



ระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรม
ผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่

โดย

นายพิสัย สิบำรุงสาสน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรม
ผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่

โดย

นายพิสัย สิบำรุงสาสน์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



AUTOMATIC DAYLIGHT CONTROL SYSTEMS IN ARCHITECTURE
BASED ON INTERACTION OF HUMAN BEHAVIOR

BY

MR. PISAI SRIBUMRUNGSART



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE
ARCHITECTURE
FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2014
CORYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นายพิสัย สืบบำรุงสาสน์

เรื่อง

ระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต


เมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม 2558

ประธานกรรมการสอบ




(รองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ)

กรรมการสอบและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



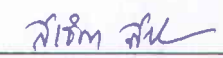
(อาจารย์ ดร.ชาวี บุขยรัตน์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์




(อาจารย์ ดร.เทพชัย ทรัพย์นิต)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์




(อาจารย์ ดร. สาทิตา สุกรัตน์กุลชัย)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(อาจารย์ พงศิพร ลพเกิด)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่
ชื่อผู้เขียน	นายพิสัย สืบบำรุงสาสน์
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	อาจารย์ ดร.ชาวี บุษยรัตน์
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศทั้งเครื่องมือซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่เอื้อประโยชน์ต่องานสถาปัตยกรรมนั้นราคาไม่สูง หาซื้อได้ง่าย และมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น จึงเป็นแรงผลักดันสำคัญให้การศึกษาศาสตร์หลายแขนงรวมถึงการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมมนุษย์ ประกอบกับแนวความคิดของคอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่ง (Ubiquitous Computing) และออกแบบสถาปัตยกรรมจลศาสตร์ (Kinetics Architectural) มีความก้าวหน้าในพื้นที่และพื้นผิวที่สามารถเคลื่อนไหวได้ซึ่งเป็นโอกาสใหม่สำหรับนักออกแบบ ส่งผลให้เกิดการบูรณาการ นำไปสู่สถาปัตยกรรมรูปแบบใหม่ที่ยืดหยุ่นต่อการใช้ชีวิต

แผงกันแดดของอาคารที่สร้างขึ้นเพื่อการป้องกันแสงแดด จะยึดติดตายตัวและได้ พบว่าปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารมีปริมาณแสงมากไปหรือน้อยไป ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาซึ่งในเวลาแสงส่องเข้ามาสู่พื้นที่ภายในอาคารมีปริมาณมากหรือน้อยไปก็จะทำให้ผู้ใช้งานจะรู้สึกปวดตา เมื่อยล้า มีน้ิรชชะ กล้ามเนื้อหนังตากระตุก การมองเห็นแย่งลง นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลทางจิตใจ และประสิทธิภาพในการทำงานลดลง งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการออกแบบระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมเพื่อการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้งานจะได้รับแสงสว่างที่เหมาะสมต่อพื้นที่ใช้งานในการทำงาน โดยแบ่งการพัฒนาเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย (1) ระบบต้นแบบลำดับที่ 1 เพื่อพิสูจน์ความเป็นไปได้เบื้องต้นผ่านการรู้จำการแสดงพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งานและตอบสนองผ่านทางารปรับเปลี่ยนองค์ประกอบทางกายภาพ และการออกแบบจลศาสตร์ในแผงกันแดดของอาคารโดยมีรูปแบบการเปิด ปิดช่องเปิดของแผงกันแดดตามตำแหน่งและพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้งาน ซึ่งจะมีการทดลองก่อนทำการพัฒนาในระดับสถาปัตยกรรม (2) ระบบต้นแบบลำดับที่ 2 เพื่อการพัฒนาในระดับสถาปัตยกรรมผ่านพื้นที่

ทดลอง สถานีงานส่วนบุคคลที่สามารถรับรู้พฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งานผ่านการรู้จำการเคลื่อนไหวร่างกายและตอบสนองผ่านระบบควบคุมแสงธรรมชาติที่ส่งเสริมความสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่นั้น

การพัฒนาทำให้ความสว่างของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารสามารถปรับเปลี่ยนไปตามพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งาน แสดงให้เห็นว่าสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถทางด้านรับรู้พฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งาน มีส่วนช่วยเรื่องความส่องสว่างที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่การใช้งาน ส่งเสริมประสิทธิภาพในการทำงาน ความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน สุขทรียภาพและประสบการณ์รูปแบบใหม่ที่เป็นไปได้ในอนาคต โดยเฉพาะผู้ที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ หรือ พื้นที่ที่ผู้ใช้งานไม่สามารถเข้าไปปรับเปลี่ยนแสงกันแดดได้

คำสำคัญ: คอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่ง, สถาปัตยกรรมศาสตร์, แสงกันแดด, แสงธรรมชาติ, สถานีงานส่วนบุคคล

Thesis Title	AUTOMATIC DAYLIGHT CONTROL SYSTEMS IN ARCHITECTURE BASED ON INTERACTION OF HUMAN BEHAVIOR
Author	Mr. Pisai Sribumrungsart
Degree	Master of Architecture
Department/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Chawee Busayarat, Ph.D.
Academic Year	2014

ABSTRACT

Today, information technologies for architectural study and design have more efficiency, less expensive and easier to operate than ever, in both terms of software and hardware. This is an important force of advancement in many research fields such as human behavior based computational processing. The “Ubiquitous Computing” and “Kinetics Architectural” concept are getting more advanced and developed, which open a new possibility for designers to integrate this knowledge to create a brand new responsive architecture that suit human lifestyle.

The main propose of building shade is made for screening daylight. It is usually unmovable and unable to control the quantity of daylight coming through the window. This may causes many problems to building users, such as eyesore, dizziness, wearisomeness, spasm, bad vision. Moreover, it could cause mental problem and poor efficiency at work. In this research, we had studied and developed an automatic daylight controlling system based on user’s behavior for architectural design. The users will be able to gain a suitable amount of daylight while they use the building that installs our system. This thesis is divided into 2 parts. The first part is our first prototype system, developed to study the primary possibility and relation between user physical motion and kinetic movement of architectural elements.

The second part presents our prototype system development in architectural scale. We have installed our shading system to an experimental personal workstation. The user's behavior can be recognized via their position in the room and physical motion, and then our responsive system can adjust the building shade to control the amount of daylight coming through windows that suit the user's behavior.

In conclusion, the development of our system shows that behavior recognition in architectural design could be benefited in advance building daylight control. Our developed system has high efficiency and esthetics, also comfortable to use. With further development, it could open possibilities of new experience in building usage; especially in facilitation for disabilities in inaccessible spaces.

Keywords: Ubiquitous Computing, Kinetics Architectural, building shade, daylight, personal workstation

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์หัวข้อระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากความช่วยเหลือทางด้านแนวทางที่จะทำระบบควบคุมแสงธรรมชาตินี้และการเขียนวิทยานิพนธ์จากอาจารย์ ดร.ชววิ บุษยรัตน์ ที่เป็นพี่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ พงศมิตร ลพเกิด ได้แนะนำองค์ความรู้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ทำให้การวิจัยพัฒนาระบบได้สำเร็จ และคำแนะนำจาก ดร.เทพชัย ทรัพย์นิธิ ทำให้ระบบสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนขอคำชี้แนะจากอาจารย์ ดร. สาธิตา สกุศลรัตนกุลชัย ในการประเมินผลของงานวิจัยให้สำเร็จ และ ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ ที่กรุณามาเป็นประธานสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ระบบจะพัฒนาขึ้นไม่ได้ถ้าไม่ได้รับการสนับสนุนจากครอบครัวที่ใช้บ้านเป็นที่ทำการวิจัยและพัฒนาระบบ รวมถึงค่าใช้จ่ายของระบบทั้งหมด จากทุนอุดหนุนวิจัยประเภทวิจัยทั่วไป สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และขอขอบคุณที่ครอบครัวที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านโดยเสมอมา

นายพิสัย สืบบำรุงสาสน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 แนวคิดและทฤษฎี	8
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรณีศึกษา	23
2.3 การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการพัฒนาระบบต้นแบบลำดับที่ 1	44
บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัยและพัฒนา	66

3.1	โครงสร้างในการพัฒนาระบบต้นแบบลำดับที่ 2	68
3.2	ประเภทสถาปัตยกรรมกรณีศึกษา	69
3.3	ผู้ทดสอบ	69
3.4	พื้นที่สถานที่ส่วนบุคคลที่ใช้ในการทดลอง	69
3.5	การพัฒนาระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการ ตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่	73
3.5.1	การออกแบบพัฒนาส่วนรับรู้ประมวลผลพฤติกรรมและตำแหน่งของ ผู้ใช้งานเพื่อควบคุมการตอบสนองส่วนแสดงผลทางกายภาพ	75
3.5.2	การออกแบบพัฒนาส่วนแสดงผลเพื่อการตอบสนองต่อพฤติกรรมและ ตำแหน่งของผู้ใช้งาน	77
3.6	การเก็บผลค่าความส่องสว่างที่ส่องผ่านเข้ามาภายในพื้นที่สถาปัตยกรรม	85
3.7	การทดลองการทำงานของระบบที่พัฒนาในพื้นที่สถาปัตยกรรม	90
บทที่ 4	ผลการวิจัยและพัฒนา	99
4.1	ความถูกต้องในการประมวลผลรูปแบบพฤติกรรมและการตอบสนองของระบบ ต้นแบบแมงกัันแดด	117
4.2	ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างในการตอบสนองทางการปรับเปลี่ยนรูปแบบ ของระบบต้นแบบแมงกัันแดดเมื่อเปรียบเทียบกับที่กำหนดในทฤษฎีค่าความ ส่องสว่างมาตรฐาน IES โดยผ่านการวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความส่องสว่าง ของแสง	120
4.3	ระยะเวลาในการทำงานของระบบต้นแบบแมงกัันแดด	130
4.4	การประเมินผลเปรียบเทียบค่าวัสดุอุปกรณ์ระหว่างระบบพัฒนาในงานวิจัย ระบบบานเกล็ดปกติติตชุดอุปกรณ์เปิด-ปิดอัตโนมัติสำเร็จรูปและระบบจาก กรณีศึกษา	133
บทที่ 5	อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการพัฒนา	137
5.1	สรุปผลการพัฒนาแมงกัันแดดอัตโนมัติ	137
5.1.1	สรุปผลการพัฒนาแมงกัันแดดอัตโนมัติส่วนประมวลผล	137
5.1.2	สรุปผลการพัฒนาแมงกัันแดดอัตโนมัติส่วนแสดงผล	138

5.2	ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมเพื่อ การตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่	139
5.2.1	ปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติ	139
5.2.2	ปัจจัยภายในที่ส่งผลต่อระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติ	139
5.3	ความส่องสว่างที่เหมาะสมเพื่อการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่	140
5.4	ข้อเสนอแนะการวิจัยและพัฒนา	140
5.4.1	ข้อจำกัดที่มีอยู่ในระบบ	140
5.4.2	แนวทางการพัฒนาระบบในอนาคต	142
	รายการอ้างอิง	145
	ภาคผนวก	153
	ประวัติผู้เขียน	170

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ค่ามาตรฐานความส่องสว่างในพื้นที่ใช้งาน	84
3.2	ตารางแสดงพฤติกรรมที่ใช้ในการควบคุมค่าแสงในแต่ละรูปแบบของแผงกันแดดตามช่วงเวลา 6.00 -19.00 น. ในแต่ละพื้นที่ครั้งที่1	86
3.3	ตารางแสดงพฤติกรรมที่ใช้ในการควบคุมค่าแสงในแต่ละรูปแบบของแผงกันแดดตามช่วงเวลา 6.00 -19.00 น. ในแต่ละพื้นที่ครั้งที่2	87
3.4	ตารางแสดงพฤติกรรมที่ใช้ในการควบคุมค่าแสงในแต่ละรูปแบบของแผงกันแดดตามช่วงเวลา 6.00 -19.00 น. ในแต่ละพื้นที่ครั้งที่3	88
3.5	ตารางแสดงพฤติกรรมที่ใช้ในการควบคุมค่าแสงในแต่ละรูปแบบของแผงกันแดดตามช่วงเวลา 6.00 -19.00 น. ในแต่ละพื้นที่ครั้งที่4	89
3.6	ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบของพฤติกรรมการเดินทาง	91
3.7	ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบของพฤติกรรมการเล่น - อ่านหนังสือ	92
3.8	ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน	93
3.9	ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์	95
3.10	ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบของพฤติกรรมนอน	96
3.11	ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบไม่มีการใช้งาน	97
3.12	ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบด้วยมือ	98
4.1	การทดสอบพฤติกรรมนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1	106
4.2	การทดสอบพฤติกรรมนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2	106
4.3	การทดสอบพฤติกรรมนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3	106
4.4	การทดสอบพฤติกรรมนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4	107
4.5	การทดสอบพฤติกรรมนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 5	107
4.6	การทดสอบพฤติกรรมนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 6	107
4.7	การทดสอบพฤติกรรมเดินทางจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1	108
4.8	การทดสอบพฤติกรรมเดินทางจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2	108
4.9	การทดสอบพฤติกรรมเดินทางจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3	108
4.10	การทดสอบพฤติกรรมเดินทางจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4	109
4.11	การทดสอบพฤติกรรมเดินทางจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 5	109
4.12	การทดสอบพฤติกรรมเดินทางจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 6	109

4.44	ระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมการเดินทาง	130
4.45	ระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมนั่งเล่น - อ่านหนังสือ	131
4.46	ระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน	131
4.47	ระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์	132
4.48	ราคาวัสดุอุปกรณ์ระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรม	133
4.49	ราคาวัสดุอุปกรณ์ระบบบานเกล็ดปกติที่ติดตั้งอุปกรณ์เปิด-ปิดอัตโนมัติ	134
4.50	เปรียบเทียบราคาและคุณสมบัติระหว่างระบบ	136



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงลักษณะ Sun Chart แสดงมุมของแสงเวลา	9
2.2	แสดงลักษณะการเปรียบเทียบปริมาณของค่าความสว่างภายในจากช่องเปิดแบบต่างๆ	15
2.3	การผสานช่องเปิดช่วงกลางและช่วงบนเพื่อนำค่าความสว่างภายในได้ลึกขึ้น	15
2.4	ความสัมพันธ์ของช่องเปิดที่มีผลต่อการส่องสว่างภายในห้อง	16
2.5	ความส่องสว่างของช่องเปิดด้านข้าง	16
2.6	การติดตั้งช่องเปิดที่ใกล้กับผนังอาคาร	17
2.7	สัดส่วนของแสงสะท้อนจากขอบจะเท่ากับแสงสะท้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอก	18
2.8	การใช้ขอบของช่องเปิดแบบต่างๆเพื่อช่วยลดแสงบาดตาและความจ้า	18
2.9	แสดงองศาหัวเข้าที่เปลี่ยนไปของลักษณะพฤติกรรมทางการยื่น	19
2.10	แสดงองศาหัวเข้าที่เปลี่ยนไปของลักษณะพฤติกรรมทางการเดิน	20
2.11	แสดงองศาหัวเข้าที่เปลี่ยนไปของลักษณะพฤติกรรมทางการนั่ง	20
2.12	แสดงองศาหัวเข้าที่เปลี่ยนไปของลักษณะพฤติกรรมทางการนอน	21
2.13	Bibliothèque de France ทางเข้าสนามกีฬาและโปรแกรมห้องสมุด	23
2.14	Mendelsohn's Einstein Tower	25
2.15	การเคลื่อนที่ การหมุน ปรับมาตราส่วนและการเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนรูปของวัสดุ	25
2.16	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์โครงสร้างต้นแบบนิวมติก Hyberbody กลุ่มวิจัย TU Delft	27
2.17	การวาดภาพเชิงวิเคราะห์ที่บังแดดปรับเปลี่ยนได้สำหรับ The Ciudad de Justicia, Madrid, 2006–2011, by Hobermann Associates	28
2.18	การวาดภาพเชิงวิเคราะห์ปรับเปลี่ยนของพื้นผิว student project undertaken at the California Polytechnic, 2002	29
2.19	การวาดภาพเชิงวิเคราะห์ปรับเปลี่ยนของพื้นผิวจาก Kiefer Technic showroom designed by Ernst Giselbrecht and Partner, Bad Gleichenberg, Austria, 2010	30

2.20	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ผนังโดยรอบของ Nordic Embassies, Berlin, designed by Berger and Parkkinen, 1999	31
2.21	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Malvern Hills Science Park, UK designed by Rubicon Design, 2008	32
2.22	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ student project, by Andreas Chadzis,2005	33
2.23	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ LIGO Science Education Center, Livingston, Louisiana, designed by Eskew, Dumez and Ripple, 2006	34
2.24	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ kinetic wall sculpture Battleship, by Anthony Howe, 2006	34
2.25	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Ho Sun for a pneumatic ‘quilted’ facade, University of Melbourne, 2007	35
2.26	Institut du Monde Arabe, Paris, by Jean Nouvel, 1987	36
2.27	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Institut du Monde Arabe, Paris, by Jean Nouvel, 1987	37
2.28	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Aegis Hyposurface by dECOi, Birmingham, UK, 1999 - 2001	38
2.29	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Dynamic Terrain, by Janis Ponisch, Amsterdam, 2006	39
2.30	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Flare facade prototype by WHITE Void, Berlin,2008	40
2.31	Davide Madeddu, Interactive facade optimized for daylighting and pedestrian response using a genetic algorithm. University of Cagliari, Italy	41
2.32	กระบวนการทำงานของระบบ Interactive facade optimized for daylighting and pedestrian response using a genetic algorithm.(1)	42
2.33	กระบวนการทำงานของระบบ Interactive facade optimized for daylighting and pedestrian response using a genetic algorithm.(2)	43
2.34	กระบวนการทำงานของระบบ Interactive facade optimized for daylighting and pedestrian response using a genetic algorithm.(3)	43
2.35	แสดงโครงสร้างของระบบต้นแบบลำดับที่ 1	45
2.36	แสดงอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Wiimote	46
2.37	แสดงอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว PS Move	46

2.38	แสดงอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Senser	47
2.39	แสดงชิ้นส่วนภายในอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	48
2.40	แสดงการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	48
2.41	แสดงซอฟต์แวร์ Microsoft Visual C++	49
2.42	แสดงซอฟต์แวร์ Processing ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ	50
2.43	แสดงระบบการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ	50
2.44	แสดงซอฟต์แวร์ Arduino ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ	51
2.45	แสดงระบบการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ	51
2.46	แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์อุปกรณ์แสดงผลทางกายภาพ	52
2.47	แสดง Servo Motor อุปกรณ์แสดงผลทางกายภาพ	53
2.48	แสดง Light Sensor อุปกรณ์วัดค่าความส่องสว่าง	53
2.49	แสดงการเชื่อมต่อและทดสอบระบบพัฒนาลำดับที่ 1	54
2.50	แสดงวิธีการติดตั้ง OpenNI จาก SimpleOpenNI ในระบบปฏิบัติการ OS X	56
2.51	แสดงวิธีการค้นหาที่อยู่ Sketchbook จาก Processing Preferences window	56
2.52	แสดงวิธีการค้นหาที่อยู่ SimpleOpenNI จาก Sketch	57
2.53	ไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงผลการทำงานของระบบ	58
2.54	แสดงผลการทำงานของระบบต้นแบบลำดับที่ 1	58
2.55	ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ระบบการทำงานของแผงกันแดดอัตโนมัติ	59
2.56	แสดงพฤติกรรมที่ใช้ในการทำงานและรูปแบบแผงกันแดดอัตโนมัติ	62
2.57	แสดงตำแหน่งของผู้ใช้งานและรูปแบบแผงกันแดดอัตโนมัติ	63
3.1	แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบต้นแบบลำดับที่ 2	67
3.2	แสดงโครงสร้าง ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในการพัฒนาระบบต้นแบบ	68
3.3	แสดงแผนผังพื้นที่สถานที่ส่วนบุคคลก่อนทำการติดตั้งระบบ	70
3.4	แสดงรูปตัดพื้นที่สถานที่ส่วนบุคคลก่อนทำการติดตั้งระบบ	70
3.5	มุมมองจากประตูสถานที่ส่วนบุคคล	72
3.6	มุมมองจากบนเตียงนอนของสถานที่ส่วนบุคคล	72
3.7	มุมมองจากพื้นที่ทำงานของสถานที่ส่วนบุคคล	73
3.8	แสดงการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของต้นแบบลำดับที่ 2	74
3.9	แสดงซอฟต์แวร์ส่วนรับรู้พฤติกรรม	75
3.10	แสดงตำแหน่งคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	76
3.11	ภาพแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติ	78

3.12	แสดงขาบานเกล็ดที่นำมาใช้ในการพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติ	79
3.13	แสดงโครงสร้างที่ใช้เหล็กเป็นตัวโครงของแผงกันแดดอัตโนมัติ	80
3.14	แสดงโครงสร้างที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นตัวโครงของแผงกันแดดอัตโนมัติ	81
3.15	แสดงโครงสร้างที่ใช้เส้นอลูมิเนียมเป็นตัวโครงของแผงกันแดดอัตโนมัติ	82
3.16	แสดงรูปแบบในการติดตั้งพื้นผิวของแผงกันแดดอัตโนมัติ	82
3.17	แสดงรูปแบบในการติดตั้งพื้นผิวของแผงกันแดดอัตโนมัติ	83
3.18	แสดง Human Skeleton ที่ใช้ในการประมวลผลพฤติกรรม	90
3.19	แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการเดินทาง 1	91
3.20	แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการเดินทาง 2	91
3.21	แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการเล่น - อ่านหนังสือ 1	92
3.22	แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการเล่น - อ่านหนังสือ 2	93
3.23	แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน 1	94
3.24	แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน 2	94
3.25	แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมใช้คอมพิวเตอร์	95
3.26	แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมนอน	96
3.27	แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดโดยไม่มีการใช้งาน	97
3.28	แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดโดยการควบคุมระบบด้วยมือ 1	98
3.29	แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดโดยการควบคุมระบบด้วยมือ 2	98
4.1	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1	100
4.2	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2	101
4.3	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3	102
4.4	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4	103
4.5	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 5	104
4.6	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 6	105
4.7	ภาพแสดงอาคาร Institut du Monde Arabe, Paris, by Jean Nouvel, 1987	134
5.1	ภาพแสดงแนวทางการประยุกต์ติดตั้งขนาดต่างๆกับสถานที่	141
ข.1	ตำแหน่งและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับส่วนรับรู้พฤติกรรม	167
ข.2	ตำแหน่งและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับส่วนรับรู้พฤติกรรมในแนวคิด	167
ข.3	แบบแผงกันแดดอัตโนมัติ	168
ข.4	รายละเอียดแบบแผงกันแดดอัตโนมัติ	168

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศทั้งเครื่องมือซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่เอื้อประโยชน์ต่องานสถาปัตยกรรมนั้นราคาไม่สูง หาซื้อได้ง่าย และมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น จึงทำให้มีการนำมาประยุกต์มาใช้ในงานสถาปัตยกรรมเป็นจำนวนมาก ตั้งแต่เริ่มการออกแบบ การเขียนแบบ การสร้างแบบจำลองสามมิติ การคำนวณโครงสร้าง การก่อสร้าง การคำนวณค่าก่อสร้าง อุปกรณ์อำนวยความสะดวกภายในอาคาร เป็นต้น เทคโนโลยีเหล่านี้ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยเพิ่มความสามารถให้กับการสื่อสารทางด้านความคิด กระบวนการต่าง ๆ ออกมาในงานสถาปัตยกรรม

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีนำไปสู่แนวความคิดของคอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่ง (Ubiquitous Computing) (Weiser, 1991, p. 94) ส่งผลให้เกิดการบูรณาการระหว่างเครื่องจักรกลเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์และสถาปัตยกรรมนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมรูปแบบใหม่ที่ตอบสนองต่อการใช้ชีวิตประจำวันและความต้องการที่หลากหลายของมนุษย์ แนวความคิดนี้ทำให้ทุกองค์ประกอบของทางสถาปัตยกรรมกลายเป็นส่วนหนึ่งของระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถรับรู้พฤติกรรมการใช้งานในแต่ละองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมโดยผ่านอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Sensor) และระบบตอบสนองที่ได้รับชุดคำสั่งจากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวผ่านซอฟต์แวร์ที่มีระบบฐานข้อมูลของผู้ใช้งาน จะประมวลผลตอบสนองต่อผู้ใช้งาน (Fox & Kemp, 2009, p. 62) ดังที่ปรากฏเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาแนวความคิดของสถาปัตยกรรมรูปแบบใหม่ เช่น สถาปัตยกรรมปฏิสัมพันธ์ (Interactive Architecture) สถาปัตยกรรมตอบสนอง (Responsive Architecture) ต่อเนื่องสู่การออกแบบจลศาสตร์ในงานสถาปัตยกรรม (Kinetics Architecture)

ในช่วงปี ค.ศ. 1975 จากผลของการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ทำให้เกิดสถาปัตยกรรมตอบสนอง ซึ่งส่งผลทำให้สถาปัตยกรรมเข้าใกล้ความเป็นเครื่องจักรกล จากแนวความคิดของสถาปัตยกรรมที่สามารถตอบสนองความต้องการเชิงกายภาพต่อสภาพแวดล้อมทางการปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือลักษณะขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม เป็นการบูรณาการผสานระหว่างเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์ และวิศวกรรมโครงสร้าง (Fox & Yeh, 1999; Negroponte, 1975)

แนวคิดสำคัญอีกส่วนหนึ่งที่เป็นแนวทางขับเคลื่อนสถาปัตยกรรมตอบสนองนอกจากแนวความคิดของ "คอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่ง" คือ แนวคิดส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) ระหว่างสภาพแวดล้อมหรือผู้ใช้งานกับสถาปัตยกรรม ซึ่งเกี่ยวข้องการพัฒนาประสิทธิภาพการรับรู้ การควบคุม และการผู้ใช้งานกับสถาปัตยกรรม (Ishii & Ullmer, 1997, pp. 1-2) ซึ่งการพัฒนาประสิทธิภาพความแม่นยำในการตอบสนองการใช้งานของมนุษย์ เป็นส่วนสำคัญในการออกแบบและกำหนดพื้นที่ประสบการณ์ในสถาปัตยกรรมและการพัฒนาวิธีการเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานผ่านอุปกรณ์ส่งสัญญาณที่ไวต่อสภาพแวดล้อม (Fox & Kemp, 2009, pp. 61-62) การปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับงานสถาปัตยกรรม จะต้องใช้การบูรณาการของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ เข้ามาเป็นตัวเชื่อมระหว่างมนุษย์กับงานสถาปัตยกรรม ซึ่งเทคโนโลยีในปัจจุบันมีความพร้อมทั้งขีดความสามารถ ราคาไม่สูงและหาซื้อได้ง่ายเหมาะสมกับที่จะนำมาบูรณาการเพื่อพัฒนางานสถาปัตยกรรม ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานที่มีการปฏิสัมพันธ์กับงานสถาปัตยกรรม โดยที่ตัวงานสถาปัตยกรรมจะตอบสนองกับการใช้งาน สู่การออกแบบจุลศาสตร์ในงานสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้งาน (Jules Moloney, 2011, p. 3) การออกแบบจุลศาสตร์ในงานสถาปัตยกรรมมีความก้าวหน้าในพื้นที่แสดงภาพ พื้นผิวที่สามารถเคลื่อนไหวได้ และการคณาเชิงพฤติกรรม (Behaviour Computing) ซึ่งจะเป็นโอกาสใหม่สำหรับนักออกแบบ

การคณาเชิงพฤติกรรมคือตัวแปรในการประมวลผลการแสดงออกของท่าทางในการทำกิจกรรมต่างๆของผู้ใช้งานและการควบคุมระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้พฤติกรรมของมนุษย์กลายมาเป็นข้อมูลรูปแบบหนึ่งที่สามารถรับรู้และประมวลผลได้โดยใช้การวิเคราะห์รูปแบบทางกายภาพของมนุษย์ เป็นสิ่งที่มีการวิจัยและพัฒนาเพื่อใช้เป็นส่วนติดต่อผู้ใช้งานมาโดยตลอด จากความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการรับรู้การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สอดผสานไปกับกิจกรรมการใช้งานและการประมวลผลเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการแสดงออกของท่าทางในการทำกิจกรรมของผู้ใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ที่ฝังตัวไปกับพื้นที่ในงานสถาปัตยกรรมซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของคอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่งที่บูรณาการกับงานสถาปัตยกรรม

แสงธรรมชาติเป็นพลังงานที่มนุษย์ได้มาโดยไม่ได้เสียค่าใช้จ่าย และถ้านำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมได้ก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายของพลังงานที่มีต้นทุน แสงสว่างมีความสำคัญอย่างมากที่จะช่วยให้ผู้ใช้งานทำงานได้อย่างสะดวกสบาย ทำให้งานออกมามีคุณภาพจากการที่สามารถมองเห็นชิ้นงานได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้เกิดผลผลิตที่มีคุณภาพและมีปริมาณเพิ่มขึ้น และลดอัตราการสูญเสียของชิ้นงานได้ ฉะนั้น การจัดแสงสว่างในสถานที่ทำงานให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมการทำงาน ปัญหาของแสงสว่างที่มีผลกระทบต่อผู้ทำงาน คือ

1) แสงสว่างน้อยเกินไป จะมีผลเสียต่อตา ทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไป โดยบังคับให้ ม่านตาเปิดกว้าง เพราะการมองเห็นนั้นไม่ชัดเจน ต้องใช้เวลาในการมองเห็นรายละเอียด

นั้น ทำให้เกิดการเมื่อยล้าของตาที่ต้องเพ่งออกมาทำให้ ปวดตา มีน้ตริษะ ประสิทธิภาพในการทำงาน ลดลง การหยิบจับ ใช้เครื่องมือเครื่องจักรผิดพลาดเกิดอุบัติเหตุขึ้น หรือไปสัมผัสถูกส่วนที่เป็นอันตรายได้

2) แสงสว่างที่มากเกินไป แสงจ้าตาที่เกิดจากการแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง (Direct Glare) หรือ แสงจ้าตาที่เกิดจากการสะท้อนแสง (Reflected Glare) จากวัสดุที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ผนังห้อง เครื่องมือ เครื่องจักร โต๊ะทำงาน เป็นต้น จะทำให้ผู้ทำงานเกิดความไม่สบายใจ เมื่อยล้า ปวดตา มีน้ตริษะ กล้ามเนื้อหนังตากระตุก วิงเวียน นอนไม่หลับ การมองเห็นแย่ง นอกจากนี่ยังก่อให้เกิดผลทางจิตใจ คือเป้าหมายในการทำงานเป็นผลทำให้เกิดอุบัติเหตุได้เช่นเดียวกัน

แผงกันแดดที่ยึดติดตายตัวหรือที่ผู้ใช้งานสามารถปรับได้ของอาคารนั้นสร้างขึ้นเพื่อการป้องกันปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารมีปริมาณแสงมากไปหรือน้อยไป ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาซึ่งในเวลาแสงส่องเข้ามาสู่พื้นที่ภายในอาคารมีปริมาณมากไปก็จะทำให้ผู้ใช้งานจะรู้สึกปวดตา เมื่อยล้า มีน้ตริษะ กล้ามเนื้อหนังตากระตุก การมองเห็นแย่ง นอกจากนี่ยังก่อให้เกิดผลทางจิตใจ และประสิทธิภาพในการทำงานลดลง และในเวลาแสงส่องเข้ามาสู่พื้นที่ภายในอาคารมีปริมาณน้อยไปจะมีผลเสียต่อตา ทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไป ม่านตาเปิดกว้าง เนื่องจากการมองเห็นไม่ชัดเจนและทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง เกิดความผิดพลาดอาจทำให้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการออกแบบระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งานเพื่อผู้ใช้งานจะได้รับ ความสว่างที่เหมาะสมต่อพื้นที่ใช้งาน ส่งเสริมประสิทธิภาพในการทำงาน ความสะดวกสบาย โดยเฉพาะผู้ที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ หรือ พื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าไปปรับเปลี่ยนแผงกันแดดได้ และประสบการณ์รูปแบบใหม่ที่เป็นไปได้ในการพัฒนาสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถทางด้านพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาค่ามาตรฐานของความสว่างแสงที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมและศึกษารูปแบบของระบบแผงกันแดดที่สามารถควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติจากพฤติกรรมการใช้พื้นที่

1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการ ขอบเขตกรณีศึกษา ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่มีส่วนช่วยในการพัฒนาการปฏิสัมพันธ์ร่วมทางกายภาพระหว่างมนุษย์กับสถาปัตยกรรม

1.2.3 เพื่อศึกษากระบวนการและขั้นตอนในการสร้างการปฏิสัมพันธ์ร่วมทางกายภาพระหว่างมนุษย์กับงานสถาปัตยกรรมโดยผ่านเทคโนโลยี ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ที่ทำการศึกษามา

1.2.4 พัฒนาระบบต้นแบบใช้ในการควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติจากระบบภายในสถาปัตยกรรมของผู้ใช้งานโดยใช้เทคโนโลยีกล้องตรวจจับการเคลื่อนไหวจากการตอบสนองโดยผ่านพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งานซึ่งทำการควบคุมระบบแผงกันแดดปรับแสงธรรมชาติอัตโนมัติเข้าสู่ภายในงานสถาปัตยกรรมให้เหมาะสมกับค่ามาตรฐานของความส่องสว่าง

1.2.5 ประเมินผลระบบต้นแบบด้านความถูกต้องในการตรวจจับพฤติกรรมการใช้งานและคุณภาพแสงธรรมชาติที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ทางด้านสถาปัตยกรรมและผู้ใช้งาน

ในการวิจัยและพัฒนาใช้สถาปัตยกรรมประเภทพื้นที่สถานีงานส่วนบุคคลเป็นสถาปัตยกรรมกรณีศึกษา ออกแบบและสร้างสำหรับใช้เฉพาะการวิจัย ตั้งอยู่ทางทิศเหนือ 12 องศา ขนาดของสถานีส่วนบุคคล 4.00 ม. x 4.00 ม. ภายในห้องประกอบไปด้วยที่นอน โต๊ะคอมพิวเตอร์ และโต๊ะตั้งทีวี โดยมีช่องเปิดด้านเดียวติดระบบแผงกันแดดไว้ที่ช่องเปิดขนาด 1.00 ม. x 1.20 ม. ใช้การศึกษาผ่านผู้ทำวิจัยซึ่งเป็นนักศึกษาคณะสถาปัตยกรรม งานวิจัยนี้จะศึกษาแสงธรรมชาติตั้งแต่ 6.00 น.-19.00 น. ในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม

1.3.2 ทางด้านเทคโนโลยี

1) ศึกษารูปแบบของระบบแผงกันแดดที่สามารถควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติจากพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งาน และศึกษาค่ามาตรฐานของความสว่างแสงที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งานโดยศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรณีศึกษา ที่สามารถปรับเปลี่ยนตามขนาดพื้นที่ช่องเปิดและเงื่อนไขการได้รับแสงธรรมชาติตามพฤติกรรมการใช้พื้นที่ จากนั้นเมื่อได้รูปแบบช่องเปิดก็นำไปทดสอบเก็บค่าแสงโดยใช้อุปกรณ์วัดค่าแสง (light sensor) เพื่อแสดงผลลัพธ์ของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านรูปแบบช่องเปิด และนำไปพัฒนาระบบทางกายภาพ

2) การรับรู้หรือเข้าใจในพฤติกรรมท่าทางในลักษณะข้อมูล ใช้วิธีการรับรู้การเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยจะจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานจำนวนครั้งละ 1 คน ด้วยอุปกรณ์ส่งสัญญาณตรวจจับการเคลื่อนไหวและสามารถเป็นกล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหว (Kinect Sensor) ภายใต้อัตราความละเอียด (Resolution) เซนติเมตรคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) เพียงค่าเดียว

3) อุปกรณ์และซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการพัฒนาระบบต้นแบบส่วนการรับรู้พฤติกรรมท่าทางในลักษณะข้อมูล จากระบบฐานข้อมูล (SimpleOpenIN) โดยจะประมวลผลจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณตรวจจับการเคลื่อนไหวผ่านด้วยซอฟต์แวร์ (Processing)

4) อุปกรณ์และซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการพัฒนาระบบต้นแบบส่วนการแสดงผลเพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้งานจากพฤติกรรม โดยใช้ซอฟต์แวร์ควบคุมการแสดงผล (Processing) กับ ซอฟต์แวร์ (Arduino) ที่จะควบคุมคำสั่งทางกายภาพและไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Microcontroller Board) ที่จะเป็นส่วนแสดงผลทางกายภาพโดยผ่าน (Servo) และจะทำการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมกรณีศึกษา

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 คอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่ง (Ubiquitous Computing) หมายถึง คอมพิวเตอร์ที่มีปฏิสัมพันธ์กับมนุษย์และสามารถประมวลผลข้อมูลโดยรวมตัวกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพผ่านอุปกรณ์ ให้คอมพิวเตอร์กลายเป็นส่วนหนึ่งในการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ในทุกที่ทุกเวลา

1.4.2 สถาปัตยกรรมตอบสนอง (Responsive Architecture) หมายถึง สถาปัตยกรรมที่สามารถปรับเปลี่ยนที่ว่าง โครงสร้าง หรือองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมด้วยกลไกที่ถูกควบคุมจากทางตรงหรือทางอ้อมโดยเป็นไปตามความต้องการแต่ละด้านของมนุษย์ ด้วยการทำงานผสมผสานกับเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ส่งสัญญาณที่ไวต่อสภาพแวดล้อม และวิศวกรรมโครงสร้าง

1.4.3 จลศาสตร์สถาปัตยกรรม (Kinetics Architecture) หมายถึง สถาปัตยกรรมที่สามารถปรับเปลี่ยนที่ว่าง โครงสร้าง หรือองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมด้วยกลไกที่ถูกควบคุมแบบไดนามิก ใช้กลไกของสายสะพานและโรลเลอร์ในการทำให้องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมเคลื่อนไหว

1.4.4 การคณนาเชิงพฤติกรรม (Behaviour Computing) หมายถึง การประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมมนุษย์ รวมถึงการรับรู้หรือส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของมนุษย์ ด้วยวิธีการทางคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ส่งสัญญาณที่ไวต่อสภาพแวดล้อม โดยถือว่าพฤติกรรมคือข้อมูลประเภทหนึ่งที่สามารถวัดค่าได้

1.4.5 การเคลื่อนไหวของร่างกาย (Body Movement) หมายถึง การเคลื่อนไหวอวัยวะของร่างกายเพื่อการแสดงออกหรือสื่อสารพฤติกรรมทั้งทางตรงและทางอ้อมเพื่อจุดประสงค์ในความต้องการแสงธรรมชาติ เช่น การนั่งทำงานต้องการแสงสว่างที่มากในการทำงาน หรือการนอนที่ไม่ต้องการแสงสว่าง เป็นต้น

1.4.6 การรู้จำการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Body Movement Recognition) หมายถึง การจำแนกลักษณะของการแสดงออกทางการเคลื่อนไหวร่างกายตามฐานข้อมูลที่กำหนดเพื่อระบุพฤติกรรมความต้องการแสงธรรมชาติผ่านวิธีการทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ด้วยอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว และการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์

1.4.7 สถานที่ส่วนบุคคล (Personal Station) หมายถึง พื้นที่ทำงานส่วนบุคคลที่ประกอบด้วย ระบบแผงกันแดดที่สามารถควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติจากพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งาน ชุดโต๊ะทำงาน ที่นั่ง เติงนอน และอุปกรณ์ในการทำงาน โดยในสถานที่ส่วนบุคคลจะมีช่องเปิดแค่นำแสงเข้าเพื่อสะดวกต่อการวิจัยและพัฒนา

1.5 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1.5.1 การประมวลผลรวบรวมองค์ความรู้จากกรณีศึกษา ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และการออกแบบแผงกันแดดอัตโนมัติที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้พื้นที่ใช้งาน รวมถึงเข้าใจในระบบกระบวนการและขั้นตอนในการสร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมทางกายภาพระหว่างมนุษย์กับงานสถาปัตยกรรมโดยผ่านเทคโนโลยี ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ผลสรุปค่าความส่องสว่างที่เพียงพอสำหรับการใช้งานในสถาปัตยกรรม

1.5.2 ระบบต้นแบบใช้ในการควบคุมระบบแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาภายในงานสถาปัตยกรรมทางกายภาพโดยใช้เทคโนโลยีกึ่งอัตโนมัติตรวจจับการเคลื่อนไหวจากการตอบสนองโดยผ่านพฤติกรรมการใช้พื้นที่ใช้งานของผู้ใช้งานจะทำการควบคุมระบบแสงธรรมชาติอัตโนมัติที่ผ่านส่องเข้ามาภายในงานสถาปัตยกรรมให้เหมาะสมกับค่ามาตรฐานความสว่างที่เพื่อยอดเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบเปิดรับแสงธรรมชาติที่มีความสัมพันธ์กับระบบการควบคุมแสงประดิษฐ์ในอาคารเพื่อได้ค่าแสงที่มีคุณภาพ

1.5.3 ผู้ใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นนั้นจะได้รับความสว่างที่เหมาะสม นำไปสู่การส่งเสริมประสิทธิภาพในการทำงาน ความสะดวกสบายและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นผ่านการใช้งานสถาปัตยกรรมที่สามารถเคลื่อนไหวได้ เพื่อประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และเป็นการทำทนายสถาปนิกต่อรูปแบบสถาปัตยกรรมในประเทศไทยที่สามารถตอบสนองความต้องการของการใช้ชีวิตในปัจจุบันและอนาคต

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถาปัตยกรรมจุลศาสตร์ถึงแม้จะถูกต่อต้านในเรื่องประสิทธิภาพที่ไม่แน่นอนเนื่องจากเทคโนโลยีในยุคสมัยนั้นแต่ยังมีจุดเด่นของการเคลื่อนไหว ความงามที่ซ่อนเร้นในการทำงานโดยจุลศาสตร์ จึงเป็นแรงผลักดันถึงการพัฒนาความสัมพันธ์ของการออกแบบการเคลื่อนไหวภายในสถาปัตยกรรม การออกแบบของการเคลื่อนไหวเป็นปกติของบริบทของสถาปัตยกรรมและในขณะที่มีหลายต้นแบบเทคโนโลยีที่มีส่วนร่วมมีความเป็นเนื้อหาได้ใจความ องค์ประกอบของการเคลื่อนไหว องค์ประกอบที่สามารถชี้แนะแนวทางที่แน่นอนในการออกแบบของจุลศาสตร์ที่ให้ความท้าทายขอบเขตของการค้นหาสำหรับรูปแบบการเคลื่อนไหวลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรูปแบบอาคารสำหรับการเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกับลักษณะที่ Philip Steadman ได้กล่าวถึงแบบฟอร์มที่จำเป็นและการใช้งานโดยอ้างอิงจากบทความของ George Rickey ในสัณฐานวิทยาของการเคลื่อนไหว (Jules Moloney, 2011, p. 3) ในการเคลื่อนไหวเมื่อมีการพัฒนาและออกแบบตัวแปรซึ่งเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ว่าจะมีอิทธิพลมากที่สุดในการสร้าง พีชคณิตหลายรูปแบบการเคลื่อนไหวในขณะที่เห็นได้ชัดผ่านการตรวจสอบอย่างใกล้ชิดของการทดลองภาพเคลื่อนไหวให้ข้อมูลเชิงลึกต่อไปคุณสมบัติที่โดดเด่นของรูปแบบการเคลื่อนไหวสำหรับอาคารสถาปัตยกรรมและศักยภาพองค์ประกอบเหล่านี้

สัณฐานวิทยาหรือการเปลี่ยนรูปร่าง ปกติจะเกี่ยวข้องกับสาขาชีววิทยาและหมายถึงรูปลักษณ์และโครงสร้างทางกายภาพของสิ่งมีชีวิตเมื่อเทียบกับสรีรวิทยาซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงาน ถูกนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมในการอ้างอิงถึงเมืองสัณฐานวิทยาและการวิจัยในการออกแบบรูปทรงเรขาคณิตของแผนผังเมืองของ (Batty, 1973) เมืองสัณฐานวิทยาการพัฒนารอบที่ตั้งของเน้นของการวิจัยในปัจจุบันที่ได้เปลี่ยนจากการสร้างแบบจำลองของโครงสร้างแบบคงที่เพื่อความเข้าใจกระบวนการ กับการวิจัยภายในสถาปัตยกรรมอย่างชัดเจนซึ่งใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ในขณะที่ Philip Steadman ได้กล่าวไว้ในหนังสือของสัณฐานวิทยาของเขาจะเน้นอยู่ในการสำรวจช่วงที่เป็นไปได้ของรูปแบบการออกแบบภายในขอบเขตของรูปทรงเรขาคณิต ชุดของการศึกษาการเคลื่อนไหว การตรวจสอบข้อเท็จจริงอย่างใกล้ชิดของภาพเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกันระบุชนิดที่เกิดขึ้นเมื่อจัดการกับตัวแปร ซึ่งทำให้เกิดรูปแบบที่หลากหลายหลากหลาย ความเป็นไปได้ในการพัฒนางานสถาปัตยกรรมโดยจุลศาสตร์

สัณฐานวิทยาจะศึกษาความสัมพันธ์ของรูปทรงเรขาคณิตที่เป็นอิสระจากขนาดทางกายภาพ ในลักษณะที่คล้ายกันขนาดของชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวหรือขนาดโดยรวมของอาคารที่ไม่ได้สำคัญอย่างยิ่งต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรูปแบบการเคลื่อนไหว ความสำคัญของการศึกษา

ลักษณะทางสัมมนาวิทยาการนี้คือการกำหนดค่าของการแปลงทางเรขาคณิตในพื้นที่โครงสร้างพื้นฐานของการสร้างการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระจากขนาดทางกายภาพ (Philip Steadman, 2011, p. 5) การออกแบบสำหรับการเคลื่อนไหวซึ่งปรับเปลี่ยนรูปแบบไปตามเวลา โดยปกติทฤษฎีสถาปัตยกรรมและการปฏิบัติที่มีส่วนร่วมกับการเคลื่อนไหวมีดังต่อไปนี้

- (1) การเปลี่ยนแปลงผ่านเหตุการณ์ตามการควบคุมของผู้ใช้งาน
- (2) การเคลื่อนไหวทางกายภาพของผู้ใช้งาน
- (3) ความรู้สึกของการเคลื่อนไหวเนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงแสง
- (4) ผู้ร่อนของวัสดุและผลกระทบของการสลายตัว
- (5) การเคลื่อนไหวผ่านรูปแบบและพื้นผิวที่ปรากฏแบบไดนามิก
- (6) วิธีการออกแบบที่ใช้การแปลงทางเรขาคณิตหรือภาพเคลื่อนไหว

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

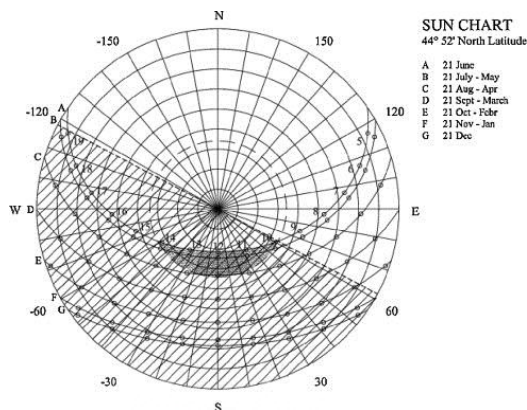
แสงธรรมชาติมีจุดเด่น คือ เป็นแสงที่ได้มาโดยไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตจนถึงการใช้งาน และยังสามารถนำมาหมุนเวียนใช้ได้ หากนำแสงธรรมชาติมาใช้ ภายในอาคารจะช่วยลดพลังงานและค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปกับแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ โดยแสงธรรมชาติมีประสิทธิภาพสูง เมื่อเปรียบเทียบแล้วจะมี ประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ ใช้กันโดยทั่วไปประมาณ 1-2 เท่า

แสงธรรมชาติให้ผลในเชิงจิตวิทยาและการมองเห็น โดยแสงสามารถทำให้รู้สึกสดชื่นไปจนถึงปลอดภัยได้จากการที่แสงมีปริมาณมากและกระจายในที่กว้าง นอกจากนี้การเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงระดับความส่องสว่างตลอดเวลาจะสามารถบ่งบอกเวลาและเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความตื่นตาตื่นใจ ไม่น่าเบื่ออย่างที่เกิดในแสงประดิษฐ์ที่มีความสม่ำเสมอคงที่ตลอดเวลา และแสงธรรมชาติยังมีคุณสมบัติทางสีที่สมบูรณ์ทำให้เห็นวัตถุได้สมจริง ซึ่งไม่มีแสงประดิษฐ์ใดสามารถทำได้

2.1.1.1 ลักษณะของดวงอาทิตย์

(1) ชันชาร์ท (Sun Chart)

การที่โลกหมุนรอบตัวเองและโคจรรอบดวงอาทิตย์ เมื่อมีการอ้างอิงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ บนพื้นโลกทำเสมือนว่าดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกเป็นวงแหวนซ้อนกันหลายวง จนทำให้เป็นเส้นทางผ่านของดวงอาทิตย์ บนพื้นโลกซึ่งภายหลังได้ มีการพัฒนารูปแบบการอ้างอิงตำแหน่งดังกล่าวให้อยู่ในรูปแบบของชันชาร์ท (Sun Chart) ซึ่งตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละสถานที่ จะมีรูปแบบที่ต่างกันไปตาม Latitude ที่ตั้งที่ต่างกัน



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะ Sun Chart แสดงมุมของแสงเวลา. สืบค้นจาก <http://ars.elscdn.com/content/image/1-s2.0-S1364032109001026-gr6.jpg>

(2) มุมของรังสีของแสง (Angle of Incidence)

ลักษณะความแตกต่างของแสงที่เกิดขึ้นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของโลก เกิดจากลักษณะของรังสีของแสงที่กระทำกับพื้นผิวโลกทำมุมที่แตกต่างกันรังสีของแสงที่ทำมุมน้อยกับพื้นผิวโลกก็จะมีแสงสว่างก็จะน้อยกว่ารังสีของแสงส่องลงมาตั้งฉากกับพื้นผิวโลก

2.1.1.2 ลักษณะของแสงธรรมชาติ

แสงธรรมชาติที่นำมาใช้ภายในอาคารที่มาจากแสงท้องฟ้าที่ประกอบด้วย แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (Sun Light) แสงสะท้อนจากท้องฟ้า (Sky Light) และแสงที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนคือแสงที่สะท้อนจากพื้นและสิ่งแวดล้อม รวมถึง แสงสะท้อนจากสภาพภายในของพื้นที่ใช้สอยเอง ลักษณะความแปรปรวนของแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้าเป็นหลัก เนื่องจากสภาพท้องฟ้าสามารถทำให้เกิดค่าความส่องสว่างที่ต่างกันมากระหว่างแสงที่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์ กับแสงที่ได้รับจากการสะท้อนที่กระจายจากก้อนเมฆและอนุภาคในอากาศ หรือการสะท้อนจากพื้นผิวของสิ่งต่างๆในสภาพแวดล้อม ซึ่งจะทำให้เกิดลักษณะของความสว่างที่ต่างกัน ดังนี้

(1) สภาพท้องฟ้า

ปริมาณของเมฆและอนุภาคในอากาศ เช่น ฝุ่น คิวบ และไอน้ำ มีผลต่อปริมาณแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมาบนพื้นดิน โดยทั่วไปแล้วจะมีการจำแนกสภาพท้องฟ้าออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ท้องฟ้าที่มีเมฆมาก (Overcast Sky) คือ ท้องฟ้าที่มี เมฆมากเป็นสภาพท้องฟ้าที่มี เมฆมากปกคลุมทั่วท้องฟ้ามากกว่า 70% ท้องฟ้าประเภทนี้จะไม่สามารถเห็นแหล่งกำเนิดแสงนั้นคือดวงอาทิตย์ได้ และมีลักษณะของความส่องสว่างน้อย เนื่องจากเมื่อแสงจากดวงอาทิตย์ตกกระทบกับไอน้ำแสงจะเกิดการกระจายทุกทิศทุกทาง (Nadamura and Oki1,1983, p 25)

2. ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly Cloudy Sky) คือ ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน เป็นสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆในปริมาณปานกลางปกคลุมประมาณ 30-70% โดยระดับความส่องสว่างจะมีความแปรปรวนสูงจากการเคลื่อนที่ของเมฆ ท้องฟ้าประเภทนี้จะสามารถหาระดับความสว่างของท้องฟ้าได้ยากมาก เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของเมฆตลอดเวลา หากเมฆที่ปกคลุมมีปริมาณน้อยและเบาบาง ท้องฟ้าจะมีค่าระดับความส่องสว่างมากกว่าระดับความส่องสว่างของท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) 10-15% ซึ่งเป็นผลจากการสะท้อนแสงของเมฆ ซึ่งสภาพท้องฟ้าส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (กรมอุตุนิยมวิทยา 2543 : 1)

3. ท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) คือ ท้องฟ้าโปร่งเป็นสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆน้อย ปริมาณปกคลุมท้องฟ้าไม่เกิน 30% จึงสามารถเห็นแหล่งกำเนิดแสงนั้นคือดวงอาทิตย์ได้ระดับความส่องสว่างของท้องฟ้าประเภทนี้ เกิดจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้า ทำให้ความสว่างของท้องฟ้ามีปริมาณที่แตกต่างกัน (Kittler, 1981, p. 69)

(2) แสงสะท้อนจากพื้นผิว

แสงที่สะท้อนเกิดจากพื้นภายนอกอาคารหรือพื้นผิวภายนอกของสิ่งต่างๆ ที่แวดล้อมอาคารอยู่ เช่น ต้นไม้ สิ่งก่อสร้าง อาคารข้างเคียง เป็นต้น แสงสะท้อนจากสภาพแวดล้อมนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ของพื้นผิวของสภาพแวดล้อมดังกล่าวที่มีความสัมพันธ์กับจุดพิจารณารวมไปถึงค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวนั้นทั้งนี้ค่าการสะท้อนแสงของสภาพแวดล้อมจะมีความแตกต่างกันในกรณีที่สภาพแวดล้อมเป็นอาคารหรือพื้นคอนกรีต อาจมีค่าการสะท้อนสูงถึง 80-90% ซึ่งจะพบมากในอาคารในปัจจุบันที่มักจะใช้วัสดุกระจกหรือทาสีขาว ในขณะที่สภาพแวดล้อมที่เป็นต้นไม้หรือพื้นหญ้าจะมีค่าการสะท้อนแสงที่ต่ำมากเพียง 6% (สุนทร, 2542 : 4)

(3) ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor Method – D.F.)

