

## เครื่องทำความสะอาดพื้นผิวผนังอาคาร WALL CLEANING MACHINE

มณฑล ฟักเอม<sup>1</sup>, ปิยะพงษ์ โอรานธิชาชาติ<sup>1</sup>, ธราทิพย์ ศรีสัตตบุตร<sup>1</sup>,

เกียรติชัย บรรลุผลสกุล<sup>1\*</sup>, สัญญา พรหมภาสิต<sup>2</sup>

Monthol Fak-Aim<sup>1</sup>, Piyapong Olanthichachat<sup>1</sup>, Tharathip Srisattabud<sup>1</sup>,

Kiatchai Banlupholsakul<sup>1\*</sup>, Sunya Phomprasit<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

<sup>2</sup>Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

<sup>2</sup>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร อ.เมือง จ.กำแพงเพชร ประเทศไทย 62000

<sup>1</sup>Faculty of Industrial Technology, Kamphaengphet Rajabhat University, Muang, Kamphaengphet, Thailand, 62000

\*Corresponding author e-mail: kiatchai@psru.ac.th

วันที่เข้ารับ 3 กันยายน 2564

วันที่แก้ไขบทความ 3 ธันวาคม 2564

วันที่ตอบรับบทความ 3 ธันวาคม 2564

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดพื้นผิวผนังอาคาร โดยอาศัยหลักการหมุนวัสดุเพื่อขัดผนังที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกควบคุมด้วยมอเตอร์ เคลื่อนที่ตามแนวตั้งขึ้น-ลงไปตามผนังอาคาร เพื่อให้พื้นผิวขัดทำความสะอาดผนังภายนอกอาคารโดยการควบคุมแบบไร้สายได้ระยะทางสูงสุดถึง 100 เมตร จากผลการวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบภาพก่อนและหลังขัดผนังอาคาร พบว่าคราบฝุ่นที่เกาะมีปริมาณลดน้อยลงไป และทำการทดสอบกับผนังที่มีคราบตะไคร่น้ำฝางพบว่าคราบมีสีเข้มลดน้อยลงไป โดยได้ทำการเก็บภาพผนังอาคาร เพื่อมาทำการประมวลผลด้วยภาพ (Image Processing) จากกราฟฮิสโตแกรม (Histogram) พบว่าโทนสีของภาพที่หลังจากการวิเคราะห์กราฟฮิสโตแกรมแล้วพบว่าหลังขัด ปริมาณพิกเซลของโทนสีเทาต่ำ เฉลี่ยที่ 5,000 พิกเซล ลดลงเหลือ 3,150 ทำให้พื้นผิวอาคารความสกปรกลดลง

**คำสำคัญ:** กราฟฮิสโตแกรม, ประมวลผลด้วยภาพ, เครื่องทำความสะอาดพื้นผิวผนัง

### Abstract

This research aims to design and create a wall cleaning machine based on the principle of material rotation. This machine was designed and controlled by motor to scrub the cylindrical wall with vertical movement, up and down along the exterior wall of the building by using a wireless control system for the maximal height of 100 meters. After comparing the images before and after scrubbing, it was found that the quantity of the dirt on the wall was reduced. Moreover, when the machine was tested with the algae-filled wall, it was found that the darkness of the color became lighter. The images of the building wall were collected for image processing. After their histogram graphs were analyzed, it was found that the pixels of the grayscale images were dropped from 5,000 pixels to 3,150 pixels and the dirtiness of the building surface was also decreased.

**Keywords:** Histogram, Image processing, Wall cleaning machine

### 1. บทนำ

ในยุคปัจจุบันมีบ้านเรือน ตึก อาคารพาณิชย์ คอนโด ห้างสรรพสินค้า อพาร์ทเมนต์ จำนวนมากที่ถูกปลูกสร้างขึ้นมา และมีหลายรูปแบบ หลายโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป แต่แนวโน้มของอาคารส่วนใหญ่จะมีความสูงของอาคารมากขึ้นเพื่อลดเนื้อที่ของตัวอาคารและเพิ่มเนื้อที่ใช้สอยภายในอาคาร (พัลลภ, 2554) และแต่ละประเทศมีทิศทางการก่อสร้างอาคารสูงมากขึ้น นอกจากการลดเนื้อที่ของตัวอาคารหลายประเทศมีการสร้างอาคารสูงเพื่อเป็นอัตลักษณ์ของเมืองหรือประเทศนั้น (ชุติมา, 2554) แนวโน้มที่ตึกสูงมากขึ้นในอนาคต ประกอบกับอาคารสูงในเมืองใหญ่ มีปัจจัยรอบข้างที่มีมลพิษจากเมืองฝุ่นละอองต่างๆ จากเครื่องยนต์ตามท้องถนน โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ ควันสีดำ หรือแม้กระทั่งจากน้ำฝน ฯลฯ ล้วนเป็นปัจจัยทำให้ผนังอาคารเกิดการหมองคล้ำของสีผนัง และฝุ่นละอองเกาะติดตามผนังอาคาร

