พัฒนาการและนวัตกรรมของอุปกรณ์แผงกันแดดภายนอกอาคาร เพื่อสถาปัตยกรรมที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ

Development and Innovation of Exterior Shading Devices for Climate Responsive Architecture

ศรีศักดิ์ พัฒนวศิน[1] และ พฤฒิพร ลพเกิด[2]
Srisak Phattanawasin[1] and Prittiporn Lopkerd[2]

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12121
Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, Pathumthani 12121, Thailand
E-mail: srisak@ap.tu.ac.th[1] , prittiporn@ap.tu.ac.th[2]

บทคัดย่อ

จากปัญหาวิกฤตการณ์พลังงานและภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ผลักดันให้เกิดการค้นคว้าวิจัยถึงแนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งกลวิธีสำคัญประการหนึ่งในการประหยัดพลังงานคือการลดความร้อนจากรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่ตัวอาคารด้วยการออกแบบเปลือกอาคารให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและทิศทางของแสงแดด แม้ว่าปัจจุบันได้เริ่มมีการคิดค้นและออกแบบเทคโนโลยีเปลือกอาคารที่สามารถปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติตามสภาพภูมิอากาศและไวต่อสภาพแวดล้อมภายนอก แต่ระบบดังกล่าวยังต้องอาศัยเทคโนโลยีและต้นทุนที่สูงมากจนไม่สามารถเข้าถึงผู้คนส่วนใหญ่ในสังคมโดยเฉพาะในประเทศไทยเช่นเดียวกับสิ่งประดิษฐ์เพื่อสิ่งแวดล้อมหลายต่อหลายชิ้นที่ส่วนมากจะถูกจำกัดเฉพาะโครงการที่มีงบประมาณสูง จึงเป็นคำถามทำให้คณะวิจัยเกิดแนวคิดที่จะประดิษฐ์นวัตกรรมของเปลือกอาคารที่ปรับตามสภาพแวดล้อมด้วยเทคโนโลยีต้นทุนต่ำ

บทความนี้เป็นการนำเสนอพัฒนาการของเปลือกอาคารที่ตอบสนองกับสภาพภูมิอากาศในรูปแผงกันแดดภายนอกอาคาร และนวัตกรรมของอุปกรณ์แผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติตามทิศทางแสงอาทิตย์ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนสูงสุด และรับแสงธรรมชาติทางอ้อมได้ในขณะเดียวกัน สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพทิศทางแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบจริงบนเปลือกอาคาร โดยนวัตกรรมชิ้นนี้ได้มุ่งเน้นให้สามารถประกอบขึ้นจากระบบและกลไกเทคโนโลยีต้นทุนต่ำ อันได้แก่ ชุดบานเกล็ดเหล็กพร้อมอุปกรณ์ปรับได้สำเร็จรูปทั่วไป ระบบควบคุมการปรับองศาของแผงกันแดดที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เซนเซอร์วัดความเข้มแสง และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ราคาประหยัด เพื่อสร้างนวัตกรรมที่เรียบง่าย ไม่ซ้ำซ้อน ราคาถูก แต่มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันความร้อน และสามารถนำไปติดตั้งได้กับทั้งอาคารเดิมที่มีอยู่แล้ว หรือกับอาคารที่จะสร้างใหม่ในอนาคต นวัตกรรมแผงกันแดดดังกล่าวจะเป็นทางออกสำคัญของสถาปัตยกรรม “สีเขียว” ที่สามารถเข้าถึงได้จริงกับทุกครัวเรือนด้วยงบประมาณที่ย่อมเยา

คำสำคัญ
อุปกรณ์แผงกันแดดภายนอกอาคาร
แผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติ
นวัตกรรมต้นทุนต่ำ
สถาปัตยกรรมที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ
สถาปัตยกรรมที่ยั่งยืน

Abstract

The current energy crisis and global warming drive many issues of architectural practice and research fields including sustainable architecture and design guidelines for environmentally friendly. The effective strategy of reducing the solar radiation passing into the building, is to design building skins responsive to the climate and radiation from the sun. However, today few of intelligent systems imparted to the responsive building skins, have been already invented and selling, unfortunately, these equipments cannot be offered to all consumers, but only for the high-end projects due to their high technology process and expensive cost as mostly the same as other eco-friendly products in the market, especially in Thailand. The question arises as to whether it is possible to develop the climate responsive building skins by low-cost technology.

This article aims to review the developments of climate responsive building skins in term of solar shading device, and to propose the innovation of automatically adjustable sun louvers with real-time solar tracking systems. Enhancing the efficiency of solar radiation protection into the building, the operable sun louvers can be gained the indirect natural daylight in the same time. With emphasis in the low-cost technology, this product is composed of light weight steel blades installed with inexpensive adjustable prefab hinges, solar tracker system with sensor of LDR (Light Dependent Resistors), and local microcontroller board. This climate responsive sun louvers with simple, uncomplicated, and economical systems can be integrated into both existing buildings and new design buildings, and be an ideal part of the “green” architectural solution affordable for every single households.

Keywords
Exterior Shading Devices
Automatically Adjustable Sun Louvers
Low-Cost Innovations,
Climate Responsive Architecture
Sustainable Architecture

1. บทนำ: จากสภาพแวดล้อมสู่นวัตกรรมทางสถาปัตยกรรม

จากปัญหาวิกฤตการณ์พลังงานและภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ผลักดันให้เกิดการค้นคว้าวิจัยถึงแนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ยั่งยืน (Sustainable Architecture) ประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติรวมไปจนถึงแนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมสีเขียว (Green Architecture) ที่ได้บูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสม (Appropriate Technology) กับแนวคิดการออกแบบที่พึ่งพาระบบธรรมชาติ (Passive Design) โดยมีการกำหนดนิยามของอาคารเขียวไว้ว่าเป็น “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อช่วยให้อาคารสามารถใช้ประโยชน์จากสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นปัจจัยแสงแดดลมดินน้ำพืชพันธ์และสัตว์โลกด้วยวิธีทางธรรมชาติ (Passive) อย่างเต็มที่และใช้วิธีควบคุม (Active) เท่าที่จำเป็น” หลักการสำคัญของสถาปัตยกรรมสีเขียว นอกจากการออกแบบอาคารให้สามารถตอบรับกับสภาพแวดล้อมเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายแล้วยังมีเป้าหมายเพื่อผสมผสานองค์ความรู้ด้านการออกแบบ Passive design จากทศวรรษที่ 70 กับเทคโนโลยีสมัยใหม่ของศตวรรษที่ 20 ในการที่จะใช้ประโยชน์จากพลังงานธรรมชาติที่สะอาดและไม่มีวันหมดไป (renewable energy) รวมถึงการใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด (Sreshthaputra, 2007) แนวคิดทางการออกแบบเชิงบูรณาการนี้พยายามเชื่อมโยงองค์ความรู้ วิทยาการและงานระบบอาคารอื่นๆ เพื่อให้ตัวงานสถาปัตยกรรมสีเขียวสามารถตอบรับกับปัจจัยหลัก 3 ข้อด้วยกัน ได้แก่ ความสอดคล้องกับสภาพอากาศ (Climate Responsiveness) ความน่าสบาย และการใช้พลังงานจากธรรมชาติ

หนึ่งในกลวิธีของการออกแบบสถาปัตยกรรมให้สามารถตอบรับกับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงและช่วยให้เกิดการลดใช้พลังงานภายในอาคารได้ คือ “การออกแบบเปลือกอาคาร” ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากเปลือกอาคารเป็นพื้นที่ด่านหน้าที่สัมผัสโดยตรงกับสภาพแวดล้อมรอบๆ อาคารตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ แสงแดด ลม ความร้อน และการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ดังนั้น “เปลือกอาคาร” จึงกลายเป็นส่วนสำคัญของสถาปัตยกรรมสีเขียวที่ขยายบทบาทจากเปลือกซึ่งหุ้มห่อที่ว่างภายในอาคารมาสู่เปลือกที่สามารถตอบรับกับสภาพการเปลี่ยนแปลงโดยรอบของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นจากเดิมที่เปลือกอาคารมีรูปแบบคงทนถาวร ไม่เคลื่อนไหว สู่เปลือกอาคารที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยกลไกและเทคโนโลยีอันทันสมัยและประกอบขึ้นจากวัสดุก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพและระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมต่างๆ และองค์ประกอบสำคัญของเปลือกอาคารที่ตอบรับกับสภาพภูมิอากาศและทิศทางของแสงแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดนั่นคือ “อุปกรณ์แผงกันแดดภายนอกอาคาร (Exterior Shading Devices)”

แม้ว่าในปัจจุบันได้เริ่มมีการคิดค้นและออกแบบเทคโนโลยีอุปกรณ์แผงกันแดดภายนอกอาคารที่สามารถปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติตามสภาพภูมิอากาศ และไวต่อสภาพแวดล้อมภายนอก แต่ระบบดังกล่าวยังต้องอาศัยเทคโนโลยีและต้นทุนที่สูงมากจนไม่สามารถเข้าถึงผู้คนส่วนใหญ่ในสังคมโดยเฉพาะในประเทศไทย เช่นเดียวกับสิ่งประดิษฐ์เพื่อสิ่งแวดล้อมหลายต่อหลายชิ้นที่ส่วนมากจะถูกจำกัดเฉพาะโครงการที่มีงบประมาณสูง จึงเป็นคำถามทำให้คณะวิจัยเกิดแนวคิดที่จะประดิษฐ์นวัตกรรมของเปลือกอาคารที่ปรับตามสภาพแวดล้อมด้วยเทคโนโลยีต้นทุนต่ำ