Daylight Factor Method หรือ Sky Factor หรือ Split Flux Method เป็นวิธีการคำนวณระดับความส่องสว่างภายในอาคารที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากกว่า 70 ปี โดยเฉพาะในประเทศอังกฤษได้มีการกำหนดกฎหมายที่เกี่ยวข้องและอาศัยการคำนวณด้วยวิธีนี้ (Waldram, 1940, p. 86) วิธีเดย์ไลท์แฟกเตอร์ได้รับการพัฒนาให้เหมาะสมต่อมา เพื่อการใช้งานที่สะดวกขึ้น (Hopkison, Petherbridge, and Longmore, 1966, p. 135) หลักการของเดย์ไลท์แฟกเตอร์ (Daylight Factor, DF) จะเป็นวิธีการที่กำหนดขึ้นจากอัตราส่วนเปรียบเทียบ ระหว่างค่าความส่องสว่างภายในอาคารในระนาบพื้นผิวต่อค่าความส่องสว่างภายนอกของอาคาร โดยการคำนวณที่ได้ จะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามวันเวลา โดยมีค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์สำหรับการใช้งานในแบบต่างดังนี้

1. การอ่านหนังสือและการทำงานปกติในช่วงเวลาหนึ่งค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์เท่ากับ 1.5-2.5%

2. การอ่านหนังสือ หรืองานที่ต้องใช้สายตาในที่หนึ่งในช่วงเวลานานพอสมควร หรืองานที่อาจจะต้องมีอุปกรณ์เสริม ซึ่งไม่มีอันตรายมากค่าเฉลี่ยไลท์แฟคเตอร์จะเท่ากับ 2.5-4.0%

3. งานที่ต้องการความละเอียดสูง หรือการใช้เครื่องอุปกรณ์ที่ต้องระมัดระวังอันตรายค่าเฉลี่ยไลท์แฟคเตอร์จะเท่ากับ 4.0-8.0% (B. Stein and J.Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. NewYork : John Wiley & Sons Co., 1998 , p. 197)

2.1.1.3 ค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคาร

(1) ค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคาร (มาตรฐาน IES)

ลักษณะพื้นที่ใช้งานทั่วไปค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคารจะอยู่ในช่วง 300 - 700 lux และลักษณะพื้นที่ใช้งานส่วนกลางและทางเดินค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคารจะอยู่ในช่วง 100 - 200 lux ส่วนลักษณะพื้นที่ใช้งานที่เป็นสำนักงาน ห้องคอมพิวเตอร์ และห้องเรียนค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคารจะอยู่ในช่วง 300 - 500 lux

ลักษณะพื้นที่ใช้งานประเภทบ้านที่อยู่อาศัยที่ต้องการความสว่างน้อยที่สุดคือห้องนอนซึ่งมีมาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคารเท่ากับ 50 lux ห้องน้ำและห้องนั่งเล่นมีค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคารจะอยู่ในช่วง 100 - 500 lux บริเวณบันไดค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคารเท่ากับ 100 lux และสุดท้ายลักษณะพื้นที่ที่เป็นห้องครัวจะมีค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคารจะอยู่ในช่วง 300 - 500 lux

(2) ค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคาร (มาตรฐาน CIE)

ลักษณะพื้นที่ทางเดินภายในอาคารค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคารจะเท่ากับ 100 lux และลักษณะพื้นที่ใช้งานไม่ต่อเนื่องจะมีค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคารจะอยู่ในช่วง 150 lux ส่วนประเภทอาคารสำนักงาน ห้องคอมพิวเตอร์ และห้องเรียนมีค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคารเท่ากับ 500 lux

2.1.2 ทฤษฎีความสว่างที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น

ทฤษฎีเกี่ยวกับความส่องสว่างพื้นฐานได้มีการกำหนดคำศัพท์และคำนิยามที่สำคัญมีดังนี้

2.1.2.1 ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) คือรังสีหรือกำลังของแสงที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดแสงใน 1 หน่วยเวลาเป็นการบอกค่าพลังงานหรือกำลังของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง

2.1.2.2 ความเข้มแสง (Luminous Intensity) คือปริมาณของแสงหรือความหนาแน่นของแสงที่เปล่งออกมาจากหลอดไฟทิศทางใดๆ

2.1.2.3 ความส่องสว่าง (Illuminance) คือปริมาณแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่หน่วยใดๆ แนวทางการกำหนดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ส่วนต่างๆภายในอาคารที่มีความเหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมและประโยชน์ใช้

2.1.2.4 ค่าความสว่าง (Luminance) คือความส่องสว่างที่สะท้อนหรือส่องผ่านออกมาจากวัตถุเข้าสู่ตา ทำให้สามารถมองเห็นวัตถุได้โดยวัตถุนั้นจะมีคุณสมบัติเป็นแหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม (Secondary Light Source)

2.1.2.5 ความสว่าง (Brightness) คือการตอบสนองด้านความคิด (Subjective Response) ต่อค่าความสว่าง (Luminance) ในพื้นที่ภาพที่มองเห็น ลักษณะของความสว่างของแสงเราสามารถรับรู้ได้จากการเปรียบเทียบคุณภาพของการสะท้อนแสงบนวัตถุนั้นๆต่อภาพรอบข้างว่ามีลักษณะที่สว่างกว่าหรือมืดกว่า ความแตกต่างนี้เรียกว่าความต่างของความสว่าง (Brightness-Contrast) ซึ่งค่าความต่างนี้เป็นตัวอธิบายอัตราความสว่างที่เกิดขึ้น (Luminance Ratio) ลักษณะของความสว่างเช่นนี้เป็นวิธีการในการออกแบบความสัมพันธ์ระหว่างสีพื้นผิว และตำแหน่งของพื้นผิวในพื้นที่ว่าง (Space) กับผู้ใช้งานและจำนวนของแหล่งกำเนิดแสง

การรับรู้ถึงความส่องสว่างส่งอิทธิพลต่อการมองเห็นความลึกตื้นของวัตถุนั้นๆด้วยนั่นคือเมื่อวัตถุหนึ่งทีสว่างวางใกล้กับวัตถุที่มีมืดกว่า วัตถุที่สว่างกว่าจะดูใกล้และมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุที่มีมืดกว่า นอกจากแสงจะส่งอิทธิพลต่อการมองเห็นความลึกตื้นของวัตถุนั้นๆแล้ว สีก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้เกิดความลึกตื้นของวัตถุได้เช่นกัน นั่นคือสีที่มีความสว่างหรืออ่อนกว่า (มีปริมาณของสีขาวผสมในอัตราส่วนที่มาก) จะให้ความรู้สึกที่ดูใกล้กว่าสีที่มีความสว่างน้อยหรือสีเข้ม (มีปริมาณของสีดำผสมในอัตราส่วนที่มาก) (John Willey & Sons . inc, 1995 , p. 175.)

2.1.2.6 ความเปรียบต่าง (Contrast) คือความสว่างของวัตถุที่เรามองเห็นเทียบกับความสว่างของสภาพรอบข้างถ้าความสว่าง ของวัตถุต่างจากสภาพรอบข้างมาก ค่าคอนทราสต์จะมีค่าสูง (John Willey & Sons . inc, 1995 , p. 13.) โดยปกติแล้วค่าความส่องสว่างที่เน้นเฉพาะจุดจะต้องมีค่าเปรียบต่างไม่น้อยกว่า 3 เท่าของความสว่างรอบข้าง จึงจะทำให้แสงและสิ่งที่ต้องการเน้นมีความชัดเจนมากขึ้น

2.1.2.7 ความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity) คือลักษณะของแสงที่มีความสว่างใกล้เคียงกันทำให้มีการปรับของสายตาน้อย ซึ่งการปรับตัวของสายตากรณีความสว่างเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่จากที่มืดไปที่สว่าง สายตาจะใช้เวลาปรับตัวไม่นานมาก แต่การเคลื่อนที่จากที่สว่างไปที่มืดสายตาจะใช้เวลาปรับตัวนานกว่า พื้นที่ใช้งานที่มีรูปแบบการใช้งานไม่เหมือนกัน จะมีความต้องการความสม่ำเสมอในระดับที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ความสว่างบริเวณพื้นที่รอบจุดการทำงานควรมีความส่องสว่างไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความส่องสว่างที่พื้นที่ทำงานหรือ พื้นที่ใช้สอยที่อยู่ใกล้เคียงกัน เช่น ทางเดินภายนอกห้องระเบียบ ไม่ควรมีค่าความส่องสว่างต่าง

จากพื้นที่ใช้สอยมากกว่า 5 : 1 เป็นต้น

2.1.2.8 แสงบาดตา (Glare and Sparkle)

เกิดขึ้นจากการเข้ามาของแสงที่มีความเข้มสูงสู่มุมมองของสายตา โดยแสงนี้มีความสว่างมากหรือมีความจ้ามาก เมื่อเทียบกับความจ้าในสภาพแวดล้อมทั่วไป มีผลทำให้มีปัญหาในการมอง แสงบาดตาอาจเกิดขึ้นได้จาก 3 แนวทาง ดังนี้

(1) แสงบาดตาที่เกิดขึ้นโดยตรง (Direct Glare) เกิดขึ้นเมื่อแหล่งกำเนิดแสงที่มีความสว่างสูงมาก อยู่ภายในภาพที่มองเห็น จะมีความรุนแรงมากหากการมองมีทิศทางสู่แหล่งกำเนิดโดยตรง

(2) แสงบาดตาที่เกิดขึ้นทางอ้อม (Indirect Glare) เกิดขึ้นเมื่อพื้นผิวภายในหรือภายนอกอาคาร เช่น ผนังห้อง ได้รับแสงในปริมาณมากแล้วสะท้อนหรือส่องผ่านแสงทำให้พื้นผิวนั้นๆมีความสว่างมากเกินไป

(3) แสงบาดตาที่เกิดขึ้นจากการสะท้อน (Reflected Glare) แสงบาดตาที่เกิดขึ้นจากการสะท้อน (Reflected Glare, Reflected Sparkle) เกิดขึ้นจากการสะท้อนแบบเหมือนกระจกจากแหล่งกำเนิดแสง บนพื้นที่ผิวที่มีความมันวาวตัวอย่างพื้นผิวภายในห้องเช่น พื้นโต๊ะกระจก มีผลให้เกิดความรำคาญต่อสายตา

2.1.2.9 อุณหภูมิสี (Color Temperature)

อุณหภูมิสีมีผลต่ออารมณ์ความรู้สึก และบรรยากาศของห้องตามลักษณะดังตัวอย่างต่อไปนี้

(1) แสงสีอบอุ่น (Warm Color Light) ได้แก่ แสงสีในโทนร้อน เช่น สีเหลือง ส้ม แดง แสงสีดังกล่าวจะทำให้วัตถุสีส้มหรือแดงดูสดและสวยแต่วัตถุสีน้ำเงินจะดูมืดขึ้น ส่วนวัตถุสีเหลืองอ่อน สีขาว สีเขียวดูเป็นกลาง สีในโทนนี้จะให้ความรู้สึกสนุกสนานร่าเริงอบอุ่นกับคนส่วนใหญ่

(2) แสงสีเย็น (Cool Color Light) ได้แก่ แสงสีในโทนเย็น เช่น สีฟ้า สีเขียว สีน้ำเงิน แสงสีดังกล่าวจะทำให้วัตถุสีน้ำเงินดูสดและสวยแต่วัตถุสีแดงและส้มจะดูมืดขึ้น ส่วนวัตถุสีขาว สีเขียวดูเป็นกลาง สีในโทนนี้จะให้ความรู้สึกสงบ เยียบขรึมเป็นทางการกับคนส่วนใหญ่

(3) แสงสีขาว (White Light) เป็นแสงสีขาว เช่นเดียวกับสีของแสงธรรมชาติ จากดวงอาทิตย์ แสงสีขาวจะทำให้วัตถุสีต่างๆเป็นกลาง ซึ่งเห็นสีจริงของวัตถุได้ชัดเจนมากที่สุด

ในการวิจัยนี้เลือกใช้แสงสีขาวซึ่งจะทำให้วัตถุสีต่างๆดูเป็นกลาง สามารถเห็นสีจริงของวัตถุได้ชัดเจนมากที่สุดเช่นเดียวกับสีของแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์

2.1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการให้แสงธรรมชาติ

การให้แสงธรรมชาติในอาคารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ในการส่องสว่างอย่างมีคุณภาพ รูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารจำแนกตามทิศทางได้ 2 รูปแบบ คือ แสง

ธรรมชาติจากด้านข้างของอาคารและแสงธรรมชาติจากด้านบน ซึ่งในการวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะการให้แสงธรรมชาติจากด้านข้างของอาคาร

2.1.3.1 แสงธรรมชาติจากด้านข้างอาคาร (Side Lighting)

เป็นแสงที่ผ่านเข้ามาจากแหล่งกำเนิดแสงที่มาได้หลายทาง เช่น แสงจากท้องฟ้า แสงจากพื้นดินภายนอกที่เป็นตัวสะท้อนแสง และการสะท้อนแสงภายในอาคาร จากการศึกษาพบว่า ข้อดี คือ ช่วยสร้างทัศนวิสัยที่ดีเหมาะสมแก่การใช้งาน แต่มีข้อเสีย เนื่องจากหน้าต่างหรือช่องเปิดประเภทนี้อยู่ในตำแหน่งที่คนทั่วไปสามารถทนต่อความจ้าเมื่อมองระดับได้เพียง 170 ฟุตแลมเบิร์ต เท่านั้น (สุนทร บุญญธการ, 2541, หน้า 94) เพื่อให้เกิดความสบายตาในการมองออกสู่ภายนอก แต่จะส่งผลให้มีแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งานในระยะเพียง 2 - 3 เมตร ซึ่งการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้อย่างคุ้มค่า คือ การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารได้ลึกมากที่สุด ปริมาณความสว่างของแสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงาน (Working Plane) จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของแสงกับระนาบนั้นๆ โดยมุมมองค่าที่แสงตกกระทบนี้ จะแปรผันกับค่าความเข้มของปริมาณแสงสว่างบนระนาบ ถ้ามุมยิ่งน้อยปริมาณแสงสว่างที่ระนาบของพื้นที่ใช้งานก็จะยิ่งมากขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางการนำแสงธรรมชาติการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้อย่างคุ้มค่าที่สุดนั่นเอง

(1) ตำแหน่งของแผงกันแดดด้านข้าง มีผลต่อการรับแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งสามารถจำแนกตำแหน่งของช่องเปิดได้ 3 แบบดังนี้

1. ช่องเปิดช่วงล่าง (Lower Void Opening) มีความสูงจากพื้นประมาณ 0.90 - 1.50 เมตร ได้รับแสงสะท้อนจากบริเวณที่อยู่ใกล้โดยรอบ หรือบริเวณที่อยู่ต่ำกว่าระดับสายตา เช่น แสงสะท้อนจากพื้นดิน ผิวสะท้อนแสง หน้าต่างช่วงล่างนี้ไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องความจ้า และความร้อนของแสงแดด ข้อเสีย คือจะเกิดลักษณะของความเปรียบต่าง (Contrast) ระหว่างแนวผนังช่วงบนเหนือแผงกันแดดกับบริเวณฝ้าเพดานและยังจำกัดทัศนวิสัยอีกด้วย

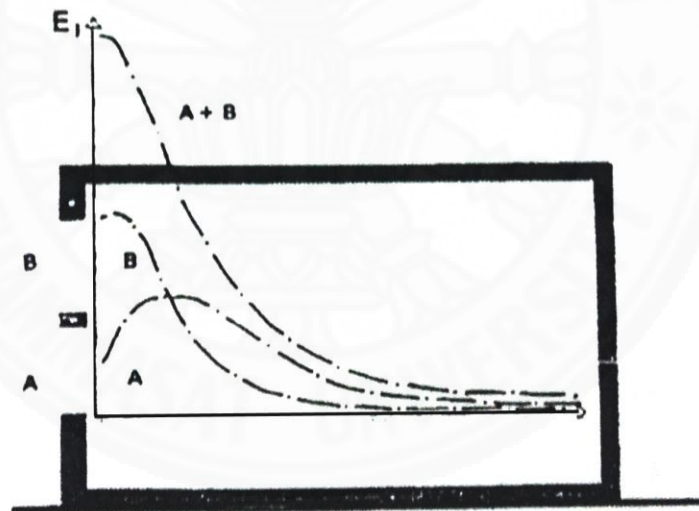
2. ช่องเปิดช่วงกลาง (Middle Void Opening) พบเห็นโดยทั่วไปมีความสูงจากพื้นประมาณ 0.90 - 2.00 เมตร ได้รับแสงสะท้อนจากบริเวณโดยรอบแต่ประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงจากพื้นดินเข้ามาภายในจะไม่ดีเท่ากับช่องเปิดช่วงล่างและประสิทธิภาพในการกระจายแสงไม่เท่ากับช่องเปิดช่วงบนที่มีปริมาณความสว่างที่เพียงพอต่อระดับการใช้งานในช่วงระยะ 2 - 3 เมตร แต่มีลักษณะทัศนวิสัยที่ดีกว่าแบบอื่น เนื่องจากอยู่ในระดับแนวสายตาปัญหาที่พบส่วนใหญ่ คือ ปริมาณความจ้าของแสงที่ได้รับโดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้ช่องเปิด แนวทางการปรับแก้โดยการใช้อุปกรณ์บังแดดหรือการปรับความลาดเอียงของอุปกรณ์บังแดด

3. ช่องเปิดช่วงบน (Upper Void Opening) มีความสูงจากพื้นประมาณ 2.00 เมตรขึ้นไป มีการให้ความส่องสว่างผ่านเข้ามาภายในได้ลึกกว่าทุกแบบ ทั้งจากแสงธรรมชาติโดยตรง แสงกระจาย เป็นต้น ข้อเสียของช่องเปิดช่วงบนนี้คือปริมาณแสงที่ไม่เพียงพอ ทัศน

วิสัยดีกว่าช่องเปิดชนิดอื่น แต่ไม่มีปัญหาเรื่องความจ้าของแสงเนื่องจากเป็นช่วงที่อยู่เหนือระดับสายตา



ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบปริมาณของค่าความสว่างภายในจากช่องเปิดแบบต่างๆ สืบค้นจาก : Majoros, 1988, p. 38

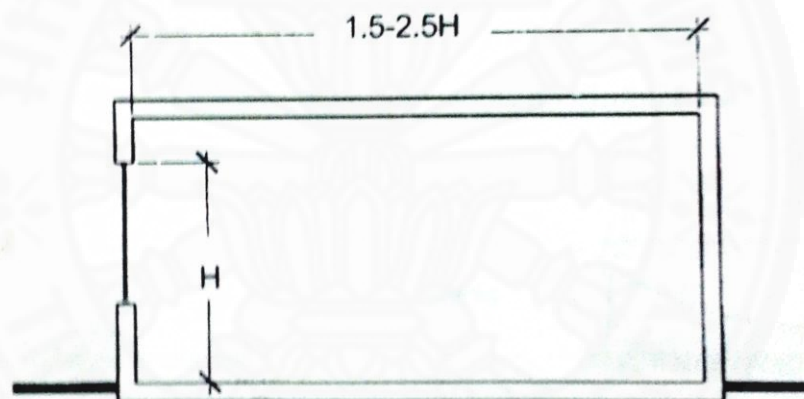


ภาพที่ 2.3 การผสมช่องเปิดช่วงกลาง และช่วงบนเพื่อนำค่าความสว่างภายในได้ลึกขึ้น สืบค้นจาก : Majoros, 1998, p. 38.

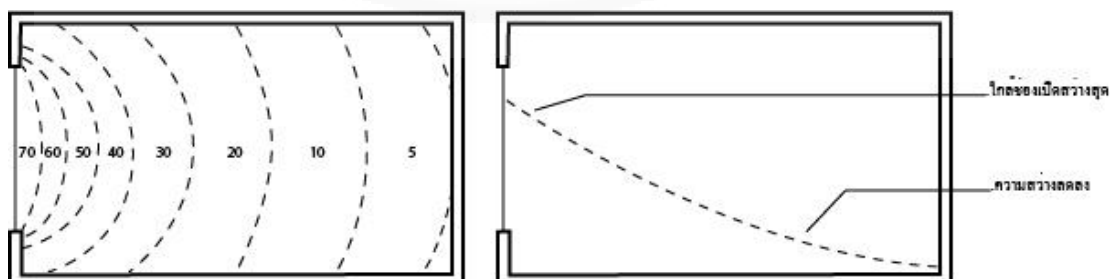
จากการศึกษาพบว่าตำแหน่งของช่องเปิดของแผงกันแดดที่มีประสิทธิภาพ นำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในได้ลึกที่สุด ควรใช้รูปแบบผสมผสานช่วงกลางกับช่วงบน เพื่อนำข้อดีและข้อเสียมาใช้ในการดำเนินการวิจัยนี้

(2) หลักการออกแบบแผงกันแดดด้านข้าง

สิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ต้องคำนึงถึงทิศทางของช่องเปิด (Orientation) เป็นอันดับแรก ซึ่งการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร แม้จะเป็นสิ่งที่ เป็นประโยชน์ในหลายๆด้าน แต่ในขณะเดียวกันก็ควรระมัดระวังในเรื่องของความร้อน และผลกระทบทางการมองเห็นที่ตามมา ความสัมพันธ์ของขนาดของช่องเปิดมีผลต่อสภาพการส่องสว่างภายใน โดยทั่วไปสัดส่วนของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับลักษณะการส่องสว่างทั้ง 2 กรณี คือ กรณีความสัมพันธ์กับปริมาณแสง และกรณีลักษณะการกระจายแสง ที่ส่องผ่านเข้ามายังพื้นที่ภายในแนวกว้าง แนวยาว และแนวตั้งโดยความลึกของห้องนั้นไม่ควรเกิน $2.5 H$ เมื่อ H คือ ความสูงของช่องแสง โดยทฤษฎี (Stein and Reynold, 2000: pp. 1151-1155) กล่าวว่า ระยะที่ลึกที่สุดที่สามารถใช้แสงธรรมชาติในอาคารได้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยไลท์แพคเตอร์ตั้งแต่ 2-5% จะมีค่าประมาณ 1.5-2.5 เท่าของความสูงของช่องเปิด



ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของช่องเปิดที่มีผลต่อการส่องสว่างภายในห้อง สืบค้นจาก : Stein and Reynold, 2000, p. 1151.



ภาพที่ 2.5 ความส่องสว่างของช่องเปิดด้านข้าง สืบค้นจาก : Egan and Olgyay, 2002, p. 112, 319.

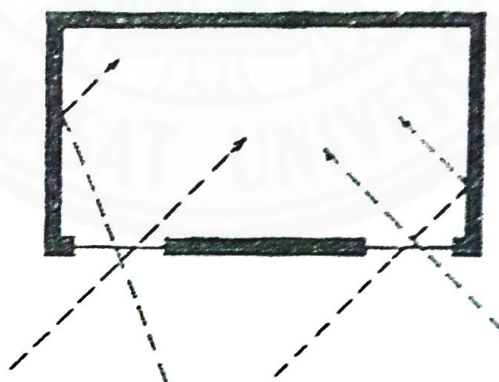
ความสูง และความกว้างของช่องเปิดจะเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อความลึกในการส่องสว่างของแสงที่ผ่านเข้ามาภายใน ส่วนความกว้างจะมีผลต่อปริมาณการส่องสว่างภายใน เช่น ช่องเปิดที่กว้างและสูง จะมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างที่ดีกว่าช่องเปิดที่แคบกว่า

(3) ข้อควรพิจารณาในการออกแบบแผงกันแดดด้านข้างของอาคาร

1. การเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารนั้น ทำได้โดยการติดตั้งแผงกันแดดหรือช่องเปิดที่ตำแหน่งสูง และกำหนดระยะฝ้าเพดานที่สูง จะช่วยกระจายแสงไปได้ไกลขึ้น เปรียบเทียบปริมาณของค่าความสว่างภายในจากช่องเปิดในรูปแบบต่างๆ ประกอบด้วย นอกจากนั้นช่องเปิดแนวอนสามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาได้มากกว่าทางแนวตั้ง ซึ่งพื้นที่ช่องเปิดควรมากกว่า 20% ของพื้นที่ห้อง (Lechner, 2000, p. 376) ซึ่งปริมาณแสงสว่างจะมีปริมาณสูงสุดบริเวณช่องเปิด และลดลงตามระยะที่มากขึ้น

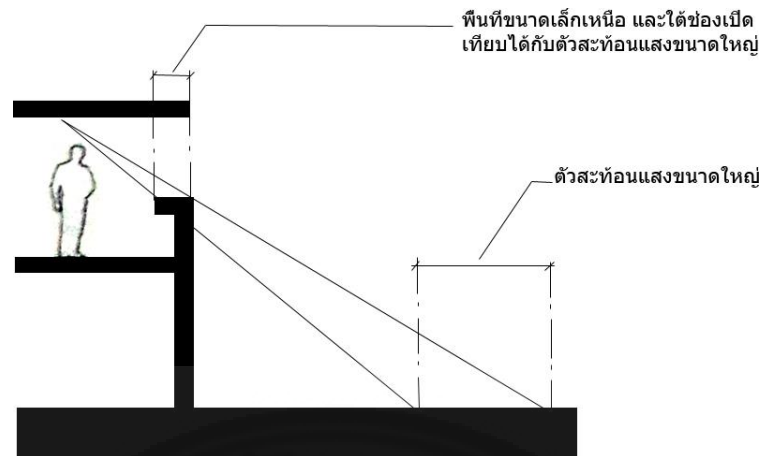
2. การนำแสงธรรมชาติเพื่อเพิ่มปริมาณการส่องสว่างและลดความจ้าแสงภายในอาคารควรติดตั้งแผงกันแดดในช่องเปิดตั้งแต่ 2 ด้านขึ้นไป จะมีประสิทธิภาพดีกว่าด้านเดียว แต่ในการวิจัยและพัฒนานั้นได้ใช้ช่องเปิดเพียงด้านเดียวเพื่อลดความซับซ้อนในงานวิจัย

3. ควรติดตั้งแผงกันแดดไว้ใกล้กับผนังภายในอาคาร เนื่องจากผนังภายในจะเป็นเสมือนตัวสะท้อนแสงที่ช่วยสะท้อนรังสีโดยตรงจากแสงอาทิตย์เพื่อทำให้แสงกระจายไปและสว่างมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดอัตราส่วนความสว่างระหว่างช่องเปิดกับผนัง ส่งผลต่อการลดแสงบาดตาที่เกิดขึ้นภายในห้อง



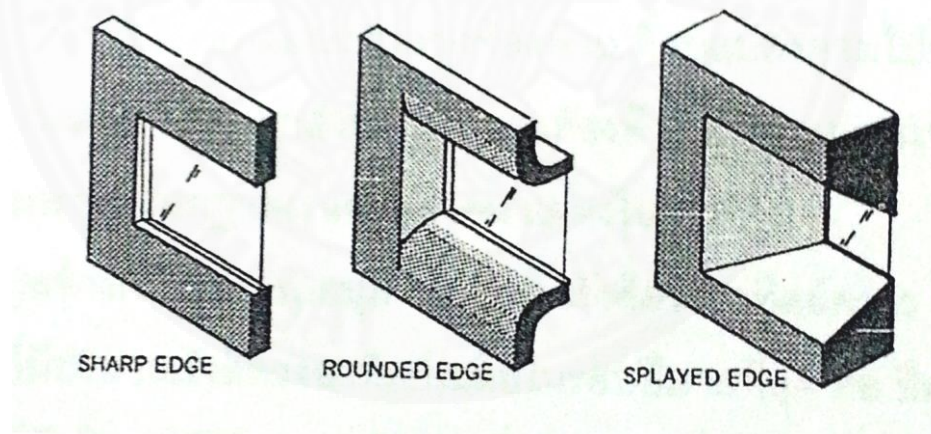
ภาพที่ 2.6 การติดตั้งช่องเปิดที่ใกล้กับผนังอาคาร. สืบค้นจาก : Lechner, 2001, p. 376.

4. ปริมาณแสงสะท้อนจากการขยายแผงกันแดดเข้ามาภายในห้องออกจากขอบช่องเปิดจะเท่ากับแสงสะท้อนจากพื้นดินรอบนอกอาคาร ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความส่องสว่างภายใน



ภาพที่ 2.7 สัดส่วนของแสงสะท้อนจากขอบจะเท่ากับแสงสะท้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอก
สืบค้นจาก : Egan and Olgyay, 2002, p. 93

5. การขยายแผงกันแดดเข้ามาภายในห้องออกจากขอบช่องเปิดไม่ว่าจะมีลักษณะแบบไหนก็จะช่วยกระจายแสงจากภายนอกก่อนเข้าสู่ห้อง และช่วยลดแสงบาดตาจากความจ้าเข้ามาสู่ภายในอาคารได้ดี



ภาพที่ 2.8 การใช้ขอบของช่องเปิดแบบต่างๆเพื่อช่วยลดแสงบาดตาและความจ้า สืบค้นจาก :
Lechner, 2001, p. 377.

6. แสงที่เข้ามาภายในอาคารควรจะเป็นแสงกระจาย ที่มีอุปกรณ์บังแดดเพื่อสะท้อนรังสีโดยตรงจากแสงอาทิตย์และช่วยสะท้อนแสงขึ้นบนฝ้าเพดานเพื่อกระจายแสงให้เกิดความสม่ำเสมอ (Lechner, 2001, p. 377)

2.1.4 กระบวนการพฤติกรรมทางกายภาพ

ในความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อมทางกายภาพนั้น เกิดกระบวนการทางพฤติกรรม ที่แสดงถึงลักษณะเฉพาะทางพฤติกรรม อาจจำแนกขั้นตอนของกระบวนการทางพฤติกรรมตามลักษณะเฉพาะทางพฤติกรรมที่เด่นชัดและมีความเฉพาะพอต่อการจำแนกออกได้เป็น 3 กระบวนการ (วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, 2549, พฤติกรรมมนุษย์กับสภาพแวดล้อม, น. 7, 9)

2.1.4.1 กระบวนการรับรู้ (Perception) คือ กระบวนการที่รับข่าวสารมาจากสภาพแวดล้อมผ่านระบบสัมผัส

2.1.4.2 กระบวนการรู้ (Conition) คือ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางปัญญา ที่รวมการเรียนรู้ การจำ การคิด ทั้งกระบวนการรับรู้และกระบวนการรู้ เกิดการตอบสนองทางด้านอารมณ์ (Affect) รวมแล้วเป็นพฤติกรรมภายใน

2.1.4.3 กระบวนการเกิดพฤติกรรมในสภาพแวดล้อม (Spatial Behavior) คือ กระบวนการที่บุคคลมีพฤติกรรมเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อม มีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมผ่านการกระทำเป็นที่สังเกตได้จากภายนอก เป็นพฤติกรรมภายนอก

ซึ่งในการวิจัยนี้จะสนใจลักษณะเฉพาะทางพฤติกรรมสามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อที่นำไปใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของแมงกานแดดอัตโนมัติดังนี้

(1) การยืน ลักษณะเฉพาะทางพฤติกรรมทางกายภาพ ทุกส่วนของร่างกาย เข้าใกล้กับการตั้งฉากกับพื้นโลกจุดคล้ายกันในแต่ละประเภทการยืน ส่วนองค์ประกอบของขาจุดหมุนที่หัวเข่าจะทำมุมเพิ่มขึ้นไม่เกิน $0^{\circ} - 10^{\circ}$



Action of KneeAngle
180-170 degree

ภาพที่ 2.9 แสดงองศาหัวเข่าที่เปลี่ยนไปของลักษณะพฤติกรรมทางการยืน

(2) การเดิน ลักษณะเฉพาะทางพฤติกรรมทางกายภาพ การเคลื่อนที่ของแต่ละองค์ประกอบของขาจุดหมุนจะอยู่ที่หัวเข่าและจะทำมุมเพิ่มขึ้นประมาณ $10^{\circ} - 80^{\circ}$ แล้วแต่ประเภทของการเดิน



ภาพที่ 2.10 แสดงองศาหัวเข่าที่เปลี่ยนไปของลักษณะพฤติกรรมทางการเดิน

(3) การนั่ง ซึ่งลักษณะเฉพาะทางพฤติกรรมทางกายภาพ การเคลื่อนที่ของแต่ละองค์ประกอบของขาจุดหมุนที่หัวเข่าจะทำมุมเพิ่มขึ้นประมาณ $90^{\circ} - 135^{\circ}$



ภาพที่ 2.11 แสดงองศาหัวเข่าที่เปลี่ยนไปของลักษณะพฤติกรรมทางการนั่ง

(4) การนอน ซึ่งลักษณะเฉพาะทางพฤติกรรมทางกายภาพ ทุกส่วนของร่างกายเข้าใกล้กับการนอนราบกับพื้นโลก แต่ละองค์ประกอบของร่างกายทำมุมไม่เกิน $0^{\circ} - 10^{\circ}$ กับแนวระนาบพื้นโลก



Action of KneeAngle
180-170 degree

ภาพที่ 2.12 แสดงองศาหัวเข่าที่เปลี่ยนไปของลักษณะพฤติกรรมทางการนอน

2.1.5 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

2.1.5.1 สถาปัตยกรรมตอบสนอง (Responsive Architecture)

เป็นการวิเคราะห์สถานะการพัฒนาสถาปัตยกรรมตอบสนองที่เกี่ยวข้องทางพฤติกรรมการใช้พื้นที่ใช้งานของผู้ใช้งานด้วยปัจจัยทางส่วนติดต่อผู้ใช้งานประกอบด้วย การรับรู้ การตอบสนอง และปัจจัยทางวัตถุประสงค์ด้านผู้ใช้งาน ประกอบด้วยทางการใช้งานเพื่อกำหนดแนวทางในการวิจัยและพัฒนา

2.1.5.2 การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการพัฒนาสถาปัตยกรรม

ที่มีความสามารถทางพฤติกรรมการใช้พื้นที่ใช้งานของผู้ใช้งานเป็นการพิสูจน์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถทางพฤติกรรมทำทางผ่านการพัฒนาระบบต้นแบบที่สามารถรับรู้พฤติกรรมผ่านการใช้งานในพื้นที่และตอบสนองผ่านการปรับปรุงเปลี่ยนรูปทรง การเปิด ปิดขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมกรณีศึกษา

2.1.5.3 พฤติกรรมการใช้พื้นที่ใช้งานของผู้ใช้งานในงานสถาปัตยกรรม

เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบพฤติกรรมเบื้องต้นของผู้ใช้งานในงานสถาปัตยกรรมแต่ละประเภท เพื่อกำหนดเป็นขอบเขตของการวิจัยและพัฒนาต้นแบบหรือกรณีศึกษาทางด้านสถาปัตยกรรม และรูปแบบพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ทดสอบ ต่อเนื่องถึงการกำหนดองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบต้นแบบและรูปแบบสภาพแวดล้อมทางสถาปัตยกรรม

2.1.6 สถาปัตยกรรมตอบสนอง

สถาปัตยกรรมตอบสนอง (Responsive Architecture) เป็นรูปแบบสถาปัตยกรรมที่สามารถตอบสนองเชิงกายภาพต่อสภาพแวดล้อมทางด้านการปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือลักษณะทางองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไป

ของมนุษย์โดยเป็นรูปแบบของสถาปัตยกรรมที่ได้รับอิทธิพลจากการพัฒนาทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมโครงสร้าง ตลอดจนเทคโนโลยีงานระบบอาคาร (Fox & Yeh, 1999, pp. 1-3) แนวความคิดสถาปัตยกรรมตอบสนองถูกนำเสนอโดย Nicholas Negroponte ในช่วง ค.ศ. 1975 เพื่อแก้ไขปัญหาการออกแบบที่ว่างทางสถาปัตยกรรมโดยประยุกต์ใช้วิทยาการด้านการควบคุมเครื่องจักร (cybernetics) มาใช้ในการออกแบบ (Sterk, 2003, p. 86)

Negroponte (1975) ได้ให้ความหมายของสถาปัตยกรรมตอบสนองไว้ว่า เป็นผลที่เกิดจากการบูรณาการเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้าสู่องค์ประกอบที่ว่างและโครงสร้าง ทำให้ได้อาคารที่ทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีเหตุผลมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ได้ให้ความหมายของสถาปัตยกรรมตอบสนองจากหลายแหล่งไว้ว่าเป็นสถาปัตยกรรมหรือรูปแบบอาคารรูปแบบหนึ่งซึ่งแสดงถึงความสามารถในการปรับเปลี่ยนรูปร่าง หรือตอบสนองต่อเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อมโดยรอบ ขณะที่ Sherbini และ Krawczyk (2004, p.143) ได้อธิบายว่าเป็นสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการแต่ละด้านของมนุษย์ โดยไม่จำเป็นต้องมีความฉลาด (Intelligence) หรือการตอบสนองนั้นเป็นผลกระทบจากกระบวนการของความฉลาด

แนวความคิดของคอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่ง (Ubiquitous Computing) เริ่มมีอิทธิพลต่อสถาปัตยกรรมตอบสนอง จากการที่ Negroponte ได้ต่อยอดสถาปัตยกรรมตอบสนองในการผสมผสานแนวความคิดทางการจดจำ ความสนใจ ตัวแปรทางบริบท และความหมาย เข้าสู่การประมวลผลทางคอมพิวเตอร์สู่งานสถาปัตยกรรม หรือคอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่ง (Sterk, 2003, p. 86) ทำให้พื้นที่ทางสถาปัตยกรรมกลายเป็นองค์ประกอบหนึ่งทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์

สถาปัตยกรรมกลายเป็นส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) ทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่ง ดังที่ Mark Weiser (1992) ได้อธิบายถึงคอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่งทางตำแหน่งในบริบทไว้ว่าเป็นการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ที่เป็นกายภาพ อยู่ที่ผู้ใช้งาน และขนาดสถานที่ โดยเชื่อมต่อผู้ใช้งานกับคอมพิวเตอร์เกิดผ่านทางองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมโดยใช้อุปกรณ์รับสัญญาณที่ไวต่อสภาพแวดล้อม (Sensor) เพื่อรับรู้บริบท สภาพแวดล้อม หรือผู้ใช้งาน (Input) และเทคโนโลยีทางวิศวกรรมโครงสร้าง และอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อตอบสนองต่อผู้ใช้งาน (Output) (Fox & Kemp, 2009, p. 61-62; Fox & Yeh, 1999)

2.1.7 ความต้องการในการใช้พื้นที่ทางสถาปัตยกรรมของมนุษย์

ความต้องการของมนุษย์เป็นผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ในฐานะผู้ใช้งาน และสภาพแวดล้อมของพื้นที่โดย Wolfgang Presier และ Jacqueline Vischer (2005, p.5) ได้กำหนดระดับสมรรถนะของอาคารในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน จากการพิจารณาลำดับความสำคัญของความต้องการของมนุษย์ (Human Needs Hierarchy) โดย Maslow ประเด็นการประเมินคุณภาพอาคารโดย Vitruvius และระบบลำดับความสำคัญของความต้องการผู้ใช้งาน

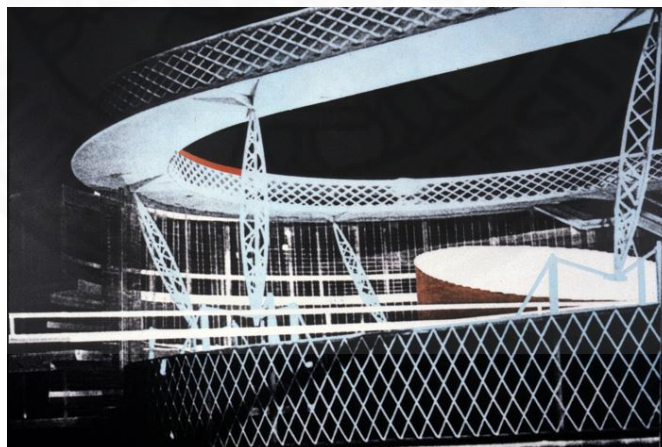
(Hierarchical System Of User's Needs) โดย Land และ Burnette โดยสรุปเป็น 3 ระดับ ความสำคัญ ดังนี้ (สร้อยमुख รัฐตะเสวี, 2552, น. 26)

- (1) ทางสุขภาพ ความปลอดภัย และความมั่นคง
- (2) ทางการใช้งาน ประสิทธิภาพ กระบวนการทำงาน
- (3) สุนทรียภาพ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรณีศึกษา

การพัฒนาสถาปัตยกรรมตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของมนุษย์เป็น การศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านส่วนเทคนิคการออกแบบรูปแบบพื้นผิว การเคลื่อนไหว การรับรู้ถึง พฤติกรรมของผู้ใช้งาน และวิธีการตอบสนองทางสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดคอมพิวเตอร์ ทุกหนทุกแห่งที่ทำให้สถาปัตยกรรมเป็นส่วนติดต่อผู้ใช้งานทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง และการ วิเคราะห์ทางด้านสมรรถนะในการตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ทางการใช้งาน

กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของมนุษย์ที่ ศึกษาและวิเคราะห์เป็นงานที่ได้พัฒนาสำเร็จ มีการศึกษาหรือการใช้งาน และมีการเผยแพร่ผ่านทาง เอกสารวิชาการ หรืออินเทอร์เน็ต ดังนี้



ภาพที่ 2.13 Bibliothèque de France ทางเข้าสนามกีฬาและโปรแกรมห้องสมุด สืบค้นจาก : [http:// tschumi.com/media/files/00556](http://tschumi.com/media/files/00556)

ในวิทยานิพนธ์ของ Bernard Tschumi (1944) ได้กล่าวไว้ว่าการกระทำของ สถาปัตยกรรมเป็นกรอบสำหรับสถานการณ์ที่สร้าง ยกตัวอย่างเช่น ในปี 1989 ได้มีการจัดประกวด

แบบ Bibliothèque de France โปรแกรมห้องสมุดที่จะปรับที่นำเสนอรูปแบบใหม่ของห้องสมุดหนึ่ง ที่รวมการแสวงหาของความทันสมัยและการแสวงหาความรู้ โปรแกรมเป็นเรื่องของวงจรและการ เคลื่อนไหวสำหรับการยืมหนังสือ นักวิชาการและผู้เข้าชมและอื่น ๆ ในรูปแบบสถาปัตยกรรม ทั้งหมด การออกแบบเป็นลู่วิงของนักกรีฑาด้วยสมมติฐานที่ว่าศตวรรษที่ 21 จะเป็นการแข่งขันทาง ปัญญา แต่ไม่ได้สร้างจริง

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้ การยืมหนังสือ นักวิชาการและผู้เข้าชม
 การตอบสนอง การเคลื่อนไหวอื่น ๆ ในรูปแบบสถาปัตยกรรม

วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน ไม่มี เนื่องจากไม่ได้สร้างจริง
 ทางกายภาพ ไม่มี เนื่องจากไม่ได้สร้างจริง

สถาปัตยกรรมที่มีประสบการณ์โดยร่างกายในการเคลื่อนไหวและผ่านวิสัยทัศน์ที่มีการ ขยับอย่างต่อเนื่อง จากทฤษฎีการฟื้นฟูกรีกของ Leroy และมุมมองในทิศทางต่างๆของ Piranesi ทำให้ Boulee ออกแบบการเคลื่อนไหวเพื่อให้ Villa Savoye ที่เป็นสถาปัตยกรรมที่ดีที่สุดของ Le Corbusier ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ประเภทของการเคลื่อนไหวนี้เป็นฟังก์ชันการเคลื่อนไหวของ ความสัมพันธ์กับรูปแบบปกติที่รับรู้รูปแบบพื้นผิวและมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมที่ เปลี่ยนแปลงในกรณีนี้ออกแบบเพื่อนำการเปลี่ยนแปลงที่มองเห็นได้ในการตอบสนองต่อความเข้ม ของแสงที่แตกต่างกัน ทิศทางการปรากฏตัวของความชื้นและสภาพลม

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้ ระยะเวลา และตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่กับแสงอาทิตย์ ทิศทางการปรากฏ ตัวของความชื้นและสภาพลม
 การตอบสนอง ความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน ลม ความชื้น

วัตถุประสงค์

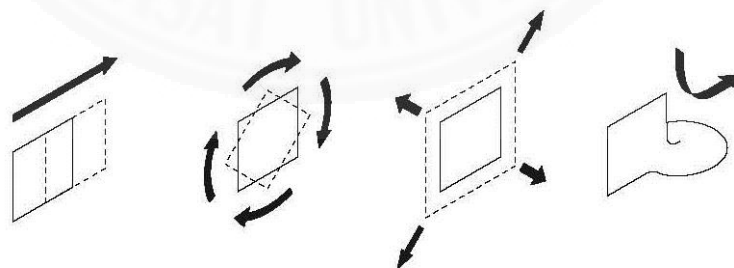
ทางการใช้งาน ไม่มี เนื่องจากไม่ได้สร้างจริง
 ทางกายภาพ ไม่มี เนื่องจากไม่ได้สร้างจริง

รูปแบบของการเคลื่อนไหวมีต้นกำเนิดในต้นศตวรรษที่ยี่สิบเป็นตัวแทนของการ เคลื่อนไหวผ่านทางแบบฟอร์มแบบไดนามิก ด้วยการเชื่อมโยงไปยัง Italian Futurism and German Expressionism เช่น Mendelsohn's Einstein Tower เป็นอาคารที่มีการเคลื่อนไหวที่คล่องตัวและ ต่อเนื่องเพราะใช้ระบบดิจิทัลรุ่นล่าสุดในการควบคุมการเคลื่อนไหวและเวลาในการสถาปัตยกรรม โดยมีพัฒนาการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตที่ใช้ในขั้นตอนการออกแบบ ที่ศึกษามาจาก Terzidis นี้มีต้นกำเนิดในโครงสร้างที่เคลื่อนไหวเขาระบุว่าคอมพิวเตอร์นั้นมีการพัฒนามากโดยอำนวยความสะดวก

สะดวกให้การเคลื่อนไหวของรูปทรงเรขาคณิต ในขณะที่การศึกษาของเขาใช้วิธีที่คล้ายกันโดยการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตแต่มีความแตกต่างพื้นฐานคือ สำหรับการออกแบบของสถาปัตยกรรมแบบคงที่การแปลงทางเรขาคณิตเป็นวิธีการออกแบบโดยมีเป้าหมายสูงสุดของการตั้งช่วงเวลาหนึ่ง สำหรับอาคารที่การเคลื่อนไหวไม่มีช่วงเวลาเอกพจน์ในเวลาขณะนี้ ผลการออกแบบจะขยับรูปแบบของเรขาคณิตในสภาพคงที่ ขณะที่ยอมรับความเกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่องของวิธีการดังกล่าวข้างต้นสำหรับสถาปัตยกรรมที่มุ่งเน้นที่นี้คือความหมายสำหรับการออกแบบเมื่อจลศาสตร์ถูกกำหนดไว้ในเงื่อนไขการใช้บริการพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 นี้รวมถึงการเคลื่อนไหวผ่านการแปลงทางเรขาคณิตในพื้นที่ การเคลื่อนที่ การหมุน ปริมาตรส่วน และการเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนรูปของวัสดุ



ภาพที่ 2.14 Mendelsohn's Einstein Tower สืบค้นจาก : <http://landarchs.com/wp/content/uploads/2012/12/potsdamtow>



ภาพที่ 2.15 การเคลื่อนที่ การหมุน ปริมาตรส่วน และการเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนรูปของวัสดุ สืบค้นจาก : *Designing Kinetics for Architectural Facades*, Jules Moloney, 2011, p. 7

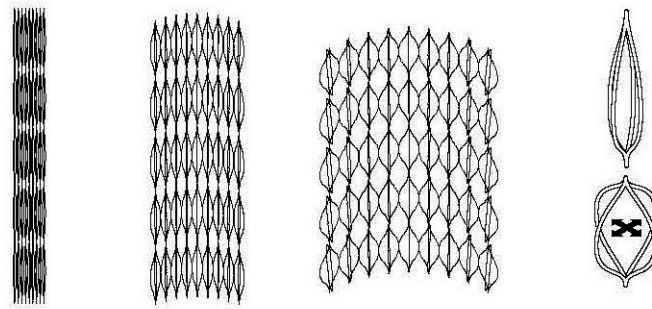
ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้	ระยะเวลา และตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่กับแสงอาทิตย์
การตอบสนอง	การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตในพื้นที่ การเคลื่อนที่ การหมุน ปรับมาตราส่วน และการเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนรูปของวัสดุ

วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน	มี เซนเซอร์ตรวจจับแสงธรรมชาติส่งผ่านการประมวลผลในคอมพิวเตอร์ และแสดงผลออกทางกายภาพโดยใช้การทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์
ทางกายภาพ	มี การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในพื้นที่ การเคลื่อนที่ การ หมุน ปรับ มาตราส่วน และ การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนรูปของวัสดุ

กรอบอาคารเป็นตัวชั้นระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ชั้นส่วนกรอบอาคาร หมายถึงสิ่งที่แนบรวมของผนังอาคารเป็นการก่อสร้างโดยใช้ผนังรับน้ำหนัก ในช่วงต้นปีศตวรรษที่ 20 การก่อสร้างที่ไม่ได้ใช้ผนังรับน้ำหนัก ซึ่งทำให้กรอบอาคารสามารถสร้างสรรค์ พัฒนารูปแบบ สถาปัตยกรรมหนึ่งนั้นได้กำเนิดกรอบอาคารที่ฉลาดต่อสิ่งแวดล้อม โครงสร้างขีดความสามารถที่พร้อมในการพัฒนา Fox ให้จำแนกโครงสร้างของการเคลื่อนไหวซึ่งแยกออกเป็นโครงสร้างฝังตัวเข้าไปในอาคารและโครงสร้างแบบแยกตัวจากอาคาร การปรับใช้และการกำหนดค่าแบบไดนามิก เน้นที่ กรอบอาคารยกเว้นโครงสร้างฝังตัว (จุลศาสตร์ในระดับโครงสร้างของอาคารที่สมบูรณ์ เช่น เป็น โครงสร้างรองรับแผ่นดินไหว) และปรับใช้ (ที่อาคารสามารถเคลื่อนย้ายที่ได้) โครงสร้างแบบไดนามิก ที่เกิดขึ้นกับช่องเปิดขนาดใหญ่ที่จำเป็นต้องมีในเปลือกอาคารอยู่ในขอบเขตนี้ ตัวอย่างคลาสสิกเป็น สนามกีฬาที่หลังคารวมขีดความสามารถพร้อมกับภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั่วไป ซึ่งเป็นส่วนผนังที่มีการ เคลื่อนไหวตั้งแต่ในระหว่างช่องว่างของกรอบอาคาร Güçyeter ได้ดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับชนิดของ โครงสร้างการเคลื่อนไหวในขณะที่ในทำนองเดียวกัน Korkmaz สำนวจความเป็นไปได้ของโครงสร้างที่ คล้ายกับร่ม เช่น การเคลื่อนไหวของงานดังกล่าวมักจะมีการเคลื่อนไหวหมุนสไลด์หรือด้านหลังพบ ภายในโครงสร้างหลัก แบบไดนามิกจะคิดและดำเนินการเป็นกระบวนการด้านวิศวกรรมและด้าน องค์กรประกอบของการออกแบบที่มีความชัดเจน แม้แต่ในงานออกแบบของสถาปนิกชื่อดังในงานของ พวกเขาได้มีความสนใจในการออกแบบของการดำเนินการเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวเป็นส่วนหนึ่งในการ ออกแบบตัวอย่างเช่น Shigeru Ban สถาปนิกผู้ใช้แผงลูกกลิ้งอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างผนังการ เคลื่อนไหวซึ่งคล้ายกับประเพณีของญี่ปุ่น กรอบอาคารภายนอกถูกเปิดใช้งานผ่านการเคลื่อนไหวของ อัตราส่วนคลื่นในอ่าว วิธีการนี้ถูกนำมาใช้สำหรับอาคารบ้านเรือนเดี่ยวอาพาร์ตเมนต์ พิพิธภัณฑ ศิลป์และอาคารพาณิชย์ การใช้บานประตูหน้าต่างการเคลื่อนไหวเป็นหลักเพื่อให้เกิดความต่อเนื่อง ของพื้นที่ที่มีความยืดหยุ่นสามารถปรับให้เข้ากับฤดูกาลหรือในโอกาสที่เฉพาะเจาะจง



ภาพที่ 2.16 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์โครงสร้างต้นแบบนิวเมติกโดย Hyperbody กลุ่มวิจัย TU Delft
 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades, Jules Moloney, 2011, p. 14

กลุ่มวิจัย Hyperbody โดยมีหัวหน้าทีมวิจัยคือ Kas Oosterhuis และทีมวิจัยของเขานักออกแบบที่มีความทะเยอทะยานที่มีวาระการประชุมที่รวบรวมการติดต่อสื่อสารในการเคลื่อนไหวในครั้งแรกที่จะมีส่วนร่วมทดลองเทคโนโลยีดิจิทัล Hyperbody ที่สนใจในต้นแบบของสถาปัตยกรรมการเคลื่อนไหวที่ตอบสนองบนพื้นฐานของโครงสร้างนิวเมติก จะมีโครงสร้างเป็นโปรแกรมเชิงรุกทำงานตามปฏิกิริยาในเวลาจริงค่าการป้อนข้อมูลจากทั้งผู้ใช้อาคารและสภาพแวดล้อมต่างทำงานตามโครงสร้าง วิสัยทัศน์ของพวกเขาในเรื่องสถาปัตยกรรมและเครื่องจักรรวมเป็นหนึ่งและมีปฏิกิริยาโต้ตอบกับผู้ใช้งานได้อย่างแท้จริงนั้นได้มีการจำลองโดยใช้สภาพแวดล้อมเสมือนแบบโต้ตอบในโครงการ

แสดงให้เห็นถึงก้าวแรกของความเชื่อของสถาปัตยกรรมที่สามารถเคลื่อนไหวได้โดยมีโครงนิวเมติกที่มีขนาดใหญ่เหล่านี้ซึ่งเป็นต้นแบบของการออกแบบ 9 ใน 11 ผลงานการประกวดในนิวยอร์กซึ่งนำเสนอข้อมูลที่ขับเคลื่อนด้วยท่อไฮดรอลิกและกำหนดรูปแบบของตนได้ถึงร้อยละ 50 เน้นการออกแบบจาก Hyperbody อยู่บนภายนอกกรอบอาคารที่มีความยืดหยุ่น การออกแบบที่มีความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งกับความงามแพร่หลายกับผู้ใช้ โดยใช้ซอฟต์แวร์ NURBS

