บทที่ 4

การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้

การวิเคราะห์ผลการวัดสอบเลนส์ตาปลาในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์จากผลลัพธ์ของการประมวลผลจากโปรแกรม Mathematica V.5 ซึ่งเขียนการคำนวณโดยเทคนิคลีสท์สแควร์ด้วยสมการค่าสังเกตุ ผลลัพธ์ของการประมวลผลจะแบ่งออกตามขั้นตอนการประมวลผลได้ 2 ขั้นตอน ได้แก่

1) ผลลัพธ์ของกระบวนการวัดย้อนสำหรับภาพถ่ายเดี่ยว (Single Photo Resection) คือ ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเลนส์ตาปลา และค่าเศษเหลือของค่าพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ

2) ผลลัพธ์ของการคำนวณพิกัดวัตถุจากคู่ภาพ (Two Photo Intersection) คือ ค่าเศษเหลือของค่าพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบ

จัดแบ่งผลลัพธ์ตามการวิเคราะห์กรณีศึกษาที่ออกแบบไว้ตามตารางที่ 3.1-3.2 และผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องในหัวข้อ 3.1 ได้ดังนี้

- ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเลนส์ตาปลา
- ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพ กรณี 1-4
- ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพ กรณี 7-8
- ค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุ กรณี 5-8

4.1 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเลนส์ตาปลา

การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเลนส์ตาปลาที่ได้จากการประมวลผลกระบวนการวัดย้อนสำหรับภาพถ่ายเดี่ยว (Single Photo Resection) ของกรณีศึกษาแต่ละกรณี โดยเฉพาะค่าพารามิเตอร์ภายใน (R, xh, yh) จะทำให้ทราบว่าค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมีความเสถียรมากน้อยเพียงใด และควรใช้กระบวนการวัดสอบแบบใดจึงจะเหมาะสม

จากการประมวลผลในโปรแกรม Mathematica V.5 โดยใช้เทคนิคลีสท์สแควร์ (Least Square Adjustment) ด้วยสมการค่าสังเกต จะได้ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเลนส์ตาปลาที่แบ่งตามสนามวัดสอบได้ 2 กลุ่ม คือ

- ค่าพารามิเตอร์ กรณี 1-4 จากสนามวัดสอบในห้องทดลอง
- ค่าพารามิเตอร์ กรณี 5-8 จากสนามวัดสอบเพื่องานอนุรักษ์สถาปัตยกรรม

4.1.1 ค่าพารามิเตอร์กรณี 1-4

		กรณี			
ค่า	หน่วย	1	2	3	4
R	mm	3.339	3.219	3.265	3.271
xh	mm	0.092	-0.069	0.022	0.014
yh	mm	-0.105	0.081	0.019	-0.029
k0		-0.001235	-0.002573	-0.000920	-0.001120
k1		0.000967	0.000842	0.000743	0.000527
k2		-0.0000056	-0.0000031	-0.0000029	-0.0000063
p1		0.0000843	0.0000742	0.0000455	0.0000425
p2		0.0000835	0.0000753	0.0000353	0.0000511
X0	m	11.4089	11.4107	11.4099	11.4104
Y0	m	9.6168	9.6173	9.6173	9.6165
Z0	m	12.6749	12.6754	12.6742	12.6750
ome	rad	0.010250	0.009562	0.009973	0.009342
phi	rad	0.094376	0.095670	0.098760	0.093354
kap	rad	-0.043549	-0.044638	-0.042777	-0.045610

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเลนส์ตาปลากรณี 1-4

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์กรณี 1-4 ดังนี้

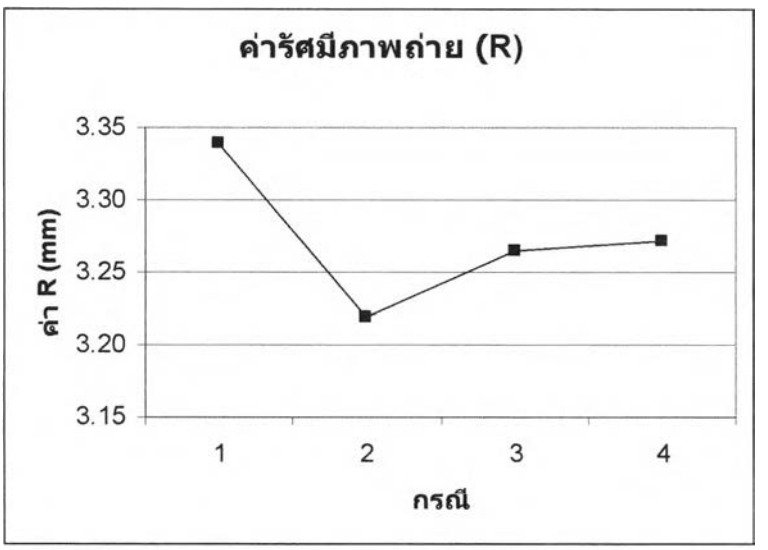
1) ค่าพารามิเตอร์ภายใน (R, xh, yh) โดยค่า R ของกรณี 1-4 เท่ากับ 3.339, 3.219, 3.265 และ 3.271 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าค่า R กรณี 2-4 จะเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับหลักสิบของไมครอน แต่กรณี 1 จะแตกต่างจากกรณีอื่นที่หลักร้อยของไมครอน ส่วนค่า xh ของกรณี 1-4 เท่ากับ 0.092, -0.069, 0.022 และ 0.014 มิลลิเมตร ตามลำดับ และค่า yh ของกรณี 1-4 เท่ากับ -0.105, 0.081, 0.019 และ -0.029 มิลลิเมตร ตามลำดับ จึงวิเคราะห์ได้ว่า ค่า xh และ yh มีค่าทั้งเป็นบวกและลบสลับกันไปอย่างไม่มีระบบ แต่ความแตกต่างของค่าที่เป็นบวกและลบดังกล่าวของกรณี 2-4 จะเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับหลักสิบของไมครอน แต่กรณี 1 จะแตกต่างจากกรณีอื่นที่หลักร้อยของไมครอน

2) ค่าพารามิเตอร์ความเพี้ยนของเลนส์ (k0, k1, k2, p1, p2) โดยค่า k0 มีค่าเป็นลบทั้ง 4 กรณีซึ่ง

มีค่าแตกต่างกันที่ระดับหลักส่วนพัน, ค่า k1 มีค่าเป็นบวกทั้งหมด ความแตกต่างอยู่ที่หลักส่วนหมื่น, ค่า k2 มีค่าเป็นลบทั้งหมด ความแตกต่างอยู่ที่หลักส่วนล้าน, ค่า p1 และ p2 มีค่าเป็นบวกทั้งหมด มัความแตกต่างอยู่ที่หลักส่วนแสน

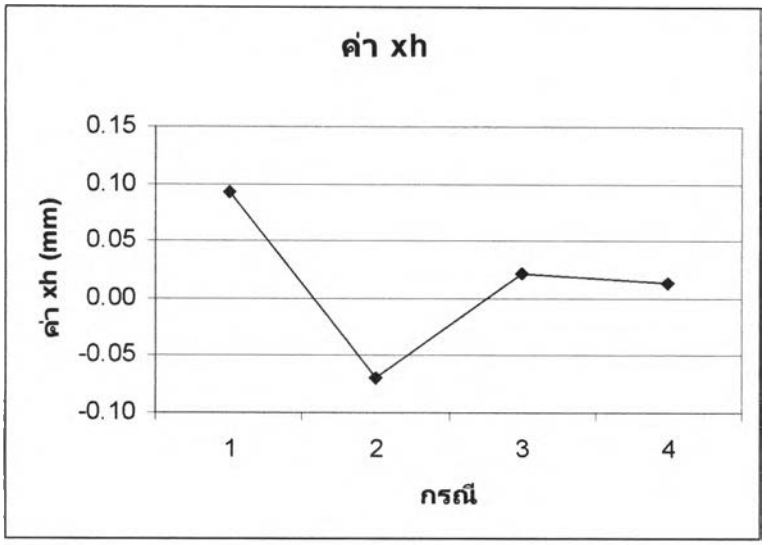
3) ค่าพารามิเตอร์ภายนอก (X0, Y0, Z0, ome, phi, kappa) โดยค่า X0, Y0 และ Z0 มีค่าเป็นบวกและมีความแตกต่างกันในระดับหลักหน่วยของมิลลิเมตร, ome และ phi มีค่าเป็นบวกทั้งหมดและ มีความแตกต่างกันในระดับหลักส่วนพันของเรเดียน ส่วน kappa มีค่าเป็นลบทั้งหมดและมีความแตกต่างกันที่ระดับ หลักส่วนพันของเรเดียน

เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ภายในของกรณี 1-4 จึงนำมาพล็อตกราฟได้ดังนี้



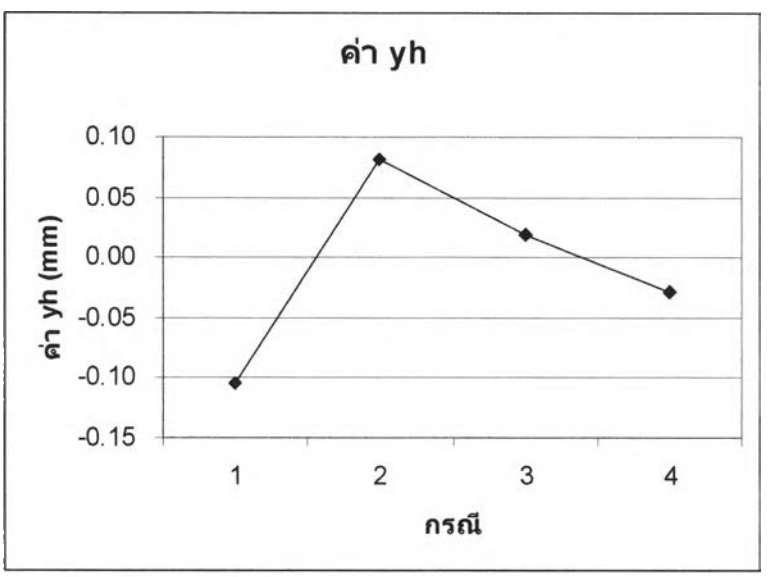
รูปที่ 4.1 กราฟของค่ารัศมีภาพถ่าย (R) กรณี 1-4

