

การวิเคราะห์ผลกระทบเชิงปริมาณของความละเอียดภาพถ่ายดิจิทัลต่อการสร้างพอยต์คลาวด์ ด้วยวิธี Structure from Motion สำหรับการตรวจสอบนั่งร้านและค้ำยัน A Quantitative Impact Analysis of Digital Image Resolution on Point Cloud Generation by Structure from Motion for Scaffolding

ณัฐพล เสาวนะ^{1,*}

¹ ภาควิชาการออกแบบและบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
วิทยาเขตปราจีนบุรี จ.ปราจีนบุรี

*Corresponding author; E-mail address: Natthapol.s@itm.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

นั่งร้านและค้ำยันเป็นโครงสร้างชั่วคราวที่ส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยในสถานที่ก่อสร้าง การตรวจสอบนั่งร้านและค้ำยันอยู่เสมอจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการทำงานและลดความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน การตรวจสอบนั่งร้านและค้ำยันมักให้ผู้ตรวจสอบเดินตรวจบนนั่งร้านและค้ำยันซึ่งไม่ปลอดภัยสำหรับผู้ตรวจสอบ อีกทั้งยังใช้เวลาและแรงงานมาก ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีหลายประเภทที่สามารถช่วยให้ผู้ตรวจสอบสามารถตรวจสอบโครงสร้างเป้าหมายได้อย่างรวดเร็ว เช่น Structure from Motion หรือ SfM โดยการสร้างพอยต์คลาวด์หรือแบบจำลองด้วยภาพถ่ายดิจิทัลจำนวนมาก อย่างไรก็ตามคุณภาพของผลลัพธ์จากการใช้วิธี SfM ขึ้นอยู่กับคุณภาพของรูปถ่ายโดยตรง และยังไม่มีความชัดเจนเกี่ยวกับผลกระทบเชิงปริมาณของคุณภาพรูปถ่ายในการสร้างพอยต์คลาวด์ด้วยวิธี SfM งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของคุณภาพรูปถ่ายในการสร้างพอยต์คลาวด์ ซึ่งเป็นข้อมูลแรกเริ่มในการสร้างแบบจำลองสำหรับการตรวจสอบนั่งร้านค้ำยัน และจัดทำแนวทางให้ผู้สนใจสามารถเลือกใช้ภาพถ่ายดิจิทัลที่มีความละเอียดเหมาะสมต่อการสร้างแบบจำลองด้วยวิธี SfM ในการตรวจสอบนั่งร้านค้ำยันต่อไป

คำสำคัญ: นั่งร้านค้ำยัน, ภาพถ่ายดิจิทัล, พอยต์คลาวด์, Structure from Motion

Abstract

Scaffolding is a temporary structure that directly affects the safety of a construction site. Frequent scaffolding inspection can raise working productivity and decrease the risk of casualties and losses. Current work procedure often forces the inspector to check the scaffolding closely, which is unsafety, time-consuming, and labor-intensive. Nowadays, numerous technologies can rapidly assist the inspection of the structure of interest such as

Structure from Motion, which can create point clouds or models from a gigantic amount of digital images. However, although the quality of the output from Structure from Motion greatly relies on the quality of the input images, there is no clear data on the quantitative impact of input image quality on the output of point cloud generation. Therefore, this study is conducted to analyze the impact of image quality on the point cloud result, which is the fundamental input of the model assisting scaffolding inspection, and propose a guideline for site practitioners to be able to select appropriate digital image quality for Structure from Motion assisting scaffolding inspection.

Keywords: Scaffolding, Digital images, Point cloud, Structure from Motion

1. บทนำ

นั่งร้านและค้ำยันคือโครงสร้างชั่วคราวที่ช่วยสนับสนุนงานก่อสร้างในที่สูง เช่น ทางเดินสำหรับผู้ใช้แรงงานที่ต้องทำงานด้านนอกอาคาร และโครงสร้างสำหรับแขวนผ้าใบเพื่อกันฝุ่นละอองและสิ่งของตกลงไปด้านล่าง เป็นต้น อย่างไรก็ตามนั่งร้านค้ำยันมักถูกละเลยจากผู้เกี่ยวข้องเนื่องจากมองว่าเป็นโครงสร้างที่ไม่สำคัญ [1] เพราะไม่ส่งผลต่อความก้าวหน้างานโดยตรงและใช้เวลาติดตั้งไม่นานนักเมื่อเทียบกับระยะเวลาทั้งโครงการก่อสร้าง ทั้ง ๆ ที่ในความเป็นจริงแล้ว นั่งร้านค้ำยันเป็นโครงสร้างที่มีมูลค่าสูงมากถึงร้อยละ 15 ของมูลค่าโครงการก่อสร้างทั้งหมด [2] นอกจากนี้มีการเก็บข้อมูลในประเทศเกาหลีระหว่างปี พ.ศ. 2558 ถึงปี พ.ศ. 2562 พบว่ามากกว่าร้อยละ 14 ของการเสียชีวิตในสถานที่ก่อสร้างเกิดจากนั่งร้านและค้ำยัน [3] การตรวจสอบนั่งร้านและค้ำยันจึงเป็นสิ่งที่ควรทำอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามการตรวจสอบนั่งร้านค้ำยันในปัจจุบันยังนิยมให้ผู้เกี่ยวข้องต้องเดินทางไปตรวจสอบบนนั่งร้านค้ำยันด้วยตัวเอง ซึ่งเป็นอันตรายต่อตัวผู้ตรวจสอบ



