บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้เป็นการหาความเหมาะสมของการใช้กล้องถ่ายภาพดิจิตอลในการวัดแบบจำลองรถยนต์ โดยกล้องถ่ายภาพที่ใช้เป็นกล้องถ่ายภาพดิจิตอล โกดัก ดีเอ็กซ์ 3900 ขยาย ซึ่งเป็นกล้องถ่ายภาพดิจิตอลแบบทั่วไปมิได้ถูกสร้างขึ้นมาใช้สำหรับงานรังวัดทางภาพถ่าย ความสามารถในการใช้กล้องถ่ายภาพดิจิตอลที่มีอยู่อย่างทั่วไปสำหรับการวัดแบบจำลองจึงมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการสร้างแบบจำลองอย่างมาก ความเหมาะสมในการใช้กล้องดิจิตอลในการวัดแบบจำลองรถยนต์นี้พิจารณาความถูกต้องทางตำแหน่งของจุดบนแบบจำลอง จากค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเปรียบเทียบกับแบบจำลองรถยนต์ที่ได้จากการวัดด้วยกล้องประมวลผลรวม ด้วยวิธีการวัดแบบเส็งสกัดที่ให้แบบจำลองที่มีความถูกต้องทางตำแหน่งสูงกว่าการวัดด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอล

ตัวแปรที่กำหนดขึ้นเพื่อการหาความเหมาะสมของการใช้กล้องถ่ายภาพดิจิตอลในการวัดแบบจำลองรถยนต์ได้แก่ ลักษณะของการถ่ายภาพ , มาตราส่วนภาพถ่าย และจำนวนจุดควบคุมภาพถ่าย โดยคำนึงถึงคุณภาพทั้งในเชิงความถูกต้องทางตำแหน่งและการสะดวกในการวัดแบบจำลองรถยนต์ ข้อมูลภาพถ่ายดิจิตอลที่ได้จากการถ่ายภาพในสนามขนาด 3.1 ล้านจุดภาพ (2160 x 1440) ทำการวัดสอบกล้องด้วยโปรแกรม Camera Calibrator 4.0 ทำการวัดแบบจำลองและประมวลผลด้วยโปรแกรม PhotoModeler ProO4.0 ทดสอบการสร้างพื้นผิวของแบบจำลองในลักษณะการวัดแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยการฉายลวดลายลงบนพื้นผิวแบบจำลอง

ลักษณะการถ่ายภาพซึ่งกำหนดเป็นตัวแปรที่ใช้ในการหาความเหมาะสมของการวัดแบบจำลองรถยนต์นั้นกำหนด 3 รูปแบบ คือ แกนทัศน์ขนานกันและมีส่วนซ้อนร้อยละ 60 , แกนทัศน์ขนานกันและมีส่วนซ้อนร้อยละ 80 และลักษณะการถ่ายภาพที่แกนทัศน์ทแยงเข้าหากัน ตามมาตราส่วนภาพถ่ายต่างๆกัน ซึ่งกำหนดด้วยระยะห่างของการถ่ายภาพที่ 2.0 , 2.5 , 3.0 , 3.5 , 4.0 , 4.5 และ 5.0 เมตรตามลำดับ เป็นแบบจำลองรถยนต์ด้วยภาพถ่ายทั้งสิ้น 21 แบบจำลอง

จำนวนจุดควบคุมภาพถ่ายที่ใช้ในการประมวลผลแบบจำลองในงานวิจัยนี้เริ่มต้นที่ 23 จุดควบคุม ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกันในทุกๆแบบจำลองแล้วพิจารณาแบบจำลองที่ให้ความเหมาะสมในเชิงตำแหน่งดีที่สุดจากค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย สำหรับการวิเคราะห์การเพิ่มจำนวนของจุดควบคุมภาพถ่ายที่ใช้ในการประมวลผลแบบจำลองรถยนต์จากจำนวน 23 จุดควบคุม

เป็น 35 จุดควบคุม โดยพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและค่าความละเอียดถูกต้องในการวัดแบบจำลองด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอล

การสร้างพื้นผิวของแบบจำลองด้วยการฉายลวดลายของจุดสัญญาณ พิจารณาความคลาดเคลื่อนของระยะระหว่างจุดตรวจสอบจำนวน 8 จุด จากระยะบนแบบจำลองพื้นผิวกับระยะทางบนพื้นผิวจริงที่วัดด้วยเวอร์เนียร์ในระดับความละเอียดเป็น 0.05 มิลลิเมตร และพื้นผิวชิ้นส่วนรถยนต์จริงด้วยการวัดและการประมวลผลแบบจำลองพื้นผิวในลักษณะกึ่งอัตโนมัติอาศัยการทำงานบนโปรแกรม Photo Modeler Pro4.0 ในการสร้างแบบจำลองพื้นผิว