บทความนี้ได้นำเสนอพัฒนาการของเปลือกอาคารที่ตอบสนองกับสภาพภูมิอากาศ (climate responsive building skins) ในรูปแผงกันแดดภายนอกอาคาร และกระบวนการประดิษฐ์คิดค้นแผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติตามทิศทางแสงอาทิตย์ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนสูงสุด และรับแสงธรรมชาติทางอ้อมได้ (Srisutapan, 2014, pp. 37-52) ในขณะเดียวกันนวัตกรรมการออกแบบระบบแผงกันแดดนี้เป็นการผสมผสานระบบอุปกรณ์ควบคุม (active system) ด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้ากับกลวิธีการออกแบบชนิดพึ่งพาระบบธรรมชาติ (passive design) ที่เข้าไปควบคุมการเคลื่อนที่ของบานเกล็ดบังแดดนอกอาคารให้ปรับองศาได้ตามทิศทางแสงอาทิตย์โดยสั่งการจากอุปกรณ์เซนเซอร์แบบทันที (real-time) และระบบคอมพิวเตอร์ทำให้แผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพทิศทางแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบจริงบนเปลือกอาคารและที่สำคัญคือวัสดุอุปกรณ์และระบบกลไกทั้งหมดล้วนประกอบขึ้นจากเทคโนโลยีการผลิตต้นทุนต่ำเพื่อให้แผงกันแดดนี้สามารถเข้าถึงทุกชุมชนได้จริงในราคาที่ย่อมเยา สามารถนำไปติดตั้งได้กับทั้งอาคารเดิมที่มีอยู่แล้ว หรือกับอาคารที่จะสร้างใหม่ในอนาคต

2. พัฒนาการของอุปกรณ์กันแดดนอกอาคาร

เมื่อกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้กันแดดนอกอาคาร (exterior shading device) มีหลายคำที่มีความหมายใกล้เคียงกัน ตั้งแต่บานเกล็ดบังแดด (Sun louvers or Shading louvers) ผนังเกล็ดบังสายตา (Venetian blind) ผนังกรุแผ่นประกอบ (Slats façade) และส่วนกันแดดนอกอาคาร (Brise-soleil) ไปจนถึงเปลือกอาคารที่ตอบรับกับสภาพแวดล้อมที่กำลังพัฒนากันอยู่ในปัจจุบันด้วยปัจจัยเทคโนโลยีอันทันสมัยทั้งวัสดุ กลไกและระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ในงานวิจัยนี้ จึงทำการทบทวนเนื้อหาและพัฒนาการของอุปกรณ์กันแดดที่เปลือกอาคารเหล่านี้สำหรับเป็นข้อมูลในการคิดค้นนวัตกรรมแผงกันแดด โดยเริ่มจากส่วนที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ ผนังบานเกล็ด

คำว่าผนัง “บานเกล็ด (Louvers)” หมายถึงชุดแผ่นเกล็ดวางซ้อนกันตามแนวนอนผลิตจากวัสดุที่หลากหลาย เช่น กระจก ไม้ หรือโลหะ ใช้สำหรับควบคุมทิศทางของลมและแสง บานเกล็ดจึงใช้กับหน้าต่างหรือประตูเพื่อระบายอากาศ ความชื้น และป้องกันแสงแดด ซึ่งมีทั้งชนิดติดตายและปรับได้ ในอดีตผนังบานเกล็ดถูกใช้กับส่วนระบายอากาศสำหรับห้องครัวโดยติดตั้งเป็นทรงรูปโดมบนหลังคาดังปรากฏในอาคารบ้านเรือนยุคกลางของยุโรปหรือช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 8–13 ส่วนในแถบเอเชียก็มีการใช้แผงระแนงไม้กับสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นของภูมิภาคต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นฝาไหลแนวตั้งที่ผนังห้องครัวของเรือนล้านนาหรือแผงเกล็ดไม้ตีตามนอนสำหรับระบายอากาศร้อนใต้หลังคาจั่ว เกล็ดแนวนอนนอกจากจะใช้ที่ผนังภายนอกอาคาร ยังถูกประยุกต์ในรูปแบบของม่านเกล็ดปรับได้ที่ใช้ภายในอาคาร หรือที่เรียกว่า “Venetian blind” ติดตั้งหลังบานหน้าต่างกระจก

อีกรูปแบบหนึ่งของบานเกล็ดคือ “Jalousies” หรือหน้าต่างบานเกล็ดปรับได้ ซึ่งพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1939 โดยวิศวกรชาวอเมริกัน แวน เอลลิส ฮัฟฟ์ (Van Ellis Huff) โดยออกแบบสำหรับบ้านพักอาศัยในมลรัฐฟลอริดาเพื่อเปิดรับลมเย็นชายทะเลและเหมาะสมกับภูมิอากาศร้อนชื้น หน้าต่างดังกล่าวนี้เป็นรูปแบบเดียวกับที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบัน คือเป็นอุปกรณ์ชุดสำเร็จรูปโครงอลูมิเนียมที่หนีบแผ่นเกล็ดกระจกและควบคุมด้วยแขนหมุนหรือแขนโยก โดยส่วนมากเรานิยมเรียก “Louvers” ว่าเป็นผนังบานเกร็ดติดตาย ในขณะที่ “Jalousies” จะเป็นหน้าต่างบานเกร็ดปรับได้ที่ถูกติดตั้งด้วยกลไกบังคับให้สามารถหมุนแผ่นเกล็ดที่ขนานกันให้เปิดปิดปรับองศาได้

สำหรับแผงกันแดดที่มีลักษณะเป็นเปลือกชั้นที่สองของอาคาร ปรากฏชัดเจนอีกครั้งในงานสถาปัตยกรรมยุคสมัยใหม่ (Modern Architecture) ในรูปของแผงกันแดดถาวร หรือ “บริซโซเลล์” (เป็นภาษาฝรั่งเศสที่แปลว่า “sun breaker”) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดรังสีความร้อนโดยตรงจากแสงแดด และสร้างพื้นที่บังเงาให้กับผนังอาคารซึ่งส่วนใหญ่เป็นผนังกระจก ตัวอย่างเช่น ในงานออกแบบของสถาปนิก เลอ คอร์บูซิเอร์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นรูปของแผง pattern คอนกรีตหน้าอาคาร อย่างเช่นกรณีโครงการอูนิเต ดาบิตาชียง (Unité d’Habitation) ในเมืองมาร์–เซยล์ส ประเทศฝรั่งเศส สร้างในปี ค.ศ. 1952 และมีความเด่นชัดมากๆ เมื่อเป็นการออกแบบแผงกันแดดที่สัมพันธ์กับสภาพอากาศร้อนชื้น ในหลายโครงการที่ประเทศอินเดีย (Kamal, 2013) เช่น บ้านโชดัน (Shodan House) ในกรุงอาเมดาบัด (Ahmedabad) และกลุ่มอาคารราชการ ณ เมืองจัณฑีครห์ (Chandigarh) ในช่วงปี ค.ศ. 1955–1962

ในช่วงเวลานั้น อิทธิผลทางความคิดในการออก–แบบของคอร์บูซิเอร์ เรื่อง “บริซโซเลล์” ร่วมกับลักษณะสำคัญ 5 ประการของเขา (เสาลอยยกพื้น/ผังพื้นอิสระ/ผนังอิสระที่แยกจากโครงสร้าง/ช่องเปิดยาวแนวนอน/สวนดาดฟ้า) แพร่กระจายอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในกลุ่มประเทศแถบอเมริกาใต้ อย่างประเทศบราซิล ตัวอย่างที่ปรากฏให้เห็นเด่นชัด น่าจะเป็นงานออกแบบอาคารกระทรวงศึกษาธิการและสาธารณสุข ณ เมืองรีโอเดจาเนโร (Rio de Janeiro) โดยทีมสถาปนิกลูซิโอ คอสต้า (Lucio Costa) และออสก้าร์ นีเมเยอร์ (Oscar Niemeyer) สร้างขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1936 และที่สำคัญก็คือเป็นอาคารสูงโครงการแรกที่มีการคิดค้นแผงกันแดด หรือ บริซโซเลล์ให้สามารถปรับองศาได้ตามทิศทางแสงแดดที่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (ตามสเกตช์รูปที่ 1) แผงกันแดดแนวนอนที่ปรับเปลี่ยนองศาได้นี้ถูกติดตั้งหน้าผนังกระจกด้านทิศเหนือของอาคารที่สูง 15 ชั้น เพื่อกันแสงแดดโดยตรงให้เข้าสู่อาคาร ลดความร้อนภายในอาคาร และเปิดทัศนะวิสัยในการมองผ่านผนังกระจกในระดับสายตา ทำให้สามารถใช้สอยพื้นที่ภายในสำนักงานโดยไม่ต้องพึ่งพาระบบปรับอากาศ (Tavares & Silva, 2007) และอีกตัวอย่างหนึ่ง คืองานออกแบบของ ออสก้าร์ นีเมเยอร์ ในโครงการอาคารสถานสงเคราะห์เด็ก (Obra do Berço) สร้างขึ้นในเมืองรีโอเดจาเนโรเช่นกันเมื่อปี ค.ศ. 1937 (ดูรูปที่ 2) โดยมีลักษณะเป็นแผงอลูมิเนียมพับขึ้นรูปแนวตั้งที่สามารถปรับองศาได้ ถูกติดตั้งหน้าอาคารทั้งเพื่อสร้างเอกลักษณ์ให้กับเปลือกอาคารและป้องกันแสงแดด แต่ด้วยปัจจัยเทคโนโลยี