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่า ค่า R ในกรณี 3 และ 4 จะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับกรณี 1 และ 2 โดยเฉพาะกรณี 1 ที่จะมีค่าแตกต่างกับกรณีอื่นค่อนข้างมาก



รูปที่ 4.2 กราฟของค่า xh กรณี 1-4

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่า ค่า xh ในกรณี 3 และ 4 จะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับกรณี 1 และ 2 โดยเฉพาะกรณี 1 ที่จะมีค่าแตกต่างกับกรณีอื่นค่อนข้างมาก



รูปที่ 4.3 กราฟของค่า yh กรณี 1-4

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่า ค่า yh ในกรณี 2, 3 และ 4 จะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับกรณี 1 ซึ่งมีค่าแตกต่างกับกรณีอื่นค่อนข้างมาก

4.1.2 ค่าพารามิเตอร์กรณี 5-8

		กรณี			
ค่า	หน่วย	5_Left	5_Right	6_Left	6_Right
R	mm	3.244	3.306	3.266	3.196
xh	mm	0.024	0.041	-0.033	-0.027
yh	mm	0.044	-0.034	0.010	0.019
k0		-0.002978	-0.003541	-0.001186	-0.001763
k1		0.000985	0.001487	0.000803	0.000755
k2		-0.0000865	-0.0001054	-0.0000045	-0.0000057
p1		0.0000731	0.0001324	0.0000678	0.0000897
p2		0.0001334	0.0001243	0.0000782	0.0000654
X0	m	53.1203	54.3627	53.1181	54.3606
Y0	m	46.5164	46.4952	46.5176	46.4965
Z0	m	51.7936	51.7854	51.8062	51.7855
ome	rad	0.030831	0.303432	0.031450	0.305600
phi	rad	0.014932	0.030280	0.015232	0.030515
kap	rad	0.024681	0.012340	0.025315	0.013246

		กรณี			
ค่า	หน่วย	7_Left	7_Right	8_Left	8_Right
R	mm	3.281	3.332	3.231	3.229
xh	mm	0.035	0.046	-0.096	0.048
yh	mm	-0.024	0.022	-0.038	-0.091
k0		-0.002139	-0.001475	-0.005354	-0.006436
k1		0.000957	0.000654	0.001764	0.001865
k2		-0.0000076	-0.0000037	-0.0000165	-0.00001976
p1		0.0000765	0.0000536	0.0002253	0.0002136
p2		0.0000898	0.0000424	0.0003424	0.0003942
X0	m	52.5815	54.7964	52.6125	54.8030

		กรณี			
ค่า	หน่วย	7_Left	7_Right	8_Left	8_Right
Y0	m	46.4269	46.4734	46.3239	46.5032
Z0	m	51.8445	51.7776	54.8136	54.6982
ome	rad	0.032145	0.012355	0.125556	0.012450
phi	rad	0.032143	0.023150	0.014350	0.031350
kap	rad	0.132450	0.012345	0.031235	0.012356

ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเลนส์ตาปลากรณี 5-8

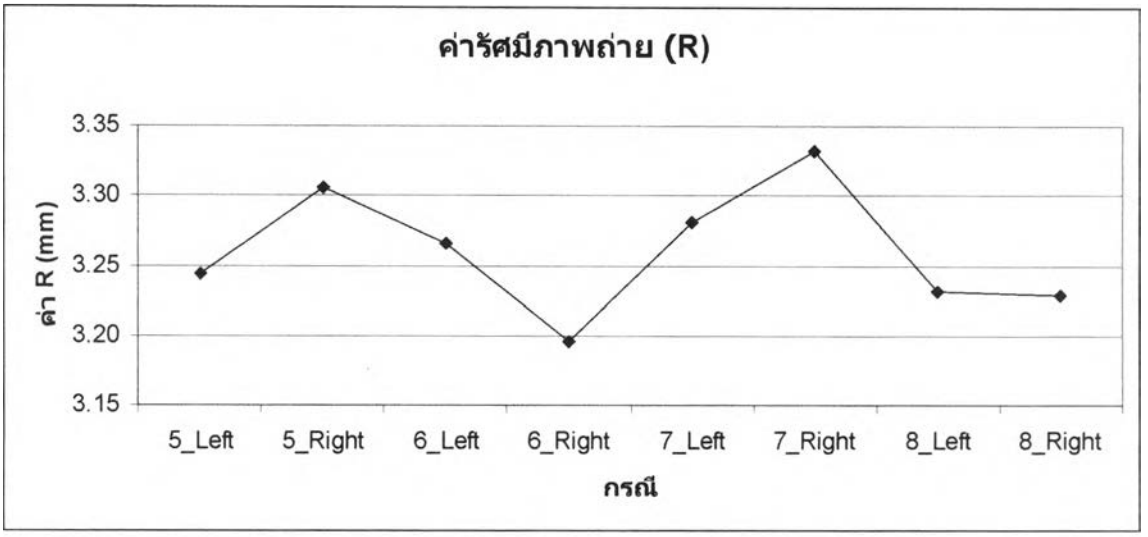
จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์กรณี 1-4 ดังนี้

1) ค่าพารามิเตอร์ภายใน (R, xh, yh) โดยค่า R ของกรณี 5-8 เท่ากับ 3.244, 3.306, 3.266, 3.196, 3.281, 3.332, 3.231 และ3.229 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่า R ของกรณี 5-8 นี้จะเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับหลักหลักร้อยของไมครอน ส่วนค่า xh ของกรณี 5-8 เท่ากับ 0.024, 0.041, -0.033, -0.027, 0.035, 0.046, -0.096 และ 0.048 มิลลิเมตร ตามลำดับ และค่าyh ของกรณี 5-8 เท่ากับ 0.044, -0.034, 0.010, -0.019,0.024, 0.022, -0.038 และ -0.091 มิลลิเมตร ตามลำดับ วิเคราะห์ได้ว่า ค่า xh และ yh มีค่าทั้งเป็นบวกและลบสลับกันไปอย่างไม่มีระบบแต่ความแตกต่างของค่าที่เป็นบวกและลบดังกล่าวอยู่ในระดับหลักสิบของไมครอน

2) ค่าพารามิเตอร์ความเพี้ยนของเลนส์ (k0, k1, k2, p1, p2) โดยค่า k0 มีค่าเป็นลบทั้ง 4 กรณีซึ่งมีค่าแตกต่างกันที่ระดับหลักส่วนพัน, ค่า k1 มีค่าเป็นบวกทั้งหมด ความแตกต่างอยู่ที่หลักส่วนหมื่น, ค่า k2 มีค่าเป็นลบทั้งหมด ความแตกต่างอยู่ที่หลักส่วนแสน, ค่า p1 และ p2 มีค่าเป็นบวกทั้งหมด มีความแตกต่างอยู่ที่หลักส่วนหมื่น

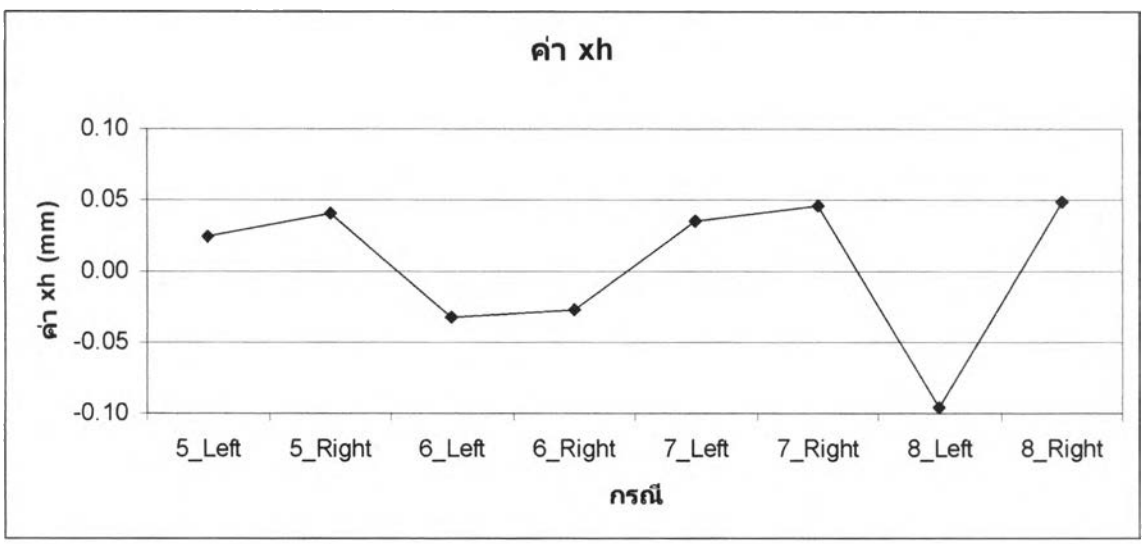
3) ค่าพารามิเตอร์ภายนอก (X0, Y0, Z0, ome, phi, kappa) เนื่องจากเป็นการถ่ายภาพที่ตำแหน่งต่างกันในแต่ละกรณีค่าพารามิเตอร์ภายนอกจึงต่างกัน ดังนั้นจึงเปรียบเทียบเฉพาะกรณีที่ใช้ภาพถ่ายเดียวกัน นั่นคือ กรณี 5_Left กับ 6_Left และกรณี 5_Right กับ 6_Right ปรากฏว่า ค่า X0, Y0 และ Z0 มีค่าเป็นบวกและมีความแตกต่างกันในระดับหลักหน่วยของมิลลิเมตร ส่วน ome, phi และ kappa มีค่าเป็นบวกทั้งหมดและ มีความแตกต่างกันในระดับหลักส่วนพันของเรเดียน

เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ภายในของกรณี 5-8 จึงนำมาพล็อตกราฟได้ดังนี้



