บทความวิจัย

วิธีสกัดข้อมูลสัดส่วนในภาพเขียนแบบวิศวกรรมด้วยการประมวลผลภาพลักษณะโครงร่างวัตถุ

ปถวีร์ อดิศัยศักดา และ ประเสริฐศักดิ์ เตียวงศ์สมบัติ*
ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
วรรณลักษณ์ เหล่าทวีทรัพย์
ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 2555 2000 ต่อ 6333 อีเมล: prasertsak.t@cit.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.02.007
รับเมื่อ 25 เมษายน 2564 แก้ไขเมื่อ 6 กันยายน 2564 ตอบรับเมื่อ 14 ตุลาคม 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 15 กุมภาพันธ์ 2565
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

การเขียนแบบวิศวกรรมเพื่อการสั่งผลิต มีการแสดงภาพฉายร่วมกับภาพ 3 มิติ ถึงแม้ว่าภาพ 3 มิติ สามารถบ่งบอกลักษณะของวัตถุได้อย่างชัดเจน แต่ไม่สามารถแสดงการกำหนดขนาด และรายละเอียดได้ทั้งหมด ดังนั้นการแสดงรายละเอียดและการระบุขนาดต้องระบุในภาพเขียนแบบ 2 มิติ หรือภาพฉาย ซึ่งการอ่านแบบวิศวกรรมที่เป็นภาพ 2 มิติ ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่มีทักษะเพื่อลดระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบความถูกต้องของงานที่ผลิต เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคโนโลยีการประมวลภาพดิจิทัลโดยใช้เทคนิคมอร์โฟโลจิคอล (Morphological) เพื่อช่วยวิเคราะห์แยกแยะรายละเอียด และจัดกลุ่มข้อมูลการกำหนดขนาดในภาพเขียนแบบเครื่องกล 2 มิติ ทั้งส่วนที่เป็นวัตถุ เส้นบอกขนาด ลูกศรบอกขนาด และตัวหนังสือ จากการทดสอบกับภาพเขียนแบบ 2 มิติ ที่มีเส้นกำหนดขนาดรวมทั้งหมด 166 เส้น พบว่าสามารถวิเคราะห์เส้นกำหนดขนาดในภาพเขียนแบบได้สมบูรณ์ถึง 81 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ทำการตรวจสอบข้อผิดพลาดของตำแหน่งเส้นกำหนดขนาด และลดการซ้ำซ้อนของการระบุขนาดได้

คำสำคัญ: ภาพเขียนแบบเครื่องกล ภาพฉาย การประมวลผลภาพดิจิทัล เส้นบอกขนาด ลูกศรบอกขนาด มอร์โฟโลจิคอล

การอ้างอิงบทความ: ปถวีร์ อดิศัยศักดา, ประเสริฐศักดิ์ เตียวงศ์สมบัติ และ วรรณลักษณ์ เหล่าทวีทรัพย์, "วิธีสกัดข้อมูลสัดส่วนในภาพเขียนแบบวิศวกรรมด้วยการประมวลผลภาพลักษณะโครงร่างวัตถุ," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 33, ฉบับที่ 4, หน้า 1–11, เลขที่บทความ 234-145105, ต.ค.–ธ.ค. 2566.

Research Article

Morphological Image Processing-based Method for Extracting Dimension Specification in Engineering Drawing

Patawee Adisaisakda and Prasertsak Tiawongsombat*
Department of Applied Electronics Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand
Wannalak Laotaweesub
Department of Mechanical Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 2555 2000 Ext. 6333, E–mail: prasertsak.t@cit.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.02.007
Received 25 April 2021; Revised 6 September 2021; Accepted 14 October 2021; Published online: 15 February 2022
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Engineering drawing for manufacture consists of orthographic projection and 3D image. Although 3D image drawing can be used to describe the object appearance, it cannot really show all dimensions and details. Therefore, details and dimensions are usually specified in a 2D image or orthographic drawing. Importantly, an expert or a skilled person is essentially required to read and understand an engineering drawing in order to reduce the time and cost spent to validate its details for manufacturing. Focusing on the above area, the morphological image processing-based method for extracting dimensions in engineering drawing is proposed. The approach can analyze, extract, and categorize the dimension details in 2D engineering drawing, i.e., object, dimensions, arrows, and text. The proposed approach has been tested with several drawings (166 dimension lines in total). It achieved over 81 percent accuracy in detecting the complete dimensions. Interestingly, this can further lead to the development of the application for error and repetition dimension detection.

Keywords: Mechanical Drawings, Two-dimensional Drawing, Digital Image Processing, Dimension Line, Arrowhead, Morphological Operation

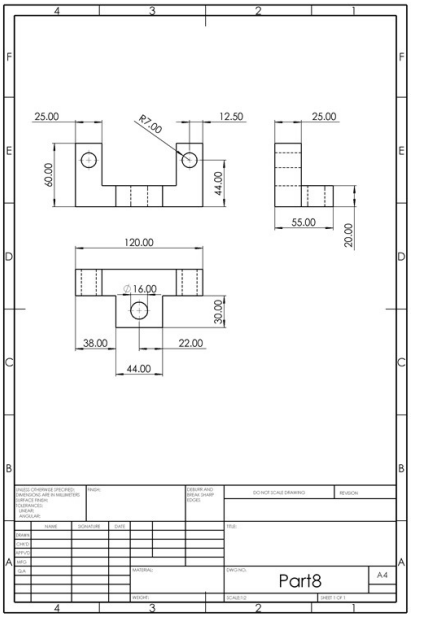
Please cite this article as: P. Adisaisakda, P. Tiawongsombat, and W. Laotaweesub, "Morphological image processing-based method for extracting dimension specification in engineering drawing," *The Journal of KMUTNB*, vol. 33, no. 4, pp. 1–11, ID. 234-145105, Oct.–Dec. 2023 (in Thai).