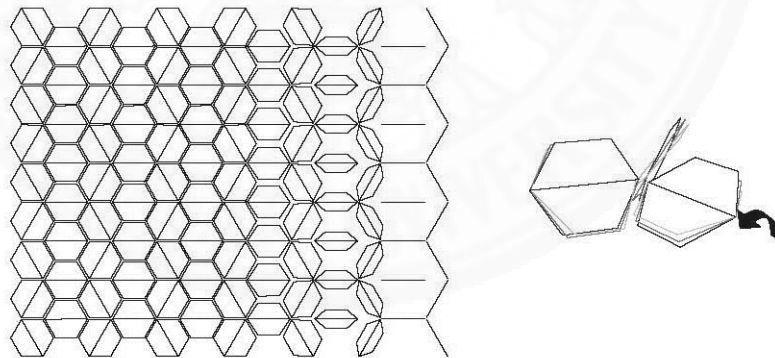
ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้	ระยะเวลาผู้ใช้อาคารและสภาพแวดล้อม
การตอบสนอง	การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตในพื้นที่ การเคลื่อนที่ การหมุน ปรับมาตราส่วนและการเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนรูปของวัสดุ
<u>วัตถุประสงค์</u>	
ทางการใช้งาน	มี เซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งผู้ใช้งานส่งผ่านการประมวลผลในคอมพิวเตอร์และแสดงผลออกทางกายภาพโดย ใช้ระบบการทำงานผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ซอฟต์แวร์ NURBS

ทางกายภาพ มีการเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตในพื้นที่ การเคลื่อนที่ การหมุน ปริมาตรบางส่วนและการเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนรูปของวัสดุ ตามลักษณะการใช้งานของผู้ใช้งาน ขับเคลื่อนด้วยท่อไฮดรอลิก

Hoberman ผู้ให้คำปรึกษาในการก่อสร้างจลศาสตร์และการออกแบบระหว่างประเทศ ชี้แนะ โดยปกติโครงการของพวกเขาใช้ประโยชน์จากข้อต่อขากรรไกรที่ผลิตจากการเคลื่อนไหวเป็น หนึ่งเดียว และได้รับการจดสิทธิบัตรข้อต่อขากรรไกรสามมิติซึ่งเป็นสินค้าสำหรับขนาดของงาน นิทรรศการโดยการทำงานโครงสร้างจะขยายและหดตัว มีเส้นที่ในการเคลื่อนไหวที่ช้า ในขณะที่การ เคลื่อนไวนั้นรวมเป็นหนึ่งเดียวและจะดำเนินการอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งโครงสร้างขับเคลื่อนเป็นสามมิติ การทำงานมีความแม่นยำ เจียบเคลื่อนไหวได้อย่างราบรื่น

โครงการเสนอการก่อสร้างที่กันแดดจากดวงอาทิตย์ในมาดริดประเทศสเปน Norman Foster and Partners แสดงให้เห็นวิธีการที่เลือกองค์ประกอบเพื่อการเคลื่อนไหวเป็นเอกพจน์มักจะ เกี่ยวข้องกับโครงสร้างแบบไดนามิก ในรูปที่ 2.17 ในแต่ละแผงกันแดดหกเหลี่ยมที่ติดตั้งเป็นอิสระอยู่ บนแกนโครงสร้างสามเหลี่ยมและในขณะที่เคลื่อนไหวที่แสดงให้เห็นว่าอยู่ตรงศูนย์กลางองค์ประกอบ การติดตั้งรูปแบบหกเหลี่ยมเพิ่มหลายชั้นเข้าไปทำให้เกิดความซับซ้อนที่ไม่สามารถคาดเดาได้ง่าย การ เคลื่อนไหวในช่วงการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มโดยการติดตั้งที่แตกต่างกันของแต่ละชั้นส่วน นอกจากนี้ยังมี การเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระของแต่ละส่วนที่อาจช่วยให้ช่องเปิดขององค์ประกอบมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ



ภาพที่ 2.17 การวาดภาพเชิงวิเคราะห์ที่บังแดดปรับเปลี่ยนได้สำหรับ The Ciudad de Justicia, Madrid, 2006–2011, by Hobermann Associates

สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades, Jules Moloney, 2011, p. 15
ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้

ระยะเวลา และตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่กับแสงอาทิตย์

การตอบสนอง

การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต การเคลื่อนที่ การหมุน และการเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนรูปของวัสดุ ทำให้แสงส่องผ่าน

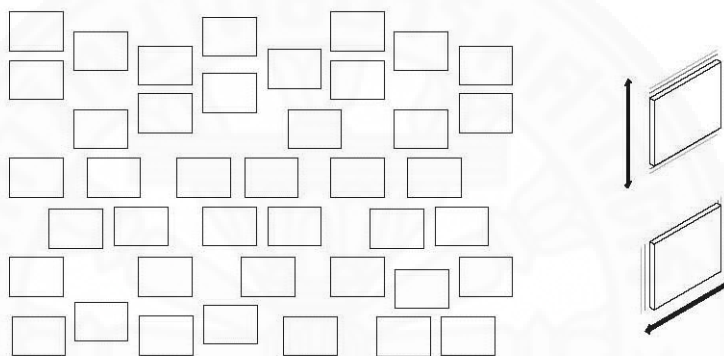
วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน

มี เซนเซอร์ตรวจจับแสงธรรมชาติผ่านระบบการทำงานทางไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ

ทางกายภาพ

มี การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงรูปทรงทางเรขาคณิตในพื้นที่ มีการเคลื่อนที่ การหมุน ปรับ และการเคลื่อนไหว ผ่านการเปลี่ยนรูปของวัสดุ มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระในแต่ละส่วนที่อาจช่วยให้ช่องเปิดขององค์ประกอบมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดระหว่างแผงกันแดดทกเหลี่ยมที่เปลี่ยนรูปแบบไป



ภาพที่ 2.18 การวาดภาพเชิงวิเคราะห์ที่ปรับเปลี่ยนของพื้นผิวจาก student project undertaken at the California Polytechnic, 2002 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Façade , Jules Moloney, 2011, p. 16

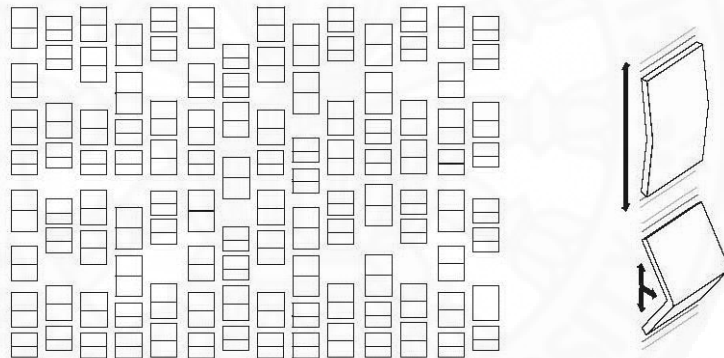
ประเภทการเคลื่อนไหวการปรับหมุนและปรับขนาดที่มีศักยภาพสำหรับองค์ประกอบของการเคลื่อนไหว ในขณะที่กลไกสายสะพายและโรลเลอร์ได้รับการยอมรับมานานหลายศตวรรษ เพื่อเปิดใช้งานของการเคลื่อนไหว ตัวอย่างหนึ่งจากสถาบันการศึกษาเป็นโครงการนักเรียนที่ช่วยให้การปรับเปลี่ยนแนวอนและแนวตั้งที่แสดงในรูปที่ 2.18 แผงสี่เหลี่ยมมีความตั้งใจที่จะดำเนินการโดยสายและระบบลูกรอกช่วยให้การปรับเปลี่ยนในสองแกน นี้จะช่วยให้การเคลื่อนไหวในแนวอนหรือแนวตั้งที่สอดคล้องกันหรือซ้อนการเคลื่อนไหวต่อเนื่อง รูปที่ 2.19 แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบสลัปลับซ้อนเป็นที่เห็นได้ชัดในการออกแบบสำหรับโซลาร์รูมเล็กโดย เทคนิคของ Kiefer การเคลื่อนไหวเป็นหนึ่งในของการปรับเปลี่ยนแนวตั้งรวมกับการพับตัวที่ยังช่วยให้ผลการปรับเปลี่ยนและควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการคำนวณพีชคณิตในการเคลื่อนไหวแนวตั้งที่สลัปลับซ้อน จากการพัฒนาจนเป็นที่ยอมรับได้มีโครงการเป็นจำนวนมากที่ใช้การหมุนมาปรับเปลี่ยนบานเกล็ด โดยมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้	ระยะเวลา และตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่กับแสงอาทิตย์
การตอบสนอง	การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอนแผงกันแดดสีเหลี่ยมทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดทำให้แสงส่องผ่านระหว่างแผงกันแดดสีเหลี่ยม

วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน	มี เซนเซอร์ตรวจจับแสงธรรมชาติผ่านระบบการทำงานทางไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ
ทางกายภาพ	มี การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงรูปทรงทางเรขาคณิตในพื้นที่ มีเคลื่อนที่ ในแนวตั้งและแนวนอนผ่านการเปลี่ยนรูป มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระในแต่ละส่วนที่ให้ช่องเปิดขององค์ประกอบที่ไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดระหว่างแผงกันแดดสีเหลี่ยม



ภาพที่ 2.19 การวาดภาพเชิงวิเคราะห์ที่ปรับเปลี่ยนของพื้นผิวจาก Kiefer Technic showroom designed by Ernst Giselsbrecht and Partner, Bad Gleichenberg, Austria, 2010 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades, Jules Moloney, 2011, p. 16

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้	ระยะเวลา และตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่กับแสงอาทิตย์
การตอบสนอง	การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและการพับตัวแผงกันแดดสีเหลี่ยม ทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดทำให้แสงส่องผ่านระหว่างแผงกันแดดสีเหลี่ยม

วัตถุประสงค์

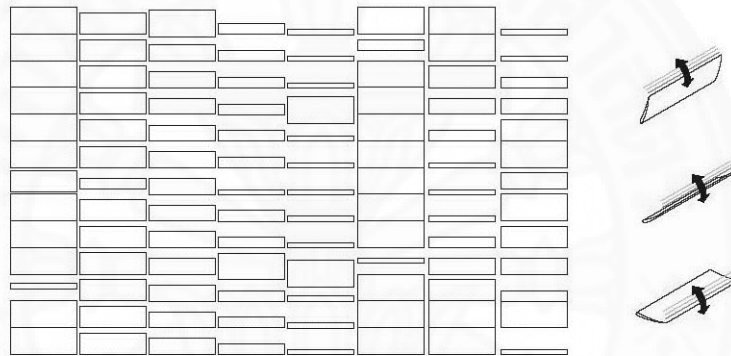
ทางการใช้งาน

มี เซนเซอร์ตรวจจับแสงธรรมชาติผ่านระบบการทำงานทางไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ

ทางกายภาพ

มีการเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงรูปทรงทางเรขาคณิตในพื้นที่ มีการเคลื่อนที่ ในแนวตั้งและการพับตัวผ่านการเปลี่ยนรูป มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระในแต่ละส่วนที่ให้ช่องเปิดขององค์ประกอบที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดระหว่างแผงกันแดดสีเหลี่ยมที่เปลี่ยนรูปแบบ

ตัวอย่างของวิธีการที่แตกต่างกันในการหมุนพื้นผิว เช่นในกรณีของ The Nordic Embassies at Berlin ซึ่งแต่ละแผงสามารถควบคุมที่ต่างกันและสามารถที่จะหมุน 90 องศาตั้งรูป



ภาพที่ 2.20 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ผนังโดยรอบของ Nordic Embassies, Berlin, designed by Berger and Parkkinen, 1999 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades, Jules Moloney, 2011, p. 17

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้

ระยะเวลา และตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่กับแสงอาทิตย์

การตอบสนอง

การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางการหมุนแผงกันแดดสีเหลี่ยมขึ้นลงในแนวตั้ง ทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดทำให้แสงส่องผ่านระหว่างแผงกันแดดสีเหลี่ยม

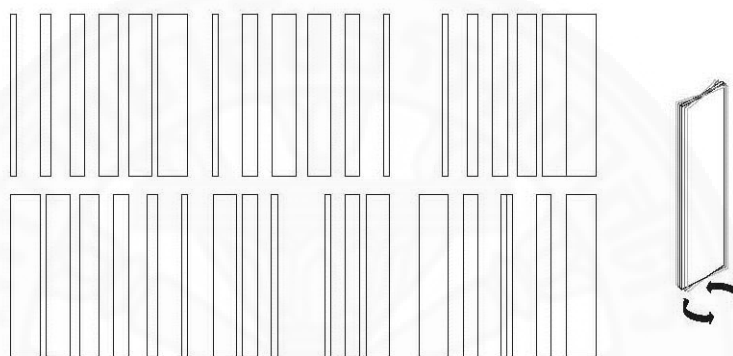
วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน

มี เซนเซอร์ตรวจจับแสงธรรมชาติผ่านระบบการทำงานทางไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ

ทางกายภาพ มี การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตในพื้นที่ การหมุน
 แผงกันแดดสีเหลี่ยมขึ้นลงในแนวตั้ง ผ่านการเปลี่ยนรูป มีการเคลื่อนไหว
 ที่เป็นอิสระในแต่ละส่วนที่ให้ช่องเปิดขององค์ประกอบที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้
 เกิดรูปแบบช่องเปิดระหว่างแผ่นสีเหลี่ยมที่หมุน

การปรับเปลี่ยนในแนวตั้ง เช่นในตัวอย่างของ the Malvern Science Park in the UK
 ที่ใช้แผงกันแดดขนาดใหญ่หมุนเข้าตลอดทั้งวันในการติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์โดย
 ขับเคลื่อนด้วยระบบ thermo-hydraulic ในรูปที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Malvern Hills Science Park, UK designed by Rubicon
 Design, 2008 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades, Jules Moloney,
 2011, p. 17

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้

การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

การตอบสนอง

การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางการหมุนแผงกันแดดสีเหลี่ยมซ้าย
 ขวาในแนวนอน ทำให้แสงส่องผ่านระหว่างแผงกันแดดสีเหลี่ยม

วัตถุประสงค์

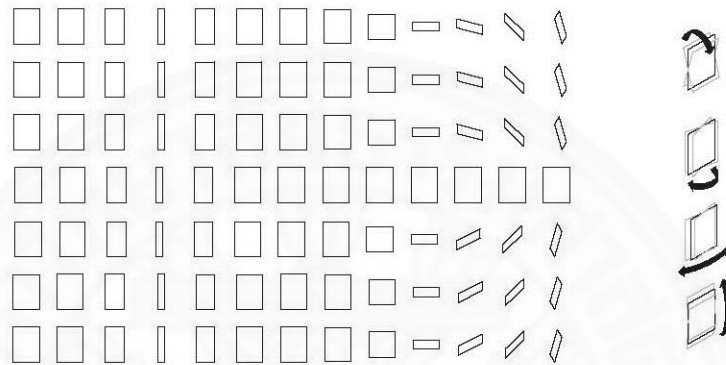
ทางการใช้งาน

มี เซนเซอร์ตรวจจับแสงธรรมชาติผ่านระบบการทำงานทางไมโครคอน
 โทลเลอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ

ทางกายภาพ

มี การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตในพื้นที่ การหมุน
 แผงกันแดดสีเหลี่ยมซ้ายขวาในแนวนอน ผ่านการเปลี่ยนรูป มีการ
 เคลื่อนไหวที่เป็นอิสระในแต่ละส่วนที่ให้ช่องเปิดขององค์ประกอบที่ไม่
 สม่ำเสมอ ทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดระหว่างแผ่นสีเหลี่ยม

และรูปที่ 2.22 รายการการแข่งขันนักเรียนที่สำรวจเคลื่อนที่ทั้งสามแกนซึ่งจะช่วยให้รูปแบบสองมิติองค์ประกอบเอียงหรือสามารถพับกลับเข้ามาในระนาบแนวนอนหรือแนวตั้งลดผลกระทบในมุมมองจากภายนอก รูปที่ 2.23 แสดงให้เห็นถึงคลื่นผนัง โครงการไม่ซ้ำกันออกแบบมาสำหรับ The Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) in Pasadena, California ใช้ลูมิเนียมเส้นตรงแขวนอยู่บนแปรงแรงเสียดทานต่ำที่จุดศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วงกับในแต่ละส่วนที่มีแม่เหล็กไฟฟ้า



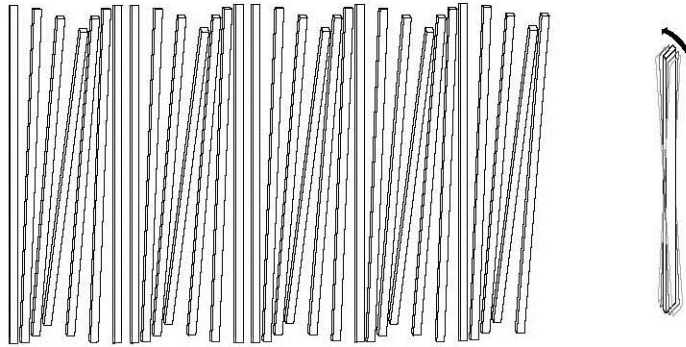
ภาพที่ 2.22 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ student project, by Andreas Chadzis, 2005 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades, Jules Moloney, 2011, p. 18

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้	ระยะเวลา และตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่กับแสงอาทิตย์
การตอบสนอง	การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางการหมุนแผงกันแดดสี่เหลี่ยมทั้งสามแกน ทำให้แสงส่องผ่านระหว่างแผงกันแดดสี่เหลี่ยม

วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน	มี เซนเซอร์ตรวจจับแสงธรรมชาติผ่านระบบการทำงานทางไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ
ทางกายภาพ	มี การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตในพื้นที่ การหมุนแผงกันแดดสี่เหลี่ยมทั้งสามแกน ผ่านการเปลี่ยนรูป มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระในแต่ละส่วนที่ให้ช่องเปิดขององค์ประกอบที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดระหว่างแผ่นสี่เหลี่ยมที่หมุน หรือสามารถพับกลับเข้ามาในระนาบแนวนอนหรือแนวตั้งซึ่งจะลดผลกระทบในมุมมองจากภายนอกและแสงที่ส่องผ่านเข้ามา



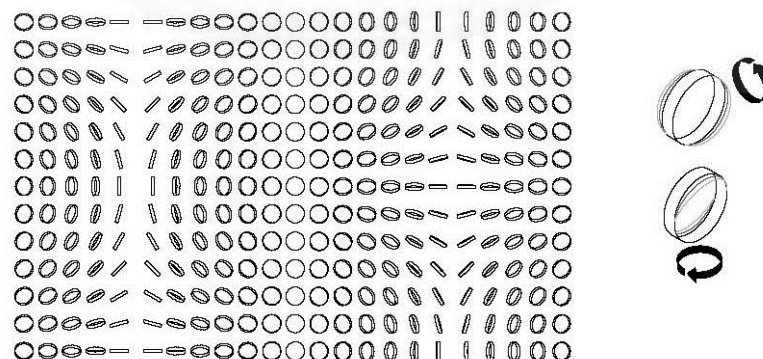
ภาพที่ 2.23 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ LIGO Science Education Center, Livingston, Louisiana, designed by Eskew, Dumez and Ripple, 2006 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades, Jules Moloney, 2011, p. 18

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้	ระยะเวลา และตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่กับแสงอาทิตย์
การตอบสนอง	การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางการหมุนแกว่งกันแคดแท่งสี่เหลี่ยมยาว ทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิด แสงจะส่องผ่านระหว่างแท่งสี่เหลี่ยมยาว

วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน	มี เซนเซอร์ตรวจจับแสงธรรมชาติผ่านระบบการทำงานทางไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ
ทางกายภาพ	มีการเคลื่อนที่ของแกว่งกันแคดแท่งสี่เหลี่ยมยาว ซึ่งเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระในแต่ละส่วนที่ให้ช่องเปิดขององค์ประกอบที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดระหว่างแท่งสี่เหลี่ยมยาวจะเคลื่อนที่ในแนวตั้งซึ่งจะลดผลกระทบในมุมมองจากภายนอกและแสงที่ส่องผ่านเข้ามา



ภาพที่ 2.24 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ kinetic wall sculpture Battleship, Anthony Howe, 2006 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades, Jules Moloney, 2011, p. 18

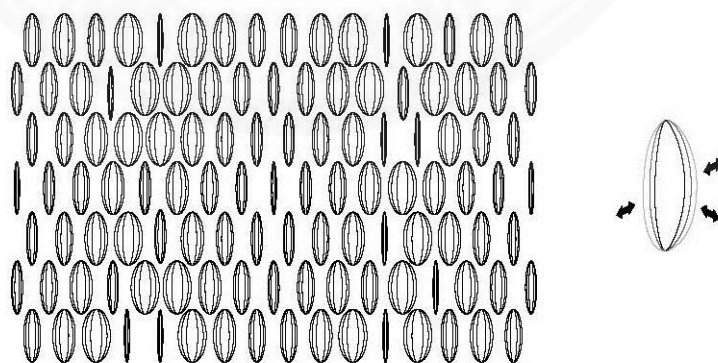
ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้	ระยะเวลา และตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่กับแสงอาทิตย์
การตอบสนอง	การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางการหมุนแกว่งกันแดดแผ่นกลมทั้งแกน x และ y ทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิด แสงจะส่องผ่านระหว่างแผ่นกลม

วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน	มี ระบบนิเวศควบคุมตัวเองในแต่ละส่วน ขับเคลื่อนด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งช่วยให้ความหลากหลายของรูปแบบการเคลื่อนไหว
ทางกายภาพ	มี การเคลื่อนไหวผ่านการหมุนแกว่งกันแดดแผ่นกลมทั้งแกน x และ y ที่เป็นอิสระในแต่ละส่วนที่ให้ช่องเปิดขององค์ประกอบที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดระหว่างแผ่นกลม

การเคลื่อนไหวที่เป็นเอกพจน์จะนำมาอยู่ติดกัน แต่ยังมีผลกระทบโดยการควบคุมกำลังของแม่เหล็ก โครงการนี้แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมทางกายภาพของการเคลื่อนไหวผนังเคลื่อนนี้ การศึกษาบริบทได้มีการพิจารณาตรวจสอบข้อเท็จจริงของรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับการขับเคลื่อนด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและให้มองความงามที่มีศักยภาพทางด้านสถาปัตยกรรมของพื้นผิวขนาดใหญ่ ตัวอย่างที่ไม่ซ้ำกันของ kinetic wall sculpture Battleship โดย Anthony Howe ดังแสดงในรูปที่ 2.24 เป็นแผ่นกลมสามารถหมุนในแกน x และ y พร้อมกัน โครงการนักเรียนของมหาวิทยาลัย Melbourne ในรูปที่ 2.25 ลักษณะรูปร่างเป็นวงรีโดยมีการทำงานในระบบนิเวศควบคุมตัวเองในแต่ละส่วนและขยายตัวเพื่อสร้างแกว่งกันแดด



ภาพที่ 2.25 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Ho Sun for a pneumatic 'quilted' facade, University of Melbourne, 2007 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades, Jules Moloney, 2011, p. 18

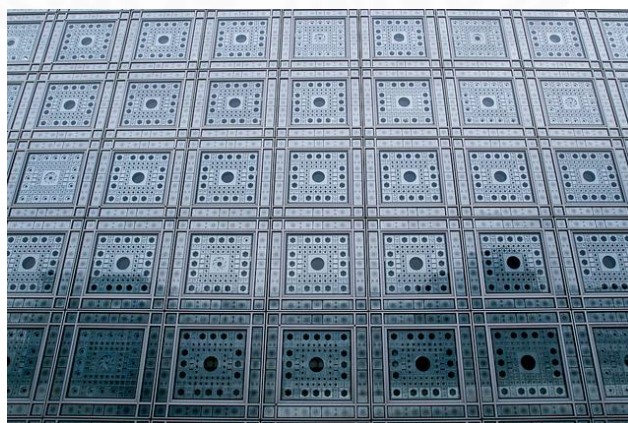
ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้	ระยะเวลา และตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่กับแสงอาทิตย์
การตอบสนอง	การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางการหดตัวและขยายตัวแมงกั้น แดดรูปทรงวงรีทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดระหว่างการเปลี่ยนรูปแบบ

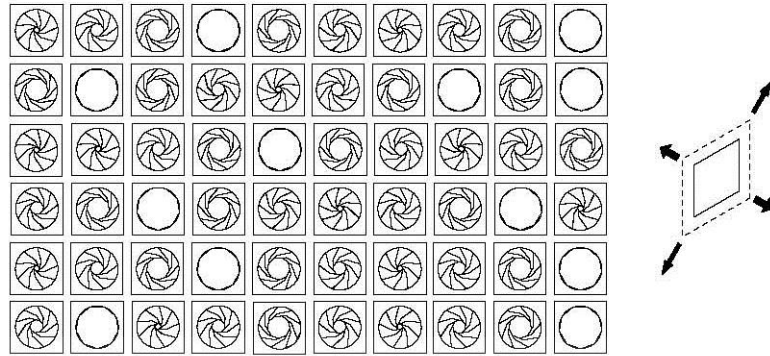
วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน	มี ระบบนิเวศควบคุมควบคุมตัวเองในแต่ละส่วนและขยายตัวเพื่อสร้างแมงกั้น แดดซึ่งช่วยให้ความหลากหลายของรูปแบบการเคลื่อนไหว
ทางกายภาพ	มี การเคลื่อนไหวผ่านการหดตัวและขยายตัวแมงกั้นแดดรูปทรงวงรี ที่เป็น อิสระในแต่ละส่วนที่ให้ช่องเปิดขององค์ประกอบที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิด รูปแบบช่องเปิดระหว่างกรเปลี่ยนรูปแบบทางการหดตัวและขยายตัวแมง กั้นแดดรูปทรงวงรี

Institut du Monde Arabe, Paris, by Jean Nouvel, 1987 อาจจะเป็นตัวอย่างที่มีชื่อเสียงที่สุดของกรอบอาคารทางการเคลื่อนไหวและแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนไหวโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การปรับเปลี่ยนกรอบอาคารทางใต้ ประกอบด้วยเป็นช่องสี่เหลี่ยมจำนวน 24 x 10 ตารางช่องสี่เหลี่ยมแต่ละช่องประกอบด้วยชุดเตอร์ขนาดเล็กรวมกันโดยอ้างอิงจากรูปทรงเรขาคณิตของอาหรับแบบดั้งเดิม ในขณะที่การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นจริงทำงานโดยการหมุนของแผ่นแบน ๆ คล้ายกับกลไกของเลนส์กล้อง การเคลื่อนไหวแบบปรับอัตโนมัติ การปรับเปลี่ยนรูปแบบของกรอบอาคารแต่ละช่องเคลื่อนไหวภายในช่องทำการหดตัวอย่างง่ายและการขยายตัวในขณะที่ในแต่ละช่องถูกควบคุมที่ละองค์ประกอบ ทั้งหมดนี้เป็นวิธีการควบคุมเคลื่อนไหวระหว่างช่องเป็นจำนวนมาก ดังในรูปที่ 2.26 และรูปที่ 2.27



ภาพที่ 2.26 Institut du Monde Arabe, Paris, by Jean Nouvel, 1987 สืบค้นจาก : http://farm8.staticflickr.com/7207/6963548833_7f3dbcd92a_z.jpg



ภาพที่ 2.27 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Institut du Monde Arabe, Paris, by Jean Nouvel, 1987

สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades, Jules Moloney, 2011, p. 19

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้	ระยะเวลา และตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่กับแสงอาทิตย์
การตอบสนอง	การหมุนของแผ่นแบน ๆ คล้ายกับกลไกของเลนส์กล้อง การเคลื่อนไหวแบบปรับรัศมี การปรับเปลี่ยนรูปแบบของกรอบอาคารแต่ละช่อง เคลื่อนไหวภายในช่องทำการหดตัวอย่างง่ายและการขยายตัว

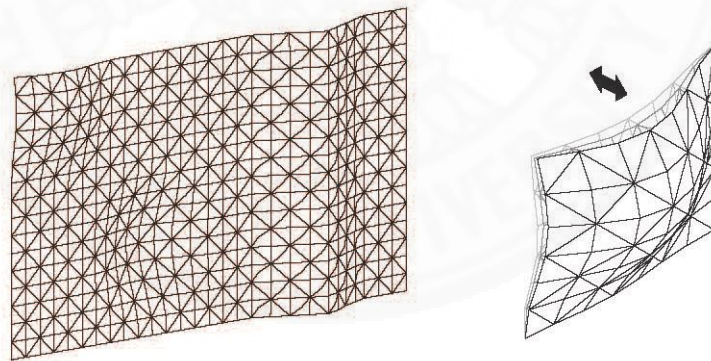
วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน	มี เซนเซอร์ตรวจจับแสงธรรมชาติผ่านระบบการทำงานทางไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ
ทางกายภาพ	มี การเคลื่อนไหวผ่านการขยายหรือหดตัวของช่องเปิดที่เป็นอิสระในแต่ละส่วนที่ให้ช่องเปิดขององค์ประกอบที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดรูปแบบช่องเปิดแผงกันแดดทางการหดตัวและขยายตัวแผงกันแดด

พื้นผิวถูกนำมาใช้ในการเคลื่อนไหวมากที่สุดในสถาปัตยกรรมตัวอย่างแรกๆ ที่นำมาใช้คือพื้นผิวและโครงสร้างของเต็นท์ซึ่งให้ผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ที่ดีโดยใช้ฟังก์ชันการทำงานน้อยที่สุด การเข้าถึงทางกายภาพการเคลื่อนไหวของอากาศและการส่องผ่านของแสง พื้นผิวที่สามารถควบคุมเคลื่อนไหวได้รับการเป็นทฤษฎีในสถาปัตยกรรมพื้นผิวโดย Leatherbarrow และ Mostafavi ซึ่งจากทฤษฎี (Temporal Operation) การปฏิบัติงานชั่วคราวของตัวอาคาร อาคารที่มีหน้าต่างหรือประตูสามารถควบคุม ได้ ๆ ที่พิจารณาจากแสง ตัวอย่างร่วมสมัยที่นอกเหนือไปจากธรรมดา การออกแบบของสถานที่ Aura Place By Renzo Piano ถูกอ้างถึงในฐานะที่เป็นตัวอย่างที่ชัดเจนสามารถควบคุมที่มีประสิทธิภาพในโครงการนี้สูงเป็นอาคารเชิงพาณิชย์ที่มีการติดตั้งเข้ากับระนาบผนังสามารถควบคุม อัตโนมัติ เหล่านี้มีสัดส่วนในแนวนอนและจะดำเนินการเป็นกลุ่มแนวตั้งกับกลไกการขับเคลื่อนด้วยเกียร์โรตารีและแท่งเหล็กที่พวงต่อกันบนผิวผนังภายนอกการดำเนินงานเกี่ยวกับ

การเคลื่อนไหวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การเคลื่อนไหวที่เพิ่มขึ้นการทำงานตามกลไกการปรับเทียบความเคลื่อนไหวที่ราบรื่นนอกเหนือไปจากการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมโดยทั่วไปเพื่อให้การทำงานเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวที่ละเอียดอ่อนตามกรอบอาคาร อีกตัวอย่างหนึ่งที่สามารถควบคุมเป็นหน้าร้านสำหรับสถาปัตยกรรมและศิลปะงานแรกโดย Stephen Holl มันเป็นช่วงเวลาที่เขากำลังให้ความสนใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบสัดส่วนและโครงการนี้ได้รับการอธิบายในแง่การเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของผนังภายนอกโดยใช้องค์ประกอบของการเคลื่อนไหวในขณะที่การเคลื่อนไหวสถาปัตยกรรมนั้นยังไม่ได้ถูกยอมรับในหลายๆโครงการ ต่อมาประโยชน์จากการเปิดตัวแบบเป็นอัตลักษณ์ของ Holl โครงการขนาดเล็กได้กลายเป็นสถานที่สำคัญในนิวยอร์กโดยการกำหนดค่าของช่องเปิดที่ถูกแม่ไปยังอัตราส่วนขณะนั้นของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในชีวิตประจำวันและขนาดความยาวของผลประกอบการจัดนิทรรศการ

การเคลื่อนไหวเป็นรูปแบบสามมิติเป็นที่อยู่ติดกัน ทำให้พื้นผิวมีการเคลื่อนไหวที่ละเอียดอ่อนมากที่สุดที่รู้จักกันดีในงานสถาปัตยกรรม The Iconic Aegis Hyposurface ได้รับการออกแบบโดยสถาปนิก dECOi นำโดย Mark Goulthorpe โครงการนี้มีความสัมพันธ์กับสถานที่เฉพาะเจาะจง และมีการพัฒนาเป็นต้นแบบมีขนาดสามเมตร การสร้างภาพจำลองในคอมพิวเตอร์ที่นำเสนอการเคลื่อนไหวที่ละเอียดอ่อนของผิวเป็นคลื่นอย่างสวยงาม เป็นกลไกการเคลื่อนไหวที่รูปแบบสามเหลี่ยม



ภาพที่ 2.28 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Aegis Hyposurface by dECOi, Birmingham, UK, 2001
 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades, Jules Moloney, 2011, p. 20

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้

ไม่มี

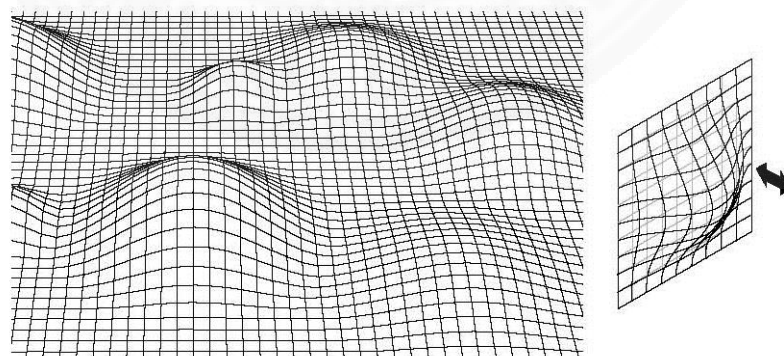
การตอบสนอง

การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางการเคลื่อนไหวที่ไปข้างหน้าและหลัง
 แผงกันแดด Hyposurface การเคลื่อนไหวเป็นโครงสร้างสามเหลี่ยมที่อยู่
 ติดกันทำให้พื้นผิวมีการเคลื่อนไหวได้ละเอียดอ่อนมีลักษณะคล้ายคลื่น

วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน	มี เซนเซอร์ตรวจจับแสงธรรมชาติผ่านระบบการทำงานทางไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ
ทางกายภาพ	มีการเคลื่อนไหวผ่านการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและหลังของ Hyposurface การเคลื่อนไหวโครงสร้างสามเหลี่ยมเป็นที่ยึดติดกันทำให้พื้นผิวมีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระของแต่ละส่วนได้ละเอียดอ่อนมีลักษณะคล้ายคลื่น ที่ให้การหักเหของพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ และมีการตอบสนองต่อเนื่องกันมากที่สุด

ข้อจำกัดหลักคือขนาดของแผ่นโลหะซึ่งกำหนดระดับของความละเอียดและระดับของความโค้งที่เป็นไปได้ Aegis ได้องค์ประกอบที่สันนิษฐานจากตัวอักษรออกมาเป็นรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เป็นนามธรรม แต่น่าเสียดายที่ศักยภาพเหล่านี้ไม่ได้ถูกสื่อความหมายได้อย่างเต็มที่ โครงการนี้เป็นการกระตุ้นอย่างต่อเนื่องของโครงการสถาปัตยกรรมที่สำรวจวิธีการที่คล้ายกับการสร้างที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว มีจำนวนของพื้นผิวที่ยืดหยุ่นช่วยให้การเคลื่อนไหวได้อย่างราบรื่นมีการตอบสนองต่อเนื่องกันมากที่สุด ตัวอย่างเช่นตามที่แสดงในรูปที่ 2.29 ภูมิประเทศลักษณะแบบไดนามิก ซึ่งประกอบด้วยพื้นผิวที่ต่อกับแท่งเหล็กหุ้มด้วยยางหนาจะถูกผลักและดึงลูกสูบจากกลไกเครื่องจักร ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวรูปแบบคลื่น การออกแบบเป็นชิ้นงานศิลปะที่องค์ประกอบจะถูกกำหนดโดยขนาดเป็นตัวหลัก ในกรณีนี้เปลี่ยนแปลงของขนาดพื้นผิวเกิดขึ้นในหลักการของระบบ สามารถปรับขึ้นหรือลงตามการเกิดช่วงของคลื่นรูปแบบพื้นผิว



ภาพที่ 2.29 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Dynamic Terrain, by Janis Ponisch, Amsterdam, 2006
 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades , Jules Moloney , 2011, p. 21

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้

ไม่มี

การตอบสนอง

การเคลื่อนไหวประกอบด้วยพื้นผิวที่ต่อกับแท่งเหล็กหุ้มด้วยยางหนาจะ ถูกผลักและดึงดูจากกลไกเครื่องจักร การเคลื่อนไหวเป็นโครงสร้าง สามเหลี่ยมที่อยู่ติดกันทำให้พื้นผิวมีการเคลื่อนไหวได้ละเอียดอ่อนมี ลักษณะคล้ายคลื่น ทำให้เกิดรูปแบบลักษณะสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง ไตนามิก

วัตถุประสงค์

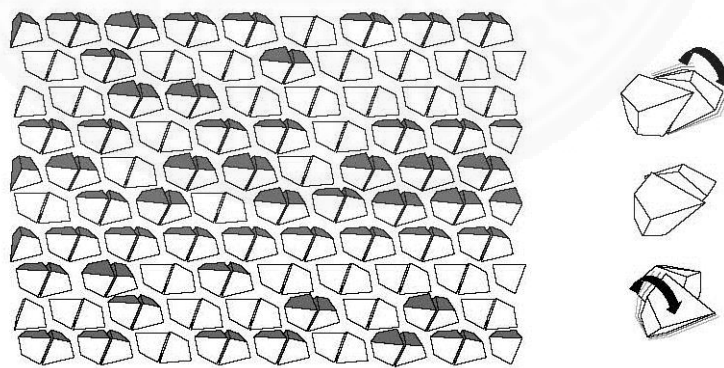
ทางการใช้งาน

มี ประโยชน์ในการใช้กลไกจากเครื่องจักร เทคนิคการใช้ระบบไฮดรอลิก

ทางกายภาพ

มี การเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตในพื้นที่ ทำให้พื้นผิว ไม่มีการจำกัดรูปร่างและสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา โดยใช้กลไก ผลักและดึงดูจากเพื่อที่จะควบคุมการเคลื่อนที่ในแต่ละส่วนของพื้นผิวให้อยู่ในระดับที่ต่างกัน

ส่วนใหญ่ของต้นแบบได้รับการพัฒนาและประดิษฐ์ในสถาบันการวิจัยทางวิชาการ แต่เมื่อปี 2008 ได้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่ใช้งานได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.30 Flare เป็นการ ออกแบบรูปทรงเรขาคณิตที่มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวสามมิติ มีลักษณะรูปร่างคล้าย เหลี่ยมเพชรพลอยจะหมุนจากขอบ นำมารวมกันที่แตกต่างกันของมุมเอียงของชิ้นที่อยู่ติดกันจะทำการหมุน เพียงแกนเดียว



ภาพที่ 2.30 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ Flare facade prototype by WHITE Void, Berlin, 2008
 สืบค้นจาก : Designing Kinetics for Architectural Facades , Jules Moloney , 2011, p. 21

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การรับรู้

ไม่มี

การตอบสนอง

การออกแบบรูปทรงเรขาคณิตที่มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวสามมิติ มีลักษณะรูปร่างคล้าย เหลี่ยมเพชรจะหมุนจากขอบ นำมารวมกันที่แตกต่างกันของมุมเอียงของชิ้นที่อยู่ติดกันจะทำการหมุนเพียงแกนเดียว

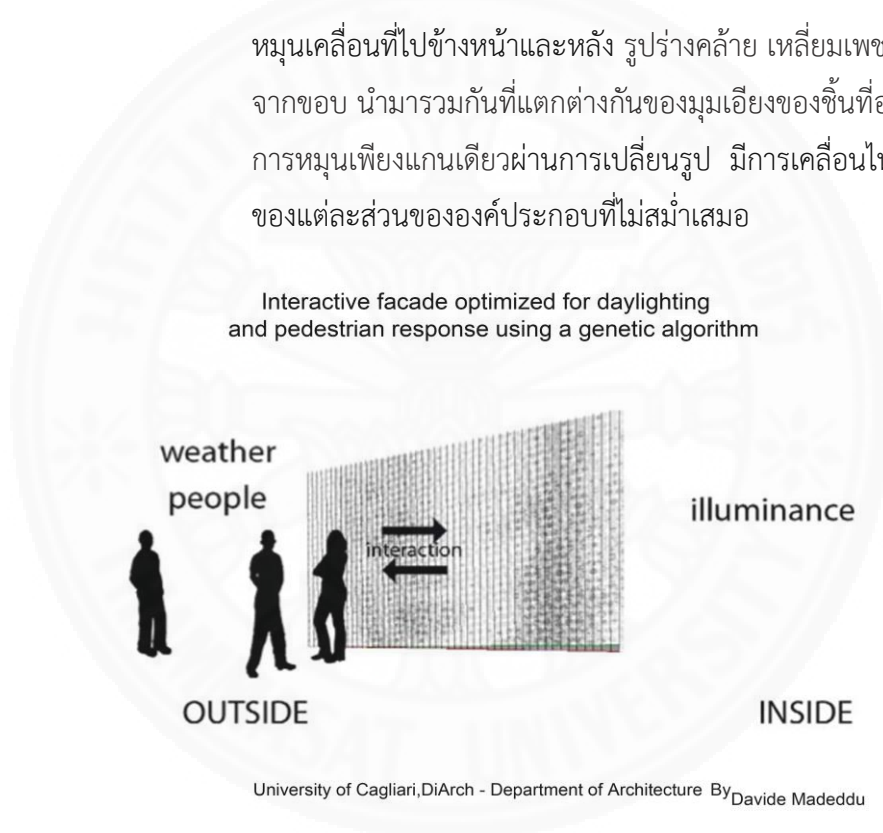
วัตถุประสงค์

ทางการใช้งาน

มี ระบบทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ

ทางกายภาพ

มีการเคลื่อนไหวผ่านการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตในพื้นที่ โดยการหมุนเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและหลัง รูปร่างคล้าย เหลี่ยมเพชรพลอยจะหมุนจากขอบ นำมารวมกันที่แตกต่างกันของมุมเอียงของชิ้นที่อยู่ติดกันจะทำการหมุนเพียงแกนเดียวผ่านการเปลี่ยนรูป มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระของแต่ละส่วนขององค์ประกอบที่ไม่สมมาตร

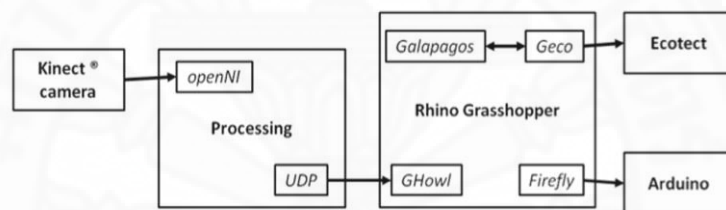


ภาพที่ 2.31 Davide Madeddu, *Interactive facade optimized for daylighting and pedestrian response using a genetic algorithm*. University of Cagliari, Italy

Davide Madeddu, *Interactive facade optimized for daylighting and pedestrian response using a genetic algorithm*. University of Cagliari, ทำการวิจัยเกี่ยวกับการปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสว่างที่เพียงพอสำหรับการใช้งานในอาคารกับสถานะแวดล้อมที่อยู่ภายนอกกรอบอาคารระบบจะทำการลดหรือเพิ่มความสว่างจากแสงธรรมชาติก่อนเข้ามาสู่ภายในอาคารโดยทำการศึกษากระบวนการวนวิธีการคิด ขั้นตอนการทำงาน พร้อมเรียนรู้การใช้โปรแกรมกระบวนการทำงานของระบบการปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสว่างที่เพียงพอสำหรับการใช้งานในห้อง

กับสภาวะแวดล้อมที่อยู่ภายนอกกรอบอาคารที่มีการเพิ่มหรือลดความสว่างก่อนเข้ามาสู่ภายในห้อง โดยใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณตรวจจับการเคลื่อนไหว (Kinect Sensor) ส่งชุดข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์ (Processing) ที่ทำการติดตั้งซอฟต์แวร์ (OpenNI) เพื่อให้ซอฟต์แวร์รู้จักคำสั่งและแปลงค่าส่งต่อไปในซอฟต์แวร์ (Rhino Grasshopper) ที่จะสามารถจำลองงานสถาปัตยกรรมและปรับเปลี่ยนรูปแบบจากการรับค่าของชุดข้อมูลที่ส่งมาผ่านซอฟต์แวร์ (Ecotect) ที่จะเป็นตัวรับรู้ค่าความสว่างที่ส่งผ่านเข้ามาในตัวงานสถาปัตยกรรม และแสดงผลออกทางกายภาพด้วยซอฟต์แวร์ (Firefly) ที่เป็นตัวรับชุดคำสั่งที่จะควบคุม (Arduino Microcontroller Board) ทำงานทางกายภาพ

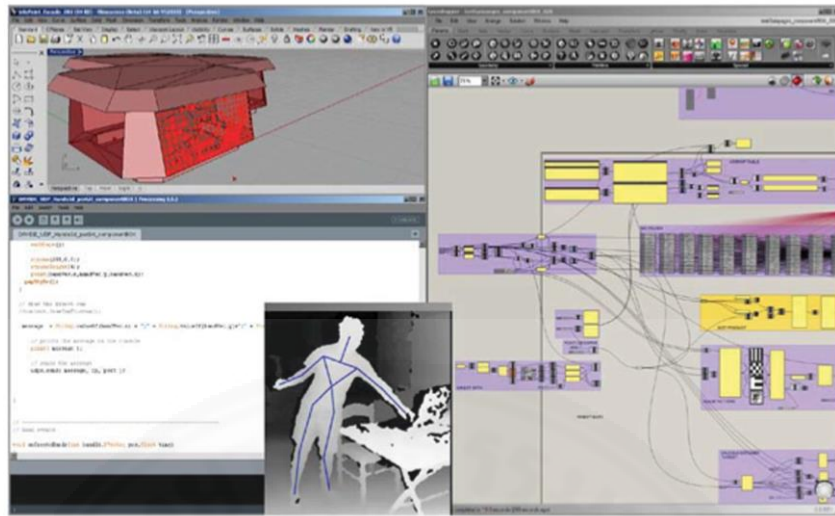
The diagram show how the Facade works, describing the hardware and software ,and the data flow entire process.