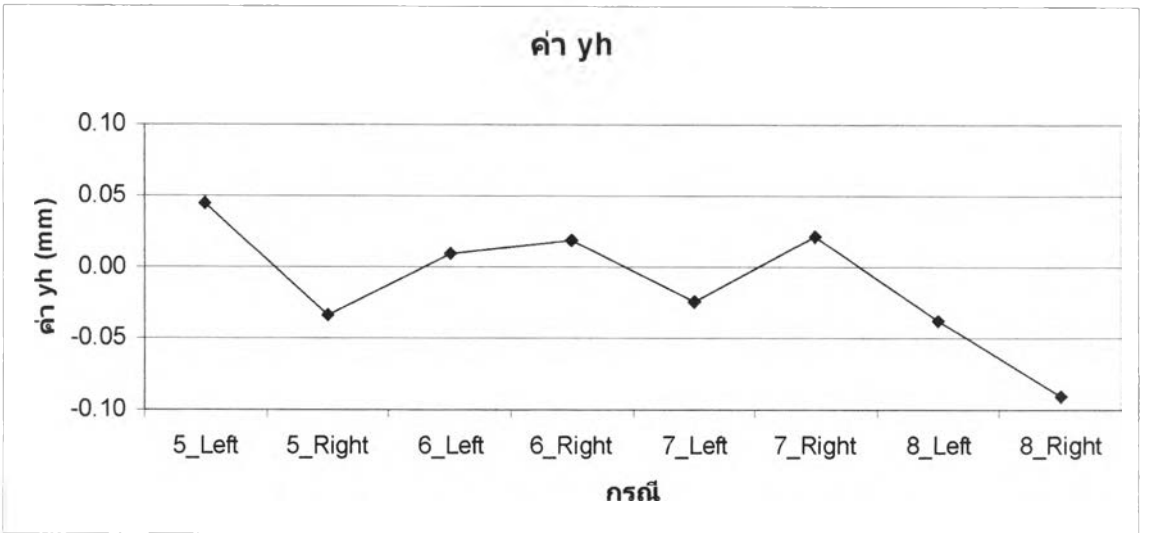
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการแกว่งตัวของค่ารัศมีภาพถ่าย (R) กรณี 5-8

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่า ค่ารัศมีภาพถ่าย (R) กรณี 5-8 มีความแตกต่างอยู่ในช่วงประมาณ 3.19 ถึง 3.33 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการแกว่งตัวของค่า xh กรณี 5-8

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่า ค่า xh ในกรณี 5-8 มีทั้งค่าบวกและลบ โดยจะมีค่าแตกต่างกันอยู่ในช่วงประมาณ -0.10 ถึง 0.05 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการแกว่งตัวของค่า yh กรณี 5-8

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่า ค่า yh ในกรณี 5-8 มีทั้งค่าบวกและลบโดยจะมีค่าแตกต่างกันอยู่ในช่วงประมาณ -0.10 ถึง 0.05 มิลลิเมตร

4.2 ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพกรณี 1-4

กรณี 1-4 เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบจำนวนจุดควบคุมภาพถ่ายที่มีผลต่อแบบจำลองเลนส์ตาปลา โดยใช้ค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบซึ่งเป็นความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดภาพถ่ายที่วัดได้บนภาพถ่ายและค่าพิกัดภาพถ่ายที่คำนวณได้ โดยค่าพิกัดที่คำนวณได้นี้จะคำนวณจากค่าพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบที่ได้จากการวัดด้วยกล้องประมวลผลรวมมาแทนค่าในแบบจำลองเลนส์ตาปลาร่วมกับค่าพารามิเตอร์ของเลนส์ตาปลาของแต่ละกรณีศึกษา

จุดตรวจสอบของกรณี 1-4 มีจำนวน 44 จุด โดยมีหมายเลขประจำแต่ละจุดดังนี้

7	14	21		35	42	49
6	13	20	27	34	41	48
5	12	19	26	33	40	47
	11	18		32	39	
3	10	17	24	31	38	45
2	9	16	23	30	37	44
1	8	15		29	36	43

รูปที่ 4.7 หมายเลขของจุดตรวจสอบกรณี 1-4

4.2.1 ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 1

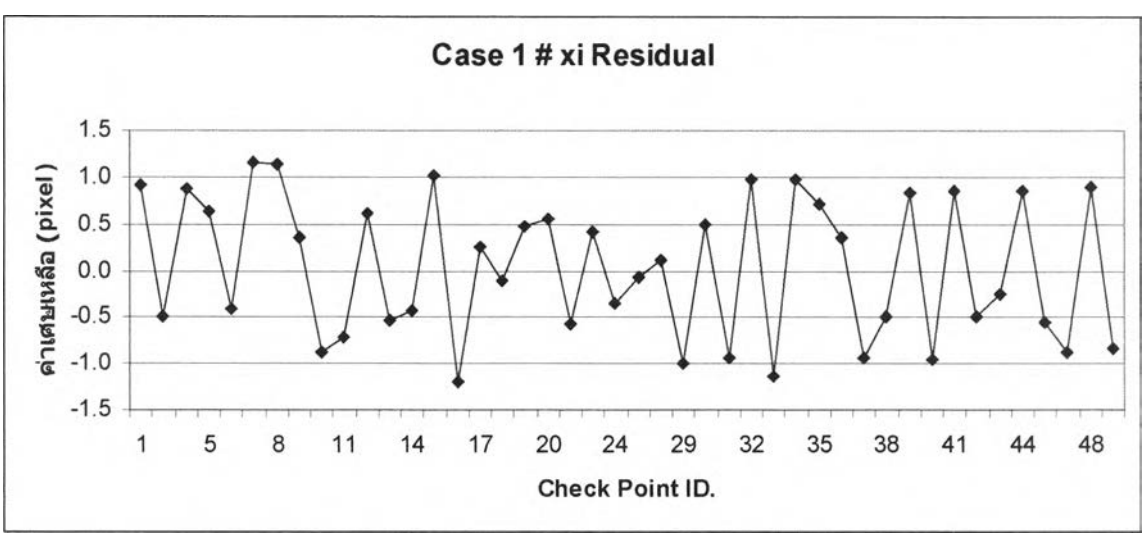
กรณี 1 ใช้จุดควบคุมภาพถ่ายจำนวน 8 จุด หลังจากการคำนวณหาค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบแล้ว สามารถผลลัพธ์แสดงทางค่าทางสถิติ ได้ดังนี้

กรณี 1			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.10	1.19	0.67
yi	0.11	1.23	0.55
Total Direction	0.15	1.71	0.93

ตารางที่ 4.3 ค่าทางสถิติของเศษเหลือกรณี 1

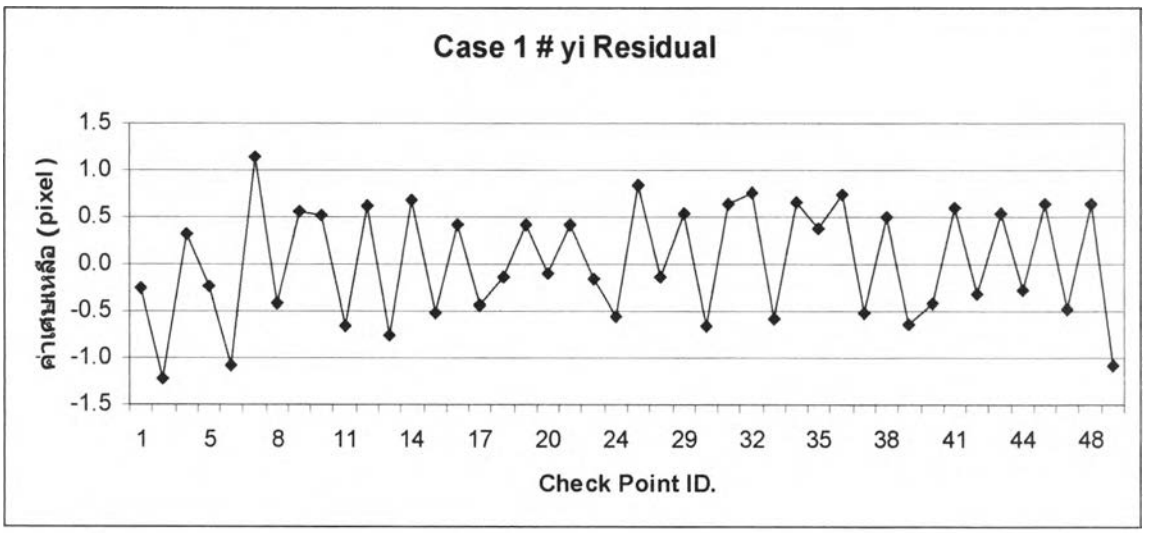
จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 1 มีค่าเฉลี่ยทางแกน x , y และทิศทางรวม (Total Direction) เท่ากับ 0.67, 0.55 และ 0.93 จุดภาพ ตามลำดับ โดยช่วงของค่าเศษเหลือทางแกน x เท่ากับ 0.10 ถึง 1.19 จุดภาพ แกน y เท่ากับ 0.11 ถึง 1.23 จุดภาพ และทิศทางรวม เท่ากับ 0.15 ถึง 1.71 จุดภาพ

เพื่อให้เห็นการกระจายตัวของค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบแต่ละจุดสามารถแสดง ได้ดังนี้



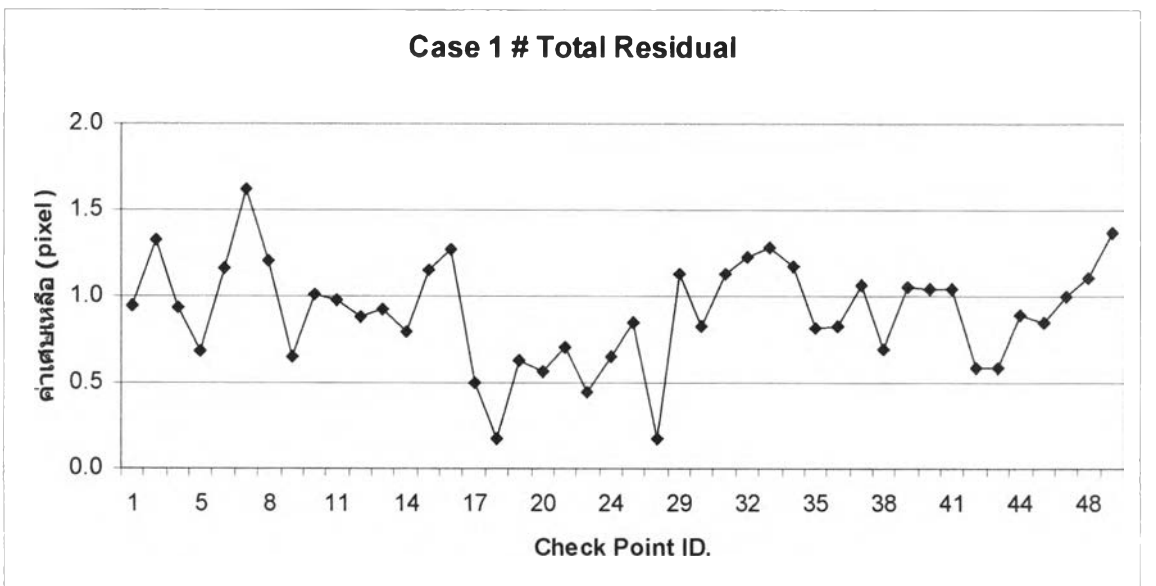
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือทางแกนx ของจุดตรวจสอบกรณี 1

จากรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดยค่าเศษเหลือทางแกน x ของกรณี 1 จะอยู่ในช่วงประมาณ -1.3 ถึง 1.3 จุดภาพ



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือทางแกนy ของจุดตรวจสอบกรณี 1

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดยค่าเศษเหลือทางแกน y ของกรณี 1 จะอยู่ในช่วงประมาณ -1.3 ถึง 1.3 จุดภาพ



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบกรณี 1

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของกรณี 1 จะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.1 ถึง 1.7 จุดภาพ โดยจุดตรวจสอบที่อยู่บริเวณกลางภาพตามรูปที่ 4.7 จะมีค่าเศษเหลือน้อยกว่าบริเวณอื่นเล็กน้อย

4.2.2 ค่าเศษเหลือกรณี 2

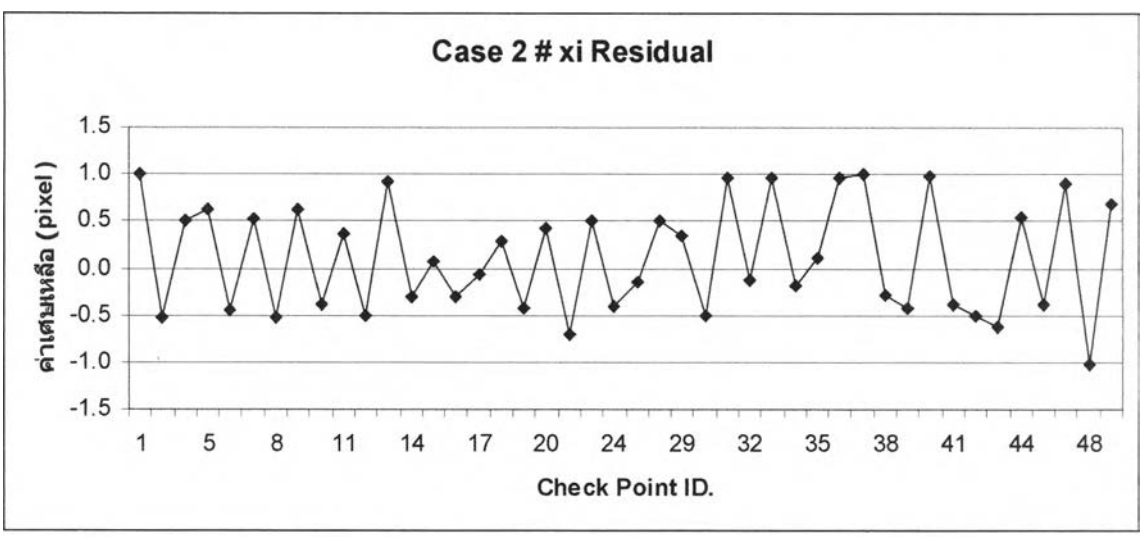
กรณี 2 ใช้จุดควบคุมภาพถ่ายจำนวน 11 จุด หลังจากการคำนวณหาค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบแล้ว สามารถผลลัพธ์แสดงทางค่าทางสถิติ ได้ดังนี้

กรณี 2			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.06	1.01	0.52
yi	0.05	1.02	0.51
Total Direction	0.15	1.51	0.74

ตารางที่ 4.4 ค่าทางสถิติของเศษเหลือกรณี 2

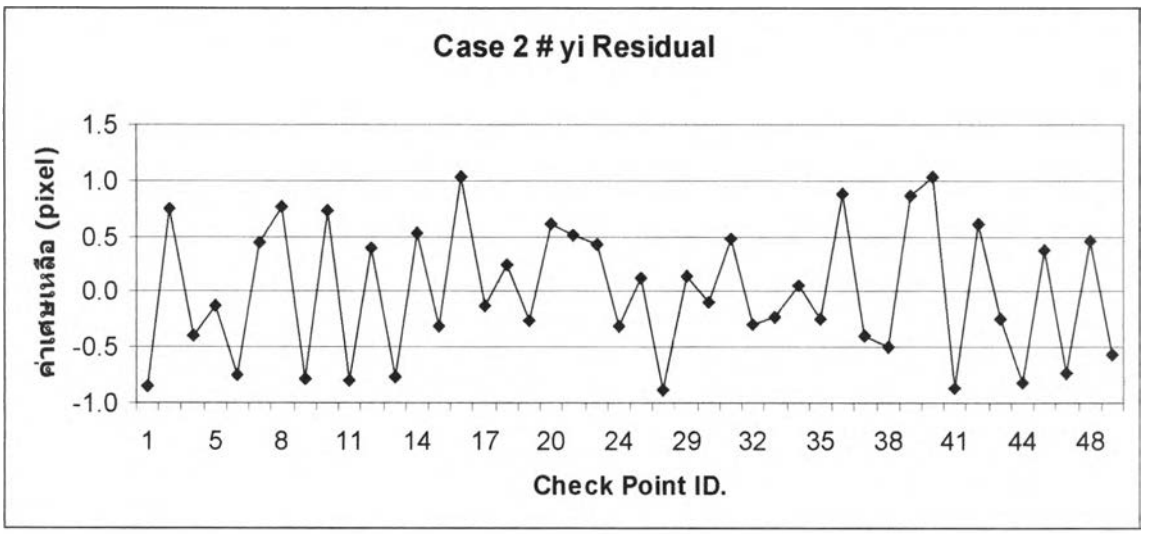
จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 2 มีค่าเฉลี่ยทางแกน x , y และทิศทางรวม (Total Direction) เท่ากับ 0.52, 0.51 และ0.74 จุดภาพ ตามลำดับ โดยช่วงของค่าเศษเหลือทางแกน x เท่ากับ 0.06 ถึง 1.01 จุดภาพ แกน y เท่ากับ 0.05 ถึง 1.02 จุดภาพ และทิศทางรวม เท่ากับ 0.15 ถึง 1.51 จุดภาพ

เพื่อให้เห็นการกระจายตัวของค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบแต่ละจุดสามารถแสดง ได้ดังนี้



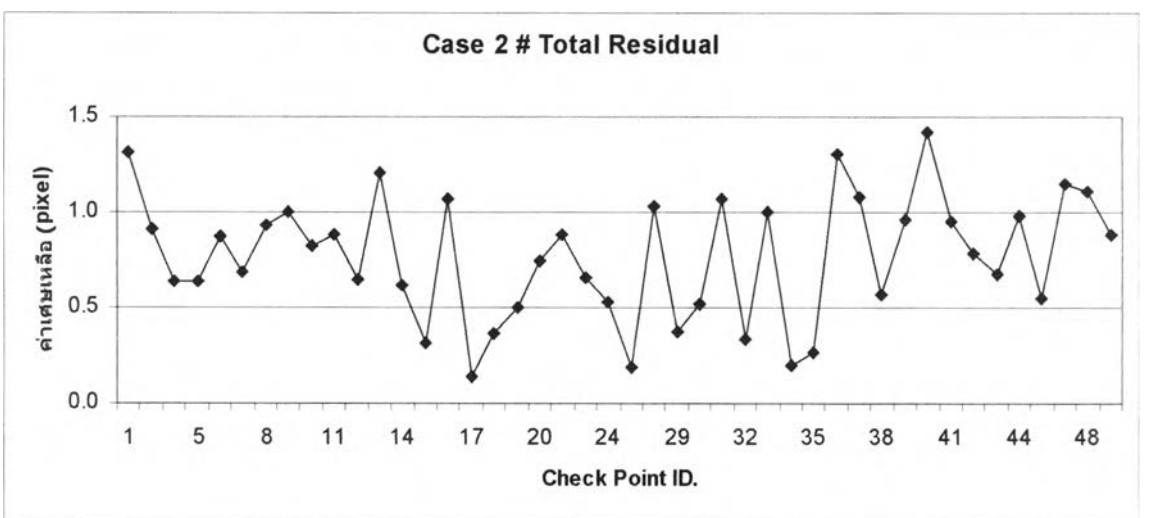
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือทางแกนx ของจุดตรวจสอบกรณี 2

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดยค่าเศษเหลือทางแกน x ของกรณี 2 จะอยู่ในช่วงประมาณ -1.1 ถึง 1.1 จุดภาพ



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือทางแกนy ของจุดตรวจสอบกรณี 2

จากรูปที่ 4.12 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดยค่าเศษเหลือทางแกน y ของกรณี 2 จะอยู่ในช่วงประมาณ -0.9 ถึง 1.1 จุดภาพ



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบกรณี 2

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของกรณี 2 จะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.1 ถึง 1.4 จุดภาพ โดยจุดตรวจสอบที่อยู่บริเวณกลางภาพตามรูปที่ 4.7 จะมีค่าเศษเหลือน้อยกว่าบริเวณอื่นเล็กน้อย