1. บทนำ

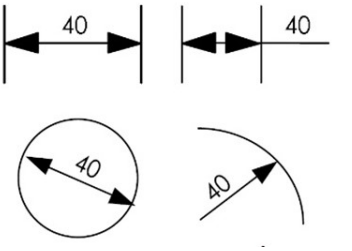
การเขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องกลเป็นเครื่องมือที่ใช้บ่งบอกถึงรูปร่าง และขนาดของวัตถุอย่างละเอียด เพื่อใช้ในการผลิตชิ้นงานตามแบบ ซึ่งการแสดงถึงรูปร่างของวัตถุในทางวิศวกรรมเครื่องกลสามารถแสดงได้ 2 ลักษณะ คือ ภาพเขียนแบบ 3 มิติ และภาพเขียนแบบ 2 มิติ หรือภาพฉาย (Orthographic Projections) ถึงแม้ว่าภาพเขียนแบบแบบ 3 มิติ ทำให้ผู้อ่านแบบเข้าใจรูปทรงของวัตถุได้ง่ายกว่า แต่ไม่สามารถระบุรายละเอียดของวัตถุได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นในทางอุตสาหกรรมจึงนิยมใช้ภาพเขียนแบบที่เป็น 2 มิติมากกว่า ซึ่งภาพเขียนแบบ 2 มิติ สามารถระบุขนาดของวัตถุได้ครบทุกส่วน รวมถึงแสดงให้เห็นถึงภายในของวัตถุได้ เรียกว่าภาพตัด (Section View) แต่การระบุรายละเอียดในภาพเขียนแบบ 2 มิติ จำเป็นต้องปฏิบัติตามหลักมาตรฐานเพื่อให้ผู้อ่านแบบ อ่านได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผู้เขียนแบบต้องมีทักษะทางด้านการเขียนแบบอย่างชำนาญ

เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์สามารถช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เขียนแบบได้เป็นอย่างมาก เช่น การเขียนแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรมเขียนแบบ การจำลองรูปร่างของชิ้นงานเป็นภาพ 3 มิติ [1], [2] ก่อนสั่งผลิตชิ้นงาน ซึ่งการสั่งผลิตชิ้นงานแต่ละครั้งผู้ผลิตอาจคิดราคางานจากความซับซ้อนของชิ้นงาน ทำให้การประเมินราคาแต่ละครั้งต้องใช้ผู้มีทักษะทางด้านการเขียนแบบมาวิเคราะห์ ดังนั้นภาพเขียนแบบต้องมีข้อมูลที่สมบูรณ์ กล่าวคือต้องมีการระบุขนาดครบทุกส่วนของชิ้นงาน [3] แต่เนื่องจากการระบุรายละเอียดหรือการบอกขนาดในภาพฉาย [4], [5] ในบางโปรแกรมยังไม่สามารถระบุได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งจำเป็นต้องใช้มนุษย์เป็นผู้ระบุรายละเอียด เป็นสาเหตุอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ เพื่อลดความผิดพลาดของการระบุขนาดจึงทำให้เกิดการพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อวิเคราะห์ภาพเขียนแบบ เช่น การหาลูกศรในภาพเขียนแบบโดยใช้เทคนิคการกรองภาพที่เรียกว่า Top-hat Filter [6] เพื่อให้ได้ส่วนต่างๆ ของลูกศร เช่น สามเหลี่ยมหรือหางของลูกศร แล้วนำส่วนต่างๆ ที่ได้มารวมกันเป็นลูกศรที่สมบูรณ์ [7] ซึ่งหัวลูกศรที่ตรวจจับได้ สามารถนำไปใช้วิเคราะห์หาเส้นบอกขนาดต่อไปได้ หรือการหาลูกศรโดยการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) [8] ซึ่งใช้คุณลักษณะของลูกศร เช่น ลักษณะหรือมุมภายในสามเหลี่ยมในการวิเคราะห์ นอกจากการวิเคราะห์ที่เริ่มต้นจากการหาลูกศรในภาพแล้ว ในบางงานวิจัยได้นำเสนอการวิเคราะห์โดยเริ่มต้นจากการหาเส้นบอกขนาดในภาพเขียนแบบก่อน เช่น การวิเคราะห์เส้นบอกขนาดโดยการใช้ค่าการตัดสินใจที่ต่างกันหลายๆ ค่า [9], [10] กล่าวคือเป็นการวิเคราะห์ภาพเดิมซ้ำๆ โดยที่แต่ละครั้งใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ต่างกัน แล้วจึงนำผลลัพธ์ทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์กันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สมบูรณ์มากที่สุด สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเส้นบอกขนาดที่เป็นเส้นตรงและเส้นโค้ง หรือการใช้เทคนิค Robust Skeletonization [11] ในการวิเคราะห์เส้นบอกขนาดโดยมีการแยกแยะรูปแบบของเส้นบอกขนาดออกเป็นแต่ละแบบ โดยทุกครั้งที่วิเคราะห์ มีการใช้อัลกอริทึมที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับรูปแบบของเส้นกำหนดขนาดที่ต้องการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังมีเทคนิค Optical Character Recognition (OCR) [12], [13] ที่สามารถใช้ในการแยกแยะและวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ในภาพได้ ตามลักษณะแม่แบบ (Templates) ที่กำหนด

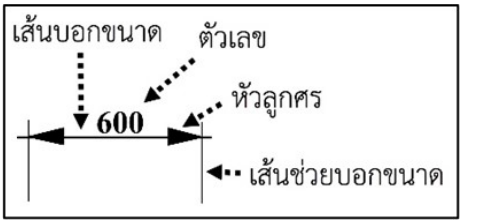
บทความวิจัยนี้เป็นการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจหาการกำหนดขนาดของภาพเขียนแบบเครื่องกลในลักษณะภาพฉาย โดยแยกรายละเอียดของแบบชิ้นงาน หัวลูกศร ตัวเลขบอกขนาด เส้นบอกขนาด และมีการตรวจสอบองค์ประกอบของเส้นกำหนดขนาดเพื่อเพิ่มความแม่นยำของการสกัดเส้นกำหนดขนาด เช่น เส้นกำหนดขนาดที่อยู่ในแกนแนวตั้ง แนวนอนและเส้นกำหนดขนาดแบบเอียง ซึ่งเส้นกำหนดขนาดแต่ละรูปแบบมีอัลกอริทึมที่ใช้วิเคราะห์ต่างกัน รวมถึงการวิเคราะห์ตำแหน่งตัวเลขบอกขนาดและหัวลูกศร ก็มีอัลกอริทึมวิเคราะห์ที่ต่างกันไปตามลักษณะของเส้นกำหนดขนาด การพัฒนาอัลกอริทึมประผลภาพดิจิทัลจากภาพฉายนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อตรวจหาข้อผิดพลาดของการระบุตำแหน่งเส้นกำหนดขนาดที่ซ้ำซ้อนกันในแต่ละมุมมองของภาพฉายในงานเขียนแบบได้และช่วยประเมินความซับซ้อนของชิ้นจากจำนวนการกำหนดขนาดในขั้นต้นได้



