บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 คำนำ

ในงานวิจัยนี้เป็นการรังวัดด้วยภาพถ่ายเชิงเลข โดยต้องใช้อุปกรณ์ในการรังวัดหาข้อมูลภาพถ่ายเชิงเลข คือ กล้องถ่ายภาพดิจิทัล งานวิจัยได้ใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีซี 240 ขยาย ซึ่งเป็นกล้องแบบทั่วไป มีขายอยู่ตามท้องตลาด โดยไม่ได้ออกแบบมาสำหรับการรังวัดในงานสำรวจ การจะนำกล้องชนิดนี้ไปทำการหาข้อมูลจำเป็นจะต้องทำการวัดสอบ เพื่อหาคุณลักษะของกล้องถ่ายภาพ การวัดสอบกล้องถ่ายภาพ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ สนามวัดสอบ กล้องถ่ายภาพดิจิทัล และการเขียนการคำนวณวิเคราะห์ หาองค์ประกอบของกล้องถ่ายภาพ

สนามวัดสอบ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ สนามวัดสอบที่ทราบจุดควบคุมทางราบ (X,Y,Z=0) และสนามวัดสอบที่ทราบจุดควบคุมทางราบและทางดิ่ง(X,Y,Z=5,10,15,20 เซนติเมตร) ความสูงของแท่งไม้ใช้วิธีการตัดด้วยเครื่องตัดไม้ ซึ่งสามารถตัดได้ละเอียดในระดับมิลลิเมตร ค่าพิกัดของจุดควบคุมภาพถ่ายจะต้องทราบค่าและให้ความถูกต้องในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สนามวัดสอบจะต้องมีส่วนสัมพันธ์กับภาพถ่ายและตำแหน่งของการถ่ายภาพ

กล้องถ่ายภาพดิจิทัล เป็นอุปกรณ์สำหรับการได้มาซึ่งข้อมูลภาพถ่ายเชิงเลข สิ่งที่สนใจในตัวกล้องดิจิทัล คือ ภาพถ่ายเชิงเลข และการจัดภาพภายในของตัวกล้องถ่ายภาพดิจิทัล การถ่ายภาพจะต้องทำการถ่ายรอบทิศทางของสนามวัดสอบ เพื่อดูลักษณะความเพี้ยนของเลนส์ และจะต้องมีข้อมูลเพียงพอกับการคำนวณปรับแก้หาค่าองค์ประกอบการจัดภาพ ภาพถ่ายเชิงเลขที่ได้เมื่ออยู่ในระบบพิกัดเครื่องคอมพิวเตอร์ จะต้องทำการแปลงระบบพิกัดให้อยู่ในระบบพิกัดภาพถ่าย ซึ่งจะต้องออกจากจุดศูนย์กลางภาพถ่ายเสมอ

การเขียนการคำนวณวิเคราะห์ผลลัพธ์ใช้ วิธีการวัดสอบตนเอง(Self-Calibration) คือ การคำนวณการปรับแก้ข่ายสามเหลี่ยมที่มีการจำลองแบบพารามิเตอร์ต่างๆ ให้อยู่ในรูปทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีอยู่ 2 สมการที่ใช้คือ สมการสภาวะร่วมเส้น และสมการโพลิโนเมียลที่เป็นสมการเพิ่มในรูปแบบจำลอง การคำนวณปรับแก้จะได้ค่าความละเอียดถูกต้องของตัวแปรในแบบจำลอง การเขียนการคำนวณตรวจสอบค่าพิกัดโดยวัดค่าพิกัดจากภาพถ่าย เพื่อเพิ่มความมั่นใจของตัวแปรที่คำนวณได้

