างเฉลี่ยไม่ควรต่ำกว่า 0.8

พื้นที่บริเวณรอบจุดทำงาน ควรมีความส่องสว่างไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความส่องสว่างที่พื้นที่ทำงาน ในกรณีที่พื้นที่ทำงานไม่ต้องการความสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ห้อง หมายถึง การเคลื่อนย้ายพื้นที่ทำงานไม่สามารถทำได้โดยอิสระ

พื้นที่ใช้สอยข้างเคียง เช่น ทางเดินภายนอกห้อง ระเบียง ไม่ควรมีค่าความส่องสว่างต่างจากความส่องสว่างของพื้นที่ใช้สอย มากกว่า 5 : 1

การศึกษาการให้แสงสว่างดังที่กล่าวมาข้างต้น เป็นรูปแบบพื้นฐานที่จะสามาถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับอาคารทั่วไป แต่ในการศึกษานี้มุ่งศึกษาไปที่การให้แสงภายในพื้นที่ใช้สอย จึงมีการสรุปการศึกษาการให้แสงในพื้นที่ใช้สอย ขึ้นมาเพื่อใช้เฉพาะทาง

3) การให้แสงภายในห้อง

วัตถุที่ต้องการมองเห็น บนระนาบทำงาน ภายในพื้นที่ใช้สอย ได้แก่ สมุด หนังสือ หรือสิ่งของที่วางอยู่บนโต๊ะ ดังนั้นจะต้องมีการให้ความสว่างที่ระนาบทำงานเป็นสำคัญ โดยในระนาบทำงานการทำงานโดยทั่วไป จะมีค่าความต้องการความส่องสว่างอยู่ในช่วง 20-2000 ฟุตแคนเดิล หรือ 200-20000 ลักซ์ (จากตารางที่ 2.1) โดยความส่องสว่างในช่วง 20-200 ฟุตแคนเดิล จะเป็นแสงสว่างสำหรับการมองทั่วๆไป ในขณะที่ความส่องสว่างในช่วง 200-2000 ฟุตแคนเดิล จะเป็นแสงที่เหมาะกับการมองอย่างละเอียด ในระยะเวลานาน โดยจะต้องมีความส่องสว่างที่สม่ำเสมอ ที่ความส่องสว่างเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 0.8 ในขณะที่ต้องมีลักษณะที่สามารถกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการทำงาน ไม่น่าเบื่อหรือทำให้ง่วง

ทิศทางในการให้แสงในระนาบทำงานบนโต๊ะทำงาน ควรจะมาจากจากสองทิศทาง คือ ทางด้านบนและด้านซ้ายมือของผู้ทำงาน เนื่องจากคนส่วนใหญ่เขียนหนังสือด้วยมือขวา การให้แสงจากทางด้านซ้ายมือและด้านบน จะไม่ทำให้เกิดเงาดำบังตัวอักษรที่เขียนหรืออ่าน การให้แสงทางด้านขวาและด้านหลังของผู้เขียนหรือผู้อ่านจะเกิดเงาบังทำให้ไม่สามารถมองเห็นได้ ในขณะที่ด้านหน้าเป็นทิศทางที่ไม่เหมาะสมของแหล่งกำเนิดแสง เพราะจะทำให้เกิดแสงบาดตาที่เกิดขึ้นโดยตรงจากแหล่งกำเนิดแสง และเป็นการเบี่ยงเบนความสนใจของผู้ทำงานไปจากการทำงานซึ่งต้องการสมาธิ นอกจากนี้ช่องเปิดในระดับสายตาด้านข้างของพื้นที่ใช้สอย ยังเป็นอีกทิศทางหนึ่งที่อาจสามารถเบี่ยงเบนความสนใจของผู้ทำงานได้ เนื่องจากมุมที่สายตาสามารถมองเห็นภาพด้านข้าง กว้างถึง 90° (จากภาพที่ 2.13) ทำให้ภาพด้านข้างอยู่ในมุมมองของสายตาพอดี

นอกจากความส่องสว่างแล้ว สิ่งที่มีความสำคัญในการมองเห็น ได้แก่ ค่าความเปรียบต่างของตัวอักษรกับกระดาษสมุดหรือหนังสือ, อัตราส่วนความสว่างระหว่างสิ่งแวดล้อมกับ สมุด หนังสือ หรือวัตถุ, อัตราส่วนความสว่างระหว่างวัตถุบนระนาบทำงานกับระนาบภายในห้อง, อัตราส่วนความสว่างระหว่างส่วนที่มืดที่สุดกับส่วนที่สว่างที่สุดภายในห้อง, อัตราส่วนความสว่างระหว่างพื้นผิวที่เป็นช่องเปิด

กับผนังห้องส่วนที่ติดกัน และ อัตราส่วนความสว่างระหว่างภายในกับภายนอกห้อง ซึ่งจะเป็นไปตามค่าในตารางที่ 2.3

ตารางที่ *2.3 แสดงอัตราส่วนความสว่าง (Luminance ratio)*

การเปรียบเทียบค่าของ	**อัตราส่วนความสว่าง**
วัตถุที่มอง กับ สภาพแวดล้อม	3 : 1
วัตถุที่มอง กับ สิ่งแวดล้อมที่เห็นในภาพเดียวกัน	10 : 1
จุดสว่างที่สุด กับ จุดที่มืดที่สุดภายในห้อง	10 : 1*
แหล่งกำเนิดแสง กับ พื้นที่ใกล้เคียง	20 : 1
การตกแต่งภายในโดยทั่วไป	40 : 1

ที่มา *: สุนทร, 2542ข : 16 ; John, 1992 : pp118*

สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ พื้นผิวของห้องที่มีการแนะนำให้ใช้ จะอยู่ในช่วง 60-90% สำหรับเพดาน 35-60%สำหรับผนัง และ 15-50%สำหรับพื้น ดังจะกล่าวแยกตามลักษณะพื้นที่ใช้สอยตามตารางที่ 2.4** ทั้งนี้ค่าที่มีการแนะนำให้ใช้ เป็นค่าที่มีการประมาณการในรูปแบบการใช้งานที่อ้างอิงจากการใช้แสงประดิษฐ์เป็นหลัก

วัสดุที่นำมาใช้เป็นวัสดุผิวภายในไม่ควรเป็นวัสดุที่มีผิวมันโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในตำแหน่งที่อยู่ในมุมมองของสายตา เช่น กระดานติดข่าวสาร โต๊ะทำงาน ผนังเป็นต้น เนื่องจากอาจทำให้เกิดการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาก่อให้เกิดความรำคาญ หรืออาจก่อให้เกิด แสงบาดตาที่เกิดขึ้นจากการสะท้อน (reflected glare or veiling reflection)

* มีที่มาจาก Flynn et al.,1988 อ้างถึงใน สุนทร, 2542ข : 16

** สามารถดูข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก ภาคผนวก ค.

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่แนะนำให้ใช้

ลักษณะพื้นที่ใช้สอย	พื้นผิว	ช่วงของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (%)
ทั่วไป	เพดาน	70-90
	ผนัง	40-50
	เครื่องเรือน	25-45
	พื้น	20-50
สำนักงาน	เพดาน	80-90
	ผนัง	40-60
	เครื่องเรือน และอุปกรณ์สำนักงาน	25-45
	พื้น	20-40
ที่อยู่อาศัย	เพดาน	60-90
	ผนัง รวมถึงผ้าม่าน	35-60
	พื้น	15-35
โรงเรียน	เพดาน	70-90
	ผนัง	40-60
	กระดานดำ	20
	พื้น	30-50
อุตสาหกรรม	เพดาน	80-90
	ผนัง	40-60
	อุปกรณ์ และ พื้นโต๊ะ	25-45
	พื้น	20 ขึ้นไป

ที่มา : เผดิม ไชยสิงห์ . การฝึกอบรม "ข้อกำหนดมาตรฐานการออกแบบ และ การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารควบคุม เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน" ของกรมพัฒนา และ ส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อม

หลังจากการเรียนรู้เกี่ยวกับแสงไปแล้วข้างต้นเพื่อการศึกษารูปแบบการใช้แสงธรรมชาติด้านข้างสำหรับห้องอาคาร จึงควรมีการศึกษาพื้นฐานเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ และ การใช้แสงธรรมชาติเพื่อสามารถประยุกต์ใช้งานได้

2.2 แนวคิด และ ทฤษฎี เกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

แสงธรรมชาติมีจุดเด่น คือ เป็นแสงที่ได้มาเปล่าไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช่จ่ายในการผลิตไปจนถึงการใช้งาน สามารถนำมาหมุนเวียนใช้ได้ หากนำมาใช้ให้แสงภายในอาคารจะช่วยให้สามารถลกพลังงาน และ ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปกับแสงสว่างจากไฟฟ้าประดิษฐ์โดยแสงธรรมชาติมีประสิทธิภาพสูงถึง 50-125 ลูเมน ต่อวัตต์ (จากตารางที่ 1.1) เมื่อเปรียบเทียบแล้วจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอด ฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กันโดยทั่วไปประมาณ 1-2 เท่า

แสงธรรมชาติให้ผลเชิงจิตวิทยา และการมองเห็นโดย แสงสามารถทำให้รู้สึกสดชื่นไปจนถึงปลอดภัยได้จากการที่แสงมีปริมาณมาก และ กระจายในที่กว้างนอกจากนี้การเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงระดับความส่องสว่างตลอดเวลา จะสามารถบ่งบอกเวลา และ เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความตื่นตาตื่นใจไม่น่าเบื่ออย่างที่เกิดในแสงประดิษฐ์ที่มีความสม่ำเสมอ คงที่ตลอดเวลา และ แสงธรรมชาติยังมีคุณสมบัติทางสีที่สมบูรณ์ทำให้เห็นวัตถุได้สมจริงที่สุด ซึ่งไม่มีแสงประดิษฐ์ใดสามารถทำได้

แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นแสงธรรมชาติมีข้อจำกัดในการใช้งานไม่น้อยเช่นกัน เราจะสามารถนำแสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ เฉพาะช่วงเวลากลางวันและช่วงที่มีสภาพท้องฟ้าสดใสเท่านั้น แลงที่ได้จากธรรมชาติมีความเข้มแห่งการส่องสว่างสูง ยากต่อการป้องกันปัญหาแสงบาดตา และ อาจทำให้เกิดปัญหาการปรับตัวของสายตาระหว่างการเข้า-ออกอาคาร ความร้อนที่มาพร้อมกับแสงก็มีปริมาณมากเช่นเดียวกันเป็นการยากที่จะเปิดรับแสงโดยไม่เปิดรับปริมาณความร้อน และ ประการสุดท้ายแสงธรรมชาติมีความแปรปรวนสูงยากต่อการควบคุม

แหล่งกำเนิดแสงโดยตรงตามธรรมชาติแบ่งออกเป็น แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (sunlight) และ แสงสะท้อนจากท้องฟ้า (skylight หรือ daylight) โดยที่แหล่งกำเนิดทางอ้อมของแสงธรรมชาติจะเกิดขึ้นจากการสะท้อนของพื้นผิวของสิ่งต่างๆบนพื้นโลก ซึ่งการศึกษาที่มาของแสงธรรมชาติเป็นพื้นฐานที่สำคัญส่วนหนึ่งของการศึกษารูปแบบการใช้แสงธรรมชาติ

2.2.1 องค์ประกอบของแสงธรรมชาติ

แสงธรรมชาติที่นำมาใช้ภายในอาคารมีที่มาจากแสงจากท้องฟ้าที่ ประกอบด้วย แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ แสงสะท้อนจากท้องฟ้า แสงที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนจากสิ่งแวดล้อม ในที่นี้ คือ แสงที่สะท้อนจากพื้นและสิ่งแวดล้อม รวมถึง แสงสะท้อนจากสภาพภายในของพื้นที่ใช้สอยเอง

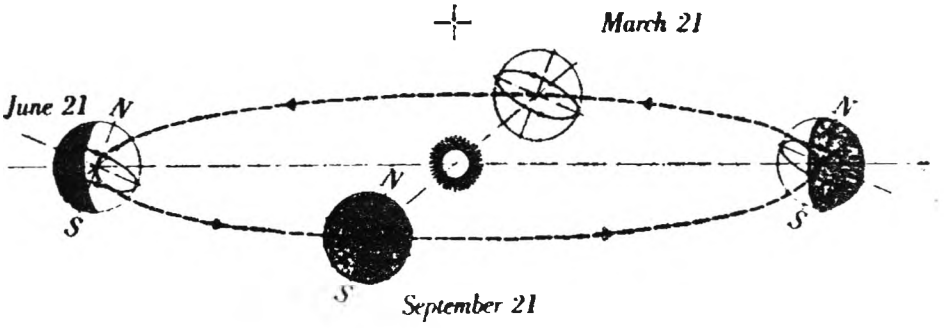
1) แสงที่มาจากท้องฟ้า

แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และ แสงสะท้อนจากท้องฟ้ามีความแตกต่างกันอย่างมาก แสงสะท้อนจากท้องฟ้าจะให้ระดับความส่องสว่างประมาณ 400-1,400 ฟุตแคนเดิล (fc.) ในขณะที่แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ให้ ระดับความส่องสว่างตั้งแต่ 10,000 ฟุตแคนเดิล ขึ้นไป (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2540 : 40) นอกจากแสงโดยตรงจะมีระดับความส่องสว่างที่สูงมาก ยังมีความแปรปรวนสูง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดแสง คือดวงอาทิตย์ และ อิทธิพลของท้องฟ้าที่มากระทบกับดวงอาทิตย์ เช่น การบังของเมฆ ซึ่งปัจจัยสำคัญของแสงที่มาจากท้องฟ้า คือ ดวงอาทิตย์ และ สภาพท้องฟ้า

<u>ดวงอาทิตย์</u> (The Sun)

ดวงอาทิตย์มีผลต่อการใช้งาน และ ที่ตั้งของอาคาร ในแง่ของพลังงานการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (solar radiation or insolation) ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นที่มาของความร้อน และ แสงสว่าง ซึ่งมีความแปรปรวนตามทิศทางการเคลื่อนที่และ ระยะห่างระหว่างดวงอาทิตย์กับโลก (ธนิต, 2540 : 26-27)

โลกหมุนรอบตัวเองด้วยแกนเอียง 23.5^{o} พร้อมๆกับโคจรเป็นรูปวงรีรอบดวงอาทิตย์ (ดังภาพที่ 2.18) โลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบทำให้เกิดเวลา 24 ชั่วโมง หรือ 1 วัน ประกอบด้วยกลางวัน ในเวลาที่จุดสังเกตมองเห็นดวงอาทิตย์ และ กลางคืน ในเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่อีกด้านหนึ่งของซีกโลก เวลาที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลกที่สุดคือ เวลาเที่ยงวัน หรือ 12.00น. และจะขนานกับพื้นโลกที่สุด เมื่อขึ้นหรือตกจากขอบฟ้าในเวลาเช้า หรือ เย็น