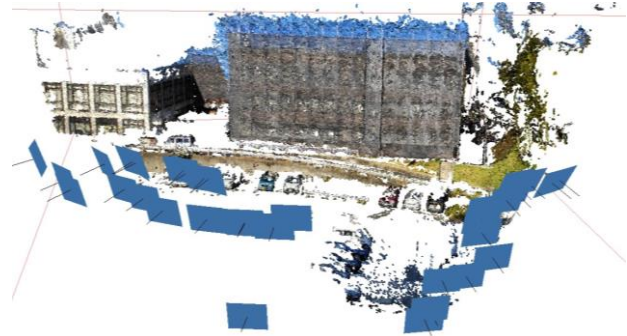
รูปที่ 1 การทำงานบนที่สูงที่ต้องใช้นั่งร้านค้ำยัน

การตรวจสอบนั่งร้านและค้ำยันโดยที่ไม่ต้องให้ผู้เกี่ยวข้องเดินตรวจสอบบนนั่งร้านนั้น นอกจากจะเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้เกี่ยวข้องแล้ว ยังช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เช่น การตรวจสอบจากระยะไกลผ่านกล้องวงจรปิด หรือภาพถ่ายจากสถานที่ทำงานจริง อย่างไรก็ตามการตรวจสอบจากภาพเพียงอย่างเดียวอาจทำให้ผู้เกี่ยวข้องพลาดรายละเอียดบางอย่างไปและส่งผลให้การตรวจสอบนั้นไม่มีประสิทธิภาพ ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับภาพถ่ายจำนวนมาก หนึ่งในเทคโนโลยีเหล่านั้นคือเทคโนโลยีการแปลงภาพถ่าย 2 มิติเป็นแบบจำลอง 3 มิติชื่อว่า Structure from Motion หรือ SfM [4]

SfM เป็นการสร้างแบบจำลองสามมิติโดยอ้างอิงจากส่วนทับซ้อนกันของภาพถ่ายสองมิติหลาย ๆ มุมมองหรือภาพวีดิทัศน์ที่เป็นการเคลื่อนที่จากมุมหนึ่งไปอีกมุมหนึ่ง ในส่วนทับซ้อนของแต่ละภาพนี้จะมีจุดรายละเอียดที่เรียกว่า Feature ซึ่งจุดคำสั่งทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) สามารถวิเคราะห์ออกมาได้ไม่ว่าจะเป็นจุด ขอบ หรือมุมในรูปภาพ จากนั้นโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์จะเชื่อมโยง Feature เหล่านี้ระหว่างรูปภาพเพื่อสร้างเป็นโครงข่ายในระนาบ 3 มิติ จุดในระนาบ 3 มิตินี้คือพอยต์คลาวด์ (Point Cloud) ดังตัวอย่างในรูปที่ 2 แสดงการเชื่อมโยงจุด ขอบ และมุมของเสาวิฑูที่ถ่ายจากตำแหน่งต่างกัน แต่โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถตรวจสอบได้ว่าเสาวิฑูในทั้งสองภาพเป็นเสาเดียวกัน โดยมีจุด ขอบ และมุมที่เหมือนกันตามเส้นสีเหลือง และรูปที่ 3 แสดงพอยต์คลาวด์ของอาคารในระนาบ 3 มิติที่ได้จากการเรียงภาพหลาย ๆ ภาพที่มีส่วนที่เหมือนกัน โดยสีเหลี่ยมผืนผ้าสีน้ำเงินแสดงตำแหน่งภาพถ่ายที่ใช้ในการสร้างพอยต์คลาวด์ดังกล่าว



รูปที่ 2 การเชื่อมโยงจุด ขอบ และมุมที่เหมือนกันในสภาพแวดล้อมจริง แต่อยู่ต่างภาพถ่ายกัน