ในช่วงเวลานั้นทำให้แผงกันแดดดังกล่าวสามารถเลือกปรับองศาได้เพียงมุมเดียวจากตามแกนควบคุมด้วยมือ (manually adjusted louvers)

การพัฒนาออกแบบบริชโซเลล์ให้สามารถตอบรับกับสภาพภูมิอากาศ และส่งผลทั้งทางด้านสุนทรียภาพของที่ว่างภายในอาคารที่สัมพันธ์กับเปลือกอาคารภายนอกเริ่มมีให้เห็นในโครงการออกแบบอาคารสถาบันโลกอาหรับ (Arab World Institute) ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส โดยสถาปนิกฌ็อง นูแวล (Jean Nouvel) เมื่อปี ค.ศ. 1987 จากอิทธิผลทางความคิด “Biomimicry” หรือวิศวกรรมทางธรรมชาติ (การที่มนุษย์พยายามทำความเข้าใจระบบ รูปทรง กระบวนการต่างๆ ในธรรมชาติเพื่อแก้ปัญหาและคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ของมนุษยชาติ) สถาปนิกนูแวลทดลองใช้นวัตกรรมม่านป้องกันแสงแดดที่เปิดปิดได้อัตโนมัติตามความเข้มแสงอาทิตย์ภายนอกอาคารกับผนังอาคารด้านทิศใต้ โดยการใช้แผ่นโลหะรีดบางวางซ้อนขึ้นเป็นรูปวงกลมเลียนแบบช่องรูรับแสงของกล้องถ่ายภาพ และให้แสงผ่านช่องรูปแบบเรขาคณิตของศิลปะอาหรับ ไม่ว่าจะเป็นสี่เหลี่ยม วงกลม หรือรูปแปดเหลี่ยม ส่งผลให้เกิดที่ว่างภายในอาคารที่น่าตื่นตาตื่นใจ และเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาพร้อมๆ กับภาพลักษณ์อาคารภายนอกที่เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกัน (รูปที่ 3) แต่เนื่องจากในช่วงเวลานั้นเทคโนโลยีดังกล่าวต้องอาศัยงบประมาณการก่อสร้างค่อนข้างสูงและมีระบบควบคุมที่ยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร ดังนั้นนวัตกรรมป้องกันแสงแดดเปิด–ปิดได้อัตโนมัตินี้ จึงไม่ได้ถูกต่อยอดหรือพัฒนาในโครงการอื่น (Ots, 2011)

ในแวดวงด้านการวิจัยเทคโนโลยีเปลือกอาคาร Kathy Velikov และ Geoffrey Thün ได้วิเคราะห์แนวคิดในการออกแบบเปลือกอาคารอัจฉริยะในบทความ “Responsive Building Envelopes: Characteristics and Evolving Paradigm” (Velikov & Thün, 2013) โดยอธิบายพัฒนาการของเปลือกอาคารประสิทธิภาพสูงที่ตอบสนองสภาพแวดล้อมได้รวดเร็วซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบขึ้นจากวัสดุทันสมัยและมีความซับซ้อนด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ เซ็นเซอร์ไร้สาย และแขนควบคุม (actuators) ต่างๆ โดยทั้งหมดประมวลมาจากแนวคิดหลัก 4 คำ คือ ชาญฉลาด (smart) เป็นอัจฉริยะ (intelligent) มีความสามารถในการโต้ตอบ (interactive) และตอบสนอง (responsive)

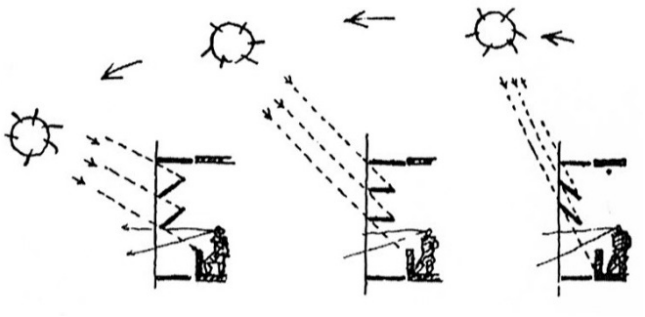
จากข้อมูลโครงการทดลองออกแบบที่สำคัญๆ ในบทความดังกล่าว ทำให้สามารถจัดลำดับการเกิดของวิวัฒนาการงานออกแบบเปลือกอาคารที่ตอบสนองกับสภาพแวดล้อม โดยเรียงตามปีดังนี้

• ปี ค.ศ. 1967 ได้มีเปลือกอาคารที่ปรับได้ตามสภาพอากาศแห่งแรก คืออาคาร Montreal Biosphère เป็นศาลาจัดงานแสดงของประเทศสหรัฐอเมริกา จัดขึ้นใน Montreal Expo ปี ค.ศ. 1967 ออกแบบโดยสถาปนิก บักมินสเตอร์ ฟุลเลอร์ (Buckminster Fuller) เปลือกอาคารรูปโดมนี้ทำจากวัสดุปิดผิวโปร่งแสงจำพวกอะคิลิค โดยมีผืนผ้าใบชั้นในที่ควบคุมการเปิดปิดตามสภาพและทิศทางแสงแดดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

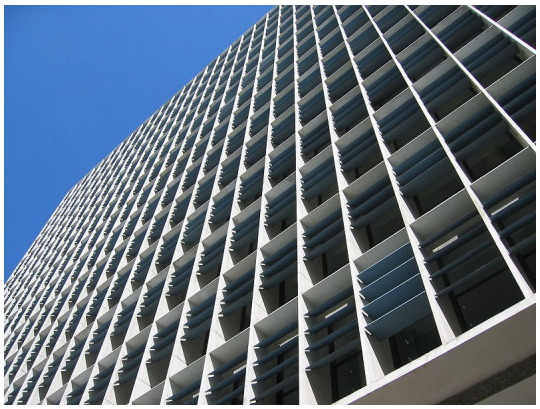
• ปี ค.ศ. 1989 ถึง ค.ศ. 1993 มีการคิดค้นต้นแบบบ้านอัจฉริยะ “TRON-Concept Intelligent House” โดยศาสตราจารย์ เคน ซาคามูร่า (Ken Sakamura) แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว (อ่านต่อใน www.assoc.tron.org อ้างใน รายงานฉบับสมบูรณ์เรื่อง โครงการจัดทำแผนที่การวิจัยสำหรับสมองกลฝังตัว (Embedded Systems) โดยฝ่ายวิจัยกลยุทธ์และดัชนีอุตสาหกรรมศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (2550). Professor Ken Sakamura ผู้ริเริ่มโครงการระบบปฏิบัติการเรียลไทม์ใหม่ในชื่อ “TRON” ซึ่งย่อมาจาก “The Real-time Operating System Nucleus” เริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 1984 มีวัตถุประสงค์ที่จะจัดหาสถาปัตยกรรมแบบเปิดและแบบใหม่ (New and Open computer architecture) สำหรับตอบสนองความต้องการของคอมพิวเตอร์แอพพลิเคชั่นในทศวรรษที่ 1990 และมองไปจนถึงศตวรรษที่ 21) โดยมีม่านปรับได้อัตโนมัติ ควบคุมการเปิดปิดด้วยแผงข้อมูลที่รับตัวแปรจากทั้งภายในอาคารและภูมิอากาศภายนอกอาคาร

• ปี ค.ศ. 2006 อาคาร Terrence Donnelley Centre for Cellular and Bimolecular Research แห่งมหาวิทยาลัยโตรอนโต ออกแบบโดยสถาปนิกบริษัท Alliance and Behnisch Architekten ใช้ระบบผนังสองชั้นอัจฉริยะที่มีม่านภายในอาคารกับบานเกล็ดระบายอากาศปรับได้ ให้สามารถควบคุมสภาพแสง การรับรังสีความร้อน และการระบายอากาศ เป็นการจัดการอาคารกระจกรอบด้านนี้ให้เกิดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