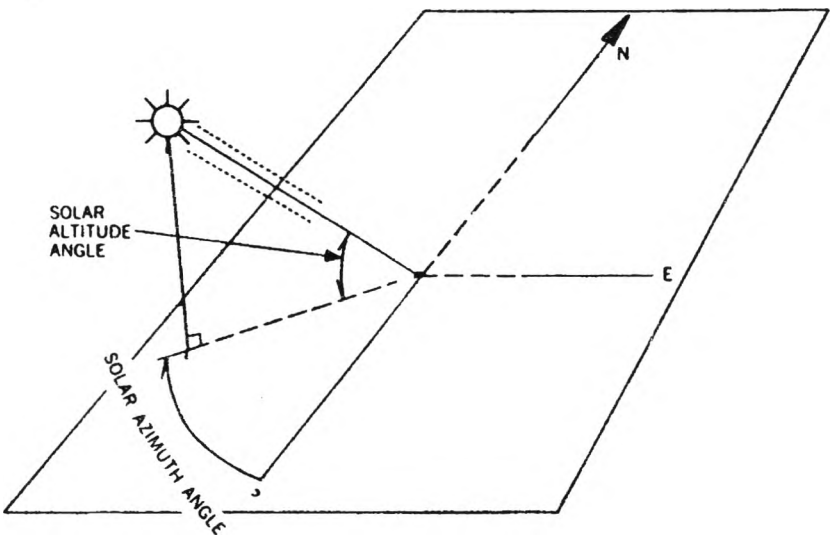


ภาพที่ 2.18 *แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์*

ที่มา : *Olgyay and Olgyay, 1957 : pp52*

โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ครบรอบรวมเป็นเวลา 1 ปี การที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ดวงอาทิตย์จะอยู่ใกล้โลกมากที่สุดทางทิศเหนือในวันที่ 22 มิถุนายนของทุกปี วันนี้จะเป็นวันที่ได้รับแสงเป็นระยะเวลานานที่สุด ดวงอาทิตย์จะอยู่ไกลโลกมากที่สุดทางทิศใต้ในวันที่ 22 ธันวาคมของทุกปีซึ่งจะเป็นวันที่ได้รับแสงอาทิตย์ในระยะเวลาสั้นที่สุด อยู่ในฤดูร้อน และ หนาวตามลำดับ โดยในประเทศไทยดวงอาทิตย์จะตั้งฉากกับพื้นโลกมากที่สุด ในช่วงวันที่ 14 สิงหาคม-27 เมษายนของทุกปี (Thai gypsum products public company limited,1995 : pp 61-62)

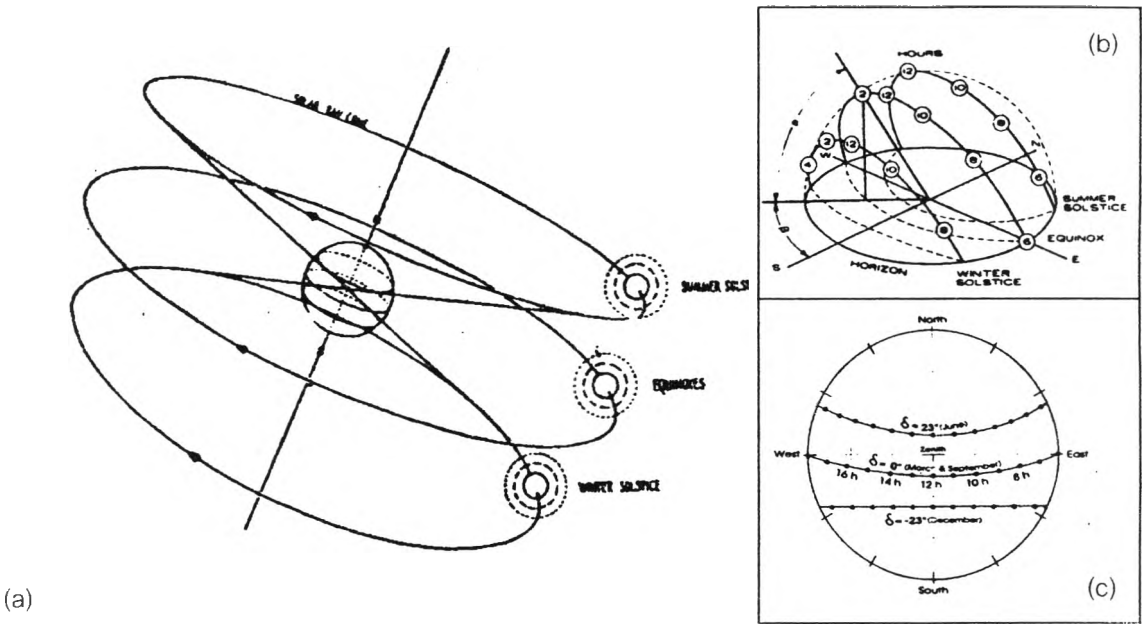
มีการใช้มุมอ้างอิงตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนโลก 2 มุม ได้แก่ มุม อัลติจูด (altitude angle) เป็นมุมของดวงอาทิตย์ที่ทำกับพื้นโลกในแนวตั้ง และ มุมอะซิมุท (azimuth angle) เป็นมุมในแนวนอนของดวงอาทิตย์ที่ทำกับแกนทิศใต้ของจุดนั้นๆ ดังภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 *ภาพแสดงการอ้างอิงตำแหน่งของดวงอาทิตย์*

ที่มา : *ปรับมาจาก Anderson, B.N..,1977 : pp302*

จากการที่โลกหมุนรอบตัวเอง และโคจรรอบดวงอาทิตย์ เมื่อมีการอ้างอิงตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนพื้นโลกทำให้เสมือนว่า ดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกเป็นวงแหวนซ้อนกันหลายวง จนทำให้เป็นเส้นทางผ่านของดวงอาทิตย์บนพื้นโลก ดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 *(a) (b) และ (c) แสดงเส้นทางผ่านของดวงอาทิตย์บนพื้นโลก*

ที่มา : *(a) Olgyay, 1957 : pp52*

(b) Anderson, B.N..,1977: pp312

(c) Thai gypsum products public company limited, 1995 : pp61

ได้มีการพัฒนารูปแบบการอ้างอิงตำแหน่งดังกล่าว ให้อยู่ในรูปแบบของ ซันชาร์ท (sun chart) เพื่อการใช้งานต่อไป* ซึ่งตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละสถานที่ จะมีรูปแบบที่ต่างกันไปตาม latitude ที่ต่างกัน

ตามที่กล่าวมาแล้วความแปรปรวนของแสงอาทิตย์ ขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้าเป็นหลัก เนื่องจากสภาพท้องฟ้า สามารถทำให้เกิดค่าความส่องสว่างที่ต่างกันอย่างมากระหว่างแสงที่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์ กับ แสงที่ได้รับจากแสงสะท้อนที่กระจายจากก้อนเมฆ และ อนุภาคในอากาศที่รับแสงจากดวงอาทิตย์

<u>สภาพท้องฟ้า</u> <u>(Sky Condition)</u>

ปริมาณของเมฆ และ อนุภาคในอากาศ เช่นฝุ่น ควัน และ ไอน้ำ มีผลต่อปริมาณแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมาบนพื้นดิน โดยทั่วไปแล้วจะมีการจำแนกสภาพท้องฟ้าออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

---

* ได้มีการรวบรวม ซันชาร์ท (sun chart) ในแต่ละ ละติจูด (latitude) ไว้ในภาคผนวก ง.

– **ท้องฟ้ามีเมฆมาก** (Overcast Sky / CIE)

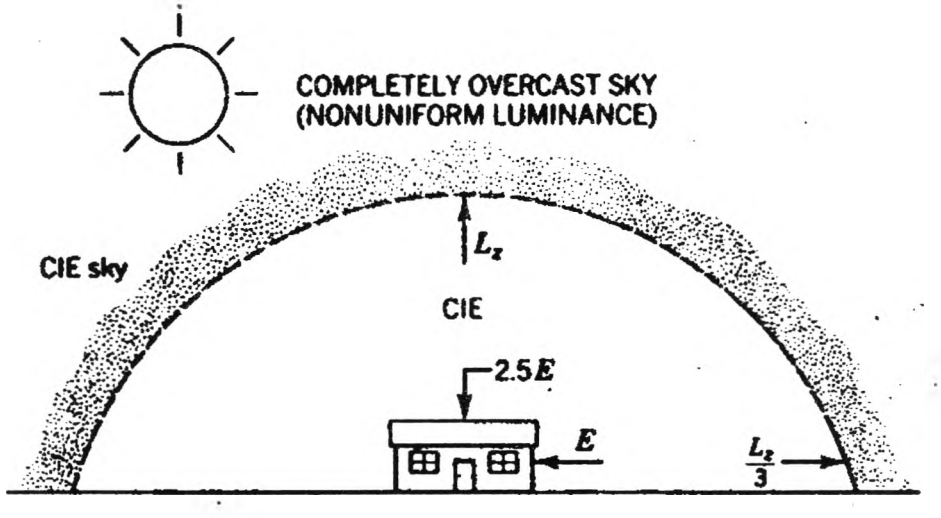
เป็นสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆมากปกคลุมทั่วท้องฟ้า มากกว่า 70% (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542 : 41) ท้องฟ้าประเภทนี้จะไม่สามารถเห็นแหล่งกำเนิด คือดวงอาทิตย์ได้ (พรรณชลัท สุริโยธิน และ พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์, 2541 :7) สภาพท้องฟ้าแบบ มีเมฆมาก แบ่งออกเป็น

สภาพท้องฟ้าที่มีความสว่างในปริมาณที่แตกต่างกัน (non-uniform brightness) ซึ่งมีความสว่างในระดับสูงสุด (zenith brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ มีค่ามากกว่าความสว่างในแนวระนาบ (horizon brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้งถึง 3 เท่า

$$L_A = L_Z / 3 \qquad \text{.....(12)}$$

เมื่อ L_Z คือ ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ (zenith brightness)

L_A คือ ความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง (horizon brightness)



***ภาพที่** 2.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างในแนวระนาบ และ แนวตั้ง ของ ท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก (overcast sky) ที่มีความสว่างในปริมาณที่แตกต่างกัน (non-uniform brightness)*

***ที่มา** : Stein, 1992 : pp974*

โดยค่าความสว่างของท้องฟ้าที่จุดใดๆ สามารถพิจารณาได้จากมุมอัลติจูด ของดวงอาทิตย์ เป็นไปตามสมการต่อไปนี้

$$L_Z = 123 + 8600 \sin A \quad \text{.....(13)}$$

$$L_A = \frac{L_Z(1 + 2 \sin A)}{3} \quad \text{.....(14)}$$

เมื่อ L_Z คือ ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ (zenith brightness)

L_A คือ ความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง (horizon brightness)

A คือ มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ (solar altitude angle)

ส่วนลักษณะท้องฟ้าที่มีความสว่างในปริมาณที่สม่ำเสมอ (uniform brightness) ค่าความส่องสว่าง ทั้ง 2 ระนาบจะมีค่าเท่ากัน

$$L_A = L_Z \quad \text{.....(15)}$$

เมื่อ L_Z คือ ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ (zenith brightness)

L_A คือ ความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง (horizon brightness)

ค่าความส่องสว่าง ที่ระดับแนวระนาบภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ มีเมฆมาก (E_H มีหน่วยเป็น lux) จะแปรผันตาม มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ ดังสมการ

$$E_H = 300 + 21{,}000 \sin A \quad \text{.....(16)}$$

เมื่อ E_H คือ ค่าความส่องสว่างในแนวระนาบ

A คือ มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ (solar altitude angle)

โดยระดับความส่องสว่างในแนวระนาบภายนอก (exterior horizontal vertical illumination) 2.5 เท่า โดยประมาณ (**พรรณชลัท และ พิรัส**, 2541 : 7)

– **ท้องฟ้าโปร่ง** (Clear sky)

เป็นสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆน้อยปริมาณปกคลุมท้องฟ้าไม่เกิน 30% (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540 : 41) จึงสามารถเห็นแหล่งกำเนิดคือดวงอาทิตย์ได้ ระดับความส่องสว่างของท้องฟ้าประเภทนี้เกิดจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้าซึ่งขึ้นอยู่

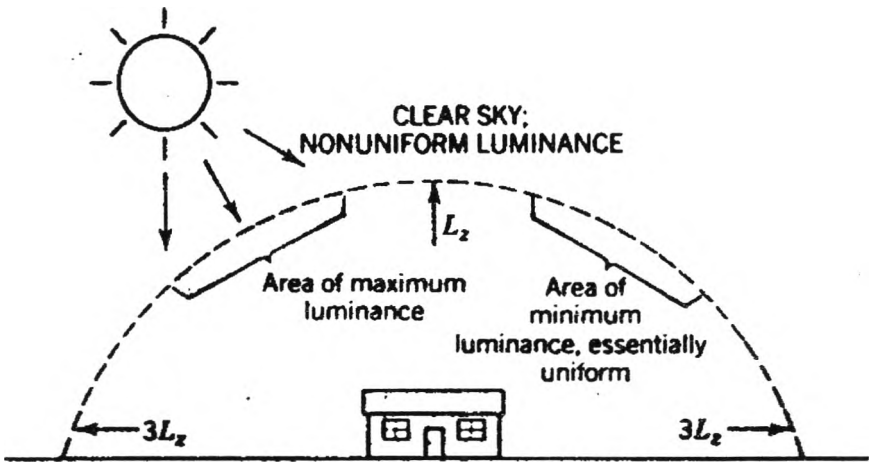
กับ มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ ที่เปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ ทำให้ความสว่างของท้องฟ้ามีปริมาณที่แตกต่างกัน (non-uniform luminance)

เมื่อไม่พิจารณามุมที่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง (horizon brightness) จะมีค่าเป็น 3 เท่าของความสว่าง ในระดับที่สูงที่สุดที่ส่องบนพื้นผิวในแนวระนาบ (zenith brightness)

$$L_A = 3\,L_Z \qquad \text{.....(17)}$$

เมื่อ L_Z คือ ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ (zenith brightness)

L_A คือ ความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง (horizon brightness)



ภาพที่ *2.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างในแนวระนาบ และ แนวตั้ง ของสภาพท้องฟ้าแบบ ท้องฟ้าโปร่ง (clear sky)*

ที่มา : *Stein, 1992 : pp974*

ความส่องสว่างของพื้นผิวในแนวระนาบ เนื่องจากแสงกระจายของท้องฟ้า หากพิจารณาเพียงครึ่งส่วนของท้องฟ้า (half sky) จะมีค่าความส่องสว่างอยู่ระหว่าง 300-2,000 ฟุตแคนเดิล มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,000 ฟุตแคนเดิล (คมกฤช ชูเกียรติมั่น, 2540 : 23)