University of Cagliari, DiArch - Department of Architecture By Davide Madeddu

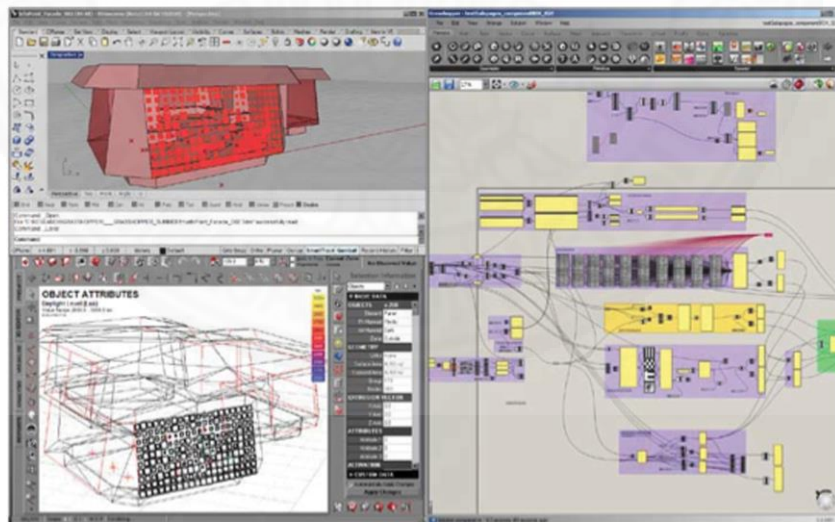
ภาพที่ 2.32 กระบวนการทำงานของระบบ *Interactive facade optimized for daylighting and pedestrian response using a genetic algorithm*. University of Cagliari, Italy(1)

กระบวนการทำงานและการเชื่อมต่อของซอฟต์แวร์ (Rhino Grasshopper) และ (Processing) (ภาพที่ 2.33) โดยทำการรับชุดข้อมูลจากพฤติกรรมของผู้ใช้งานผ่านอุปกรณ์ส่งสัญญาณตรวจจับการเคลื่อนไหว (Kinect Sensor) ส่งชุดข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์ (Processing) ที่ทำการแปลงค่าส่งต่อไปในซอฟต์แวร์ (Rhino Grasshopper) ที่จะสามารถจำลองงานสถาปัตยกรรมขึ้นอยู่ในซอฟต์แวร์เพื่อเป็นการตรวจผลการทำงานของระบบและปรับเปลี่ยนรูปแบบงานสถาปัตยกรรมจากการรับค่าจากชุดข้อมูลที่ได้มาจากพฤติกรรมการใช้งาน และทำงานควบคู่กับซอฟต์แวร์ (Ecotect) ที่จะเป็นตัวรับรู้ค่าความสว่างที่ส่งผ่านเข้ามาในตัวงานสถาปัตยกรรม และแสดงผลออกทางกราฟิกบนซอฟต์แวร์ (ภาพที่ 2.34)



University of Cagliari, DiArch - Department of Architecture By Davide Madeddu

ภาพที่ 2.33 กระบวนการทำงานของระบบ *Interactive facade optimized for daylighting and pedestrian response using a genetic algorithm*. University of Cagliari, Italy(2)



University of Cagliari, DiArch - Department of Architecture By Davide Madeddu

ภาพที่ 2.34 กระบวนการทำงานของระบบ *Interactive facade optimized for daylighting and pedestrian response using a genetic algorithm*. University of Cagliari, Italy(3)

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

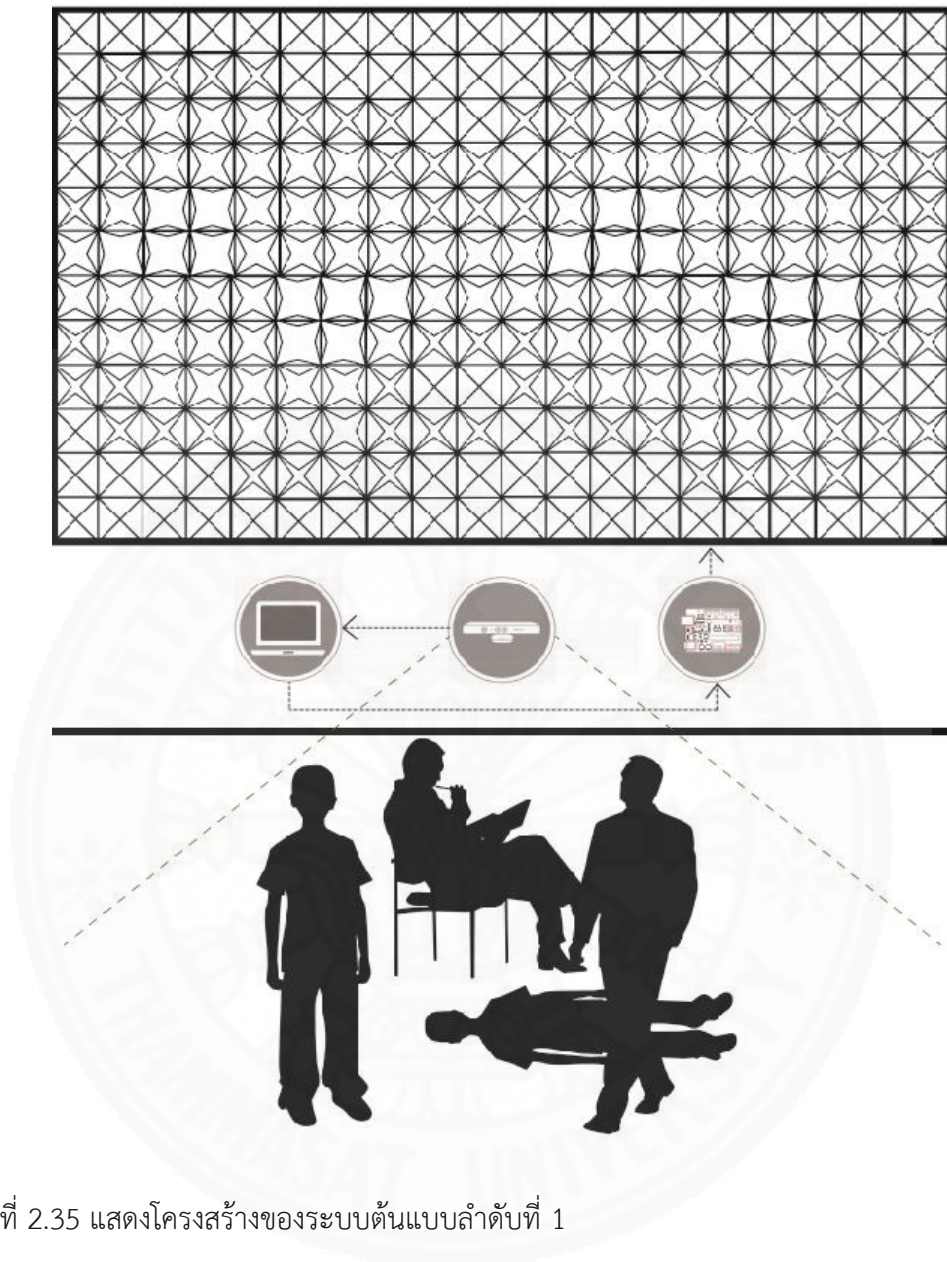
การรับรู้	แสงธรรมชาติจากพฤติกรรมของผู้ใช้งานผ่านระบบการทำงานทางคอมพิวเตอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ
การตอบสนอง	การขยายหรือหดตัวช่องเปิดของกรอบอาคารจากพฤติกรรมของผู้ใช้งานภายนอกอาคารในโลกเสมือน
<u>วัตถุประสงค์</u>	
ทางการใช้งาน	มี ทางด้านพฤติกรรมของผู้ใช้งานผ่านระบบการทำงานทางคอมพิวเตอร์และแสดงผลออกทางกายภาพ
ทางกายภาพ	ไม่มี การขยายหรือหดตัวช่องเปิดของกรอบอาคารทำให้รับรู้ถึงพฤติกรรมในขณะนั้นจำลองในโลกเสมือน

2.3 การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการพัฒนาระบบต้นแบบลำดับที่ 1

การวิจัยและพัฒนาระบบต้นแบบการควบคุมแสงธรรมชาติระบบอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งานลำดับที่ 1 ซึ่งการควบคุมแสงกันแดดอัตโนมัติจากพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งานจะปรับเปลี่ยนแสงกันแดดอัตโนมัติ ระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อพิสูจน์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบต้นแบบการควบคุมแสงธรรมชาติระบบอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งาน

ระบบต้นแบบการควบคุมแสงธรรมชาติระบบอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งาน ผ่านการตรวจวัดลักษณะร่างกายองศาตามข้อพับต่างๆและรู้จำตำแหน่งโดยการประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์ผ่านการตรวจจับจากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยวิธีการทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) และความสามารถในการปรับเปลี่ยนแสงกันแดดอัตโนมัติให้เป็นไปตามพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งานที่รู้จำได้ผ่านทางอุปกรณ์และกลไกอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของระบบเป็นการทำงานที่ต่อเนื่องขององค์ประกอบ 2 ส่วน จากส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับรับรู้พฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งานผ่านเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและคอมพิวเตอร์ถึงส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับการแสดงผลตอบสนองผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนแสดงผลทางกายภาพที่ติดตั้งกับช่องเปิดในพื้นที่ใช้งาน



ภาพที่ 2.35 แสดงโครงสร้างของระบบต้นแบบลำดับที่ 1

2.3.1 ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ในการใช้พัฒนาระบบรู้จำพฤติกรรมการใช้พื้นที่

ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบต้นแบบลำดับที่ 1 ที่ใช้ในการวิจัยซึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละอย่างมีการเชื่อมต่อด้วยกันผ่านสายยูเอสบีซีที่ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งซอฟต์แวร์ประมวลผลการรู้จำพฤติกรรมและส่งค่าไปในส่วนแสดงผลทางกายภาพเพื่อพัฒนาระบบต้นแบบรู้จำพฤติกรรมการใช้พื้นที่และควบคุมการปรับเปลี่ยนเพื่อแสดงผลทางกายภาพมีดังนี้

2.3.1.1 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่มีความเป็นไปได้ในการพัฒนางานวิจัยซึ่งอุปกรณ์นี้จะต้องมีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเคลื่อนไหว มีราคาถูก และหาซื้อได้ง่ายภายในประเทศไทย มีดังต่อไปนี้

(1) Wiimote



ภาพที่ 2.36 แสดงอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Wiimote. สืบค้นจาก : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bc/Wii_Remote_Image.jpg

Wiimote เป็นที่บังคับหลักของเครื่องวีทีซีในเกมนั้น มีรูปร่างเหมือนรีโมตโทรทัศน์ โดยมีคุณสมบัติหลักคือมีเซ็นเซอร์ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว และควบคุมการเล่นเกมนั้นโดยการเคลื่อนไหวรีโมตนี้ไปในทิศทางต่างๆ และต้องวางตัวตรวจจับความเคลื่อนไหว(Wii Sensor Bar)ไว้ด้านบนของโทรทัศน์ที่ใช้เล่น

(2) PlayStation Move



ภาพที่ 2.37 แสดงอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว PS Move. สืบค้นจาก : <http://static1.gamespot.com/uploads/original/123/1239113/2631526-move.jpg>

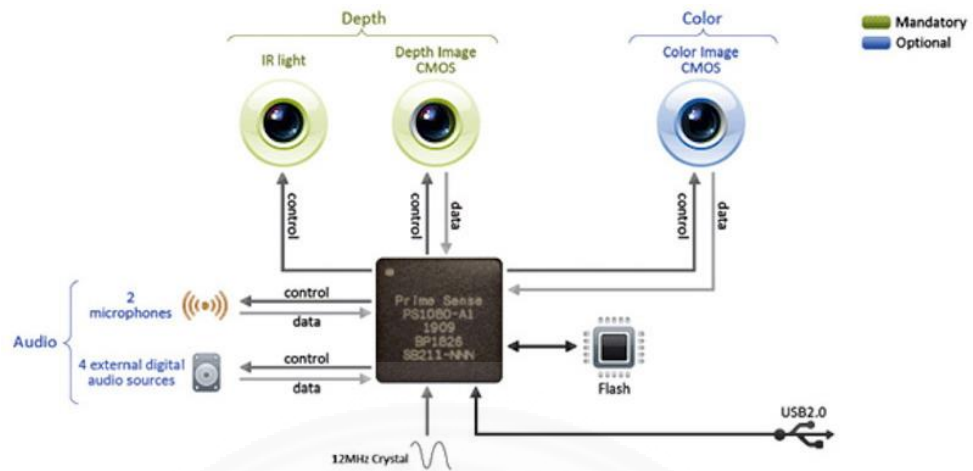
อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนไหว PlayStation Move มีเซ็นเซอร์แสง RGB (LEDs) อยู่ที่ปลายหัวทรงกลมของอุปกรณ์จากสีในสภาพแวดล้อมจะถูกตรวจจับโดยกล้องระบบแบบไดนามิก โดยระบบจะรู้ถึงระยะห่างของตัวควบคุม จากกล้องผ่านขนาดภาพของแสงทำให้ตำแหน่งของตัวควบคุมที่จะได้รับการตรวจจับในรูปแบบสามมิติ มีความแม่นยำสูงและความถูกต้อง ประมวลผลได้รวดเร็ว เมื่อเทียบกับเทคนิคการควบคุมกล้องที่ใช้อื่น ๆ บน PlayStation 3

(3) Kinect Sensor

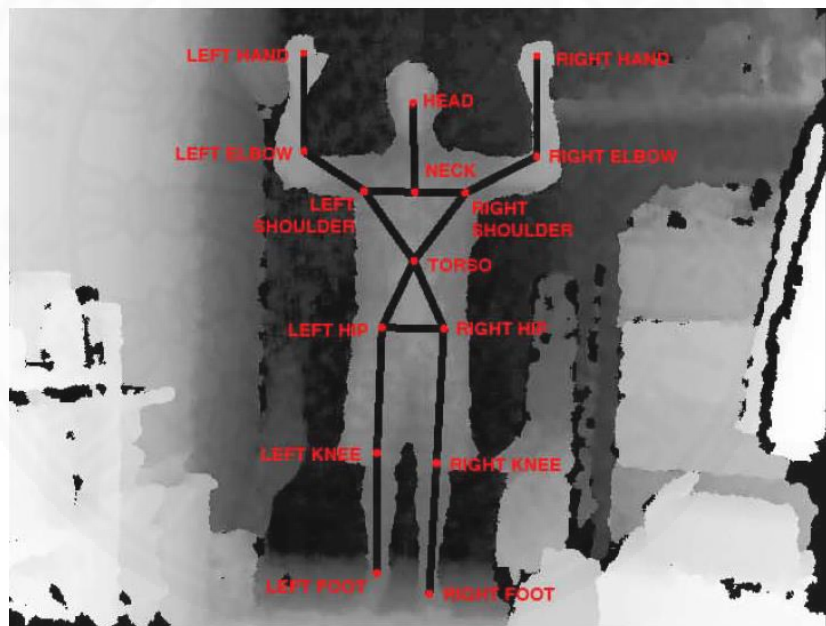


ภาพที่ 2.38 แสดงอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor สืบค้นจาก : <http://google.com/content/image/kinect.jpg>

อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor เป็นฮาร์ดแวร์ที่มีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor เป็นอุปกรณ์ที่เสริมการใช้งานเครื่องเล่นเกมส์ Xbox 360 คอมพิวเตอร์ในระบบ Window 7 หรือ Linux และ Mac OS ซึ่งจะต่อเชื่อมกับเครื่องเล่นผ่านทางพอร์ต USB ซึ่งก่อนหน้านี้ Kinect Sensor รู้จักกันในชื่อ Project Natal ความลับของการทำงานนอกเหนือ Kinect Sensor มาพร้อมกับการมองเห็นที่เป็นเลิศของกล้อง Webcam ที่แบ่งออกมา 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นกล้องธรรมดาเอาไว้จับภาพ อ่านค่าสี RGB ได้เหมือน Webcam และอีกส่วนเอาไว้วัดความลึก depth Sensor โดยใช้ Laser IR Projector ยิงแสง Infrared ความเข้มสูง แต่ตาเรามองไม่เห็น แล้วใช้กล้อง Mono อ่านค่าความสว่างออกมาในการตรวจจับ ตำแหน่งต่างๆ ของ ร่างกายผู้เล่นเกมส์ 3 แกน (กว้าง x ยาว x ลึก-ระยะใกล้ไกล) ได้มากถึง 48 จุดแบบเรียลไทม์ได้ 6 คนพร้อมกัน มีไมโครโฟน 2 จุดที่สามารถรับเสียงได้ 360 องศา และมอเตอร์ที่อยู่ในแท่นรองรับตัวกล้องและไมค์ทั้งชุดสามารถบิดหรือ หมุนเคลื่อนที่ตามติดใบหน้าของผู้ใช้ได้ทุกความเคลื่อนไหวของผู้ใช้จะได้รับการประมวลผลเพื่อส่งเป็นคำสั่งสำหรับการ โต้ตอบกับเครื่องเล่นเกมส์ Xbox 360 หรือคอมพิวเตอร์ ลักษณะตำแหน่งมาตรฐานอยู่สูงจากพื้นประมาณ 1 เมตรระยะพื้นที่ทำการ 4 X 5 ตารางเมตร



ภาพที่ 2.39 แสดงชิ้นส่วนภายในอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว สืบค้นจาก : http://google.com/content/image/kinect_system.jpg



ภาพที่ 2.40 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว สืบค้นจาก : Oreilly.Making Things.See.Jan.2012, p. 211

เหตุผลที่เลือกนำมาใช้ในการออกแบบวิจัยเพราะหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก (ประมาณ 4500 บาท มือสอง 2700 บาท จาก <http://www.olx.co.th/product-100114465/> ค้นหาเมื่อ 28/8/57) มีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเคลื่อนไหวจาก Human Skeleton ซึ่งสอดคล้องในความต้องการที่จะแปลงพฤติกรรมมนุษย์มาเป็นระบบฐานข้อมูล การเชื่อมต่อง่ายและระยะพื้นที่ทำการที่เหมาะสมสำหรับการทำวิจัย

2.3.1.2 ซอฟต์แวร์ประมวลผล

ซอฟต์แวร์ประมวลผลที่มีความเป็นไปได้ในการพัฒนางานวิจัยซึ่งซอฟต์แวร์นี้จะต้องมีประสิทธิภาพในประมวลผล มีราคาถูก และเขียนโปรแกรมได้ง่าย มีดังต่อไปนี้

(1) Microsoft Visual C++



ภาพที่ 2.41 แสดงซอฟต์แวร์ Microsoft Visual C++ สืบค้นจาก : http://2.bp.blogspot.com/-Z9QTskq8Aa0/VE_j87X43sl/AAAAA AAADBI/_z7loYhTG14/s1600/Microsoft-Visual-C%2B%2B.png

ภาษา C เป็นภาษาระดับสูง ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น ปัจจุบันถือว่าเป็นภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับผู้เริ่มต้นที่ต้องการเรียนรู้การเขียนโปรแกรม เนื่องจากเป็นภาษาเชิงโครงสร้างที่มีหลักการทำงานไม่ซับซ้อนและเข้าใจง่าย

จุดเด่นของภาษา C เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีแนวคิดในการพัฒนาแบบโปรแกรมเชิงโครงสร้าง ทำให้ภาษา C เป็นภาษาที่เหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาระบบ ซึ่งเป็นภาษามาตรฐาน การทำงานของภาษาไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ ทำให้สามารถนำไปใช้ใน CPU รุ่นต่างๆ ได้และเป็นภาษาระดับสูงที่ทำงานเหมือนภาษาระดับต่ำ สามารถทำงานแทนภาษา Assembly ได้

ภาษา C เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมถึงอย่างไรก็ตามภาษา C เป็นภาษาระดับสูง จึงมีผลกับผู้วิจัยซึ่งเป็นนักศึกษาสถาปัตยกรรมที่มีความรู้เพียงแค่นี้เบื้องต้นในการเขียนโปรแกรม

(2) Processing Software

Processing เป็นซอฟต์แวร์ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้การเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้น ที่เอื้อประโยชน์ต่อนักออกแบบและนักวิจัยซึ่งง่ายต่อการเขียนโปรแกรมและเป็นซอฟต์แวร์ที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ดาวน์โหลดได้ที่ <https://processing.org/download> แล้วทำการติดตั้งฐานข้อมูลของซอฟต์แวร์ SimpleOpenIN กับ Processing Library ซึ่งดาวน์โหลดได้ที่ [http://code.google.com/p/simple-openini/downloads /list](http://code.google.com/p/simple-openini/downloads/list) ทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักคำสั่งและการทำงานของเซนเซอร์ Kinect Sensor จากนั้นเพื่อนำค่าที่ได้มาส่งเป็นชุดข้อมูลนำไปใช้ในกระบวนการแสดงผลทางกายภาพโดยที่ซอฟต์แวร์ Processing สามารถเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์อื่นได้ง่ายและครอบคลุมต่อขอบเขตในการพัฒนางานวิจัย



ภาพที่ 2.42 แสดงซอฟต์แวร์ Processing ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ สืบค้นจาก : <http://3.bp.blogspot.com/--FTOZZ1k2UI/UKRk5rdwFII/AAAAAAAAANc/vxQZSj-rvzc/s1600/about.jpg>

```

imageCells | Processing 2.0b7
File Edit Sketch Tools Help
imageCells BouncingBall CellCollection ImageCell ImageGrid Modes MyShape2$ TrueFalseGrid utils
* Creates array of points from the shape.
* What happens if there's 0 shapes?
* The simplest solution is to throw an exception.
*/
PVector[] getPointsFromShape(PShape shp, float probability){
    int vertexCount = shp.getVertexCount();
    if ( vertexCount == 0 ){
        throw new RuntimeException(
            "Shape (or the current node of the shape) doesn't have any vertices. "
            "Maybe children nodes have. Shape has: " + shp.getChildCount() + " children."
        );
    }
    // PVector[] points = new PVector[vertexCount];
    println("Shape [" + shp.getName() + "] has " + vertexCount + " points");
    ArrayList<PVector> points = new ArrayList<PVector>();
}

NullPointerException

MyShape2: MyShape2(chinese_cat.svg, cat_path)
Ignoring <effects> tag.
Ignoring <image> tag.
Exception in thread "Animation Thread" java.lang.NullPointerException
    at imageCells.getPointsFromShape(imageCells.java:68)
    at imageCells$MyShape2.loadPointFromSvg(imageCells.java:65)
    at imageCells$MyShape2.<init>(imageCells.java:64)
    at imageCells.setup(imageCells.java:53)
    at processing.core.PApplet.handleDraw(PApplet.java:2117)
    at processing.core.PGraphics2D.requestDraw(PGraphics2D.java:193)
    at processing.core.PApplet.run(PApplet.java:2626)
    at java.lang.Thread.run(Thread.java:1660)

```

ภาพที่ 2.43 แสดงระบบการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ สืบค้นจาก : <https://forum.processing.org/viewImage.do?fileId=25080000002328421&forumGroupId=2508000000003001>

2.3.1.3 ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ส่วนแสดงผล

ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ส่วนแสดงผลที่มีความเป็นไปได้ในการพัฒนางานวิจัยซึ่งซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์นี้จะต้องมีประสิทธิภาพในประมวลผล มีราคาถูกลง และเขียนโปรแกรมได้ง่าย มีดังต่อไปนี้

(1) Arduino Software



ภาพที่ 2.44 แสดงซอฟต์แวร์ Arduino ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ สืบค้นจาก : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/87/Arduino_Logo.svg/720px-Arduino_Logo.svg.png

Arduino เป็นซอฟต์แวร์สื่อสารระหว่างการส่งชุดข้อมูลนำเอาไปใช้ในกระบวนการแสดงผลทางกายภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้มีหน้าที่เชื่อมต่อรับชุดคำสั่งจากซอฟต์แวร์ Processing เพื่อทำการสั่งการทำงานแสดงผลทางกายภาพ ที่เอื้อประโยชน์ต่อนักออกแบบและนักวิจัยซึ่งง่ายต่อการเขียนโปรแกรมและเป็นซอฟต์แวร์ที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ดาร์วินโหลตได้ที่ <http://arduino.cc/en/download>

```

Blink
Blink
Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.
This example code is in the public domain.
*/
// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
int led = 13;
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}
// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}
  
```

introductions comments describe the program

variable declaration section

setup section

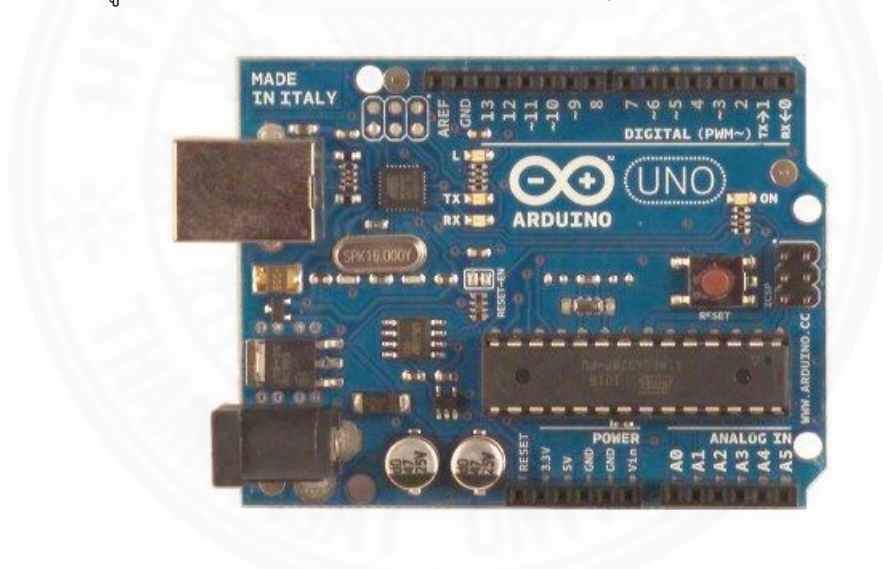
loop section

ภาพที่ 2.45 แสดงระบบการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ สืบค้นจาก : <http://lilypadarduino.org/wp-content/uploads/Arduino-sketch-blink-anno-1024x844.png>

ในการพัฒนางานวิจัยนี้การแสดงผลทางกายภาพในการเคลื่อนที่นั้นใช้การทำงานของ Servo Motor ซึ่งชุดคำสั่งของ Servo Motor โดยจะต้องลง Servo Library ซึ่งดาวน์โหลดได้ที่ <http://arduino.cc/en/Reference/Servo> เพื่อให้ซอฟต์แวร์ Arduino รู้จักคำสั่งและการทำงานของ Servo Motor การสั่งให้ทำการหมุนจะต้องเชื่อมสายสัญญาณ SGN(D)|+6V|GND ต่อกับ Arduino Microcontroller Board

(2) Arduino Microcontroller Board

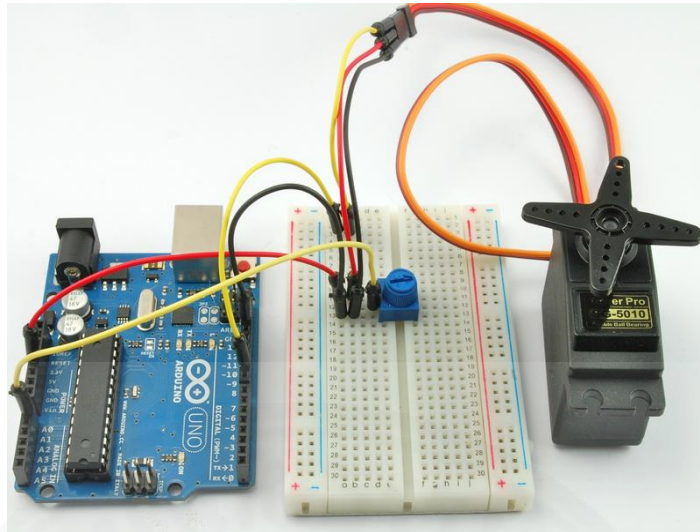
Arduino Microcontroller Board เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์เดี่ยวเพื่อทำให้การใช้อิเล็กทรอนิกส์ในการเข้าถึงกับการพัฒนางานวิจัยได้มากขึ้น ซึ่งฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย Open-Source Hardware การออกแบบรอบ 8 Bit ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ของ Atmel หรือ 32 Bit ARM Atmel ซอฟต์แวร์ประกอบไปด้วยคอมไพเลอร์ภาษาโปรแกรมมาตรฐานและการบูตที่สามารถกดบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถหาซื้อได้ทั่วไปหรือทำมันขึ้นด้วยตัวเอง ข้อมูลการขายเชิงพาณิชย์ในปี 2011 ขายได้ 300,000 ชิ้น



ภาพที่ 2.46 แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์อุปกรณ์แสดงผลทางกายภาพ สืบค้นจาก : <http://mosaic.cnfolio.com/uploads/B202Coursework2011TeamJournalA103/arduino.jpg>

(3) Servo Motor

เป็นอุปกรณ์ตัวกระตุ้นแบบหมุนที่ช่วยให้การควบคุมที่แม่นยำของตำแหน่งเชิงมุมความเร็วและความเร่ง ประกอบด้วยมอเตอร์ที่เหมาะสมคู่กับเซ็นเซอร์สำหรับการตอบสนองข้อมูลกับตำแหน่ง นอกจากนี้สามารถควบคุมการหมุนที่มีความซับซ้อนโดยเฉพาะโมดูลที่ออกแบบมาสำหรับใช้กับ Servo Motor การใช้งาน เช่น หุ่นยนต์เครื่องจักรซีเอ็นซีหรือการผลิตแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 2.47 แสดง Servo Motor อุปกรณ์แสดงผลทางกายภาพ สืบค้นจาก : <http://learn.adafruit.com/system/assets/assets/000/002/304/medium800/knob.jpg?1350556422>

(4) Light Sensor (BH 1750)



ภาพที่ 2.48 แสดง Light Sensor อุปกรณ์วัดค่าความส่องสว่าง. สืบค้นจาก : [http://i.ebayimg.com/00/s/NjAwWDCwMA==/z/YC4AAOxyVLNSp91F/\\$_35.JPG](http://i.ebayimg.com/00/s/NjAwWDCwMA==/z/YC4AAOxyVLNSp91F/$_35.JPG)

Light Sensor (BH 1750) อุปกรณ์วัดค่าแสงนำมาใช้เพื่อตรวจสอบผลความสว่างที่ให้ค่าเป็นดิจิทัล ความละเอียดสูงถึง 16 บิต เชื่อมต่อแบบ I2C bus ทำให้ประหยัดจำนวนสัญญาณเชื่อมต่อ ให้ค่าในการวัดเป็นหน่วย Lux ("ลักซ์") ซึ่งเป็นหน่วยการวัดแบบ SI สำหรับความสว่าง (Illuminance) = 1 Lumen Per Square Meter

2.3.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์รู้จำพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งานผ่านการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบทางกายภาพ

ขั้นตอนการพัฒนาซอฟต์แวร์รู้จำพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งานและการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบทางกายภาพแบ่งเป็น 2 ประเภท มีดังนี้

2.3.2.1 การติดตั้ง SimpleOpenNI (Processing Library)

- (1) การติดตั้ง OpenNI ใน OS X
- (2) การติดตั้ง Processing Library

2.3.2.2 การติดตั้ง Servo Library ใน Arduino Software

ระบบต้นแบบจะรับรู้พฤติกรรม ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor ที่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวและลักษณะของร่างกายของผู้ใช้งาน เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นด้วย Processing ชุดพัฒนาซอฟต์แวร์ทางการประมวลผลเป็นภาพ เป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาประกอบกับชุดคำสั่ง SimpleOpenNI ในการประมวลผลภาพเชิงคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจและรู้จำภาพที่ปรากฏ

ซอฟต์แวร์รู้จำพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้ใช้งานเป็นการพัฒนาด้วยซอฟต์แวร์ Processing รุ่น 1.5.1 พร้อมชุดคำสั่งของ อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว SimpleOpenNI ที่ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์พกพา MacBook Pro หน่วยประมวลผลกลาง Intel Core i5 2.4 GHz หน่วยความจำ 4 GB 1067 MHz DDR3 SDRAM ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Mac OS X 10.7.0 และใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor XBOX 360



ภาพที่ 2.49 แสดงการเชื่อมต่อและทดสอบระบบพัฒนาลำดับที่ 1 หมายถึง จากภาพถ่ายเมื่อ วันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2556

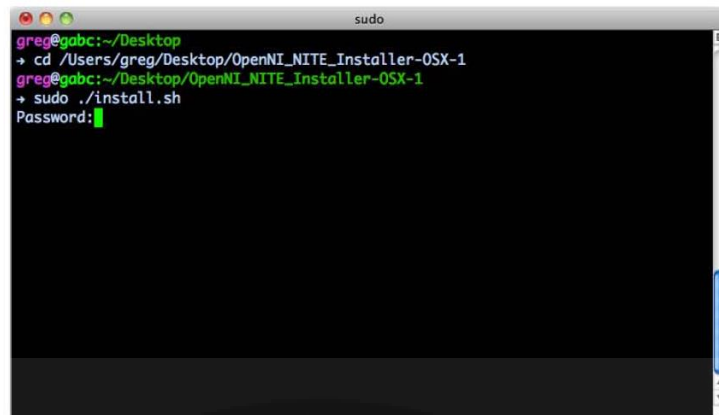
2.3.2.1 การติดตั้ง SimpleOpenNI (Processing Library)

ขั้นตอนสำหรับการติดตั้ง Library ใน Processing จะแตกต่างกันเล็กน้อยตามระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของผู้ทำการวิจัย ระบบ Mac OS X, Windows และ Linux คำแนะนำเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้น ถ้าคุณพบปัญหาใด ๆ โปรดตรวจสอบ SimpleOpenNI (<http://code.google.com/p/simple-openni/wiki/Installation>) สำหรับ Up-To-Date รายละเอียด การติดตั้ง SimpleOpenNI ที่เกิดขึ้นในสองขั้นตอน ครั้งแรกที่ผู้ทำการวิจัยติดตั้ง OpenNI ด้วยตัวเอง นี้เป็นระบบซอฟต์แวร์ที่มีให้โดย PrimeSense ที่ติดต่อสื่อสารกับ Kinect Sensor ในการเข้าถึงและการประมวลผลข้อมูลของตน ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการของคุณ การติดตั้งบน OpenNI แต่ละระบบปฏิบัติการที่สำคัญ ค้นหาคู่มือสำหรับระบบปฏิบัติการและการทำงานของผู้ทำการวิจัยผ่านขั้นตอนทั้งหมด หลังจากที่คุณทำการวิจัยได้ติดตั้งเรียบร้อยแล้ว OpenNI ในขั้นตอนสุดท้ายคือการติดตั้ง SimpleOpenNI นี้จะง่ายกว่าการติดตั้ง OpenNI และอื่น ๆ อีกมากมายผ่านมาตรฐานระบบปฏิบัติการ การวิจัยนี้ได้ใช้ระบบปฏิบัติการ Mac OS X ในการทำวิจัย

(1) การติดตั้ง OpenNI ใน OS X

การติดตั้งนี้เป็นแพลตฟอร์มที่ง่ายที่สุดที่จะติดตั้ง OpenNI จาก SimpleOpenNI ได้ให้ติดตั้งที่ทำให้กระบวนการตรงไปตรงมาและเรียบง่าย ติดตั้งทำงานได้ดีบน Mac OS X 10.6 และสูงกว่า สิ่งที่ต้องทำมีขั้นตอนดังนี้

1. ไปที่เว็บไซต์ SimpleOpenNI Google Code(<http://code.google.com/p/simple-openni/wiki/Installation>)
2. ค้นหาส่วนที่ติดตั้ง Mac OS X คลิกที่นี่เพื่อดาวน์โหลดติดตั้ง
3. ดับเบิลคลิกที่ไฟล์ Zip. คุณเพียงแค่อาวนโหลดไปยัง directory ชื่อ OpenNI_NITE_Installer-OSX จะปรากฏ
4. เปิด Terminal จาก Finder โดยไปที่ Applications → Utilities → Terminal.
5. เปลี่ยน directory ไปยัง Finder ดาวน์โหลดการทำเช่นนี้ พิมพ์: cd (สำหรับการเปลี่ยนแปลง directory) ตามด้วยช่องว่างและจากนั้นลาก Finder ที่คุณเพียงแค่อาวนโหลด Zip จาก Finder เข้าไปใน Terminal นี้
6. ส่งโปรแกรมติดตั้งด้วยคำสั่ง: sudo/install.sh พิมพ์รหัสผ่านของคุณ (ต้องล็อกอินเป็นผู้ใช้ที่มีสิทธิ์ในการติดตั้ง)

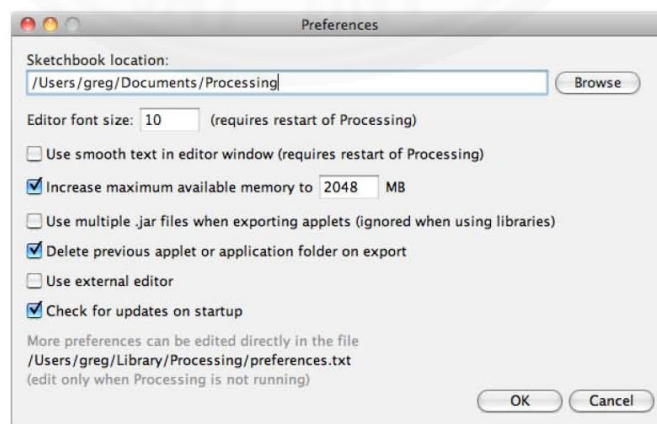


ภาพที่ 2.50 แสดงวิธีการติดตั้ง OpenNI จาก SimpleOpenNI ในระบบปฏิบัติการ OS X สืบค้นจาก : Oreilly.Making.Things.See.Jan.2012, p. 47

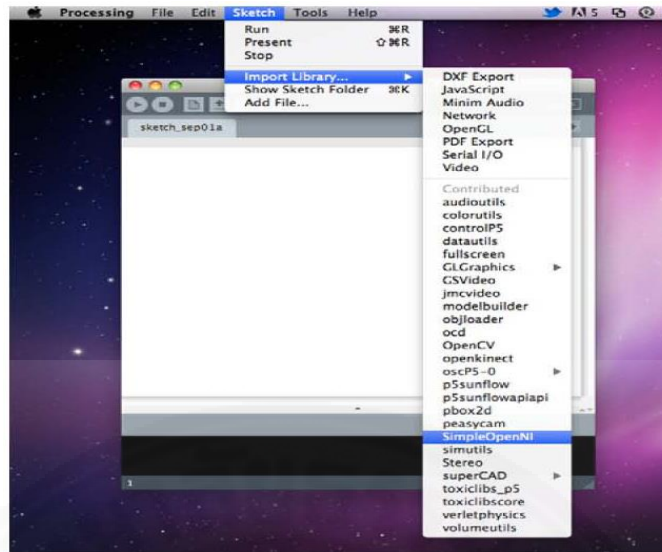
(2) การติดตั้ง Processing Library

เมื่อได้ทำการติดตั้ง OpenNI (รวม NITE ตัวกลางในการเชื่อมต่อการทำงานของ Kinect Sensor) ขั้นตอนต่อไปจะติดตั้ง Processing Library ซึ่งง่ายกว่าการติดตั้ง OpenNI และเหมือนกันสำหรับทุกแพลตฟอร์ม ขั้นตอนดังนี้

1. ไปที่หน้าดาวน์โหลด ([http://code.google.com/p/simple-openni/downloads /list](http://code.google.com/p/simple-openni/downloads/list)) ในเว็บไซต์ SimpleOpenNI Google Code site.
2. เลือกรุ่นของ SimpleOpenNI ที่เหมาะสมสำหรับปฏิบัติการของคุณระบบและดาวน์โหลด
3. Unzip ไฟล์ที่ดาวน์โหลดมา (นี้อาจเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติขึ้นอยู่กับค่าเบราว์เซอร์ของคุณ)



ภาพที่ 2.51 แสดงวิธีการค้นหาที่อยู่ Sketchbook จาก Processing Preferences window สืบค้นจาก : Oreilly.Making.Things.See.Jan.2012, p. 49



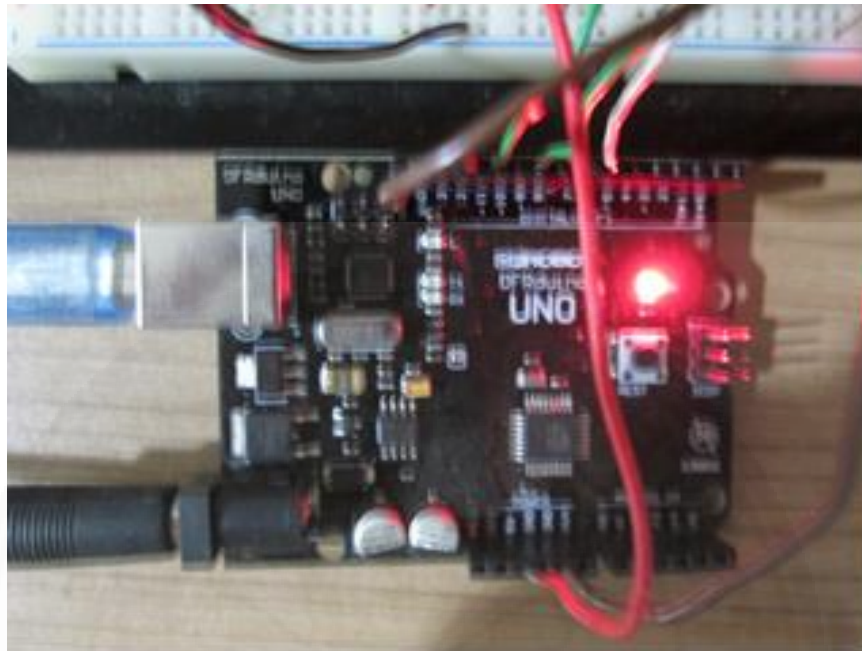
ภาพที่ 2.52 แสดงวิธีการค้นหาที่อยู่ SimpleOpenNI จาก Sketch สืบค้นจาก : Oreilly.Making. Things.See.Jan.2012, p. 49.

4. ค้นหา Processing Library โฟลเดอร์ หากคุณไม่รู้ที่อยู่คุณสามารถหาได้โดยดูที่ Processing Preferences window. หน้าต่างการตั้งค่า Processing จะช่วยให้คุณเลือกที่อยู่ Sketchbook. เช่น /Users/greg/Documents /Processing. โฟลเดอร์ Library ของคุณจะถูกตั้งอยู่ไว้ด้านในของ sketchbook folder เช่น /Users/greg/Documents/Processing/libraries. ถ้าโฟลเดอร์ที่ Library ไม่มี อยู่ให้สร้างโฟลเดอร์ขึ้นมาใหม่
5. SimpleOpenNI มา Unzip ไฟล์ใน Processing Library
6. ปิดโปรแกรมและเริ่มต้นการเปิดโปรแกรมใหม่

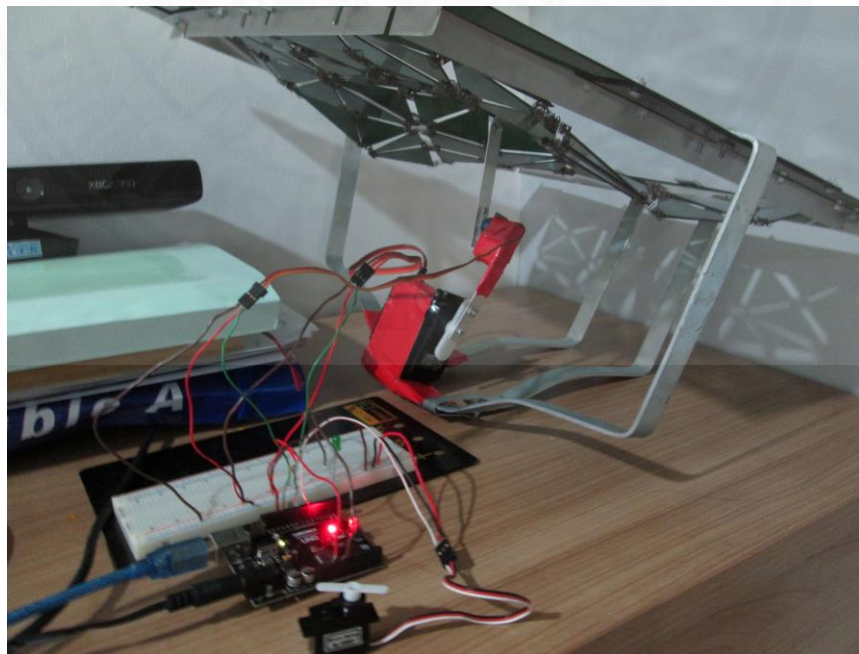
2.3.2.2 การติดตั้ง Servo Library ใน Arduino Software

ทำการเชื่อมต่อ Kinect Sensor กับคอมพิวเตอร์ด้วย USB port การแสดงผลทางกายภาพในการเคลื่อนที่นั้นวิธีสื่อสารระหว่างซอฟต์แวร์ Processing รับส่งชุดคำสั่งที่ง่ายที่สุด คือใช้การซอฟต์แวร์ Arduino มีหน้าที่เชื่อมต่อรับชุดคำสั่งจากซอฟต์แวร์ Processing เพื่อทำการสั่งการทำงานของชุดคำสั่งของ Servo Motor โดยจะต้องลง Servo Library ซึ่งดาวน์โหลดได้ที่ <http://arduino.cc/en/Reference/Servo> เพื่อให้ซอฟต์แวร์ Arduino รู้จักคำสั่งและการทำงานของ Servo Motor การควบคุมให้ Servo Motor ทำการหมุนจะต้องเชื่อมต่อกับ Arduino Microcontroller Board มีความสามารถที่หลากหลาย เช่น การควบคุมการกะพริบของหลอดไฟ LED การบังคับจากการทำงานของเซนเซอร์ การรับส่งข้อมูล เป็นต้นในการพัฒนา

งานวิจัยนี้จะสนใจการควบคุม Servo Motor ซึ่งจะรับชุดข้อมูลจากซอฟต์แวร์ Arduino เก็บไว้และจะทำงานก็ต่อเมื่อตรงกับชุดคำสั่งที่เก็บไว้ก็จะควบคุมให้ทำงาน

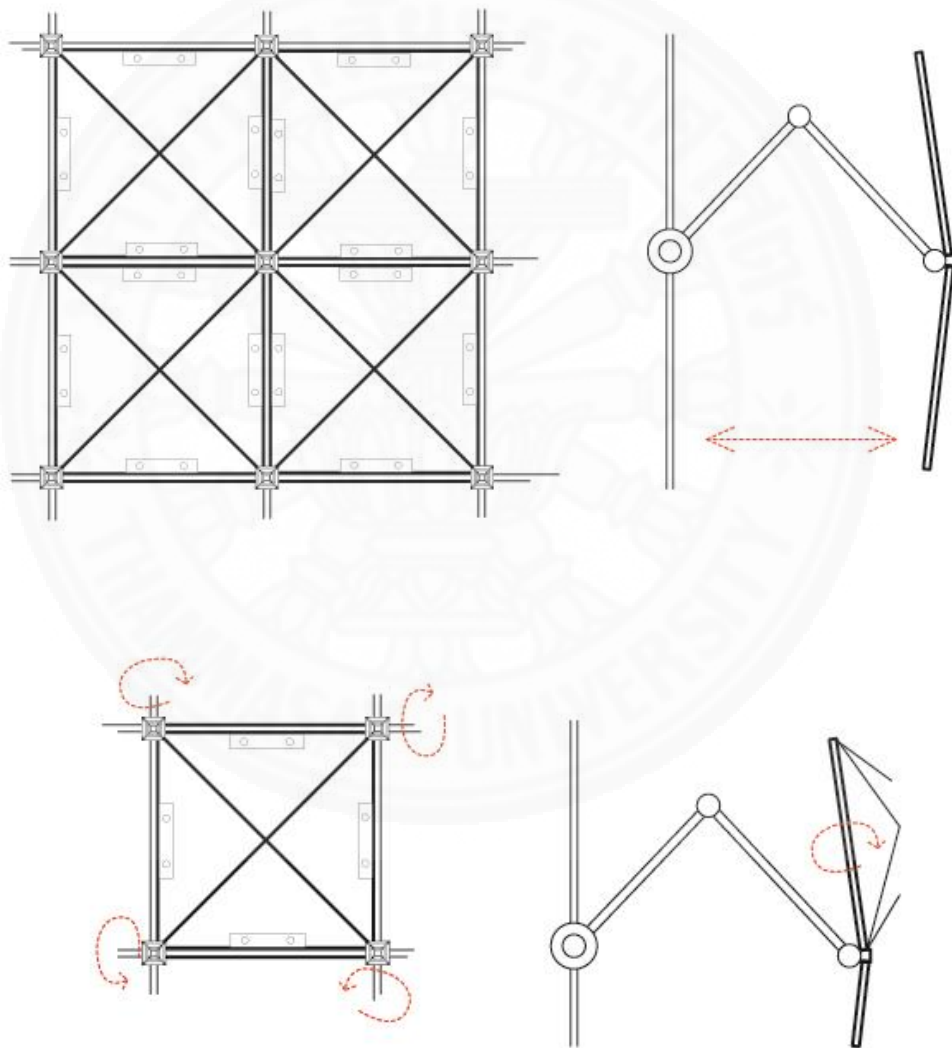


ภาพที่ 2.53 ไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงผลการทำงานของระบบ หมายถึง. จากการถ่ายภาพ เมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2556



ภาพที่ 2.54 แสดงผลการทำงานของระบบต้นแบบลำดับที่ 1 หมายถึง. จากการถ่ายภาพ เมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2556

ความสามารถของ Kinect Sensor ที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวผ่านการตรวจวัดลักษณะร่างกายองศาตามข้อพับต่างๆและรู้จำตำแหน่งโดยการประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์ Processing เป็นตัวสื่อสารระหว่างตัว Kinect Sensor กับคอมพิวเตอร์และเพื่อเชื่อมต่อการทำงานในคอมพิวเตอร์กับการทำงานของมอเตอร์หรือการควบคุมที่เกิดขึ้นในงานสถาปัตยกรรมโดยผ่าน Arduino Microcontroller Board แปลงชุดคำสั่งทำให้แผงกันแดดทำงานอัตโนมัติโดยมีเซนเซอร์ตรวจจับปฏิกิริยาของแสงธรรมชาติจากภายนอก ควบคุมการเปิดใช้งานเมื่อมีแสงธรรมชาติหรือปิดการใช้งานในขณะไม่มีแสงธรรมชาติเพื่อการใช้งานภายในงานสถาปัตยกรรม



ภาพที่ 2.55 ภาพวาดเชิงวิเคราะห์ระบบการทำงานของแผงกันแดดอัตโนมัติลำดับที่ 1

การออกแบบระบบแผงกันแดดนั้นที่มีที่มาจากกรณีศึกษา ทฤษฎีสถาปัตยกรรมจลนศาสตร์ที่ช่วยในการรับรู้ข้อดีข้อเสียในการออกแบบในงานต่างๆ ประกอบกับทฤษฎีช่องเปิดแสงภายในอาคารที่ช่วยในการตัดสินใจการออกแบบแผงกันแดดนี้ รูปแบบเรขาคณิตทรงสามเหลี่ยมที่ต่อกันเป็นโครงสร้างต้นแบบที่มีความสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างราบรื่น และในแต่ละส่วนสามารถปรับขนาดแสงที่เข้าสู่ภายในอาคารจากตำแหน่งและพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้งาน การเคลื่อนไหวจากการดันแผงกันแดดเข้ามาภายในอาคารตามตำแหน่งของผู้ใช้งานจากทฤษฎีช่องเปิดการนำแสงสว่างมาใช้ในที่ไกลจากช่องเปิด

ส่วนจำแนกลักษณะองค์ประกอบทางพฤติกรรมสามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อที่นำไปใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงกันแดดอัตโนมัติ กระบวนการทำงานของซอฟต์แวร์เริ่มต้นที่ระบบมีการประมวลผลจาก Kinect Sensor ที่มีฐานข้อมูลรับรู้ Human Skeleton เพื่อตรวจจับและจำแนกองค์ประกอบทางพฤติกรรมทางร่างกายส่วนตำแหน่งขององศาของหัวเข้า ซึ่งลักษณะขององค์ประกอบดังกล่าวถูกใช้ในการประมวลผลเพื่อระบุความต้องการแสง

ในขั้นตอนการทำงานซอฟต์แวร์มีการประมวลผลจากการรับชุดข้อมูลจากการตรวจจับ Human Skeleton ของผู้ใช้งานและทำการตรวจสอบพฤติกรรมผ่านตามเงื่อนไขที่กำหนด หลังจากนั้นจะประมวลผลเพื่อแยกองค์ประกอบการเคลื่อนไหวร่างกายด้วยองค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงของมุมของหัวเข้าที่กระทำโดยต้นขากับขาที่เปลี่ยนแปลงไปตามพฤติกรรม ซึ่งในการพัฒนางานวิจัยได้แบ่งลักษณะพื้นฐานพฤติกรรมออกเป็น 4 ประเภทได้แก่

(1) การยืน เป็นลักษณะเฉพาะทางพฤติกรรมทางกายภาพ ทุกส่วนของร่างกายเข้าใกล้กับการตั้งฉากกับพื้นโลกจุดคล้ายกันในแต่ละประเภทการยืน ส่วนองค์ประกอบของขาจุดหมุนที่หัวเข้าจะทำมุมเพิ่มขึ้นไม่เกิน $0^{\circ} - 10^{\circ}$

(2) การเดิน เป็นลักษณะเฉพาะทางพฤติกรรมทางกายภาพ การหมุนของแต่ละองค์ประกอบของขาจุดหมุนที่หัวเข้าจะทำมุมเพิ่มขึ้นประมาณ $10^{\circ} - 80^{\circ}$ แล้วแต่ประเภทของการเดิน

(3) การนั่ง เป็นลักษณะเฉพาะทางพฤติกรรมทางกายภาพ การหมุนของแต่ละองค์ประกอบของขาจุดหมุนที่หัวเข้าจะทำมุมเพิ่มขึ้นประมาณ $90^{\circ} - 135^{\circ}$

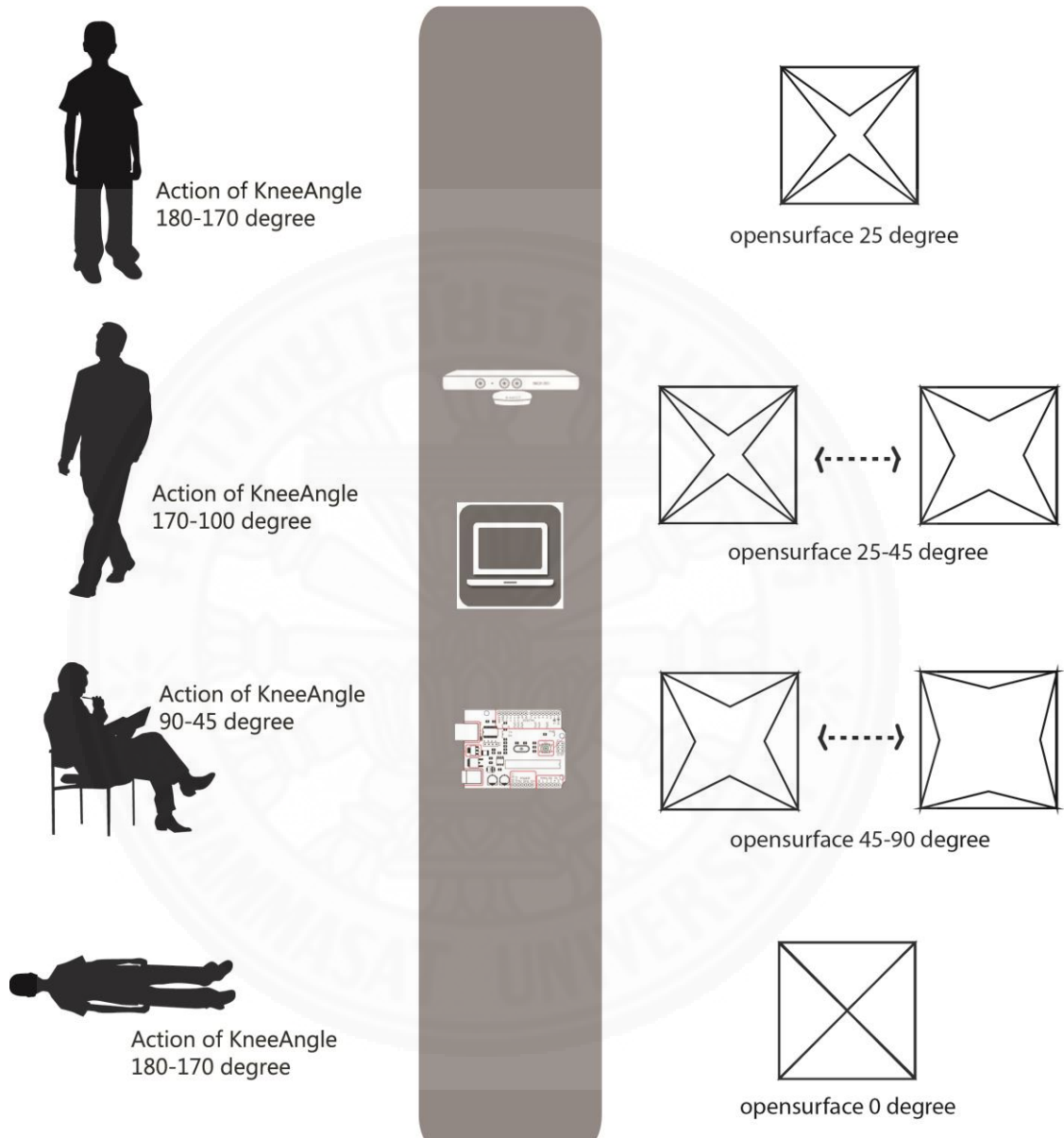
(4) การนอน เป็นลักษณะเฉพาะทางพฤติกรรมทางกายภาพ ทุกส่วนของร่างกายเข้าใกล้กับการนอนราบกับพื้นโลกแต่ละองค์ประกอบของร่างกายทำมุมไม่เกิน $0^{\circ} - 25^{\circ}$ กับแนวระนาบพื้นโลก

จากลักษณะพื้นฐานพฤติกรรมทั้ง 4 ประเภทนั้นบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ในความต้องการแสงสว่างที่แตกต่างกันไปในแต่ละการใช้งาน เช่น พฤติกรรมพื้นฐาน

การยื่นซึ่งมีความต้องการแสงสว่างไม่มากนัก และสามารถปรับความสว่างเพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละประเภทการยื่น เนื่องจากการยื่นเป็นพฤติกรรมที่กระทำด้วยระยะเวลาที่ไม่นานเพื่อที่จะกระทำพฤติกรรมต่อไปหรือพฤติกรรมผสม การใช้สายตาเพื่อที่จะมองเห็นสภาพแวดล้อมโดยรอบมีความต้องการแสงสว่างเพียงเล็กน้อย ซึ่งในพฤติกรรมพื้นฐานการเดินมีความต้องการแสงสว่างที่มากขึ้นกว่าพฤติกรรมพื้นฐานการยื่น และสามารถปรับความสว่างเพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละประเภท ค่ามาตรฐานของความส่องสว่าง IES ในทางเดินได้กำหนดไว้อยู่ในช่วงระหว่าง 50-100 lux พฤติกรรมพื้นฐานที่มีความต้องการแสงสว่างมากคือพฤติกรรมพื้นฐานการนั่ง เนื่องจากการนั่งเป็นพฤติกรรมที่มีการกระทำด้วยระยะเวลานาน จะต้องใช้สายตาและแสงสว่างในปริมาณที่มากเพียงพอ สามารถปรับความสว่างเพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละประเภทการนั่ง เช่น นั่งอ่านหนังสือค่ามาตรฐานของความส่องสว่าง IES ได้กำหนดไว้อยู่ในช่วงระหว่าง 100-300 lux หรือนั่งใช้คอมพิวเตอร์ค่ามาตรฐานของความส่องสว่าง IES ได้กำหนดไว้อยู่ในช่วงระหว่าง 300-500 lux ซึ่งต่างจากพฤติกรรมพื้นฐานการนอนที่ไม่ต้องการแสงสว่าง หรือต้องการน้อยมากค่ามาตรฐานของความส่องสว่าง IES ในห้องนอนได้กำหนดไว้อยู่ในช่วงระหว่าง 0-50 lux ดังรูปภาพที่ 2.56