ในการทำมาความสะอาดอาคารสูงเพื่อให้อาคารดูสะอาดตลอดเวลาจึงเป็นไปได้ค่อนข้างยาก ในการทำความสะอาดอาคารสูงต้องใช้เครื่องมือโดยเฉพาะ และผู้มีประสบการณ์ เพื่อขจัดคราบออกจากอาคาร นอกจากนั้นการทำความสะอาดอาคารสูงเสี่ยงอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุในการปฏิบัติงานได้ จึงมีการคิดค้นเครื่องทำความสะอาดผนังตึกขึ้นมาเพื่อลดการใช้แรงงานจากคน และลดการเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน ได้มีการพัฒนาเป็นอุปกรณ์ที่สามารถขัดผนังกระจก ออกแบบเป็นหุ่นยนต์ที่มีระบบยึดกับผนังกระจก (Tohru, 2006) ด้วยระบบสัญญาณ ออกแบบให้หุ่นยนต์สามารถวิ่งไปมาตามบริเวณต่างๆ ของผนังกระจกได้ และเพื่อสมรรถนะของการขัดผนังที่มีคราบฝังเยอะ ได้ออกแบบชุดขัดผนังกระจกตามอาคารสูงโดยใช้ตัวเครื่องที่ยึดเกาะกับขอบผนังกระจก (Albagul,

2010) มีชุดชุดผนังที่อาศัยการหมุนของแปรงขัดพร้อมกับเพิ่มระบบฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาดผนังกระจกได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากอาคารที่มีโครงสร้างของขอบกระจกหรือในบางบริเวณที่มีความสลับซับซ้อน (Zhang, 2007) ได้ออกแบบเครื่องขัดผนังกระจกที่สามารถเคลื่อนที่ไปในตำแหน่งที่ยากต่อการเข้าถึงได้ และเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน (Mir-Nasiria, 2018) ได้ออกแบบหุ่นยนต์ขัดผนังกระจกที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบาเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น Magudeeswaran & Ravichandran (2013) แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงฮีสโตรแกรมทำให้คุณภาพการประมวลผลภาพที่ดีขึ้น และ Tab, ed'z และ คณะ(2021) ได้เสนอวิธีการตรวจสอบภาพการปรับปรุงอาคารด้วยการปรับปรุงฮีสโตรแกรม สามารถตรวจสอบผลการปรับปรุงอาคารได้

จากการพัฒนาชุดทำความสะอาดภายนอกอาคารและการประมวลผลภาพที่กล่าวมาข้างต้น ที่เน้นการทำความสะอาดผนังกระจก ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเป็นเครื่องทำความสะอาดผนังภายนอกอาคารโดยใช้หลักการหมุนของแปรงขัดขึ้นลงไปตามผนังอาคาร พร้อมทั้งชุดฉีดน้ำสำหรับขัดคราบฝังลึก สามารถขัดผนังคอนกรีตได้ โดยใช้การยึดกับรอกหมุนเคลื่อนที่ขึ้น-ลงไปยังตำแหน่งต่างๆ ของผนังอาคารได้ พร้อมทั้งเพิ่มชุดฉีดน้ำสำหรับขัดคราบตะไคร่น้ำ และผู้วิจัยใช้การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อหาประสิทธิภาพ สมรรถนะของเครื่องขัดผนังอาคารที่ออกแบบขึ้นมา จากภาพก่อนและหลังผนังอาคารเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างในด้านของโทนสีของผนังอาคาร

## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดพื้นผิวผนังอาคารกึ่งอัตโนมัติ