• ปี ค.ศ. 2007 บ้านต้นแบบที่ชนะในการประกวด US Solar Decathlon Competition ปี ค.ศ. 2007 โดยกลุ่มมหาวิทยาลัย Technische Universität Darmstadt จากประเทศเยอรมนี ได้ใช้แผงควบคุมคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับแผ่นโซลาเซลล์ (photovoltaic panels) ที่ฝังในบานเกล็ดไม้แต่ละแผ่น (รูปที่ 4) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จากผนังบานเกล็ดทั้งสี่ด้านของอาคาร แม้ว่าโครงการนี้จะไม่ได้ใช้ระบบติดตามทิศทางแสง



ที่มา: Nelci Tinem. (2006). Arquitetura Moderna Brasileira: a imagem como texto



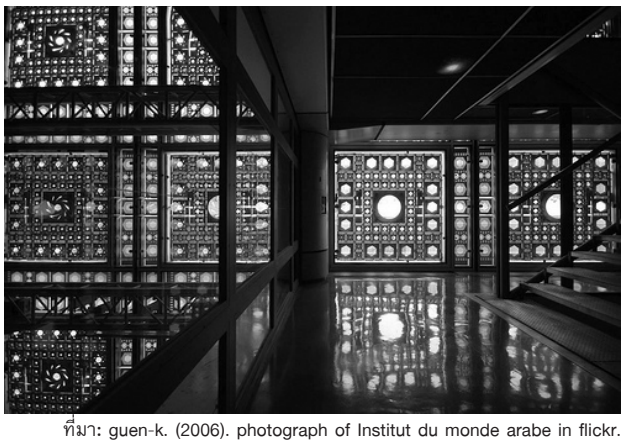
ที่มา: Brise soleil in wikipedi. (n.d.)

รูปที่ 1 อาคารกระทรวงศึกษาธิการและสาธารณสุข ณ เมืองรีโอเดจาเนโร (Rio de Janeiro) โดยทีมสถาปนิกลูซิโอ คอสต้า และ ออสก้าร์ นีเมเยอร์ สร้างขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1936

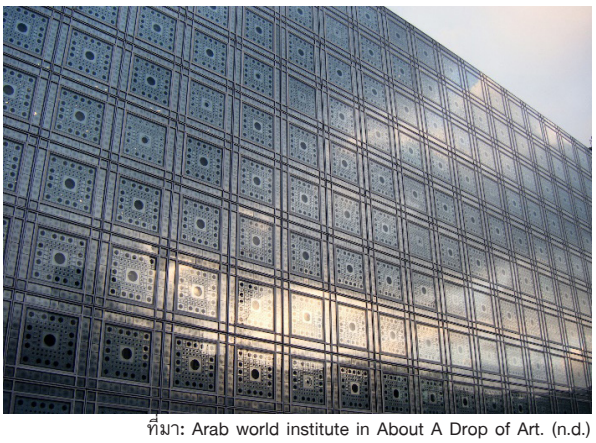
ที่มา: Colin M. Snider. (2012). Get to Know a Brazilian: Oscar Niemeyer in Americas South and North

ที่มา: 104 Oscar Niemeyer in chiqza. (2014).

รูปที่ 2 อาคารสถานสงเคราะห์เด็ก Obra do Berço โดยสถาปนิก ออสก้าร์ นีเมเยอร์ ปี ค.ศ. 1937



ที่มา: guen-k. (2006). photograph of Institut du monde arabe in flickr.



ที่มา: Arab world institute in About A Drop of Art. (n.d.)

รูปที่ 3 อาคาร Arab World Institute ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศสออกแบบโดยสถาปนิก Jean Nouvel เมื่อปี ค.ศ. 1987

ที่มา: SolarHaus TU Darmstadt, Solar Decathlon 2007 in Entrepreneurial Urbanism & Design. (2015).

ที่มา: Solar Decathlon - Technische Universitat Darmstadt in Ziger/Snead. (2007).

รูปที่ 4 ต้นแบบที่ชนะในการประกวด US Solar Decathlon Competition ปี ค.ศ. 2007 โดยกลุ่มมหาวิทยาลัย Technische Universität Darmstadt จากประเทศเยอรมนี

เพื่อควบคุมองศาของบานเกล็ดให้บังแสงแดดแบบทันที (real-time) สำหรับการลดรังสีความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคาร (ดูเพิ่มเติมใน Solar Decathlon 2007 Technische Universität Darmstadt.retrived: http://www.solardecathlon.gov/past/2007/team_darmstadt.html) แต่ก็จัดได้ว่าได้ให้แนวคิดใหม่ๆ อย่างมากกับงานวิจัยในแขนงนี้

• ปี ค.ศ. 2008 บริษัทด้านวิศวกรรม Buro Happold ร่วมกับนักประดิษฐ์ Chuck Hoberman ได้สร้างแผงยูนิตอัจฉริยะที่เรียกว่า Adaptive Buildings Initiative (ABI) โดยพัฒนาระบบกันแดดกับแผ่นปิดผิวอาคาร (cladding systems) ให้สามารถเคลื่อนที่ได้อัตโนมัติ และพัฒนาเป็น ABI Strata™ System สำหรับระบบเปลือกอาคาร Helio Trace Adaptive Façade ที่ร่วมออกแบบโดยบริษัทสถาปนิก SOM กับกลุ่ม Permasteelisa Group จัดว่าเป็นการพัฒนาเปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพสูง สัมพันธ์กับสภาพแสงธรรมชาติและลดรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้มากถึง 81 เปอร์เซนต์ (Velikov & Thün, 2013)

สำหรับการพัฒนาอุปกรณ์แผงกันแดดเพื่อจำหน่ายในปัจจุบัน พบว่ารูปแบบวัสดุของบานเกล็ด (Blade) มีให้เลือกมากมายหลากหลายตั้งแต่ ไม้จริง ไม้สังเคราะห์ ไฟเบอร์ซีเมนต์ อลูมิเนียม เหล็ก โลหะคอมโพสิทแผ่นอะคริลิคพีวีซีแผ่นเซรามิค แผ่นกระจกไปจนถึงแผ่นโซล่าเซลล์ (Photovoltaic) (ดูเพิ่มเติมใน Josep Minguet. (2013). Slats Façades. Barcelona: Monsa Publications. ซึ่งรวบรวมผลงานออกแบบแผงเกล็ดรูปแบบต่างๆ ภายใต้ผู้ผลิตนาม Llambí ของประเทศสเปน) ติดตั้งทั้งแนวตั้ง และแนวนอน มีหลายขนาดและรูปร่างของบานเกล็ด เช่น เป็นแผ่นเรียบ แผ่นเกล็ดรูปตัวซี (Z) บานเกล็ดรูปตัวแอล (L) หรือแบบพับขึ้นรูปครึ่งวงรี (Semi-elliptical blades) เป็นต้น ในบทความ “10 Key Questions about Exterior Shading” ของ ริชาร์ด วิลสัน (Wilson, 2014) ได้สรุปรูปแบบอุปกรณ์กันแดดในท้องตลาด โดยแบ่งตามวิธีควบคุมออกเป็น 3 ระบบหลักๆ คือ แบบติดตาย (fixed louver) แบบปรับได้ (adjustable louver) และแบบม้วนหรือพับเก็บได้ (retractable louver) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุผ้าใบหรือเหล็กม้วนมากกว่าลักษณะแผ่นบานเกล็ด

ระบบบานเกล็ดติดตาย จะติดตั้งเหนือผนังกระจกในลักษณะชายคา หรือเป็นแผงหน้าผนังกระจกคล้ายระบบบริซโซเลล์ที่มีทั้งแนวตั้งและแนวนอน ระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่นี้จึงมีข้อดีในด้านความคงทนต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศภายนอก ไม่ว่าจะเป็นแรงลม พายุฝน หรือแดด ประสิทธิภาพการป้องกันแดดแบบนี้ขึ้นอยู่กับขนาดรูปร่างของบานเกล็ด ช่องว่างระหว่างแผ่น และองศาที่ติดตั้ง ทั้งนี้ในการออกแบบจึงมีการคำนวนองศาของบานเกล็ดติดตายนี้ให้สัมพันธ์กับทิศทางแสงแดดที่กระทบอาคารแต่ละด้าน เพื่อประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดให้ได้มากที่สุด

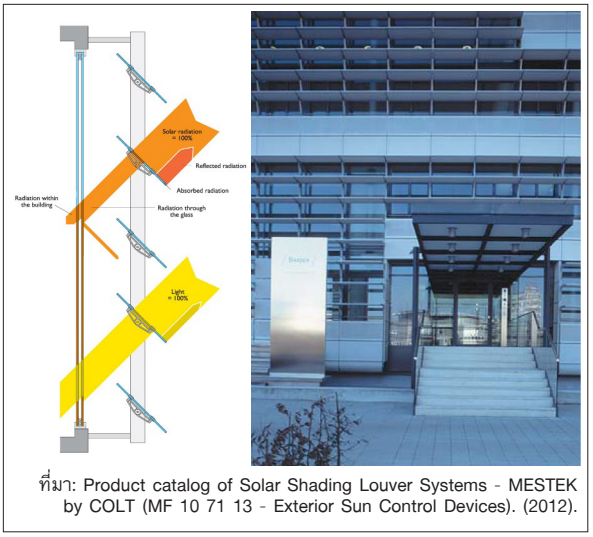
ส่วนระบบบานเกล็ดปรับได้ ซึ่งควบคุมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า สามารถปรับองศาให้สัมพันธ์กับทิศทางแสงแดดได้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเชื่อมต่อเข้ากับระบบควบคุมอัตโนมัติ ระบบแบบนี้ไม่สามารถพับหรือม้วนเก็บหมดได้ แต่สามารถปรับองศาให้เปิดสุด (หมุนแผ่นบานเกล็ดในมุม 180 องศา) เพื่อทัศนะวิสัยในการมองสู่ภายนอก สำหรับระบบควบคุมมีตั้งแต่เปิดปิดด้วยแรงคนระบบไฟฟ้าที่มีสวิทช์เปิดปิดตามความต้องการของผู้อาศัย