รูปที่ 1 ตัวอย่างภาพเขียนแบบที่วิเคราะห์



รูปที่ 2 เส้นบอกขนาด



รูปที่ 3 องค์ประกอบของเส้นกำหนดขนาด

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 มาตรฐานการเขียนแบบทางวิศวกรรม

การเขียนแบบในลักษณะ 2 มิติ หรือภาพฉาย (Orthographic Projections) ตามมาตรฐาน International Organization for Standardization (ISO) ได้มีการกำหนดขนาดของเส้นที่ใช้ในการเขียนแบบ เช่น เส้นชิ้นงานใช้ขนาด 0.5 มิลลิเมตร หรือที่เรียกว่า “เส้นเต็ม” หรือเส้นกำหนดขนาดใช้ขนาด 0.25 มิลลิเมตร หรือที่เรียกว่า “เส้นเต็มบาง” ซึ่งภาพเขียนแบบยังมีองค์ประกอบอื่นๆ อีกหลายอย่าง เช่น เส้นกรอบพื้นที่เขียนแบบ ชื่อชิ้นงาน และตารางแสดงรายการ แสดงดังรูปที่ 1

กรอบของพื้นที่เขียนแบบเป็นสิ่งที่แสดงถึงการแบ่งกระดาษเขียนแบบออกเป็นส่วนๆ เพื่อใช้ระบุตำแหน่งของรายละเอียด การเพิ่มเติม การแก้ไข ฯลฯ บนแบบ และใช้ระบุตำแหน่งกึ่งกลางของพื้นที่เขียนแบบ

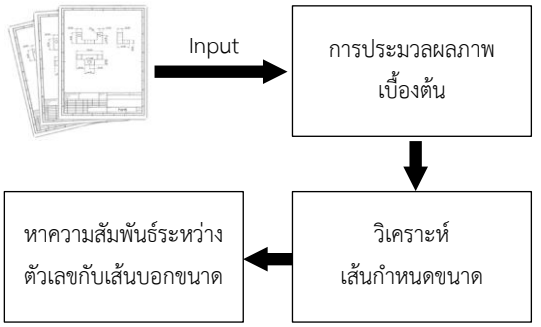
เส้นกำหนดขนาดเป็นสิ่งที่ใช้ระบุหรือบ่งบอกถึงขนาดของชิ้นงานที่อยู่ในภาพเขียนแบบ หากบอกขนาดไม่ครบทุกส่วนหรือระบุขนาดผิดอาจส่งผลให้ไม่สามารถสร้าง หรือผลิตชิ้นงานตามภาพเขียนแบบได้ ซึ่งเส้นกำหนดขนาดที่ใช้ในภาพเขียนแบบมีหลายลักษณะ เช่น การบอกขนาดความโค้ง การบอกขนาดความยาว โดยในงานวิจัยนี้วิเคราะห์เส้นบอกขนาดในรูปแบบความยาวเท่านั้น ดังรูปที่ 2

การบอกขนาดมีมาตรฐาน ISO เป็นตัวกำหนดมาตรฐานทั้งขนาดและระยะของการใช้เส้นกำหนดขนาด โดยลักษณะของเส้นกำหนดขนาดในรูปแบบความยาวประกอบไปด้วย หัวลูกศร (Arrow Head) เส้นบอกขนาด (Dimension Line) ตัวเลขบอกขนาด (Dimension Text) และเส้นช่วยบอกขนาด (Extension Line) แสดงดังรูปที่ 3

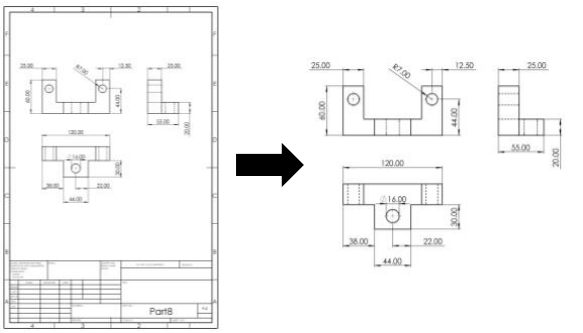
2.2 กระบวนวิเคราะห์เส้นกำหนดขนาด

อัลกอริทึมที่พัฒนาสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือการประมวลผลภาพเบื้องต้น การวิเคราะห์เส้นบอกขนาด และการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขบอกขนาดกับเส้นบอกขนาด โดยมีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 4

จากรูปที่ 4 กระบวนการทำงานของอัลกอริทึม เริ่มจากการรับไฟล์ภาพเขียนแบบในลักษณะภาพฉายที่ได้จากการเขียนแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Input) ซึ่งเป็นไฟล์ภาพที่มีขนาดความละเอียด 1984 × 2806 พิกเซล เข้าสู่กระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้น เพื่อปรับปรุงภาพด้วย