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

ด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอลที่ใช้ในงานวิจัยเป็นกล้องถ่ายภาพดิจิตอลแบบทั่วไป จำเป็นต้องทำการวัดสอบกล้องถ่ายภาพทุกครั้งก่อนการทำการวัดแบบจำลอง จากข้อมูลการวัดสอบกล้องถ่ายภาพที่ได้ ค่าความยาวโฟกัสของกล้องถ่ายภาพมีความแปรปวนในช่วง 6.4 ถึง 6.6 มิลลิเมตร ซึ่งอาจมีขนาดมากขึ้นเมื่อมีการใช้งานกล้องถ่ายภาพดิจิตอลนั้นไปนานๆ และในส่วนของความบิดเบี้ยวของเลนส์ก็เช่นกัน ดังนี้สาเหตุอาจเกิดจากความไม่มีเสถียรภาพของในเชิงเรขาคณิตของกล้องถ่ายภาพแบบทั่วไป

5.1.1 ความเหมาะสมในเชิงตำแหน่งของแบบจำลองรถยนต์

พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Average Error) ของแบบจำลองปรากฏว่าแบบจำลองที่ 15 ซึ่งมีลักษณะการถ่ายภาพแบบแกนทัศน์ทแยงเข้าหากันและระยะห่างของการถ่ายภาพเป็น 2.0 เมตร จำนวนภาพถ่าย 24 ภาพ มาตราส่วนภาพถ่ายประมาณ 1 : 308 ความยาวโฟกัส 6.110 มิลลิเมตร จุดควบคุมภาพถ่าย 23 จุดควบคุมในบริเวณขอบและส่วนกลางของวัตถุมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเป็น 0.0049 , 0.0040 , 0.0028 และ 0.0069 เมตรในทิศทาง X , Y , Z และในทิศทางรวมตามลำดับ หรือมีค่าเป็น 1/407 , 1/505 , 1/725 และ 1/290 เมื่อแสดงในรูปของสัดส่วนของระยะห่างเปิดถ่าย ระดับความละเอียดถูกต้องของการวัดแบบจำลองรถยนต์เป็น 0.0261, 0.0259, 0.0306 และ 0.0478 เมตรในทิศทาง X , Y , Z และในทิศทางรวมตามลำดับ

5.1.2 ความเหมาะสมของจำนวนจุดควบคุมภาพถ่าย

แนวโน้มของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ลดลงที่เป็นผลจากจำนวนจุดควบคุมภาพถ่ายที่มากขึ้น ในการประมวลผลแบบจำลองรถยนต์ที่ 15 จำนวนจุดควบคุมตั้งแต่ 29 จุดควบคุมขึ้นไปให้ผลลัพธ์ของความถูกต้องของแบบจำลองเริ่มคงที่ ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเป็น 0.0036 , 0.0038 , 0.0020 และ 0.0056 เมตรในทิศทาง X , Y , Z และในทิศทางรวมตามลำดับ ระดับความละเอียดถูกต้องของการวัดแบบจำลองที่ 0.0243, 0.0235, 0.0272 และ 0.0433 เมตรใน

ทิศทาง X , Y , Z และในทิศทางรวมตามลำดับ สำหรับจำนวนจุดควบคุมที่ที่เหมาะสมในการวัดแบบจำลองรถยนต์ตามเงื่อนไขของแบบจำลอง c d2.0 เป็นจำนวน 29 จุดควบคุม

5.1.3 ความเหมาะสมของลักษณะการถ่ายภาพ

ลักษณะของการถ่ายภาพและมาตราส่วนภาพถ่ายมีผลต่อพื้นที่ของวัตถุที่ปรากฏบนภาพถ่าย ซึ่งมีผลโดยตรงต่อระดับความถูกต้องและความสามารถในการประมวลผลแบบจำลอง ลักษณะของการถ่ายภาพที่ใช้แกนทัศน์ของกล้องถ่ายภาพทแยงเข้าหากันมีความเหมาะสมทั้งในเชิงเรขาคณิตของการตัดกันของลำแสงและปริมาณของพื้นที่ที่ปรากฏบนภาพถ่าย แบบจำลองที่ 15 มีลักษณะการถ่ายภาพแบบแกนทัศน์ของกล้องถ่ายภาพทแยงเข้าหากัน ระยะห่างของการถ่ายภาพที่ 2.0 เมตรมีพื้นที่ของรถยนต์ปรากฏบนภาพถ่ายเฉลี่ยเป็นร้อยละ 61.40 โดยพื้นที่ของวัตถุที่ต้องการสร้างแบบจำลองบนภาพถ่ายเฉลี่ยแล้วน้อยกว่าร้อยละ 35 มีโอกาสสูงที่จะไม่สามารถประมวลผลแบบจำลองนั้นได้ เมื่อพิจารณาจากค่าพิกัดภาพถ่ายของจุดรังวัดร่วมในแต่ละภาพค่าที่ได้จะรวมตัวกันอยู่ในกลุ่มแคบๆ