4.2.3 ค่าเศษเหลือกรณี 3

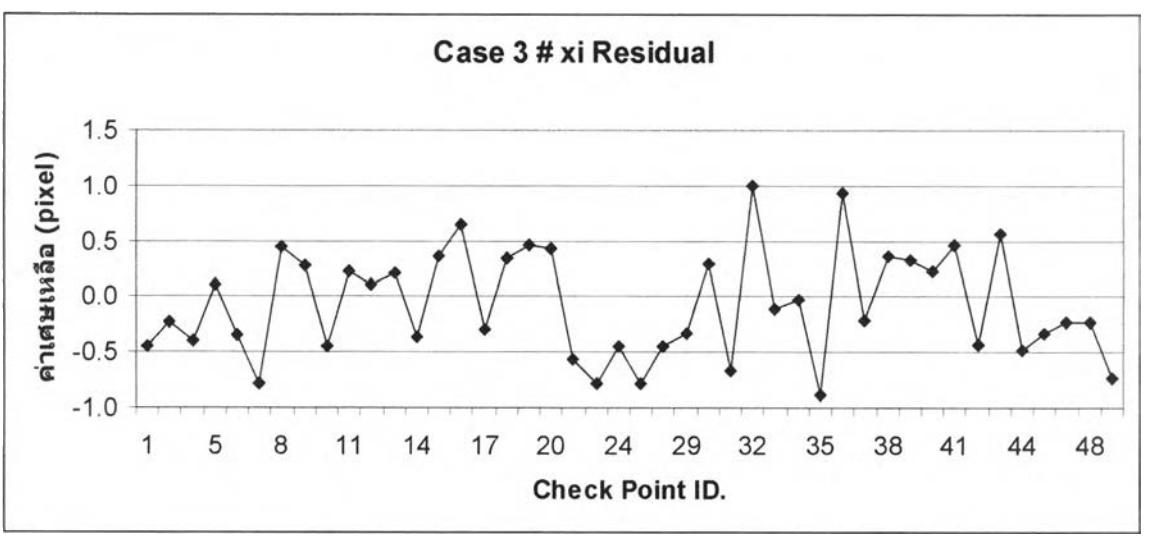
กรณี 3 ใช้จุดควบคุมภาพถ่ายจำนวน 14 จุด หลังจากการคำนวณหาค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบแล้ว สามารถผลลัพธ์แสดงทางค่าทางสถิติ ได้ดังนี้

กรณี 3			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.03	0.99	0.42
yi	0.01	1.10	0.43
Total Direction	0.12	1.41	0.64

ตารางที่ 4.5 ค่าทางสถิติของเศษเหลือกรณี 3

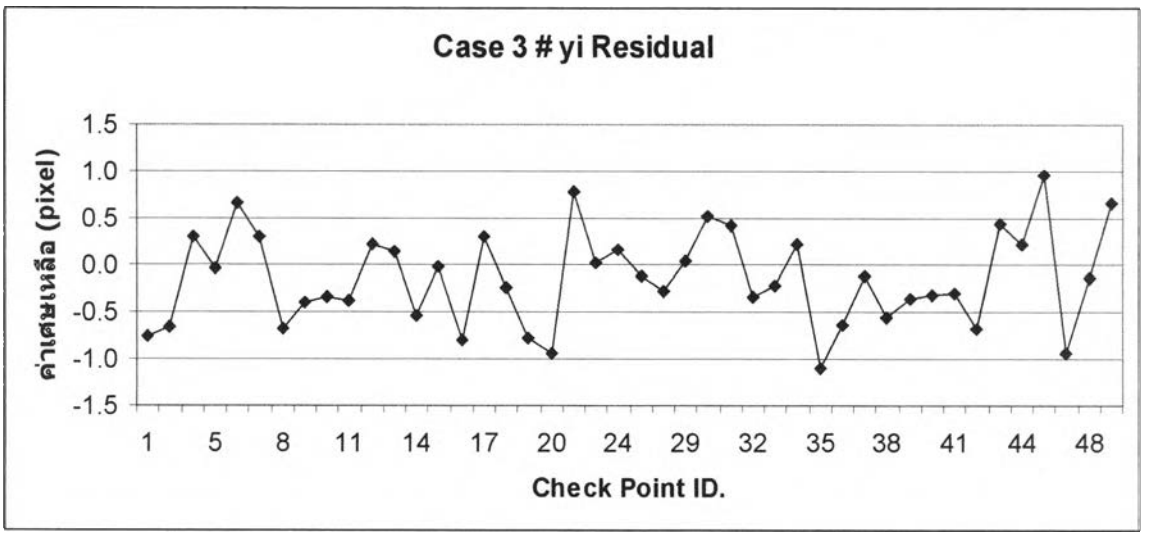
จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 3 มีค่าเฉลี่ยทางแกน x , y และทิศทางรวม (Total Direction) เท่ากับ 0.42, 0.43 และ 0.64 จุดภาพ ตามลำดับ โดยช่วงของค่าเศษเหลือทางแกน x เท่ากับ 0.03 ถึง 0.99 จุดภาพ แกน y เท่ากับ 0.01 ถึง 1.10 จุดภาพ และทิศทางรวม เท่ากับ 0.12 ถึง 1.41 จุดภาพ

เพื่อให้เห็นการกระจายตัวของค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบแต่ละจุดสามารถแสดง ได้ดังนี้



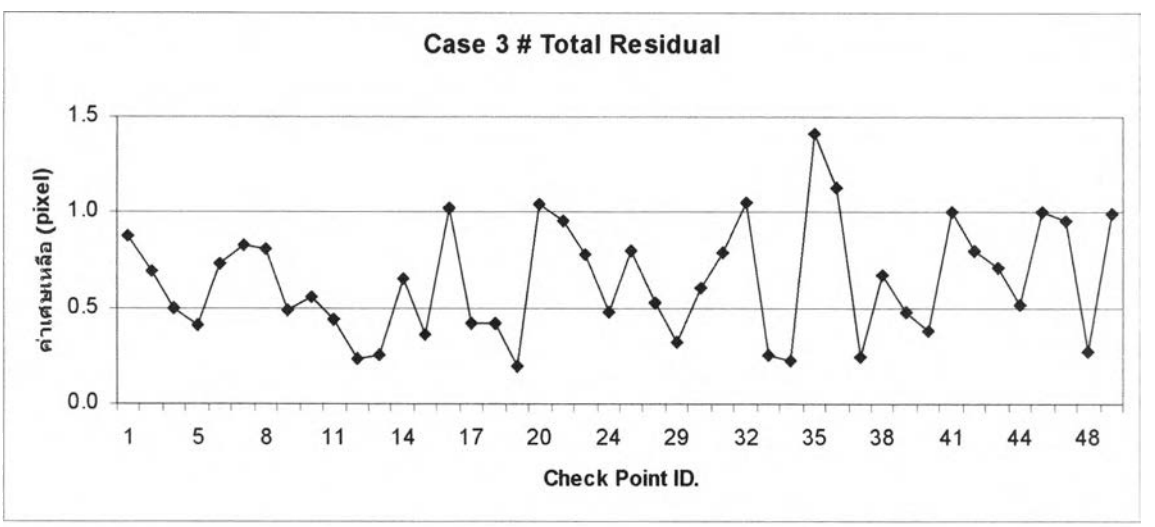
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือทางแกนx ของจุดตรวจสอบกรณี 3

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดยค่าเศษเหลือทางแกน x ของกรณี 3 จะอยู่ในช่วงประมาณ -0.9 ถึง 1.0 จุดภาพ



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือทางแกนy ของจุดตรวจสอบกรณี 3

จากรูปที่ 4.15 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดยค่าเศษเหลือทางแกน y ของกรณี 3 จะอยู่ในช่วงประมาณ -1.1 ถึง 1.0 จุดภาพ



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบกรณี 3

จากรูปที่ 4.16 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของกรณี 3 จะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.1 ถึง 1.4 จุดภาพ โดยจุดตรวจสอบที่อยู่บริเวณกลางภาพตามรูปภาพที่ 4.7 จะมีค่าเศษเหลือน้อยกว่าบริเวณอื่นเล็กน้อย

4.2.4 ค่าเศษเหลือกรณี 4

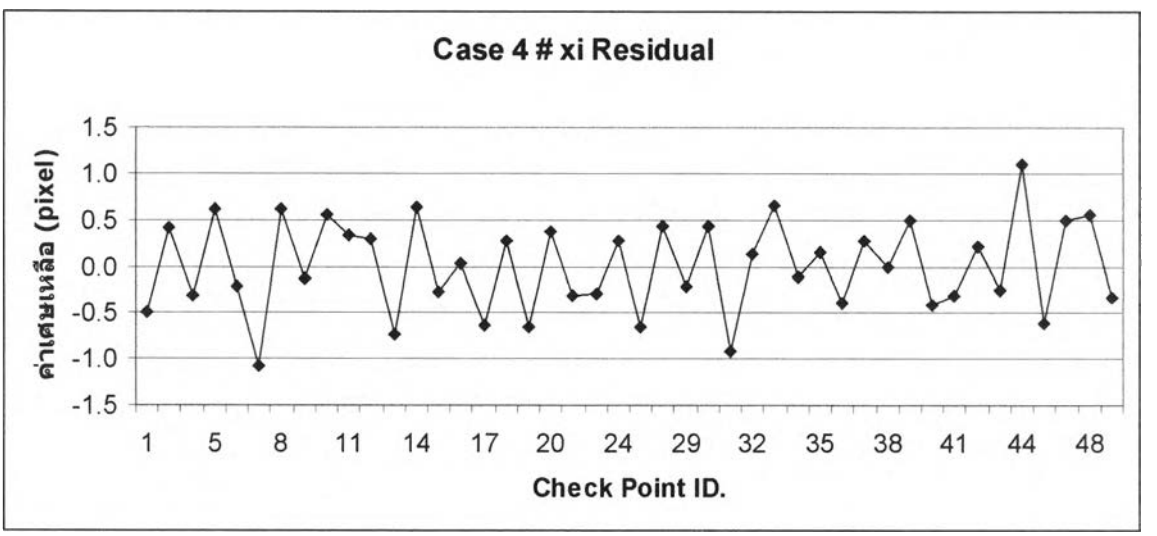
กรณี 4 ใช้จุดควบคุมภาพถ่ายจำนวน 17 จุด หลังจากการคำนวณหาค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบแล้ว สามารถผลลัพธ์แสดงทางค่าทางสถิติ ได้ดังนี้

กรณี 4			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.01	1.09	0.42
Yi	0.02	0.99	0.43
Total Direction	0.12	1.39	0.62