ค่าความส่องสว่างในแนวระนาบภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่ง (E_H) แบ่งพิจารณาเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่เกิดจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียวจะเป็นไปตามสมการ

$$E_H = 1345 + 14,795 \sin A \quad \text{.....(18)}$$

เมื่อ E_H คือ ค่าความส่องสว่างในแนวระนาบ

A คือ มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ (solar altitude angle)

กรณีที่เกิดจากรังสีตรงเพียงอย่างเดียวจะเป็นไปตามสมการ

$$\log E_H = 4.466 + 0.31 \log A \quad \text{.....(19)}$$

เมื่อ E_H คือ ค่าความส่องสว่างในแนวระนาบ

A คือ มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ (solar altitude angle)

จากความสัมพันธ์จะพบว่าเมื่อ ความสว่างจะสูง เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ใกล้ด้านหน้าของระนาบนั้นๆ และ จะมีค่าต่ำเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ไกลในด้านตรงกันข้าม ทางด้านหลังของระนาบนั้นๆ แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาการสะท้อนแสงจากวัตถุ หรือพื้นผิวอื่นด้วย

— **ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน** (Partly Cloudy Sky)

เป็นสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆ ในปริมาณปานกลางปกคลุมประมาณ 30-70% โดยระดับความส่องสว่างจะมีความแปรปรวนสูงจากการเคลื่อนที่ของเมฆ (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540 : 41) ท้องฟ้าประเภทนี้จะสามารถหาระดับความสว่างของท้องฟ้าได้ยากมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเมฆตลอดเวลา หากเมฆที่ปกคลุมมีปริมาณน้อย และเบาบาง ท้องฟ้าจะมีค่าระดับความส่องสว่างมากกว่าระดับความส่องสว่างของท้องฟ้าโปร่ง (clear sky) 10-15% ซึ่งเป็นผลมาจากการสะท้อนแสงของเมฆ (Nadamura and Oki, 1983 อ้างถึงใน คมกฤช, 2540 : 25)

ค่าความส่องสว่างในแนวระนาบภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ มีเมฆบางส่วน จะเป็นไปตามสมการนี้

กรณีที่เกิดจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียวจะเป็นไปตามสมการ

$$E_H = 570 A \quad \text{.....(20)}$$

เมื่อ E_H คือ ค่าความส่องสว่างในแนวระนาบ

A คือ มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ (solar altitude angle)

จากสภาพท้องฟ้า 2 แบบหลังนี้สามารถหาความสัมพันธ์ของ ความส่องสว่างของท้องฟ้าอันเกิดจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และ แสงกระจายจากท้องฟ้า กับ ระดับความส่องสว่างเฉลี่ยรวมทั้งหมดในแนวระนาบ ตามสมการต่อไปนี้

กรณีที่เกิดจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียวจะเป็นไปตามสมการ

$$E_H = 0.35\,E_S + 0.89\,E_C \qquad \text{.....(21)}$$

เมื่อ E_H คือ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยรวมทั้งหมดในแนวระนาบ

E_S คือ ค่าความส่องสว่างแนวระนาบของแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์

E_C คือ ค่าความส่องสว่างแนวระนาบของแสงกระจายจากท้องฟ้า

2) **แสงสะท้อนจากพื้นผิว**

ในที่นี้แบ่งออกเป็น แสงสะท้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอก และ แสงสะท้อนจากพื้นผิวภายในพื้นที่ใช้สอย

<u>แสงสะท้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอก</u>

ได้แก่ แสงที่สะท้อนจากพื้นผิวของพื้นภายนอก และพื้นผิวของสิ่งต่างๆที่แวดล้อมอาคารอยู่ เช่น ต้นไม้ สิ่งก่อสร้าง และ อาคารข้างเคียง

แสงสะท้อนจากสภาพแวดล้อมนี้ ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ของพื้นผิวของสภาพแวดล้อมดังกล่าว ที่มีความสัมพันธ์กับจุดพิจารณา รวมไปถึงค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวนั้น (Koenigsberger, 1973 : pp143) ทั้งนี้ค่าการสะท้อนแสงของสภาพแวดล้อมจะมีความแตกต่างกัน ในกรณีที่สภาพแวดล้อมเป็นอาคารหรือพื้นคอนกรีต อาจมีค่าการสะท้อนแสงสูงถึง 80-90% โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาคารในปัจจุบันมักใช้วัสดุกระจก หรือ ทาสีขาว ในขณะที่สภาพแวดล้อมที่เป็นต้นไม้หรือพื้นหญ้า จะมีค่าการสะท้อนแสงที่ต่ำมาก เพียง 6% เท่านั้น (สุนทร, 2542 ก. : 11-12 ; 2542 ข. : 4)

<u>แสงสะท้อนจากพื้นผิวภายในพื้นที่ใช้สอย</u>

จะขึ้นอยู่กับขนาดของห้อง อัตราส่วนของพื้นที่ผนัง พื้นผิวที่มีความสัมพันธ์กับพื้นที่หน้าต่าง และค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายใน (Koenigsberger, 1973 : pp 141-143)

แสงสะท้อนจากพื้นผิว ทั้ง 2 ประเภทนี้ จะมีผลต่อการพิจารณาออกแบบรูปแบบการใช้แสงโดยตรง ซึ่งจะกล่าวอย่างละเอียดในลำดับต่อไป

2.2.2 หลักการในการใช้แสงธรรมชาติ

เนื่องจากข้อกำจัดของแสงธรรมชาติในเรื่อง ปริมาณแสง และ ความร้อนที่เข้ามาสู่อาคารมากเกินความจำเป็น ที่จะต้องมีหลักการ เพื่อปรับสภาพแสงให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยเฉพาะ การใช้แสงในสภาพอากาศร้อนอย่างในประเทศไทย

1) ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร นอกจากจะเกิดจาก ปริมาณของแสงยังเกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพของสายตา ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร ได้แก่ (สุนทร, 2541 : 94-95)

<u>ความร้อน</u>

ในสภาพอากาศเขตร้อนชื้นดังในประเทศไทย มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการป้องกันไม่ให้ความร้อน เข้า และ สะสมภายในอาคาร แต่ในทางปฏิบัติ เมื่อมีความต้องการที่จะใช้แสงธรรมชาติ จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะป้องกันความร้อนได้ทั้งหมด เนื่องจากแสงจะมาพร้อมกับความร้อน จะต้องมีการพิจารณาใช้แสงเท่าที่จำเป็น ก่อให้เกิดความร้อนน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

<u>ความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้า</u>

ความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้าขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ และ เมฆบนท้องฟ้า ซึ่งอาจจะสามารถลดปัญหาในส่วนนี้ได้โดยการแยกพื้นที่ตามชนิดกิจกรรม ว่าสามารถรับความแปรปรวนของแสงได้มากน้อยเพียงใด และการลดความแปรปรวนโดย การหลีกเลี่ยงแสงโดยตรงที่มีความ

แปรปรวนสูง และ ลดปริมาณแสงโดยตรงโดยการกระจายแสง ให้ตกลงบนพื้นที่ใช้งานได้อย่างสม่ำเสมอ

ความต้องการในการใช้แสงธรรมชาติให้ได้มากที่สุด

เนื่องจากแสงที่ได้จากธรรมชาติมีปริมาณมากแต่การปิดล้อมที่ว่างของตัวอาคาร จะเป็นการสกัดกั้นไม่ให้แสงเข้าสู่ภายในอาคารทำให้เสียประโยชน์ไป จึงควรมีการออกแบบให้สามารถรับแสงธรรมชาติให้ได้มากที่สุดจากทุกทิศทาง เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติให้ได้มากที่สุดแม้ในเวลาแสงน้อย

การควบคุมไม่ให้เกิดแสงบาดตา

เป็นสิ่งที่จำเป็นนอกจากจะเกี่ยวกับ ความสามารถในการมองเห็นโดยตรง แล้วยังมีผลต่อ การปรับตัวของสายตา และ มีผลทางด้านจิตวิทยาคือรบกวนสมาธิผู้ใช้อาคาร ซึ่งสามารถควบคุมไม่ให้เกิดแสงบาดตาได้โดยการคำนึงถึงมุมมองของสายตาของผู้ใช้อาคาร การควบคุมสภาพแวดล้อม การเลือกใช้ช่องแสง และ การพิจารณาแสงที่ให้แก่พื้นที่ภายในอาคาร

จากตัวแปรดังกล่าวจำเป็นต้องมีการแก้ไข หรือ เสริมจุดด้อยของแสงธรรมชาติ ตามหลักการที่จะกล่าวในหัวข้อต่อไป

2) **หลักการที่ใช้ในการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร**

จากการศึกษา (สุนทร, 2541 ; Lechner, 1995 ; John, 1992 ; Ogyay, 1957 ; Thai gypsum products public company limited, 1995) พบหลักการในการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารโดยสรุปดังนี้

การป้องกันความร้อน

ดังที่กล่าวมาแล้ว การออกแบบการใช้แสงภายในสภาพอากาศเขตร้อนชื้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องป้องกันความร้อนเข้าและเกิดการสะสมภายในอาคาร ความร้อนจะเข้าสู่อาคารได้จาก 3 วิธี ได้แก่

— **การนำ** (Conduction)

ความร้อนจะถ่ายเท และ สะสมในเปลือกอาคาร จนถึงจุดหนึ่งจะคายความร้อนออกจากเปลือกอาคารทั้ง 2 ด้าน มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังสมการต่อไปนี้

$$q = U * A * CLTD \quad \text{.....(22)}$$

เมื่อ q คือ ปริมาณความร้อน (W)
U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน ($W/m^2.k$)
A คือ พื้นที่เปลือกอาคาร (m^2)
CLTD คือ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิว ภายนอก และ ภายใน

หมายความว่าในการใช้แสงธรรมชาติควรใช้วัสดุเปลือกอาคาร ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนต่ำ คือ มีความต้านทานความร้อนสูง และ เปลือกอาคารควรมีส่วนรับความร้อนจากภายนอกที่มีพื้นที่น้อยที่สุด

— **การพา** (Convection)

สามารถเกิดขึ้นได้ เมื่อมีตัวกลางที่เป็นของไหลเท่านั้น สำหรับอาคาร จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออาคารเป็นอาคารเปิด ระบบแพสซีฟ (passive) คือยอมให้มีการเคลื่อนที่ของอากาศระหว่างภายใน และ ภายนอกอาคาร ความร้อนจะเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของลม และ จะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิภายนอกมากกว่าอุณหภูมิภายในเท่านั้น

— **การแผ่รังสี** (Radiation)

เกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางโดยความร้อนจากดวงอาทิตย์จะผ่านเข้าสู่ภายในอาคารได้ ทางพื้นผิวโปร่งแสง โดยตรง มีตัวแปรสำคัญดังสมการต่อไปนี้

$$q = A * SC * SCL \quad \text{.....(23)}$$

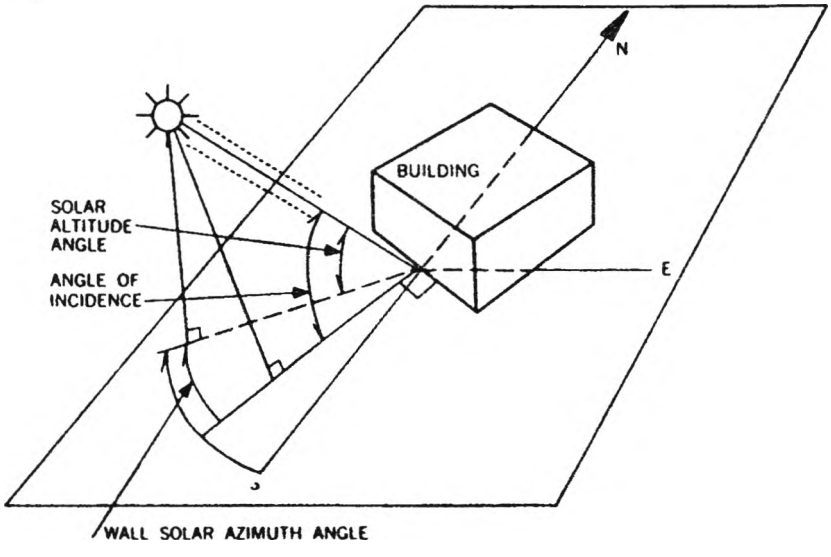
เมื่อ q คือ ปริมาณความร้อน (W)
A คือ พื้นที่เปลือกอาคาร (m^2)
SC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient)
SCL คือ ปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์ (W/m^2)

หมายความว่า ถ้ามีการบังแสงโดยตรงได้ทั้งหมด ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจะน้อยที่สุด คือ 0 (ศูนย์) ทำให้ความร้อนที่เข้าสู่อาคารโดยการแผ่รังสีไม่เกิดขึ้น

จะเห็นได้ว่าหากมีการบังแสงตรงจากดวงอาทิตย์จะสามารถลดการส่งผ่านความร้อนโดยการแผ่รังสี ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในปริมาณมาก เนื่องจากขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์เป็นหลัก

<u>การหลีกเลี่ยงแสงโดยตรง และ ใช้แสงกระจายจากท้องฟ้า</u>

นอกจาก จะสามารถ ลดความสามารถ ลดความแปรปรวนของแสงได้ส่วนหนึ่งแล้วยังสามารถลดความร้อนเข้าสู่ภายในทางการแผ่รังสีความร้อน (radiation) สามารถทำได้โดยการบังแดดโดยตรงทั้งหมด หรืออย่างน้อยในช่วงเวลาการใช้งาน แล้วใช้แสงกระจายจากท้องฟ้า ทั้งนี้รูปแบบการบังแดดที่เหมาะสม ควรมีการบังให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ สามารถเปิดรับแสงกระจายจากท้องฟ้า โดยให้ตัวบังอยู่ห่างจากช่องเปิดที่สุด คือมี โซลิดแองเกิล (solid angle) น้อยที่สุด และ อยู่สูงจากช่องเปิดที่สุด คือ ทำให้เกิด มุมกระกระทบ (incident angle) น้อยที่สุด



ภาพที่ *2.23 แสดงการอ้างอิงมุมของดวงอาทิตย์ ที่สัมพันธ์กับแนวตั้งฉากของอาคาร (profile angle)*

ที่มา *: ปรับมาจาก Anderson, B.N..,1977: pp 302*

ถ้าเป็นไปได้ ควรเลือกใช้แสงกระจายจากท้องฟ้าในทิศเหนือ เนื่องจากมีอิทธิพลจากแสงโดยตรงน้อยที่สุด มีช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์ผ่านน้อยที่สุด และ มี มุมโพรไฟล์ (profile angle) (จากภาพที่ 2.23) ที่มากที่สุด สามารถบังแสงโดยตรงได้ง่าย ในขณะที่ ทิศตะวันออก และ ทิศตะวันตก เป็นทิศที่ควรหลีกเลี่ยงเนื่องจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในเวลาเช้า และ เย็น จะอยู่ในแนวระนาบตั้งฉากกับช่องเปิดพอดี