รูปที่ 3 พอยต์คลาวด์ 3 มิติและตำแหน่งของกล้องต่าง ๆ ที่จุดคำสั่งทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์เรียงเรียงออกมาเป็นผลลัพธ์จากภาพ 2 มิติหลาย ๆ ภาพ

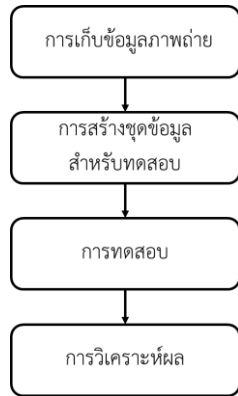
ดังนั้นความละเอียดของภาพถ่ายย่อมเป็นปัจจัยที่จะทำให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีรายละเอียดมากน้อยเพียงใด อย่างไรก็ตามยังไม่มีการวิจัยที่รองรับถึงความเชื่อมโยงในส่วนนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ SfM กับนั่งร้านและค้ำยันที่อาจสร้างความยุ่งยากในการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากนั่งร้านและค้ำยันประกอบด้วยเหล็กที่มีลักษณะเป็นแท่งบาง ๆ ประกอบเข้าด้วยกันในรูปแบบโครงถักซึ่งยากต่อการมองด้วยตาเปล่า และยังมีฝ้าใบคลุมฝุ่นเรียงต่อกันหลายผืนโดยไม่มี ความแตกต่างกัน ซึ่งอาจทำให้ระบบคอมพิวเตอร์สับสนในการเชื่อมโยงจุดที่เหมือนกันจากภาพหนึ่งไปยังอีกภาพหนึ่ง จึงควรมีการทดลองเพื่อสร้างแนวทางให้ผู้เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างที่สนใจใช้เทคโนโลยี SfM กับการตรวจสอบนั่งร้านและค้ำยัน

2. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยแสดงไว้ในรูปที่ 4 ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนแรกคือการเก็บข้อมูลภาพถ่าย ขั้นตอนที่สองคือการสร้างชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ ขั้นตอนที่สามคือการทดสอบ และขั้นตอนสุดท้ายคือการวิเคราะห์ผล

2.1 การเก็บข้อมูลภาพถ่าย

งานวิจัยนี้เลือกใช้โทรศัพท์มือถือเป็นเครื่องมือบันทึกภาพถ่าย เพื่อให้ตอบสนองต่อความเป็นจริงที่บุคลากรผู้เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างมักเลือกบันทึกภาพโดยใช้โทรศัพท์มือถือ เพราะมีความสะดวกสบายและเป็นเครื่องมือที่มีใช้กันโดยทั่วไป [5] ภาพถ่ายต้นฉบับมีขนาด 4,032 x 3,024 พิกเซล และความละเอียด 96 จุดต่อนิ้ว (Dpi) ในรูปแบบ Jpeg



รูปที่ 4 วิธีดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 6 ตัวอย่างภาพจากชุดข้อมูลขนาดกลาง

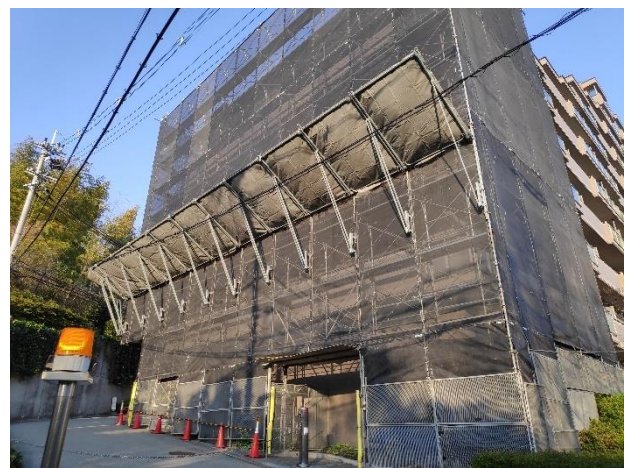
2.2 การสร้างชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ

การลดขนาดภาพย่อมทำให้ความละเอียดซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการสร้างพอยต์คลาวด์ลดลง งานวิจัยนี้จึงใช้ 3 ชุดข้อมูลในการทดลองเพื่อให้ครอบคลุมผลกระทบต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ ชุดข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