ด้วยการใช้อุปกรณ์รีโมทไร้สาย หรือตั้งโปรแกรมระบบควบคุมอัตโนมัติให้ปรับเปลี่ยนองศาตามทิศทางแสงแดด แม้ว่าจะสามารถปรับสภาพแสงภายในด้วยการนำแสงสว่างทางอ้อมจากธรรมชาติเข้าสู่อาคารก็ตาม แต่ระบบควบคุมนี้แยกอิสระจากระบบแสงสว่างภายในอาคาร และด้วยระบบที่ทำงานเป็นช่วงเวลาสั้นๆ ตลอดวัน คือเพียงไม่กี่วินาทีในการปรับองศาทำให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่ได้สูงมากมายเมื่อเปรียบเทียบกับการช่วยลดพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศในอาคาร

ในการสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์แผงกันแดดที่ปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติตามสภาพภูมิอากาศและไวต่อสภาพแวดล้อมภายนอก พบว่า บริษัท Mestek Architectural Group ร่วมกับ บริษัท COLT ผู้ผลิตแผงกันแดดรายใหญ่แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (MESTEK, 2012) ผลิตแผงเกล็ดกันแดดในนาม “MESTEK Intelligent Envelopes™” (รูปที่ 5) ออกสู่ตลาดอุปกรณ์ก่อสร้างแล้วในปี พ.ศ. 2555 แผงกันแดดดังกล่าวถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันรังสีอาทิตย์ ควบคุมให้แผ่นบานเกล็ดหมุนปรับเปลี่ยนองศาอัตโนมัติตามทิศทางแสงแดดด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์เพื่อสร้างพื้นที่บังเงาให้กับผนังกระจกได้มากที่สุด และลดแสงสะท้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศภายในอาคาร เป็นการประหยัดต้นทุนการดำเนินการนอกจากนี้การใช้ระบบเซนเซอร์ติดตามตำแหน่งแสงอาทิตย์จะทำให้บานเกล็ดหมุนเปิดเพื่อรับแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารได้อย่างเต็มที่ในวันที่มีเมฆมากและไม่มีแสงแดด แต่เนื่องจากสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวอาศัยระบบควบคุมการทำงานและเทคโนโลยีการผลิตชั้นสูง ทำให้สินค้ามีราคาแพง และไม่สามารถเข้าถึงได้กับทุกครัวเรือนหรือทุกโครงการ จะมีก็เพียงโครงการอาคารขนาดใหญ่ที่มีงบประมาณสูงเท่านั้นจึงจะมีโอกาสได้นำเทคโนโลยีแผงกันแดดนี้มาใช้

3. นวัตกรรมแผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติต้นทุนต่ำ

จากการรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลอุปกรณ์แผงกันแดดข้างต้น ทั้งในแวดวงด้านการประดิษฐ์คิดค้นจากสถาบันวิจัยต่างๆ และด้านการผลิตเชิงพาณิชยกรรม ซึ่งทั้งสองวงการส่วนใหญ่ยังออกแบบชิ้นส่วนนวัตกรรมแผงกันแดดปรับได้อัตโนมัตินี้ด้วยต้นทุนที่สูงและเทคโนโลยีที่ซับซ้อน จนในท้ายที่สุดแล้ว อุปกรณ์ที่มีราคาแพงดังกล่าวไม่สามารถเข้าถึงผู้คนส่วนใหญ่ในสังคมได้จริงและเกิดช่องว่างขนาดใหญ่ระหว่างสถาปัตยกรรม “สีเขียว” กับการใช้งานจริงในชีวิตประจำวันของผู้คน เช่นเดียวกับสิ่งประดิษฐ์เพื่อสิ่งแวดล้อมหลายต่อหลายชิ้นที่ส่วนมากจะถูกจำกัดเฉพาะโครงการที่มีงบประมาณสูงจึงเป็นคำถามสำคัญทำให้คณะวิจัย (ผู้เขียนบทความ) เกิดแนวคิดที่จะประดิษฐ์นวัตกรรมของเปลือกอาคารที่ปรับตามสภาพแวดล้อมด้วยเทคโนโลยีต้นทุนต่ำสามารถเข้าถึงทุกชุมชนได้จริงในราคาที่ย่อมเยา ง่ายแก่การนำไปใช้ โดยสามารถติดตั้งได้กับทั้งอาคารเดิมที่มีอยู่แล้ว หรือกับอาคารที่จะสร้างใหม่ในอนาคต



ที่มา: Product catalog of Solar Shading Louver Systems - MESTEK by COLT (MF 10 71 13 - Exterior Sun Control Devices). (2012).

รูปที่ 5 ตัวอย่างสินค้าแผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติ MESTEK ภายใต้บริษัท COLT แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1 แนวคิดหลักในการออกแบบ

จากแนวคิดหลักของสถาปัตยกรรมสีเขียวที่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (Appropriate Technology) กับเทคนิคการออกแบบที่พึ่งพาระบบธรรมชาติ (Passive Design) อุปกรณ์แผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติต้นทุนต่ำนี้จึงถูกคิดค้นทั้งสำหรับใช้กับเปลือกอาคารระบบปิด คือการเป็นผนังชั้นที่สองของอาคารซึ่งติดตั้งหน้าผนังกระจกหรือหน้าต่างกระจกที่ปิดล้อมห้องระบบปรับอากาศ และสำหรับเปลือกอาคารระบบเปิด คือเป็นผนังปิดล้อมให้กับที่ว่าง open-air ที่ใช้การถ่ายเทอากาศโดยธรรมชาติ เช่น โถงทางเดิน หรือระเบียงหน้าอาคาร โดยอุปกรณ์ดังกล่าว มีวัตถุประสงค์หลัก คือ

1. เพื่อป้องกันแสงแดดโดยตรง

เป็นอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร เพื่อป้องกันแสงแดดไม่ให้ผ่านผนังกระจกและเข้าสู่ภายในอาคาร (เป็นการควบคุมการรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์) เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศ เป็นการลดค่าใช้จ่ายระยะยาวในการดำเนินการอาคาร

2. เพื่อรับแสงธรรมชาติทางอ้อม

เนื่องจากระบบเซนเซอร์ติดตามตำแหน่งแสงอาทิตย์จะทำให้บานเกล็ดหมุนปิดกันแสงแดดเฉพาะที่จำเป็น และเปิดเพื่อรับแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารในองศาที่เหมาะสม หรือสามารถเปิดรับแสงธรรมชาติอย่างเต็มที่ในวันที่มีเมฆมากและไม่มีแสงแดด เป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบแสงสว่าง และมีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากกว่าระบบบานเกล็ดติดตาย

3. เพื่อเปิดทัศนะวิสัยในการมอง

ด้วยการปรับเปลี่ยนองศาได้ของบานเกล็ด ทำให้ห้องที่ถูกปิดล้อมด้วยแผงกันแดดนี้ไม่อึดอัด เพราะยังคงมีมุมมองออกสู่ภายนอกอาคารได้โดยผ่านผนังกระจกในระดับสายตา

4. เพื่อสร้างภาพลักษณ์ให้กับเปลือกอาคารภายนอก

การหุ้มห่ออาคารด้วยเปลือกอาคารชั้นที่สองแบบบานเกล็ดปรับได้นี้ จะทำให้ภาพรวมของอาคารเรียบร้อย ช่วยในการจัดระเบียบรูปด้านอาคารให้ดูสวยงามและมีเอกลักษณ์

5. เพื่อสร้างภาวะความเป็นส่วนตัว

การสร้างเปลือกหุ้มอาคารอีกชั้นหนึ่งเป็นการช่วยสร้างความเป็นส่วนตัวให้กับที่ว่างในอาคาร เสมือนการสร้างม่านพรางตาที่อยู่ภายนอกอาคารและในบางกรณี การใช้แผงเกล็ดบังแดดนี้สามารถทดแทนการใช้ม่านภายในอาคาร เมื่อได้รับการออกแบบให้ระบบสามารถควบคุมการปิดในเวลากลางคืน และเปิดอัตโนมัติในเวลากลางวัน เป็นการประหยัดงบประมาณการก่อสร้างในส่วนค่าอุปกรณ์ผ้าม่านได้อีก