ตารางที่ 4.6 ค่าทางสถิติของเศษเหลือกรณี 4

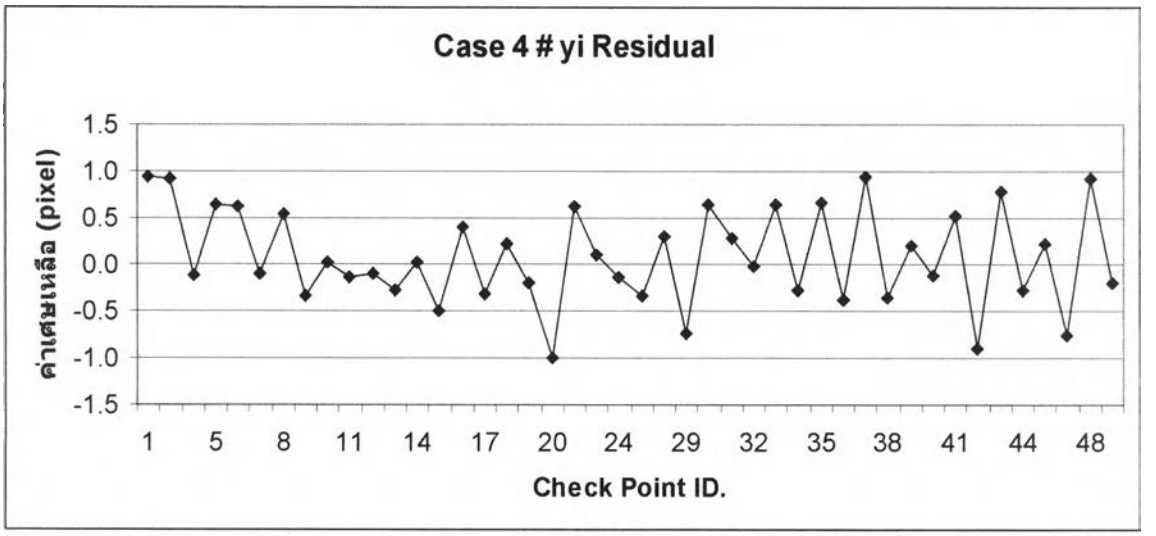
จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 4 มีค่าเฉลี่ยทางแกน x , y และทิศทางรวม (Total Direction) เท่ากับ 0.42, 0.43 และ0.62 จุดภาพ ตามลำดับ โดยช่วงของค่าเศษเหลือทางแกน x เท่ากับ 0.01 ถึง 1.09 จุดภาพ แกน y เท่ากับ 0.02 ถึง 0.99 จุดภาพ และทิศทางรวม เท่ากับ 0.12 ถึง 1.39 จุดภาพ

เพื่อให้เห็นการกระจายตัวของค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบแต่ละจุดสามารถแสดง ได้ดังนี้



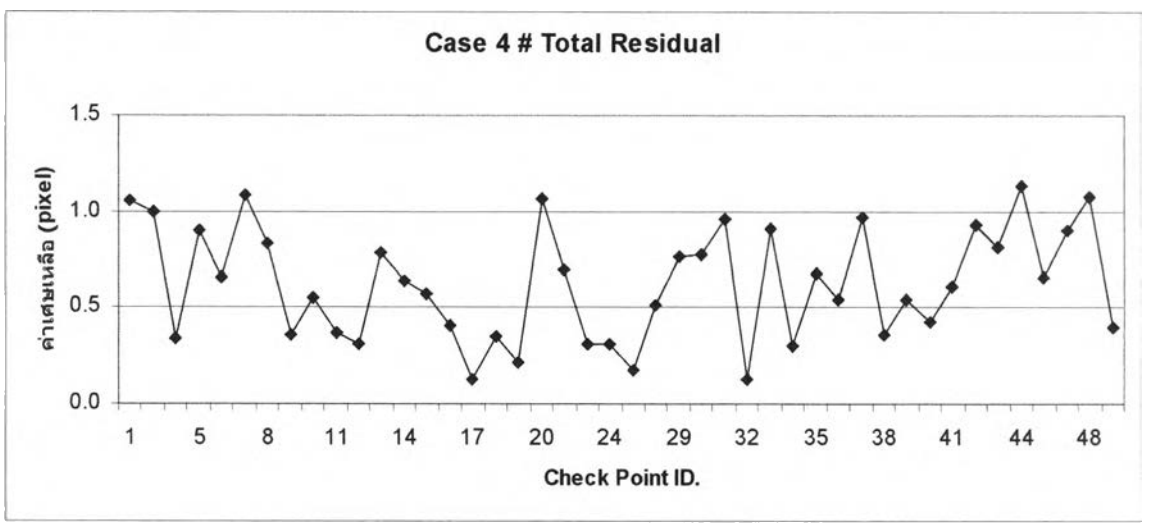
รูปภาพที่ 4.17 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือทางแกนx ของจุดตรวจสอบกรณี 4

จากรูปภาพที่ 4.17 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดยค่าเศษเหลือทางแกน x ของกรณี 4 จะอยู่ในช่วงประมาณ -1.1 ถึง 1.1 จุดภาพ



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือทางแกนy ของจุดตรวจสอบกรณี 4

จากรูปที่ 4.18 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดยค่าเศษเหลือทางแกน y ของกรณี 4 จะอยู่ในช่วงประมาณ -1.0 ถึง 1.0 จุดภาพ



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงทิศทางการกระจายตัวของค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบกรณี 4

จากรูปที่ 4.19 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของกรณี 4 จะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.1 ถึง 1.2 จุดภาพ โดยจุดตรวจสอบที่อยู่บริเวณกลางภาพตามรูปภาพที่ 4.7 จะมีค่าเศษเหลือน้อยกว่าบริเวณอื่นเล็กน้อย

4.2.5 เปรียบเทียบค่าเศษเหลือพิกัดภาพกรณี 1-4

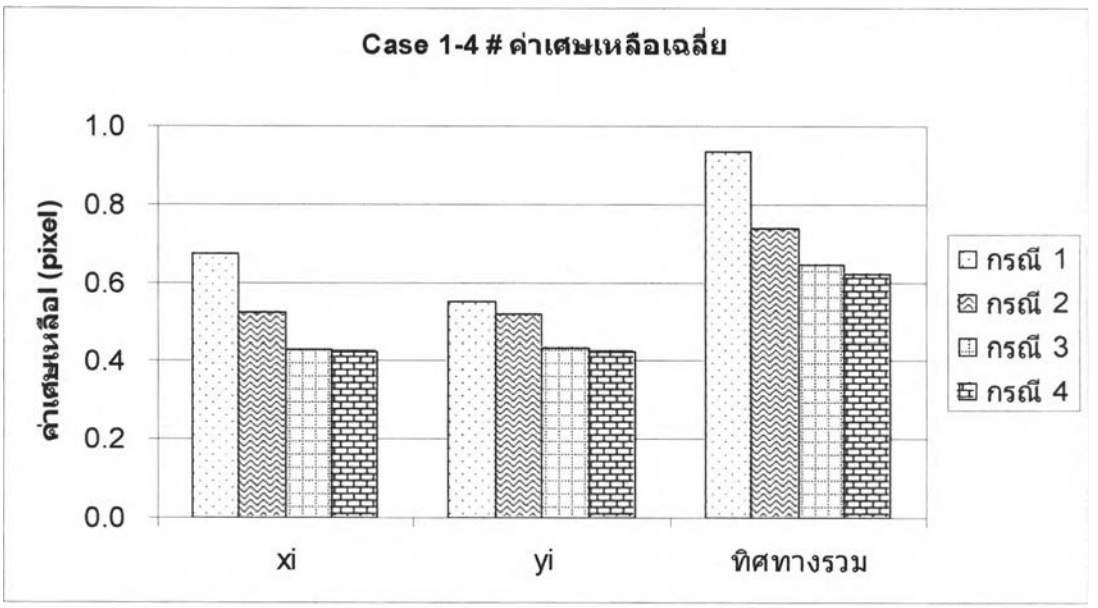
ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพิกัดภาพจากการวัดและพิกัดภาพจากการคำนวณจะใช้ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และเปรียบเทียบในแต่ละกรณี

ค่าเศษเหลือ = | ค่าพิกัดภาพถ่ายที่วัดได้ – ค่าพิกัดภาพถ่ายที่คำนวณได้ |

กรณี 1			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.10	1.19	0.67
yi	0.11	1.23	0.55
Total Direction	0.15	1.71	0.93
กรณี 2			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.06	1.01	0.52
yi	0.05	1.02	0.51
Total Direction	0.15	1.51	0.74
กรณี 3			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.03	0.99	0.42
yi	0.01	1.10	0.43
Total Direction	0.12	1.41	0.64
กรณี 4			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.01	1.09	0.42
yi	0.02	0.99	0.43
Total Direction	0.12	1.39	0.62

ตารางที่ 4.7 ค่าทางสถิติของเศษเหลือของค่าพิกัดภาพของจุดตรวจสอบกรณี 1-4

จากตารางที่ 4.7 พบว่าค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของกรณี 1-4 จะลดลงตามลำดับ คือ 0.93, 0.74, 0.64 และ 0.62 จุดภาพ โดยกรณี 2 ลดลงจากกรณี 1 เท่ากับ 0.19 จุดภาพ กรณี 3 ลดลงจาก กรณี 2 เท่ากับ 0.10 จุดภาพ และกรณี 4 ลดลงจาก กรณี 3 เท่ากับ 0.02 จุดภาพ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปภาพที่ 4.3



รูปที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพิกัดภาพกรณี 1-4

จากการเปรียบเทียบค่าเศษเหลือเฉลี่ยของกรณี 1-4 วิเคราะห์ได้ว่าจำนวนจุดควบคุมภาพถ่ายของกรณี 3 ซึ่งมีจำนวน 14 จุดให้ค่าเศษเหลือใกล้เคียงกับกรณี 4 ซึ่งมีจำนวน 17 จุด ทั้งในทิศทาง x, y และทิศทางรวม ดังนั้นกรณี 3 จึงเป็นกรณีที่มีจำนวนจุดควบคุมภาพถ่ายที่เหมาะสมของเลนส์ตาปลาในงานวิจัยนี้