ชุดข้อมูลขนาดเล็กเป็นอาคารสำนักงานสูง 3 ชั้น ประกอบด้วยภาพถ่ายจำนวน 33 ภาพ ชุดข้อมูลขนาดกลางเป็นอาคารสูงจำนวน 11 ชั้น ประกอบด้วยภาพถ่ายจำนวน 104 ภาพ ชุดข้อมูลขนาดใหญ่เป็นอาคารที่พักอาศัยสูง 5 ชั้น ประกอบด้วยภาพถ่ายจำนวน 146 ภาพ แต่ละภาพถ่ายจากบริเวณโดยรอบอาคารโดยต้องมีส่วนทับซ้อนกันบ้าง เพื่อให้โปรแกรมประมวลผล SfM สามารถเชื่อมจุด ขอบ และมุมที่เป็นตำแหน่งเดียวกันของอาคารแต่ต่างรูปกันได้ โดยในแต่ละชุดข้อมูลจะประกอบด้วยภาพต้นฉบับ ภาพที่ลดรายละเอียดลงร้อยละ 20 ของภาพต้นฉบับ ภาพที่ลดรายละเอียดลงร้อยละ 40 ของภาพต้นฉบับ และภาพที่ลดรายละเอียดลงร้อยละ 60 ของภาพต้นฉบับ ตัวอย่างภาพในแต่ละชุดข้อมูลแสดงในรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 7



รูปที่ 5 ตัวอย่างภาพจากชุดข้อมูลขนาดเล็ก



รูปที่ 7 ตัวอย่างภาพจากชุดข้อมูลขนาดใหญ่

2.3 การทดสอบ

ภาพขนาดเดียวกันในแต่ละชุดข้อมูลจะประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape [6] การตั้งค่าความละเอียดในการประมวลผลของภาพจากระนาบ 2 มิติเป็น 3 มิติ ใช้ค่าความละเอียดในการประมวลผลสูงเพื่อให้สามารถจัดเรียงภาพได้อย่างถูกต้องตามสภาพแวดล้อมของการถ่ายภาพจริง และการสร้างพอยต์คลาวด์จากส่วนทับซ้อนภาพต่าง ๆ นั้น ใช้ค่าความละเอียดปานกลางเพื่อลดเวลาประมวลผล

2.4 การวิเคราะห์ผล

จำนวนพอยต์คลาวด์และช่วงเวลาที่ใช้ประมวลผลจากเริ่มจนจบกระบวนการจะถูกเปรียบเทียบในชุดข้อมูลเดียวกันและนำค่าเฉลี่ยระหว่างชุดข้อมูลเพื่อหาผลกระทบจากการลดความละเอียดภาพหนึ่งร้านและค้ายัน ค่าผลการทดลองต่าง ๆ ในแต่ละชุดข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ยจากการประมวลผลจำนวน 3 รอบเพื่อลดผลกระทบจากความผิดพลาดของเครื่องคอมพิวเตอร์

ในกรณีที่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในการจัดทำพอยต์คลาวด์ เช่น โปรแกรมไม่สามารถเชื่อมภาพจากระนาบ 2 มิติบางส่วน ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนภาพ

ส่วนใหญ่ในชุดข้อมูลเป็นระนาบ 3 มิติได้ โดยอาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากการลดความละเอียดภาพ ค่าที่ผิดพลาดนั้นจะไม่ถูกนำมาเฉลี่ยหรือคิดคำนวณในขั้นตอนต่อ ๆ ไป เพื่อหลีกเลี่ยงผลลัพธ์ที่เกิดจากความผิดพลาดเหล่านั้น

3. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของจำนวนพอยต์คลาวด์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 และเวลาที่ใช้ประมวลผลระบบ SfM ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สรุปรายละเอียดจำนวนภาพที่จัดเรียงได้และจำนวนพอยต์คลาวด์ในแต่ละชุดข้อมูล

ชุดข้อมูล	การลดรายละเอียดภาพ (%)	จำนวนภาพที่จัดเรียงได้ (ภาพ)	จำนวนพอยต์คลาวด์ (จุด)	ความแตกต่าง (%)
ชุดข้อมูลที่ 1 จำนวน 33 ภาพ	0	33	1,405,117	0.00
	20	32	928,827	-33.90
	40	33	491,246	-65.04
	60	32	240,021	-82.92
ชุดข้อมูลที่ 2 จำนวน 104 ภาพ	0	104	3,153,453	0.00
	20	104	1,949,762	-38.17
	40	53	468,796	-85.13
	60	53	205,274	-93.49
ชุดข้อมูลที่ 3 จำนวน 146 ภาพ	0	146	4,104,481	0.00
	20	146	2,782,538	-32.21
	40	146	1,523,654	-62.88
	60	146	702,828	-82.88