5.1.4 ความเหมาะสมของการสร้างแบบจำลองพื้นผิว

การสร้างแบบจำลองพื้นผิวด้วยการฉายลวดลายของจุดสัญญาณลงบนผิวของชิ้นส่วนที่ต้องการสร้างแบบจำลองพื้นผิวนั้น สำหรับโปรแกรม PhotoModeler Pro4.0 แล้วสามารถกระทำได้ในลักษณะกึ่งอัตโนมัติ ด้วยการกำหนดตำแหน่งของจุดสัญญาณ , การอ้างอิงจุดสัญญาณ และการสร้างพื้นผิวเป็นอัตโนมัติ รูปแบบการสร้างแบบจำลองพื้นผิวแบบกึ่งอัตโนมัตินี้ความถูกต้องของแบบจำลองเป็นไปตามมาตราส่วน คุณภาพของแสงเงา และจุดรังวัดที่ใช้ในการประมวลผลองค์ประกอบภายนอกของภาพถ่าย ระดับความละเอียดถูกต้องของแบบจำลองพื้นผิวด้วยวิธีการนี้อยู่ในระดับเซนติเมตร ขึ้นอยู่กับระดับความละเอียดถูกต้องของจุดควบคุมรวมทั้งจำนวนของจุดควบคุมที่ใช้ในการปรับแก้บล็อกลำแสงภาพถ่าย ซึ่งจำนวนของจุดควบคุมสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามขนาดของชิ้นส่วนที่นำมาสร้างแบบจำลองพื้นผิว

การวัดแบบจำลองพื้นผิวอย่างละเอียด เป็นการเพิ่มความหนาแน่นของจุดรังวัดบนภาพถ่ายเพื่อลดช่องว่างระหว่างจุดรังวัดเดิมซึ่งใช้ในการปรับแก้บล็อกลำแสงจากระยะประมาณ 30 เซนติเมตร ลดลงเหลือเพียง 1 เซนติเมตร หรือน้อยกว่านั้นขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นผิวและมาตราส่วนภาพถ่าย ซึ่งเป็นขั้นตอนของการสร้างให้แบบจำลองรถยนต์ที่มีอยู่มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

5.1.5 เวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

เวลาเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการเลือกใช้กล้องถ่ายภาพดิจิตอลในการวัดแบบจำลองรถยนต์ ทั้งนี้เนื่องจากความได้เปรียบเรื่องต้นทุนการวัดแบบจำลองข้อได้เปรียบอีกประการ

ก็คือระยะเวลาที่ใช้ในการวัดแบบจำลอง โดยระยะเวลาในการวัดแบบจำลองรถยนต์นั่งที่ใช้ในงานวิจัยเป็นดังตารางที่ 5.1

รายละเอียด	แบบจำลองรถยนต์ด้วยการเล็งสกัด	แบบจำองรถยนต์ด้วยภาพถ่ายดิจิตอล	แบบจำลองพื้นผิวชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยภาพถ่ายดิจิตอล
เครื่องมือ	Total Station	Digital Camera	Digital Camera
การทำงานของโปรแกรม	Manual	Manual	Semi Automatic
จำนวนภาพถ่าย	0	24	4-6
เวลาในการสร้างจุดควบคุม	24-36 ชม.	2-3 ชม.	1 ชม.
เวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพ	-	1 ชม.	0.5 ชม.
เวลาในการปรับแก้บล็อกลำแสง	-	12 ชม.	1 ชม.
เวลาที่ใช้ในการเขียนรายละเอียด	-	2-4 ชม.	1-2 ชม.
เวลารวมในการสร้างแบบจำลอง	24-36 ชม.	17-20 ชม.	3-4 ชม.

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบเวลาในการวัดแบบจำลองรถยนต์

5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย

5.2.1 จุดสัญญาณ

ขนาดของจุดสัญญาณที่ใช้ในการทำวิจัยนี้กำหนดด้วยขนาดเล็กสุดที่ต้องการที่ระยะห่าง 5.0 เมตร และขนาดของซีซีดีของกล้องถ่ายภาพที่ใช้ในงานวิจัย มิได้ออกแบบเพื่อใช้กับระยะห่างที่มากกว่าหรือน้อยกว่านั้นอาจมีผลต่อความถูกต้องทางตำแหน่งได้ ขนาดของซีซีดีของกล้องถ่ายภาพเป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบขนาดของจุดสัญญาณนั้น เปลี่ยนแปลงตามรุ่นและยี่ห้อของกล้องถ่ายภาพนั้นๆ ขนาดเล็กสุดที่เหมาะสมของจุดสัญญาณควรมากกว่าทฤษฎีเล็กน้อย สำหรับการวัดแบบจำลองรถยนต์ในสนามที่ไม่สามารถควบคุมปริมาณของแสงเงาได้