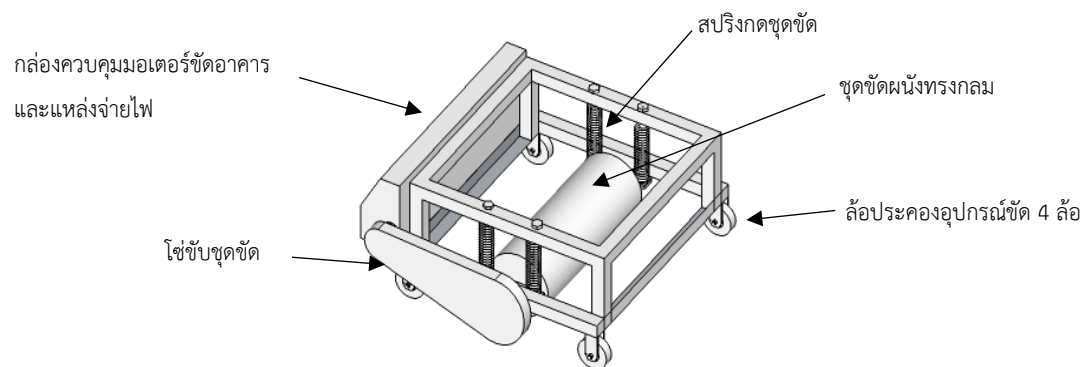
2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพเครื่องทำความสะอาดพื้นผิวผนังอาคารกึ่งอัตโนมัติด้วยการประมวลผลภาพ

## 3. วิธีดำเนินงานวิจัย

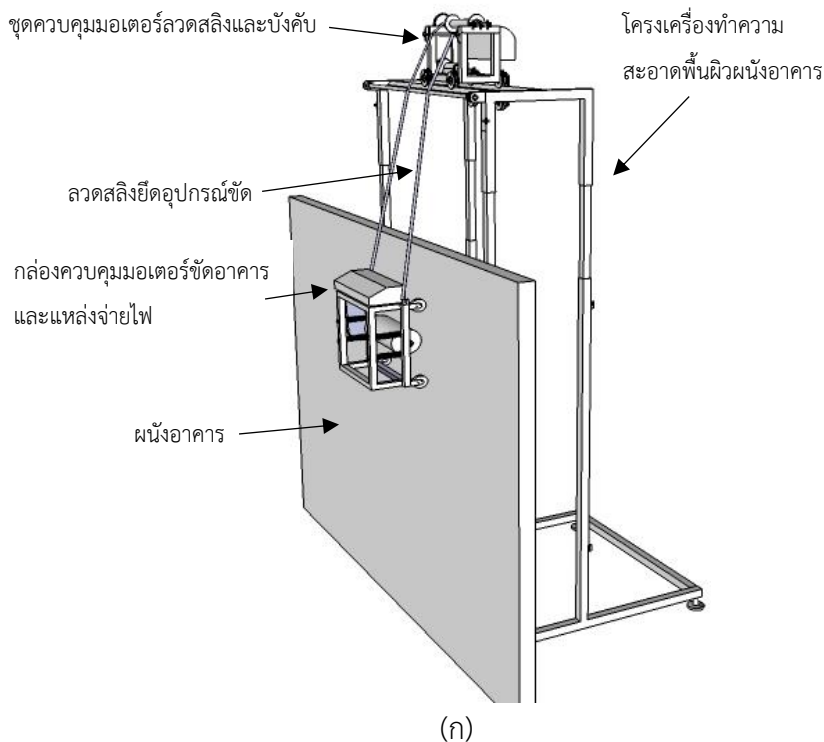
การดำเนินงานวิจัยเรื่องเครื่องทำความสะอาดพื้นผิวผนังอาคารกึ่งอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างในการทำงานเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นการออกแบบระบบขัดอาคารที่สามารถขัดพื้นผิวภายนอกอาคารได้ ส่วนที่สองเป็นระบบขับเคลื่อนชักรอกอุปกรณ์ขัดอาคารตามแนวดิ่งไปยังตำแหน่งต่างๆ ของผนังอาคารได้ ซึ่งระบบชักรอกสามารถปรับระดับความสูง-ต่ำ ของตำแหน่งอุปกรณ์ขัดอาคารได้ตามการบังคับแบบไร้สาย และส่วนสุดท้ายเป็นการประมวลผลภาพด้วยภาพถ่ายสำหรับการวิเคราะห์ภาพจากผนังก่อนและหลังการขัด แสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์ขัดอาคาร เป็นส่วนที่ถูกยึดด้วยสลิงปล่อยแนวดิ่งขนานกับผนังหรือกำแพงที่ต้องการขัดทำความสะอาด ดังภาพที่ 1 ประกอบไปด้วยล้อทั้งสี่ด้านที่จะวางไปบนผนังอาคารทำหน้าที่ลดแรงเสียดทานขณะที่ระบบขัดอาคารเคลื่อนที่ไปตามผนัง โดยมีชุดควบคุมมอเตอร์เพื่อ