ตารางที่ 2 สรุปรายละเอียดเวลาที่ใช้ประมวลผลในการทำ SfM ในแต่ละชุดข้อมูล

ชุดข้อมูล	การลดรายละเอียดภาพ (%)	เวลาที่ใช้ประมวลผล (วินาที)	ความแตกต่าง (%)
ชุดข้อมูลที่ 1 จำนวน 33 ภาพ	0	27	0.00
	20	24	-11.11
	40	12	-55.56
	60	7	-74.07
ชุดข้อมูลที่ 2 จำนวน 104 ภาพ	0	158	0.00
	20	131	-17.09
	40	49	-68.99
	60	32	-79.75
ชุดข้อมูลที่ 3 จำนวน 146 ภาพ	0	228	0.00
	20	173	-24.12
	40	118	-48.25
	60	71	-68.86

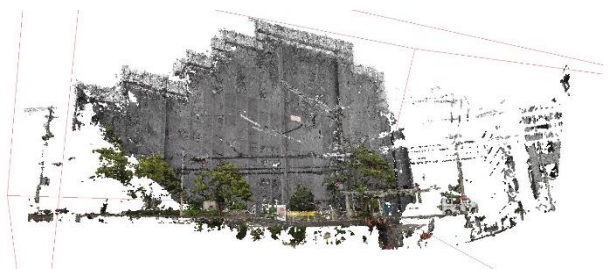
จากตารางที่ 1 พบว่าในภาพรวมถึงแม้ชิ้นส่วนนั่งร้านและค้ำยันจะมีขนาดเล็กและมีผ้าใบคลุมอยู่ทำให้เห็นไม่ชัดเห็นได้อย่างชัดเจน แต่ไม่ส่งผลต่อการใช้วิธี SfM โดยโปรแกรมสามารถเชื่อมโยงภาพถ่ายจากมุมต่าง ๆ เข้าสู่ระบบ 3 มิติเดียวกันได้ ในขณะที่เมื่อลดความละเอียดของภาพลงมีแนวโน้มการเกิดความผิดพลาดในการใช้โปรแกรมจัดทำ SfM จากชุดข้อมูลที่ 1 มีความละเอียดภาพบางส่วนที่ไม่สามารถจัดเรียงภาพทั้งหมดได้ และในชุดข้อมูลที่ 2 เมื่อลดความละเอียดลงร้อยละ 40 และ 60 ของภาพต้นฉบับทำให้ระบบไม่สามารถจัดเรียงภาพได้กว่าครึ่งหนึ่งของทั้งหมด

ในส่วนของจำนวนพอยต์คลาวด์พบว่าแม้จะลดความละเอียดภาพลงร้อยละ 20 ของภาพต้นฉบับ แต่จำนวนพอยต์คลาวด์ที่ได้กลับลดลงถึงร้อยละ 30 ของภาพต้นฉบับและเมื่อลดความละเอียดลงร้อยละ 60 ของภาพต้นฉบับ จำนวนพอยต์คลาวด์ที่ได้ลดลงถึงร้อยละ 80 ของภาพต้นฉบับ อย่างไรก็ตามการเกิดข้อผิดพลาดในการจัดเรียงภาพถ่ายเข้าระบบ 3 มิติในชุดข้อมูลขนาดกลาง ทำให้พอยต์คลาวด์ของชุดข้อมูลผู้ที่ทำการลดความละเอียดภาพลงร้อยละ 40 และ 60 ของภาพต้นฉบับลดลงมากกว่าชุดข้อมูลอื่น ๆ และทำให้ต้องมีการนำออกจากการเฉลี่ยในขั้นตอนต่อไป

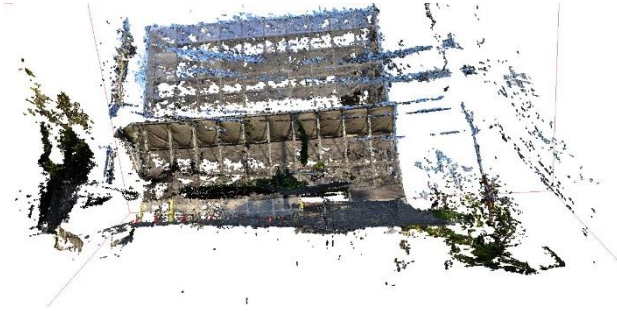
เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับระยะเวลาที่ใช้ประมวลผลวิธี SfM ตั้งแต่เริ่มจัดเรียงภาพสู่ระบบ 3 มิติจนถึงได้รับพอยต์คลาวด์ของข้อมูลพบว่า เมื่อลดความละเอียดภาพในชุดข้อมูลขนาดเล็กลงร้อยละ 20 ของภาพต้นฉบับจะช่วยให้สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ประมวลผลลงได้ร้อยละ 11 ของเวลาที่ใช้ประมวลผลภาพต้นฉบับและลดลงร้อยละ 24 ของเวลาที่ใช้ประมวลผลภาพต้นฉบับในชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ตัวอย่างของพอยต์คลาวด์ที่จัดทำแล้วเสร็จของแต่ละชุดข้อมูลเมื่อประมวลผลด้วยภาพถ่ายต้นฉบับจัดแสดงไว้ในรูปที่ 8 ถึงรูปที่ 10 และรูปที่ 11 แสดงพอยต์คลาวด์ที่ประมวลผลผิดพลาดเนื่องจากการลดขนาดภาพลงร้อยละ 40 ของภาพต้นฉบับในชุดข้อมูลที่ 2