5.2.2 กล้องถ่ายภาพดิจิตอล

กล้องถ่ายภาพดิจิทัลที่มีอยู่ในท้องตลาดมีความสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวัดแบบจำลองได้นั้น ขึ้นอยู่กับการสามารถหาองค์ประกอบภายในของกล้องถ่ายภาพดิจิตอลได้หรือไม่ (อาศัยโปรแกรม Camera Calibrator 4.0) ทั้งนี้ค่าตัวแปรบางค่าผู้ผลิตมิได้แจ้งอยู่ในคู่มือการใช้หรือรายการคุณสมบัติ สำหรับกล้องถ่ายภาพที่ประกอบด้วยเลนส์ขยายในการถ่ายภาพเพื่อใช้ในการวัดแบบจำลองใดๆมีความจำเป็นที่ต้องใช้ค่าความยาวโฟกัสคงที่เสมอ

5.2.3 คุณภาพของภาพถ่ายดิจิตอล

ภาพถ่ายดิจิตอลเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวัดแบบจำลอง ระดับคุณภาพของภาพถ่ายย่อมมีผลต่อการกำหนดตำแหน่งจุดสัญญาณบนภาพถ่าย ภาพถ่ายที่มีคุณภาพย่อมแสดงจุดสัญญาณที่ชัดเจนและมีพื้นหลังเป็นสีดำ ซึ่งได้จากการถ่ายภาพโดยใช้แฟลซซึ่งจะทำให้จุดสัญญาณชัดเจนแต่ทั้งนี้จำเป็นต้องพิจารณาพื้นผิวของวัตถุที่ต้องการสร้างแบบจำลองเช่นกัน เนื่องจากวัสดุผิวมันจะสะท้อนกับแสงทำให้ข้อมูลภาพในบางส่วนหายไป ในส่วนของการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายดิจิตอลนั้นสามารถทำได้เพียงการเพิ่มลดความสว่างเท่านั้น โดยในส่วนอื่นๆจะมีผลต่อการเคลื่อนของตำแหน่งจุดสัญญาณ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการวัดแบบจำลองรถยนต์ด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอลนั้น ภาพถ่ายเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวัดแบบจำลองโดยตรงผ่านการบันทึกข้อมูลด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอล ทั้งสองส่วนมีผลต่อความถูกต้องทางตำแหน่งของแบบจำลองทั้งสิ้น องค์ประกอบอื่นๆของขึ้นอยู่กับ สีของรถยนต์ , ขนาดของรถยนต์ , ขนาดของจุดสัญญาณ และปัจจัยแวดล้อมขณะถ่ายภาพ โดยคำนึงถึงหลักการทางทฤษฎีประกอบกับคุณภาพเชิงทัศน์ของภาพถ่ายเป็นสำคัญ

การวัดแบบจำลองรถยนต์หรือแบบจำลองอื่นๆที่มีขนาดใกล้เคียงกันเพื่อการตรวจสอบการทรุดตัวนั้น โดยปกติไม่มีความจำเป็นที่ต้องสร้างแบบจำลองของรถยนต์ทั้งคัน สามารถทำการสร้างแบบจำลองเฉพาะในส่วนที่ต้องการวิเคราะห์ได้ เพื่อลดทอนจำนวนภาพถ่ายและจุดควบคุมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและลดค่าใช้จ่ายลง สำหรับแบบจำลองรถยนต์ที่มีความละเอียดถูกต้องในระดับเซนติเมตร สามารถนำไปใช้ได้ในธุรกิจประกันอุบัติเหตุเกี่ยวกับสภาพของรถยนต์ที่ถูกชน สำหรับการหาความเหมาะสมของการใช้กล้องดิจิตอลในการวัดแบบจำลองรถยนต์เป็นการสร้างแบบจำลองที่ใช้ต้นทุนต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองด้วยวิธีอื่นๆในระดับความถูกต้องเดียวกัน

การประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลแบบจำลองรถยนต์หรือแบบจำลองอื่นๆสามารถแสดงในรูปแบบของแฟ้ม DXF, 3ds, VRML หรือรูปแบบอื่น ซึ่งเป็นการนำข้อมูลของแบบจำลองที่มีความละเอียดถูกต้องระดับเซนติเมตรไปใช้ในการวิเคราะห์และใช้ประโยชน์ต่อไป