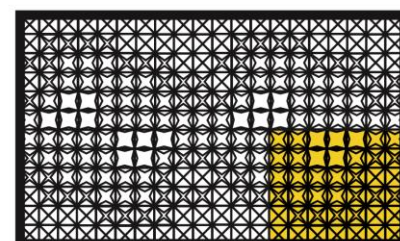
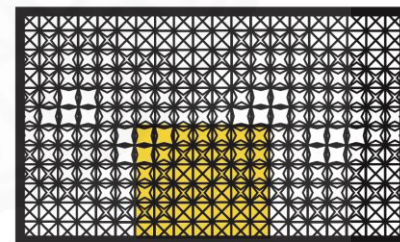
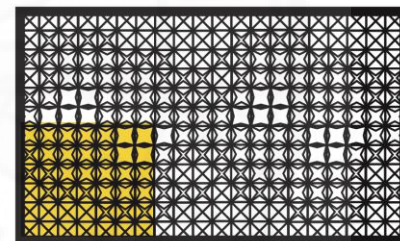
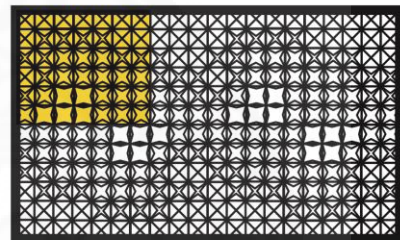
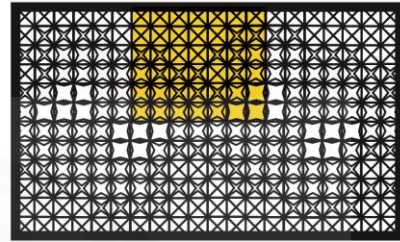
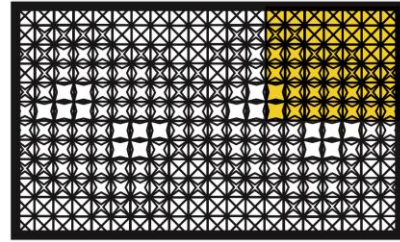
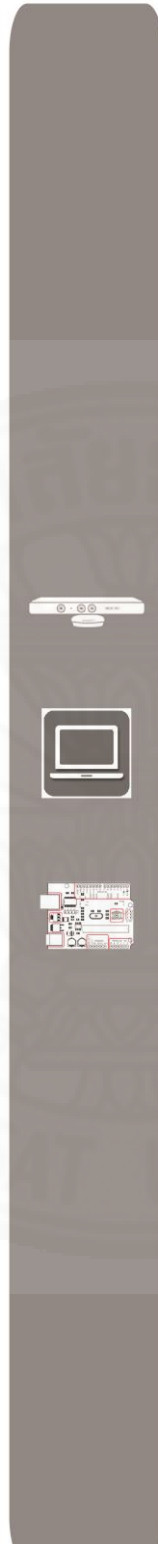
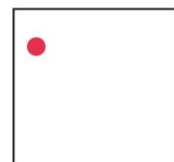
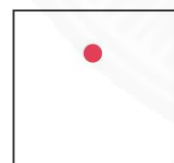
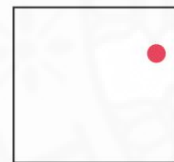
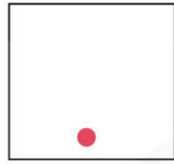
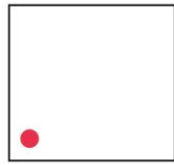
โดยการพัฒนาาระบบต้นแบบลำดับที่ 1 จะออกแบบให้มีการเปิดและปิดของแผงกันแดดอัตโนมัติจึงมีความสัมพันธ์กับความต้องการแสงสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมนั้นโดยใช้กลไกเพื่อทำให้ทั้งสองด้านสามารถเปิดและปิดพร้อมกันโดยใช้การหมุนของ Servo Motor เพียงตัวเดียว การพัฒนาระบบของแผงกันแดดอัตโนมัตินี้ยังมีความพิเศษในการควบคุมแสงสว่างในแต่ละตำแหน่งของพื้นที่ ทำงานโดยการขยายแผงกันแดดในแต่ละส่วนเข้ามาภายในอาคารจากขอบช่องเปิดไม่ว่าจะมีลักษณะแบบใดก็ช่วยกระจายแสงจากภายนอกก่อนเข้าสู่ห้อง และช่วยลดแสงบาดตาจากความจ้าเข้ามาสู่ภายในอาคารได้ดี ซึ่งในตำแหน่งอื่นที่ไม่มีผู้ใช้งานก็จะไม่ขยายตัวดังรูปภาพที่ 2.57

การประมวลผลเพื่อระบุพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่การใช้งานผ่านการรู้จำการแสดงออกจากพฤติกรรมและตำแหน่งโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ประเภทระบบกฎเกณฑ์ หรือการใช้เงื่อนไขในการสรุปผล แบบทันกาล Real Time เพื่อระบุพฤติกรรมและตำแหน่งที่เกิดในช่วงเวลาขณะนั้น และส่งไปยังส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม Serial Communication ด้วยช่องสัญญาณยูเอสบี Universal Serial Bus โดยใช้ชุดคำสั่งตอบสนองเพื่อปรับเปลี่ยนแผงกันแดดตามประเภทพฤติกรรมในแต่ละส่วนของพื้นที่ใช้งานและใช้เซนเซอร์วัดค่าแสงเพื่อเป็นการตรวจสอบผลของแสงที่ผ่านเข้ามาในแต่ละรูปแบบของระบบแผงกันแดดสอดคล้องกับค่ามาตรฐานความสว่างในแต่ละพฤติกรรม



ภาพที่ 2.56 แสดงพฤติกรรมที่ใช้ในการทำงานและรูปแบบแวงกันแดดอัตโนมัติลำดับที่ 1

plan



ภาพที่ 2.57 แสดงตำแหน่งของผู้ใช้งานและรูปแบบแผงกันแดดอัตโนมัติลำดับที่ 1

2.3.3 ผลการพัฒนาระบบลำดับที่ 1

การพัฒนาสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถปรับเปลี่ยนความสว่างแสงธรรมชาติจากพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งาน ทำให้แต่ละประเภทพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งาน กลายเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานรูปแบบใหม่ที่ผสมผสานไปกับการใช้งานสถาปัตยกรรมได้อย่างแนบเนียน และเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ ซึ่งต่างจากงานที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษา ที่ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานเป็นลักษณะทางตรงหรือผู้ใช้งานเป็นผู้ควบคุม ทำให้พื้นที่สถาปัตยกรรมสามารถตอบสนองต่อประเภทพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งานที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดจนสามารถส่งเสริมให้เกิดประสบการณ์รูปแบบใหม่ในการใช้งานพื้นที่สถาปัตยกรรม การพัฒนางานวิจัยนี้มีการประเมินผลองค์ประกอบของระบบ ต้นแบบ 3 ส่วน ประกอบด้วยทางด้านการพัฒนาตาม

1. แนวความคิดสถาปัตยกรรมตอบสนอง คอมพิวเตอร์ทุกหนทุกแห่ง และสถาปัตยกรรมจุลศาสตร์
2. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานทางการรับรู้พฤติกรรม
3. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานสำหรับการตอบสนองต่อพฤติกรรม

2.3.4 อภิปรายผลและการพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

ระบบต้นแบบสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถปรับเปลี่ยนความสว่างแสงธรรมชาติจากพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งานลำดับที่ 1 ได้พิสูจน์ความเป็นไปได้เบื้องต้นในแนวคิดดังกล่าว โดยผลการพัฒนาได้แสดงให้เห็นถึงอุปสรรค และความเป็นไปได้ของการพัฒนาในอนาคตนี้

(1) การศึกษาพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งาน

โดยผลการพัฒนาทางด้านการทำงานผสมกันของแต่ละองค์ประกอบ ได้แสดงให้เห็นว่าการศึกษาความสามารถปรับเปลี่ยนความสว่างแสงธรรมชาติจากพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งานที่เกิดขึ้นในการใช้งานจริงของพื้นที่สถาปัตยกรรมที่มีความสำคัญในการออกแบบและพัฒนาระบบ เพื่อทำให้สามารถกำหนดวิธีการในการรับรู้และตอบสนองต่อพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งานได้อย่างเหมาะสม และสามารถทำงานเชื่อมโยงกันในพื้นที่การใช้งานให้เป็นไปตามความต้องการ ความสว่างแสงธรรมชาติของผู้ใช้งานและวัตถุประสงค์ในการพัฒนางานวิจัย

(2) การออกแบบและการพัฒนาส่วนรับรู้พฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งาน

ซึ่งในปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรับรู้ทางด้านพฤติกรรมทางร่างกายอย่างต่อเนื่อง และถูกนำไปใช้ในการวิจัยและพัฒนาเป็นจำนวนมากผ่านวิธีการรับรู้ที่หลากหลายรูปแบบนอกเหนือจากการรู้จำการแสดงออกทางการเคลื่อนไหวของร่างกาย เช่น การพูด การรู้จำลักษณะใบหน้า หรือทางจิตสรีรวิทยา รวมถึงการใช้องค์ความรู้ที่นอกเหนือจากองค์ความรู้ทางสถาปัตยกรรม

(3) การออกแบบและพัฒนาส่วนแสดงผล

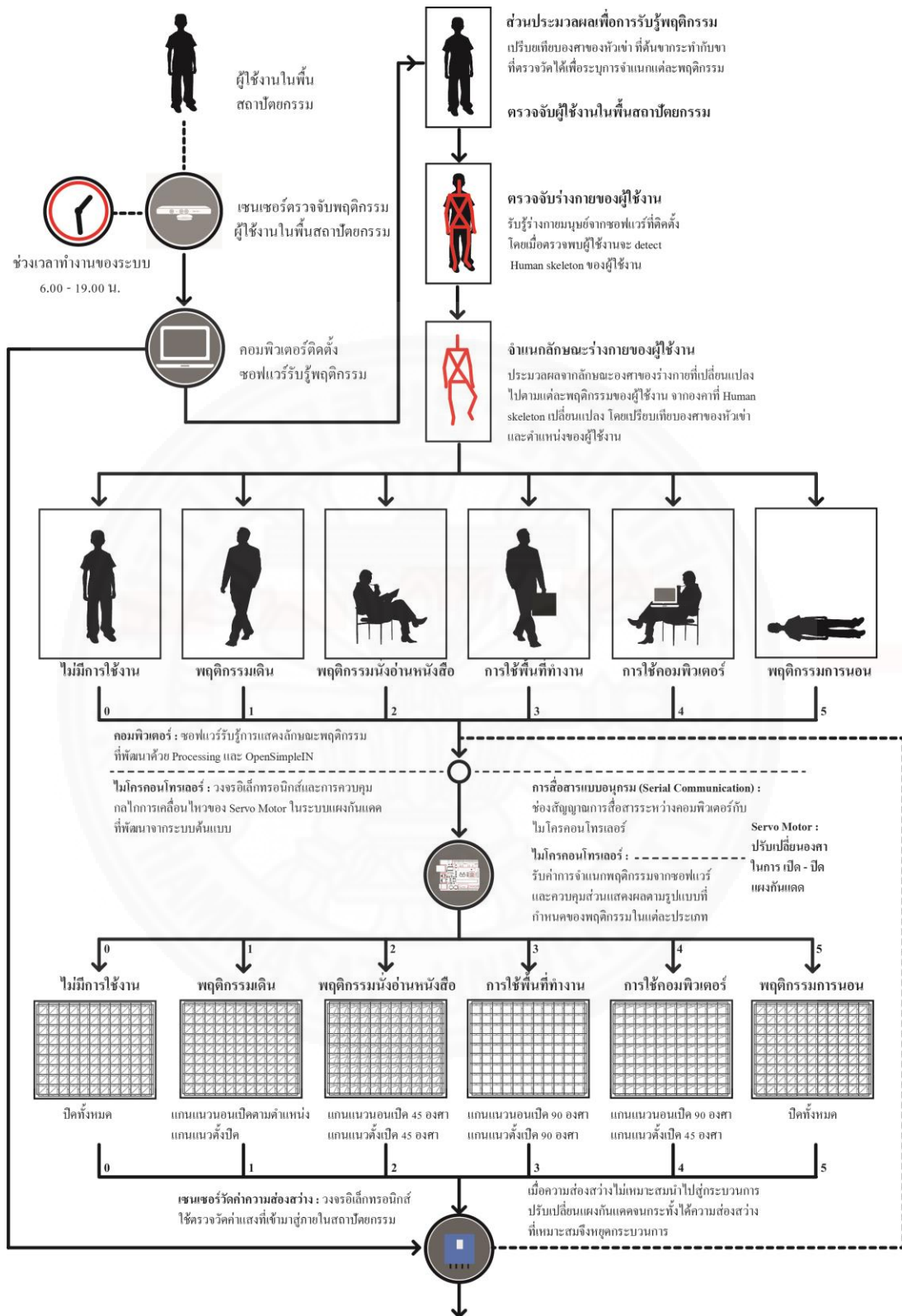
การออกแบบและพัฒนาส่วนแสดงผลเพื่อตอบสนองต่อพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับความต้องการความสว่างจากแสงธรรมชาติในการกำหนดรูปแบบการปรับเปลี่ยนแสงกันแดดอัตโนมัติที่เหมาะสมต่อความต้องการในแต่ละลักษณะเมื่อพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องทางประเภทการปรับเปลี่ยนแสงกันแดดอัตโนมัติที่เลือกใช้จากรูปทรง และแสงที่ส่องผ่านการเปิดปิดในแต่ละส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการปรับเปลี่ยน ซึ่งเกี่ยวข้องกับทฤษฎีสถาปัตยกรรมจุลศาสตร์ และช่องเปิดโดยพิจารณาเพื่อให้ระบบตอบสนองต่อความต้องการความสว่างจากแสงธรรมชาติหรือวัตถุประสงค์ที่กำหนด นอกจากนี้ส่วนแสดงผลมีความสัมพันธ์กับส่วนรับรู้พฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งาน และไม่มีผลกระทบต่อวิธีการรับรู้พฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งานที่เลือกใช้ ตลอดจนควรออกแบบให้สอดคล้องกับส่วนรับรู้พฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ใช้งาน เพื่อตอบสนองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 3

ขั้นตอนดำเนินการวิจัยและพัฒนา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิจัยประเภทวิจัยและพัฒนา (Research And Development) ซึ่งในบทที่ 2 ได้ทดลองวิจัยและพัฒนาระบบต้นแบบลำดับ 1 ผลสรุปว่ามีความเป็นไปได้ในการทำงานของระบบควบคุมแฉงกันแดดอัตโนมัติและเพื่อพิสูจน์แนวความคิดของสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถรับรู้พฤติกรรมผู้ใช้งานผ่านการพัฒนาและทดลองระบบต้นแบบลำดับ 2 ที่มีความสามารถในการรับรู้พฤติกรรมและตำแหน่งผู้ใช้งาน ตอบสนองผ่านการปรับเปลี่ยนแฉงกันแดดอัตโนมัติเพื่อได้รับความสว่างที่เหมาะสมที่มีส่วนช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการทำงาน โดยดำเนินการวิจัยและพัฒนาเป็นขั้นตอนดังนี้

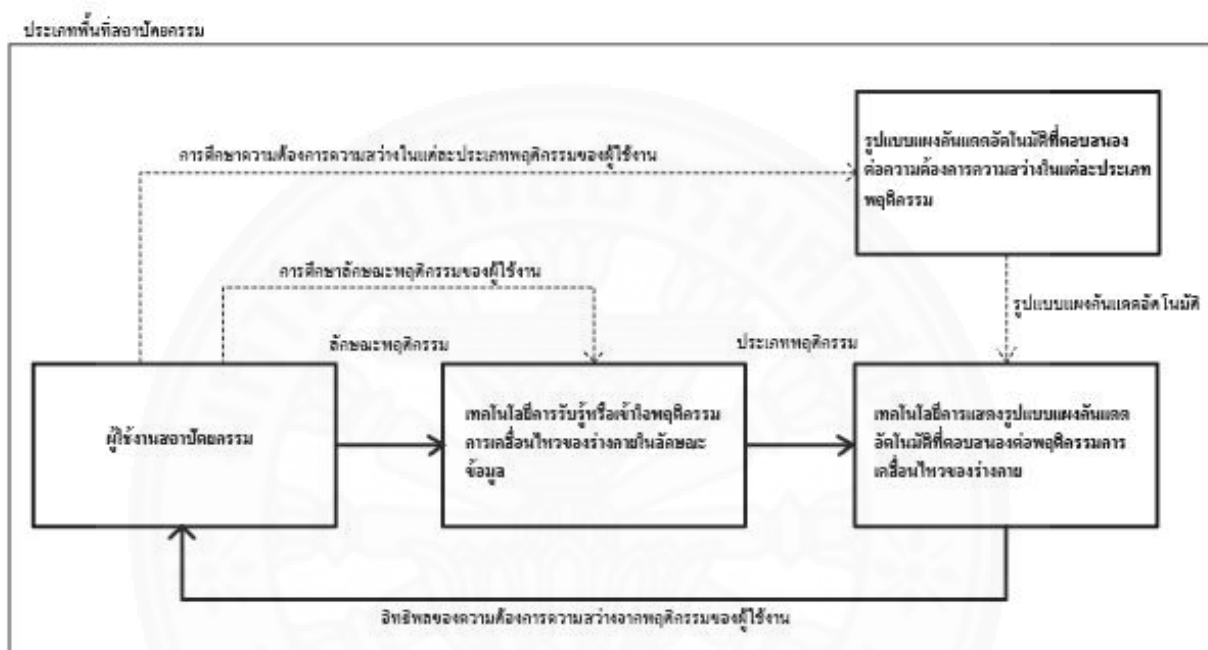
1. การศึกษาและวิเคราะห์งานวิจัยและพัฒนาสถาปัตยกรรมตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของมนุษย์ (จากบทที่ 2)
2. การวิจัยและพัฒนาระบบต้นแบบลำดับที่ 1(จากบทที่ 2.3)
3. การวิจัยและพัฒนาระบบต้นแบบลำดับที่ 2
 - 3.1 โครงสร้างในการพัฒนาระบบต้นแบบลำดับที่ 2
 - 3.2 การศึกษาและวิเคราะห์ประเภทสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม
 - 3.3 ผู้ทดสอบ
 - 3.4 พื้นที่สถานที่ส่วนบุคคลที่ใช้ในการทดลอง
 - 3.5 การพัฒนาระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่
 - 3.5.1 การออกแบบพัฒนาส่วนรับรู้ประมวลผลพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งานเพื่อควบคุมการตอบสนองส่วนแสดงผลทางกายภาพ
 - 3.5.2 การออกแบบพัฒนาส่วนแสดงผลเพื่อการตอบสนองต่อพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งาน
 - 3.6 การเก็บค่าแสงที่ส่องผ่านเข้ามาภายในพื้นที่สถาปัตยกรรม
 - 3.7 การทดลองการทำงานของระบบที่พัฒนาในพื้นที่สถาปัตยกรรม



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบต้นแบบลำดับที่ 2

3.1 โครงสร้างการพัฒนาระบบต้นแบบลำดับที่ 2

จากการศึกษาและวิเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบต้นแบบสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถรับรู้ถึงพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวทางร่างกาย โดยสรุปเป็นโครงสร้างและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาดังนี้



ภาพที่ 3.2 แสดงโครงสร้างและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในการพัฒนาระบบต้นแบบ

1. ประเภทพื้นที่สถาปัตยกรรมและผู้ใช้งานเป็นองค์ประกอบในการกำหนดทิศทางและวิธีการในการวิจัยและพัฒนาองค์ประกอบส่วนอื่นเพื่อให้เหมาะสมกับสถาปัตยกรรมและผู้ใช้งาน โดยส่วนสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาลักษณะรูปแบบพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวของร่างกายและความต้องการความสว่างที่เหมาะสมกับพฤติกรรมของผู้ใช้งานในพื้นที่สถาปัตยกรรม

2. เทคโนโลยีการรับรู้หรือเข้าใจพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวของร่างกายในลักษณะข้อมูล เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิธีการรับรู้พฤติกรรมของผู้ใช้งานด้วยการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับประเภทสถาปัตยกรรม จลนศาสตร์

3. รูปแบบแมงกานด์อัตโนมัติที่ตอบสนองต่อความต้องการความสว่างในแต่ละประเภทพฤติกรรมเป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแมงกานด์อัตโนมัติที่สามารถตอบสนองหรือปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวของร่างกายและความต้องการ

ความสว่างที่เหมาะสมกับพฤติกรรมของผู้ใช้งานในพื้นที่สถาปัตยกรรม

4. เทคโนโลยีการแสดงผลรูปแบบแสงกันแดดอัตโนมัติที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของร่างกาย เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการแสดงแสงกันแดดอัตโนมัติที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามประเภทพฤติกรรมที่ได้กำหนดในการตอบสนองต่อพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของร่างกาย

3.2 ประเภทสถาปัตยกรรมกรณีศึกษา

จากการวิเคราะห์ประเภทสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมเพื่อกำหนดเป็นกรณีศึกษาการวิจัยและพัฒนา ได้เลือกสถาปัตยกรรมประเภทพื้นที่พักอาศัย สถานที่ส่วนบุคคล (Personal Station) จากความเหมาะสมทางด้านสถาปัตยกรรมที่สอดคล้องกับกิจกรรมที่ต้องการความสว่างที่เหมาะสม โดยสถาปัตยกรรมสามารถมีบทบาทในการปรับความสว่างมากหรือน้อยเพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านพฤติกรรมการใช้งานที่เกิดขึ้น ตลอดจนในการพัฒนาระบบต้นแบบที่สามารถผสมผสานเข้ากับพื้นที่ ทั้งนี้การเลือกวิจัยและพัฒนาเฉพาะพื้นที่เป็นไปตามขอบเขตการวิจัยที่จำกัดจำนวนผู้ใช้งานเพียงคนเดียวและมีรูปแบบพฤติกรรมที่แน่นอน เพื่อลดความซับซ้อนของระบบต้นแบบทั้งส่วนรับรู้และส่วนการตอบสนองผ่านพฤติกรรมจากข้อจำกัดทางการวิจัย

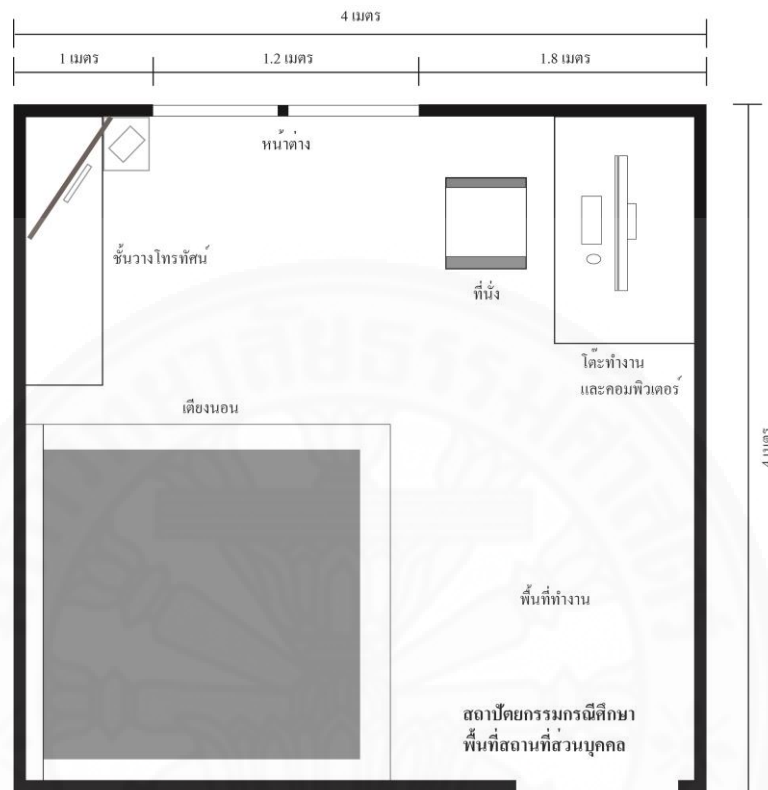
3.3 ผู้ทดสอบ

ผู้ทดสอบที่กำหนดในการวิจัยและพัฒนาระบบต้นแบบลำดับที่ 2 เป็นผู้วิจัยที่ทำการทดสอบและเป็นนักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมโดยกำหนดกิจกรรมสำหรับการศึกษาพฤติกรรมและความต้องการความส่องสว่างที่เหมาะสมในระหว่างการทำงาน ซึ่งกิจกรรมที่กล่าวในขั้นตอนนี้เป็นกิจกรรมของนักศึกษาสถาปัตยกรรมภายในสถานที่ส่วนบุคคล ที่มีพื้นที่ทำงานไว้ใช้จัดแบบจำลองพื้นที่ใช้คอมพิวเตอร์ และพื้นที่ไว้สำหรับนอน

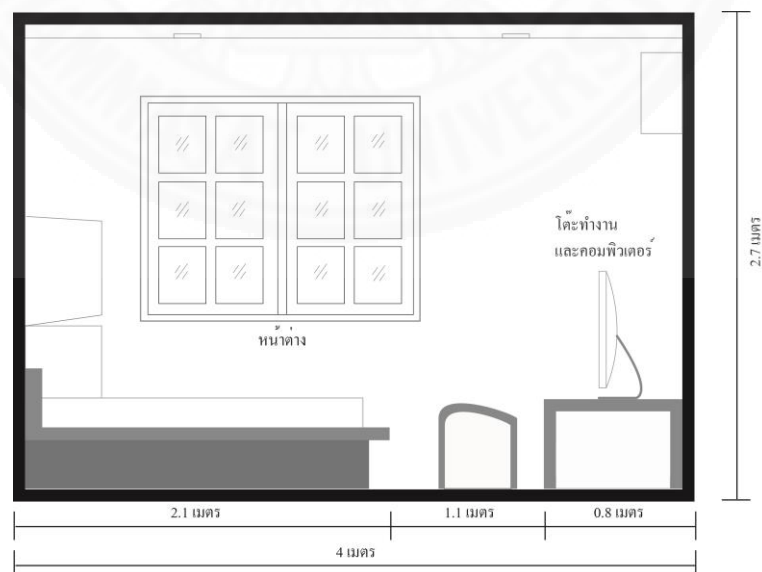
3.4 พื้นที่สถานที่ส่วนบุคคลที่ใช้ในการทดลอง

พื้นที่และบรรยากาศของสถานที่ส่วนบุคคลเป็นการพัฒนาระบบต้นแบบลำดับที่ 2 หลังจากศึกษาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 โดยพื้นที่สถาปัตยกรรมที่ออกแบบและสร้างจะผสมผสานกับองค์ประกอบของระบบต้นแบบแสงกันแดดอัตโนมัติลงบนช่องเปิดเพื่อทำให้สถาปัตยกรรมที่มีความสามารถรับรู้พฤติกรรม และเป็นพื้นที่สำหรับการทดลองการใช้งาน การศึกษา พัฒนาและการ

ประเมินผลระบบต้นแบบ นอกจากนี้เป็นขั้นตอนกำหนดรูปแบบสภาพแวดล้อมในการตอบสนองต่อพฤติกรรมเพื่อได้รับแสงสว่างที่เหมาะสม



ภาพที่ 3.3 แสดงแผนผังพื้นที่สถานที่ส่วนบุคคลก่อนทำการติดตั้งระบบ



ภาพที่ 3.4 แสดงรูปตัดพื้นที่สถานที่ส่วนบุคคลก่อนทำการติดตั้งระบบ

พื้นที่สถาปัตยกรรมของระบบต้นแบบลำดับที่ 2 กรณีศึกษาสถานที่ส่วนบุคคลโดยพื้นที่ ออกแบบมีขนาดความยาว 4 เมตร กว้าง 4 เมตร สร้างขึ้นในท้องนอนของผู้ทำวิจัยซึ่งมีองค์ประกอบ เหมาะสมที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนา คือ ทิศที่ตั้งของแผงกันแดดอัตโนมัติอยู่ทางทิศเหนือทำให้แสง จากภายนอกส่องเข้าสู่ภายในสถานที่ทดลองทั้งช่วงเช้าถึงช่วงเย็น สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือขนาด พื้นที่ของท้องนอนเหมาะสมกับการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว และพื้นที่การใช้งานที่ มีพื้นที่ทำงาน พื้นที่ใช้คอมพิวเตอร์และพื้นที่นอน โดยองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมของพื้นที่ สถานที่ส่วนบุคคล มี 5 องค์ประกอบรายละเอียดดังนี้

3.4.1 ผนัง

ผนังของพื้นที่ประกอบด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูนทาสีครีมขาวทั้ง 4 ด้าน ความยาว และความกว้างด้านละ 4 เมตรโดยผนังที่ติดกับทางด้านทิศเหนือจะมีช่องเปิดที่ติดด้วยระบบต้นแบบ แผงกันแดดอัตโนมัติขนาดความกว้าง 1 เมตร และความยาว 1.2 เมตร พร้อมขาตั้ง ส่วนผนังทางทิศ ใต้จะมีประตูขนาดความกว้าง 0.8 เมตรและความสูง 2.1 เมตร วัสดุของระบบต้นแบบแผงกันแดด อัตโนมัติทำด้วยทางด้านกว้างขาเกล็ด 9 เกล็ด และด้านยาว 11 เกล็ด ความยาวของแต่ละเกล็ด 0.1 เมตร พาดอลูมิเนียมเป็นตัวเชื่อมระหว่างเกล็ดล่างและเกล็ดบนโดยจะยึดไว้ปลายขาของแต่ละเกล็ด ส่วนเกล็ดซ้ายและเกล็ดขวาจะยึดไว้ด้านบนของแต่ละเกล็ด และติดอิลิกีสิตำที่ลักษณะสามเหลี่ยม ยึดด้วยน็อต พร้อมติดตั้ง Servo Motor 2 ตัวในแนวตั้ง 1 ตัวในแนวนอน และ ติดตั้งสายสัญญาณ Arduino Microcontroller Board อุปกรณ์ตรวจจับพฤติกรรมกรรมการเคลื่อนไหว Kinect Sensor คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผล

3.4.2 พื้น

พื้นเป็นพื้นไม้ขัดมันซึ่งมีการสะท้อนแสงค่อนข้างน้อย

3.4.3 ฝ้าเพดาน

ฝ้าเพดานของพื้นที่ทำด้วยแผ่นยิปซัมทาสีครีมขาว สูงจากพื้น 2.7 เมตร

3.4.4 งานระบบประกอบไปด้วย

- (1) ระบบแสงสว่างภายในพื้นที่มีการติดตั้งหลอดตะเกียบ 4 จุดและโคมไฟ 1 จุด
- (2) ระบบปรับอากาศภายในพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแขวน ขนาด 13,000 บีทียูต่อชั่วโมง อยู่สูงจากพื้น 2.3 เมตร ด้านบนผนัง

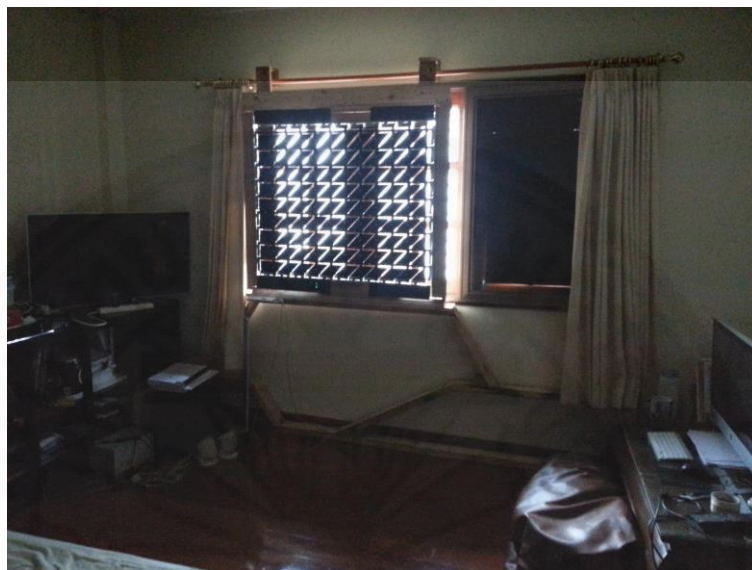
3.4.5 เฟอร์นิเจอร์ ประกอบด้วย

- (1) เตียงนอน ขนาดความกว้าง 2 เมตร ความยาว 2.1 เมตรและ สูง 0.45 เมตร ตั้งติดกับผนังทางทิศใต้และทิศตะวันตกทั้งสองด้าน

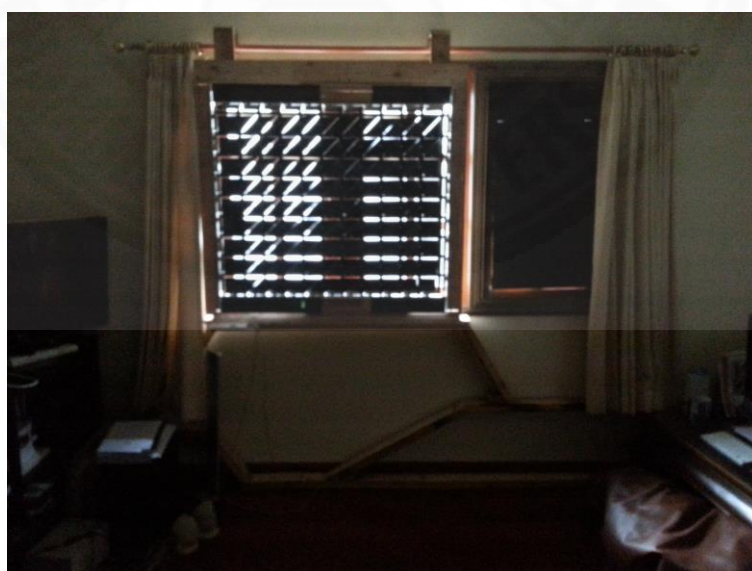
(2) โต๊ะทำงาน ขนาดความกว้าง 0.8 เมตร ความยาว 1.6 เมตรและ สูง 0.45 เมตรตั้งติดกับผนังทางทิศเหนือและทิศตะวันออกทั้งสองด้าน

(3) ที่นั่งทำงาน

(4) ชั้นวางโทรทัศน์ ขนาดความกว้าง 0.6 เมตร ความยาว 1.75 เมตรและ สูง 0.8 เมตรตั้งติดกับผนังทางทิศเหนือและทิศตะวันตก



ภาพที่ 3.5 มุมมองจากประตูสถานที่ส่วนบุคคล หมายเหตุ. จากการถ่ายภาพเมื่อ วันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2557



ภาพที่ 3.6 มุมมองจากบนเตียงนอนของสถานที่ส่วนบุคคล หมายเหตุ. จากการถ่ายภาพเมื่อ วันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2557



ภาพที่ 3.7 มุมมองจากพื้นที่ทำงานของสถานที่ส่วนบุคคล หมายเหตุ. จากการถ่ายภาพ เมื่อ วันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2557

3.5 การพัฒนาระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่

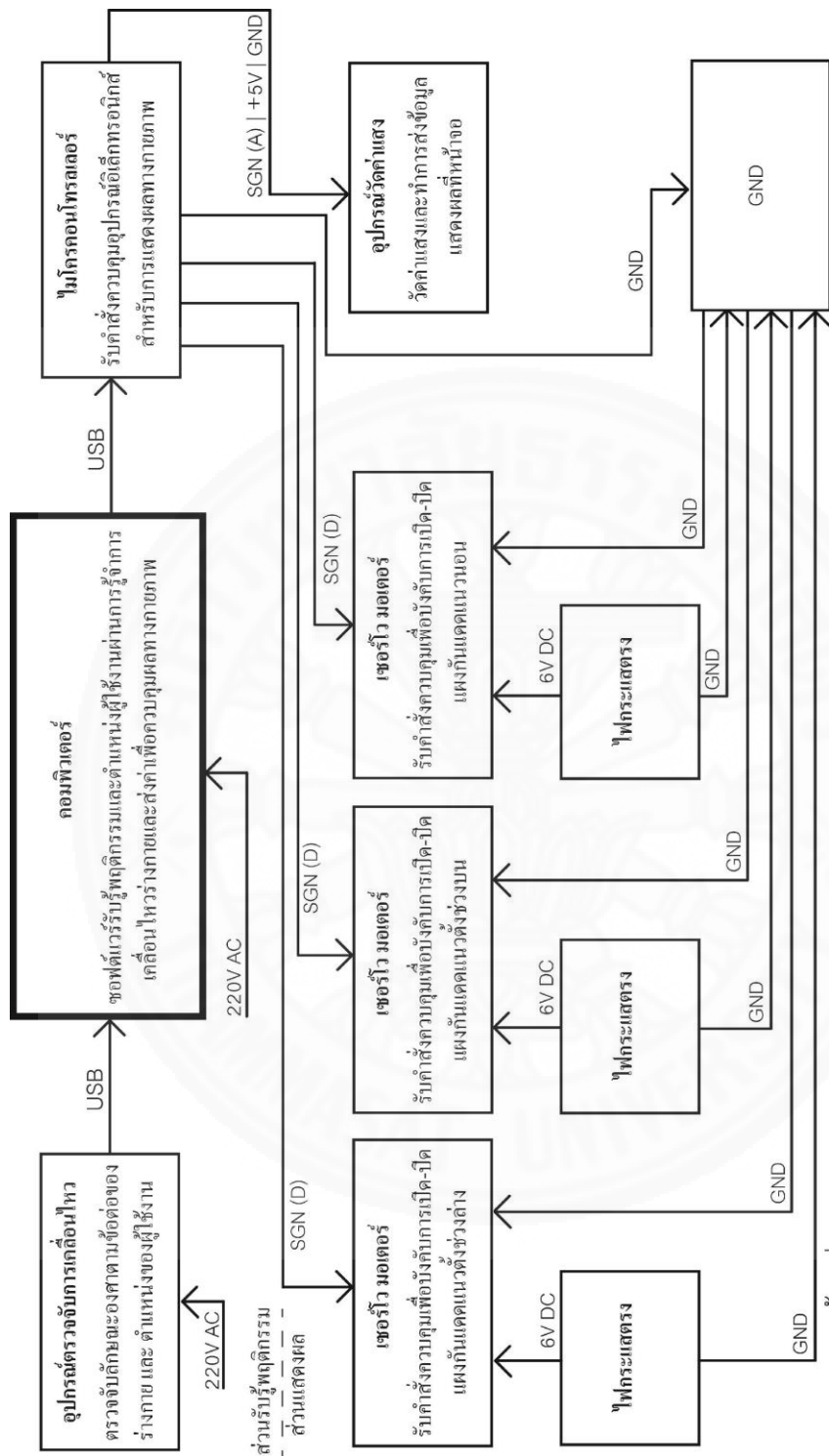
จากการวิเคราะห์ ศึกษา และสรุปวิธีการหรือทิศทางในการพัฒนาแต่ละองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องจากโครงสร้างในการพัฒนา นำไปสู่การพัฒนาระบบควบคุมแสงธรรมชาติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ เพื่อพิสูจน์แนวความคิดของสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถทางพฤติกรรม ต่อเนื่องถึงการทดลองเพื่อประเมินผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและพัฒนา โดยส่วนสำคัญของระบบแบ่งเป็น 2 ส่วนประกอบด้วย

3.5.1 ส่วนรับรู้และประมวลผลพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งานผ่านการรับรู้การ

เคลื่อนไหวร่างกายเพื่อควบคุมการตอบสนองส่วนแสดงผลทางกายภาพ

3.5.2 ส่วนแสดงผลทางกายภาพที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมและตำแหน่งผู้ใช้งาน

องค์ประกอบหลักของระบบทั้ง 2 ส่วน เป็นการพัฒนาที่ใช้การบูรณาการทางซอฟต์แวร์ คอมพิวเตอร์ มอเตอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เพื่อให้แต่ละองค์ประกอบสามารถทำงานได้และทำให้สถาปัตยกรรมมีความสามารถรับรู้พฤติกรรมดังภาพที่ 3.7 แสดงการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของต้นแบบลำดับที่ 2



ความหมายของอักษรย่อ
 SGN สายสัญญาณต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (A = สัญญาณอะนาล็อก , D = สัญญาณดิจิทัล)
 +5V สายไฟเชื่อมต่อกับความต่างศักย์ 5 โวลต์ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์
 GND สายไฟเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์
 220V ความต่างศักย์ไฟฟ้าของสายไฟ (โวลต์)
 USB สายสัญญาณต่อมัลติมีเดีย
 DC สายไฟกระแสตรง

ภาพที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของระบบต้นแบบฉบับที่ 2 หมายเหตุ : จัดทำโดยผู้วิจัย

3.5.1 การออกแบบพัฒนาส่วนรับรู้ประมวลผลพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งาน เพื่อควบคุมการตอบสนองส่วนแสดงผลทางกายภาพ

การพัฒนาส่วนรับรู้และประมวลผลพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งานผ่านการรู้จำการเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อควบคุมการตอบสนองส่วนแสดงผลทางกายภาพ เป็นการต่อยอดพัฒนาระบบต้นแบบทางด้านซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ เช่น เซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสร้างความสามารถในการรับรู้ข้อมูลทางพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งาน ประมวลผลรูปแบบพฤติกรรมเพื่อระบุรูปแบบการเปิดปิดแผงกันแดดอัตโนมัติในส่วนแสดงผล โดยซอฟต์แวร์พัฒนาขึ้นด้วย Processing 1.5.1 สำหรับระบบปฏิบัติการ Mac OS X พร้อมชุดคำสั่ง SimpleOpenIN สำหรับการประมวลผลภาพจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor



ภาพที่ 3.9 แสดงซอฟต์แวร์ส่วนรับรู้พฤติกรรม

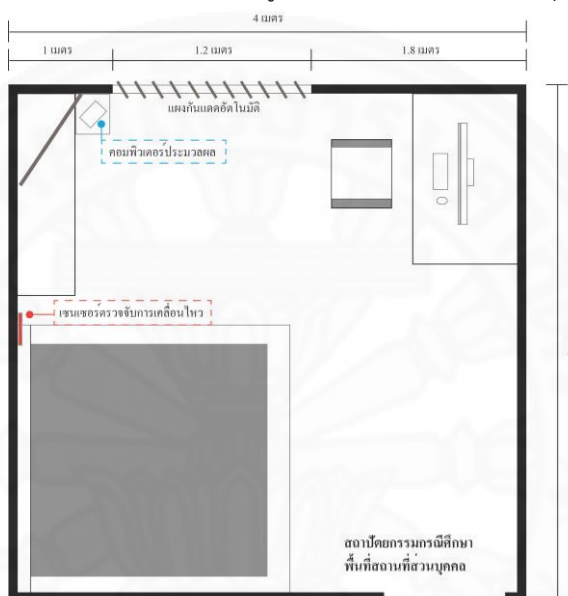
3.5.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนา

การพัฒนาและการทำงานของระบบต้นแบบส่วนซอฟต์แวร์ควบคุมการตอบสนองโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นตัวจับพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งานแล้วส่งข้อมูลให้กับซอฟต์แวร์ต้นแบบที่ติดตั้งบนคอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผล

(1) คอมพิวเตอร์ MacBook Pro หน่วยประมวลผลกลาง Intel Core i5 2.4 GHz หน่วยความจำ 4 GB 1067 MHz DDR3 SDRAM ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Mac OS X 10.7.0 และซอฟต์แวร์ SimpleopenIN ใน Processing Library ที่มีฐานข้อมูลรับรู้ Human Skeleton เพื่อสำหรับให้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor ทำงานรับค่าพฤติกรรมประมวลผล

และส่งค่าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อบังคับให้ Servo Motor ทำการควบคุมการหมุนปรับเปลี่ยน แฉงกันแดดอัตโนมัติเพื่อตอบสนองต่อความสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรม

(2) อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor รุ่น Xbox 360 ที่มี ฐานข้อมูลรับรู้ Human Skelton เพื่อตรวจจับและจำแนกองค์ประกอบทางร่างกายส่วนต่างๆ ในการ วิจัยนี้ได้มุ่งหมายประเด็นส่วนตำแหน่งขององศาของหัวเข่าที่ต้นขา กับขา และระยะห่างระหว่าง อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor กับตำแหน่งของผู้ใช้งาน ที่เป็นการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมที่เห็นได้อย่างชัดเจน ติดตั้งบนชั้นวางสูงจากพื้น 2.30 เมตร ทำมุม 45°



ภาพที่ 3.10 แสดงตำแหน่งคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

3.5.1.2 การประมวลผลรูปแบบพฤติกรรมและการควบคุมการแสดงผล

ขั้นตอนการประมวลผลของซอฟต์แวร์ส่วนรับรู้การเคลื่อนไหวของร่างกาย เป็นการประมวลผลที่มีหน้าที่หลักในการจำแนกประเภทพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งานในแต่ละ พื้นที่ เพื่อการควบคุมแฉงกันแดดที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมของผู้ใช้งาน โดยการประมวลผลมี องค์ประกอบสำคัญดังนี้

(1) เงื่อนไขการประมวลผลรูปแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายเพื่อการ ระบุประเภทพฤติกรรม

ในขั้นตอนการประมวลผลของซอฟต์แวร์เพื่อระบุประเภทพฤติกรรมของ ผู้ใช้งาน โดยใช้การประมวลผลข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนด เมื่อระบบรับรู้รูปแบบพฤติกรรมตามกฎ เงื่อนไขที่กำหนดขึ้น ก็จะควบคุมให้แฉงกันแดดมีการตอบสนองในรูปแบบที่ได้กำหนดให้สอดคล้อง กับประเภทพฤติกรรมนั้น

รูปแบบพฤติกรรมได้กำหนดไว้เพื่อการประมวลผล เกิดขึ้นจากการศึกษาผลของการทดลองระบบต้นแบบลำดับที่ 1 และได้มีการพัฒนารูปแบบปรับปรุงและได้แบ่งการควบคุมแผงกันแดดให้มีการตอบสนองเป็น 2 แนวแกน เพื่อความชัดเจนในการแสดงผลและคุณภาพของแสงสว่างที่เหมาะสมที่ส่องผ่านเข้าสู่สถานที่ปฏิบัติงาน คือ

1. แกนแนวตั้งทุกแกนของแผงกันแดดจะรับการประมวลผลจากพฤติกรรมการบิน การนั่ง และการนอน
2. แกนแนวนอนทุกแกนของแผงกันแดดจะรับการประมวลผลจากตำแหน่งของผู้ใช้งานหรือพฤติกรรมการเดินทาง

(2) เงื่อนไขการปรับเปลี่ยนรูปแบบแผงกันแดด

เงื่อนไขการปรับเปลี่ยนรูปแบบแผงกันแดด เป็นการประมวลผลที่ทำงานผสมผสานไปกับการประมวลผลรูปแบบพฤติกรรม ในการที่ได้รับความสว่างที่เหมาะสมกับพฤติกรรมและสอดคล้องกับสถานะการใช้งานพื้นที่ เพื่อประสิทธิภาพในการทำงานหรือการพักผ่อนอย่างเหมาะสมกับคุณภาพแสงสว่างที่ได้รับ

(3) ระยะเวลาในการแสดงผล

ระยะเวลาในการแสดงผลขึ้นอยู่กับการใช้ระยะเวลาของแต่ละพฤติกรรม หลักการสำคัญของการกำหนดเงื่อนไขในการปรับเปลี่ยนรูปแบบของแผงกันแดด เมื่อระบบอยู่ในสถานะที่มีผู้ใช้งาน และได้เปลี่ยนพฤติกรรมหนึ่งไปสู่อีกพฤติกรรมที่สอง จะประมวลผลการแสดงผลของพฤติกรรมก่อนหน้านั้นและเปลี่ยนการแสดงผลไปตามพฤติกรรมที่กำลังกระทำอยู่ขณะปัจจุบัน และในกรณีปรากฏไม่มีผู้ใช้งานในพื้นที่ระบบก็จะปรับเปลี่ยนเป็นรูปแบบสำหรับไม่มีผู้ใช้งาน ช่วงเวลาที่แผงกันแดดทำงานจะขึ้นกับเวลาที่มีแสงธรรมชาติ 6.00 – 19.00 น.

3.5.2 การออกแบบและพัฒนาส่วนแสดงผลเพื่อการตอบสนองต่อพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งาน

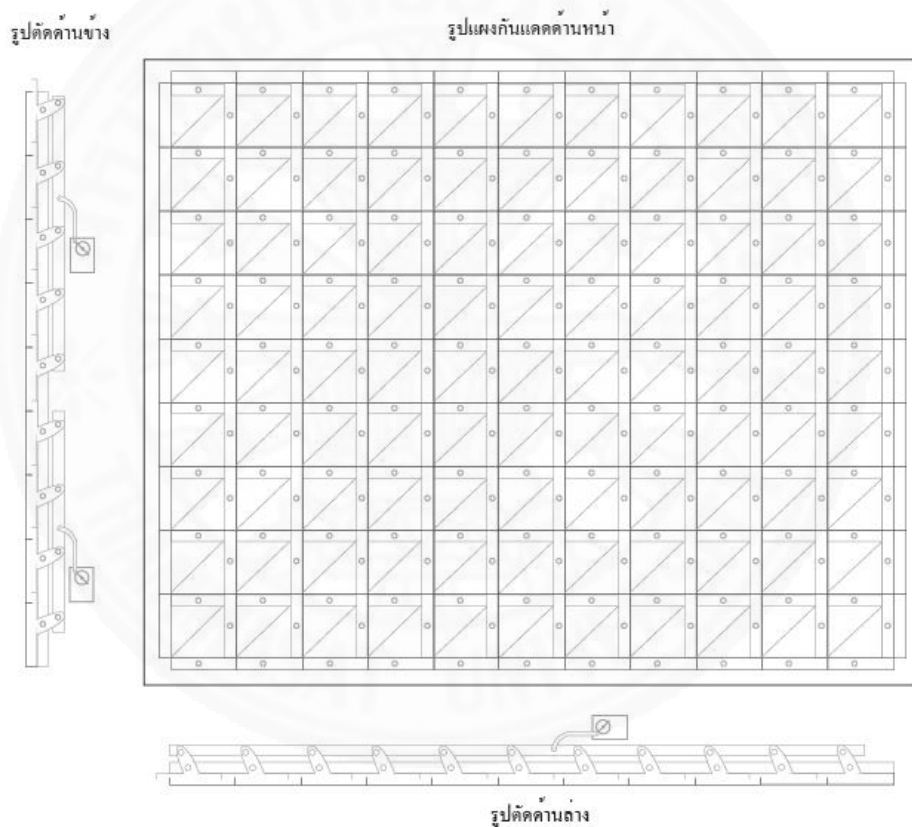
การพัฒนาส่วนแสดงผลที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งาน เป็นการพัฒนาต้นแบบของแผงกันแดด ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้สามารถรับคำสั่งและปรับเปลี่ยนแผงกันแดดไปตามพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งาน ทั้งนี้ส่วนตอบสนองไม่มีหน้าที่ในการประมวลผลเพื่อเลือกรูปแบบของแผงกันแดดหรือระยะเวลาในการตอบสนอง

3.5.2.1 การพัฒนาออกแบบแผงกันแดดอัตโนมัติ

การพัฒนาออกแบบแผงกันแดดอัตโนมัติ เป็นส่วนแสดงผลที่นางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทัศนศึกษาและทฤษฎีเกี่ยวกับการให้แสงธรรมชาติ ตำแหน่งของช่องเปิดของแผงกันแดดที่มี

ประสิทธิภาพนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในรูปแบบผสมผสานช่วงกลางกับช่วงบน ความสูงและความกว้างของช่องเปิดจะเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อความลึกและปริมาณในการส่องสว่างของแสงที่ผ่านเข้ามาสู่ภายใน การสะท้อนจากการเปลี่ยนรูปแบบของแผงกันแดดของช่องเปิดแบบต่างๆเพื่อช่วยลดความจ้า แสงบาดตา รังสีโดยตรงจากแสงอาทิตย์และช่วยสะท้อนแสงขึ้นบนฝ้าเพดานเพื่อกระจายแสงให้เกิดความสม่ำเสมอ (Lechner, 2001, p. 377)

จากกรณีศึกษาการเปิด-ปิดพื้นผิวในแกนแนวนอนของ The Nordic Embassies at Berlin, 1999 และในแกนแนวตั้ง Malvern Hills Science Park, UK designed by Rubicon Design, 2008 (จากบทที่ 2.2) ได้นำมาพัฒนาต่อในงานวิจัยซึ่งสามารถเปิด-ปิดทั้ง 2 แกน



ภาพที่ 3.11 ภาพแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติ

เกณฑ์ในการออกแบบระบบแผงกันแดดนั้นมีที่มาจากกรณีศึกษา ทฤษฎีสถาปัตยกรรมจลนศาสตร์ที่ช่วยในการรับรู้ข้อดีข้อเสียในการออกแบบในงานต่างๆ ประกอบกับทฤษฎีช่องเปิดแสงภายในอาคาร และข้อจำกัดของวัสดุขาบานเกล็ดที่นำมาใช้ติดตั้งให้เปิดและปิดได้ทั้งสองแนวแกนที่มีส่วนช่วยในการตัดสินใจการออกแบบแผงกันแดดนี้จึงได้แผ่นกันแดดรูปแบบเรขาคณิตทรงสามเหลี่ยมซึ่งเกิดจากกรณีศึกษา ข้อจำกัดของวัสดุ รูปแบบการติดตั้งทั้งสองแกน และการ

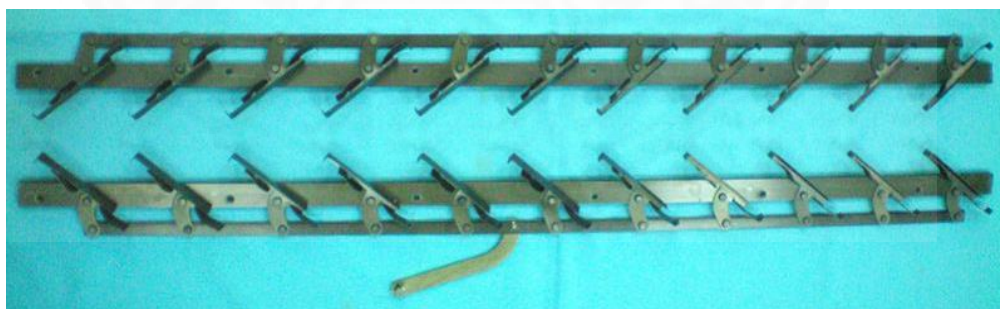
กำหนดให้สามารถเปิดและปิดได้ทั้งสองแกนโดยควบคุมจากพฤติกรรมการใช้งาน ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างต้นแบบที่มีความสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างราบรื่น และในแต่ละส่วนสามารถปรับขนาดแสงที่เข้าสู่ภายในอาคารจากตำแหน่งและพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้งาน การเคลื่อนไหวจากการเปิดหรือปิดบางส่วนของแผงกันแดดนำแสงที่ส่องผ่านเข้ามาภายในพื้นที่ตามพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งานจากทฤษฎีของช่องเปิด

(1) การพัฒนาวัสดุที่ใช้ในการออกแบบแผงกันแดดอัตโนมัติ

การพัฒนาวัสดุที่ใช้ในการออกแบบแผงกันแดดอัตโนมัติ มีความสำคัญต่อการพัฒนาส่วนแสดงผลเนื่องจากแผงกันแดดมีขนาดที่เท่ากับขนาดช่องเปิดจริง ปัญหาเรื่องโครงสร้าง ความแข็งแรงของวัสดุ การปรับเปลี่ยนรูปแบบ และน้ำหนัก ซึ่งมีผลในการแสดงผลให้มีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้จึงมีการทดลองใช้วัสดุในการพัฒนาแผงกันแดดและบันทึกผลข้อดีและข้อเสียปรับเปลี่ยนจนออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ

1. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติ ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน

1) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติส่วนโครงสร้างของแผงกันแดดอัตโนมัติ เนื่องจากแผงกันแดดมีขนาดที่เท่ากับช่องเปิดจริงจึงต้องการความแข็งแรง การยึดหยุ่นในการเปลี่ยนรูปแบบ และน้ำหนักเบา ซึ่งได้ไปศึกษาสิ่งประดิษฐ์ที่นำมาใช้ปิดช่องเปิดทั่วไปในสถาปัตยกรรมจนได้มาเป็นขาเกล็ดของบานเกล็ด ซึ่งทำมาจากอลูมิเนียม มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ หาซื้อง่ายและราคาถูก เหมาะสมกับการนำมาพัฒนาต่อเป็นส่วนโครงสร้างของแผงกันแดดอัตโนมัติ เพราะกลไกของขาเกล็ดมีวิธีการควบคุมการเปิดและปิดพร้อมกันหรือจะแบ่งเป็นช่วงก็ได้ และทุกยี่ห้อที่มีขนาดมาตรฐานของช่องเกล็ดเท่ากันจึงสามารถเลือกใช้ยี่ห้อไหนก็ได้