รูปที่ 8 ตัวอย่างพอยต์คลาวด์จากภาพต้นฉบับของชุดข้อมูลที่ 1



รูปที่ 9 ตัวอย่างพอยต์คลาวด์จากภาพต้นฉบับของชุดข้อมูลที่ 2



รูปที่ 10 ตัวอย่างพอยต์คลาวด์จากภาพต้นฉบับของชุดข้อมูลที่ 3



รูปที่ 11 ตัวอย่างพอยต์คลาวด์ที่ประมวลผลผิดพลาดจากภาพที่ลดรายละเอียดลงร้อยละ 40 ของภาพต้นฉบับของชุดข้อมูลที่ 2

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในบทที่ 3 สามารถนำค่าในแต่ละการลดรายละเอียดภาพมาเฉลี่ยและสรุปผลการทดลองได้ดังแสดงในตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามค่าที่ได้จากการลดรายละเอียดลงร้อยละ 40 และ 60 ของภาพต้นฉบับของชุดข้อมูลขนาดกลางไม่ถูกนำมาเฉลี่ยด้วยเนื่องจากเกิดความผิดพลาดในการจัดเรียงภาพ และอาจส่งผลให้ข้อมูลที่ได้เบี่ยงเบนจากความเป็นจริง

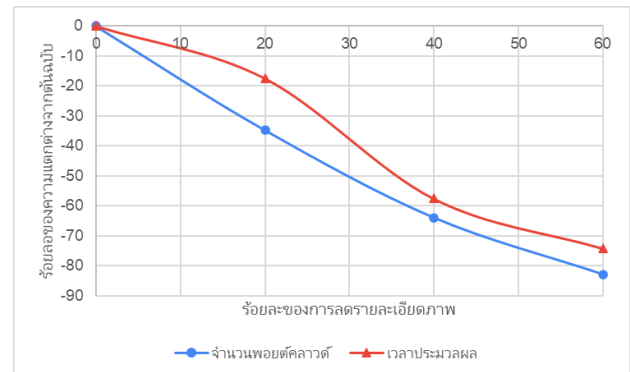
ตารางที่ 3 สรุปรายละเอียดผลกระทบของการลดรายละเอียดภาพต่อความแตกต่างของจำนวนพอยต์คลาวด์และเวลาประมวลผล

การลดรายละเอียดภาพ (%)	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของจำนวนพอยต์คลาวด์ (%)	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของเวลาประมวลผล (%)
0	0.00	0.00
20	-34.76	-17.44
40	-63.96	-57.60
60	-82.90	-74.23

จากตารางที่ 3 จะพบว่า เมื่อลดรายละเอียดภาพลงจะทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนพอยต์คลาวด์และระยะเวลาที่ใช้ประมวลผลลดลง เนื่องจากโปรแกรมจัดทำ SfM ตรวจพบจุด ขอบ และมุมในภาพถ่ายน้อยลง ทำให้ไม่สามารถจับคู่ภาพที่มีส่วนที่เหมือนกันได้มากเช่นเดิม ส่งผลให้เกิดปัญหาต่อการจัดเรียงภาพจากระนาบ 2 มิติสู่ระนาบ 3 มิติที่นำมาสร้างพอยต์คลาวด์ต่อไป โดยอัตราของจำนวนพอยต์คลาวด์ที่ลดลงนั้นมากกว่าอัตราการลดความละเอียดของภาพอีกด้วย และเมื่อมีจุด ขอบ และมุมให้โปรแกรมตรวจสอบความเหมือนกันระหว่างภาพน้อยลงจึงทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลสั้น สำหรับแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระหว่างร้อยละการลด