รูปที่ 4 ขั้นตอนการทำงาน



รูปที่ 5 การปรับแต่งภาพเพื่อใช้วิเคราะห์

อัลกอริทึมที่พัฒนาซึ่งเป็นการทำให้ภาพอินพุตเหมาะสมกับการวิเคราะห์ในกระบวนการถัดไป กล่าวคือต้องสกัดภาพเขียนแบบให้เหลือเฉพาะส่วนที่ใช้วิเคราะห์ (ชิ้นงานและเส้นกำหนดขนาด) จากนั้นเข้าสู่กระบวนวิเคราะห์เส้นกำหนดขนาด ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้มีการแยกส่วนที่เป็นชิ้นงานกับเส้นกำหนดขนาดออกจากกัน แล้วทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบต่างๆ ของเส้นกำหนดขนาดรวมถึงตัวเลขบอกขนาด เพื่อเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่ง และขั้นตอนสุดท้ายคือการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขบอกขนาดกับเส้นกำหนดขนาดที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนก่อนหน้านี้ ให้เป็นกลุ่มข้อมูลของการกำหนดขนาดแต่ละกลุ่ม จากขั้นตอนข้างต้นสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

2.3 การประมวลผลภาพเบื้องต้น

ในขั้นตอนนี้เป็นการใช้อัลกอริทึมเพื่อวิเคราะห์ภาพเขียนแบบในขั้นต้นก่อนการวิเคราะห์การกำหนดขนาดในภาพเขียนแบบ เนื่องจากแบบฟอร์มกระดาษภาพเขียนแบบมีส่วนที่งานวิจัยนี้ไม่ได้ใช้วิเคราะห์ประกอบอยู่ด้วย เช่น เส้นกรอบพื้นที่เขียนแบบ หรือตารางรายการ ทำให้ต้องมีการตัดส่วนเหล่านี้ออกโดยใช้การจับกลุ่มด้วยเทคนิคการจับกลุ่มของวัตถุในรูปภาพ (Labeling) [14] ซึ่งผลลัพธ์ของการจับกลุ่มในภาพทำให้ได้เป็นกลุ่มข้อมูลต่างๆ โดยมีสมมติฐานว่ากลุ่มข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลเยอะที่สุด และมีพิกัดตำแหน่งอยู่บริเวณขอบของภาพถือว่าเป็นเส้นกรอบ และทำการลบข้อมูลส่วนนี้ออกทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 5

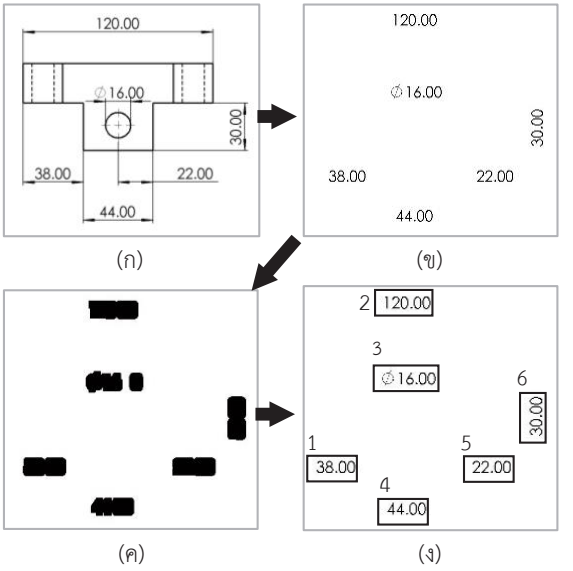
2.4 การวิเคราะห์เส้นกำหนดขนาด

การวิเคราะห์เส้นกำหนดขนาดแบ่งออกเป็นขั้นตอน 3 ขั้นตอน คือ การสกัดตัวเลขบอกขนาด การสกัดเส้นบอกขนาด และการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขกับเส้นบอกขนาด ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

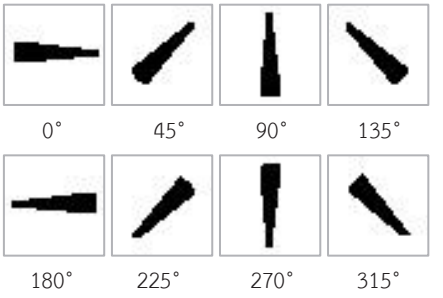
2.4.1 การสกัดตัวเลขบอกขนาด

การสกัดตัวเลขบอกขนาดใช้เทคนิคการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงร่างของวัตถุให้มีขนาดพิกเซลใหญ่ขึ้น (Morphological Dilation) [15] คือการทำให้ตัวอักษรหรือตัวเลขมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือบวมขึ้น เพื่อจับกลุ่มตัวเลขแต่ละตัวเป็นกลุ่มก้อน แสดงดังรูปที่ 6

จากรูปที่ 6 แสดงตัวอย่างขั้นตอนการสกัดตัวเลขบอกขนาดเพื่อเก็บเป็นกลุ่มข้อมูลตัวเลขสำหรับใช้วิเคราะห์ โดยเริ่มแรกนำภาพชิ้นงานที่ได้จากขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้นมาตัดส่วนที่เป็นชิ้นงานและเส้นกำหนดขนาดออกโดยใช้เทคนิคการจับกลุ่มของวัตถุในรูปภาพ เช่นเดียวกับในขั้นประมวลผลภาพเบื้องต้น ซึ่งใช้สมมติฐานว่ากลุ่มข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลมากนั่นคือ ส่วนที่เป็นชิ้นงานและเส้นกำหนดขนาด เมื่อนำส่วนนี้ออก ทำให้เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นตัวเลขเท่านั้น [รูปที่ 6 (ข)] จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้เข้ากระบวนการ Dilation ด้วยเมทริกซ์ขนาด 20 × 20 พิกเซล เพื่อทำเป็น Marks ในการกรองตำแหน่งของตัวเลขแต่ละกลุ่ม [รูปที่ 6 (ค)] และสุดท้ายคือการนำ Marks ที่ได้มาเทียบกับภาพที่เป็นตัวเลข เพื่อระบุว่าตัวเลขแต่ละตัวนั้นอยู่ในกลุ่มใดของ Marks ที่ทำไว้ [รูปที่ 6 (ง)]



รูปที่ 6 ตัวอย่างการสกัดตัวเลขบอกขนาด (ก) ภาพป้อนเข้า (ข) ลบเส้นออกจากภาพ (ค) การ Dilation (ง) กลุ่มตัวเลขจากการวิเคราะห์