ภาพที่ 3.12 แสดงขาบานเกล็ดที่นำมาใช้ในการพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติ สืบค้นจาก : http://www.shinystargroup.com/upload/product/643_1340940689.jpg

บานเกล็ดโดยปกติจะยึดขาเกล็ดไว้กรอบขวาและกรอบซ้ายของโครงไม้ช่องเปิดแล้วใส่แผ่นกระจกไปตามช่องเกล็ดซึ่งในการเปิด-ปิดไม่ว่าจะเป็นระบบดึงหรือติดอุปกรณ์ลอกหมุนบานเกล็ดก็จะทำการเปิดในรูปแบบขึ้นและทำการปิดด้วยรูปแบบลง ผู้วิจัยจึงทดลองวิจัยและพัฒนาทำการทดลองติดบานเกล็ดเพิ่มในกรอบบนและกรอบล่างของโครงไม้ช่องเปิด

เพื่อเพิ่มมิติรูปแบบในการแสดงผลที่ใช้ในการพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติซึ่งมีทั้งการควบคุมจากพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งาน จากการพัฒนาในครั้งนี้ยังได้พบอีกว่าถ้าเพิ่มขาเกล็ดหรือทำการแยกการควบคุมเกล็ดออกจากกันสามารถทำให้เพิ่มมิติรูปแบบขึ้น จึงนำมาพัฒนาในงานวิจัยโดยได้แบ่งเกล็ดในแกนแนวตั้งเป็นสองชุดที่ใช้ในการควบคุมจากพฤติกรรมของผู้ใช้งานโดยที่เกล็ดแกนแนวตั้งชุดบนจะทำหน้าที่เป็นช่องเปิดช่วงบนและแกนแนวตั้งชุดล่างจะทำหน้าที่เป็นช่องเปิดช่วงกลาง นำเป็นสู่รูปแบบผสมผสานในทฤษฎีตำแหน่งของช่องเปิด (Majoros, 1998, p. 38) และช่วยสะท้อนแสงขึ้นบนฝ้าเพดานเพื่อกระจายแสงให้เกิดความสม่ำเสมอ (Lechner, 2001, p. 377) ส่วนในเกล็ดแกนแนวนอนจะควบคุมโดยตำแหน่งของผู้ใช้งานซึ่งการเปิด-ปิดความสูงและความกว้างของช่องเปิดจะเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อความลึกและปริมาณในการส่องสว่างของแสงที่ผ่านเข้ามาสู่ภายใน การสะท้อนจากการเปลี่ยนรูปแบบของแผงกันแดดของช่องเปิดแบบต่างๆเพื่อช่วยลดความจ้า แสงบาดตา รังสี (Egan and Olgyay, 2002, p. 112, 319)



ภาพที่ 3.13 แสดงโครงสร้างที่ใช้เหล็กเป็นตัวโครงของแผงกันแดดอัตโนมัติ หมายเหตุ. จากการถ่ายภาพเมื่อ วันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2557

โดยบานเกล็ดปกติตัวกระจกจะใส่เต็มพื้นที่ของช่องเกล็ดแต่ละอัน ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงเชื่อมระหว่างเกล็ดและทำหน้าที่กันแดดไปพร้อมกันแต่เมื่อได้เพิ่มเกล็ดในคนและแนวแกนจะทำให้ใส่โครงเชื่อมระหว่างเกล็ดซ้ายกับเกล็ดขวา หรือเกล็ดบนกับเกล็ดล่างเติมช่องเกล็ด

แต่อันไม่ได้ซึ่งจะทำให้ขัดกันเปิด-ปิดไม่ได้ จึงได้คิดวิธีลดขนาดโครงเชื่อมระหว่างเกล็ดและการติดโครงเชื่อมเกล็ดที่ต่างระยะกันของแกน การวิจัยและทดลองนี้ทำให้ระบบสามารถทำงานได้ในการติดเกล็ดในระนาบเดียวกันแต่คนละแกน



ภาพที่ 3.14 แสดงโครงสร้างที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นตัวโครงของแผงกันแดดอัตโนมัติ หมายเหตุ. จากการถ่าย ภาพเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557

การลดขนาดโครงเชื่อมระหว่างเกล็ด ทำให้ระบบสามารถทำงานได้ นั้นโครงเชื่อมจะต้องมีความแข็งแรงเมื่อทำการขยับเกล็ดด้านใดด้านหนึ่งก็จะปรับเปลี่ยนตาม น้ำหนักเบาเพราะถ้าน้ำหนักมากจะทำให้ใช้แรงในการปรับเปลี่ยนมาก การเลือกวัสดุที่นำมาใช้จึงมีความสำคัญต่อระบบการเคลื่อนไหวของแผงกันแดดอัตโนมัตินี้ ในการทดลองลดขนาดโครงเชื่อมระหว่างเกล็ดครั้งแรก ได้ใช้วัสดุเป็นแผ่นเหล็กแบนขาว-สัมนหนา 1.2 มิลลิเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร ซึ่งได้ผลปรากฏว่าโครงเชื่อมมีความแข็งแรง แต่เมื่อใส่โครงเชื่อมครบทุกเกล็ดทำให้มีน้ำหนักมากการปรับเปลี่ยนจะต้องใช้แรงมากดังภาพที่ 3.13 จึงเริ่มทดลองครั้งที่สอง ได้เปลี่ยนวัสดุเป็นแผ่น อลูมิเนียมหนา 3 มิลลิเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร ซึ่งได้ผลปรากฏว่าโครงเชื่อมมีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา แต่เมื่อมีการปรับเปลี่ยนแผ่นอลูมิเนียมมีความให้ตัวและยืดหยุ่นสูงทำให้การปรับเปลี่ยนเกิดความไม่สมบูรณ์ดังภาพที่ 3.14



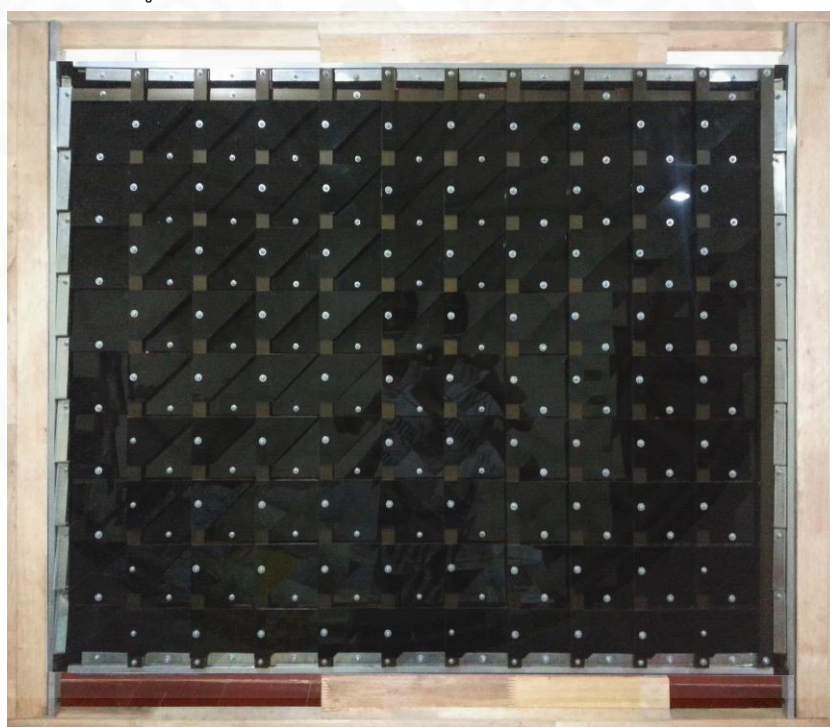
ภาพที่ 3.15 แสดงโครงสร้างที่ใช้เส้นอลูมิเนียมเป็นตัวโครงของแผงกันแดดอัตโนมัติ หมายเหตุ. จากการถ่ายภาพเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2557



ภาพที่ 3.16 แสดงรูปแบบในการติดตั้งพื้นผิวของแผงกันแดดอัตโนมัติ หมายเหตุ. จากการถ่ายภาพเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2557

ในทดลองการลดขนาดโครงเชื่อมครั้งที่สาม ได้ใช้วัสดุเป็นอลูมิเนียมรูปตัดตัวซีหนา 5 มิลลิเมตร กว้าง 1.8 เซนติเมตร ที่มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา ซึ่งได้ผลปรากฏว่าโครงเชื่อมมีความแข็งแรงและน้ำหนักเบาสามารถปรับเปลี่ยนได้สมบูรณ์และง่าย ผลสรุปในการทดลองจึงได้วัสดุเป็นอลูมิเนียมรูปตัดตัวซีมาเป็นโครงเชื่อมระหว่างเกล็ดดังภาพที่ 3.15

วัสดุของระบบต้นแบบแผงกันแดดอัตโนมัติทำด้วยทางแนวตั้งติดตั้งขาเกล็ด 9 เกล็ด และในแนวนอนติดตั้งขาเกล็ด 11 เกล็ด ความยาวของแต่ละเกล็ด 0.1 เมตร การติดโครงเชื่อมเกล็ดที่ต่างระยะกันของแกน พาดอลูมิเนียมเป็นตัวเชื่อมระหว่างเกล็ดล่างและเกล็ดบนโดยจะยึดไว้ปลายขวาของแต่ละเกล็ด ส่วนเกล็ดซ้ายและเกล็ดขวาจะยึดไว้ด้านบนของแต่ละเกล็ด จะทำให้ระบบทำงานได้โดยการเปิด-ปิดของแผงกันแดดจะไม่ขัดกัน และทำการติดตั้ง Servo Motor 2 ตัวในแนวตั้งเพื่อรับค่าที่ทำการควบคุมจากพฤติกรรมและอีก 1 ตัวในแนวนอนเพื่อรับค่าที่ทำการควบคุมจากตำแหน่งของผู้ใช้งาน จากนั้นทำการติดตั้งส่วนพื้นผิวของแผงกันแดดอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.17 แสดงรูปแบบในการติดตั้งพื้นผิวของแผงกันแดดอัตโนมัติ หมายเหตุ. จากการถ่ายภาพเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2557

2) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติส่วนพื้นผิวของแผงกันแดดอัตโนมัติ จะต้องมีความสามารถในการป้องกันแดดเข้ามาสู่ภายในอาคาร และมีการสะท้อนแสงหรือรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงได้ ซึ่งวัสดุที่จะนำมาใช้ควรมีน้ำหนักเบาจะได้ไม่ทำให้โครงสร้างของแผงกันแดดอัตโนมัติรับน้ำหนักมากเกินไปจนทำให้เกิดปัญหาในการเคลื่อนไหวของระบบ จากคุณสมบัติหลักตามที่ต้องการในการวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้แผ่นออลิสติกสีดำที่หนา 3 มิลลิเมตร ตัด

เป็นรูปเลขาคณิตทรงสามเหลี่ยมจากการศึกษา และนำไปติดตั้งที่โครงเชื่อมระหว่างเกล็ดทั้งแนวตั้ง และแนวนอน ในแต่ละช่องจะมีแผ่นอศลิกรูปสามเหลี่ยม 2 ชั้นซึ่งติดแล้วเมื่อรวมกันจะกลายเป็นรูปสี่เหลี่ยม ในการติดตั้งมีหลายรูปแบบและทำให้เกิดช่องเปิดที่ให้แสงไม่เหมือนกันในแต่ละรูปแบบดังรูปภาพที่ 3.16 การวิจัยนี้จึงเลือกนำรูปแบบพื้นฐานในการติดตั้งที่เท่ากันทั้งสองแกน รูปภาพที่ 3.17

2. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการพัฒนาส่วนแสดงผลที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมและตำแหน่งผู้ใช้งาน

1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ทำหน้าที่รับคำสั่งการปรับเปลี่ยนแผงกันแดดอัตโนมัติจากซอฟต์แวร์ควบคุมการตอบสนองผ่านสายสัญญาณยูเอสบี (USB) และควบคุม Servo Motor ที่ติดตั้งในแผงกันแดดอัตโนมัติ

2) Servo Motor จำนวน 3 ตัว สำหรับการปรับเปลี่ยนรูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติทั้ง 2 แนวแกนทำหน้าที่รับคำสั่งการปรับเปลี่ยนรูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติจากไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ควบคุมการตอบสนองผ่านสายสัญญาณ SGN(D)|+6V|GND ที่ติดตั้งในแผงกันแดดอัตโนมัติ

3. การออกแบบรูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งาน

รูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งานจากการติดตั้ง Servo Motor 3 ตัว แต่ละตัวออกแบบให้มีการปรับเปลี่ยนองศาหลักอยู่ 3 ระดับคือ 0° - 45° - 90° ทำให้มีรูปแบบทั้งหมด 27 รูปแบบแต่ละรูปแบบมีแสงที่ส่องผ่านแตกต่างกันและช่วงเวลาเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มีผลต่อแสงที่ส่องผ่านสู่ภายในอาคาร

ตารางที่ 3.1

ค่ามาตรฐานความส่องสว่างในพื้นที่ใช้งาน

พื้นที่ต่างๆ	ความส่องสว่างที่พื้นที่(ลักซ์)
ทางเดิน	50 - 100
พื้นที่นั่งเล่น-อ่านหนังสือ	100 - 300
พื้นที่ทำงาน	200 - 500
เตียงนอน	0 - 50
พื้นที่หน้าคอมพิวเตอร์	300 - 500

หมายเหตุ. จากค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายในอาคาร (มาตรฐาน IES)

ซึ่งค่าความส่องสว่างในรูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติทั้ง 27 รูปแบบที่ได้ นำรูปแบบที่เหมาะสมมาสอดคล้องกับค่ามาตรฐานความส่องสว่างในพื้นที่ใช้งานและความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับพื้นที่ใช้งาน ก็จะได้รูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมและตำแหน่งของผู้ใช้งาน

3.6 การเก็บผลค่าส่องสว่างที่ส่องผ่านเข้ามาภายในพื้นที่สถาปัตยกรรม

การเก็บค่าแสงที่ส่องผ่านเข้ามาภายในพื้นที่สถาปัตยกรรม เพื่อเป็นการตรวจสอบผลค่าความส่องสว่างที่ได้และประเมินผลเพื่อให้ได้ความส่องสว่างที่เหมาะสมกับพฤติกรรมและตำแหน่งในการใช้งาน

3.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนา

(1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ทำหน้าที่ส่ง Light Sensor ให้ทำการวัดค่าแสงที่ส่องผ่านจากซอฟต์แวร์ควบคุมการตอบสนองผ่านสายสัญญาณยูเอสบี (USB) และส่งข้อมูลกลับไปแสดงผลที่หน้าจอ

(2) Light Sensor (BH 1750) อุปกรณ์วัดค่าแสงนำมาใช้ตรวจสอบผลความสว่างจากการปรับเปลี่ยนรูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติทั้ง 2 แนวแกนที่ให้ค่าเป็นดิจิทัลความละเอียดสูงถึง 16 บิต ให้ค่าในการวัดเป็นหน่วย Lux ("ลักซ์") ซึ่งเป็นหน่วยการวัดแบบ SI (Illuminance) = 1 Lumen Per Square Meter ทำหน้าที่รับค่าส่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ควบคุมการตอบสนองผ่านสายสัญญาณ SGN(A)|+5V|GND และทำการวัดค่าแสงแล้วส่งข้อมูลกลับไปแสดงผลที่หน้าจอ ติดตั้งสูงจากระดับพื้น 75 เซนติเมตร

(3) LED Backlight (TC 1602A-10T) จอแสดงผล 2 แถว 16 ช่องนำมาติดตั้งเพื่อแสดงผลค่าความส่องสว่างที่มีการเปลี่ยนแปลงจากการปรับเปลี่ยนแผงกันแดด

3.6.2 การบันทึกผลค่าแสงที่ส่องผ่านในแต่ละรูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติ

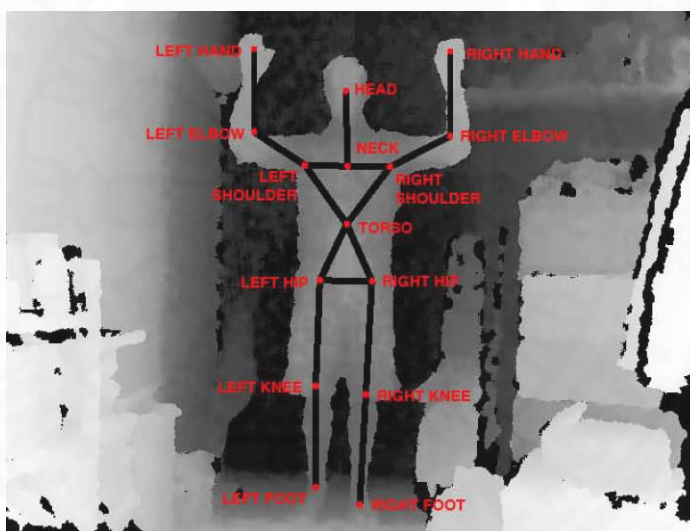
การบันทึกผลค่าแสงที่ส่องผ่านในแต่ละรูปแบบของแผงกันแดดอัตโนมัติตามช่วงเวลา 6.00 – 19.00 น. ในแต่ละพื้นที่ซึ่งมี Light Sensor (BH 1750) อุปกรณ์วัดค่าแสงวางไว้ตำแหน่งต่างๆดังนี้

- (1) พื้นที่ว่างระหว่างโทรทัศน์กับคอมพิวเตอร์
- (2) พื้นที่บริเวณที่นั่งนอน
- (3) พื้นที่บริเวณที่ทำงาน ผลที่ได้ตามตารางดังนี้

3.7 การทดลองการทำงานของระบบที่พัฒนาในพื้นที่สถาปัตยกรรม

ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองวิจัยและพัฒนาในการทำงานของระบบต้นแบบลำดับที่ 2 ในสถาปัตยกรรมกรณีศึกษาพื้นที่สถานีส่วนบุคคลได้กำหนดพฤติกรรมและพื้นที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ 7 ประเภทดังนี้

- 3.7.1 พฤติกรรมการเดิน
- 3.7.2 พฤติกรรมนั่งเล่น - อ่านหนังสือ
- 3.7.3 พฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน
- 3.7.4 พฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์
- 3.7.5 พฤติกรรมการนอน
- 3.7.6 ไม่มีการใช้งาน
- 3.7.7 การควบคุมการทำงานของระบบด้วยมือ



ภาพที่ 3.18 แสดง Human Skeleton ที่ใช้ในการประมวลผลพฤติกรรม สืบค้นจาก : Oreilly.Mak -ing.Things.See.Jan.2012, p. 4

3.7.1 พฤติกรรมการเดิน

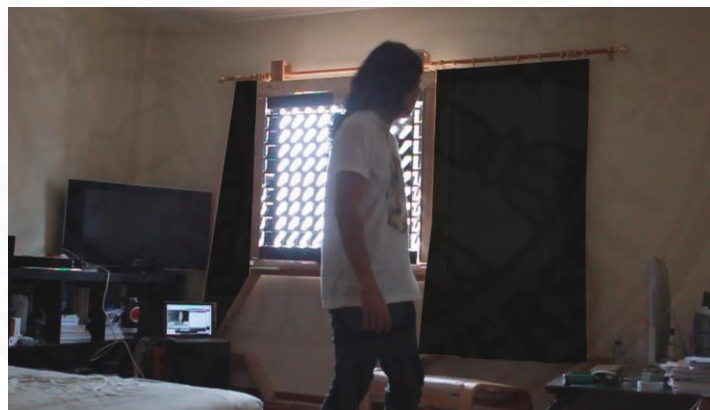
ได้มีการกำหนดพฤติกรรมจากการตรวจจับตำแหน่งของผู้ใช้งานโดยผ่านอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor ซึ่งจะรับรู้ถึง Human Skeleton ส่วนของ Torso ที่จะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของผู้ใช้งานจะทำงานก็ต่อเมื่อผู้ใช้งานอยู่ในพื้นที่และส่วนขององศาหัวเข้าผู้ใช้งานทำมุม 125 – 170 องศา ที่เป็นตัวแบ่งแยกพฤติกรรม

จากนั้นจะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ของระบบแผงกันแดดทำงานโดยที่แกนแนวอนของแผงกันแดดจะเปิด 45 องศา ส่วนแกนแนวตั้งของแผงกันแดดจะไม่ทำการเปิด เมื่อทำการเปิดแผงกันแดดแสงธรรมชาติจะส่องผ่านเข้าสู่ภายในสถาปัตยกรรม

กรณีศึกษาพื้นที่สถานีส่วนบุคคล ทำให้เซนเซอร์วัดค่าแสงที่ติดตั้งไว้จะทำหน้าที่ตรวจวัดความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมซึ่งค่ามาตรฐานความส่องสว่าง IES ของพฤติกรรมการเดินได้กำหนดอยู่ในช่วงระหว่าง 50 - 100 lux ถ้าความส่องสว่างที่ได้รับไม่เหมาะสมต่อพฤติกรรมระบบจะทำการปรับเปลี่ยนเพิ่มหรือลดจนกระทั่งได้ความส่องสว่างที่เหมาะสม (ในกรณีที่ระบบทำการเปิดจนสุดแล้วและความส่องสว่างที่วัดได้น้อยกว่า 50 lux ระบบจะหยุดการทำงาน)



ภาพที่ 3.19 แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการเดิน 1



ภาพที่ 3.20 แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการเดิน 2

ตารางที่ 3.6

ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบของพฤติกรรมการเดิน

Torso.X(px)		Torso.Y(px)		KneeAngle(°)		Servo(°)			Lux(lx)	
min	max	min	max	min	max	S1	S2	S3	min	max
280	360	200	280	125	170	90	0	0	50	100

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย

3.7.2 พฤติกรรมนั่งเล่น - อ่านหนังสือ

ได้มีการกำหนดพฤติกรรมจากการตรวจจับตำแหน่งของผู้ใช้งานโดยผ่านอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor ซึ่งจะรับรู้ถึง Human Skeleton ส่วนของ Torso ที่จะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของผู้ใช้งานจะทำงานก็ต่อเมื่อผู้ใช้งานอยู่ในพื้นที่นั่งเล่น - อ่านหนังสือและส่วนขององศาหัวเข้าผู้ใช้งานทำมุม 45 - 125 องศา ที่เป็นตัวแบ่งแยกพฤติกรรม

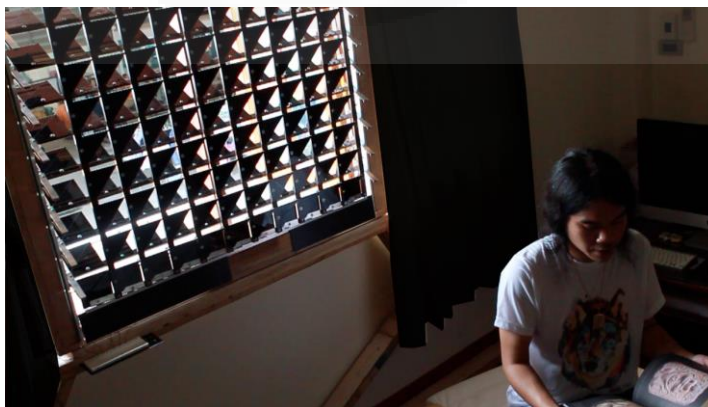
จากนั้นจะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ของระบบแผงกันแดดทำงานโดยที่แกนแนวนอนของแผงกันแดดจะทำการเปิด 45 องศา ส่วนแกนแนวตั้งทั้งช่วงบนและช่วงกลางของแผงกันแดดจะทำการเปิด 45 องศา เมื่อทำการเปิดแผงกันแดดแสงธรรมชาติจะส่องผ่านเข้าสู่ภายในสถาปัตยกรรมกรณีศึกษาพื้นที่สถานีส่วนบุคคล ทำให้เซนเซอร์วัดค่าแสงที่ติดตั้งไว้จะทำหน้าที่ตรวจวัดความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมซึ่งค่ามาตรฐานความส่องสว่าง IES ของพฤติกรรมการนั่งเล่น - อ่านหนังสือได้กำหนดอยู่ในช่วงระหว่าง 100 - 300 lux ถ้าความส่องสว่างที่ได้รับไม่เหมาะสมต่อพฤติกรรมระบบจะทำการปรับเปลี่ยนเพิ่มหรือลดจนกระทั่งได้ความส่องสว่างที่เหมาะสม(ในกรณีที่ระบบทำการเปิดจนสุดแล้วและความส่องสว่างที่วัดได้น้อยกว่า 100 lux ระบบจะหยุดการทำงาน)

ตารางที่ 3.7

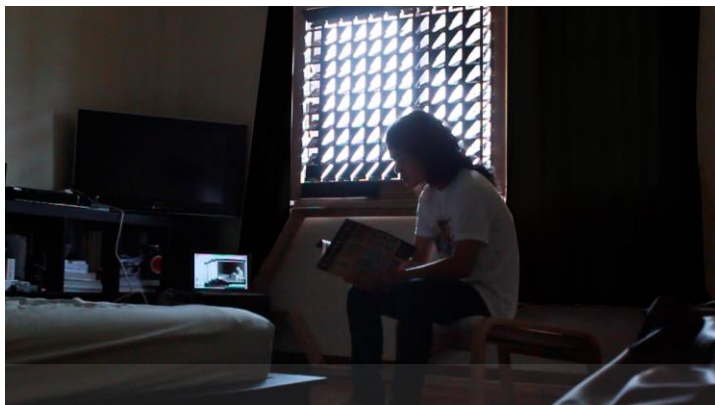
ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบของพฤติกรรมการนั่งเล่น - อ่านหนังสือ

Torso.X(px)		Torso.Y(px)		KneeAngle(°)		Servo(°)			Lux(lx)	
min	max	min	max	min	max	S1	S2	S3	min	max
360	640	240	480	45	125	90	90	90	100	300

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย



ภาพที่ 3.21 แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการนั่งเล่น - อ่านหนังสือ 1



ภาพที่ 3.22 แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการเล่น - อ่านหนังสือ 2

3.7.3 พฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน

ได้มีการกำหนดพฤติกรรมจากการตรวจจับตำแหน่งของผู้ใช้งานโดยผ่านอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor ซึ่งจะรับรู้ถึง Human Skeleton ส่วนของ Torso ที่จะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของผู้ใช้งานจะทำงานก็ต่อเมื่อผู้ใช้งานอยู่ในพื้นที่ทำงานและส่วนขององศาหัวเข้าผู้ใช้งานทำมุม 0 – 180 องศา ที่เป็นตัวแบ่งแยกพฤติกรรม

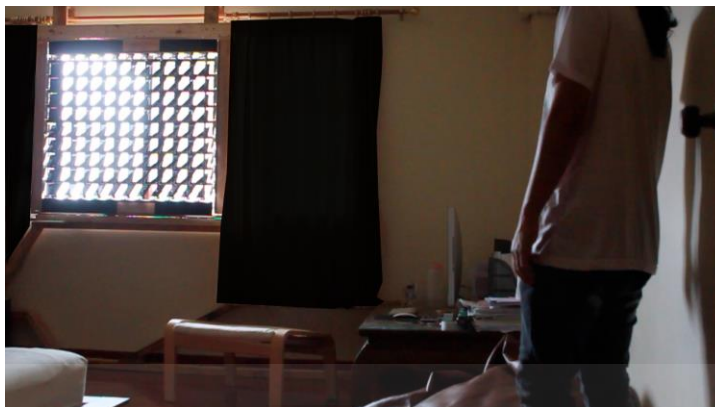
จากนั้นจะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ของระบบแผงกันแดดทำงานโดยแกนแนวนอนของแผงกันแดดจะทำการเปิด 90 องศา ส่วนแกนแนวตั้งทั้งช่วงบนและช่วงกลางของแผงกันแดดจะทำการเปิด 90 องศา เมื่อทำการเปิดแผงกันแดดแสงธรรมชาติจะส่องผ่านเข้าสู่ภายในสถาปัตยกรรมกรณีศึกษาพื้นที่สถานีส่วนบุคคล ทำให้เซนเซอร์วัดค่าแสงที่ติดตั้งไว้จะทำหน้าที่ตรวจวัดความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมซึ่งค่ามาตรฐานความส่องสว่าง IES ของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานได้กำหนดอยู่ในช่วงระหว่าง 200 - 500 lux ถ้าความส่องสว่างที่ได้รับไม่เหมาะสมต่อพฤติกรรมระบบจะทำการปรับเปลี่ยนเพิ่มหรือลดจนกระทั่งได้ความส่องสว่างที่เหมาะสม (ในกรณีที่ความส่องสว่างต่ำกว่า 200 lux และระบบทำการเปิดจนสุดแล้ว ระบบจะหยุดการทำงาน)

ตารางที่ 3.8

ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน

Torso.X(px)		Torso.Y(px)		KneeAngle(°)		Servo(°)			Lux(lx)	
min	max	min	max	min	max	S1	S2	S3	min	max
0	360	280	480	0	180	180	180	180	200	500

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย



ภาพที่ 3.23 แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน 1



ภาพที่ 3.24 แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน 2

3.7.4 พฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์

ได้มีการกำหนดพฤติกรรมจากการตรวจจับตำแหน่งของผู้ใช้งานโดยผ่านอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor ซึ่งจะรับรู้ถึง Human Skeleton ส่วนของ Torso ที่จะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของผู้ใช้งานจะทำงานก็ต่อเมื่อผู้ใช้งานอยู่ในพื้นที่โต๊ะคอมพิวเตอร์และส่วนขององศาหัวเข้าผู้ใช้งานทำมุม 45 – 125 องศา ที่เป็นตัวแบ่งแยกพฤติกรรม

จากนั้นจะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ของระบบแผงกันแดดทำงานโดยแกนแนวนอนของแผงกันแดดจะทำการเปิด 90 องศา ส่วนแกนแนวตั้งทั้งช่วงบนและช่วงกลางของแผงกันแดดจะทำการเปิด 45 องศา เมื่อทำการเปิดแผงกันแดดแสงธรรมชาติจะส่องผ่านเข้าสู่ภายในสถาปัตยกรรมกรณีศึกษาพื้นที่สถานีส่วนบุคคล ทำให้เซนเซอร์วัดค่าแสงที่ติดตั้งไว้จะทำหน้าที่ตรวจวัดความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมซึ่งค่ามาตรฐานความส่องสว่าง IES ของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ได้กำหนดอยู่ในช่วงระหว่าง 300 - 500 lux ถ้าความส่องสว่างที่ได้รับ

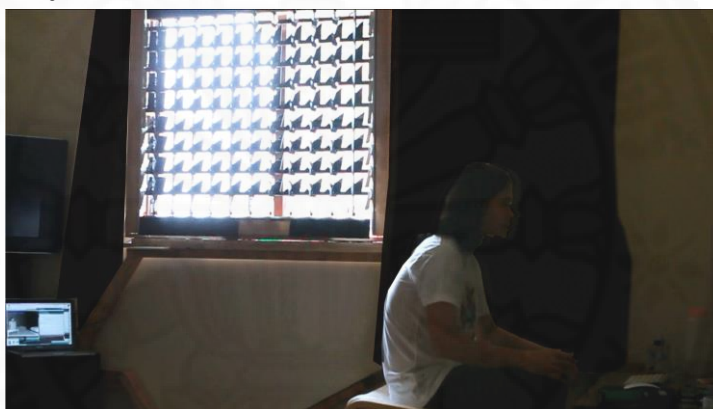
ไม่เหมาะสมต่อพฤติกรรมระบบจะทำการปรับเปลี่ยนเพิ่มหรือลดจนกระทั่งได้ความส่องสว่างที่เหมาะสม (ในกรณีที่ระบบทำการเปิดจนสุดแล้วและความส่องสว่างที่วัดได้น้อยกว่า 300 lux ระบบจะหยุดการทำงาน)

ตารางที่ 3.9

ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์

Torso.X(px)		Torso.Y(px)		KneeAngle(°)		Servo(°)			Lux(lx)	
min	max	min	max	min	max	S1	S2	S3	min	max
360	640	0	240	45	125	180	90	90	300	500

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย



ภาพที่ 3.25 แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดจากพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์

3.7.5 พฤติกรรมการนอน

ได้มีการกำหนดพฤติกรรมจากการตรวจจับตำแหน่งของผู้ใช้งานโดยผ่านอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor ซึ่งจะรับรู้ถึง Human Skeleton ส่วนของ Torso ที่จะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของผู้ใช้งานจะทำงานก็ต่อเมื่อผู้ใช้งานอยู่ในพื้นที่เตียงนอนและส่วนขององศาหัวเข้าผู้ใช้งานทำมุม 170 – 180 องศา ที่เป็นตัวแบ่งแยกพฤติกรรม

จากนั้นจะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ของระบบแผงกันแดดทำงานโดยที่แกนแนวนอนของแผงกันแดดจะทำการปิด ส่วนแกนแนวตั้งทั้งช่วงบนและช่วงกลางของแผงกันแดดก็จะทำการปิด เมื่อทำการปิดแผงกันแดดแสงธรรมชาติจะส่องผ่านเข้าสู่ภายในสถาปัตยกรรมกรณีศึกษาพื้นที่สถานีส่วนบุคคลได้น้อยนั้นจะทำให้เซนเซอร์วัดค่าแสงที่ติดตั้งไว้จะทำหน้าที่ตรวจวัดความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมซึ่งค่ามาตรฐานความส่องสว่าง IES ของพฤติกรรมการนอนได้กำหนดอยู่ในช่วงระหว่าง 0 - 50 lux ถ้าความส่องสว่างที่ได้รับไม่เหมาะสมต่อ

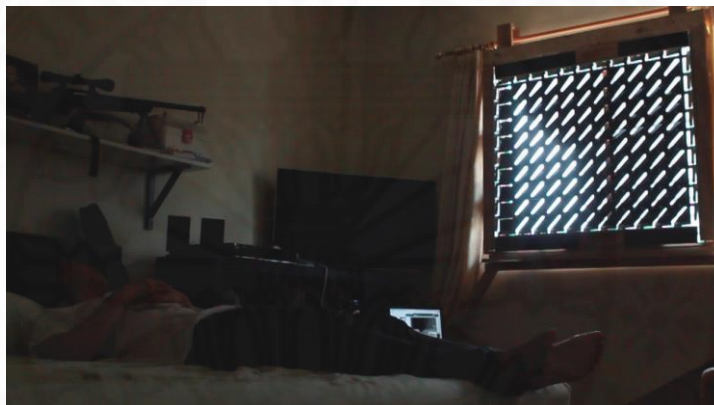
พฤติกรรมระบบจะทำการปรับเปลี่ยนจนกระทั่งได้ความส่องสว่างที่เหมาะสม (ในกรณีที่ปิดหมดแล้ว และค่าความส่องสว่างยังมากกว่า 50 lux ก็จะหยุดการทำงาน)

ตารางที่ 3.10

ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบของพฤติกรรมการนอน

Torso.X(px)		Torso.Y(px)		KneeAngle(°)		Servo(°)			Lux(lx)	
min	max	min	max	min	max	S1	S2	S3	min	max
0	280	0	200	170	180	0	0	0	0	50

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย



ภาพที่ 3.26 แสดงการปรับเปลี่ยนแผงกันแดดจากพฤติกรรมการนอน

3.7.6 ไม่มีการใช้งาน

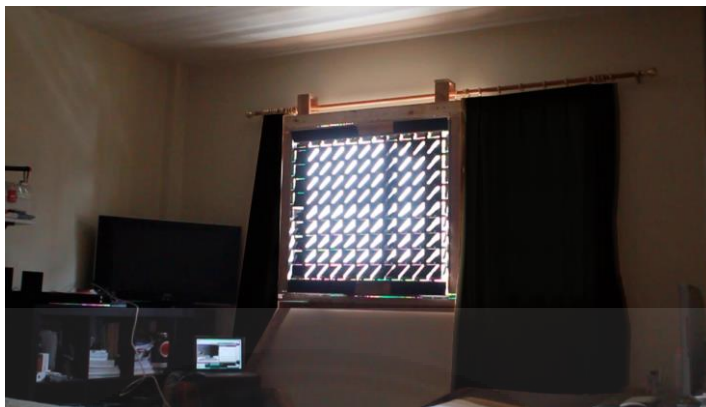
เมื่อไม่มีผู้ใช้งานอยู่ภายในสถาปัตยกรรมกรณีศึกษาพื้นที่สถานีส่วนบุคคล อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor ตรวจจับไม่พบผู้ใช้งานในพื้นที่ ซึ่งทำให้การควบคุมระบบแผงกันแดดกลับไปอยู่ในสภาพเริ่มต้นการทำงานคือแผงกันแดดจะทำการปิดทั้งหมด

ตารางที่ 3.11

ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบไม่มีการใช้งาน

Torso.X(px)		Torso.Y(px)		KneeAngle(°)		Servo(°)			Lux(lx)	
min	max	min	max	min	max	S1	S2	S3	min	max
-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย



ภาพที่ 3.27 แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดโดยไม่มีการใช้งาน

3.7.7 การควบคุมการทำงานของระบบด้วยมือ

การควบคุมการทำงานของระบบด้วยมือ เกิดจากผู้ใช้งานที่ไม่ต้องการความส่องสว่างที่เหมาะสมตามมาตรฐาน ผู้ใช้งานที่มีอาการแพ้แสงสว่างที่ต้องการความส่องสว่างที่ต่ำกว่ามาตรฐาน หรือผู้พิการที่สามารถปรับเปลี่ยนแผงกันแดดได้ง่ายสะดวกต่อการควบคุมในการใช้งาน

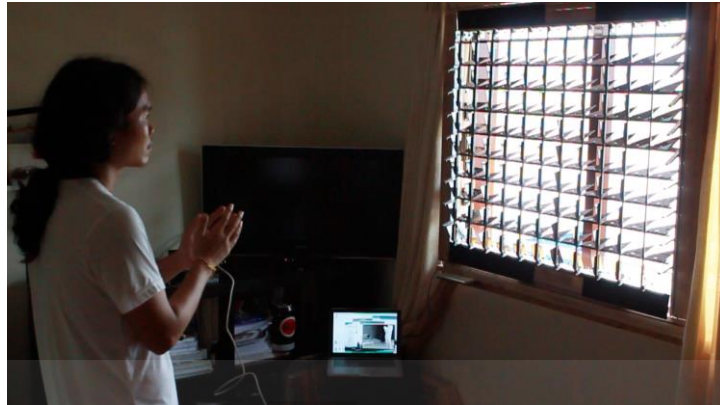
การทำงานของระบบโดยผ่านอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Kinect Sensor ซึ่งจะรับรู้ถึง Human Skeleton ส่วนของ Left Hand และ Right Hand ที่จะนำระยะห่างระหว่างมือซ้ายและมือขวามาใช้ควบคุมการเปลี่ยนแผงกันแดดจากนั้นจะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ของระบบแผงกันแดดทำงานโดยที่แกนแนวนอน แนวตั้งทั้งช่วงบนและช่วงกลางของแผงกันแดดก็จะทำการเปิดและปิดตามระยะห่างของมือผู้ใช้งาน

ตารางที่ 3.12

ค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบด้วยมือ

Distance Hand(cm)		Servo(°)					
		S1		S2		S3	
min	max	min	max	min	max	min	max
0	140	0	180	0	180	0	180

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย



ภาพที่ 3.28 แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดโดยการควบคุมระบบด้วยมือ 1



ภาพที่ 3.29 แสดงการปรับเปลี่ยนของแผงกันแดดโดยการควบคุมระบบด้วยมือ 2

บทที่ 4

ผลการวิจัยและพัฒนา

ผลการวิจัยและพัฒนาเป็นการทดลองประดิษฐ์แผงกันแดดที่มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนความส่องสว่างภายในเพื่อตอบสนองต่อประเภทพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่และทำการทดลองและบันทึกผลผ่านโปรแกรม (ภาพที่ 4.1 - 4.6) จากผลการบันทึกระยะเวลาทำงานและค่าความส่องสว่าง (ตารางที่ 4.1 - 4.30) ได้นำมาวิเคราะห์และประเมินผลการพัฒนาของระบบต้นแบบ โดยมีประเด็นในการประเมินผลดังนี้

4.1 ความถูกต้องในการประมวลผลรูปแบบพฤติกรรมและการตอบสนองของระบบต้นแบบแผงกันแดด เป็นการประเมินผลจากการวิเคราะห์ระยะเวลาในการทำงานของระบบต้นแบบประกอบด้วย

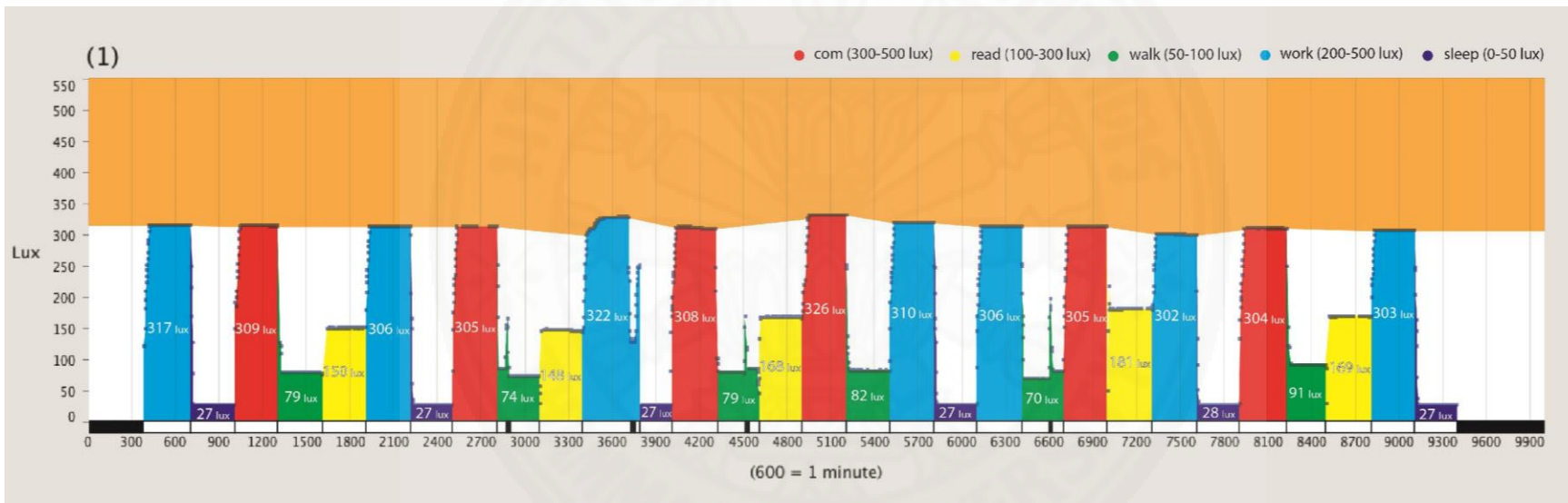
4.1.1 การตรวจจับและการประมวลผลการใช้งานในแต่ละพื้นที่

4.1.2 ความผิดพลาดของการตรวจจับและประมวลผลสถานะการใช้งานในแต่ละพื้นที่กับรูปแบบพฤติกรรมที่ไม่สอดคล้องกัน

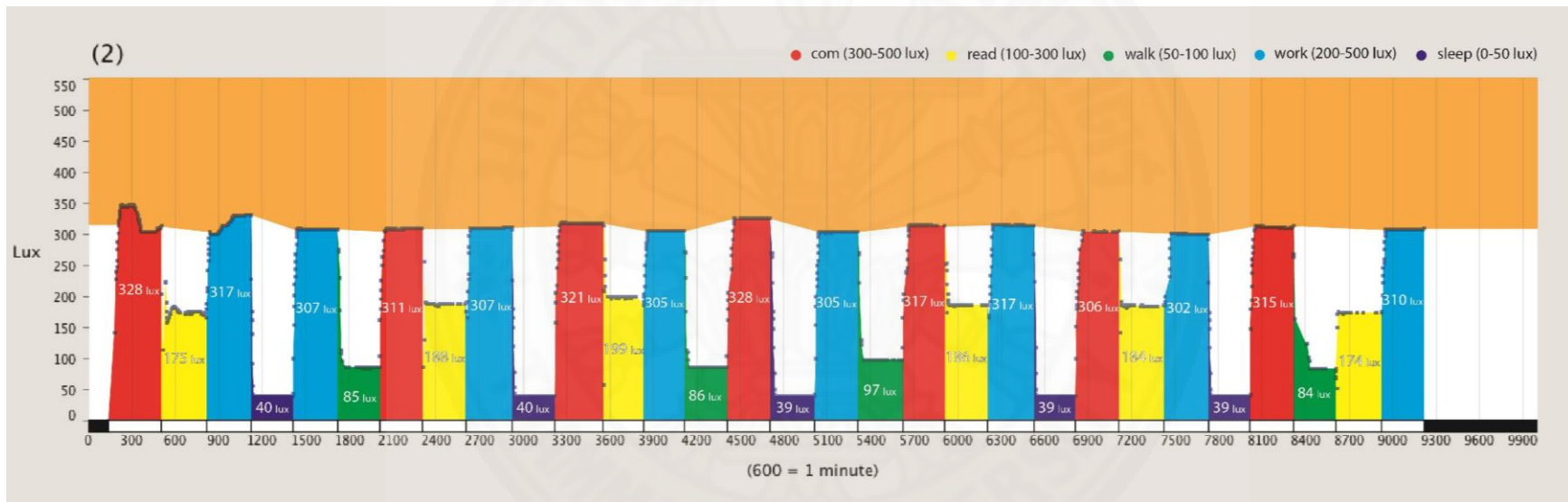
4.2 ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างในการตอบสนองทางการปรับเปลี่ยนรูปแบบของระบบต้นแบบแผงกันแดดเป็นการประเมินผลความถูกต้องในการแสดงผลทางการปรับเปลี่ยนในแต่ละรูปแบบเมื่อเปรียบเทียบกับที่กำหนดในทฤษฎีค่าความส่องสว่างมาตรฐาน IES โดยผ่านการวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความส่องสว่างของแสง

4.3 ระยะเวลาในการทำงานของระบบต้นแบบแผงกันแดดในแต่ละประเภทพฤติกรรมการใช้งานในแต่ละพื้นที่

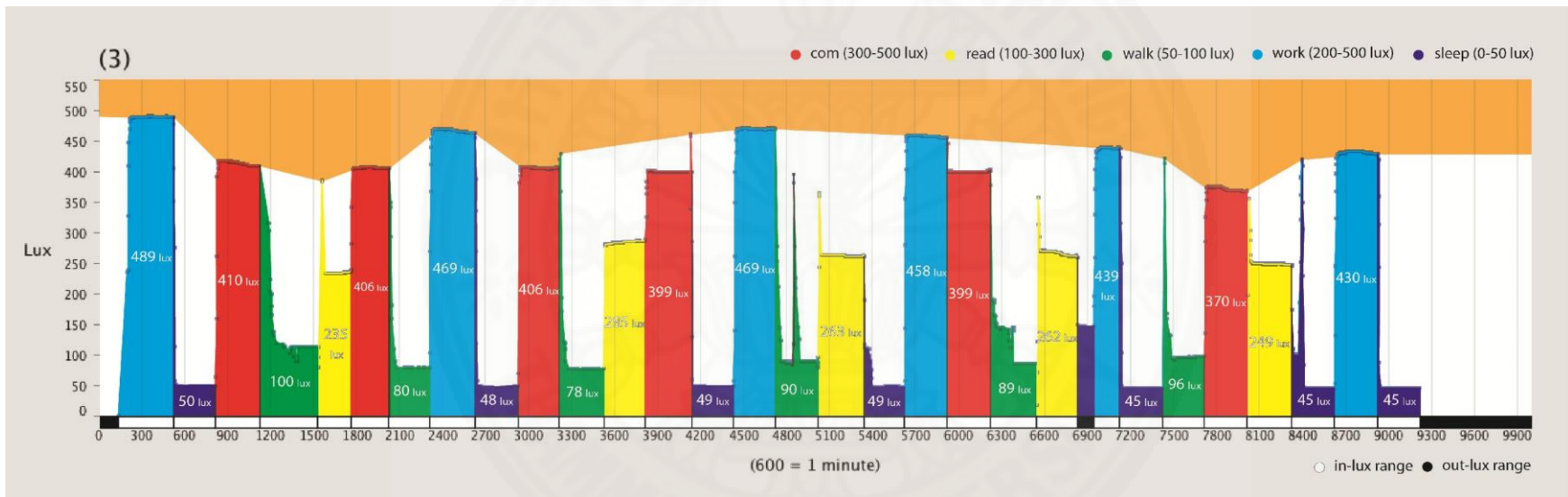
4.4 การประเมินผลเปรียบเทียบค่าวัสดุอุปกรณ์ระหว่างระบบพัฒนาในงานวิจัยระบบบานเกล็ดปกติที่ติดตั้งอุปกรณ์เปิด-ปิดอัตโนมัติและระบบจากกรณีศึกษา



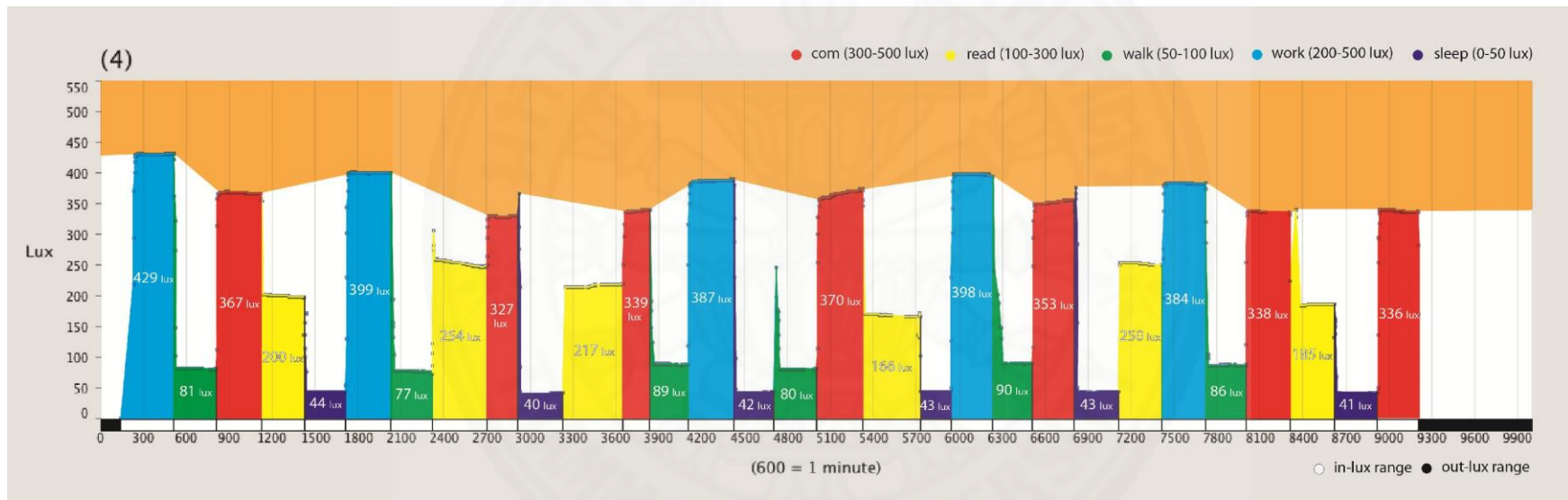
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 หมายถึง จัดโดยผู้วิจัยบันทึกผลการทดลองเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2557 เวลา 3.10-3.25 น.



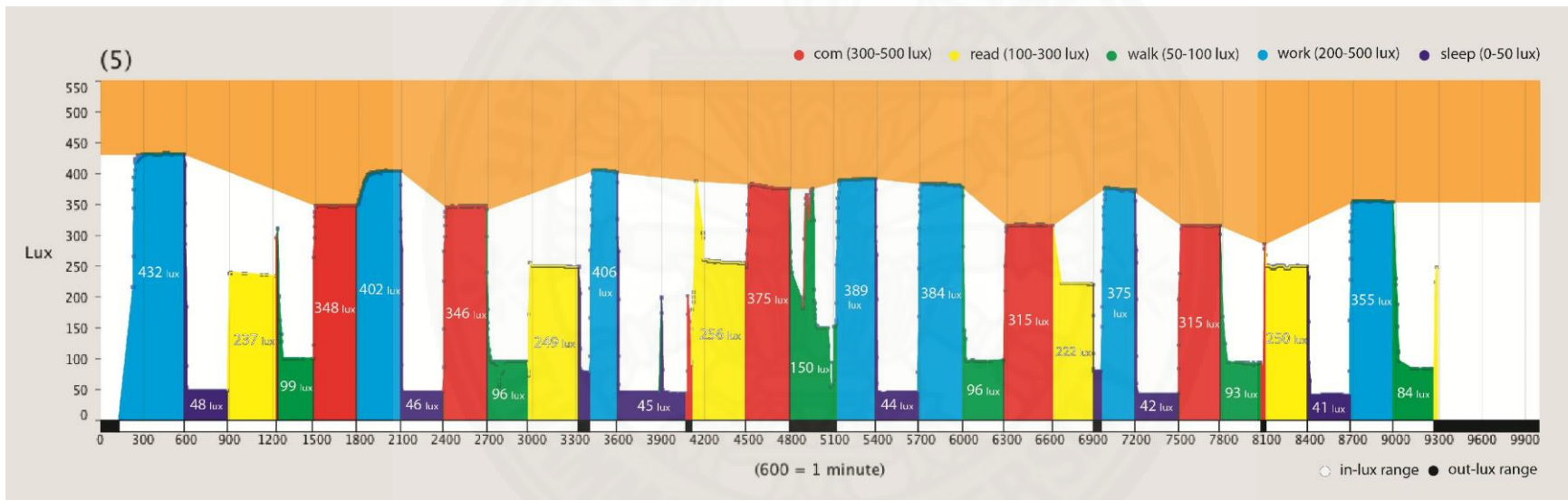
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 หมายถึง. จัดโดยผู้วิจัยบันทึกผลการทดลองเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2557 เวลา 3.30-3.45 น.