รายละเอียดภาพต่อจำนวนพอยต์คลาวด์และเวลาประมวลผลแสดงดังรูปที่ 12

แม้การลดรายละเอียดภาพจะทำให้จำนวนพอยต์คลาวด์ที่ลดลง แต่ก็ส่งผลกระทบต่อโปรแกรม จากรูปที่ 13 พบว่าพอยต์คลาวด์ที่ประมวลผลจากภาพที่ลดรายละเอียดลงมีความหนาแน่นของพอยต์คลาวด์น้อยลงอย่างมาก แต่ภาพที่ออกมาโดยรวมยังสามารถแสดงให้เห็นได้ว่าในสถานที่ก่อสร้างจริง ๆ นั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร ซึ่งหากการตรวจสอบที่ไม่จำเป็นต้องพิจารณาชิ้นส่วนเล็ก ๆ อย่างโครงสร้างของนั่งร้านและค้ำยัน ผู้ตรวจสอบอาจเลือกภาพที่มีความละเอียดน้อยลงเพื่อให้ประมวลผลได้เร็วขึ้น เช่น การตรวจสอบความก้าวหน้าของการตั่งนั่งร้านและค้ำยันว่าติดตั้งแล้วเสร็จหรือไม่ หรือรูปร่างหน้าตาของนั่งร้านค้ำยันในช่วงเวลาที่ถ่ายภาพเป็นอย่างไร เป็นต้น ซึ่งการลดรายละเอียดภาพลงร้อยละ 60 ของภาพต้นฉบับสามารถทำให้ลดระยะเวลาประมวลผลลงได้ถึงร้อยละ 74 ของเวลาที่ใช้ประมวลผลภาพต้นฉบับหรือกว่า 3 ใน 4 ของช่วงเวลาที่ต้องใช้เพื่อประมวลผลภาพต้นฉบับ

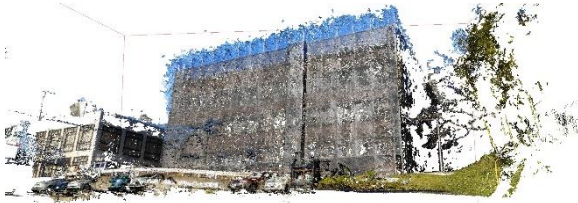


รูปที่ 12 แผนภูมิเปรียบเทียบร้อยละของการลดรายละเอียดภาพต่อร้อยละความแตกต่างของจำนวนพอยต์คลาวด์และเวลาประมวลผล

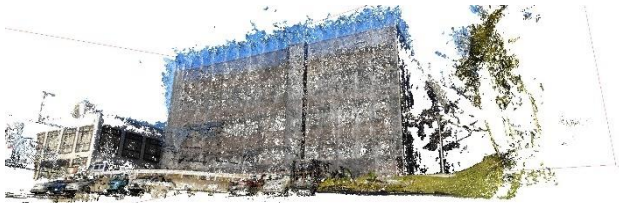
5. สรุปผล

นั่งร้านและค้ำยันมีส่วนสำคัญในการช่วยสนับสนุนงานก่อสร้างในที่สูง แต่กลับได้รับความสำคัญไม่มากนักและมักถูกละเลยจากผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุระหว่างการทำงานได้ การตรวจนั่งร้านและค้ำยันในปัจจุบันยังคงให้ผู้ตรวจสอบเดินทางไปยังสถานที่ก่อสร้างเพื่อตรวจสอบด้วยตนเอง ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิตของผู้ตรวจสอบ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการพิจารณาทางเลือกอื่น ๆ ในการตรวจสอบนั่งร้านและค้ำยัน

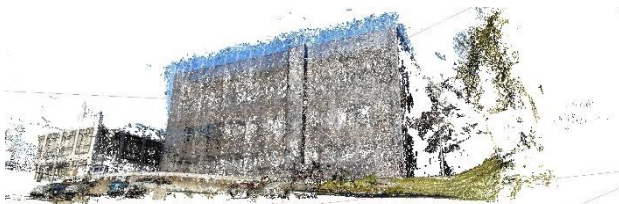
ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ได้พัฒนาเป็นอย่างมาก โดยมีเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถนำมาช่วยในการตรวจสอบนั่งร้านและค้ำยันจากภายนอกได้ ซึ่งก็คือเทคโนโลยี SfM โดยการถ่ายภาพจากสถานที่ก่อสร้างจริงแบบ 2 มิติมาประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างพอยต์คลาวด์ 3 มิติ โดยพิจารณาจากส่วนทับซ้อนกันของภาพถ่ายแต่ละรูป อย่างไรก็ตามยังไม่มีแนวทางเกี่ยวกับความละเอียดของภาพต่อการใช้ SfM กับการตรวจสอบนั่งร้านและค้ำยัน