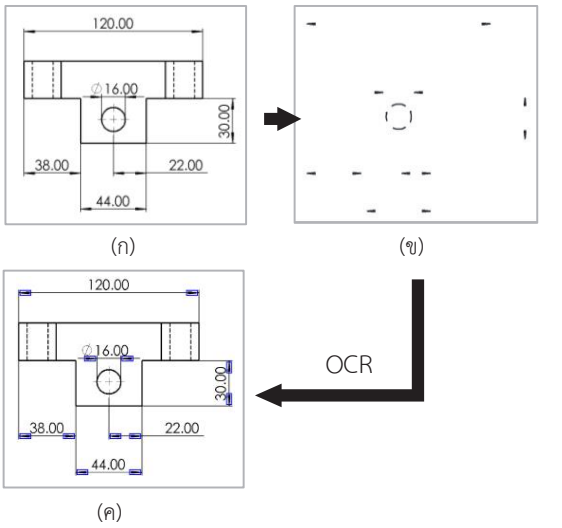


รูปที่ 7 แม่แบบของกระบวนการ OCR

2.4.2 การสกัดหัวลูกศร

ในงานวิจัยนี้การสกัดหัวลูกศรใช้เทคนิค OCR ซึ่ง Template ที่ใช้มีขนาด 35 × 35 พิกเซล และมีทั้งหมด 8 รูปแบบ แยกตามลักษณะองศาการหันของหัวลูกศร แสดงดังรูปที่ 7

ก่อนเข้ากระบวนการ OCR จำเป็นต้องผ่านกระบวนการ Opening ด้วยเมทริกซ์ขนาด 1 × 20 พิกเซล และ 20 × 1 พิกเซล เพื่อสกัดเส้นตรงออกจากภาพ [รูปที่ 8 (ข)] จากนั้นนำภาพที่ได้เข้าสู่กระบวนการ OCR ได้ผลลัพธ์การสกัดหัวลูกศร



รูปที่ 8 ตัวอย่างการสกัดหัวลูกศรด้วยเทคนิค OCR (ก) ภาพป้อนเข้า (ข) กระบวนการ Opening (ค) ผลลัพธ์กระบวนการ OCR

แสดงดังรูปที่ 8 (ค)

ลักษณะการเก็บข้อมูลหัวลูกศร (Ar) ดังสมการที่ (1)

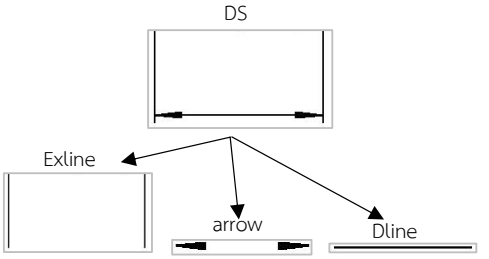
$$Ar = \begin{bmatrix} (x_1, y_1) & dir_1 \\ (x_2, y_2) & dir_2 \\ \vdots & \\ (x_n, y_n) & dir_n \\ \vdots & \\ (x_N, y_N) & dir_N \end{bmatrix} \quad (1)$$

จากสมการที่ (1) โดย x,y คือ พิกัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางของหัวลูกศร, N คือ จำนวนหัวลูกศรเมื่อ $1 \le n \le N$ และ $dir \in \{0,45,90,135,180,225,270,315\}$ คือ ทิศทางของหัวลูกศรตาม Template ในรูปที่ 7

2.4.3 การสกัดเส้นบอกขนาด

การหาเส้นบอกขนาดในภาพ ใช้การวิเคราะห์จากหัวลูกศรแล้วหาเส้นตรงที่มีพิกัดตรงกับหัวลูกศรหรือมีการลากผ่านหัวลูกศร

จากรูปที่ 9 เห็นได้ว่าบริเวณหัวลูกศร (*Arrow*) มีเส้นช่วยบอกขนาด (*Exline*) และเส้นบอกขนาด (*Dline*) โดย

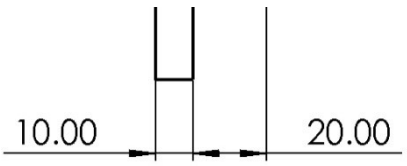


รูปที่ 9 ส่วนประกอบของเส้นกำหนดขนาด

กระบวนการสกัดเส้นบอกขนาดและการจัดกลุ่มข้อมูลเส้นบอกขนาดสามารถอธิบายเป็นอัลกอริทึมได้ดังนี้

```
d = 1
for i = 1 to length (Ar)
  n_line = find(line = Ar(i,1))
  DS.Dline(d) = line(n_line)
  n_arrow = find(Ar = line(n_line))
  for j = 1 to length (n_arrow)
    DS.arrow(d, j) = n_arrow(j)
  end for
  for m = 1 to length (line)
    n_exline = find(line = line(n_line))
    for n = 1 to length(n_exline)
      if n_exline(n) ! = n_line
        DS.Exline(d) = line(n_exline(n))
      end if
    end for
  end for
  d = d + 1
end for
```

การสกัดเส้นบอกขนาดโดยการใช้อัลกอริทึมข้างต้นต้องมี *Ar* (ข้อมูลของหัวลูกศร) และข้อมูล *Line* (เส้นตรงในภาพที่แยกออกเป็นแต่ละเส้น) โดยการสกัดเส้นบอกขนาด เริ่มต้นจากการหาเส้นตรงที่มีตำแหน่งตรงกับตำแหน่งศูนย์กลางของหัวลูกศรโดยการใช้คำสั่งค้นหา (*Find*) เส้นตรงที่ได้ถือว่าเป็นเส้นบอกขนาด เนื่องจากมีลูกศรอยู่บนเส้นตรงและมีการเก็บข้อมูลเส้นบอกขนาดในตัวแปร (*DS.Dline*)



รูปที่ 10 ลักษณะเส้นบอกขนาดที่ตรวจจับไม่ได้

จากนั้นใช้ข้อมูลพิกัดของเส้นบอกขนาด เพื่อค้นหาหัวลูกศรที่อยู่บนเส้นตรงทั้งหมดและเส้นตรงที่ลากผ่านเส้นบอกขนาด โดยหัวลูกศรทั้งหมดที่ค้นหาได้ถูกเก็บในตัวแปร (*DS.arrow*) และเส้นตรงที่ค้นหาได้ในขั้นตอนนี้ ถือว่าเป็นเส้นช่วยบอกขนาดและเก็บในตัวแปร (*DS.Exline*)