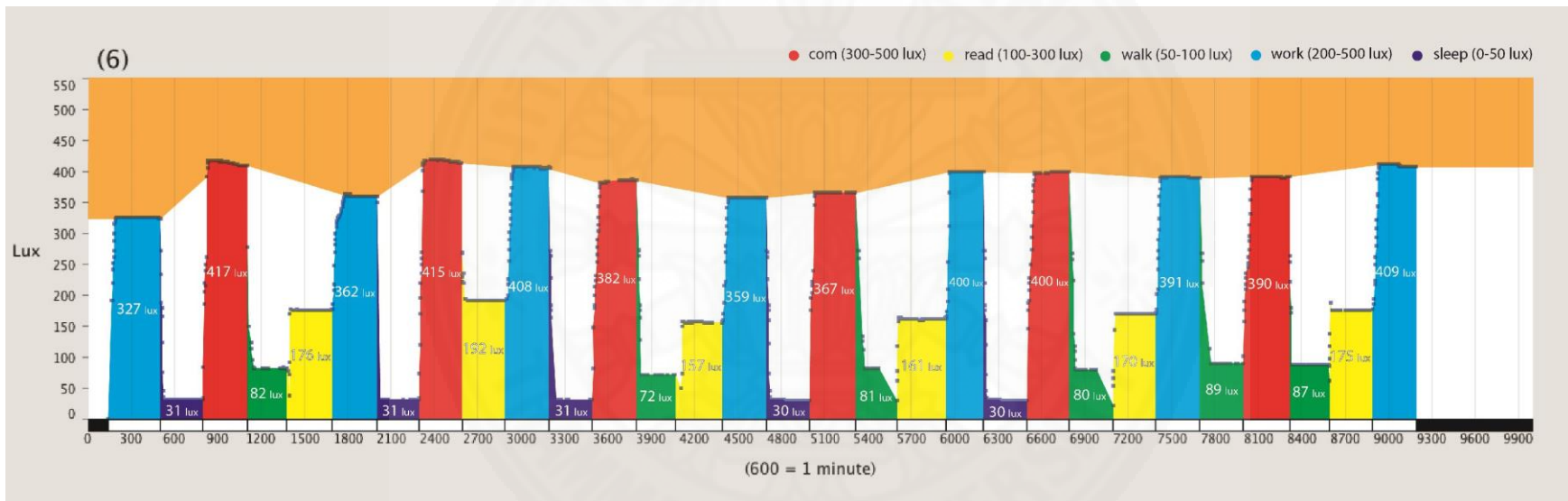
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 หมายถึง. จัดโดยผู้วิจัยบันทึกผลการทดลองเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2557 เวลา 3.45-4.00 น.



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4 หมายถึง จัดโดยผู้วิจัยบันทึกผลการทดลองเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2557 เวลา 4.00-4.15 น.



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 5 หมายถึง. จัดโดยผู้วิจัยบันทึกผลการทดลองเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม 2557 เวลา 4.13-4.28 น.



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 6 หมายถึง จัดโดยผู้วิจัยบันทึกผลการทดลองเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม 2557 เวลา 4.37-4.52 น.

ตารางที่ 4.1

การทดสอบพฤติกรรมกรนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.2	1.2	1.2	2.0	2.2	1.7
ค่าความส่องสว่าง (lux)	27	27	27	27	28	27

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.10-3.25 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมกรนอนอยู่ที่ 0 - 50 lux

ตารางที่ 4.2

การทดสอบพฤติกรรมกรนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.7	1.4	1.4	2.0	2.0
ค่าความส่องสว่าง (lux)	40	40	39	39	39

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.30-3.45 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมกรนอนอยู่ที่ 0 - 50 lux

ตารางที่ 4.3

การทดสอบพฤติกรรมกรนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6	7
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.2	1.2	0.6	2.1	0.8	1.0	1.3
ค่าความส่องสว่าง (lux)	50	48	49	49	45	45	45

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.45-4.00 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมกรนอนอยู่ที่ 0 - 50 lux

ตารางที่ 4.4

การทดสอบพฤติกรรมการนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.8	1.0	1.2	0.6	0.8	1.2
ค่าความส่องสว่าง (lux)	44	40	42	43	43	41

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.00-4.15 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการนอนอยู่ที่ 0 - 50 lux

ตารางที่ 4.5

การทดสอบพฤติกรรมการนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 5

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.5	1.4	1.5	1.6	1.6	2.5
ค่าความส่องสว่าง (lux)	48	46	45	44	42	41

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.13-4.28 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการนอนอยู่ที่ 0 - 50 lux

ตารางที่ 4.6

การทดสอบพฤติกรรมการนอนจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 6

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.8	2.6	1.8	1.6	1.4
ค่าความส่องสว่าง (lux)	30	30	31	31	31

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.37-4.52 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการนอนอยู่ที่ 0 - 50 lux

ตารางที่ 4.7

การทดสอบพฤติกรรมการเดินจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	4.2	1.9	1.6	1.2	0.8	1.3
ค่าความส่องสว่าง (lux)	79	74	79	82	70	91

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.10-3.25 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการเดินอยู่ที่ 50 - 100 lux

ตารางที่ 4.8

การทดสอบพฤติกรรมการเดินจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	2.8	1.2	1.2	1.4
ค่าความส่องสว่าง (lux)	85	86	97	84

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.30-3.45 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการเดินอยู่ที่ 50 - 100 lux

ตารางที่ 4.9

การทดสอบพฤติกรรมการเดินจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	23.7	4.8	5.1	2.9	15.9	3.6
ค่าความส่องสว่าง (lux)	100	80	78	90	89	96

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.45-4.00 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการเดินอยู่ที่ 50 - 100 lux

ตารางที่ 4.10

การทดสอบพฤติกรรมการเดินจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	3.6	1.8	2.2	2.8	6.4	2.4
ค่าความส่องสว่าง (lux)	81	77	89	80	90	86

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.00-4.15 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการเดินอยู่ที่ 50 - 100 lux

ตารางที่ 4.11

การทดสอบพฤติกรรมการเดินจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 5

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	3.5	2.9	18.8	2.6	3.8	10.8
ค่าความส่องสว่าง (lux)	99	96	150	96	93	84

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.13-4.28 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการเดินอยู่ที่ 50 - 100 lux

ตารางที่ 4.12

การทดสอบพฤติกรรมการเดินจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 6

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	7.4	2.8	3.2	0.8	3.9	3.0
ค่าความส่องสว่าง (lux)	82	72	81	80	89	87

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.37-4.52 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการเดินอยู่ที่ 50 - 100 lux

ตารางที่ 4.13

การทดสอบพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสือจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	4.8	1.0	1.2	0.6	0.2
ค่าความส่องสว่าง (lux)	150	148	168	181	169

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.10-3.25 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสืออยู่ที่ 100 - 300 lux

ตารางที่ 4.14

การทดสอบพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสือจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	7.1	3.8	0.7	4.5	4.2	8.0
ค่าความส่องสว่าง (lux)	175	188	199	186	184	174

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.30-3.45 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสืออยู่ที่ 100 - 300 lux

ตารางที่ 4.15

การทดสอบพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสือจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	3.2	0.6	2.8	1.4	3.3
ค่าความส่องสว่าง (lux)	235	285	263	262	249

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.45-4.00 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสืออยู่ที่ 100 - 300 lux

ตารางที่ 4.16

การทดสอบพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสือจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.0	2.2	1.8	1.2	1.3	3.4
ค่าความส่องสว่าง (lux)	200	254	217	166	250	185

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.00-4.15 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสืออยู่ที่ 100 - 300 lux

ตารางที่ 4.17

การทดสอบพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสือจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 5

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.4	1.2	12.3	6.0	2.2
ค่าความส่องสว่าง (lux)	237	249	256	222	250

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.13-4.28 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสืออยู่ที่ 100 - 300 lux

ตารางที่ 4.18

การทดสอบพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสือจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 6

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	3.0	2.2	5.0	1.2	1.2	0.6
ค่าความส่องสว่าง (lux)	176	192	157	161	170	175

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.37-4.52 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมนั่งเล่น – อ่านหนังสืออยู่ที่ 100 - 300 lux

ตารางที่ 4.19

การทดสอบพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6	7
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.8	1.4	1.7	0.8	0.7	0.6	0.8
ค่าความส่องสว่าง (lux)	317	306	322	310	326	302	303

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.10-3.25 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานอยู่ที่ 200 - 500 lux

ตารางที่ 4.20

การทดสอบพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6	7	8
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.4	1.6	1.6	2.9	1.5	1.4	2.6	0.8
ค่าความส่องสว่าง (lux)	317	307	307	305	305	317	302	310

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.30-3.45 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานอยู่ที่ 200 - 500 lux

ตารางที่ 4.21

การทดสอบพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.2	1.6	1.8	1.8	1.8	1.7
ค่าความส่องสว่าง (lux)	489	469	469	458	439	430

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.45-4.00 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานอยู่ที่ 200 - 500 lux

ตารางที่ 4.22

การทดสอบพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	2.4	1.8	1.8	1.4	1.7
ค่าความส่องสว่าง (lux)	429	399	387	398	384

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.00-4.15 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานอยู่ที่ 200 - 500 lux

ตารางที่ 4.23

การทดสอบพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 5

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6	7
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.3	1.3	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
ค่าความส่องสว่าง (lux)	432	402	406	389	384	375	355

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.13-4.28 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานอยู่ที่ 200 - 500 lux

ตารางที่ 4.24

การทดสอบพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานจากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 6

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6	7
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	2.3	1.9	2.1	2.5	1.8	1.7	2.1
ค่าความส่องสว่าง (lux)	327	362	408	359	400	391	409

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.37-4.52 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงานอยู่ที่ 200 - 500 lux

ตารางที่ 4.25

การทดสอบพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์จากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	2.3	1.9	2.1	2.1	1.8	2.2
ค่าความส่องสว่าง (lux)	309	305	308	326	305	304

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.10-3.25 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์อยู่ที่ 300 - 500 lux

ตารางที่ 4.26

การทดสอบพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์จากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6	7
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	2.1	2.1	2.2	2.7	2.3	2.8	2.2
ค่าความส่องสว่าง (lux)	328	311	321	328	317	306	315

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.30-3.45 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์อยู่ที่ 300 - 500 lux

ตารางที่ 4.27

การทดสอบพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์จากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	1.2	1.9	1.4	1.4	1.4	1.6
ค่าความส่องสว่าง (lux)	410	406	406	399	399	375

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 3.45-4.00 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์อยู่ที่ 300 - 500 lux

ตารางที่ 4.28

การทดสอบพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์จากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6	7
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	2.4	1.8	2.0	3.0	1.8	1.4	1.2
ค่าความส่องสว่าง (lux)	367	327	339	370	353	338	336

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.00-4.15 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์อยู่ที่ 300 - 500 lux

ตารางที่ 4.29

การทดสอบพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์จากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 5

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	2.5	2.0	1.8	2.2	2.6
ค่าความส่องสว่าง (lux)	348	346	375	315	315

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.13-4.28 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์อยู่ที่ 300 - 500 lux

ตารางที่ 4.30

การทดสอบพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์จากกราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 6

ครั้งที่ทดสอบ (รอบ)	1	2	3	4	5	6
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	2.2	1.9	1.8	2.0	1.8	2.1
ค่าความส่องสว่าง (lux)	417	415	382	367	400	390

หมายเหตุ. บันทึกเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 4.37-4.52 น.

ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์อยู่ที่ 300 - 500 lux

การประเมินผลระบบต้นแบบ

การประเมินระบบต้นแบบในการวิจัยและพัฒนานั้นเป็นการบ่งบอกประสิทธิภาพทางด้านเทคโนโลยีของระบบต้นแบบแมงกาน้ำแดด ในการวิเคราะห์ผลการประเมินเพื่อระบุสาเหตุและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับผลที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปสู่การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบต้นแบบต่อไปในอนาคต มีดังนี้

4.1 ความถูกต้องในการประมวลผลรูปแบบพฤติกรรมและการตอบสนองของระบบต้นแบบของแมงกาน้ำแดด

4.2 ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างในการตอบสนองทางการปรับเปลี่ยนรูปแบบของระบบต้นแบบแมงกาน้ำแดดเมื่อเปรียบเทียบกับที่กำหนดในทฤษฎีค่าความส่องสว่างมาตรฐาน IES โดยผ่านการวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความส่องสว่างของแสง

4.3 ระยะเวลาในการทำงานของระบบต้นแบบแมงกาน้ำแดด

4.4 การประเมินผลเปรียบเทียบค่าวัสดุอุปกรณ์ระหว่างระบบพัฒนาในงานวิจัย ระบบบานเกล็ดปกติที่ติดตั้งอุปกรณ์เปิด-ปิดอัตโนมัติและระบบจากกรณีศึกษา

การประเมินผลประสิทธิภาพทางด้านเทคโนโลยีทั้งการประมวลผล และการตอบสนอง ผ่านการแสดงผลทางการปรับเปลี่ยนรูปแบบของระบบต้นแบบแมงกาน้ำแดด ใช้การประเมินผลผ่านการหาค่าความถูกต้องในการทำงานแต่ละขั้นตอนของระบบต้นแบบ โดยศึกษาจากการคำนวณค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดค่าแสง และระยะเวลาการทำงานของระบบที่บันทึกไว้ด้วยสมการหาค่าความถูกต้อง

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right|$$

A หมายถึง ค่าความถูกต้อง (ค่าความถูกต้องสูงสุด = 1 หรือร้อยละ 100)

X_n หมายถึง ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ

Y_n หมายถึง ค่าที่กำหนดทางทฤษฎี หรือค่าจำนวนรวม

การประเมินผลประสิทธิภาพทางด้านระยะเวลาการทำงานของระบบต้นแบบแมงกาน้ำแดด ใช้การประเมินผลเปรียบเทียบจากระยะเวลาเฉลี่ยรวมจากระยะเวลาการทำงานทั้งหมดในแต่ละประเภทพฤติกรรม

4.1 ความถูกต้องในการประมวลผลรูปแบบพฤติกรรมและการตอบสนองของระบบต้นแบบของแผงกันแดด

ความถูกต้องในการประมวลผลรูปแบบพฤติกรรมและการตอบสนองของระบบต้นแบบของแผงกันแดดเป็นการประเมินผลเพื่อแสดงประสิทธิภาพทางเทคโนโลยีด้านความถูกต้องในขั้นตอนการประมวลผลและการตอบสนองผ่านการแสดงผลของระบบต้นแบบ แบ่งเป็น 2 หัวข้อประกอบด้วย

4.1.1 ความถูกต้องของการตรวจจับและการประมวลผลการใช้งานในแต่ละพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบพฤติกรรม

4.1.2 ความผิดพลาดของการตรวจจับและประมวลผลสถานะการใช้งานในแต่ละพื้นที่กับรูปแบบพฤติกรรมที่ไม่สอดคล้องกัน

การประเมินผลพิจารณาจากการบันทึกผลการทดสอบรูปแบบพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่การใช้งานในช่วงเวลา 15 นาที ทั้ง 6 ครั้งเป็นเครื่องมือช่วยในการศึกษาและวิเคราะห์ผลจากตารางที่ 4.31 - 4.37

ตารางที่ 4.31

ความถูกต้องในการตรวจจับและประมวลผลจากผลการทดลองครั้งที่ 1

	การตรวจจับพฤติกรรมการใช้งานในแต่ละพื้นที่	
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	975.0	100%
ระยะเวลาที่ตรวจจับถูก (วินาที)	956.5	98.10%
ระยะเวลาที่ตรวจจับผิด (วินาที)	18.5	1.90%
ครั้งของการตรวจจับผิดทั้งหมด	4	

ตารางที่ 4.32

ความถูกต้องในการตรวจจับและประมวลผลจากผลการทดลองครั้งที่ 2

	การตรวจจับพฤติกรรมการใช้งานในแต่ละพื้นที่	
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	979.8	100%
ระยะเวลาที่ตรวจจับถูก (วินาที)	974.2	99.43%
ระยะเวลาที่ตรวจจับผิด (วินาที)	5.6	0.57%
ครั้งของการตรวจจับผิดทั้งหมด	2	

ตารางที่ 4.33

ความถูกต้องในการตรวจจับและประมวลผลจากผลการทดลองครั้งที่ 3

	การตรวจจับพฤติกรรมการใช้งานในแต่ละพื้นที่	
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	921.8	100%
ระยะเวลาที่ตรวจจับถูก (วินาที)	904.4	98.11%
ระยะเวลาที่ตรวจจับผิด (วินาที)	17.4	1.89%
ครั้งของการตรวจจับผิดทั้งหมด	3	

ตารางที่ 4.34

ความถูกต้องในการตรวจจับและประมวลผลจากผลการทดลองครั้งที่ 4

	การตรวจจับพฤติกรรมการใช้งานในแต่ละพื้นที่	
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	920.9	100%
ระยะเวลาที่ตรวจจับถูก (วินาที)	920.9	100%
ระยะเวลาที่ตรวจจับผิด (วินาที)	0	0.0%
ครั้งของการตรวจจับผิดทั้งหมด	0	

ตารางที่ 4.35

ความถูกต้องในการตรวจจับและประมวลผลจากผลการทดลองครั้งที่ 5

	การตรวจจับพฤติกรรมการใช้งานในแต่ละพื้นที่	
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	928.2	100%
ระยะเวลาที่ตรวจจับถูก (วินาที)	891.4	96.04%
ระยะเวลาที่ตรวจจับผิด (วินาที)	36.8	3.96%
ครั้งของการตรวจจับผิดทั้งหมด	6	

ตารางที่ 4.36

ความถูกต้องในการตรวจจับและประมวลผลจากผลการทดลองครั้งที่ 6

	การตรวจจับพฤติกรรมการใช้งานในแต่ละพื้นที่	
	ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	938.6
ระยะเวลาที่ตรวจจับถูก (วินาที)	911.7	97.13%
ระยะเวลาที่ตรวจจับผิด (วินาที)	26.9	2.87%
ครั้งของการตรวจจับผิดทั้งหมด	5	

ตารางที่ 4.37

ผลสรุปความถูกต้องในการตรวจจับและประมวลผลจากผลการทดลอง

	การตรวจจับพฤติกรรมการใช้งานในแต่ละพื้นที่		
	จำนวนรวม	จำนวนเฉลี่ย	%
ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)	5664.3	944.05	100%
ระยะเวลาที่ตรวจจับถูก (วินาที)	5559.1	926.52	98.14%
ระยะเวลาที่ตรวจจับผิด (วินาที)	105.2	17.53	1.86%
ครั้งของการตรวจจับผิดทั้งหมด	20	4	

ผลการประเมินการตรวจจับและประมวลผลสถานการณ์การใช้งานในแต่ละพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบพฤติกรรมของระบบต้นแบบที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.37 ได้แสดงถึงค่าความถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 98.14 และมีจำนวนการตรวจจับผิดโดยเฉลี่ย 4 ครั้ง ถึงแม้ผลการประเมินของระบบจะมีค่าความถูกต้องสูงแต่ด้วยความสำคัญของการตรวจจับและประมวลผลสถานะการใช้งานในแต่ละพื้นที่ที่สอดคล้องกับรูปแบบพฤติกรรมมีการทำงานของระบบที่ต่อเนื่องในขั้นตอนต่อไปทำให้ส่งผลสำคัญต่อประสิทธิภาพในการประมวลผลในภาพรวมของระบบ

จากการตรวจสอบผลการทดลองและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับและประมวลผลสถานะการใช้งานในแต่ละพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบพฤติกรรม สรุปผลการประเมินและความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

4.1.1 ความถูกต้องของการตรวจจับและการประมวลผลการใช้งานในแต่ละพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบพฤติกรรม

จากผลการประเมินการตรวจจับและประมวลผลสถานะใช้งานในแต่ละพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบพฤติกรรมของระบบต้นแบบลำดับที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องที่สูงถึงร้อยละ 98.14 แต่เมื่อมาพิจารณาความสำคัญของการประมวลผลของระบบต้นแบบ ประกอบกับจำนวนครั้งของการตรวจจับสถานะผิดพลาดที่มีจำนวนเฉลี่ย 4 ครั้ง ซึ่งระบบควรจะต้องมีความถูกต้องในการตรวจจับสถานะใช้งานในแต่ละพื้นที่สอดคล้องกับรูปแบบพฤติกรรมอยู่ตลอดช่วงระยะเวลาการทำงาน of ระบบ เพื่อไม่ให้เป็นสาเหตุของการรบกวนขั้นตอนการประมวลผลที่จะเกิดขึ้นต่อกัน และส่งผลออกมาทางกายภาพในการปรับเปลี่ยนความส่องสว่าง

4.1.2 ความผิดพลาดของการตรวจจับและประมวลผลสถานะการใช้งานในแต่ละพื้นที่กับรูปแบบพฤติกรรมที่ไม่สอดคล้องกัน

จากผลการประเมินการตรวจจับและประมวลผลสถานะใช้งานในแต่ละพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบพฤติกรรมของระบบต้นแบบลำดับที่ 2 ซึ่งมีความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 4 ครั้ง จากการตรวจสอบเกิดจากขั้นตอนการประมวลผลรูปแบบพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ของระบบ ซึ่งสามารถปรับแก้ไขวิธีการประมวลผลให้ช่วยรองรับและยืดหยุ่นต่อการรับรู้แต่ละรูปแบบพฤติกรรม เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการประมวลผลให้เพิ่มขึ้นได้

4.2 ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างในการตอบสนองทางการปรับเปลี่ยนรูปแบบของระบบต้นแบบแผงกันแดดเมื่อเปรียบเทียบกับที่กำหนดในทฤษฎีค่าความส่องสว่างมาตรฐาน IES โดยผ่านการวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความส่องสว่างของแสง

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างในแต่ละรูปแบบพฤติกรรมของระบบต้นแบบ เป็นการประเมินผลเปรียบเทียบเชิงปริมาณระหว่างค่าความส่องสว่างในแต่ละรูปแบบพฤติกรรมที่วัดได้จากการทดลองจริงกับค่าความส่องสว่างที่กำหนดในทฤษฎีซึ่งในการประเมินผลวิจัยนี้ใช้ค่ามาตรฐาน IES เพื่อประเมินความถูกต้องในการแสดงผลของระบบต้นแบบ โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความส่องสว่างของแสงโดยทำการติดตั้งไว้กลางห้องระดับความสูง 165 ซม. จากระดับพื้นห้อง

ในขั้นตอนการประเมินค่าความส่องสว่างในแต่ละรูปแบบพฤติกรรม ได้ควบคุมให้ระบบต้นแบบแผงกันแดดปรับเปลี่ยนการเปิดและปิดรูปแบบที่จะใช้ประเมิน ตลอดจนควบคุมแสงที่เข้าสู่ภายในสถาปัตยกรรมกรณีศึกษาพื้นที่สถานที่ส่วนบุคคล ดำเนินการประเมินโดยบันทึกค่าความส่องสว่างผ่านโปรแกรมบันทึกผลและนำมาวิเคราะห์ผลการประเมินดังตารางที่ 4.38 - 4.42

ตารางที่ 4.38

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมการนอน

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
1	0 - 50	27	100%
		27	100%
		27	100%
		28	100%
		27	100%
2	0 - 50	27	100%
		40	100%
		40	100%
		39	100%
		39	100%
		39	100%
3	0 - 50	50	100%
		48	100%
		49	100%
		49	100%
		45	100%
		45	100%
		45	100%
4	0 - 50	44	100%
		40	100%
		42	100%
		43	100%
		43	100%
		41	100%

ตารางที่ 4.38 (ต่อ)

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมการนอน

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
5	0 - 50	48	100%
		46	100%
		45	100%
		44	100%
		42	100%
		41	100%
6	0 - 50	30	100%
		30	100%
		31	100%
		31	100%
		31	100%
		31	100%

ตารางที่ 4.39

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมการเดิน

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
1	50 - 100	79	100%
		74	100%
		79	100%
		82	100%
		70	100%
		91	100%
		75	100%

ตารางที่ 4.39 (ต่อ)

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมการเดิน

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
2	50 - 100	85	100%
		86	100%
		97	100%
		84	100%
		56	100%
		50	100%
		54	100%
3	50 - 100	100	100%
		80	100%
		78	100%
		90	100%
		89	100%
		96	100%
4	50 - 100	81	100%
		77	100%
		89	100%
		80	100%
		90	100%
		86	100%
5	50 - 100	99	100%
		96	100%
		150	50%
		96	100%
		93	100%
		84	100%

ตารางที่ 4.39 (ต่อ)

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมการเดินทาง

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
6	50 - 100	82	100%
		72	100%
		81	100%
		80	100%
		89	100%
		87	100%

ตารางที่ 4.40

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมนั่งเล่น - อ่านหนังสือ

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
1	100 - 300	150	100%
		148	100%
		168	100%
		181	100%
		169	100%
		124	100%
2	100 - 300	175	100%
		188	100%
		199	100%
		186	100%
		184	100%
		174	100%

ตารางที่ 4.40 (ต่อ)

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมนั่งเล่น - อ่านหนังสือ

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
3	100 - 300	235	100%
		285	100%
		263	100%
		262	100%
		249	100%
4	100 - 300	200	100%
		254	100%
		217	100%
		166	100%
		250	100%
		185	100%
5	100 - 300	237	100%
		249	100%
		256	100%
		222	100%
		250	100%
6	100 - 300	176	100%
		192	100%
		157	100%
		161	100%
		170	100%
		175	100%

ตารางที่ 4.41

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
1	200 - 500	317	100%
		306	100%
		322	100%
		310	100%
		306	100%
		302	100%
2	200 - 500	317	100%
		307	100%
		307	100%
		305	100%
		305	100%
		317	100%
3	200 - 500	489	100%
		469	100%
		469	100%
		458	100%
		439	100%
		430	100%
4	200 - 500	429	100%
		399	100%
		387	100%
		398	100%
		384	100%

ตารางที่ 4.41 (ต่อ)

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
5	200 - 500	432	100%
		402	100%
		406	100%
		389	100%
		384	100%
		375	100%
		355	100%
6	200 - 500	327	100%
		362	100%
		408	100%
		359	100%
		400	100%

ตารางที่ 4.42

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
1	300 - 500	309	100%
		305	100%
		308	100%
		326	100%
		305	100%

ตารางที่ 4.42 (ต่อ)

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
2	300 - 500	328	100%
		311	100%
		321	100%
		328	100%
		317	100%
		306	100%
3	300 - 500	410	100%
		406	100%
		406	100%
		399	100%
		399	100%
		375	100%
4	300 - 500	367	100%
		327	100%
		339	100%
		370	100%
		353	100%
		338	100%
		336	100%
5	300 - 500	348	100%
		346	100%
		375	100%
		315	100%
		315	100%

ตารางที่ 4.42 (ต่อ)

ความถูกต้องของค่าความส่องสว่างของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์

ครั้งที่	ค่า IES ทางทฤษฎี (lux)	ค่าที่วัดได้ทางปฏิบัติ(lux)	ค่าความถูกต้อง
6	300 - 500	417	100%
		415	100%
		382	100%
		367	100%
		400	100%

ผลการประเมินการแสดงถึงค่าความถูกต้องของความส่องสว่างในแต่ละรูปแบบพฤติกรรมการใช้ในการทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

(1) พฤติกรรมการนอน ผลการประเมินแสดงถึงค่าความถูกต้องของความส่องสว่างในพฤติกรรมการนอนที่สูงถึงร้อยละ 100 จากการทดสอบทั้ง 6 รอบ จำนวนทั้งหมด 36 ครั้ง ซึ่งค่าความส่องสว่างที่วัดได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0 - 50 lux ตามค่ามาตรฐาน IES ที่กำหนดไว้

(2) พฤติกรรมการเดิน ผลการประเมินแสดงถึงค่าความถูกต้องของความส่องสว่างในพฤติกรรมการเดินจากการทดสอบทั้ง 6 รอบ จำนวนทั้งหมด 38 ครั้ง ซึ่งมีค่าความถูกต้องของความส่องสว่างที่สูงถึงร้อยละ 100 เป็นจำนวน 37 ครั้ง ที่อยู่ในช่วง 50 - 100 lux ตามค่ามาตรฐาน IES ที่กำหนดไว้มีเพียง 1 ครั้ง ที่ค่าความถูกต้องเป็นร้อยละ 50 เนื่องจากความผิดพลาดของผลการประมวลรูปแบบพฤติกรรมการเดิน ทำให้ระบบหยุดทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบเปิดหรือปิดของแผงกันแดด

(3) พฤติกรรมนั่งเล่น - อ่านหนังสือ ผลการประเมินแสดงถึงค่าความถูกต้องของความส่องสว่างในพฤติกรรมนั่งเล่น - อ่านหนังสือ จากการทดสอบทั้ง 6 รอบ จำนวนทั้งหมด 34 ครั้ง ซึ่งมีค่าความถูกต้องของความส่องสว่างที่สูงถึงร้อยละ 100 เป็นจำนวน 34 ครั้ง ที่อยู่ในช่วง 100 - 300 lux ตามค่ามาตรฐาน IES

(4) พฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน ผลการประเมินแสดงผลถึงค่าความถูกต้องของความส่องสว่างในพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน จากการทดสอบทั้ง 6 รอบ จำนวนทั้งหมด 35 ครั้ง ซึ่งมีค่าความถูกต้องของความส่องสว่างที่สูงถึงร้อยละ 100 เป็นจำนวน 35 ครั้ง ที่อยู่ในช่วง 200 - 500 lux ตามค่ามาตรฐาน IES

(5) พฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ ผลการประเมินแสดงผลถึงค่าความถูกต้องของความส่องสว่างในพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ จากการทดสอบทั้ง 6 รอบ จำนวนทั้งหมด 34 ครั้ง ซึ่งมีค่าความถูกต้องของความส่องสว่างถึงร้อยละ 100 ที่อยู่ในช่วง 300 - 500 lux ตามค่ามาตรฐาน IES

4.3 ระยะเวลาในการทำงานของระบบต้นแบบแผงกันแดด

ระยะเวลาในการทำงานของระบบต้นแบบแผงกันแดด เป็นการประเมินผลด้วยการหาค่าเฉลี่ยระยะเวลาในแต่ละรูปแบบพฤติกรรมการใช้พื้นที่จากผลการทดสอบทั้ง 6 ครั้ง ที่บันทึกค่าผ่านโปรแกรม โดยใช้ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นประมวลผลรูปแบบพฤติกรรมจนถึงสิ้นสุดการควบคุมให้ระบบต้นแบบแผงกันแดดปรับเปลี่ยนการเปิดและปิดรูปแบบที่จะใช้ประเมิน และนำมาวิเคราะห์ผลการประเมินในตารางที่ 4.43 - 4.47

ตารางที่ 4.43

ระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมกรนอน

ครั้งที่	ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)							ค่าเฉลี่ย
1	1.2	1.2	1.2	2.0	2.2	1.7	-	1.58
2	1.7	1.4	1.4	2.2	-	-	-	1.68
3	1.2	1.2	0.6	2.1	0.8	1.0	1.3	1.17
4	1.8	1.0	1.2	0.6	0.8	1.2	-	1.1
5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.6	2.5	-	1.68
6	1.8	2.6	1.8	1.6	1.4	-	-	1.84
ระยะเวลาเฉลี่ยรวม								1.51

ตารางที่ 4.44

ระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมกรเดิน

ครั้งที่	ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)							ค่าเฉลี่ย
1	4.2	1.9	1.6	1.2	0.8	1.3	-	1.83
2	2.8	1.2	1.2	1.4	-	-	-	1.65
3	23.7	4.8	5.1	2.9	15.9	3.6	-	9.33
4	3.6	1.8	2.2	2.8	6.4	2.4	-	3.2
5	3.5	2.9	18.8	2.6	3.8	10.8	-	7.07
6	7.4	2.8	3.2	0.8	3.9	3.0	-	3.52
ระยะเวลาเฉลี่ยรวม								4.43

ตารางที่ 4.45

ระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมนั่งเล่น - อ่านหนังสือ

ครั้งที่	ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)							ค่าเฉลี่ย
1	4.8	1.0	1.2	0.6	0.2	-	-	1.56
2	7.1	3.8	0.7	4.5	4.2	8.0	-	4.72
3	3.2	0.6	2.8	1.4	3.3	-	-	2.26
4	1.0	2.2	1.8	1.2	1.3	3.4	-	1.82
5	1.4	1.2	12.3	6.0	2.2	-	-	4.62
6	3.0	2.2	5.0	1.2	1.2	0.6	-	2.2
ระยะเวลาเฉลี่ยรวม								2.86

ตารางที่ 4.46

ระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน

ครั้งที่	ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)							ค่าเฉลี่ย
1	1.8	1.4	1.7	0.8	0.7	0.6	0.8	0.98
2	1.4	1.6	2.9	1.5	1.4	2.6	0.8	1.74
3	1.2	1.6	1.8	1.8	1.8	1.7	-	1.65
4	2.4	1.8	1.8	1.4	1.7	-	-	1.82
5	1.3	1.3	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.66
6	2.3	1.9	2.1	2.5	1.8	1.7	2.1	2.06
ระยะเวลาเฉลี่ยรวม								1.65

ตารางที่ 4.47

ระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์

ครั้งที่	ระยะเวลาเริ่มต้นถึงหยุดการทำงาน (วินาที)							ค่าเฉลี่ย
1	2.3	1.9	2.1	2.1	1.8	2.2	-	2.07
2	2.1	2.1	2.2	2.7	2.3	2.8	2.2	2.34
3	1.2	1.9	1.4	1.4	1.4	1.6	-	1.48
4	2.4	1.8	2.0	3.0	1.8	1.4	1.2	1.94
5	2.5	2.0	1.8	2.2	2.6	-	-	2.22
6	2.2	1.9	1.8	2.0	1.8	2.1	-	1.97
ระยะเวลาเฉลี่ยรวม								2.00

ผลการประเมินแสดงถึงระยะเวลาในการทำงานแต่ละรูปแบบพฤติกรรมมีดังนี้

(1) พฤติกรรมการนอน ผลการประเมินแสดงถึงระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมนอนที่มีระยะเวลาเฉลี่ยรวม 1.51 วินาที โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยที่ดีที่สุด 1.1 วินาทีและช้าที่สุด 1.92 วินาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่นานสำหรับการทำงานของระบบ

(2) พฤติกรรมการเดิน ผลการประเมินแสดงถึงระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมเดินที่มีระยะเวลาเฉลี่ยรวม 4.43 วินาที โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยที่ดีที่สุด 1.65 วินาทีและช้าที่สุด 9.33 วินาที เนื่องจากความผิดพลาดของผลการประมวลรูปแบบพฤติกรรมการเดิน ทำให้ระบบใช้ระยะเวลาทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบเปิดหรือปิดแผงกันแดดนานกว่า 1.65 วินาที

(3) พฤติกรรมนั่งเล่น - อ่านหนังสือ ผลการประเมินแสดงถึงระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมนั่งเล่น - อ่านหนังสือ ที่มีระยะเวลาเฉลี่ยรวม 2.86 วินาที โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยที่ดีที่สุด 1.56 วินาทีและช้าที่สุด 4.72 วินาที เนื่องจากความผิดพลาดของผลการประมวลรูปแบบพฤติกรรมทำให้ระบบใช้ระยะเวลาทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบเปิดหรือปิดแผงกันแดดนานกว่า 1.56 วินาที

(4) พฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน ผลการประเมินแสดงถึงระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมใช้พื้นที่ทำงาน ที่มีระยะเวลาเฉลี่ยรวม 1.65 วินาที โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยที่ดีที่สุด 0.98 วินาทีและช้าที่สุด 2.06 วินาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่นานสำหรับการทำงานของระบบ

(5) พฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ ผลการประเมินแสดงถึงระยะเวลาในการทำงานของพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ ที่มีระยะเวลาเฉลี่ยรวม 2 วินาที โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยที่ดีที่สุด 1.48 วินาทีและช้าที่สุด 2.34 วินาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่นานสำหรับการทำงานของระบบ

4.4 การประเมินผลเปรียบเทียบค่าวัสดุอุปกรณ์ระหว่างระบบพัฒนาในงานวิจัย ระบบบานเกล็ดปกติที่ติดชุดอุปกรณ์เปิด-ปิดอัตโนมัติและระบบจากกรณีศึกษา

การประเมินผลเปรียบเทียบค่าวัสดุอุปกรณ์เพื่อแสดงถึงความคุ้มค่าในงานวิจัยและพัฒนาซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ในเรื่องของการหาวัสดุอุปกรณ์ได้ง่ายที่มีอยู่ในประเทศไทยและยังมีราคาถูก โดยนำมาเปรียบเทียบระหว่างงานวิจัยระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติ ระบบบานเกล็ดปกติที่ติดชุดอุปกรณ์เปิด-ปิดอัตโนมัติ และระบบจากกรณีศึกษาที่ใกล้เคียง

(1) ระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรม

วัสดุอุปกรณ์ของระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมเป็นวัสดุอุปกรณ์ที่มีขายทั่วไปตามร้านค้าอุปกรณ์ก่อสร้างและร้านค้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งแบ่ง 2 ส่วนดังนี้

ตารางที่ 4.48

ราคาวัสดุอุปกรณ์ระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรม

1)	วัสดุอุปกรณ์แฉงกันแดด	หน่วย	ราคา (บาท)
1.1)	ขาเกล็ด 4 นิ้ว 11 เกล็ด ความยาว 1 เมตร	2	160
1.2)	อลูมิเนียมตัวซี(6 ม. x 0.18 ม.)	4	280
1.3)	แผ่นอลูมิเนียมสีดำ หนา 3 มม. ขนาด(1 ม. X 1.2 ม.)	1	600
1.4)	โครงไม้ต่อ	1	120
1.5)	น๊อต	100	25
	รวมราคาวัสดุอุปกรณ์แฉงกันแดด	-	1,185
2)	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	หน่วย	ราคา (บาท)
2.1)	Kinect Sensor xbox 360	1	4,500
2.2)	Microcontroller Arduino UNO	1	390
2.3)	Servo Motor S677 2BB/MG	3	4,420
2.4)	Light Sensor (BH 1750)	1	169
2.5)	LED Backlight TC 1602A-10T	1	190
	รวมราคาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	-	9,669
	รวมราคาวัสดุอุปกรณ์ทั้ง 2 ประเภท	-	10,754

- หมายเหตุ. สืบค้นจาก 2.1) http://www.microsoftstore.com/store/msusa/en_US/pdp/Kinect-for-Xbox-360/productID.253169000
- 2.2) http://www.ec.in.th/index.php?route=product/product&product_id=1002
- 2.3) <http://www.etteam.com>
- 2.4) www.ec.in.th/bh1750fvi_light_sensor
- 2.5) <http://www.etteam.com>

(2) ระบบบานเกล็ดปกติที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์เปิด-ปิดอัตโนมัติ

ระบบบานเกล็ดปกติเป็นระบบทั่วไปที่ติดตั้งกับช่องเปิดภายในอาคาร การปรับเปลี่ยนรูปแบบเปิดและปิดจากการหมุนชุดอุปกรณ์ของบานเกล็ดโดยผู้ใช้งาน หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก ซึ่งในระบบมีวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ 5 อย่าง ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

ตารางที่ 4.49

ราคาวัสดุอุปกรณ์ระบบบานเกล็ดปกติที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์เปิด-ปิดอัตโนมัติ

1)	วัสดุอุปกรณ์แฉกกันแดด	หน่วย	ราคา (บาท)
1.1)	ขาเกล็ด 4 นิ้ว 11 เกล็ด ความยาว 1 เมตร	2	160
1.2)	ชุดอุปกรณ์หมุนบานเกล็ด	2	96
1.3)	อลูมิเนียมกันขอบ	2	24
1.4)	กระจกบานเกล็ดใสหนา 5 มม.(4 นิ้ว x 0.6 ม.)	22	352
	รวมราคาวัสดุอุปกรณ์แฉกกันแดด	-	632
2)	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	หน่วย	ราคา (บาท)
2.1)	มอเตอร์ท่อสำหรับชุดเตอร์หน้าต่าง	2	6,210
	รวมราคาค่าวัสดุอุปกรณ์ทั้ง 2 ประเภท	-	6,542

หมายเหตุ. สืบค้นจาก 1) <http://www.scgexperience.co.th/stocks/media/002a98.pdf>

2) <http://th.aliexpress.com/item/2014-New-Arrival-Special-Offer-Horizontal-Venetian-Blinds-Zebra-Blinds-Louver-25mm-1n-Tubular-Motor-for/1995197604.html>

(3) ระบบจากกรณีศึกษาที่ใกล้เคียง

จากกรณีศึกษาที่ใกล้เคียงได้เลือกงานวิจัยที่เปิดเผยงบประมาณค่าก่อสร้างอาคาร Institut du Monde Arabe, Paris, by Jean Nouvel, 1987 (จากบทที่ 2.2) นำมาเปรียบเทียบกับค่าวัสดุอุปกรณ์โดยคิดจากขนาดช่องเปิดที่เท่ากัน (1.25 ม. x 1 ม.)



ภาพที่ 4.7 ภาพแสดงอาคาร Institut du Monde Arabe, Paris, by Jean Nouvel, 1987 สืบค้นจาก : <http://www.thenational.ae/storyimage/AB/20140103/ARTICLE/140109797/EP/1/3/EP-140109797.jpg&MaxW=640&imageVersion=default>

งบประมาณการก่อสร้างอาคารทั้งหมดของอาคารนี้คือ 52,000,000 Euro คิดเป็นเงินบาท 2,126,290,400 บาท (อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินยูโรเป็นบาทในวันที่ 22/09/57 โดยอ้างอิงจาก <https://www.google.co.th/#q=52000000+EU+to+thb>) โดยการค้นหาไม่พบการแจกแจงค่าใช้จ่ายในส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์หน้าต่างอัตโนมัติที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งติดตั้งทางทิศใต้ของอาคารเท่านั้น โดยประเมินค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ 10% จากงบประมาณการก่อสร้างอาคารทั้งหมดเป็นจำนวนเงิน 212,629,040 บาท ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด $69.6 \times 29 = 2,018.4$ ตร.ม.จะเฉลี่ยตร.ม.ละ 105,345.34 บาท เมื่อพิจารณาแล้วคิดจากขนาดช่องเปิดที่เท่ากันซึ่งมีขนาด $1.25 \times 1 = 1.25$ ตร.ม.เป็นจำนวนเงิน 131,682 บาท เนื่องจากอาคารนี้สร้างตอนค่าวัสดุอุปกรณ์และเทคโนโลยีนั้นมีราคาสูงกว่าในปัจจุบัน

ตารางที่ 4.50

เปรียบเทียบราคาและคุณสมบัติระหว่างระบบ

		ระบบพัฒนาในงานวิจัย	ระบบบานเกล็ดปกติที่ติดตั้งอุปกรณ์อัตโนมัติ	ระบบจากกรณีศึกษา
1)	วัสดุอุปกรณ์ (บาท)	1,185	632	n/a
2)	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (บาท)	9,669	6,210	n/a
	รวม (บาท)	10,754	6,542	131,682
3)	เปิด-ปิดอัตโนมัติ	.✓	.✓	.✓
4)	ความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อผู้ใช้งาน	.✓	-	-
5)	สุนทรียภาพ	.✓	-	.✓

จากตารางเปรียบเทียบได้แสดงถึงค่าวัสดุอุปกรณ์ของแต่ละระบบซึ่งระบบแรกเป็นระบบบานเกล็ดปกติที่ติดตั้งอุปกรณ์เปิด-ปิดอัตโนมัติ มีราคารวม 6,542 บาท สามารถทำการเปิด-ปิดบานเกล็ดได้อัตโนมัติเพียงแกนเดียวโดยไม่สามารถเปิด-ปิดบานเกล็ดตามพฤติกรรมการใช้งานและไม่สามารถปรับความส่องสว่างให้เหมาะสมต่อผู้ใช้งาน

ส่วนระบบพัฒนาในงานวิจัย ที่มีราคารวม 10,754 บาท สามารถเปิด-ปิดบานเกล็ดตามพฤติกรรมการใช้งานได้ทั้งสองแนวแกนและปรับความส่องสว่างให้เหมาะสมต่อผู้ใช้งาน ซึ่งยังไม่รวมถึงสุนทรียภาพที่สวยงามน่าใช้งานที่มีมูลค่าแพงกว่าระบบบานเกล็ดปกติที่ติดตั้งอุปกรณ์เปิด-ปิดอัตโนมัติ 2.88 เท่า เมื่อพิจารณาแล้วราคาที่แพงกว่าของระบบพัฒนาในงานวิจัยนั้นไม่มากนักซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าทั้งในเรื่องของการใช้งาน สุขภาพของผู้ใช้งานและทางด้านสุนทรียภาพที่เป็นอัตลักษณ์ของสถานที่นั้นๆ

ระบบจากกรณีศึกษา มีราคารวม 131,682 บาท ซึ่งพิจารณาจากขนาดช่องเปิดที่เท่ากันนั้น สามารถเปิด-ปิดช่องเปิดในแต่ละช่องที่แตกต่างกันได้อัตโนมัติจากแสงภายนอกอาคาร และมีสุนทรียภาพที่สวยงามเป็นอัตลักษณ์ของอาคาร Institut du Monde Arabe แต่เมื่อมาพิจารณาแล้วความสามารถที่เปิด-ปิดช่องเปิดนั้นไม่ได้นำความส่องสว่างที่เหมาะสมแก่ผู้ใช้งานและมีมูลค่าที่สูงกว่าระบบอื่น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบพัฒนาในงานวิจัยซึ่งมีราคาถูกกว่าและสามารถปรับความส่องสว่างให้เหมาะสมต่อผู้ใช้งานได้นั้น รวมถึงมีสุนทรียภาพที่สวยงามและเป็นอัตลักษณ์ของสถานที่

บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการพัฒนา

ผลการวิจัยและพัฒนาาระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมเพื่อการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการบูรณาการระหว่างสถาปัตยกรรมตอบสนองและเทคโนโลยี ในการพัฒนาสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถในการเคลื่อนไหว ผ่านการศึกษาการติดตั้งระบบแผงกันแดดอัตโนมัติในสถานที่ส่วนบุคคล ซึ่งมีผลที่ดีต่อผู้ใช้งานที่ได้รับคุณภาพความส่องสว่างของแสงที่เหมาะสมต่อพฤติกรรม

ถึงแม้ว่าผลการวิจัยและพัฒนาจะแสดงให้เห็นผลของความสำเร็จในการบูรณาการ อย่างไรก็ตามผลนั้นก็ได้อธิบายถึงข้อจำกัด ขีดความสามารถ อุปสรรค และทิศทางที่จะพัฒนาสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถรับรู้ถึงพฤติกรรมของมนุษย์ต่อไปในอนาคตด้วย

5.1 สรุปผลการพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติ

การวิจัยและพัฒนาาระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมเพื่อการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ ได้สรุปผลการพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

5.1.1 สรุปผลการพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติส่วนประมวลผล

จากการวิจัยและพัฒนาส่วนประมวลผลจากการตรวจสอบผลการทดลองและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับและประมวลผลสถานะการใช้งาน สรุปผลการประเมินและความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

(1) จากผลการประเมินการตรวจจับและประมวลผลสถานะใช้งานในแต่ละพื้นที่ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบพฤติกรรมของระบบต้นแบบ มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องที่สูงถึงร้อยละ 98.14 แต่ทั้งนี้ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการตรวจจับสถานะการใช้งานในแต่ละพื้นที่ไม่สอดคล้องกับรูปแบบพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งมีผลต่อการประมวลผลในการปรับเปลี่ยนรูปแบบความส่องสว่างของแผงกันแดดอัตโนมัติ

(2) ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น จากการตรวจสอบเกิดจากขั้นตอนการประมวลผลรูปแบบพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ของระบบสามารถปรับแก้ไขวิธีการประมวลผลให้ช่วยรองรับและยืดหยุ่นต่อการรับรู้แต่ละรูปแบบพฤติกรรมเพื่อเพิ่มความถูกต้องของการประมวลผลให้เพิ่มขึ้นได้

5.1.2 สรุปผลการพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติส่วนแสดงผล

จากการวิจัยและพัฒนาส่วนแสดงผลเนื่องจากแผงกันแดดมีขนาดที่เท่ากับขนาดช่องเปิดจริง ปัญหาเรื่องโครงสร้าง ความแข็งแรงของวัสดุ การปรับเปลี่ยนรูปแบบ และน้ำหนัก ซึ่งมีผลในการแสดงผลให้มีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้จึงมีการทดลองใช้วัสดุในการพัฒนาแผงกันแดดและบันทึกผลข้อดีและข้อเสียปรับเปลี่ยนจนออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ แบ่งออกมาเป็น 3 หัวข้อดังนี้

(1) ปัญหาในการติดตั้งระบบบานเกล็ดทั้งสองแนวแกน

โดยบานเกล็ดปกติตัวกระจกจะใส่เต็มพื้นที่ของช่องเกล็ดแต่ละอันซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงเชื่อมระหว่างเกล็ดและทำหน้าที่กันแดดไปพร้อมกันแต่เมื่อได้เพิ่มเกล็ดในสองแนวแกนจะทำให้ใส่โครงเชื่อมระหว่างเกล็ดซ้ายกับเกล็ดขวา หรือเกล็ดบนกับเกล็ดล่างเต็มช่องเกล็ดแต่อันไม่ได้ซึ่งจะทำให้ขัดกันเปิด-ปิดไม่ได้ จึงได้พัฒนาวิธีลดขนาดโครงเชื่อมระหว่างเกล็ดและการติดโครงเชื่อมเกล็ดที่ต่างระยะกันของแต่ละแกน คือ การลดโครงเชื่อมระหว่างเกล็ดทำให้ในแต่ละแนวแกนสามารถติดโครงเชื่อมต่างระยะกันได้บนระนาบเดียวกันเพื่อไม่ให้ขัดกันตอนเปิดและปิด

(2) วัสดุที่นำมาใช้เป็นโครงเชื่อมระหว่างเกล็ด

การลดขนาดโครงเชื่อมระหว่างเกล็ด ทำให้ระบบสามารถทำงานได้นั้นโครงเชื่อมจะต้องมีความแข็งแรงและมีน้ำหนักเบาเพื่อให้ Servo Motor สามารถขับเคลื่อนระบบการเคลื่อนไหวของแผงกันแดดอัตโนมัตินี้ได้

(2.1) แผ่นเหล็กแบนขาว-สัมมนา 1.2 มิลลิเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร

ในการทดลองลดขนาดโครงเชื่อมระหว่างเกล็ดครั้งแรก ได้ใช้วัสดุเป็นแผ่นเหล็กแบนขาว-สัมมนา 1.2 มิลลิเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร ซึ่งได้ผลปรากฏว่าโครงเชื่อมมีความแข็งแรงสามารถปรับเปลี่ยนขาเกล็ดได้ทั้งสองฝั่ง แต่เมื่อใส่โครงเชื่อมครบทุกเกล็ดทำให้มีน้ำหนักมาก การปรับเปลี่ยนจะต้องใช้แรงมาก ซึ่งทำให้ Servo Motor ไม่ทำงาน

(2.2) แผ่นอลูมิเนียมแบนหนา 3 มิลลิเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร

ในการทดลองครั้งที่สอง ได้เปลี่ยนวัสดุเป็นแผ่น อลูมิเนียมแบนหนา 3 มิลลิเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร ซึ่งได้ผลปรากฏว่าโครงเชื่อมมีความแข็งแรงน้อยกว่าแผ่นเหล็กแบนแต่น้ำหนักมีเบา เมื่อทำการปรับเปลี่ยนด้านใดด้านหนึ่งแผ่นอลูมิเนียมที่มีความให้ตัวและยืดหยุ่นสูงทำให้การปรับเปลี่ยนเกิดความไม่สมบูรณ์

(2.3) อลูมิเนียมรูปตัดตัวซีหนา 5 มิลลิเมตร กว้าง 1.8 เซนติเมตร

ในทดลองการลดขนาดโครงเชื่อมครั้งที่สาม ได้ใช้วัสดุเป็นอลูมิเนียมรูปตัดตัวซีหนา 5 มิลลิเมตร กว้าง 1.8 เซนติเมตร ที่มีความแข็งแรงกว่าแผ่นอลูมิเนียมแบนและมีน้ำหนักเบากว่า ซึ่งได้ผลปรากฏว่าโครงเชื่อมมีความแข็งแรงและน้ำหนักเบาสามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายและสมบูรณ์ ผลสรุปในการทดลองจึงได้วัสดุเป็นอลูมิเนียมรูปตัดตัวซีมาเป็นโครงเชื่อมระหว่างเกล็ด

(3) การติดตั้งวัสดุกันแดดที่เป็นพื้นผิวรูปทรงสามเหลี่ยม

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติส่วนพื้นผิวของแผงกันแดดอัตโนมัติ จะต้องมีความสามารถในการป้องกันแดดเข้ามาสู่ภายในอาคาร และมีการสะท้อนแสงหรือรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงได้ ซึ่งวัสดุที่จะนำมาใช้ควรมีน้ำหนักเบา จากคุณสมบัติหลักตามที่ต้องการและโครงสร้างที่บังคับการเปิดและปิดได้ทั้งสองแนวแกน ในการวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้แผ่น อคิลิกสีดำทึบหนา 3 มิลลิเมตร ตัดเป็นรูปเลขาคณิตทรงสามเหลี่ยมจากโครงสร้างที่เป็นตัวบังคับรูปทรง และนำไปติดตั้งที่โครงเชื่อมระหว่างเกล็ดทั้งแนวตั้งและแนวนอน ในแต่ละช่องจะมีแผ่นอคิลิกรูปสามเหลี่ยม 2 ชิ้นซึ่งติดแล้วเมื่อรวมกันจะกลายเป็นรูปสี่เหลี่ยม ในการติดตั้งมีหลายรูปแบบ ทำให้เกิดช่องเปิดที่ให้แสงไม่เหมือนกันในแต่ละรูปแบบ และบางรูปแบบเมื่อติดตั้งแล้วทำเปิดและปิดได้ที่ละแกน หรือเปิดและปิดพร้อมกันทั้งสองแนวแกนไม่ได้ เนื่องจากเกิดการขบกันของพื้นผิวในตอนปรับเปลี่ยนองศาแต่ละแนวแกน จากการได้ทำการทดลองและวิจัยเสนอแนะให้ติดตั้งทิศทางเดียวกันในแต่ละโครงเชื่อมระหว่างเกล็ด เพื่อไม่ให้เกิดการขบกันของพื้นผิวในตอนปรับเปลี่ยนองศาแต่ละแนวแกน

5.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมเพื่อการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่

จากการวิจัยและทดลองระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมเพื่อการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ สรุปได้ว่า ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความต้องการแสงสว่างที่เหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้พื้นที่ในสถานที่ส่วนบุคคล ประกอบด้วย