6. เพื่อเป็นการใช้ระบบพลังงานธรรมชาติ

ตามแนวคิดการใช้ระบบเซนเซอร์ติดตามตำแหน่งแสงอาทิตย์ เป็นการใช้แหล่งพลังงานธรรมชาติเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการควบคุมระบบป้องกันความร้อนให้กับอาคาร จัดเป็นการอนุรักษ์การใช้พลังงานวิธีหนึ่ง และเมื่อได้รับการออกแบบและพัฒนาแล้วเสร็จ (เป็นแนวคิดที่อยู่ในช่วงการทดลองของคณะวิจัย) ในอนาคต อุปกรณ์ดังกล่าวน่าจะสามารถนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วกลับมาป้องกันรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์เองด้วยแผงกันแดดอัตโนมัตินี้

7. เพื่อเป็นต้นแบบของนวัตกรรมที่สร้างด้วยเทคโนโลยีต้นทุนต่ำ

ด้วยการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีราคาไม่สูงประกอบกับกลไกและระบบควบคุมที่มีราคาถูก ทำให้ต้นทุนนวัตกรรมดังกล่าวมีราคาต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับชุดบานเกล็ดกันแดดทั่วไปที่มีขายอยู่ในตลาดวัสดุก่อสร้างหรือเทียบกับชุดอุปกรณ์เปลือกอาคารอัจฉริยะที่มีราคาสูงมากอีกทั้งอุปกรณ์นวัตกรรมนี้ควรจะสามารถติดตั้งได้ง่ายและสะดวกทั้งอาคารเดิมที่มีอยู่แล้ว หรือกับอาคารที่จะสร้างใหม่ในอนาคต

ส่วนเทคโนโลยีการควบคุมระบบการเปิดปิดและปรับองศาของแผ่นเกล็ด ปัจจุบันเราสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวได้ง่ายขึ้นและราคาไม่แพง ทำให้คณะวิจัย (ผู้เขียนบทความ) เล็งเห็นศักยภาพในการบูรณาการระบบควบคุมไฟฟ้าและอุปกรณ์เซนเซอร์เชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์แผงกันแดดดังกล่าว เกิดเป็นแผงปรับได้อัตโนมัติตามสภาพทิศทางแสงแดดด้วยเทคโนโลยีต้นทุนต่ำ แนวคิดในการออกแบบนวัตกรรมด้วยการนำเอาวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างที่มีราคาไม่แพงมาประกอบเข้ากับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ให้สามารถควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ในครั้งนี้ จะทำให้เกิดนวัตกรรมที่ช่วยสร้างงานสถาปัตยกรรมยั่งยืน โดยเฉพาะในเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย ช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด สร้างสภาพแวดล้อมความเป็นอยู่ของเมืองให้ดีขึ้น และที่สำคัญด้วยการผลิตที่อาศัยต้นทุนต่ำ ทำให้งานออกแบบนี้สามารถเข้าถึงผู้ใช้อาคารในทุกชนชั้น

ทั้งนี้ การเลือกใช้ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่เป็นระบบเปิด (open source) ซึ่งสามารถแจกจ่ายและเปิดโอกาสให้บุคคลทั่วไปนำไปใช้งานศึกษา แก้ไขและเผยแพร่ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายนี้ จะช่วยลดต้นทุนในการพัฒนาและการผลิตนวัตกรรมแผงปรับได้อัตโนมัติตามสภาพทิศทางแสงแดด

3.2 นวัตกรรมแผงกันแดดปรับได้ต้นทุนต่ำ

ก่อนที่จะมีการออกแบบระบบอัตโนมัติสำหรับแผงกันแดดชนิดปรับได้นี้ หนึ่งในทีมวิจัย (ศรีศักดิ์ พัฒนวศิน) ได้ทำการทดลองออกแบบแผงกันแดดนอกอาคาร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 เพื่อใช้ในโครงการก่อสร้างบ้านพักอาศัยที่มีงบประมาณค่อนข้างต่ำ ทดแทนการใช้แผงเกล็ดอลูมิเนียมปรับได้ที่มีราคาสูงกว่าหลายเท่าตัว โดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์ชุดบานเกล็ดปรับได้สำเร็จรูปที่มีวางขายในท้องตลาดทั่วไปซึ่งปกติผลิตขึ้นเพื่อใช้กับงานหน้าต่างบานเกล็ดกระจกขนาดมาตรฐาน โดยสถาปนิกได้เปลี่ยนวัสดุบานเกล็ดจากการใช้แผ่นกระจกหนา 4 มม. มาเป็นแผ่นไม้ธรรมชาติ (ประเภทไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้แดง ไม้สัก ไม้เต็ง) หนา 12 มม. และไสขอบทั้งสองของปลายแผ่นบานเกล็ดให้หนา 4 มม. เสียบเข้ากับรางซ้ายขวาของชุดบานเกล็ดสำเร็จรูปเพื่อใช้เป็นแผงระแนงไม้ปรับมุมได้ติด

ตั้งภายนอกอาคารสำหรับป้องกันแสงแดดและเป็นแผงบังสายตาที่สามารถควบคุมการปรับมุมองศาด้วยชุดก้านโยกสำเร็จรูป ซึ่งกระบวนการผลิตอุปกรณ์แผงดังกล่าวอาศัยต้นทุนค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบแผงระแนงอลูมิเนียมที่นำเข้าจากต่างประเทศ ตัวอย่างของการประยุกต์ไปใช้ได้แก่ โครงการบ้านเดี่ยวพักอาศัย 4C HOUSE ซอยลาดพร้าว 71 กรุงเทพฯ (รูปที่ 6) (โครงการดังกล่าวได้รับรางวัลผลงานสถาปัตยกรรมดีเด่นประเภทบ้านเดี่ยวพักอาศัย ประจำปี 2551 จากสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์) (Editorial Board, ASA-Journal of architecture, 2008) หลังจากนั้น ได้มีการทดลองประยุกต์ใช้แผงระแนงกันแดดรูปแบบนี้กับอีกหลายโครงการจนถึงปัจจุบัน โดยปรับเปลี่ยนจากการใช้ไม้ธรรมชาติ มาเป็นแผ่นไม้สังเคราะห์ไฟเบอร์ซีเมนต์ซึ่งมีความทนทานกว่า บำรุงรักษาง่าย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น อาทิ เช่น โครงการอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์พัทยา จ. ชลบุรี สร้างในปี พ.ศ. 2558 (รูปที่ 7)

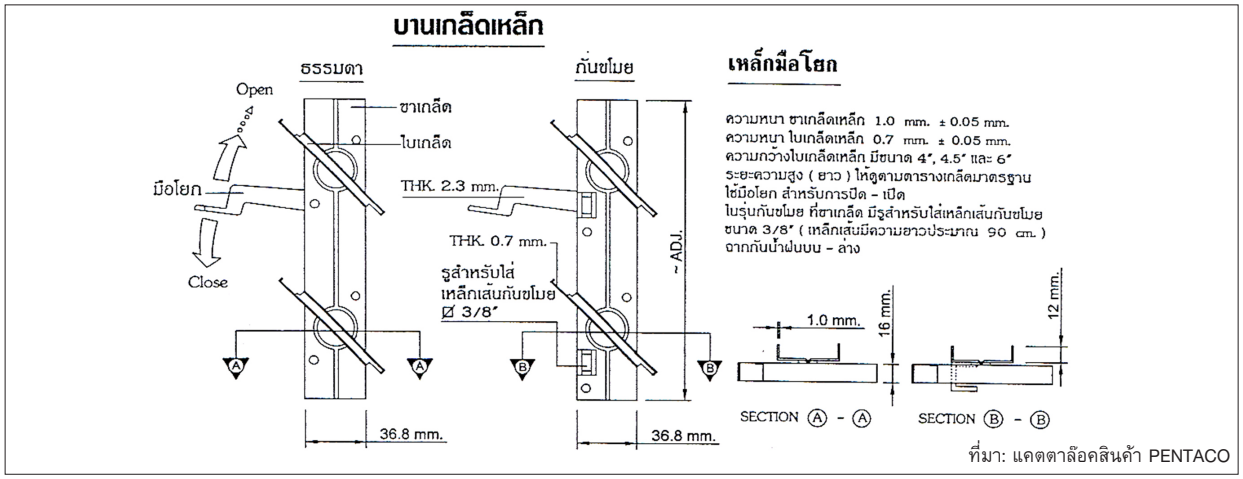
สำหรับอุปกรณ์ชุดบานเกล็ดปรับได้สำเร็จรูปที่มีวางขายทั่วไปนี้ มีผลิตออกมาด้วยกัน 2 แบบ คือแบบปรับมุมองศาด้วยการหมุนแขนบังคับ และแบบมือโยก โดยผลิตจากวัสดุอลูมิเนียมและเหล็ก (รูปที่ 8) โดยในกระบวนการทดลองจริงของโครงการออกแบบก่อสร้าง ผู้วิจัยเลือกใช้ชุดบานเกล็ดแบบมือโยกที่ผลิตด้วยเหล็ก เนื่องจากเป็นชุดบานเกล็ดที่สามารถควบคุมแผ่นเกล็ดให้เปิดได้กว้างกว่าแบบมือหมุน คือสามารถปรับองศาแผ่นบานเกล็ดให้ทำมุม 180 องศา (ขนานกับกรอบวงกบ) เป็นการเปิดทัศนะวิสัยการมองสู่ภายนอกได้ดีกว่า และเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมที่ทำจากเหล็กเพราะสามารถรับน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้นของแผ่นเกล็ดไม้