5.2 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การวัดสอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีซี 240 ขยาย สามารถหาค่าองค์ประกอบการจัดภาพทั้งหมด ค่าองค์ประกอบการจัดภาพภายในที่สำคัญคือ ค่าความยาวโฟคัส โดยการวัดสอบกล้องถ่ายภาพในสภาวะทันทีเมื่อเปิดกล้องถ่ายภาพขึ้น ค่าจุดมุขยสำคัญ เป็นระยะเลื่อนออกของพิกัดภาพถ่ายจากศูนย์กลางภาพถ่าย และลักษณะความผิดเพี้ยนของเลนส์ จากการวัดสอบกล้องถ่ายภาพบนสนามวัดสอบที่มีความแตกต่างกันออกไปทำให้ค่าองค์ประกอบการจัดภาพภายใน มีความแตกต่างไปด้วย

5.2.1. ค่าความยาวโฟคัส เป็นระยะจากศูนย์กลางของเลนส์ไปหาจุดที่แสงรวมกัน จากการวัดสอบกล้องถ่ายภาพ โกดัก ดีซี 240 ขยาย บนสนามวัดสอบที่แตกต่างกับ 5 รูปแบบ และรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณทั้งหมด 3 รูปแบบจำลองผล ดังตารางที่ 4.1 และกราฟแสดงรูปภาพที่ 4.1 สรุปผลค่าความยาวโฟคัสอยู่ระหว่าง 6.161 ถึง 6.411 มิลลิเมตรในรูปแบบจำลองที่ 1 , 5.681 ถึง 6.182 มิลลิเมตรในรูปแบบจำลองที่ 2 และ 5.678 ถึง 6.167 มิลลิเมตรในรูปแบบจำลองที่ 3

5.2.2. ค่าจุดมุขยสำคัญ เป็นค่าระยะเลื่อนออกของพิกัดภาพถ่ายจากศูนย์กลางภาพถ่าย การถ่ายภาพในสภาวะการวัดสอบทันทีเมื่อเปิดกล้องถ่ายภาพ โดยการถ่ายภาพบนสนามวัดสอบที่แตกต่างกันไป 5 รูปแบบจนเสร็จ รูปแบบจำลองที่ใช้คำนวณหา เป็นรูปแบบจำลองที่ 2 และรูปแบบจำลองที่ 3 ค่าจุดมุขยสำคัญจะมีการเลื่อนในลักษณะเดียวกัน ดังตารางที่ 4.2 และกราฟแสดงรูปภาพที่ 4.2 สรุปผลค่าจุดมุขยสำคัญ xo = -0.0943 ถึง -0.1190, yo = -0.5260 ถึง -0.1160 มิลลิเมตรในรูปแบบจำลองที่ 2 และ xo = -0.0667 ถึง 0.0185 , yo = -0.0429 ถึง 0.1090 มิลลิเมตรในรูปแบบจำลองที่ 3

5.2.3. ค่าพารามิเตอร์ความผิดเพี้ยนของเลนส์ เป็นค่าตัวแปรที่คำนวณได้ในรูปแบบจำลองที่ 3 และในแต่ละสนามวัดสอบ ซึ่งจะต้องนำไปคำนวณหาค่าความผิดเพี้ยนของเลนส์ ดังตารางที่ 4.4,4.5,4.6,4.7,4.8 และกราฟความผิดเพี้ยนในแนวรัศมีที่ 4.3,4.5,4.7,4.9,4.11 และกราฟความผิดเพี้ยนในแนวเส้นตั้งฉากที่ 4.4,4.6,4.8,4.10,4.12 สรุปผลค่าพารามิเตอร์ความเพี้ยนเลนส์ตามแนวรัศมี k1 อยู่ในช่วง 10^{-3} และ k2 อยู่ในช่วง 10^{-8} ซึ่งมีความแปรปรวนมาก และค่าพารามิเตอร์ความเพี้ยนเลนส์ตามแนวเส้นตั้งฉาก p1 , p2 มีค่าเปลี่ยนแปลงมากเกินไป