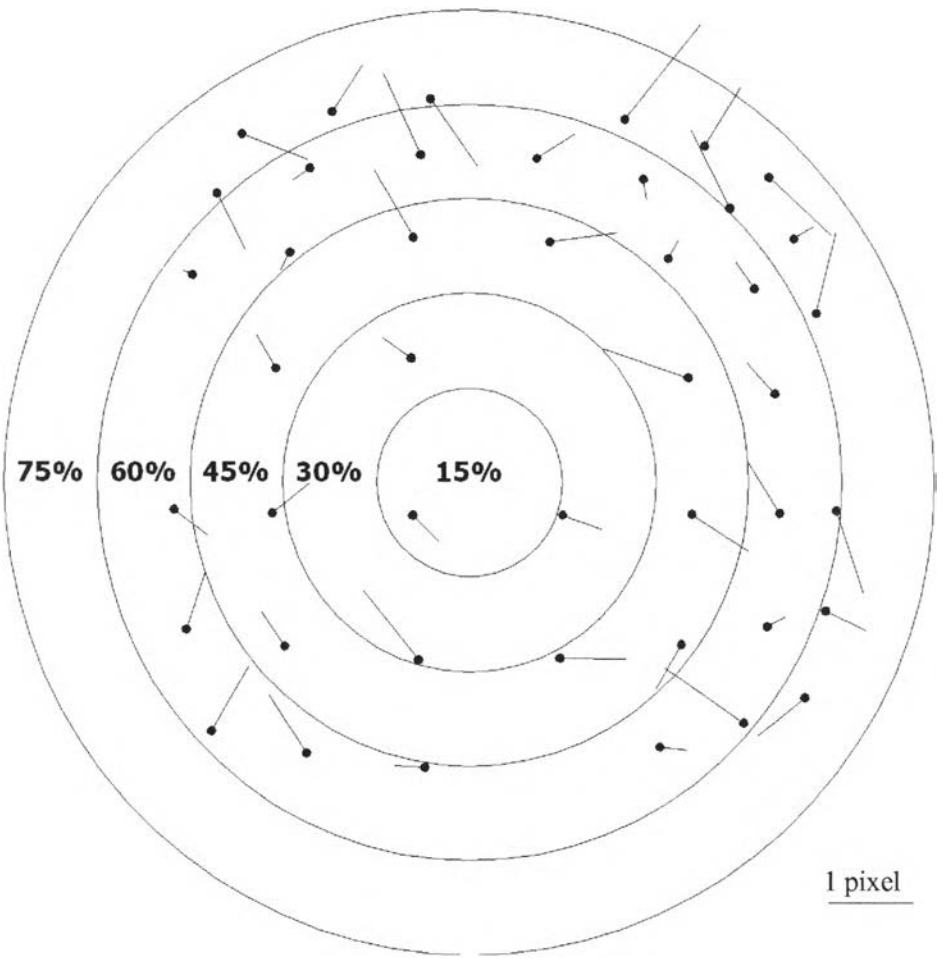
4.2.6 วิเคราะห์ค่าเศษเหลือในบริเวณต่างๆ ของกรณี 3

เนื่องจากกรณี 3 เป็นกรณีที่มีจำนวนจุดควบคุมภาพถ่ายที่เหมาะสมของเลนส์ตาปลาในงานวิจัยนี้ ดังนั้นในการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเศษเหลือในบริเวณต่างๆ ของภาพถ่ายจึงใช้ กรณี 3 โดยการวิเคราะห์นี้จะแบ่งพื้นที่ของภาพจากบริเวณกลางภาพไปจนถึงบริเวณขอบภาพโดยใช้จุดกลางภาพในการคำนวณแล้วแบ่งพื้นที่เป็นร้อยละของภาพ ตามรัศมีของภาพถ่าย ซึ่งจะแบ่งพื้นที่เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้ ค่าเศษเหลือเฉลี่ยในทิศทางรวมได้ดังนี้

พื้นที่ (%)	ค่าเศษเหลือเฉลี่ย (pixel)
0-15	0.42
15-30	0.64
30-45	0.63
45-60	0.55
60-75	0.82

ตารางที่ 4.8 ค่าเศษเหลือเฉลี่ยในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบบริเวณต่างๆ จากกรณี 3

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือเฉลี่ยของร้อยละของภาพในพื้นที่ต่างๆ ได้แก่ 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ60-75 มีค่าเท่ากับ 0.42, 0.64, 0.63, 0.55 และ 0.82 จุดภาพ ตามลำดับ ดังนั้นค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆ จะมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.42 ถึง 0.82 จุดภาพ ซึ่งสามารถแสดงค่าเศษเหลือของแต่ละจุดตรวจสอบโดยใช้เวกเตอร์ได้ดังนี้



รูปที่ 4.21 เวกเตอร์แสดงค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบกรณี 3ในบริเวณต่างๆ

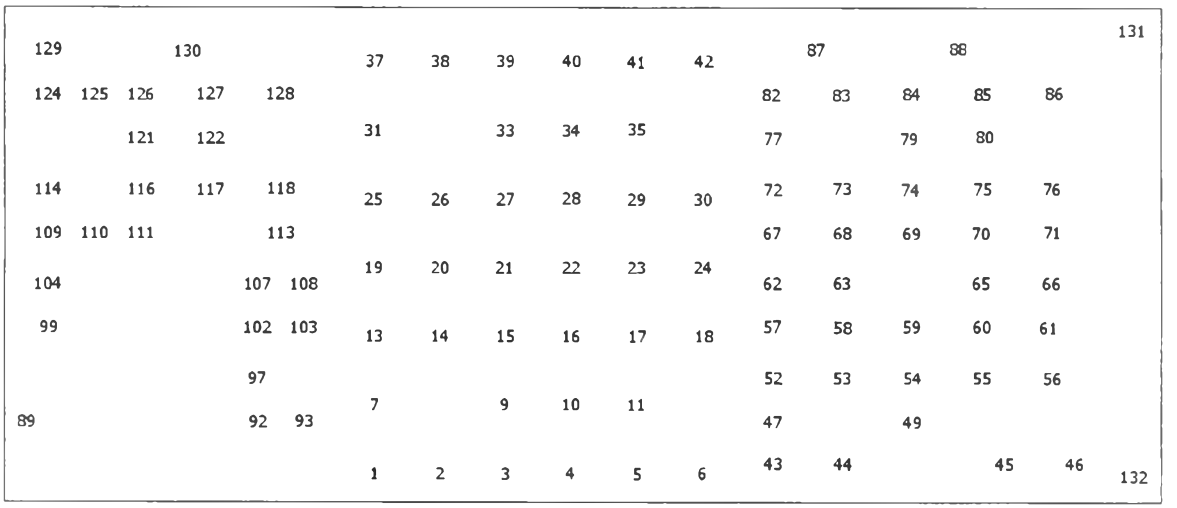
จากรูปที่ 4.21 แสดงค่าเศษเหลือกรณี 3 ในทิศทางต่างๆ ของบริเวณต่างๆ โดยขนาดเวกเตอร์ของจุดตรวจสอบในบริเวณต่างๆ จะมีการกระจายตัวอย่างไม่เป็นระบบ ซึ่งขนาดเวกเตอร์บริเวณขอบภาพโดยเฉลี่ยจะมีขนาดใหญ่กว่าบริเวณกลางภาพเล็กน้อย

4.3 ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพกรณี 7-8

กรณี 7-8 เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบมาตราส่วนภาพถ่ายหรือระยะถ่ายภาพ ซึ่งในหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์จากค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบจากกระบวนการวัดย้อนสำหรับภาพถ่ายเดี่ยว (Single Photo Resection) ซึ่งใช้ภาพเพียงกรณีละ 1 ภาพ ดังนั้นจึงเลือกภาพซ้ายของแต่ละกรณีมา

ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

จุดตรวจสอบของกรณี 5-8 มีจำนวน 107 จุด โดยมีหมายเลขประจำแต่ละจุดดังนี้



รูปที่ 4.22 หมายเลขของจุดตรวจสอบกรณี 5-8

4.3.1 ค่าเศษเหลือกรณี 7 ภาพซ้าย

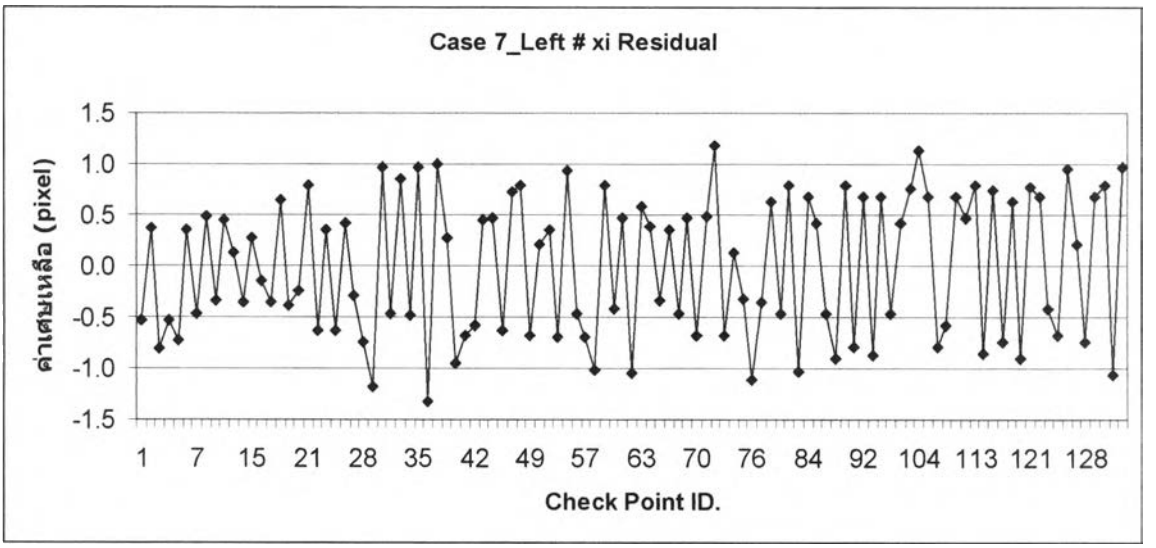
กรณี 7 มีระยะภาพถ่ายเท่ากับ 2 เมตรและใช้จุดควบคุมภาพถ่ายจำนวน 14 จุด หลังจากการคำนวณหาค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบแล้ว สามารถผลลัพธ์แสดงทางค่าทางสถิติ ได้ดังนี้

กรณี 7 (ภาพซ้าย)			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.13	1.32	0.64
yi	0.12	1.31	0.67
Total Direction	0.27	1.69	0.96