ขับเคลื่อนวัสดุขัด มีลักษณะเป็นทรงกระบอกควบคุมความเร็วรอบในการได้ โดยที่พื้นผิวภายนอกของวัสดุขัดนั้นมียี่สิบสองลักษณะสามารถถอดเปลี่ยนได้ คือแบบฟองน้ำ และแบบเส้นใยหยาบ ที่ช่วยขัดสิ่งสกปรกออกจากผนัง โดยมีชุดควบคุมการเปิดปิดระบบฉีดน้ำขณะขัดทำความสะอาดเพื่อล้างคราบสกปรกให้ออกจากผนัง ซึ่งในโครงสร้างมีระบบสปริงช่วยลดแรงกระแทกระหว่างวัสดุขัดกับตัวผนังขณะทำงานได้ดียิ่งขึ้น แสดงโครงสร้างดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงอุปกรณ์ขัดอาคาร

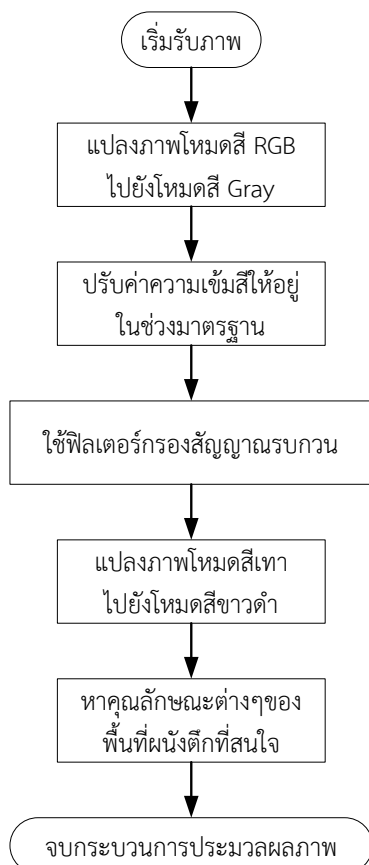


(ก)

(ข)

ภาพที่ 2 แสดงระบบชักรถตัวขัดอาคาร (ก) ลักษณะการติดตั้ง (ข) การใช้งานจริง

3.2 ระบบชักจูงตัวขัดอาคาร ทำหน้าที่ดึงอุปกรณ์ขัดอาคารให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ขึ้น-ลง ตามผนังอาคาร และแนวระนาบซ้าย-ขวาได้ โดยมีชุดควบคุมมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนวัสดุขัด มีลักษณะการติดตั้งและการใช้งานเบื้องต้นดังภาพที่ 2 (ก) และ 2 (ข) โดยใช้หลักการปล่อยลวดสลิงให้อุปกรณ์ขัดอาคารเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ สามารถควบคุมจากผู้ใช้งานได้



ภาพที่ 3 แสดงไดอะแกรมการทำงานการประมวลผลด้วยภาพ

3.3 การประมวลผลด้วยภาพ (Image processing) แสดงกระบวนการประมวลผลภาพ เริ่มจากการนำภาพถ่ายผนังที่ต้องการตรวจสอบโดยการแปลงภาพโหมดสี RGB ไปยังโหมดสีเทา จากนั้นทำการปรับความเข้มสีให้อยู่ในช่วงมาตรฐานแล้วใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวน เพื่อลดสัญญาณรบกวนในภาพ จากนั้นแปลงภาพโหมดสีเทาไปยังโหมดสีขาวดำ และนำภาพขาวดำนั้นไปหาคุณลักษณะต่างๆ โดยวิเคราะห์จากกราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของภาพผนังอาคาร จะมีสีที่พิจารณาอยู่ระหว่างสีดำกับสีขาว อย่างสีเทาเข้มและสีเทาขาว เป็นการกำหนดให้ภาพผนังอาคารที่สนใจ มีลักษณะการแสดงผลแบบ 8 บิต คือ 28 เท่ากับ 256 คือ 0-255 ไ้จากดำไปขาวแสดงดังกราฟฮิสโตแกรมโดย