ยากต่อการป้องกันอย่างยิ่ง (Thai gypsum products public company limited, 1995 : pp 71) มุมโพรไฟล์ ที่ต้องบังในทิศเหนือ คือ 60° ในทิศใต้ คือ 30° ในทิศตะวันออก และ ตะวันตก ใช้มุมโพรไฟล์ที่ 24° และ จะต้องบังด้านข้างที่มุมแบริ่ง (bearing) 25°* (สุนทร, 2541 : 240)

การเลือกชนิดกิจกรรมที่เหมาะสม

ในการออกแบบแสงธรรมชาติควรมีการพิจารณาลักษณะของกิจกรรมแต่ละชนิด และ จัดแบ่งหมวดหมู่ของกิจกรรม เพื่อเลือกชนิดกิจกรรมที่เหมาะสม กับแต่ละพื้นที่ใช้สอยที่สามารถรับแสงธรรมชาติได้ในรูปแบบที่ต่างกัน อาจสามารถแบ่งหมวดหมู่ของกิจกรรมได้ดังต่อไปนี้ (สุนทร, 2541 : 97)

– **พื้นที่ส่วน แพสซีฟ** (Passive Zone)

คือบริเวณที่ยอมให้แสงภายในอาคารมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ค่อนข้างมาก จึงเป็นพื้นที่ที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ได้มากที่สุด แต่จะต้องอยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม พื้นที่ส่วนนี้ต้องการความเปลี่ยนแปลงที่จะสามารถทำให้ผู้ใช้อาคารสามารถรับรู้ความเปลี่ยนแปลงของสภาพภายนอกอาคารได้ ทั้งยังต้องการความสัมพันธ์กับภายนอกพอสมควร พื้นที่กิจกรรมดังกล่าว ยกตัวอย่างเช่น บริเวณโถงทางเข้า โถงกลาง ทางสัญจร ส่วนพักผ่อน และ ส่วนเก็บของ เป็นต้น

– **พื้นที่ส่วนกึ่งแพสซีฟ** (Semi-Passive Zone)

คือ บริเวณที่ยอมให้อาคารมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ปานกลางมีการควบคุมสภาวะภายในอาคาร ให้อยู่ในระดับปกติ ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงแสงสว่างตามสภาพภายนอกได้บ้างพื้นที่ส่วนนี้เป็นพื้นที่ทำงานทั่วไป ที่ไม่ต้องการความละเอียดในการมอง หรือ ต้องการการใช้สมาธิมากนัก ยกตัวอย่างเช่น สำนักงาน พื้นที่อ่านหนังสือ เป็นต้น เป็นพื้นที่ที่ต้องมีการออกแบบผสานระบบธรรมชาติกับระบบเครื่องจักรกล

– **พื้นที่ส่วนควบคุม** (Control Zone)

คือ บริเวณที่ยอมให้ภายในมีการเปลี่ยนแปลงสภาพได้น้อยที่สุด ต้องการการควบคุม ไม่ต้องการอิทธิพลจากสภาวะภายนอก จึงเป็นพื้นที่ที่ต้องควบคุมด้วยระบบเครื่องจักรกลทั้งหมด เพราะไม่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้เลย พื้นที่ส่วนนี้ เช่น ห้องประชุม สัมมนา เป็นต้น

---

* คำอธิบาย และ รายละเอียดจากภาคผนวก ง.

การควบคุมสภาพแวดล้อมทั้งภายใน และ ภายนอก

ต้องมีการออกแบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายนอก ไม่ให้มีความจ้ามากเกินไป ยกตัวอย่างเช่น เมื่อสิ่งแวดล้อมมีค่าการสะท้อนแสงมากเกินไปอาจมีผลทำให้เกิดแสงบาดตาภายในอาคาร ในทางตรงกันข้าม หากสิ่งแวดล้อมมีปริมาณหนาแน่นและมีค่าการสะท้อนแสงน้อย จะทำให้แสงที่เข้าสู่ภายในอาคารมีปริมาณน้อย

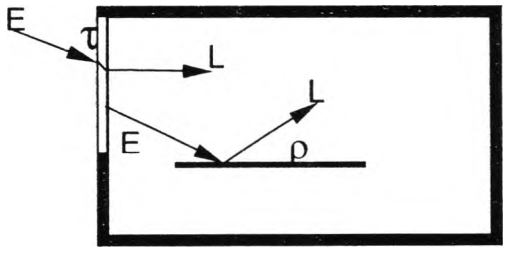
ในทำนองเดียวกัน สภาพภายในห้อง จะต้องมีการกำหนดตำแหน่งต่างๆให้สะดวกในการสะท้อน ไม่บังแสงกระจายและแสงสะท้อนที่จะเข้ามามากนัก ที่สำคัญที่สุดคือการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวต่างๆภายในห้อง ให้เหมาะสม มีประสิทธิภาพในการกระจายแสงธรรมชาติ

การคำนึงถึงมุมมอง

การเปิดช่องเปิด นอกจากจะมีจุดประสงค์ในการรับแสงธรรมชาติแล้ว ยังเป็นการเปิดมุมมองเพื่อสร้างความต่อเนื่องระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (visual connection) เนื่องจากความต้องการการรับรู้การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมรอบตัวมนุษย์ จึงอาจสามารถกล่าวได้ว่า ช่องแสงในระดับสายตามีความจำเป็น ทั้งนี้จะต้องมีการระมัดระวัง เพราะอาจก่อให้เกิดแสงบาดตา และ เบี่ยงเบนความสนใจของผู้ใช้อาคารไปจากกิจกรรมที่กำลังทำอยู่

การคำนึงถึงประสิทธิภาพในการให้แสง

ควรเปิดรับแสงให้ได้ปริมาณมากที่สุดโดยเกิดความร้อนน้อยที่สุด ทั้งนี้การใช้แสงที่นำเข้ามาอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด สามารถทำได้โดยการทำให้แสงตกกระทบพื้นที่ทำงาน (working plane) มีมุมตกกระทบ (incident angle,θ) และระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับจุดตกกระทบน้อยที่สุด* พื้นผิวของวัสดุควรมีค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่าน และ สะท้อนแสงมากที่สุด

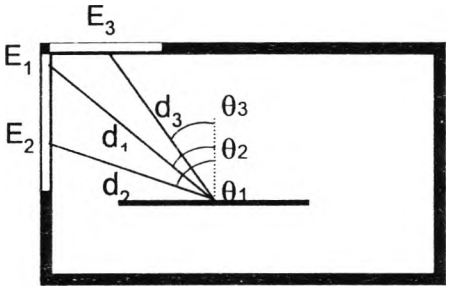


ภาพที่ 2.24 แสดงความสัมพันธ์ของความส่องสว่างกับความสว่าง ที่เข้าสู่อาคารทางช่องเปิด

---

* จาก $E = I \cos\theta / d^2$

เมื่อพิจารณากับการให้แสงจากช่องเปิด เมื่อมีการส่องสว่างผ่านกระจก เข้ามาภายใน แสงเข้าสู่ตาคนเกิดการมองเห็นคือความสว่าง ในขณะที่กระจกจะเป็นเสมือนแหล่งกำเนิดทางอ้อม (Secondary source) ส่องสว่างสู่พื้นผิวภายใน ตกกระทบวัตถุสะท้อนแสงเข้าสู่ตาคน เกิดความสว่าง ทำให้สามารถมองเห็นวัตถุได้



ภาพที่ *2.25 แสดงความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบ กับ ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดถึงจุดตกกระทบ*

เมื่อกระจกมีสภาพเป็นแหล่งกำเนิด แสงจากแหล่งกำเนิดส่องเข้าสู่ระนาบทำงานด้วยมุม และระยะทางที่ต่างกัน รูปแบบที่มีมุมตกกระทบเป็นมุมที่น้อยที่สุด และ ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดกับจุดรับแสงน้อยที่สุดจะเป็นรูปแบบที่ดีที่สุด จากภาพที่ 2.25 จะเห็นได้ว่า ช่องแสงในตำแหน่งที่สูงกว่าจะทำให้เกิดมุมตกกระทบที่น้อยกว่า แต่จะมีระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดกับจุดรับแสงมากกว่า จึงอาจสามารถกล่าวได้ว่า ช่องแสงสูงที่อยู่ไกลเกินไป อาจทำให้แสงน้อยกว่าช่องแสงที่ต่ำกว่าก็เป็นได้

<u>การเลือกประเภทช่องแสง และ อุปกรณ์</u>

ขนาดช่องแสงควรมีพื้นที่รับความร้อนน้อยที่สุด ในขณะที่ยอมให้แสงเข้ามากที่สุด วัสดุกระจกควรมีรูปแบบที่สามารถต้านทานความร้อนได้ดีเพื่อ ป้องกันการแผ่รังสีความร้อน (radiation) ลดการนำความร้อน (conduction) และยอมให้แสงผ่านได้ดี

ช่องแสงในระดับสายตา (view window) มีความสำคัญในเรื่องความต่อเนื่องของการมองเห็น (visual connection) เป็นหลัก ดังนั้นเพื่อป้องกันการเกิดแสงบาดตา และ การรบกวนสมาธิจากการที่แสงเข้าสู่ภาพที่เห็น ช่องแสงในระดับสายตาควรมีลักษณะมุมมน หรือ ปาดมุม เกลี่ยแสงเพื่อลดความเปรียบต่างที่มากเกินไป และมีการใช้วัสดุกระจกที่สามารถลดความเข้มของแสงให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะ ทั้งนี้ช่องแสงในระดับสายตา ขนาดที่ใช้โดยทั่วไปนั้น สามารถทำให้แสงเข้าสู่พื้นที่ใช้งานได้เพียงพอ ที่ความลึก ประมาณ 2-3 เมตร จากริมหน้าต่าง (สุนทร, 2541 : 98)

ช่องแสงสูง (high window) จะสามารถทำให้แสงเข้าสู่ภายในได้ลึกขึ้น และ จะยิ่งมีผลดีถ้ามีการกำหนดตำแหน่งให้ลึกเข้าไป เนื่องจากจะเป็นการทำให้มุมตกกระทบ มีค่าน้อย* ทั้งนี้สามารถ

---

* จาก $E = I \cos\theta / d^2$

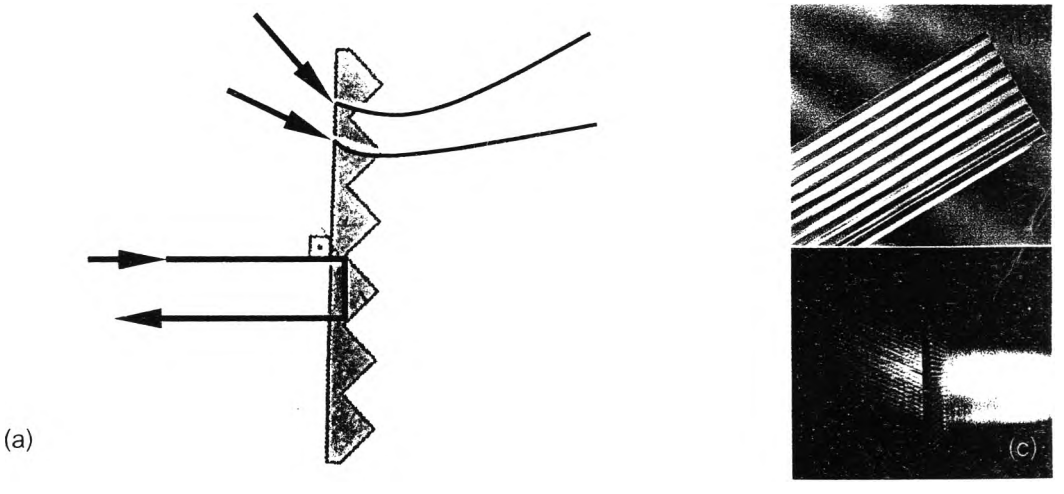
พิจารณาเลือกใช้ช่องแสงสูง ที่อยู่กลางอาคารเพื่อนำแสงเข้ามาใช้ได้ทุกทิศทาง ในขณะที่ช่องแสงสูงที่เป็นช่องแสงด้านข้างบริเวณขอบอาคารเหมาะที่จะใช้ในทิศเหนือ (สุนทร, 2541 : 98) ทั้งนี้ในทางปฏิบัติแล้วอาจไม่สามารถทำให้ช่องแสงอยู่ในตำแหน่งที่สูงหรือลึกได้มากนัก เนื่องจากจะมีผลต่อรูปร่าง และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของอาคาร

นอกจากนี้ยังต้องมีการพิจารณาอุปกรณ์ที่ใช้ในการดึงแสงธรรมชาติ เช่น หิ้งสะท้อนแสง (lightshelf) , ท่อนำแสง (lightpipe) , อุปกรณ์บังแดด (shading device) บางรูปแบบ และ ตัวสะท้อนแสง (reflector) อื่นๆ ซึ่งใช้หลักการของการสะท้อนแสงเข้าสู่อาคาร ประสิทธิภาพในการดึงแสงเข้าสู่อาคารจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้นผิวอุปกรณ์เป็นหลัก แต่ในการใช้งานจริงอาจไม่สามารถเลือกวัสดุที่มีค่าการสะท้อนที่ดีที่สุดในทุกกรณี ประกอบกับปัจจัยด้านความสะอาด มีผลต่อค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ คือ หากมีความสกปรก ค่าการสะท้อนแสงจะลดลง อาจจะสามารถกล่าวได้ว่า อุปกรณ์ดังกล่าวมีข้อจำกัดในการใช้งานพอสมควร

<u>การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม</u>

การใช้เทคโนโลยี ได้แก่ การใช้วัสดุหรืออุปกรณ์ที่ออกแบบคิดค้นมาเพื่อแก้ปัญหา แบ่งออกเป็น ลักษณะการบังหรือกรองแสงอัตโนมัติ และการควบคุมการใช้ไฟฟ้าเพื่อเสริมการใช้แสงธรรมชาติ

ในปัจจุบันมีการค้นพบเทคโนโลยีใหม่ขึ้นมากมาย เพื่อการบังหรือกรองแสง เช่น การใช้ม่านหรือ มู่ลี่อัตโนมัติจะบังเมื่อมีแสงมากเกินปริมาณที่ต้องการที่เกิดขึ้นเพียงบางเวลาในต่างทิศทาง , การใช้แผ่นฟิล์มที่ให้ร่มเมื่อมีแสงมาตกกระทบในปริมาณมาก (คล้ายเลนส์ปรับแสงของแว่นตา) , การใช้แผ่นรับแสงที่เป็นปริซึม สามารถตัดแสงออกไปได้บางส่วนและสามารถหักเหให้แสงเบี่ยงเบนไปไม่เข้ามาโดยตรง ดังภาพที่ 2.26 (Daniels, 1994 : pp143)