5.2.4. การตรวจสอบค่าพิกัด เพื่อเพิ่มความมั่นใจขององค์ประกอบที่คำนวณได้ทั้งหมด ใช้วิธีการคำนวณย้อนกลับไปหาค่าพิกัดบนสนามวัดสอบ โดยประมาณค่าเริ่มต้นของจุดตรวจสอบในสนามออกจากจุดศูนย์ของสนามวัดสอบทั้งหมด ในแต่ละสนามวัดสอบและรูปแบบจำลอง สามารถคำนวณได้ความถูกต้องตามตารางที่ 4.9,4.10,4.11,4.12,4.13 สรุปผล เศษเหลือสูงสุด 1.02 มิลลิเมตรส่วนเบี่ยง

เบนมาตราฐาน ±0.233 มิลลิเมตรในมาตราส่วนภาพถ่าย 1:50 ระยะถ่ายภาพ 0.30 เมตร เศษเหลือสูงสุด 0.77 มิลลิเมตรส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ±2.877 มิลลิเมตรในมาตราส่วนภาพถ่าย 1:100 ระยะถ่ายภาพ 0.60 เมตร และเศษเหลือสูงสุด 4.30 มิลลิเมตรส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ±7.573 มิลลิเมตรในมาตราส่วนภาพถ่าย 1:300 ระยะถ่ายภาพ 1.80 เมตร

5.3 ข้อแนะนำในการดำเนินงานวิจัย

5.3.1 สนามวัดสอบ จะต้องมีความละเอียดถูกต้องทางด้านตำแหน่งพิกัดฉากในระดับมิลลิเมตร ซึ่งได้ออกแบบให้มีลักษณะเป็นตารางกริดทั้งนี้เพราะสามารถวัดตำแหน่งพิกัดได้แน่นอนบนข้อมูลภาพถ่ายดิจิทัล ฉะนั้นวัสดุที่ใช้พิมพ์สนามวัดสอบจะต้องไม่ยืดหดทำให้ตำแหน่งของค่าพิกัดผิดไปวัสดุที่ใช้สำหรับพิมพ์สนามวัดสอบเป็นกระดาษไขชนิดฟิล์ม ซึ่งจำเป็นจะต้องระมัดระวังในการพิมพ์และจะต้องควบคุมมาตราส่วนของสนามวัดสอบให้ถูกต้อง จุดให้สัญญาณหรือเป้าวัดค่าพิกัดแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือเป้าบนสนามวัดสอบ(ตารางกริด) และแผ่นเป้าจะต้องทำการคำนวณหาขนาดของแผ่นเป้าให้มีความเหมาะสม สามารถมองเห็นไม่เล็กและไม่ใหญ่จนเกินไป วัสดุที่ใช้พิมพ์แผ่นเป้าเป็นชนิดเดียวกับสนามวัดสอบ การพิมพ์และการควบคุมมาตราส่วนใช้โปรแกรม(AutoCAD14) พร้อมกับการวัดตรวจสอบ โดยใช้ไม้บรรทัดเหล็กที่มีความละเอียดในระดับมิลลิเมตร

5.3.2 กล้องภาพถ่ายดิจิทัล เป็นเทคโนโลยีอีกสมัยหนึ่งของกล้องถ่ายภาพ ซึ่งจะต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล จำเป็นต้องทำการศึกษาไม่ว่าเป็นเรื่องวิธีการใช้กล้องถ่ายภาพ คุณลักษณะภายในตัวกล้องถ่ายภาพ และวิธีการนำข้อมูลที่ได้โอนถ่ายเข้าในคอมพิวเตอร์ วิธีการในการศึกษาที่แนะนำคือ การสอบถามบริษัทที่ผลิตกล้องถ่ายภาพเพื่อต้องการรู้คุณลักษณะของกล้องถ่ายภาพและการค้นหาข้อมูลบนอินเตอร์เน็ต การถ่ายภาพสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลต้องทำสารบรรณภาพถ่ายไว้เพื่อป้องกันการสับสนของข้อมูลภาพถ่าย การวัดตำแหน่งบนภาพถ่ายดิจิทัลจะต้องระมัดระวังเกี่ยวกับการขยายของข้อมูลภาพถ่าย การเตรียมข้อมูลสำหรับการคำนวณปรับแก้ก็ต้องทำสารบรรณไว้