ที่มา: ผู้วิจัย ที่มา: Spaceshift Studio

รูปที่ 6 Detail แผงกันแดดปรับได้ต้นทุนต่ำที่ใช้ชุดบานเกล็ดสำเร็จรูปกับแผ่นเกล็ดไม้แดง 1/2" x 4" ติดตั้งเชื่อมกับวงกบเหล็กแผ่นในโครงการบ้านเดี่ยวพักอาศัย 4C HOUSE กรุงเทพฯ ออกแบบโดยหนึ่งในทีมวิจัย (ศรีศักดิ์ พัฒนวศิน) สร้างเสร็จในปี พ.ศ. 2550

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 7 Detail แผงกันแดดปรับได้ต้นทุนต่ำที่ใช้ชุดบานเกล็ดสำเร็จรูปกับแผ่นไม้สังเคราะห์ไฟเบอร์ซีเมนต์ติดตั้งเชื่อมกับวงกบเหล็กแผ่นที่เลื่อนได้ ในโครงการอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์พัทยา จ. ชลบุรี ออกแบบโดยหนึ่งในทีมวิจัย (ศรีศักดิ์ พัฒนวศิน) สร้างเสร็จในปี พ.ศ. 2558



ที่มา: แคตตาล็อคสินค้า PENTACO

รูปที่ 8 อุปกรณ์ชุดบานเกล็ดสำเร็จรูปแบบเหล็กมือโยกที่มีผลิตขายทั่วไปในประเทศ ได้ถูกเลือกมาใช้ในต้นแบบนวัตกรรมแผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติต้นทุนต่ำ

3.3 ต้นแบบนวัตกรรมแผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติต้นทุนต่ำ

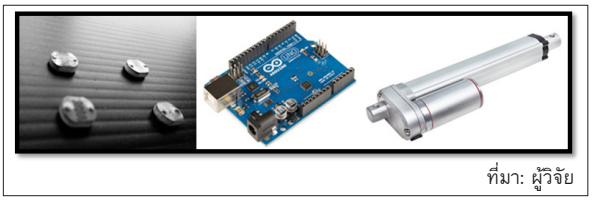
สำหรับแนวทางการพัฒนาต้นแบบนวัตกรรมแผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติต้นทุนต่ำ ได้แนวความคิดจากการประยุกต์ใช้ชุดแผงกันแดดปรับได้ข้างต้นผนวกกับระบบควบคุมบานเกล็ดให้ปรับองศาได้ตามทิศทางแสงอาทิตย์ที่มีราคาไม่แพง โดยเริ่มต้นจากการเลือกระบบติดตามแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม ซึ่งปกติแล้วระบบดังกล่าวจะถูกใช้งานสำหรับอุปกรณ์ที่ต้องการรับพลังงานจากแสงแดด แต่ในโครงการวิจัยนี้ได้ทดลองนำมาใช้กับการหาทิศทางของแสงอาทิตย์เพื่อปรับทิศทางการป้องกันความร้อนจากแสงแดดเข้าสู่ตัวอาคารได้ โดยไม่เน้นความแม่นยำของค่าความร้อนสูงสุด แต่ให้ความสำคัญกับการป้องกันแสงแดดลอดผ่านช่องเปิดโดยตรงเป็นสำคัญ

ในการออกแบบได้กำหนดให้ตัวแปรต้นเป็นระบบติดตามแสงอาทิตย์ที่มีการพัฒนาในสามส่วนคือส่วนกลไก ส่วนระบบอิเล็กทรอนิกส์ และส่วนอัลกอริที่มการเขียนโปรแกรม ที่สามารถรับรู้สถานะของแสงแดดที่มีผลกระทบกับองศาการเปิด-ปิดของแผงกันแดด และมีตัวแปรตามคือความเที่ยงตรงของระบบที่ส่งผลให้บานเกล็ดสามารถปรับเปลี่ยนองศาการเปิด-ปิดได้อัตโนมัติ โดยมีการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงและวัดผลจากอุปกรณ์วัดปริมาณแสงสว่าง

ต้นแบบระบบติดตามแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำสำหรับแผงกันแดดแบบปรับได้นี้ หนึ่งในทีมวิจัย (พฤฒิพร ลพเกิด) ได้เริ่มต้นทดลองอุปกรณ์ระบบติดตามแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำกับแผงกันแดด และนำเสนอในงานประชุมวิชาการ Built Environment Research Associates Conference (BERAC) ปี พ.ศ. 2558 (Lopkerd, 2015) โดยประยุกต์ใช้เซนเซอร์ตรวจรับแสงแบบแอลดีอาร์ (LDR: Light Dependent Resistor) หรือตัวต้านทานแบบแปรค่าได้ตามแสง (โฟโต้คอนดัคทีฟเซลล์ หรือโฟโต้รีซีสเตอร์) เป็นทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟที่มีการใช้งานแพร่หลาย หาซื้อง่ายและราคาถูก การนำไปใช้งานไม่ซับซ้อน สามารถนำไปติดตั้งและประกอบเข้ากับวัสดุเดิมได้ ซึ่งผลการทดลองระบบดังกล่าวทำงานได้ตามทิศทางของแสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลา

เมื่อนำระบบติดตามแสงอาทิตย์มาติดตั้งร่วมกับแผงกันแดดแบบปรับได้ให้สามารถทำงานได้อัตโนมัติ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ จะประกอบด้วยการทำงาน 3 ส่วน (รูปที่ 9) ดังนี้

1. ส่วนของเซนเซอร์ตรวจรับแสงแบบแอลดีอาร์ (LDR: Light Dependent Resistor)ติดตั้งกับบานเกล็ดของแผงกันแดดโดยระบบจะตรวจสอบค่าแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบ เพื่อเปรียบเทียบความต่างระหว่างแสงแดดโดยตรงและแสงธรรมชาติทางอ้อมเซนเซอร์ LDR นี้จะถูกติดตั้งเป็น 2 แถว (LDR 1 และ LDR 2) (ดังรูปที่ 10) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความต่างของค่าแสงที่เกิดขึ้น โดยแต่ละแถวจะมีจำนวน LDR จำนวน 2 ชุดเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยร่วมกัน ตำแหน่งของแถวล่าง (LDR 1) คือบริเวณช่วงกลางของบานเกล็ดส่วนตำแหน่งของแถวบน (LDR 2) คือบริเวณรอยต่อของแนวซ้อนทับกันของบานเกล็ดเมื่อถูกปิดสนิท โดยค่ากระแสที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านได้โดยตรงจาก LDR มีค่าอยู่ในช่วงระดับ 0 ถึง 1023 (Noble, 2009)



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 9 ส่วนประกอบหลักของระบบควบคุมประกอบด้วย เซนเซอร์แอลดีอาร์ (ซ้าย) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (กลาง) และอุปกรณ์ขับเคลื่อน (ขวา)

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 10 การติดตั้ง LDR กับแผงกันแดดแบบปรับได้

2. ส่วนของการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยแนวคิดของการใช้ระบบเปิด (open source) จึงเลือกใช้บอร์ดอาร์ดูโน่ (Arduino) (Schwartz, 2014) สามารถโปรแกรมควมคุมการทำงานได้ง่าย สะดวก ไม่ซับซ้อน ส่วนการควบคุมจะคำนวณค่าแสงที่ได้รับจากเซนเซอร์และเปรียบเทียบจากค่าที่ได้โปรแกรมไว้ เพื่อสั่งการทำงานให้กับอุปกรณ์ขับเคลื่อน โดยการควบคุมจะอยู่ภายใต้เงื่อนไข 3 สถานการณ์ประกอบด้วย สถานะที่เหมาะสมแล้ว (อุปกรณ์ขับเคลื่อน หยุดนิ่ง) สถานะแสงส่องผ่านแผงกันแดด (อุปกรณ์ขับเคลื่อนปรับชุดบานเกล็ดในทิศทางปิด) และสถานะแสงไม่ส่องผ่านแผงกันแดด (อุปกรณ์ขับเคลื่อนปรับชุดบานเกล็ดในทิศทางเปิด) (รูปที่ 11)

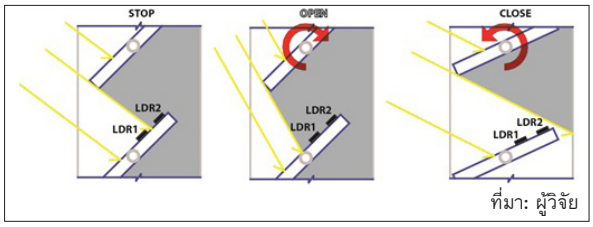
3. ส่วนของการอุปกรณ์ขับเคลื่อน (actuator) เป็นส่วนของอุปกรณ์ตอบสนองเซนเซอร์ผ่านการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเลือกใช้เป็นอุปกรณ์เคลื่อนที่เชิงเส้นขับด้วยมอเตอร์ (Linear Actuator) ที่มีกำลังสูงสามารถขับเคลื่อนชุดบานเกล็ดขนาดใหญ่ และป้องกันน้ำและความชื้นเข้าสู่ตัวมอเตอร์ได้ที่มีกลไกการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชุดบานเกล็ดปรับได้สำเร็จรูป (รูปที่ 12)