เพื่อให้สะดวกต่อการเรียกใช้ข้อมูลในขั้นตอนถัดไป ในอัลกอริทึมจึงใช้การเก็บข้อมูลในรูปแบบตัวแปรโครงสร้าง (Structure) ดังสมการที่ (2)

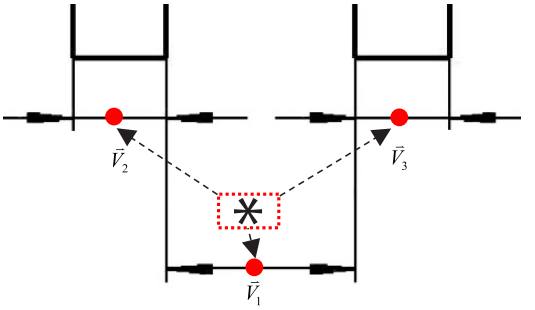
$$DS = \begin{bmatrix} arrow_1 & Dline_1 & Exline_1 \\ arrow_2 & Dline_2 & Exline_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ arrow_d & Dline_d & Exline_d \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ arrow_D & Dline_D & Exline_D \end{bmatrix} \quad (2)$$

โดย D คือ จำนวนเส้นกำหนดขนาดทั้งหมดในภาพ และ DS คือ ตัวแปรโครงสร้างของเส้นกำหนดขนาด, $1 \le d \le D$ ซึ่งมีข้อมูลพิกัดหัวลูกศร ($arrow_d$) เส้นบอกขนาด ($Dline_d$) และเส้นช่วยบอกขนาด ($Exline_d$) เป็นสมาชิก

การใช้อัลกอริทึมนี้ มีโอกาสเกิดความผิดพลาดในการสกัด เนื่องจากในการกำหนดขนาดในภาพเขียนแบบบางครั้งมีการใช้เส้นบอกขนาดร่วมกันหรือมีการทับซ้อนกันของหัวลูกศรหรือใช้หัวลูกศรเดียวกัน กล่าวคือในเส้นบอกขนาด 1 เส้นอาจมีการใช้บอกขนาดมากกว่า 1 จุด ในชิ้นงาน (รูปที่ 10) เป็นผลให้อัลกอริทึมไม่สามารถแบ่งแยกเส้นบอกขนาดออกเป็น 2 เส้น ตามมาตรฐานที่ถูกต้องได้

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นบอกขนาดกับตัวเลขบอกขนาด

การกำหนดขนาดที่สมบูรณ์ตามมาตรฐานต้องมีตัวเลข



รูปที่ 11 ตัวอย่างการจับคู่ตัวเลขและเส้นบอกขนาด

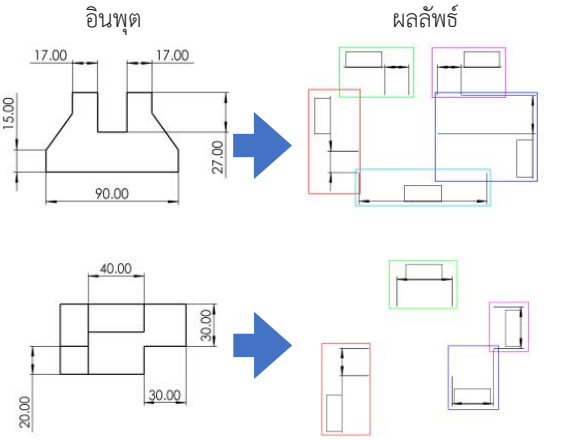
บอกขนาดเขียนกำกับเส้นบอกขนาดไว้ด้วยเสมอ ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสกัดตัวเลขบอกขนาดและเส้นบอกขนาดจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ในการวิเคราะห์ โดยการจับคู่อ้างอิงจากตัวเลขบอกขนาดเป็นหลัก กล่าวคือเป็นการใช้เทคนิคการหาตำแหน่งของเส้นบอกขนาดโดยใช้วิธีการคำนวณระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวเลขบอกขนาดกับจุดกึ่งกลางระหว่างหัวลูกศรที่อยู่บนเส้นบอกขนาดแต่ละเส้น ดังรูปที่ 11

โดยเครื่องหมาย * แทนพิกัดตำแหน่งศูนย์กลางของตัวเลขบอกขนาด และ $\left|\vec{V}_d\right|$ คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวเลขบอกขนาดกับจุดกึ่งกลางระหว่างหัวลูกศรที่อยู่บนเส้นบอกขนาด, $1 \le d \le D$ เมื่อ D คือ จำนวนเส้นกำหนดขนาดทั้งหมดในภาพ

จากรูปที่ 11 แสดงให้เห็นว่าค่า $\left|\vec{V}\right|$ นั้นมีอยู่หลายค่าตามจำนวนเส้นกำหนดขนาดที่ปรากฏในภาพ ซึ่งการจับคู่ระหว่างเส้นบอกขนาดกับตัวเลขบอกขนาด ใช้ข้อมูลของเส้นบอกขนาดที่มีตำแหน่งอยู่ใกล้ตัวเลขบอกขนาดมากที่สุด กล่าวคือการนำข้อมูลระยะห่างทั้งหมดที่หาได้ในภาพมาวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นตัวเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างเส้นกำหนดขนาดกับตัวเลขบอกขนาดโดยการใช้ค่าที่น้อยที่สุด $\left(\min(\left|\vec{V}_1\right|, \left|\vec{V}_2\right|, \left|\vec{V}_3\right|,\ldots,\left|\vec{V}_D\right|)\right)$