ภาพที่ 2.26 *(a) (b) และ (c) แสดงวัสดุแผ่นหยักทรงปริซึม*

ที่มา *: (a) และ (b) Horzog, 1996*

(c) Daniels, 1994 : pp149

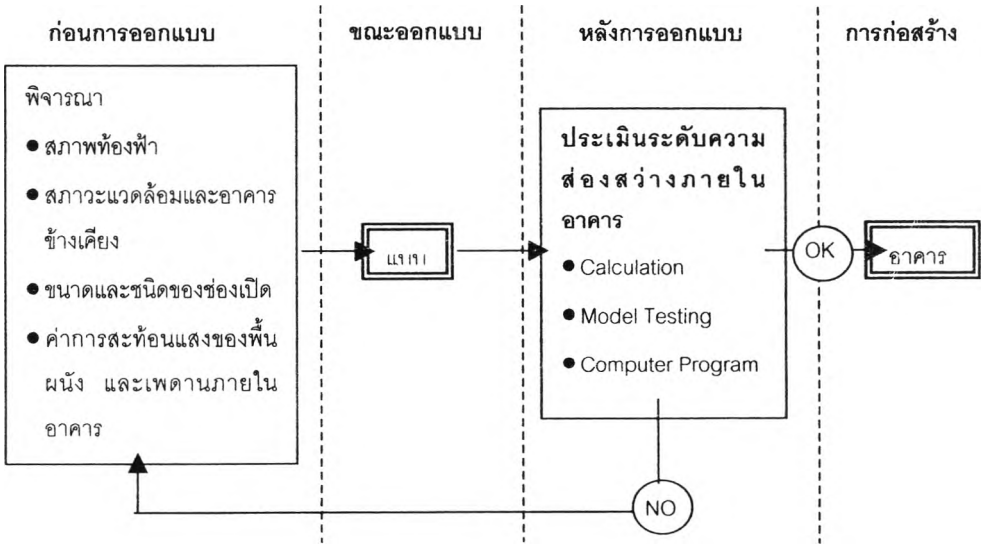
นอกจากนี้ยังมีรูปแบบการใช้เทคโนโลยีอีกรูปแบบหนึ่ง คือ การควบคุมปริมาณการใช้ของแสงไฟฟ้า มีระบบควบคุม 2 รูปแบบ คือ ระบบเปิด-ปิด และระบบหรี่ (Lechner, 1991 : pp 342) ระบบแรกจะเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน และมีราคาถูกกว่าในขณะที่ระบบที่ 2 จะมีราคาแพง แต่สามารถควบคุมให้มีการประสานการใช้แสงธรรมชาติกับแสงประดิษฐ์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า ยังผลให้เกิดการลดการใช้พลังงานที่ดีกว่าระบบแรก

ระบบที่เป็นอัตโนมัติ จะมีตัวรับแสง (sensor) อยู่ 2 รูปแบบ คือ ตัวรับแสงจับการเคลื่อนไหวของคน และ ตัวรับแสงจับปริมาณแสงสว่าง (ธนิต, 2540 : 18) ในการใช้งานเรื่องแสงสว่าง จะใช้เฉพาะตัวรับแสง รูปแบบหลังนี้เท่านั้น

จากหลักการดังกล่าวได้มีผู้ค้นพบวิธีการในการศึกษาเพื่อประเมินค่าความส่องสว่าง ในขั้นตอนของการออกแบบเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการใช้แสงสว่างภายในอาคาร

3) วิธีการที่ใช้ในการประเมินระดับความส่องสว่างภายในอาคาร

ก่อนที่จะมีการออกแบบจะต้องมีการพิจารณาปัจจัยต่างๆ เพื่อออกแบบให้เกิดลักษณะที่คาดว่าเป็นลักษณะที่ดี แต่จะเป็นการเสี่ยงเกินไปที่จะสร้างอาคารขึ้นเลย หลังจากการออกแบบแล้ว เนื่องจากจะไม่สามารถทราบได้เลยว่า ลักษณะที่คาดว่าดีนั้น มีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่ต่อเมื่อมีการใช้งานอาคารนั้นไปแล้ว และหากลักษณะที่ออกแบบไปนั้น มีข้อบกพร่องที่ทำให้ไม่เกิดประโยชน์ตามที่คาดไว้ จะเป็นการยากและสิ้นเปลืองในการปรับปรุงแก้ไข การประเมินแบบที่ออกก่อนที่จะมีการก่อสร้างจึงมีความสำคัญมาก เพราะหากต้องมีการแก้ไข ก็จะยังอยู่ในขั้นตอนของการออกแบบเพียงขั้นตอนเดียวเท่านั้น



ภาพที่ 2.27 *ผังแสดงกระบวนการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในการออกแบบ*

ที่มา : *จากการสัมนาโดย พรรณชลัท และ พิรัส, 2541*

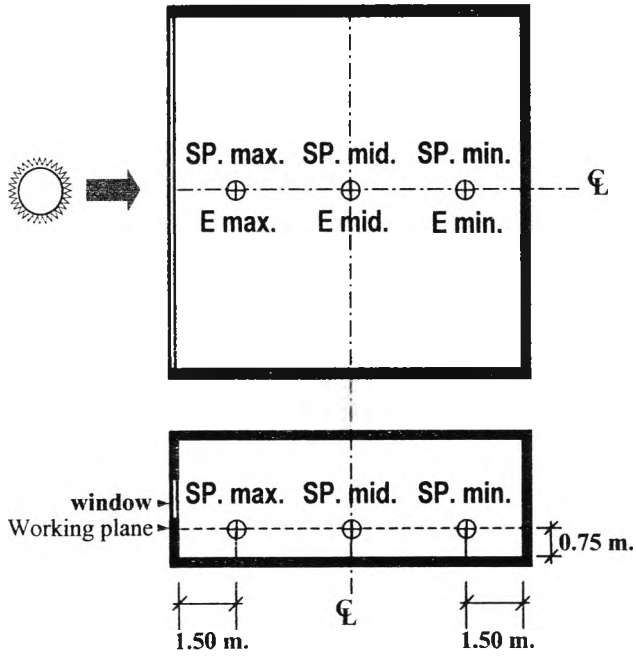
การประเมินระดับความส่องสว่างในอาคารสามารถทำได้หลากหลายวิธี แต่จะสามารถจำแนกออก ได้เป็น 3 วิธีใหญ่ๆ ได้แก่

การคำนวณ (Calculation)

การพิจารณาประเมินระดับความส่องสว่างภายในอาคารด้วยการคำนวณ แบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ ลูเมนเมทตอท (Lumen Method) , เดย์ไลท์แฟคเตอร์เมทตอท (Daylight Factor Method) และ ฟลักซ์ทรานส์เฟอร์เมทตอท (Flux Transfer Method) (คมกฤช, 2540 : 28) ในการศึกษานี้จะกล่าวถึงวิธีลูเมนเมทตอท และ เดย์ไลท์แฟคเตอร์เมทตอท ซึ่งเป็นวิธีที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เท่านั้น

- **ลูเมนเมทตอท** (Lumen Method)

เป็นการพิจารณาค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบ ณ จุดใดจุดหนึ่งในระดับที่กำหนดภายในอาคาร มีที่มาจากปริมาณแสงจากภายนอกผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในอาคารในขณะหนึ่ง



ภาพที่ 2.28 *ภาพแสดงการกำหนดตำแหน่งในวิธีลูเมนเมทตอท*

ที่มา *: เขียนขึ้นใหม่จาก คมกฤช, 2540 : 31*

วิธีนี้เหมาะกับห้องที่มีขนาดเล็ก แสงสะท้อนจากสภาพแวดล้อมและพื้นผิวภายใน มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในห้องนั้นๆ โดยทั่วไปพิจารณาเพียง 3 จุด (Station Point, S.P.) ซึ่งอยู่กึ่งกลางในแนวตั้งฉากกับระนาบของช่องเปิด สูงขึ้นจากพื้น อยู่ในระนาบทำงาน (working plane) ประกอบด้วย

S.P. max. คือ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากช่องเปิด 5 ฟุต

S.P. mid. คือ ตำแหน่งจุดศูนย์กลางห้อง

S.P. min. คือ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากผนังด้านตรงข้ามช่องเปิด 5 ฟุต

โดยกำหนดค่าความส่องสว่างที่วัดได้ เป็น E max. , E mid. และ E min. ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2.28 ซึ่งค่าความส่องสว่างสามารถคำนวณได้ตามสมการต่อไปนี้

$$E_{sp} = E_{ev} * A_{gl} * T_{gl} * CU \qquad \text{.....(24)}$$

เมื่อ E_{sp} คือ ค่าความส่องสว่างภายในที่จุดพิจารณาในแนวนอน

E_{ev} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

A_{gl} คือ พื้นที่ช่องเปิด

T_{gl} คือ ค่าการส่องผ่านของวัสดุช่องเปิด

CU คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน

ค่า สัมประสิทธิ์การใช้งาน (CU) พิจารณาจากองค์ประกอบขนาดของห้อง และค่าการสะท้อนแสงของผนัง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

C คือ สัดส่วนห้องในแนวระนาบ (ความกว้างและความยาว) ที่สัมพันธ์กับค่าสะท้อนแสงของผนัง

K คือ สัดส่วนของผนัง (ความสูงและความกว้าง) ที่สัมพันธ์กับค่าสะท้อนแสงของผนัง

ค่า E_{ev} , ค่า C และค่า K แยกพิจารณาเป็น 2 ส่วน จากการส่องสว่างจากท้องฟ้า และการส่องสว่างของแสงสะท้อนจากพื้นดินภายนอก

$$E_{sp} = [E_{sv} * A_{gl} * T_{gl} * C_s * K_s] + [E_{gv} * A_{gl} * T_{gl} * C_g * K_g] \qquad \text{.....(25)}$$

เมื่อ E_{sp} คือ ค่าความส่องสว่างภายในที่จุดพิจารณาในแนวนอน

E_{sv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของท้องฟ้าที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

A_{gl} คือ พื้นที่ช่องเปิด

T_{gl} คือ ค่าการส่องผ่านของวัสดุช่องเปิด

C_s และ K_s คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน ของการส่องสว่างจากท้องฟ้า

E_{gv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกที่ตก กระทบพื้นผิวในแนวตั้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก และ สัดส่วนของพื้นภายนอกที่ท้องฟ้าด้านหนึ่ง (field proportion factor)

C_g และ K_g คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน ของการส่องสว่างของแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก

$$E_{gv} = R_g * \text{field proportion factor} \quad \text{.....(26)}$$

เมื่อ R_g คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก

field proportion factor คือ สัดส่วนของพื้นภายนอกที่ท้องฟ้าด้านหนึ่งๆ ยกตัวอย่างเช่น กำหนดค่าเป็น 0.5 เมื่อช่องเปิดด้านหนึ่งๆได้รับอิทธิพลจากการสะท้อนแสงจากพื้น และ แสงจากท้องฟ้าเป็นพื้นที่เท่ากัน

ค่า C และ ค่า K เป็นค่าคงที่ใต้สภาพท้องฟ้าหนึ่งๆ ในการพิจารณาค่าความส่องสว่างที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง จำเป็นต้องพิจารณาถึงสภาพท้องฟ้าแต่ละแบบ ดังต่อไปนี้

– ท้องฟ้ามีเมฆมาก (overcast sky)

$$E_{sv} = E_V - [E_H * 0.1] \quad \text{.....(27)}$$

$$E_{gv} = E_H * 0.1 \quad \text{.....(28)}$$

$$E_{sv} = E_V - E_{gv} \quad \text{.....(29)}$$

เมื่อ E_{sv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของท้องฟ้าที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

E_{gv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกที่ตก กระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

E_H คือ ค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ

E_V คือ ค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

– ท้องฟ้าโปร่ง (clear sky)

เมื่อไม่มีแสงโดยตรง

$$E_{sv} = E_{dv} \quad \text{.....(30)}$$

$$E_{gv} = E_H * 0.1 \quad \text{.....(31)}$$

เมื่อ E_{sv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของท้องฟ้าที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

E_{gv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกที่ตก กระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

E_{dv} คือ ค่าความส่องสว่างของแสงกระจายจากท้องฟ้าที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

E_H คือ ค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ

เมื่อมีแสงโดยตรง

$$E_{sv} = E_V - [E_H * 0.1] \quad \text{.....(32)}$$

เมื่อ E_{sv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของท้องฟ้าที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

E_V คือ ค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

E_H คือ ค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ

— ท้องฟ้าที่มีความสว่างสม่ำเสมอ (uniform sky)

เมื่อมีการป้องกันแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์

$$E_{sv} = E_{gv} \quad \text{.....(33)}$$

เมื่อ E_{sv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของท้องฟ้าที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

E_{gv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

เมื่อพิจารณาสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก (overcast sky)

$$E_{sv} = 0.5 * E_V \quad \text{.....(34)}$$

เมื่อ E_{sv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของท้องฟ้าที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

E_V คือ ค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

ลูเมนเมทตอท เป็นวิธีที่มีการพิจารณาค่าความส่องสว่างรวม (absolute illuminance) แสงจะอยู่ในรูปแบบปริมาณแสงต่อหน่วยพื้นที่ (fc. หรือ lux) ซึ่งค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับเวลา ทิศทางการเปิดช่องเปิด และ สภาพท้องฟ้า ในขณะที่เดย์ไลท์แฟคเตอร์เมทตอท จะเป็นการพิจารณาโดยอาศัยอัตราส่วนระหว่างค่าความส่องสว่างภายในกับภายนอก (relative illuminance) อยู่ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ จึงเป็นอิสระจากเวลาและทิศทางการเปิดรับแสง

- **เดย์ไลท์แฟคเตอร์เมทตอท** (Daylight Factor Method / D.F.)

เป็นวิธีการเหมาะพื้นที่ขนาดใหญ่ ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ (daylight factor) คือ ค่าสัดส่วนของปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่ภายในอาคารในจุดพิจารณาต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่ภายนอกอาคารในแนวระนาบ (Stein, 1992 : pp979)

$$D.F.\ (\%) = \frac{\text{ความสว่างภายใน} \times 100\%}{\text{ความสว่างภายนอก}} \qquad \text{.....(35)}$$

ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ มีองค์ประกอบสำคัญ ที่มีผลต่อแสงสว่างธรรมชาติ 3 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky Component, SC) , องค์ประกอบภายนอก (Externally Reflected Component, ERC) และองค์ประกอบภายใน (Internally Reflected Component, IRC) โดยมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$D.F. = SC + ERC + IRC \qquad \text{.....(36)}$$

เมื่อ SC คือ องค์ประกอบจากท้องฟ้า
ERC คือ องค์ประกอบภายนอก
IRC คือ องค์ประกอบภายใน

สามารถคำนวณค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ได้หลายวิธี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

— การใช้สูตร

เป็นการคำนวณแบบคร่าวๆ แบ่งการคำนวณตามลักษณะช่องแสง (Moore, 1993 : pp325) ดังนี้

ช่องเปิดด้านข้าง

$$D.F. = \frac{10\,(W)\,(H)^2}{(D)(D^2+H^2)} + \frac{4\,(A_{gl})\,(\rho)}{A_t\,(1-\rho)} \qquad \text{.....(37)}$$

เมื่อ W คือ ความกว้างของช่องแสง (ft.)
H คือ ความสูงของช่องเปิดเหนือระนาบทำงาน (ft.)