3.4 ข้อเสนอแนะด้านการผลิต

เนื่องด้วยนวัตกรรมอุปกรณ์แผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติต้นทุนต่ำเป็นต้นแบบทดลอง (ที่อยู่ในระหว่างการผลิตต้นแบบชุดสุดท้ายและระหว่างดำเนินการจดสิทธิบัตร ตามรูปที่ 13) เพื่อทดสอบผลการทำงานตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้โดยอยู่ในกรอบของการควบคุมปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้การพัฒนาไปสู่การผลิตเพื่อใช้งานมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

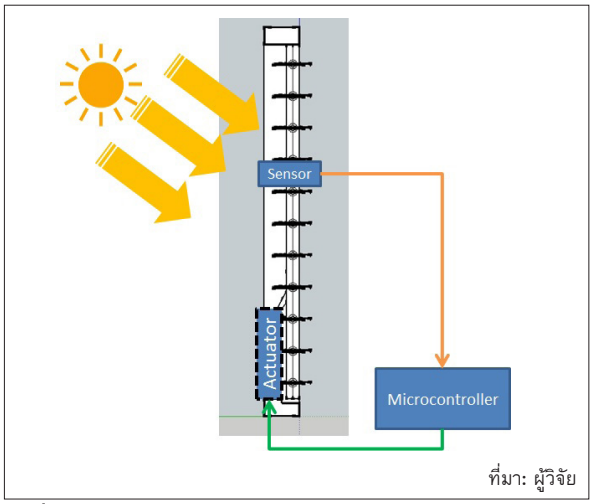
1. การพัฒนาระบบการตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์กรณีมีความผิดปกติหรือเกิดการชำรุดเสียหาย รวมถึงการเพิ่มคุณสมบัติการทดสอบความถูกต้องแบบอัตโนมัติ (Automatic sensor calibration) เพื่อสามารถแยกแยะช่วงแสงที่เหมาะสม และช่วงเวลาระหว่างกลางวันและกลางคืนได้

2. การพัฒนาเพื่อใช้กับแผงกันแดดแบบปรับได้อัตโนมัติให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นนั้นสามารถพัฒนารูปแบบการใช้งานให้มีทั้งแบบอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มช่องทางการใช้งานให้กับผู้ใช้ และสามารถใช้งานร่วมกับโมดูลนาฬิกาเพื่อสามารถปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการเปิดปิดระบบได้



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 11 ไดอะแกรมส่วนตัดของแผงกันแดด แสดงสถานะการทำงานทั้ง 3 สถานะ



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 12 ไดอะแกรมส่วนตัดของแผงกันแดด แสดงสถานะการทำงานทั้ง 3 สถานะ

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 13 ต้นแบบล่าสุดของแผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติต้นทุนต่ำ (อยู่ในระหว่างการทดสอบรอบสุดท้าย)

3. การพัฒนาความสามารถในการเลือกช่วงความสว่างของการเปิดรับแสงธรรมชาติได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับผู้ใช้งานอาคารได้

4. ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากใช้บอร์ดสำเร็จรูปในการทำต้นแบบจึงมีคุณสมบัติบางส่วนที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการใช้งาน ดังนั้น สามารถเปลี่ยนจากบอร์ดสำเร็จรูปเหลือเฉพาะชิปไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก เพื่อลดขนาดให้เล็กลงและต้นทุนที่ถูกลง

5. เพิ่มการทดสอบหาประสิทธิภาพและระยะเวลาความคงทนของอุปกรณ์เซนเซอร์และอุปกรณ์ขับเคลื่อนในสภาพแวดล้อมจริงเพื่อพิจารณาระยะเวลาการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง

6. ส่วนของฮาร์ดแวร์ทั้งหมดรวมถึงการวางแนวสายสัญญาณควรพัฒนารูปแบบการติดตั้ง และวัสดุห่อหุ้มที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง โดยพิจารณาจากปัจจัยความทนทานต่อการใช้งาน และความยืดหยุ่นในการติดตั้งและถอดประกอบได้โดยสะดวก เพื่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้สำหรับการใช้งานในระยะยาว

4. บทส่งท้าย

จากพัฒนาการและนวัตกรรมของอุปกรณ์แผงกันแดดภายนอกอาคารที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นถึงการบูรณาการความรู้ด้านการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมควบคู่ไปกับเทคโนโลยีต่างๆ ภายใต้บริบทการตอบสนองต่อความต้องการใช้งาน และเป็นแนวทางไปสู่กระบวนการประดิษฐ์ต้นแบบแผงกันแดดปรับได้อัตโนมัติต้นทุนต่ำที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบควบคุมที่เหมาะสมและเป็นไปได้จริง โดยมุ่งหวังให้สามารถพัฒนาเป็นนวัตกรรมใหม่สำหรับสถาปัตยกรรมที่ยั่งยืนของประเทศไทย ที่สามารถเข้าถึงได้จริงกับทุกครัวเรือนด้วยงบประมาณที่ย่อมเยาสอดคล้องกับนิยามของสถาปัตยกรรม “สีเขียว” ที่กล่าวไว้ตอนต้นของบทความนั่นคือ ความสอดคล้องกับสภาพอากาศความน่าสบายและการใช้พลังงานจากธรรมชาติ

สำหรับในปัจจัยการใช้พลังงานธรรมชาติ ทางคณะวิจัยกำลังพัฒนาอุปกรณ์แผงกันแดดนี้ให้ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แทนการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นเสมือนการใช้ “tit-for-tat strategy” หรือ “หนามยอก (ต้องเอา) หนามบ่ง” เพื่อนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วกลับมาป้องกันรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์เองด้วยแผงกันแดดอัตโนมัตินี้ เป็นการสร้างรูปแบบ passive design ที่พึ่งพาตนเองด้วยระบบธรรมชาติอย่างสมบูรณ์แบบ ตามที่บทความ “Responsive Building Envelopes: Characteristics and Evolving Paradigms” กล่าวไว้ว่า “เมื่อใดก็ตามที่เราคำนึงถึงแนวทางการลดการใช้พลังงานในอาคารให้มากที่สุดแล้ว เปลือกอาคารอัจฉริยะในอนาคตควรจะสามารถด้วยวัสดุที่สามารถก่อเกิดพลังงานทดแทนหรือกระตุ้นให้เกิดพลังงานด้วยตัววัสดุเองได้ (self-powering and self-actuating)”

References

Daniels, K. (1997). *Technology of ecological buildings*. Basel: BirkhäuserVerlag.

Editorial Board, ASA. (2008). ผลการคัดเลือกผลงานสถาปัตยกรรมดีเด่นประจำปี 2551 [The architectural excellence of the year 2008]. *ASA – Journal of Architecture*, 08:51-09:51, 87.

Kamal, M. A. (2013). Le Corbusier's solar shading strategy for tropical environment: A sustainable approach. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 10*(1), 19-26.

Lopkerd, P. (2015). *การพัฒนาต้นแบบระบบติดตามแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำสำหรับแผงกันแดดแบบปรับได้* [The prototype development of low-cost solar tracking system for adjustable sun louvers]. Paper presented at The 6th Built Environment Research Associates Conference 2015 (BERAC 6), July 17, 2015, Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, 42-48.

Mestek Architectural Group [MESTEK]. (2012). *Product catalog of solar shading louver systems* - MESTEK by COLT (MF 10 71 13 - Exterior Sun Control Devices). Retrieved April 1, 2016, from http://www.mestek.com/architectural.asp#.VxG-w_l97IUon

Noble, J. (2009). *Programming interactivity*. U.S.A.: O'Reilly Media Inc.

Ots, E. (2011). *Decoding theoryspeak: An Illustrated guide to architectural theory.* London: Routledge, 180-181.

Schwartz, M. (2014). *Arduino home automation*. Birmingham: Packt Publishing.

Sreshthaputra, A. (2007). สถาปัตยกรรมสีเขียว: การท้าทายเพื่อความยั่งยืน [Green architecture: The sustainability challenge]. *ASA – Journal of Architecture*, 10:51-11:51, 70-76.

Srisutapan, A. (2014). ศักยภาพการลดการใช้พลังงานจากการใช้แสงธรรมชาติตามกฎกระทรวง [Potential of energy saving from daylight usage under ministerial regulation]. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 11*(2), 37-52.

Tavares, S. G. & Silva, H-d. C. (2007). Brazilian solar architecture: An analysis of mesp daylighting system. *Proceedings of ISES World Congress 2007, 1*(5), 476-480.

Velikov, K. & Thün, G. (2013). Responsive building envelopes: Characteristics and evolving paradigms. *Design and construction of high-performance homes: Building envelopes renewable energies and integrated practice*, 75–93. Oxford: Routledge.

Wilson, R. (2014). *10 Key questions about exterior shading*. Retrieved April 1, 2016, from http://www.constructionspecifier.com/10-key-questions-about-exterior-shading/