3. ผลการทดลอง

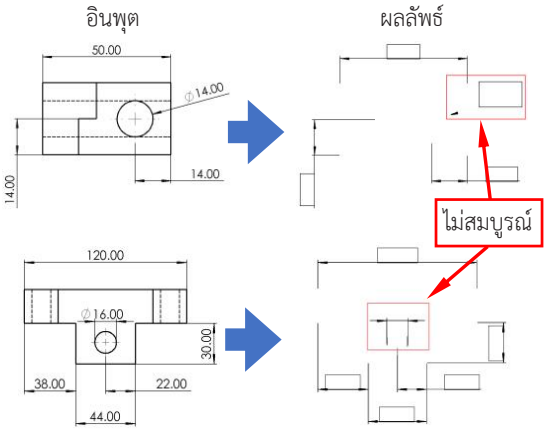
การทดลองสกัดส่วนประกอบของเส้นกำหนดขนาดในภาพเขียนแบบเครื่องกลด้วยอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้น ใช้ภาพเขียนแบบเครื่องกลในลักษณะภาพฉายที่เขียนด้วยโปรแกรมเขียนแบบคอมพิวเตอร์ (SolidWorks) ซึ่งมีความละเอียดของภาพ 1984 × 2806 พิกเซล มีพื้นที่เขียนแบบเท่ากับกระดาษขนาด A4 โดยนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล รวมทั้งสิ้น 16 ภาพ ซึ่งมีจำนวนเส้นกำหนดขนาดทั้งหมด 166 เส้น ประกอบด้วยเส้นกำหนดขนาดแบบขนานกับตัวชิ้นงาน และเส้นกำหนดขนาดของวงกลม โดยการทดลองเป็นการสกัดข้อมูลเส้นกำหนดขนาดที่ประกอบด้วย เส้นบอกขนาด เส้นช่วยบอกขนาด หัวลูกศร และตัวเลขบอกขนาด ได้ผลลัพธ์การสกัดดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ตัวอย่างผลลัพธ์การสกัดเส้นกำหนดขนาดของภาพชิ้นงานใน 1 มุมมอง

ผลลัพธ์เส้นบอกขนาดที่สกัดได้มีการจับคู่กับตัวเลขบอกขนาด ดังรูปที่ 12 ในที่นี้ใช้การวาดกรอบเพื่อแสดงกลุ่มเส้นกำหนดขนาดที่มีองค์ประกอบครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งการประมวลผลภาพเขียนแบบแต่ละภาพใช้เวลาประมาณ 5 วินาที ขึ้นอยู่กับจำนวนและความซับซ้อนของเส้นกำหนดขนาดในภาพ ทั้งนี้การสกัดยังมีข้อผิดพลาด เช่น ไม่สามารถสกัดตัวเลขบอกขนาดได้ครบทุกตัว หรือไม่สามารถสกัดเส้นบอกขนาดได้ ดังรูปที่ 13

การทดสอบความถูกต้องของเส้นกำหนดขนาดที่สกัดได้ด้วยอัลกอริทึมเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การตรวจสอบเฉพาะเส้นบอกขนาด 2) การตรวจจับเส้นบอกขนาดพร้อมตัวเลขบอกขนาด โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 13 ตัวอย่างการสกัดเส้นกำหนดขนาดที่ไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์การตรวจจับเส้นบอกขนาด

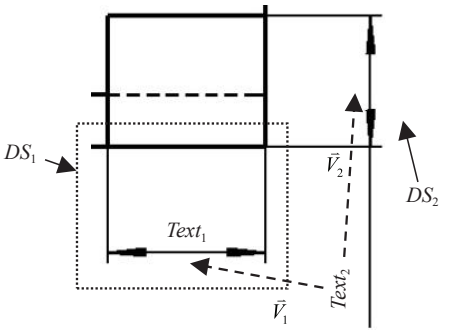
การตรวจจับ n = 177	เส้นบอกขนาดที่มีในภาพเขียนแบบ	
	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
ตรวจจับได้	147	11
ตรวจจับไม่ได้	19	0

จากผลลัพธ์ในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมสามารถตรวจจับเส้นบอกขนาดในภาพเขียนแบบได้ทั้งหมด 158 เส้น ซึ่งมีเส้นบอกขนาดที่ตรวจจับได้ถูกต้องสมบูรณ์ 147 เส้น จากนั้นนำข้อมูลการตรวจจับเส้นบอกขนาดทั้งหมดไปจับคู่กับตัวเลขบอกขนาดที่สกัดได้ เพื่อประกอบเป็นการกำหนดขนาดที่สมบูรณ์ตามมาตรฐาน โดยมีผลลัพธ์การจับคู่แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจับคู่เส้นบอกขนาดกับตัวเลขบอกขนาด

การตรวจจับ n = 172	เส้นบอกขนาดที่สมบูรณ์	
	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
ตรวจจับได้	140	29
ตรวจจับไม่ได้	3	0

จากผลลัพธ์ในตารางที่ 2 พบว่า เกิดการจับคู่กันทั้งหมด 169 คู่ โดยมีการจับคู่ที่ถูกต้องทั้งหมด 140 คู่ ซึ่งสามารถ



รูปที่ 14 ตัวอย่างการจับคู่เส้นกำหนดขนาดผิดพลาด

คำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการจับคู่ระหว่างกับเส้นบอกขนาดกับตัวเลขบอกขนาดได้เป็น 19 เปอร์เซ็นต์ โดยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดคำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$Error = \left(1 - \frac{TP + TN}{n}\right) \times 100\% \qquad (3)$$

โดย TP คือ จำนวนที่ตรวจจับได้และถูกต้อง
TN คือ จำนวนที่ตรวจจับไม่ได้และไม่ถูกต้อง
n คือ จำนวนเหตุการณ์ทั้งหมด

เนื่องจากการจับคู่ได้ใช้ข้อมูลเส้นบอกขนาดที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ ซึ่งรวมถึงเส้นบอกขนาดที่ตรวจจับผิดพลาดด้วย เป็นผลทำให้การจับคู่เกิดความผิดพลาด นอกจากนี้เส้นบอกขนาดบางเส้นมีตำแหน่งที่อยู่ใกล้กันมาก ดังแสดงในรูปที่ 14 เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้อัลกอริทึมวิเคราะห์ได้ผิดพลาดด้วยเช่นกัน