เป็นการหาคุณลักษณะที่สนใจของแกน Y คือจำนวนพิกเซลและแกน X คือความเข้มของพิกเซลที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักการประมวลผลด้วยภาพมาพิจารณา ดังภาพที่ 3

#### 4. ผลการวิจัย

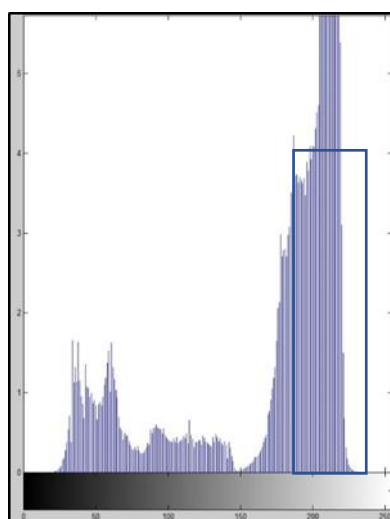
จากผลการทำงานของเครื่องทำความสะอาดพื้นผิวผนังอาคารกึ่งอัตโนมัติ ทำงานโดยการควบคุมอุปกรณ์ขัดอาคารด้วยรีโมทคอนโทรลที่สามารถปรับการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง และความเร็วรอบในการขัดได้ หรือเลือกให้ระบบทำงานขัดขึ้น-ลงในแนวตั้งอัตโนมัติ ผลการทำงานของเครื่องขัดอาคารทำการพิจารณา 2 กรณีเพื่อเปรียบเทียบภาพตัวอย่างก่อนและหลังขัดอาคาร กรณีที่ 1 ผนังอาคารมีคราบฝุ่นเล็กน้อย และกรณีที่ 2 คราบจากตะไคร่น้ำ ซึ่งเป็นคราบสกปรกหลักที่มักเกิดกับอาคารสูงผนังปูน



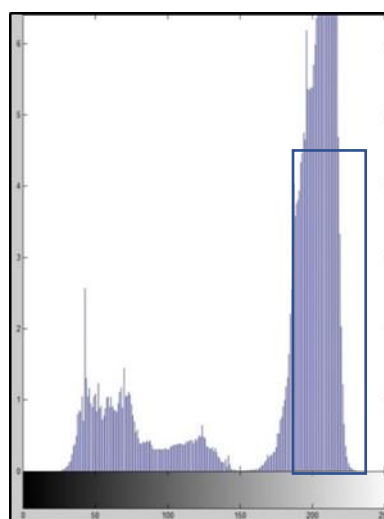
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4 แสดงลักษณะผนังที่มีคราบฝุ่นที่ไม่ฝังลึกมาก

(ก) ก่อนใช้เครื่องขัด (ข) หลังใช้เครื่องขัด



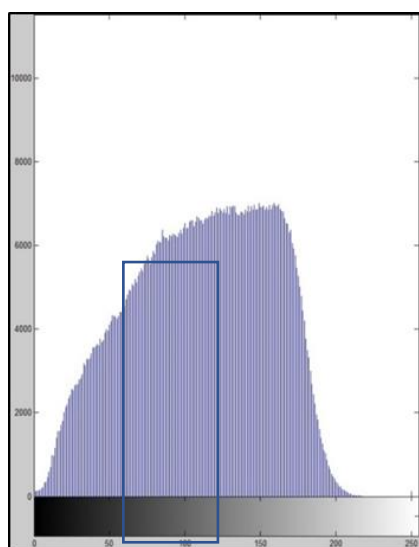
(ค) กราฟฮิสโตแกรมก่อนขัด และ (ง) กราฟฮิสโตแกรมหลังขัด



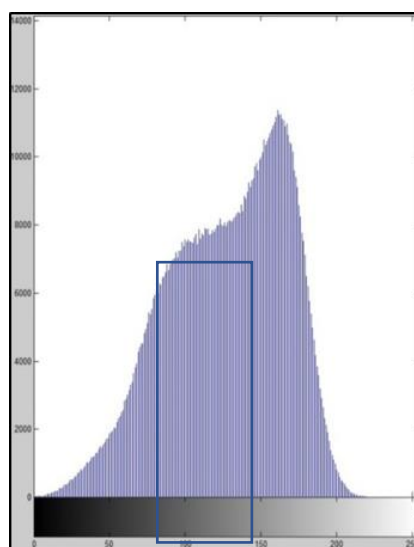
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะผนังที่มีคราบตะไคร่น้ำ