D คือ ระยะห่างจากช่องแสงถึงจุดพิจารณา (ft.)

A_{gl} คือ พื้นที่กระจก (ft^2)

ρ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของผนัง (%)

A_f คือ พื้นที่พื้น (ft^2)

ช่องเปิดด้านบน

$$D.F. = \frac{(S)(CU)(A_{gl})}{(A_f)} \qquad \text{.....(38)}$$

เมื่อ S คือ ปัจจัยจากสิ่งบดบังท้องฟ้า (Sky obstruction factor)*

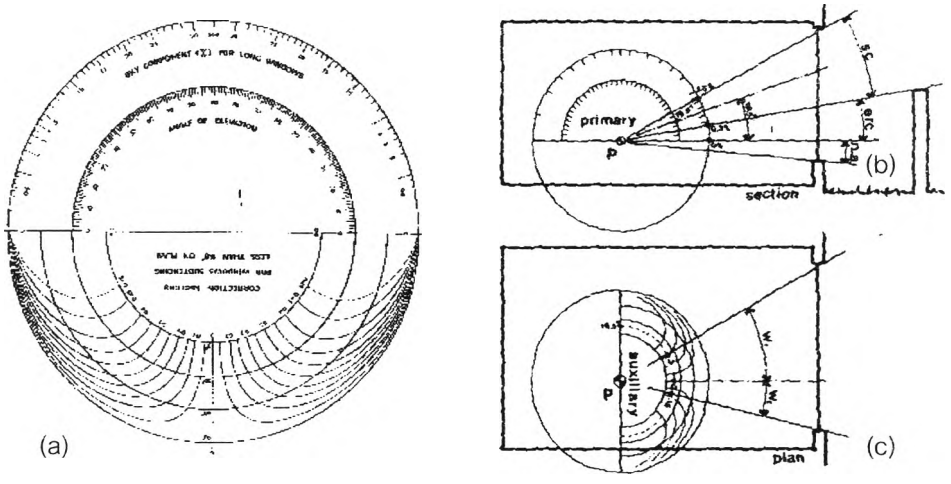
CU คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน (coefficient of utilization)

A_{gl} คือ พื้นที่กระจก (ft^2)

A_f คือ พื้นที่พื้น (ft^2)

— กราฟฟิคเมทตอท (Graphic Method)

เป็นวิธีการที่มีการใช้ภาพและอุปกรณ์ในการช่วยคำนวณ มีหลายวิธีตามอุปกรณ์ที่ใช้ ดังนี้ (Derek, 1964 ; Moore, 1993 ;Hopkinson, Petherbridge, and Longmore, 1966)



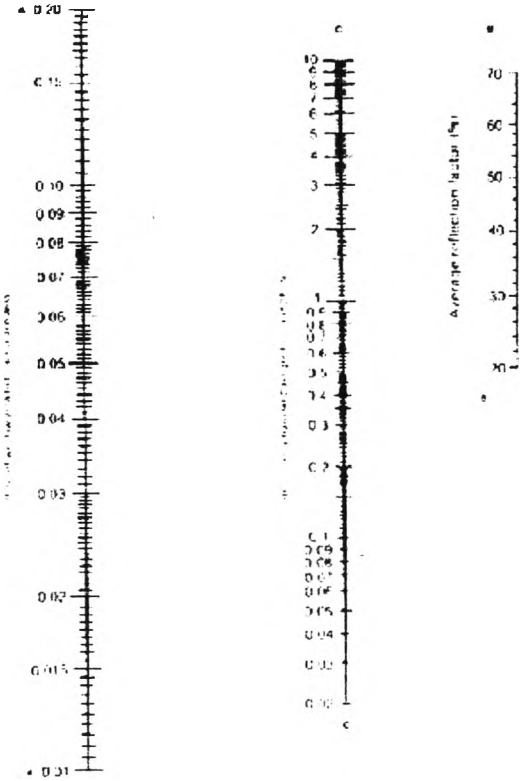
ภาพที่ *2.29 ภาพแสดงบีอาร์เอสโปรแทรกเตอร์ และ วิธีในการใช้*

(a) บีอาร์เอสโปรแทรกเตอร์สำหรับช่องแสงในแนวตั้ง ท้องฟ้ามีเมฆมาก

(b) การใช้บีอาร์แอสโปรแทรกเตอร์กับรูปตัดตามความลึกห้อง และ (c) การใช้บีอาร์แอสโปรแทรกเตอร์กับผังพื้นห้อง

ที่มา : *(a) Moore, 1993 : pp260 (b) และ (c) Moore, 1993 : pp183*

* เมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางจะมีค่า 1.0



ภาพที่ 2.30 *ภาพแสดงโนโมแกรมที่ใช้ในการทำนายองค์ประกอบค่าการสะท้อนแสงภายในห้อง*
ที่มา *: Hopkinson, 1966 : pp219*

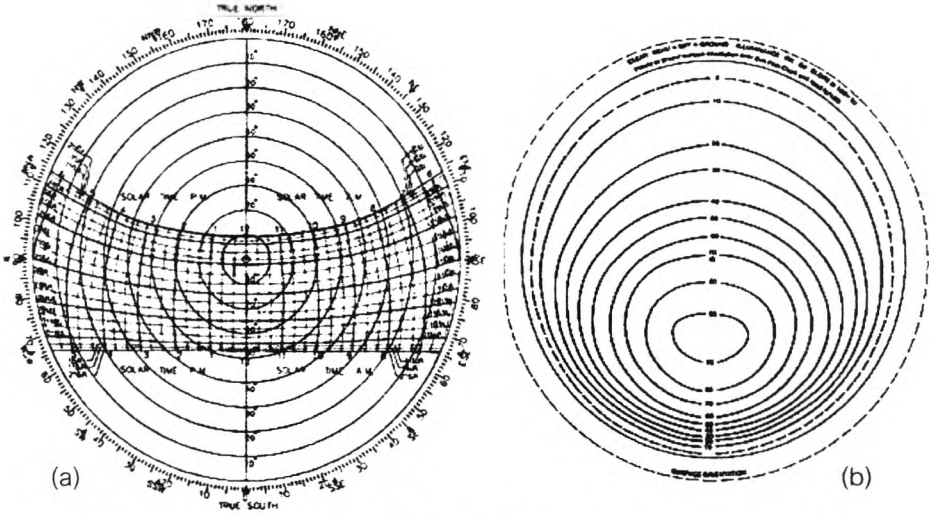
- เดย์ไลท์แฟคเตอร์โปรแทรคเตอร์ (Daylight Factor Protractor)

เป็นวิธีการที่ใช้ บีอาร์เอสโปรเทรคเตอร์ (BRS Protractor), ค่าจากตาราง และ โมโนแกรม (monogram) ร่วมกับการคำนวณ จะเป็นวิธีที่ค่อนข้างละเอียด มีการแยกคิดแต่ละองค์ประกอบ และค่าการสะท้อนอย่างละเอียด สามารถหาได้ในหลายสภาพท้องฟ้าโดยการใช้ บีอาร์เอสโปรเทรคเตอร์ ที่ต่างกัน

- การซ้อนทับผังเส้นเพื่อหาค่าความส่องสว่างของพื้นผิวภายนอก (Exterior Illuminance Contour Overlays)

เป็นวิธีการที่ใช้ ผังแนวการโคจรของดวงอาทิตย์ (Sun Path Chart) วางซ้อนทับลงบนผังเส้นค่าความส่องสว่าง (illuminance contour) โดยหมุนผังเส้นค่าความส่องสว่างส่วนล่างให้ตรงกับทิศทางการเปิดช่องเปิด จะได้ค่าความส่องสว่างที่พื้นผิวภายนอก ณ.เวลาต่างๆ จากจุดตัดของเส้นจากผังทั้งสอง จุดเด่นของวิธีนี้คือสามารถใช้ในกรณีที่แสงตรงจากดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่อช่องเปิด ค่าความส่องสว่างจะมีความแตกต่างกันออกไปเมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์และทิศทางการเปิดช่องเปิดต่างกัน โดยจะสามารถหาค่าได้หลากหลายเมื่อใช้ผังเส้นค่าความ

ส่องสว่างที่ต่างกันไป ตามอิทธิพลแสงตรงจากดวงอาทิตย์ แสงจากท้องฟ้า และแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก รวมถึงความลาดเอียงของช่องเปิดค่าต่างๆ



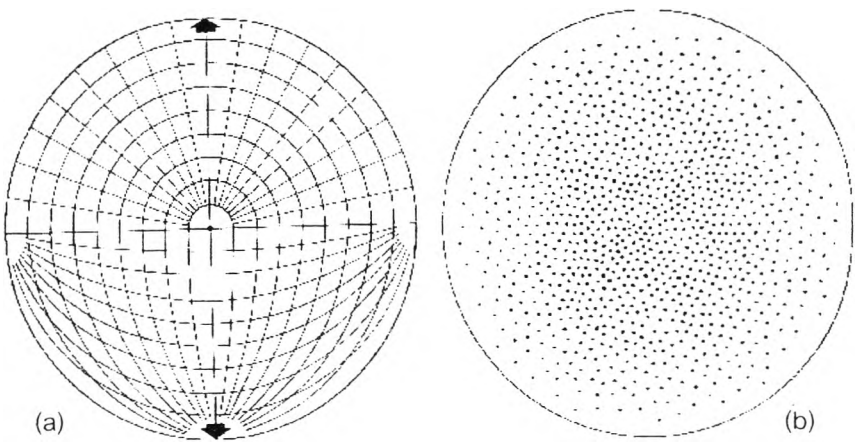
ภาพที่ 2.31 *ภาพแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในวิธี Exterior Illuminance Contour Overlays*

(a) Sun Path Chart 14 ^{o}N และ (b) illuminance contour ของความส่องสว่างของแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง แสงจากท้องฟ้า และแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก บนช่องเปิดที่มีความลาดชัน 60

ที่มา *: (a) สุนทร, 2542ข : และ (b) Moore, 1993 : pp245*

- ดอทชาร์ท (Dot Charts)

เป็นวิธีการในการหาองค์ประกอบท้องฟ้าอย่างคร่าว สำหรับสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก โดยใช้มาสค์โปรแทรกเตอร์ของสิ่งที่บดบังแสง (Obstruction Mask Protractor) ร่วมกับ ดอทชาร์ท การหาค่าต่างๆจะมีวิธีการที่คล้ายคลึงกับการใช้ บีอาร์เอสโปรเทรคเตอร์



ภาพที่ 2.32 *ภาพแสงอุปกรณ์ที่ใช้ในวิธีดอทชาร์ท (a) Obstruction Mask Protractor และ (b) Dot Chart ของแสงสะท้อนจากภายนอก ภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีกระจกช่องเปิด*

ที่มา *: (a) Moore, 1993 : pp233 และ (b) Moore, 1993 : pp242*

วิธีเหล่านี้เป็นการประมาณค่าความส่องสว่างโดยคร่าว มีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจะต้องใช้อุปกรณ์ควบคู่ไปกับการคำนวณ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะมีความแตกต่างของสภาวะที่ตั้ง ลักษณะท้องฟ้า และ รูปแบบการบังแดด ทำให้จำเป็นต้องมีอุปกรณ์จำนวนมากจึงจะสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงความเป็นจริง โดยอุปกรณ์ที่ได้มีการทำขึ้นแล้วนี้ยังไม่ครบถ้วนทุกกรณีที่จะสามารถเกิดขึ้นได้ เช่น เรื่องตำแหน่งของดวงอาทิตย์มีอุปกรณ์เพียงบางจุดบนโลกเท่านั้น หรือ เรื่องอุปกรณ์บังแดดมีอุปกรณ์เพียงบางลักษณะเท่านั้น

ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ที่ได้จากการคำนวณจะสามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ที่แนะนำให้ใช้ในตาราง 2.5 เพื่อพิจารณาว่ารูปแบบที่กำหนดขึ้น สามารถทำให้ปริมาณแสงที่พื้นที่ใช้สอยมีค่ามากน้อยเพียงใด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับแสงภายนอก โดยค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มาก หมายความว่า รูปแบบนั้นๆทำให้เกิดแสงภายในในปริมาณมาก แม้แสงภายนอกมีปริมาณไม่มากนัก* โดยที่ช่องเปิดที่รับแสงธรรมชาติ จะสามารถรวบรวมความส่องสว่างสู่ภายในได้มาก มิได้แปรผันตามปริมาณแสงที่มาจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 2.5 *แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ (daylight factor) สำหรับการใช้งานแบบต่างๆ*

การใช้งาน	ค่า D.F. (%)
• การอ่านหนังสือ และการใช้งานปกติในช่วงเวลาขณะหนึ่ง	1.5 – 2.5
• การอ่านหนังสือ หรืองานที่ต้องใช้สายตาในที่หนึ่งๆ ในช่วงเวลานานพอสมควร หรืองานที่อาจจะต้องมีอุปกรณ์เสริม ซึ่งไม่มีอันตรายมาก	2.5 – 4.0
• งานที่ต้องการความละเอียดสูง หรือการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ต้องระมัดระวังอันตราย	4.0 – 8.0

ที่มา : *Stein, 1992 : pp 197*

ในการออกแบบควรมีวิธีทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อสามารถอ้างอิงถึงปริมาณแสงที่จะนำไปใช้งานจริง ซึ่งแปรผันตามปริมาณแสงที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร

---

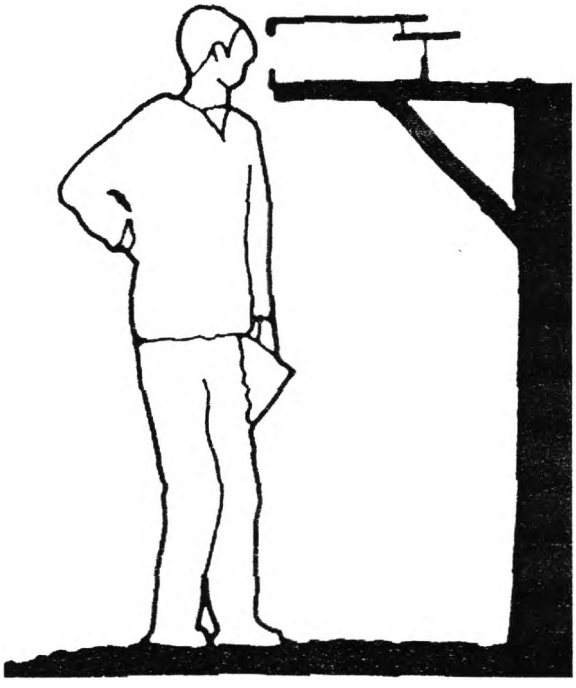
* จาก D.F. = $\frac{\text{ความสว่างภายใน} \times 100\%}{\text{ความสว่างภายนอก}}$