โดย $Text$ แทนตัวเลขบอกขนาดในภาพเขียนแบบ จากรูปที่ 14 ผลลัพธ์จากการทดสอบอัลกอริทึมปรากฏว่าตัวเลข $Text_1$ จับคู่กับ DS_1 ซึ่งเป็นความผิดพลาดของการจับคู่ระหว่างเส้นบอกขนาดและตัวเลขบอกขนาด โดยตามมาตรฐานที่ถูกต้องตัวเลข $Text_2$ ต้องจับคู่กับ DS_2 ทั้งนี้ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น เนื่องจากตัวเลข $Text_2$ มีตำแหน่งอยู่ใกล้เส้นบอกขนาด DS_1 ทำให้อัลกอริทึมเข้าใจผิดว่าตัวเลข $Text_2$ ต้องจับคู่กับเส้นบอกขนาด DS_1 และนอกจากนี้ยังทำให้เกิดการใช้เส้นบอกขนาดซ้ำซ้อนกัน กล่าวคือตัวเลข $Text_1$ จับคู่อยู่กับ DS_1 ด้วยเช่นกัน

4. อภิปรายผลและสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาอัลกอริทึมการประมวลผลด้วยภาพโดยใช้เทคนิคการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงร่างวัตถุในภาพ (Morphological) เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์เส้นกำหนดขนาดในภาพเขียนแบบเครื่องกล 2 มิติ หรือภาพฉาย รวมถึงอธิบายขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมโดยเริ่มจากการใช้เทคนิคการจับกลุ่มของวัตถุในรูปภาพ เพื่อเตรียมภาพเขียนแบบสำหรับการวิเคราะห์ แล้วเริ่มการวิเคราะห์แต่ละส่วนของเส้นกำหนดขนาด ซึ่งประกอบด้วยตัวเลขบอกขนาด ลูกศรบอกขนาด และเส้นบอกขนาด จากการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของเส้นกำหนดขนาดโดยทดสอบกับภาพเขียนแบบเครื่องกลที่เขียนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำนวน 16 ภาพ โดยมีเส้นกำหนดขนาดทั้งหมด 166 เส้น พบว่า อัลกอริทึมสามารถตรวจจับเส้นกำหนดขนาดได้ทั้งหมด 169 เส้น ซึ่งมีเส้นกำหนดขนาดที่ถูกต้องทั้งหมด 140 เส้น หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 81 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ผลลัพธ์การวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับความซับซ้อน และลักษณะของการใช้เส้นบอกขนาดในรูปภาพด้วยเช่นกัน

ในอนาคตอัลกอริทึมที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ในด้านการฟื้นฟูโครงสร้างหรือคัดลอกชิ้นงานจากภาพถ่าย และสามารถใช้ประเมินค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิตชิ้นงานเบื้องต้นได้ หากมีการเพิ่มอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ตัวเลขบอกขนาดและตัวหนังสือ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตามสัญญาเลขที่ Res-CIT0607/2021

เอกสารอ้างอิง

[1] R. Furferi, L. Governi, M. Palai, and Y. Volpe, “From 2D orthographic views to 3D Pseudo-wireframe: An automatic procedure,” *International Journal of Computer Applications IJCA*, vol. 5, no. 6, pp. 12–17, 2010.

[2] P. Tiawongsombat and I. Chantaksinopas, “Low-level image feature in orthographic projection snapshot to 3D coordinate retrieval,” presented at the 5th International Conference on Information Technology (InCIT2020), Chonburi, Thailand, Oct. 21–22, 2020 (in Thai).

[3] D. Dori and L. Wenyin, “Automated CAD conversion with the machine drawing understanding system: Concepts algorithms and performance,” *IEEE transactions on systems man and cybernetics Part A*, vol. 29, no. 4, pp. 411–416, 1999.

[4] H. H. Gorgani and A. J. Pak, “A genetic algorithm based optimization method in 3D solid reconstruction from 2D Multi-view engineering drawings,” *Computational Applied Mechanics*, vol. 49, no. 1, pp. 10, 2018.

[5] S. Olkun. (2003, April). Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. International Journal of Mathematics Teaching and Learning. [Online]. Available https://www.researchgate.net/publication/27569528_Making_Connections_Improving_Spatial_Abilities_with_Engineering_Drawing_Activities

[6] A. M. Intwala, K. Kharade, R. Chaugule, and A. Magikar, “Dimensional arrow detection from CAD drawings,” *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 9, no. 21, pp. 1–7, 2016.

[7] F. Su, J. Song, C.-L. Tai, and S. Cai, “Dimension recognition and geometry reconstruction in vectorization of engineering drawings,” in *Proceedings of International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Hawaii, 2001, pp. 710–716.

[8] L. Wendling and S. Tabbone, "A new way to detect arrows in line drawings," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 26, no. 7, pp. 935–941, 2004.

[9] T. C. Henderson and L. Swaminathan, "NDAS: The nondeterministic agent system for engineering drawing analysis," in *Proceedings Intl Conference on Integration of Knowledge Intensive Multi-Agent Systems*, Boston, 2003, pp. 512–516.

[10] L. Swaminathan. "Agent-based engineering drawing analysis," M.S. thesis, Department of Computer Science, University of Utah, Salt Lake City, Utah, 2002.

[11] A. Habed and B. Boufama, "Dimension sets detection in technical drawings," in *Proceedings of Vision Interface*, Trios-Rivieres, CA, 1999, pp. 217–223.

[12] S. Tiwari, S. Mishra, P. Bhatia, and P. K. Yadav, "Optical character recognition using MATLAB," *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE)*, vol. 2, no. 5, pp. 579–582, 2013.

[13] F. Borisyuk, A. Gordo, and V. Sivakumar. "Rosetta: Large scale system for text detection and recognition in images," in *Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, 2018, pp. 71–79.

[14] R. M. Haralick and L. G. Shapiro, *Computer and Robot Vision*. Boston, MA: Addison-Wesley, 1992, pp. 28–48.

[15] N. Mohanan, A. Ahmad, S. S. Al-Busaidi, L. K. A. Abdulghani, and M. A. Nadabi "Use of mathematical morphology in vehicle plate detection," *Oriental Journal of Computer Science and Technology*, vol. 11, no. 4, pp. 195–200, 2018.