(ก) ก่อนใช้เครื่องขัด (ข) หลังใช้เครื่องขัด

(ค) กราฟฮิสโตแกรมก่อนขัด และ (ง) กราฟฮิสโตแกรมหลังขัด

การทำงานของเครื่องขัดอาคาร ในกรณีที่มีผนังอาคารมีคราบฝุ่นเพียงเล็กน้อย ทำการเปรียบเทียบจากภาพก่อนและหลังขัด ดังแสดงในภาพที่ 4 (ก) เป็นคราบฝุ่นในวงกลมเมื่อใช้เครื่องขัดอาคารทำการขัดในบริเวณที่ทดสอบ พบว่าคราบฝุ่นที่ยึดเกาะไม่แน่นมากจะหลุดออกจากผนังดังแสดงในภาพที่ 4 (ข) พบว่าค่าระดับช่วงโทนสีเทาดำในแกน X ก่อนขัดและหลังขัด มีปริมาณแตกต่างกัน

กันอย่างเห็นได้ชัดตั้งค่าความเข้มของฟลักซ์ในช่วง 150 ถึง 200 ในแกน X โดยมีปริมาณหรือจำนวนฟลักซ์ของโทนีสีเทาต่ำลงทำให้โทนีสีเทาขาวเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 4 (ค) และ (ง) ตามลำดับ

ส่วนในกรณีที่มีตะไคร่น้ำฝังลึก ผู้วิจัยได้ดำเนินการใช้เครื่องทำความสะอาดพื้นผิวผนังอาคารกึ่งอัตโนมัติเพื่อทำการเปรียบเทียบลักษณะผนังของอาคาร ก่อนและหลังการขัดดังภาพที่ 5 (ก) และ 5 (ข) ตามลำดับ พบว่าความเข้มของโทนีสีผนังอาคารที่มีคราบตะไคร่น้ำมีปริมาณลดลง จากผลการทดลอง พบว่าค่าระดับช่วงโทนีสีในแกน X ซึ่งเป็นความเข้มของฟลักซ์ก่อนขัดและหลังขัด ดังภาพที่ 5 (ค) และ 5 (ง) ตามลำดับ ด้วยลักษณะของภาพก่อนขัดและหลังขัดผู้วิจัยเลือกพิจารณาที่ความเข้มฟลักซ์ ระหว่าง 50-100 ซึ่งจะเห็นว่าหลังขัดโทนีสีเทาต่ำลงและ โทนีสีเทาขาวมากขึ้น ทำให้เราสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า และค่าของแกน Y ซึ่งเป็นปริมาณฟลักซ์นั้น พบว่าปริมาณฟลักซ์ของโทนีสีเทาต่ำ เฉลี่ยที่ 5000 ฟลักซ์ หลังจากการขัดแล้วพบว่าปริมาณฟลักซ์ของโทนีสีเทาต่ำ ลดลงเหลือ 3150 ฟลักซ์ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์

## 5. สรุปผลและการอภิปรายผล

เครื่องทำความสะอาดพื้นผิวผนังอาคารที่สร้างขึ้นในวิจัยครั้งนี้ สามารถทำความสะอาดคราบฝุ่นและตะไคร่น้ำตามผนังอาคารได้ โดยการควบคุมตำแหน่งที่ต้องการทำความสะอาดด้วยรีโมทคอนโทรล จากผลการทดลองเมื่อใช้หลักการประมวลผลภาพเข้ามาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของสีผนังอาคาร โดยได้แบ่งการพิจารณาเป็น 2 กรณีเพื่อเปรียบเทียบภาพตัวอย่างก่อนและหลังขัดอาคาร กรณีที่มีคราบฝุ่นเล็กน้อยและคราบจากตะไคร่น้ำ จากกรณีตัวอย่างคราบตะไคร่น้ำในการทดลองพบว่าความเข้มของโทนีสีผนังอาคารที่มีคราบตะไคร่น้ำมีปริมาณลดลง จากผลการทดลองพบว่าค่าความเข้มของฟลักซ์ก่อนขัดมีปริมาณฟลักซ์ของโทนีสีเทาต่ำ เฉลี่ยที่ 5000 ฟลักซ์ และหลังขัดปริมาณฟลักซ์ของโทนีสีเทาต่ำ ลดลงเหลือ 3150 ฟลักซ์ หรือคิดเป็นร้อยละ 37 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

ดังตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้เน้นรูปแบบการทำความสะอาดบนพื้นผิวกระจกเท่านั้น การวิจัยนี้ได้ต่อยอดและพัฒนาระบบทำความสะอาดพื้นผิวภายนอกอาคารให้ใช้กับผนังรูปแบบอื่นๆ ได้ อาทิเช่น ผนังคอนกรีต ผนังจากแผ่นผ้าเรียบ เป็นต้น จากผลการวิจัยสามารถจัดคราบฝุ่นและคราบตะไคร่น้ำ ทำให้ลดคราบฝุ่น สิ่งสกปรกสะสมออกไปจากผนังอาคารด้วยวิธีการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ โดยการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล สำหรับควบคุมรถหุ่นเคลื่อนที่ขึ้น-ลงไปยังตำแหน่งที่ต้องการแล้วใช้มอเตอร์หมุนวัสดุขัดผนังเพื่อทำความสะอาด โดยการทำงานของเครื่องขัดนี้ยังเพิ่มระบบฉีดน้ำไปยังพื้นผิวที่ต้องการทำความสะอาดเพื่อช่วยในการขัดคราบฝังลึกหรือคราบตะไคร่น้ำออกจากผนังอาคาร ดังผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้นำเสนอในผลการทดลองในหัวข้อที่ผ่านมา นอกจากการพิจารณาพื้นผิวผนังอาคารด้วยสายตาของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้เพิ่มการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลข โดยทำ



การเก็บภาพของผนังอาคารสำหรับประมวลผลด้วยภาพ เพื่อวิเคราะห์ฮิสโตแกรมจากภาพให้เห็นความแตกต่างของภาพก่อนและหลังการขัดผนังอาคาร จากงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความสะอาดของผนังอาคารหลังจากขัดด้วยเครื่องมือที่ออกแบบขึ้นมา และเพื่อสามารถต่อยอดการใช้งานที่ง่ายขึ้น โดยการออกแบบชุดขัดอาคารให้มีขนาดเล็กลง น้ำหนักลดลง ทำให้ลดขนาดของระบบทำความสะอาดผนังอาคาร ทำให้สามารถต่อยอดใช้งานเชิงพาณิชย์ได้

## 6. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนอุปกรณ์ในการทำวิจัย เก็บข้อมูล และพื้นที่ทำการทดลอง จากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

## 7. เอกสารอ้างอิง

- ชุดิมา ขจรณรงค์วิช. (2554). สถาปัตยกรรมระฟ้าเชิงสัญลักษณ์. **วารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์**, 17(64), 47-53.
- พัลลภ กฤตยานวัช. (2554). อาคารสูงใหญ่และตึกระฟ้าของโลก: กำเนิด วิวัฒนาการ และแนวโน้ม. **วารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์**, 17(64), 19-36.
- Albagul, A., Asseni, A., Jomah, O., Omer, M., & Farge, B. (2010). **Design and Fabrication of an Automatic Window Cleaning Robot**. Proceedings of the 9th WSEAS international conference on Signal processing, robotics, and automation. Wisconsin, United States.
- Magudeeswaran, V., & Ravichandran, C. G. (2013). Fuzzy Logic-Based Histogram Equalization for Image Contrast Enhancement. **Mathematical Problems in Engineering**, Doi: <https://doi.org/10.1155/2013/891864>
- Mir-Nasiria, N., Siswoyo, H. Jb., & Hazrat Alia., Md. (2018). **Portable Autonomous Window Cleaning Robot**. International Conference on Robotics and Smart Manufacturing, RoSMa2018, India. Doi: 10.1016/j.procs.2018.07.024
- Tohru, M. (2006). **Development of Small-size Window Cleaning Robot by Wall Climbing Mechanism**. International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Tokyo, Japan.
- Zhang, H. (2007). Mechanical Design and Dynamics of an Autonomous Climbing Robot for Elliptic Half-shell Cleaning. **International Journal of Advanced Robotic Systems**, 4(4), 437-446.



Łabędź, P., Skabek, K., Ozimek, P., & Nytko, M. (2021). Histogram Adjustment of Images for Improving Photogrammetric Reconstruction. **Sensors**, 21(4654), 1-20.  
Doi: 10.3390/s21144654