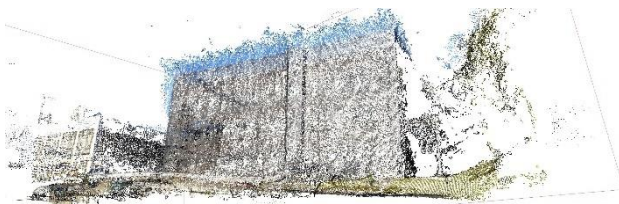
ก. พอยต์คลาวด์จากการประมวลผลภาพต้นฉบับ



ข. พอยต์คลาวด์จากการประมวลผลภาพที่ลดรายละเอียดลงร้อยละ 20 จากภาพต้นฉบับ



ค. พอยต์คลาวด์จากการประมวลผลภาพที่ลดรายละเอียดลงร้อยละ 40 จากภาพต้นฉบับ



ง. พอยต์คลาวด์จากการประมวลผลภาพที่ลดรายละเอียดลงร้อยละ 60 จากภาพต้นฉบับ

รูปที่ 13 ตัวอย่างพอยต์คลาวด์จากการประมวลผลภาพความละเอียดต่าง ๆ ในชุดข้อมูลที่ 1

จากการทดลองพบว่าสามารถใช้เทคโนโลยี SfM กับนั่งร้านและค้ำยันที่ประกอบด้วยโครงสร้างชิ้นส่วนขนาดเล็กและมีผ้าใบคลุมโครงสร้างดังกล่าวไว้ โดยที่ผ้าใบแต่ละผืนมีรายละเอียดไม่แตกต่างกันมากได้ แต่หากจำเป็นต้องตรวจสอบนั่งร้านและค้ำยันโดยละเอียด ควรเลือกใช้ภาพถ่ายที่มีความละเอียดสูงที่สุดเพื่อให้ได้พอยต์คลาวด์จำนวนมากที่สุด และเห็นรายละเอียดของนั่งร้านค้ำยันได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามหากผู้ตรวจสอบต้องการเพียงตรวจสอบความก้าวหน้างานของการติดตั้งนั่งร้านและค้ำยันโดยไม่พิจารณารายละเอียดของส่วนประกอบนั่งร้านและค้ำยันมากนัก ผู้ตรวจสอบอาจเลือกใช้ภาพถ่ายที่มีความละเอียดน้อยลงเพื่อให้ประมวลผลข้อมูลได้เร็วขึ้น เช่น การใช้ภาพถ่ายที่มีความละเอียดภาพประมาณ 1,600x1,200 พิกเซล จะสามารถลดระยะเวลาประมวลผลจากภาพต้นฉบับที่มี

ความละเอียดภาพ 4,302x3,024 พิกเซลได้ถึงร้อยละ 74 ของเวลาที่ใช้ประมวลผลทั้งหมดเนื่องจากใช้ทรัพยากรในการประมวลผลน้อยลง ในขณะที่ยังคงสามารถเห็นภาพรวมของโครงสร้างนั่งร้านและค้ำยันในสถานที่จริงได้

ข้อเสนอแนะของงานวิจัยคือ หากต้องการใช้ภาพที่มีความละเอียดต่ำลงในการสร้างพอยต์คลาวด์ด้วยวิธี SfM ผู้จัดทำพอยต์คลาวด์ควรพิจารณาให้มีส่วนทับซ้อนระหว่างภาพถ่ายให้มากขึ้น มิฉะนั้นอาจทำให้การจัดเรียงภาพถ่ายในระนาบ 3 มิติ มีความผิดพลาดดังเช่นที่พบได้ในชุดข้อมูลที่ 2 ซึ่งโปรแกรมสามารถจัดเรียงภาพในระนาบ 3 มิติได้เพียงครั้งเดียว

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kim, K., Cho, Y. K., and Kim, K. (2018). BIM-Based Decision-Making Framework for Scaffolding Planning. *Journal of Management in Engineering*, 34(6), doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000656.
- [2] Hou, L., Zhao, C., Wu, C., Moon, S., and Wang, X. (2017). Discrete Firefly Algorithm for Scaffolding Construction Scheduling. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 31(3), pp. 1–15, doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000639.
- [3] Kim, J., Chung, D., Kim, Y., and Kim, H., (2022). Deep learning-based 3D reconstruction of scaffolds using a robot dog. *Automation in Construction*, 134(November), p. 104092, doi: 10.1016/j.autcon.2021.104092.
- [4] Ullman, S. (1979). The Interpretation of Structure From Motion. *Proceedings of the Royal Society of London*, 203(1153), pp. 405–426, doi: <https://doi.org/10.1098/rspb.1979.0006>.
- [5] Guillet, G., Guillet, T., and Ravel, L. (2020). Camera orientation, calibration and inverse perspective with uncertainties: A Bayesian method applied to area estimation from diverse photographs. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 159(February), pp. 237–255, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2019.11.013.
- [6] Agisoft LLC. (2019). *Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition Version 1.6*, https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_6_en.pdf (accessed Jan. 05, 2020).