5.3.3 การเขียนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่าย ได้แบ่งรูปแบบจำลองสำหรับการคำนวณปรับแก้หาองค์ประกอบการจัดภาพออกเป็น 3 รูปแบบ โดยเน้นการวิเคราะห์ไปที่ค่าตัวแปรองค์ประกอบของการจัดภาพภายประกอบด้วย โพคัส(Focal Length)(f) , จุดมุขยสำคัญ(Principal Point)(xo,yo) , ความผิดเพี้ยนของเลนส์(Lens Distortion)(k1,k2,p1,p2) โดยหลักการในการวัดสอบกล้องถ่ายภาพแล้วเพื่อต้องการทราบโฟคัสของกล้องถ่ายภาพที่นำมาวัดสอบ ซึ่งทางบริษัทที่ผลิตกล้องถ่ายภาพมาจะบอกค่าโฟคัสที่ไม่ถูกต้องมาให้ ถ้านำค่าโฟคัสนี้ไปใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งพิกัดก็จะผิดไป ค่าโฟคัสที่ได้ทำคำนวณปรับแก้แล้วสามารถนำคำนวณหาพิกัดตำแหน่งอื่นได้ ถ้าต้องการความละเอียดจะต้องนำค่า

จุดมุขยสำคัญเข้าไปคำนวณ และต้องการความละเอียดเพิ่มขึ้นก็ต้องนำค่าความผิดเพี้ยนของเลนส์เข้าไปคำนวณด้วย และสุดท้ายถ้าต้องการความละเอียดถูกต้องที่สุดก็ต้องทำคำนวณการปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายทั้งหมดในการถ่ายภาพของชุดนั้น

5.4 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยการวัดสอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัลโกดัก ดีซี 240 ขยาย ทำการวิจัยหาค่าองค์ประกอบการจัดภาพของกล้องถ่ายภาพ โดยวิธีการคำนวณปรับแก้จากข้อมูลภาพถ่ายดิจิทัล ค่าที่ได้นำไปใช้ได้เฉพาะกล้องถ่ายภาพที่ใช้ทำงานวิจัย ถ้าต้องการใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลรุ่นอื่นหรือยี่ห้ออื่นจะต้องทำการวัดสอบหาค่าองค์ประกอบการจัดภาพของกล้องถ่ายภาพชนิดนั้นก่อน ในภาคผนวกได้แสดงขั้นตอนการวัดสอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัลโกดัก ดีซี 240 ขยาย ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการวัดสอบกล้องถ่ายภาพชนิดอื่นๆ ได้

ลักษณะในการทำงานวิจัยแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นส่วนๆ ส่วนที่อาจจะทำให้มีความสับสนทางด้านข้อมูลได้คือการประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้โปรแกรมในการโอนถ่ายข้อมูลเยอะมากจึงจำเป็นต้องทำสมุดบันทึกไว้ เช่นการดึงข้อมูลภาพถ่ายดิจิทัลจากกล้องถ่ายภาพ(โปรแกรม Picture Easy) การวัดพิกัดบนข้อมูลภาพถ่ายดิจิทัล(โปรแกรม PhotoModeler) การเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์(โปรแกรม NotePad) การประมวลผลการคำนวณปรับแก้,การแสดงค่าองค์ประกอบการจัดภาพ,การแสดงความละเอียดถูกต้องขององค์ประกอบที่คำนวณได้(โปรแกรม Mathematica) การทดสอบทางสถิติ,การแสดงกราฟความคลาดเคลื่อนของเลนส์(โปรแกรม Excel) จึงควรมีการเขียนโปรแกรมสำเร็จรูปขึ้นมาสำหรับคำนวณวิเคราะห์ผลของการวัดสอบกล้องถ่ายภาพ และเพิ่มการคำนวณปรับแก้หาตำแหน่งพิกัดอื่นๆ บนข้อมูลภาพถ่าย โดยการเพิ่มจุดเข้าไปในแบบจำลอง(Tie Point)