5.2.1 ปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติ

เป็นปัจจัยทางสภาวะสิ่งแวดล้อมภายนอกสถาปัตยกรรมหรือสภาพอากาศ ลักษณะความแปรปรวนของแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้า เช่น มีเมฆมาก ฝนตก มีเครื่องบินผ่าน เป็นต้น

5.2.2 ปัจจัยภายในที่ส่งผลต่อระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติ

เป็นปัจจัยทางสภาวะสิ่งแวดล้อมภายในสถาปัตยกรรมหรือสิ่งของเฟอร์นิเจอร์ที่มีเพิ่มอาจทำให้บังการตรวจจับของเซนเซอร์ การปรับเปลี่ยนตำแหน่งของกิจกรรมและเฟอร์นิเจอร์ภายในจะเกิดผลกระทบต่อโปรแกรมที่เขียนไว้โดยเฉพาะรูปแบบที่กำหนดรวมทั้งตำแหน่งของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ไม่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่ง

5.3 ความส่องสว่างที่เหมาะสมเพื่อการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่

การปรับเปลี่ยนความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ภายในสถาปัตยกรรม สามารถทำได้โดยใช้ระบบควบคุมแสงกันแดดอัตโนมัติผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของค่ามาตรฐานความส่องสว่างที่มีความเหมาะสมต่อพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละพื้นที่นั้น ในการวิจัยและพัฒนากรณีศึกษา สถานที่ส่วนบุคคล พฤติกรรมในการใช้พื้นที่แต่ละรูปแบบมีความต้องการความส่องสว่างที่เหมาะสมแตกต่างกันไป เพื่อนำไปสู่การส่งเสริมประสิทธิภาพในการทำงาน ความสะดวกสบาย สุขทรียภาพและคุณภาพชีวิตที่ดี

5.4 ข้อเสนอแนะการวิจัยและพัฒนา

ข้อเสนอแนะการวิจัยและพัฒนา ระบบควบคุมแสงกันแดดอัตโนมัติผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ ซึ่งได้แบ่งเป็น 2 ส่วน โดยจะนำเสนอข้อจำกัดที่มีอยู่ในระบบและแนวทางการพัฒนาระบบในอนาคต

5.4.1 ข้อจำกัดที่มีอยู่ในระบบ

5.4.1.1 การงานใช้ในสถาปัตยกรรม

ในการวิจัยและพัฒนา ระบบควบคุมแสงกันแดดอัตโนมัติผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ เป็นการทดลองวิจัยในประเภทพื้นที่พักอาศัยส่วนบุคคล โดยผู้วิจัยได้เลือกทำการทดลองวิจัยในห้องนอนของตนเอง มีขนาด 16 ตร.ม. ซึ่งพฤติกรรมที่ใช้งานในห้องมีความต้องการแสงสว่างที่แตกต่างกัน และเลือกมา 5 พฤติกรรม คือ พฤติกรรมการนอน พฤติกรรมการเดิน พฤติกรรมการนั่งเล่น - อ่านหนังสือ พฤติกรรมการใช้พื้นที่ทำงาน และพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ นำมาทดลองวิจัยเพื่อลดขั้นตอนในการพิสูจน์ความเป็นไปได้ของระบบ ซึ่งในพฤติกรรมการใช้งานจริงมีมากกว่า 5 พฤติกรรม บางพฤติกรรมสามารถนำมาใช้ในการทดลองวิจัยได้แต่ยังไม่ได้นำมาใช้ในการวิจัย บางพฤติกรรมยังไม่สามารถนำมาทดลองวิจัยได้เนื่องจากอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยยังไม่สามารถตรวจจับพฤติกรรมได้ละเอียดพอที่จะแบ่งแยกในบางพฤติกรรม

5.4.1.2 ผู้ใช้งาน

ในการวิจัยและพัฒนาประเภทผู้ใช้งานเป็นบุคคลปกติที่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ ซึ่งผู้วิจัยเป็นคนทำการทดลองศึกษาความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาระบบแสงกันแดดที่สามารถปรับเปลี่ยนความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมที่พึงกระทำอยู่ เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมต่างๆ อำนวยความสะดวกสบาย และสุนทรียภาพในการปรับเปลี่ยนของแสงกันแดด

การวิจัยและพัฒนาระบบผู้วิจัยได้ออกแบบจำนวนผู้ใช้งานในสถานที่เพียง 1 คน จากความหลากหลายทางพฤติกรรมของผู้ใช้งาน เพื่อทดลองความเป็นไปได้ในการทำงานของระบบ ซึ่งในเทคนิคได้ลดความซับซ้อนลงมากในการเลือกใช้อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับผู้ใช้งานและการเขียนโปรแกรมในการควบคุมระบบ ส่งผลถึงขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาในแต่ละองค์ประกอบที่เหมาะสมของระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติ ซึ่งการใช้งานจริงในสถานที่ส่วนใหญ่จะมีผู้ใช้งานมากกว่า 1 คน

5.4.1.3 รูปแบบและขนาดของแผงกันแดดอัตโนมัติ

รูปแบบและขนาดของแผงกันแดดอัตโนมัติ ในการวิจัยและพัฒนาผู้วิจัยทดลองรูปแบบและขนาดที่เหมาะสมกับสถานที่ในการทดลองมีขนาด 1.25 ม. x 1 ม. ซึ่งรูปแบบมีผลมาจากวัสดุบานเกล็ดที่นำมาใช้ในการพัฒนา กำลังของมอเตอร์ รวมทั้งจากการศึกษารูปแบบช่องเปิด (จากบทที่ 2.1.3) และการพัฒนาการเปิด-ปิดทั้งสองแนวแกน ส่งผลให้เกิดรูปทรงเลขาคณิตสามเหลี่ยมในแต่เกล็ด ซึ่งสามารถควบคุมความส่องสว่างและสุนทรียภาพที่สวยงามในการปรับเปลี่ยนแผงกันแดด แต่ในการใช้งานที่จะนำมาใช้กับอาคารขนาดใหญ่ที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่และยาวกว่านั้น จะต้องทำการพัฒนาการเชื่อมต่อระหว่างแผงกันแดด การเปลี่ยนขนาดกำลังของมอเตอร์ หรือเปลี่ยนวัสดุที่แข็งแรงและมีน้ำหนักเบากว่า

5.4.1.4 สถานที่ในการติดตั้งในงานสถาปัตยกรรม

ในงานวิจัยและพัฒนาผู้วิจัยได้ออกแบบการติดตั้งระบบไว้ที่ส่วนของหน้าต่างซึ่งมีขนาด 1.25 ม. x 1 ม. เพื่อใช้ในการทดลองศึกษาและพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติที่สามารถเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของสถาปัตยกรรม ซึ่งมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนความส่องสว่างให้ตรงกับพฤติกรรมการใช้งานในแต่ละพื้นที่และสุนทรียภาพที่สวยงามในการปรับเปลี่ยนรูปแบบของแผงกันแดด รวมถึงการพัฒนาสัญลักษณ์ภายนอกของสถาปัตยกรรมที่สามารถเคลื่อนไหวได้จากผู้ใช้งานภายในสถาปัตยกรรม แต่ในการใช้งานจริงสามารถที่จะนำมาติดตั้งกับองค์ประกอบอื่นๆของอาคารได้ เช่น ช่องเปิดส่วนอื่น ผนังอาคาร กรอบของอาคาร (Facade) หลังคา (Sunroof) เป็นต้น

5.4.2.5 การควบคุมความส่องสว่าง

จากในงานวิจัยและพัฒนาระบบแผงกันแดดอัตโนมัติจะทำหน้าที่ควบคุมแสงธรรมชาติจากภายนอกให้แสงส่องผ่านแผงกันแดดเข้ามาสู่ภายในสถาปัตยกรรมตามความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมนั้น ซึ่งข้อจำกัดของระบบนี้คือไม่สามารถเพิ่มแสงสว่างภายในให้มากกว่าแสงสว่างจากภายนอกได้ ตัวอย่างถ้าสภาพอากาศแปรปรวนมีเมฆหนามารบกวนแสงอาทิตย์จนทำให้ความส่องสว่างของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านแผงกันแดดเข้ามาสู่ภายในไม่เพียงพอถึงแม้ระบบจะทำการเปิดแผงกันแดดจนสุดแล้วก็จะได้แค่ความส่องสว่างที่น้อยกว่าหรือเท่ากับด้านนอกอาคาร

5.4.2 แนวทางการพัฒนาระบบในอนาคต

ในการวิจัยและพัฒนาระบบควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติผ่านการตอบสนองพฤติกรรมการใช้พื้นที่ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนั้นทำให้รับรู้ถึงข้อจำกัดของตัวระบบซึ่งนำไปสู่แนวทางการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคตมีดังนี้



รูปที่ 5.1 ภาพแสดงแนวทางการประยุกต์ติดตั้งขนาดต่างๆกับสถานที่ หมายเหตุ : จัดทำโดยผู้วิจัย

5.4.2.1 การประยุกต์ใช้ในสถาปัตยกรรม

ระบบควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติผ่านการตอบสนองพฤติกรรมการใช้พื้นที่ สามารถที่จะประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรมหลากหลายประเภท เช่น พื้นที่ของสถานที่ทำงาน พื้นที่ของสถานศึกษา พื้นที่ของห้างสรรพสินค้า พื้นที่พิพิธภัณฑ์หรือพื้นที่สถานพยาบาล รวมถึงพื้นที่พักอาศัยในรูปแบบอื่น ซึ่งมีความสำคัญและความต้องการแสงสว่างที่แตกต่างกันไปในพฤติกรรมแต่ละสถานที่นั้นๆ ข้อเสนอแนะการพัฒนาต่อยอดในบางพฤติกรรมที่สามารถใช้งานได้โดยการเขียนโปรแกรมตรวจจับพฤติกรรมให้ละเอียดขึ้น ส่วนบางพฤติกรรมที่ยังไม่สามารถนำมาใช้งานได้แนะนำให้ใช้ร่วมกับอุปกรณ์และเทคโนโลยีอื่นๆมาช่วยเพิ่มศักยภาพการตรวจจับพฤติกรรมให้ละเอียดขึ้น เช่น การเสริมเทคโนโลยีตรวจจับมือ Leap Motion เข้ามาช่วยตรวจจับพฤติกรรมทางร่างกาย ติดตั้งเพิ่มบนโต๊ะทำงานเพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการจำแนกพฤติกรรมอย่างละเอียดในการทำงาน เป็นต้น

5.4.2.2 แนวทางการพัฒนากับผู้ใช้งาน

ในการวิจัยและพัฒนาประเภทผู้ใช้งานเป็นบุคคลปกติที่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ ซึ่งข้อเสนอแนะในการพัฒนาสามารถที่จะนำไปใช้กับผู้ป่วยในสถานพยาบาล หรือผู้พิการที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ จึงมีประโยชน์มากในการช่วยเหลือผู้ป่วยหรือผู้พิการที่ควรได้รับความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อพฤติกรรมที่พึงกระทำอยู่ เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมต่างๆ อำนวยความสะดวกสบาย สนุกสนานทางด้านพื้นที่พู่ใจและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

จำนวนผู้ใช้งานเป็นสิ่งที่สำคัญประการหนึ่งในการพัฒนาระบบควบคุมแสงธรรมชาติที่ใช้กับภายในงานสถาปัตยกรรม โดยในสภาพแวดล้อมการใช้งานจริงส่วนใหญ่เป็นการใช้งานที่มากกว่า 1 คน ซึ่งในทางเทคนิคของระบบมีความซับซ้อนมาก ความหลากหลายทางพฤติกรรมของผู้ใช้งาน ส่งผลถึงขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาในแต่ละองค์ประกอบที่เหมาะสมแบบกลุ่มของระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติ ข้อเสนอแนะการพัฒนาต่อยอด เนื่องจากการใช้งานจริงมีผู้ใช้งานมากกว่า 1 คน วิธีการพัฒนาคือการเขียนโปรแกรมให้ละเอียดและครอบคลุมจำนวนของผู้ใช้งานหรือเปลี่ยนเทคโนโลยีอุปกรณ์ระบุตำแหน่งที่สอดคล้องกับปริมาณคน เช่น ไอพี คาเมรา (Ip Camera) , กล้องเว็บแคม (Webcam) เป็นต้น

5.4.2.3 แนวทางการพัฒนารูปแบบและขนาดของแผงกันแดดอัตโนมัติ

รูปแบบและขนาดของแผงกันแดดอัตโนมัติ สามารถประยุกต์นำใช้ได้หลายรูปแบบการปรับเปลี่ยนการติดตั้ง เช่น ติดตั้งแทนที่ผนังของอาคาร ติดตั้งส่วนหน้าของอาคาร ติดตั้งบนหลังคา เป็นต้น รูปทรงต่างๆนอกจากรูปทรงเลขาคณิตสามเหลี่ยม ซึ่งทำให้แสงที่ส่องผ่านช่องเปิดมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละรูปทรง ลักษณะมุมมองจากภายนอกที่ให้ความรู้สึกและสุนทรียภาพที่แตกต่างกัน วัสดุที่ใช้แทนเกล็ดรวมถึงสีของวัสดุซึ่งมีผลต่อเรื่องการสะท้อนจากแสงภายนอกเข้าสู่ภายในสถานที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระบบนี้จะมีปัญหาในเวลาที่มีแสงธรรมชาติจากภายนอกไม่เพียงพอ เพราะระบบนี้ทำได้แต่การควบคุมปริมาณความส่องสว่างจากภายนอกเข้าไปเข้ามาสู่ภายในเท่านั้น จากข้อเสนอแนะของคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำการพัฒนาในการใช้วัสดุเกล็ดที่มีสีดำและสีขาวอยู่กันคนละด้าน ให้สีดำติดอยู่ทางด้านนอกเพื่อประโยชน์การป้องกันแสงแดดในบางพฤติกรรมที่ไม่ต้องการความส่องสว่าง และสีขาวติดเข้าทางด้านในสถานที่เพื่อประโยชน์ในการสะท้อนจากแสงภายนอกเข้าสู่ภายในสถานที่เพิ่มขึ้นทำให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และขนาดในการติดตั้ง การติดตั้งในขนาดที่แตกต่างกันของแผงกันแดด ซึ่งส่งผลลัพธ์ของความส่องสว่างที่ต่างกันและสุนทรียภาพที่ได้รับ ข้อเสนอแนะการพัฒนาต่อยอดรูปแบบและขนาดที่มีขนาดใหญ่ ใช้งานที่จะนำมาใช้กับอาคารขนาดใหญ่ที่มีช่องเปิดขนาดกว้างและยาวกว่านั้นจะต้องทำการพัฒนาการเชื่อมต่อระหว่างแผงกันแดด การเปลี่ยนขนาดกำลังของมอเตอร์ให้มากขึ้น เพิ่มมอเตอร์หลายตัว หรือเปลี่ยนมาใช้ระบบไฮดรอลิกในการควบคุมแทน และพัฒนาหรือเปลี่ยนวัสดุที่มีความแข็งแรงและมีน้ำหนักเบากว่าเดิม

5.4.2.4 แนวทางในการพัฒนาติดตั้งระบบในงานสถาปัตยกรรม

ในงานวิจัยและพัฒนาจะติดตั้งระบบที่ช่องเปิดแทนที่ส่วนของหน้าต่าง จากข้อเสนอแนะในการศึกษาและพัฒนาแผงกันแดดอัตโนมัติยังสามารถประยุกต์ใช้ในหลายองค์ประกอบของสถาปัตยกรรม เช่น ส่วนของผนังอาคาร ส่วนเปลือกอาคารส่วนฝ้าเพดาน ส่วนของหลังคา หรือช่องเปิดต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญสำหรับการสร้างความต้องการความส่องสว่างและ

สุนทรียภาพของผู้ใช้งาน รวมถึงการพัฒนารูปลักษณะภายนอกของสถาปัตยกรรมที่สามารถเคลื่อนไหวได้จากผู้ใช้งานภายในสถาปัตยกรรม ข้อเสนอแนะการพัฒนาต่อยอดในการติดตั้งองค์ประกอบส่วนต่างๆของอาคาร จะต้องทำการพัฒนาการเชื่อมต่อระหว่างแผงกันแดด การเปลี่ยนขนาดกำลังของมอเตอร์ให้มากขึ้น เพิ่มมอเตอร์หลายตัว หรือเปลี่ยนมาใช้ระบบไฮดรอลิกในการควบคุมแทน และพัฒนาหรือเปลี่ยนวัสดุที่มีความแข็งแรงและมีน้ำหนักเบากว่าเดิม

5.4.2.5 การควบคุมความส่องสว่างร่วมกับระบบการควบคุมแสงประดิษฐ์

ข้อเสนอแนะในการศึกษาและพัฒนาวิธีการควบคุมความส่องสว่างให้เหมาะสมกับพฤติกรรมในแต่ละพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพที่มากขึ้น จากในงานวิจัยและพัฒนาจะทำการควบคุมแสงธรรมชาติโดยผ่านระบบแผงกันแดดอัตโนมัติ และข้อเสนอแนะในการเปลี่ยนวัสดุเคลือบที่ช่วยทำให้เพิ่มความส่องสว่างภายใน อย่างไรก็ตามถ้าแสงธรรมชาติถูกสภาพอากาศแปรปรวนมีเมฆหนามาครอบงวนแสงอาทิตย์ จนทำให้ความส่องสว่างที่เข้าสู่ภายในไม่เพียงพอต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่ จึงควรเสริมระบบการควบคุมแสงประดิษฐ์ในสถาปัตยกรรมเข้ามาเพื่อที่จะได้รับความส่องสว่างที่เหมาะสม ในขณะที่ความส่องสว่างไม่เพียงพอหรือเพื่อใช้ในเวลากลางคืนจะทำให้ระบบนี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

รายการอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

- ธาริต บรรเทงจิตร. (2554). *ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมทางสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่ออารมณ์ของมนุษย์: กรณีศึกษา สถานีงานส่วนบุคคล*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.
- วณิช ธนวิญญกุล. (2552). *การพัฒนาระบบช่วยออกแบบอุปกรณ์บังแดดในชั้นแบบร่าง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.
- สุมาลี จินดาพล. (2551). *แนวทางการออกแบบช่องเปิดเพื่อได้รับความร้อนและแสงธรรมชาติอย่างเหมาะสมในอาคารสำนักงาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.
- สร้อยमुख รัญตะเสวี. (2552). *กรอบความคิดการออกแบบสถาปัตยกรรมปฏิสัมพันธ์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

Books and Book Articles

- Acconi, V., Holl, S. and Ritter, A. *Storefront for Art and Architecture*. New York: Hatje Cantz. 2000.
- Addington, M. and Schodek, D. *Smart Materials and Technologies for Architecture and Design Professionals*. Oxford: Architectural Press. 2005.
- Allen, S. and Agrest, D. *Practice: Architecture, Technique, and Representation*. Australia: G+B Arts International. 2000.
- Anshuman, S. 'Responsiveness and Social Expression: Seeking Human Embodiment in Intelligent Façades'. Paper presented at ACADIA 05, Savannah (Georgia). 2005, 12-23.

- Anshuman, S. and Kumar, B. 'Architecture and HCI: A Review of Trends Towards an Integrative Approach to Designing Responsive Space'. *International Journal of IT in Architecture, Engineering and Construction*. 2004; 2: 273-83.
- Ban, S., Ambasz, E., Bell, E. and Wood, D. *Shigeru Ban*. New York: Princeton University Press, 2001.
- Banham, R. *Theory and Design in the First Machine Age*. London: Architectural Press. 1960.
- Barratt, K. *Logic and Design in Art, Science and Mathematics*. London: Herbert Press. 1980.
- Barrow-Green, J. *Poincaré and the Three Body Problem*. New York: American Mathematical Society. 1997.
- Batty, M. 'A Research Programme for Urban Morphology'. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 1999; 26: 475-6.
- Beesley, P. *Kinetic Architectures and Geotextile Installations*. Cambridge, ON: Riverside Architectural Press. 2010.
- Braun, H. (ed.) *Music and Technology in the Twentieth Century*. Baltimore: Johns Hopkins Press. 2002.
- Brett, G. *Kinetic Art: The Language of Movement*. London: Studio Vista. 1968.
- Brett, G., *Museu D'art Contemporani (Barcelona Spain) and Hayward Gallery. Force Fields: Phases of the Kinetic*. Barcelona: Museu d'Art Contemporani. 2000.
- Burnham, J. *Beyond Modern Sculpture: The Effects of Science and Technology on the Sculpture of This Century*. New York: G. Braziller. 1968.
- Burnham, J. 'Systems Esthetics'. *Art Forum*. 1968; 7: 30-5.
- Burry, M. *Scripting Cultures: Architectural Design and Programming*. London: John Wiley and Sons. 2011.
- Bury, P. 'Time Dilated', in René, D. (ed.) *The Movement*. Dusseldorf: Editions Denise René. 1955.
- Chopard, B. and Droz, M. *Cellular Automata Modelling of Physical Systems*. Cambridge: Cambridge University Press. 1998.
- Cole, B. and Cheshire, D. 'Mobile Cellular Models of Ant Behavior'. *The American Naturalist*. 1996; 148: 1-15.

- Craig, D. J. *'The Future Tents: Kinetic Sculptor Chuck Hoberman Expands the Boundaries of Design'*. Columbia Magazine. 2006; Spring.
- dECOi Architects. *'Technological Latency: From Autoplastic to Alloplastic'*, Digital Creativity. 2000; 11: 131-43.
- Dorin, A. *'Classification of Physical Process for Virtual-Kinetic Art'*, *Proceeding of First Iteration*. Melbourne, 1999, 68–79.
- Epstein, D. *Shaping Time: Music, the Brain, and Performance*. New York: Schirmer Books. 1995.
- Eshkol, N. and Wachman, A. *Movement Notation*. London: Weidenfeld and Nicolson. 1958.
- Evans, R. *The Projective Cast: Architecture and Its Three Geometries*. Cambridge, MA: MIT Press. 1995.
- Findeli, A. *'Moholy-Nagy's Design Pedagogy in Chicago (1937-46)'*. Design Issues. 1990; 7: 4-19.
- Fortmeyer, R. *'Control Freaks'*. *Architectural Record*. 2010; March: 102–3.
- Fox, M. A. and Kemp, M. *Interactive Architecture*. New York: Princeton Architectural Press. 2009.
- Fox, M. A. and Yeh, B. P. *'Intelligent Kinetic Systems in Architecture'*, in Nixon, P., Lacey, G. and Dobson, S. (eds) *Managing Interactions in Smart Environments: First International Workshop*. London: Springer. 2000.
- Frampton, K. *Modern Architecture: A Critical History*. London: Oxford University Press. 1981.
- Frampton, K. *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*. Cambridge, MA: MIT Press. 1995.
- Frazer, J. *An Evolutionary Architecture*. London: Architectural Association. 1995.
- Frazer, J. *'The Cybernetics of Architecture: A Tribute to the Contribution of Gordon Pask'*. *Kybernetes*. 2001; 20: 641–51.
- Gabo, N. *Gabo: Constructions, Sculpture, Paintings, Drawings and Engravings*. London: Lund Humphries. 1957.
- Gabo, N. and Pevsner, A. *'The Realistic Manifesto'*, in Bowlit, J. (ed.) *Russian Art of the Avant Garde: Theory and Criticism (Documents of Twentieth Century Art)*,

- 1902-1934, New York: Thames and Hudson, 1988. (revised edition).
- Gage, S. 'How to Design a Black and White Box'. *Kybernetes*. 2007; 36: 1129-39.
- Gardner, M. 'Mathematical Games: The Fantastic Combinations of John Conway's New Solitaire Game "Life".' *Scientific American*. 1970; 223: 120-3.
- Gavrilou, E. 'Inscribing Structures of Dance into Architecture', in *Proceedings of the 4th International Space Syntax Symposium*, London, 2003, 32.1-32.16.
- Gibson, J. J. *The Perception of the Visual World*. Boston: Houghton Mifflin. 1950.
- Giedion, S. *Space, Time and Architecture: The Growth of a New Tradition*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1941.
- Güçyeter, B. 'A Comparative Examination of Structural Characteristics of Retractable Structures'. MSc thesis. Dokuz Eylül University. 2004.
- Haeusler, M. H. *Chromatophoric Architecture: Designing for 3D Media Facades*. Berlin: Jovis, 2010.
- Ham, J. 'Music and Architecture: From Digital Composition to Physical Artifact', paper presented at *The Quest for New Paradigms, eCAADe*, Lisbon, 2005, 21-4.
- Hanoch-Roe, G. 'Scoring the Path: Linear Sequences in Music and Space', in Muecke, M. and Zach, M. (eds) *Resonance: Essays on the Intersection of Music and Architecture*. Lulu Publishing. 2007.
- Harries, J. G. 'A Proposed Notation for Visual Fine Art'. *Leonardo*. 1975; 8: 295-300.
- Harrison, A., Loe, E. and Read, J. *Intelligent Building in South East Asia*. London: Taylor and Francis. 1998.
- Hensel, M. and Sungurog, D. 'Material Performance'. *Architectural Design*. 2008; 78: 34-41.
- Herbert, D. *Architectural Study Drawings*. New York: John Wiley and Sons. 1993.
- Howard, L. *Essay on the Modification of Clouds*. London: John Churchill and Sons. 1803.
- Ingraham, C. *Architecture and the Burdens of Linearity*. New Haven: Yale University Press. 1998.
- Jormakka, K. *Flying Dutchmen: Motion in Architecture*. Basel: Birkhauser. 2002.
- Jules Moloney. (2011). *Designing Kinetics for Architectural Facades*. New York. 2011.

- Kaufmann, E. *Architecture in the Age of Reason: Baroque and Post-Baroque in England, Italy, and France*. New York: Dover Publications. 1955.
- Kepes, G. *The Nature and Art of Motion*. New York: G. Braziller. 1965.
- Korkmaz, K. 'An Analytical Study of the Design Potentials in Kinetic Architecture'. PhD thesis. Izmir Institute of Technology. 2004.
- Kristeller, P. O. 'The Modern System of the Arts: A Study in the History of Aesthetics Part 1'. *Journal of the History of Ideas*. 1951; 12: 496-527.
- Kwinter, S. 'Leap in the Void: A New Organon', in Davidson, C. (ed.) *Anyhow*. Cambridge, MA: MIT Press. 1998.
- Kwinter, S. *Architectures of Time: Toward a Theory of the Event in Modernist Culture*. Cambridge, MA: MIT Press. 2001.
- Kwinter, S. 'The Judo of Cold Combustion', in Reiser, J. (ed.) *Atlas of Novel Tectonics*. New York: Princeton University Press. 2006.
- Kwinter, S. 'Who's Afraid of Formalism', in Davidson, C. (ed.) *Far from Equilibrium: Essays on Technology and Design Culture*. New York: Actar. 2008.
- Leatherbarrow, D. 'Architecture's Unscripted Performance', in Kolarevic, B. and Malkawi, A. (eds) *Performance Architecture: Beyond Instrumentality*. New York: Spon Press. 2005.
- Leatherbarrow, D. and Mostafavi, M. *Surface Architecture*. Cambridge, MA: MIT Press. 2002.
- Lynn, G. *Animate Form*. New York: Princeton Architectural Press. 1999.
- Vande Moere, A. & Gero, J. S. (eds) *CAAD Futures, 2007*, Sydney: Springer, 2007.
- Malina, F. J. 'Kinetic Painting: The Lumidyne System', in Malina, F. J. (ed.) *Kinetic Art: Theory and Practice*. New York: Dover Publications. 1974.
- Massey, J. 'Buckminster Fuller's Cybernetic Pastoral: The United States Pavilion at Expo 67'. *Journal of Architecture*. 2006; 11: 463-83.
- Mather, D. 'An Aesthetic of Turbulence: The Works of Ned Kahn', in Narula, M., Senupta, S., Sundaram, R., Sharen, A. and Lovink, G. (eds) *Sarai Reader 6: Turbulence. Delhi: Centre for the Study of Developing Societies*. 2006.
- Mathews, S. 'The Fun Palace as Virtual Architecture: Cedric Price and the Practices of Indeterminacy'. *Journal of Architectural Education*. 2006; 59: 39-48.

- McCormack, J. *Impossible Nature: The Art of Jon McCormack*, Melbourne: Australian Centre for the Moving Image, 2004.
- Moloney, J. 'Architectural Science: Literal and Notional Force Fields', in *Proceedings of New Constellations: Art, Science and Society*, Sydney: Museum of Contemporary Art. 2006, 31-4.
- Moloney, J. 'A Framework for the Design of Kinetic Facades' in Dong, A., Vande Moere, A. and Gero, J. S. (eds) paper presented at CAAD Futures, 2007, Sydney: Springer, 2007. 461-4.
- Moloney, J. 'Kinetic Architectural Skins and the Computational Sublime'. *Leonardo*. 2009; 42: 65-70.
- Mostafavi, M. and Leatherbarrow, D. *On Weathering*. Boston, MA: MIT Press. 1993.
- Moussavi, F. and Kubo, M. *The Function of Ornament*. New York: Actar. 2006.
- Mulder, B., Van Zijl, I. and Rietveld, G. T. *Rietveld Schroeder House*. New York: Princeton Architectural Press. 1999.
- Neumeyer, F. 'Head First through the Wall: An Approach to the Non-Word Facade'. *Journal of Architecture*. 1999; 4: 245-59.
- Nouvel, J. *Architecture and Design 1976-1995*. Milan: Skira Editore. 1997.
- Oosterhuis, K. and Bioria, N. 'Interactions with Proactive Architectural Spaces: The Muscle Projects.' *Communications of the ACM-Organic user Interfaces*. 2008; 51: 70-8.
- Oosterhuis, K. and Xia, X. (eds) *Interactive Architecture*. Rotterdam: Episode Publishers. 2007.
- Parent, R. *Computer Animation*. San Francisco: Morgan Kaufmann. 2002.
- Payne, A. 'Surface: Between Structure and Sense', in Beesley, P. (ed.) *Kinetic Architectures and Geotextile Installations*. Cambridge, ON: Riverside Press. 2009.
- Reiser, J. *Atlas of Novel Tectonics*. New York: Princeton Architectural Press. 2006.
- Reynolds, C. W. 'Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model'. *Computer Graphics*. 1987; 21: 25-34.
- Rickey, G. *Constructivism: Origins and Evolution*. New York: George Braziller. 1967.

- Rickey, G. W. *'The Morphology of Movement: A Study of Kinetic Art'*. Arts Journal. 1963; 22: 220–31.
- Rogers, L. R. *Relief Sculpture*. London: Oxford University Press. 1974.
- Rowe, C. *The Mathematics of the Ideal Villa and Other Essays*. Cambridge, MA: MIT Press. 1976.
- Saggio, A. *'Interactivity at the Centre of Architectural Research'*, *Architectural Design*. 2005; 75(1): 23-9.
- Shanken, E. A. *'Reprogramming Systems Aesthetics: A Strategic Historiography'*, in *Proceedings of the Digital Arts and Culture Conference, 2009*. Irvine: University of California, Irvine. 2009.
- Sharpe, L. *The Cambridge Companion to Goethe*. Cambridge: Cambridge University Press. 2002.
- Souriau, E. *'Time in the Plastic Arts'*. The Journal of Aesthetics and Art Criticism. 1949; 7: 294-307.
- Spiller, N. *'Nanotechnology – the Liberation of Architecture'*, in Hill, J. (ed.) *Architecture: The Subject's Matter*. London: Routledge. 2001.
- Steadman, P. *Architectural Morphology: An Introduction to the Geometry of Building Plans*. London: Pion. 1983.
- Terzidis, K. *Expressive Form*. New York: Spon Press. 2003.
- Terzidis, K. *Algorithmic Architecture*. Boston: Architectural Press. 2006.
- Thompson, D. A. *On Growth and Form*. Cambridge: Cambridge University Press. 1961.
- Tizonis, A. *Movement, Structure and the Work of Santiago Calatrava*. Berlin: Birkhauser. 1995.
- Tschumi, B. *Architecture and Disjunction*. Cambridge: MIT Press. 1994.
- Twombly, R. C. (ed.) *Louis I. Kahn: Essential Texts*. New York: W. W. Norton. 2003.
- Vesely, D. *Architecture in the Age of Divided Representation: The Question of Creativity in the Shadow of Production*. Cambridge, MA: MIT Press. 2004.
- Virilio, P., Lotringer, S. and Taormina, M. *'After Architecture: A Conversation'*. Grey Room. 2001; 3: 32-53.
- Webb, M. *'Tradition Stood on End'*. Architectural Review. 2005; February 1: 82–5.
- Wigginton, M. and Harris, J. *Intelligent Skins*. Oxford: Butterworth-Heinemann. 2002.

Wittkower, R. *Architectural Principles in the Age of Humanism*. Chichester: John Wiley and Sons. 1999.

Wolfram, S. 'Universality and Complexity in Cellular Automata'. *Nature*. 1984; 311: 419-24.

Woodbury, R. *Elements of Parametric Design*. New York: Routledge. 2010.

Xenakis, I. *Formalized Music: Thought and Mathematics in Composition*. New York: Pendragon Press. 2001.

Zeki, S. and Lamb, M. 'The Neurology of Kinetic Art'. *Brain*. 1994; 117: 607–36.

Zuk, W. and Clark, R. H. *Kinetic Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold. 1970.

Electronic Media

Davide Madeddu. (2011, November 11). *Interactive facade optimized for daylighting and pedestrian response using a genetic algorithm*. University of Cagliari, Italy
Retrieved from <http://architettura.unica.it>

Hill, J. (2011, November 12). 'Storefront for Art and Architecture in New York.' *A Weekly Dose of Architecture*. Retrieved from <http://www.archidose.org/wp/2011/11/12/storefront-for-art-andarchitecture/> Accessed

Kahn, N. (2011, December 10). 'Wind Veil'. Retrieved from <http://nedkahn.com/wind.html>.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ชุดโปรแกรมในการควบคุมแวงกันแดดอัตโนมัติที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนา

Processing Code

```
import SimpleOpenNI.*;
    SimpleOpenNI kinect;
    boolean autoCalib=true;

import processing.serial.*;
Serial port;
PVector position;
PrintWriter output;
int xmin_sleep;
int xmax_sleep;
int ymin_sleep;
int ymax_sleep;
int KneeAnglemin_sleep;
int KneeAnglemax_sleep;
int xmin_walk;
int xmax_walk;
int ymin_walk;
int ymax_walk;
int KneeAnglemin_walk;
int KneeAnglemax_walk;
int xmin_read;
int xmax_read;
int ymin_read;
int ymax_read;
int KneeAnglemin_read;
int KneeAnglemax_read;
int xmin_work;
```

```
int xmax_work;
int ymin_work;
int ymax_work;
int KneeAnglemin_work;
int KneeAnglemax_work;
int xmin_com;
int xmax_com;
int ymin_com;
int ymax_com;
int KneeAnglemin_com;
int KneeAnglemax_com;
int[] serialInArray = new int[3];
int serialCount = 0;
int val1;
int val2;
int index;

void setup() {
    size(640, 480);
    frameRate(50);
    kinect = new SimpleOpenNI(this);
    kinect.enableDepth();
    kinect.enableUser(SimpleOpenNI.SKEL_PROFILE_ALL);
    kinect.setMirror(true);
    position = new PVector();

    xmin_sleep = 0;
    xmax_sleep = 360;
    ymin_sleep = 280;
    ymax_sleep = 480;
    KneeAnglemin_sleep = 165;
```

```
KneeAnglemax_sleep = 180;
```

```
xmin_walk = 280;
```

```
xmax_walk = 360;
```

```
ymin_walk = 200;
```

```
ymax_walk = 280;
```

```
KneeAnglemin_walk = 125;
```

```
KneeAnglemax_walk = 170;
```

```
xmin_read = 360;
```

```
xmax_read = 640;
```

```
ymin_read = 300;
```

```
ymax_read = 480;
```

```
KneeAnglemin_read = 25;
```

```
KneeAnglemax_read = 170;
```

```
xmin_work = 0;
```

```
xmax_work = 280;
```

```
ymin_work = 0;
```

```
ymax_work = 240;
```

```
KneeAnglemin_work = 0;
```

```
KneeAnglemax_work = 180;
```

```
xmin_com = 360;
```

```
xmax_com = 640;
```

```
ymin_com = 0;
```

```
ymax_com = 300;
```

```
KneeAnglemin_com = 25;
```

```
KneeAnglemax_com = 165;
```

```
println(Serial.list());
```

```
String portName = Serial.list()[0];
port = new Serial(this, portName, 115200);
output = createWriter("sketchtime.txt");
}

void draw() {
    kinect.update();
    PImage depth = kinect.depthImage();
    image(depth, 0, 0);
    IntVector userList = new IntVector();
    kinect.getUsers(userList);
    if (userList.size() > 0) {
        int userId = userList.get(0);
        if ( kinect.isTrackingSkeleton(userId) ) {
            PVector Torso = new PVector();
            kinect.getJointPositionSkeleton(userId,
                SimpleOpenNI.SKEL_TORSO,Torso);
            kinect.convertRealWorldToProjective(Torso, Torso);

            fill(0, 255, 0);
            ellipse(Torso.x, Torso.y, 10, 10);
            position.x = Torso.x;
            position.y = Torso.y;

            PVector rightHip = new PVector();
            kinect.getJointPositionSkeleton(userId,
                SimpleOpenNI.SKEL_RIGHT_HIP,rightHip);

            PVector rightKnee = new PVector();
            kinect.getJointPositionSkeleton(userId,
                SimpleOpenNI.SKEL_RIGHT_KNEE,rightKnee);
```



```

PVector rightFoot = new PVector();
kinect.getJointPositionSkeleton(userId,
    SimpleOpenNI.SKEL_RIGHT_FOOT,rightFoot);

PVector rightHip2D = new PVector(rightHip.x, rightHip.y);
PVector rightKnee2D = new PVector(rightKnee.x, rightKnee.y);
PVector rightFoot2D = new PVector(rightFoot.x, rightFoot.y);

PVector upperLegOrientation =PVector.sub(rightKnee2D, rightFoot2D);

float KneeAngle = angleOf(rightHip2D,rightKnee2D,upperLegOrientation);

fill(255,0,0);
scale(1);
text(" knee: " + int(KneeAngle), 20, 20);

if ( ( position.x > xmin_sleep && position.x < xmax_sleep
    && position.y > ymin_sleep && position.y < ymax_sleep)
    && (KneeAngle > KneeAnglemin_sleep && KneeAngle < KneeAnglemax_sleep) )
{
byte out[] = new byte[8];
out[0] = byte(180);
out[1] = byte(180);
out[2] = byte(180);
out[3] = byte(0);
out[4] = byte(0);
out[5] = byte(50);
out[6] = byte(0);
out[7] = byte(1);
port.write(out);

```

```
output.println(" sleep "+(millis())+", "+out[7]+", "+(0 - 50 Lux)");
}

else if ( position.x > xmin_walk && position.x < xmax_walk
        && position.y > ymin_walk && position.y < ymax_walk
        && KneeAngle > KneeAnglemin_walk && KneeAngle < KneeAnglemax_walk )
{
byte out[] = new byte[8];
out[0] = byte(90);
out[1] = byte(180);
out[2] = byte(180);
out[3] = byte(50);
out[4] = byte(0);
out[5] = byte(100);
out[6] = byte(0);
out[7] = byte(2);
port.write(out);
output.println(" walk "+(millis())+", "+out[7]+", "+(50 - 100 Lux)");
}

else if ( position.x > xmin_read && position.x < xmax_read
        && position.y > ymin_read && position.y < ymax_read
        && KneeAngle > KneeAnglemin_read && KneeAngle < KneeAnglemax_read )
{
byte out[] = new byte[8];
out[0] = byte(90);
out[1] = byte(90);
out[2] = byte(90);
out[3] = byte(100);
out[4] = byte(0);
out[5] = byte(255);
```

```
out[6] = byte(45);
out[7] = byte(3);
port.write(out);
output.println(" read "+(millis())+", "+out[7]+", "+(100 - 300 Lux)");
}
```

```
else if ( position.x > xmin_work && position.x < xmax_work
        && position.y > ymin_work && position.y < ymax_work
        && KneeAngle > KneeAnglemin_work && KneeAngle < KneeAnglemax_work )
{
byte out[] = new byte[8];
out[0] = byte(0);
out[1] = byte(0);
out[2] = byte(0);
out[3] = byte(200);
out[4] = byte(0);
out[5] = byte(255);
out[6] = byte(245);
out[7] = byte(4);
port.write(out);
output.println(" work "+(millis())+", "+out[7]+", "+(200 - 500 Lux)");
}
```

```
else if ( position.x > xmin_com && position.x < xmax_com
        && position.y > ymin_com && position.y < ymax_com
        && KneeAngle > KneeAnglemin_com && KneeAngle < KneeAnglemax_com )
{
byte out[] = new byte[8];
out[0] = byte(0);
out[1] = byte(90);
out[2] = byte(90);
```

```

    out[3] = byte(255);
    out[4] = byte(45);
    out[5] = byte(255);
    out[6] = byte(245);
    out[7] = byte(5);
    port.write(out);
    output.println(" com "+"+(millis())+" "+out[7]+" "+(300 - 500 Lux)");
}
}
}
    val1 = serialInArray[0];
    val2 = serialInArray[1];
    index = serialInArray[2];
    for(int serialCount = 0 ; serialCount < 3 ; serialCount++ )
    serialInArray[serialCount] = port.read();
    output.println((millis())+" "+(val1)+" "+(val2)+" "+(index));
}
    float angleOf(PVector one, PVector two, PVector axis) {
        PVector limb = PVector.sub(two, one);
        return degrees(PVector.angleBetween(limb, axis));
    }

    void onNewUser(int userId)
    {
        println("onNewUser - userId: " + userId);
        println(" start pose detection");

        if(autoCalib)
            kinect.requestCalibrationSkeleton(userId,true);
        else
            kinect.startPoseDetection("Psi",userId);
    }
}

```

```
}  
void onLostUser(int userId)  
{  
  
    println("onLostUser - userId: " + userId);  
}  
void onStartCalibration(int userId)  
{  
  
    println("onStartCalibration - userId: " + userId);  
}  
void onEndCalibration(int userId, boolean successful)  
{  
    println("onEndCalibration - userId: " + userId + ", successful: " + successful);  
  
    if (successful)  
    {  
        println(" User calibrated !!!");  
        kinect.startTrackingSkeleton(userId);  
    }  
    else  
    {  
        println(" Failed to calibrate user !!!");  
        println(" Start pose detection");  
        kinect.startPoseDetection("Psi",userId);  
    }  
}  
void onStartPose(String pose,int userId)  
{  
    println("onStartPose - userId: " + userId + ", pose: " + pose);  
    println(" stop pose detection");  
}
```

```
    kinect.stopPoseDetection(userId);
    kinect.requestCalibrationSkeleton(userId, true);
}
void onEndPose(String pose,int userId)
{
    println("onEndPose - userId: " + userId + ", pose: " + pose);
}
void keyPressed() {
    output.flush(); // Writes the remaining data to the file
    output.close(); // Finishes the file
    exit(); // Stops the program
}
```

Arduino Code

```
#include <Servo.h>
#include <Wire.h> //IIC
#include <math.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

Servo m1;
Servo m2;
Servo m3;
int luxmin;
int luxmax;
int index = 0;
int servoAngle_m1 = 0;
int servoAngle_m2 = 0;
int servoAngle_m3 = 0;

int BH1750address = 0x23;
```

```
byte buff[2];
int valLight;
int val1=0;
int val2=0;
int nextServo = 0;
int servoAngles[] = {0,0,0,0,0,0,0};

void setup() {
    m1.attach(10);
    m2.attach(9);
    m3.attach(6);
    lcd.begin(16, 2);
    Wire.begin();
    Serial.begin(115200);
}

void loop() {
    int i;
    uint16_t val=0;
    BH1750_Init(BH1750address);
    delay(200);

    if(Serial.available()){
        if(2==BH1750_Read(BH1750address))
        {
            val=((buff[0]<<8)|buff[1])/1.2;
            lcd.setCursor(0,1);
            lcd.print(val,DEC);
            lcd.print("[lx]");
            valLight=int(val);
        }
    }
}
```

```
        if(val>255)
        {
            val1=255;
            val2=val-255;
            Serial.write(val1);
            Serial.write(val2);
            Serial.write(index);
        }
    else
    {
        val1=val;
        val2=0;
        Serial.write(val1);
        Serial.write(val2);
        Serial.write(index);
    }

while (Serial.available() >= 8) {
    for(int nextServo = 0 ; nextServo < 8 ; nextServo++)
        servoAngles[nextServo] = Serial.read();
}

luxmin= servoAngles[3] + servoAngles[4];
luxmax= servoAngles[5] + servoAngles[6];

if ( index != servoAngles[7] ){
    servoAngle_m1 = servoAngles[0] ;
    servoAngle_m2 = servoAngles[1] ;
    servoAngle_m3 = servoAngles[2] ;
    m1.write(servoAngle_m1);
    m2.write(servoAngle_m2);
```



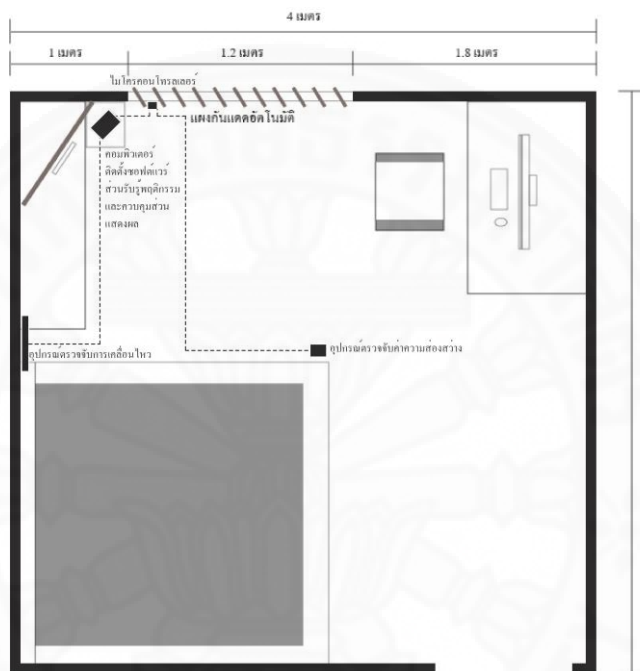
```
m3.write(servoAngle_m3);
index = servoAngles[7];
}
if (valLight <= luxmin)
{
  if ( servoAngle_m1 >= 5 && valLight < luxmin )
  {
    servoAngle_m1 -= 5;
    m1.write(servoAngle_m1);
  }
  if ( servoAngle_m2 >= 5 && valLight < luxmin )
  {
    servoAngle_m2 -= 5;
    m2.write(servoAngle_m2);
  }
  if ( servoAngle_m3 >= 5 && valLight < luxmin )
  {
    servoAngle_m3 -= 5;
    m3.write(servoAngle_m3);
  }
}
if (valLight >= luxmax)
{
  if ( servoAngle_m1 <= 175 && valLight > luxmax )
  {
    servoAngle_m1 += 5;
    m1.write(servoAngle_m1);
  }
  if ( servoAngle_m2 <= 175 && valLight > luxmax )
  {
    servoAngle_m2 += 5;
```

```
        m2.write(servoAngle_m2);
    }
    if ( servoAngle_m3 <= 175 && valLight > luxmax )
    {
        servoAngle_m3 += 5;
        m3.write(servoAngle_m3);
    }
}
}
}
}
int BH1750_Read(int address)
{
    int i=0;
    Wire.beginTransmission(address);
    Wire.requestFrom(address, 2);
    while(Wire.available())
    {
        buff[i] = Wire.read();
        i++;
    }
    Wire.endTransmission();
    return i;
}
void BH1750_Init(int address)
{
    Wire.beginTransmission(address);
    Wire.write(0x10); //1lx resolution 120ms
    Wire.endTransmission();
}
```

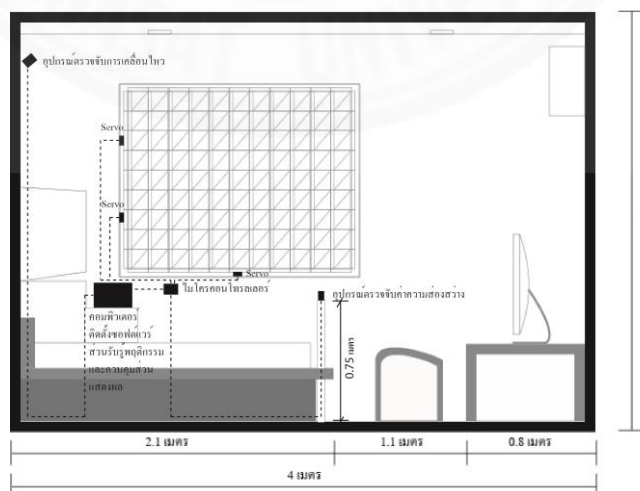
ภาคผนวก ข

การติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบควบคุมแผงกันแดดอัตโนมัติ

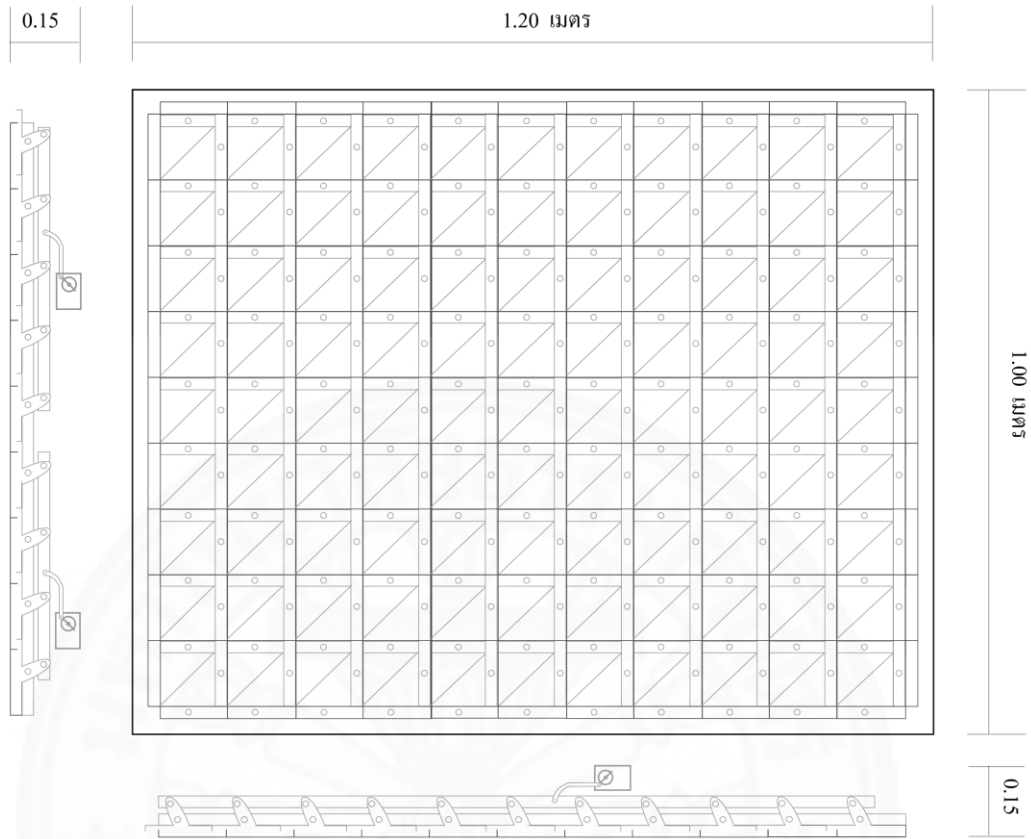
แผนภาพแสดงตำแหน่งการติดตั้งและการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ วงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบต้นแบบในส่วนรับรู้พฤติกรรม และส่วนแสดงผลในรายละเอียดเพิ่มเติมจากบทที่ 3.5



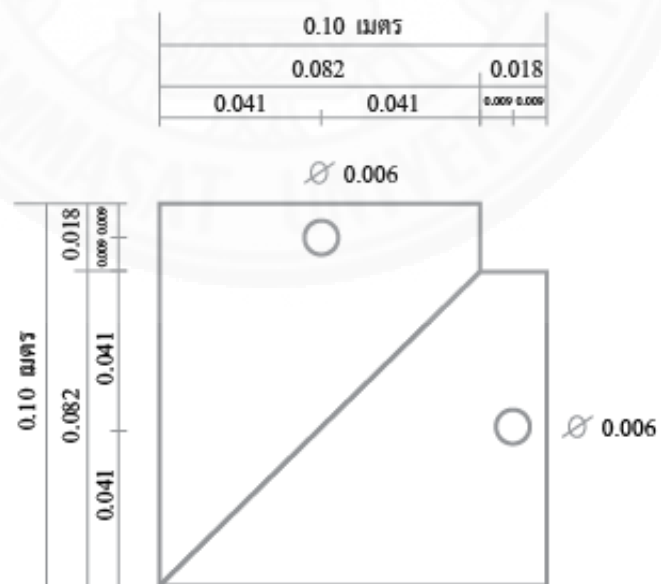
ภาพที่ ข.1 ตำแหน่งและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับส่วนรับรู้พฤติกรรม



ภาพที่ ข.2 ตำแหน่งและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับส่วนรับรู้พฤติกรรมในแนวดัด



ภาพที่ ข.3 แบบแผงกันแดดอัตโนมัติ หมายเลข. จัดทำโดยผู้วิจัย



ภาพที่ ข.4 รายละเอียดแบบแผงกันแดดอัตโนมัติ หมายเลข. จัดทำโดยผู้วิจัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายพิสัย สิบำรุงสาสน์
วันเดือนปีเกิด	27 กุมภาพันธ์ 2531
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2553: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถาปัตยกรรม) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ตำแหน่ง	นักออกแบบผลิตภัณฑ์
ทุนการศึกษา	ปีงบประมาณ 2558: ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภท วิจัยทั่วไปสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา กองทุนวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ผลงานทางวิชาการ

Busayarat C., Lopkerd P. and Sribumrungsart P. (April 2015). *Automatic Daylight Control System based on Human Behavior*. In 43th International Exhibition of Inventions of Geneva (Bronze Medal), Geneva, Switzerland.

นายพิสัย สิบำรุงสาสน์. (กรกฎาคม 2558). *ระบบควบคุมแสงธรรมชาติอัตโนมัติภายในสถาปัตยกรรมผ่านการตอบสนองต่อพฤติกรรมการใช้พื้นที่*. งานประชุมวิชาการประจำปี 2558 (Built Environment Research Associates Conference, BERAC 6, 2015), คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

ประสบการณ์ทำงาน	2554-2555: นักออกแบบผลิตภัณฑ์ บริษัท spoton interactive จำกัด 2557-ปัจจุบัน: นักออกแบบผลิตภัณฑ์ บริษัท novitat จำกัด
-----------------	---