การทดสอบหุ่นจำลอง (Model Testing)

ในการทดสอบปริมาณแสง ขนาดไม่มีความสำคัญต่อปริมาณแสงที่เข้าสู่ภายในอาคาร ถ้าพื้นที่ใช้สอยอยู่ในสัดส่วนเดียวกัน (Egan, 1997 : pp 13 chapter3) ดังนั้นการใช้การทดสอบหุ่นจำลอง จึงมีความเหมาะสมเนื่องจากสามารถทำได้ง่ายและให้ผลที่แม่นยำ ถ้าหุ่นจำลองมีความเหมือนจริง ซึ่งวิธีนี้เป็นที่นิยมพอสมควรในปัจจุบัน (Evans, 1981 ; Lechner, 1991 ; Robbins, 1986)

– **หุ่นจำลอง**

หุ่นจำลองควรมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับอาคารจริง ทั้งขนาด , ทิศทางในการวาง , สิ่งแวดล้อม และค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวหุ่นจำลอง ผนังทึบควรทึบแสงจริง มีการปิดรอยต่อด้วยเทปทึบแสง



ภาพที่ *2.33* *แสดงการสังเกตสภาพแสงภายในหุ่นจำลอง*

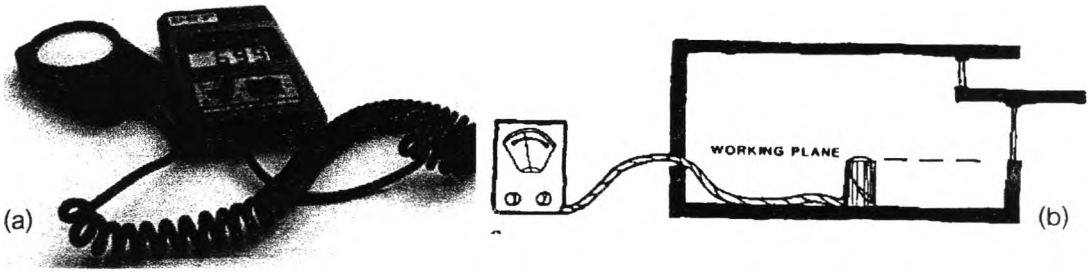
ที่มา *: Robbins,1986 : pp223*

ควรทำหุ่นจำลองให้อยู่ในขนาดที่เหมาะสมกับการทำงาน และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย สร้างให้สามารถปรับเปลี่ยนได้ และมีความเป็นโมดูล่า (modular) มีการเปิดช่องเปิดเพื่อการมอง หรือการถ่ายรูป ลักษณะของแสงที่เข้ามา ด้านใดด้านหนึ่งที่สามารถมองเห็นถนัด

คุณภาพของหุ่นจำลอง และเครื่องมือในการวัดจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ ถ้าเป็นงานที่ต้องการความแม่นยำสูง หุ่นจำลองต้องเหมือนจริง และเครื่องมือต้องสามารถเก็บค่าได้ละเอียดพอสมควร

– **อุปกรณ์**

ใช้เครื่องมือวัดค่าความส่องสว่าง ที่สามารถอ่านค่าเป็นตัวเลข ที่มีหน่วยเป็น ฟุตเคนเดิล (fc.) หรือ ลักซ์ (lux) โดยอาจสามารถ ใช้อุปกรณ์การวัดแสงที่มีตัวรับแสงในตัว หรือ ใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูล (data logger) ร่วมกับโฟโต้เซ็นเซอร์ (photo sensor)



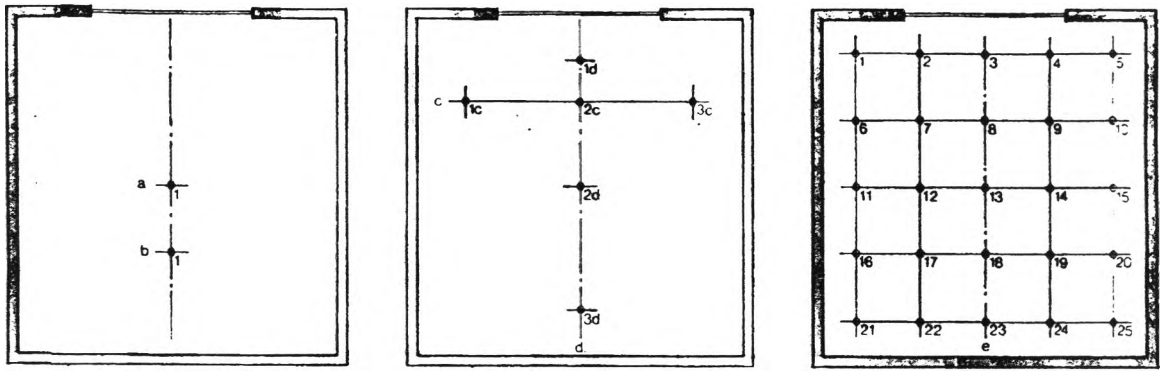
ภาพที่ 2.34 *(a) แสดง ดิจิคอล แอลเอ็กซ์-05 ลักซ์มิเตอร์ และ (b) แสดงการใช้เครื่องมือการวัด*
ที่มา *: (a) ภาพถ่าย ณ.สถานที่ทำการทดลอง และ (b) Robbins, 1986 : pp223*

โดยในการทดสอบหุ่นจำลองสามารถทำได้ ทั้งในสภาพท้องฟ้าจริง และ ท้องฟ้าที่มีการจำลองขึ้น โดยการทดสอบในสภาพท้องฟ้าจำลองจะมีปริมาณแสงกระจายที่คงที่ ในขณะที่สภาพท้องฟ้าจริงมีความแปรปรวนตามลักษณะอากาศ ดังนั้นในการใช้อุปกรณ์เพื่อทำการวัดภายในสภาพท้องฟ้าจริง จะต้องมีเครื่องมือวัดแสงอย่างน้อย 2 เครื่อง หรือ มี โฟโต้เซ็นเซอร์อย่างน้อย 2 หัวสำหรับต่อเข้ากับอุปกรณ์เก็บข้อมูล เพื่อบันทึกข้อมูลระดับความส่องสว่างภายนอก และ ภายในในเวลาเดียวกัน สามารถนำมาเปรียบเทียบกัน เป็นค่า เดย์ไลท์แฟคเตอร์ ที่ไม่คลาดเคลื่อน

– **การวัดปริมาณความส่องสว่าง**

ต้องการการวัดในสภาพท้องฟ้าโปร่ง (clear sky) และ สภาพท้องฟ้ามีที่เมฆมาก (overcast sky) ที่มีความต่างกันอย่างแท้จริง ถือเป็นการวัดที่ครอบคลุมแล้ว

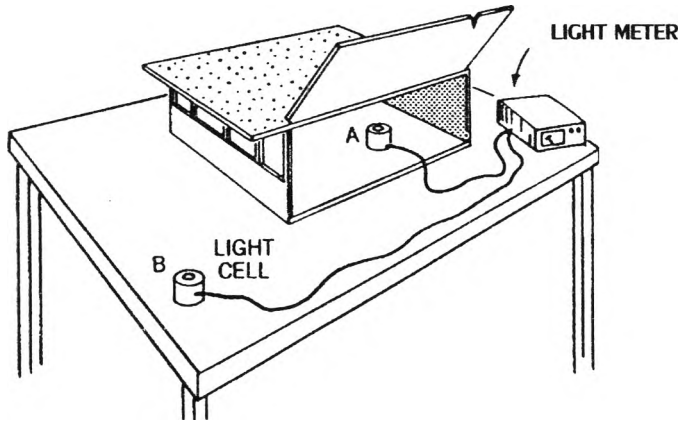
ในการวัดจะต้องมีการวางหุ่นจำลองในสภาพที่ใกล้เคียงความจริง ทำทิศทางและระดับที่วาง โดยมีการยกหุ่นจำลองสูงขึ้นจากพื้น ต้องมีการกำหนดตำแหน่งของการวัดที่จุดกลาง และจุดริมของพื้นที่ใช้สอยในแนวระนาบทำงาน



ภาพที่ 2.35 *แสดงแนวการวัดแบบต่างๆ*

ที่มา : *Robbins, 1986 : pp229*

การวัดในสภาพท้องฟ้าจริงเป็นที่นิยม เนื่องจากมีความสะดวกสามารถวัดที่ใดก็ได้ แต่จะต้องมีการวัดความส่องสว่างทั้งภายนอกและภายในควบคู่กันไป เนื่องจากแสงในสภาพท้องฟ้าจริงมีความแปรปรวน ค่าที่วัดได้ในสภาพท้องฟ้าจำลองก็เป็นค่าที่สามารถใช้ได้ แต่ค่าที่ได้จะไม่แปรผันตามสภาพท้องฟ้าจริง เนื่องจากความส่องสว่างจากแสงกระจาย ในท้องฟ้าที่จำลองขึ้น มีค่าคงที่



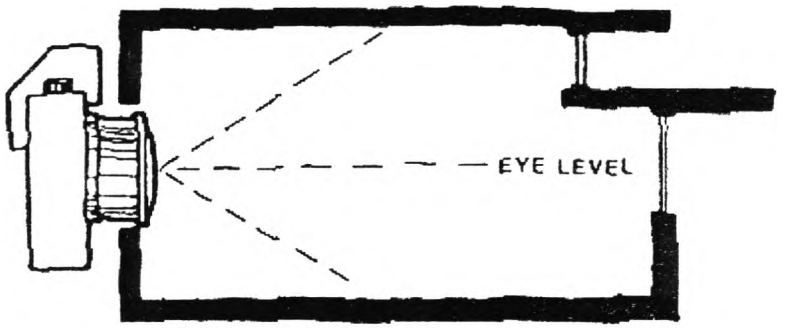
ภาพที่ 2.36 *แสดงการวัดแสงภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง*

ที่มา : *Lechner, 1999 : pp346*

โดยการวัดปริมาณแสงในสภาพท้องฟ้าโปร่ง ใช้การวัดที่มุมของดวงอาทิตย์ของวันที่ 21 มิถุนายน เวลา 8.00น. , 12.00น. และ 16.00น. และวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 9.00น. , 12.00 น. และ 15.00น. เป็นหลักในการเทียบเคียง โดยอาจสามารถทำได้โดยการเอียงหุ่นจำลองในมุมที่สามารถทำให้ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งของวันเวลาดังกล่าว

– **การถ่ายภาพ**

การถ่ายภาพจะเป็นการบันทึกการสังเกตการณ์ ลักษณะแสงที่เข้าสู่ภายในหุ่นจำลอง แต่มีจุดด้อยที่ภาพถ่ายจะมีความเพี้ยนไปจากการมองด้วยสายตาจริง



***ภาพที่** 2.37 แสดงการถ่ายภาพหุ่นจำลอง*

***ที่มา** : Robbins, 1986 : pp232*

ควรใช้เลนส์มุมกว้าง , ขาตั้งกล้อง และฟิล์มความไวสูง (200 หรือ 400) ในการถ่ายรูป โฟกัส (focus) ที่ระดับสายตาของคนยืนภายในหุ่นจำลอง โดยปรับหน้ากล้องให้สูง หรือต่ำกว่าความจริง 1 หน่วย ควรมีการระวังระหว่างหุ่นจำลองกับอุปกรณ์ถ่ายภาพ

– **การแปรผล**

จะต้องมีการแปลงค่าที่วัดให้อยู่ในรูปแบบ เดย์ไลท์แฟคเตอร์ ใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์ แปรผลค่าความส่องสว่าง ณ จุดพิจารณาต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบกราฟฟิค (graphic)

<u>การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์</u> <u>(Computer Program)</u>

ในปัจจุบันมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่ช่วยในการประเมินค่าความส่องสว่างและคุณภาพแสง ในรูปของ ซอฟแวร์ (software) เพื่อใช้กับ คอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่ใช้ ยกตัวอย่าง เช่น เรเดียนซ์ (Radiance) หรือ ซุปเปอร์ไลท์ (Superlite) เป็นต้น (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540 : 42) เป็นเครื่องมือที่สามารถอำนวยความสะดวกผู้ใช้เพียงกรอกข้อมูลของอาคารและสภาพต่างๆ ลงไป เท่านั้น แต่วิธีนี้ก็ทีข้อจำกัดบางประการที่ไม่สามารถทำงานได้ทุกกรณี (พรรณชลัท และ พิรัส, 2541)

จากการศึกษาหลักการและวิธีการในการประเมิน จะพบว่า จำเป็นที่จะต้องศึกษารูปแบบที่เกิดขึ้นจริง เพื่อสามารถนำมาประเมินค่าความส่องสว่างและหารูปแบบที่ดีและเหมาะสมต่อไป

2.2.3 วิธีการในการใช้แสงธรรมชาติ

ในการออกแบบการใช้แสงธรรมชาติ จำเป็นต้องมีการพิจารณาทั้งตัวอาคาร และสภาพแวดล้อม เพื่อหาวิธีที่สามารถทำให้เกิดสภาพแสงที่ดีภายในอาคาร

1) วิธีการทั่วไป

จากการศึกษา (ธนิต, 2542 ; สุนทร, 2541 ; Egan, 1997 ; Evans, 1981 ; Lechner, 1991 ; Robbins, 1986) พบวิธีการโดยทั่วไปที่ใช้ในการทำให้แสงเข้าได้ลึก และสม่ำเสมอ ดังจะประมวลดังต่อไปนี้

<u>พิจารณาที่ตั้งอาคาร</u>

- **การปรับสภาพแวดล้อม**
  - ดึงแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกไปใช้ โดยการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงให้มีค่าสูง
  - ลดปัญหาแสงสะท้อนจากสิ่งแวดล้อมอันอยู่ในมุมมองของสายตา ที่มีความสว่างมากเกินไป โดยการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงให้มีค่าต่ำ หรือปลูกต้นไม้บังอาคารข้างเคียงที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนสูง

- **การเลือกทิศทางการวางอาคาร**
  - หลีกเลี่ยงเปิดรับสภาพที่ไม่ดี ที่ไม่สามารถปรับปรุงได้ด้วยการวางอาคารให้มีทิศทางสอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม เพื่อสามารถรับสภาพที่ดี
  - หลีกเลี่ยงการเปิดรับแสงธรรมชาติด้านทิศตะวันออก และ ตะวันตกที่มีทิศทางของดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่ ตรงกับระนาบสายตา นอกจากจะป้องกันแสงโดยตรงได้ยากแล้ว ยังก่อให้เกิด แสงบาดตาโดยตรงอีกด้วย

<u>พิจารณาออกแบบรูปลักษณ์อาคาร</u>

- **รูปร่างและเปลือกอาคาร**
  - เพิ่มพื้นที่รับแสง โดยที่ลดพื้นที่รับความร้อน (balance optimum)
  - .ให้ร่มแก่อาคาร (shading) ให้ได้มากที่สุด

- ใช้เปลือกอาคารในการควบคุมแสงธรรมชาติ เช่น การใช้ผนังเอียงในการบังแดดและสะท้อนแสงเข้าในอาคาร
- กำหนดขนาด และความสูง ให้มีความลึกน้อยที่สุด และมีความสูงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

- **ช่องเปิด**
  - ความสูงและความลึกของช่องเปิด ต้องมากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ ตำแหน่งของช่องเปิดประกอบด้วยช่องเปิดด้านบนในรูปแบบ สกายไลท์ (skylight) , เคลียร์สตอรี่ (clerestory) , มอนิเตอร์ (monitor)
  - ทิศทางของช่องเปิด ควรเลือกเปิดทางทิศเหนือดีที่สุด หลีกเลี่ยงด้านทิศตะวันออกและตะวันตก การใช้ช่องเปิดในแนวระดับจะต้องมีการบังแสงโดยตรง
  - กำหนดให้มีขนาดที่เล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดปริมาณความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารทางการนำความร้อน (conduction)
  - ใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกที่สามารถช่วยในการสะท้อนแสงได้ด้วย หรือ มีรูปแบบที่สามารถปรับเปลี่ยนได้
  - ใช้อุปกรณ์ในการสะท้อนแสง ที่มีค่าความสะท้อนแสงสูง มีพื้นที่มากที่สุด และอยู่ในตำแหน่งที่สามารถสะท้อนได้ลึกที่สุด เช่น การใช้ หิ้งสะท้อนแสง (Lightshelf) ภายในและภายนอก , การใช้ ตัวสะท้อน (reflector) ทรงโค้ง เพื่อให้แสงอ่อนลง ในการสะท้อนแสงสู่ฝ้าเพดาน
  - การเลือกใช้ชนิดกระจก ควรสามารถยอมให้แสงเข้าได้มาก ในขณะที่สามารถกันความร้อนได้ โดยสำหรับช่องแสงในระดับสายตาอาจใช้กระจกที่มีความสามารถในการตัดแสง เพื่อลดความจ้าในระดับสายตาลง สำหรับช่องแสงที่ไม่ต้องการความสัมพันธ์กับภายนอก อาจมีการใช้กระจกที่มีการกระจายแสงแบบสมบูรณ์อย่างกระจกฝ้า หรือกระจายแบบไม่เป็นระเบียบอย่างกระจกลวดลาย และ กลาสบล็อค (glass block) ช่วยให้แสงเข้าสู่ภายในหลากหลายทิศทางขึ้น ในขณะที่กระจกทรงปริซึม นอกจากจะมีการกระจายแสงแล้ว ยังสามารถหักเหแสงขึ้นสู่ฝ้าเพดาน
  - การเลือกใช้อุปกรณ์ ควบคุมส่วนประกอบของช่องเปิดที่มีคุณภาพ อายุการใช้งานนาน และประสิทธิภาพดี เช่น ระบบเซ็นต์เซอร์ (sensor) และระบบปรับมุม หรือปิด-เปิดอุปกรณ์บังแดด และอุปกรณ์สะท้อนแสงอัตโนมัติ ต้องมีการพิจารณาควบคู่ไปกับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นด้วย

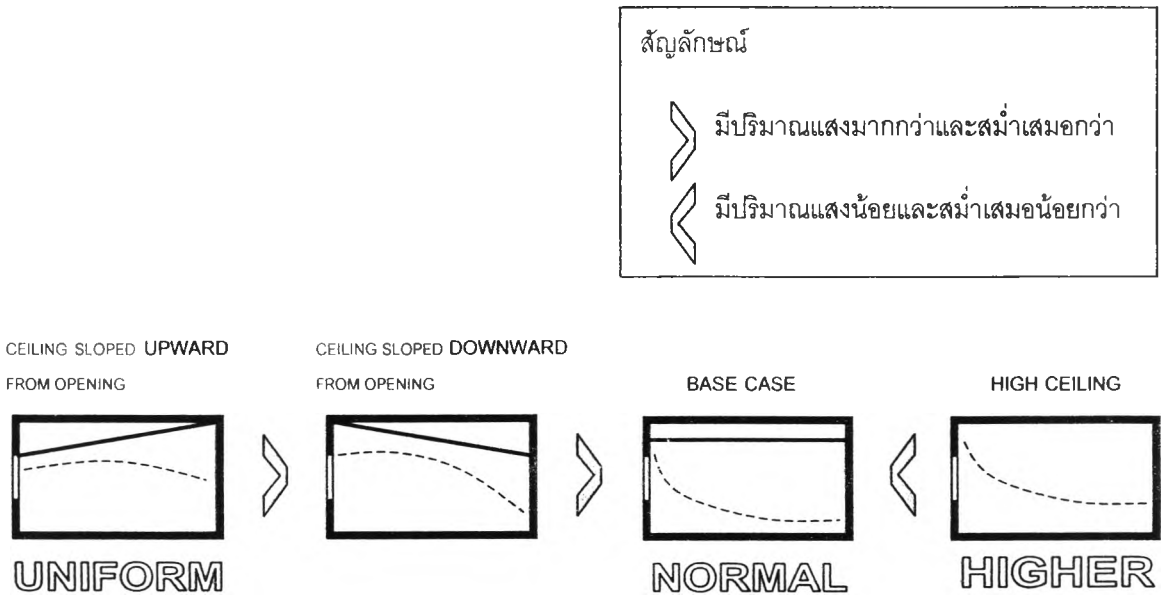
- **การจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร**
  - วางตำแหน่งของกิจกรรมให้สอดคล้องกับลักษณะและปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามา

- หลีกเลี่ยงการวางพื้นที่ทำงานในตำแหน่งที่จะทำให้เกิดแสงบาดตา

<u>พิจารณาการตกแต่ง และ ใช้อุปกรณ์เสริม</u>

- **การตกแต่งภายใน**
  - หลีกเลี่ยงการใช้สีเข้ม ใช้สีอ่อนสำหรับพื้นที่สะท้อนแสง ได้แก่ ผนัง เพดาน และเครื่องเรือน จะสามารถทำให้เกิดการสะท้อนแสงได้ในปริมาณมาก ซึ่งควรมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่เหมาะสมกับการมอง หลีกเลี่ยงวัสดุผิวมันที่อาจทำให้เกิดแสงบาดตาจากการสะท้อน
  - ทำให้ฝ้าเพดานอยู่ในรูปร่างที่มีพื้นที่ผิวน้อยที่สุด (Egan, 1997 : pp16 chapter3)

  - การออกแบบฝ้าเพดาน เช่น ใช้ฝ้าเพดานสูง การหักเหหรือการเอียงฝ้าเพดาน จะช่วยให้แสงเข้าได้ลึก มีลักษณะดังภาพ 2.38



ภาพที่ 2.38 *แสดงเส้นกราฟปริมาณแสงที่เข้าสู่ภายใน ห้องที่มีฝ้าเพดานรูปแบบต่างๆ*

ที่มา : *เขียนขึ้นใหม่จาก Egan, 1997 : pp 16 chapter 3*

  - เลือกใช้วัสดุโปร่งกับผนังภายในห้อง หรือ การเปิดช่องที่ผนังภายใน เพื่อนำแสงจากทิศทางอื่นเข้าสู่ห้อง
  - หลีกเลี่ยงการใช้อุปกรณ์บังแดดภายใน ในการบังแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากจะทำให้ความร้อนสามารถเข้าสู่อาคารและสะสมอยู่ภายในได้ ทั้งยังเป็นแหล่ง

สะสมฝุ่นเป็นอันตรายต่อสุขภาพ อาจสามารถใช้อุปกรณ์บังแดดภายใน ในการกรองให้แสงลดลง ป้องกันการเกิดแสงบาดตา และ กระจายแสงสู่ห้อง หรือการสะท้อนแสงสู่ฝ้าเพดาน

— **งานระบบ**

- การเลือกใช้ระบบควบคุมที่มีการทำงานที่เกิดประสิทธิภาพสูง
- การประสานกับระบบแสงประดิษฐ์ภายใต้การควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ต้องมีการออกแบบผังการวางดวงโคมและกำหนดพื้นที่ควบคุมดวงโคม เพื่อให้สามารถเดินสายไฟให้อยู่ในพื้นที่ควบคุมแต่ละจุด ได้อย่างเป็นหมวดหมู่

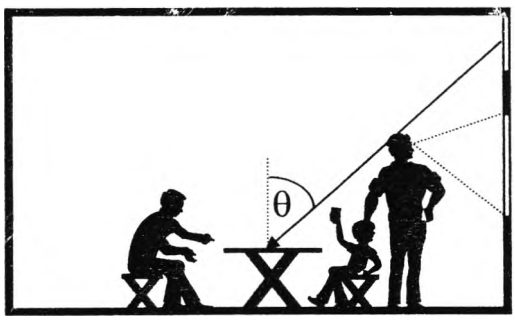
ในการศึกษานี้ เน้นการศึกษาเพื่อการใช้แสงธรรมชาติจากด้านข้าง สำหรับอาคารโดยทั่วไป จึงต้องมีการศึกษารูปแบบที่ใช้เมื่อมีการเปิดใช้แสงเฉพาะด้านข้างเพียงด้านเดียว

2) **รูปแบบการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้าง**

สามารถสรุปหลักการที่ใช้ออกเป็น รูปแบบ ดังนี้

<u>การใช้ช่องแสงสูงร่วมกับช่องแสงในระดับสายตา</u>

ช่องแสงในระดับสายตา ต้องมีการลดความจ้า เพื่อป้องกันแสงบาดตา ซึ่งเป็นผลดี โดยจะสามารถลดปริมาณแสงด้านหน้าห้องได้ในปริมาณหนึ่ง แต่แสงจะเข้าได้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของช่องแสงสูง

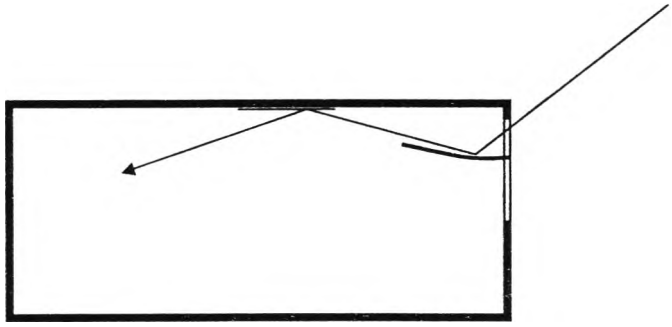


ภาพที่ 2.39 แสดงรูปแบบการใช้ช่องแสงสูงร่วมกับช่องแสงในระดับสายตา

การใช้การสะท้อนแสง

- **การใช้การสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจก**

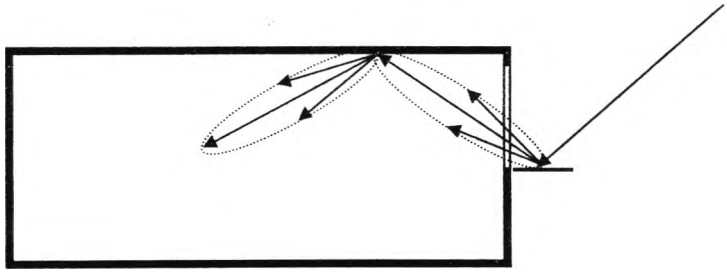
โดยการใช้ตัวสะท้อน และ การกำหนดตำแหน่งในการสะท้อนสู่ฝ้าเพดานใช้การสะท้อนที่ทำให้เกิดลำแสงพุ่งสู่ส่วนที่ลึกที่สุดของฝ้าเพดาน เพื่อเพิ่มแสงด้านหลังห้อง แต่การสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงานี้จะทำให้เกิดแสงสะท้อนที่มีความเข้มสูง ซึ่งในบางกรณีจะรบกวนการมองเห็น ก่อให้เกิดความรำคาญหรือถึงขั้นเป็นอันตรายต่อสายตาได้



***ภาพที่** 2.40 แสดงรูปแบบการสะท้อนแสงสู่ฝ้าแบบเสมือนกระจกเงา*

- **การใช้การสะท้อนแสงแบบกระจาย สู่ฝ้าเพดาน**

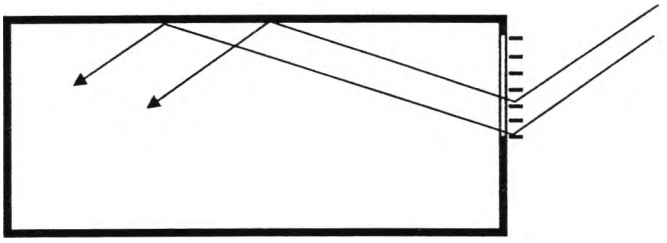
ต้องมีการกำหนดพื้นที่ ตำแหน่ง และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่เหมาะสม เพื่อให้แสงกระจายสามารถเข้าสู่ภายในอาคารได้ลึกที่สุด



***ภาพที่** 2.41 แสดงรูปแบบการสะท้อนแสงสู่ฝ้าแบบกระจาย*

- **การใช้อุปกรณ์ลักษณะแผ่นเกล็ด** (Louver)

สามารถลดแสงริมหน้าต่าง พร้อมๆ กับสะท้อนแสงขึ้นสู่ฝ้าเพดาน เพื่อให้กระจายแสงสู่ห้องได้ทั่วถึง



ภาพที่ 2.42 แสดงรูปแบบการสะท้อนแสงสู่ฝ้าโดยแผ่นเกล็ด (Louver) แนวนอน

รูปแบบนี้เป็นรูปแบบที่ใช้กันโดยทั่วไป เพื่อการสะท้อนแสงสู่ภายในห้อง และสามารถลดแสงบาดตาได้ ด้วยการลดมุมมองในการมองท้องฟ้า นิยมใช้รูปแบบที่สามารถปรับมุมได้ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการบังแสงโดยตรงในทิศทางต่างๆ

การปรับสภาพแวดล้อมภายใน

เลือกค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่เหมาะสม สำหรับพื้นผิวภายในของห้อง ฝ้าเพดานและผนัง ควรมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูง การยกฝ้าเพดานสูง หรือเอียงฝ้าเพดาน

การปรับสภาพแวดล้อมภายนอก

การกำหนดรูปแบบของสิ่งแวดล้อมให้มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่ำ และเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก ให้มีค่าสูง เพื่อสามารถสะท้อนสู่ฝ้าเพดานได้ลึก

แต่ทั้งนี้จะต้องมีการพิจารณาถึงผลที่ตามมาในแง่อื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น รูปแบบการใช้ตัวสะท้อน หรืออุปกรณ์บังแดดภายใน เพื่อช่วยสะท้อน จะเป็นรูปแบบที่ยอมให้แสงโดยตรงผ่านเข้าสู่ภายในห้องได้ ทำให้ความร้อนสามารถเข้ามาและสะสมอยู่ภายในได้ สิ้นเปลืองพลังงานในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น หรือรูปแบบการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา อาจก่อให้เกิดลำแสงโดยตรงภายในห้อง ก่อให้เกิดแสงบาดตาได้