ตารางที่ 4.9 ค่าทางสถิติของเศษเหลือกรณี 7 ภาพซ้าย

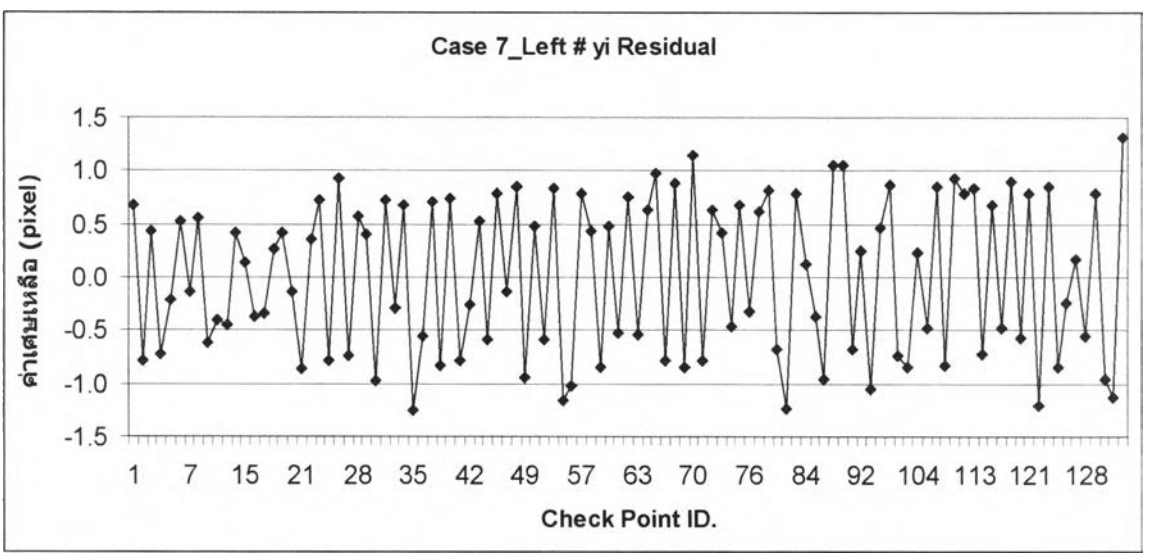
จากตารางที่ 4.9 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 7 ภาพซ้าย มีค่าเฉลี่ยทางแกน x , y และทิศทางรวม (Total Direction) เท่ากับ 0.64, 0.67 และ 0.96 จุดภาพ ตามลำดับ โดยช่วงของค่าเศษเหลือทางแกน x เท่ากับ 0.13 ถึง 1.32 จุดภาพ แกน y เท่ากับ 0.12 ถึง 1.31 จุดภาพ และทิศทางรวม เท่ากับ 0.27 ถึง 1.69 จุดภาพ

เพื่อให้เห็นการกระจายตัวของค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบแต่ละจุดสามารถแสดง ได้ดังนี้



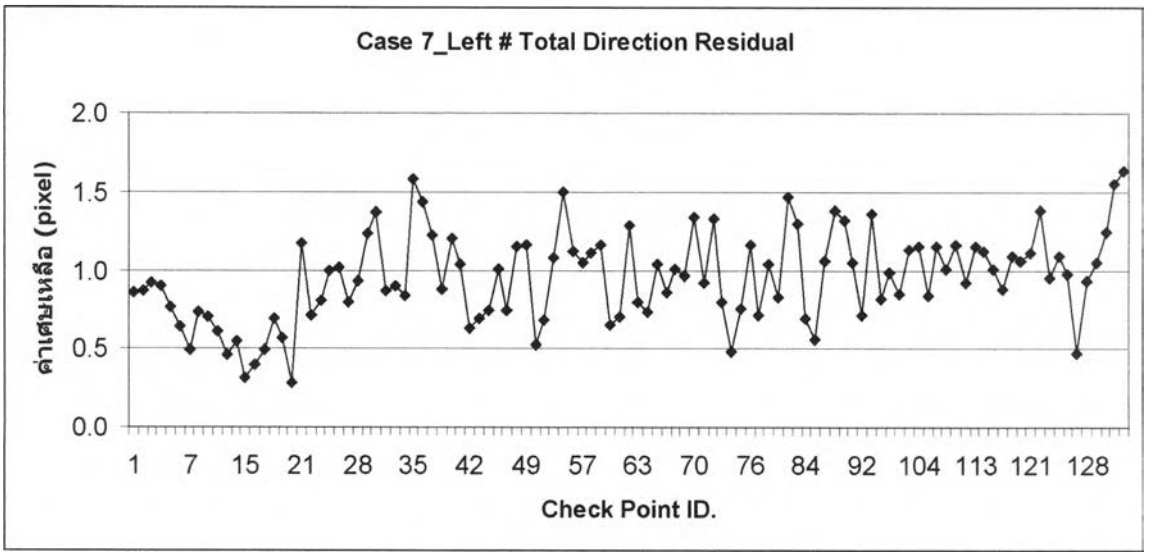
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่าเศษเหลือทางแกนx ของจุดตรวจสอบกรณี 7 ภาพซ้าย

จากรูปที่ 4.23 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดยค่าเศษเหลือทางแกน x ของกรณี 7 ภาพซ้าย จะอยู่ในช่วงประมาณ -1.3 ถึง 1.3 จุดภาพ



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าเศษเหลือทางแกนy ของจุดตรวจสอบกรณี 7 ภาพซ้าย

จากรูปที่ 4.24 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดยค่าเศษเหลือทางแกน y ของกรณี 7 ภาพซ้าย จะอยู่ในช่วงประมาณ -1.3 ถึง 1.3 จุดภาพ



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบกรณี 7 ภาพซ้าย

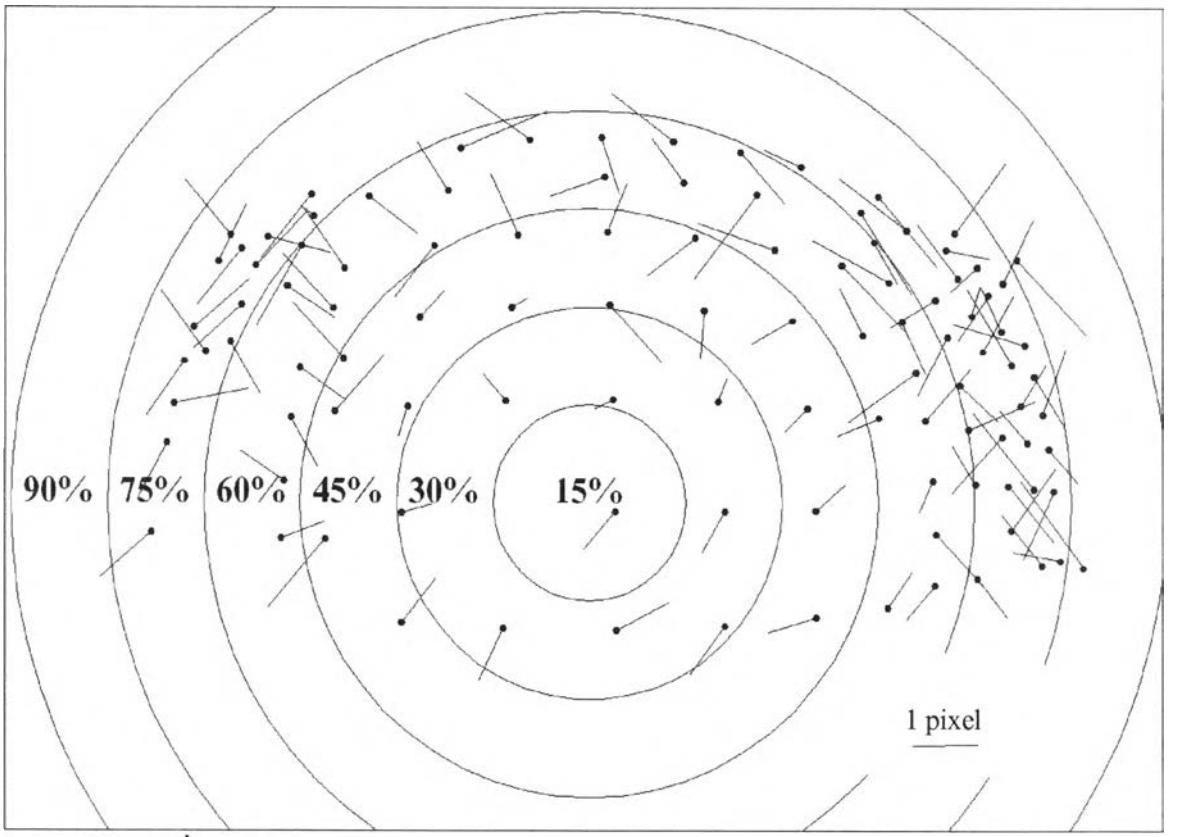
จากรูปที่ 4.25 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของกรณี 7 ภาพซ้ายจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.2 ถึง 1.7 จุดภาพ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเศษเหลือในบริเวณต่างๆ ของภาพถ่ายจะแบ่งพื้นที่ของภาพจากบริเวณกลางภาพไปจนถึงบริเวณขอบภาพโดยใช้จุดกลางภาพในการคำนวณแล้วแบ่งพื้นที่เป็นร้อยละของภาพ ตามรัศมีของภาพถ่าย ซึ่งจะแบ่งพื้นที่เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้ ค่าเศษเหลือเฉลี่ยในทิศทางรวมได้ดังนี้

พื้นที่ (%)	ค่าเศษเหลือเฉลี่ย (pixel)
0-15	0.74
15-30	0.64
30-45	0.79
45-60	1.00
60-75	0.98
75-90	1.29

ตารางที่ 4.10 ค่าเศษเหลือเฉลี่ยพิกัดภาพในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบบริเวณต่างๆ จากกรณี 7

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือเฉลี่ยของร้อยละของภาพในพื้นที่ต่างๆ ได้แก่ 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-75 และ75-90 มีค่าเท่ากับ 0.74, 0.64, 0.79, 1.00, 0.98 และ 1.29 จุดภาพตามลำดับ ดังนั้นค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆ จะมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.74 ถึง 1.29 จุดภาพ ซึ่งสามารถแสดงค่าเศษเหลือของแต่ละจุดตรวจสอบโดยใช้เวกเตอร์ได้ดังนี้



รูปที่ 4.25 เว็กเตอร์แสดงค่าเศษเหลือพิกัดภาพของจุดตรวจสอบกรณี 7 ภาพซ้าย

จากรูปที่ 4.25 จะเห็นว่าขนาดของเว็กเตอร์ของค่าเศษเหลือพิกัดภาพของจุดตรวจสอบกรณี 7 ภาพซ้ายบริเวณกลางภาพจะมีขนาดเล็กกว่าบริเวณขอบภาพเล็กน้อย

4.3.2 ค่าเศษเหลือกรณี 8 ภาพซ้าย

กรณี 8 มีระยะภาพถ่ายเท่ากับ 5 เมตรและใช้จุดควบคุมภาพถ่ายจำนวน 14 จุด หลังจากการคำนวณหาค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบแล้ว ได้ผลลัพธ์ดังนี้

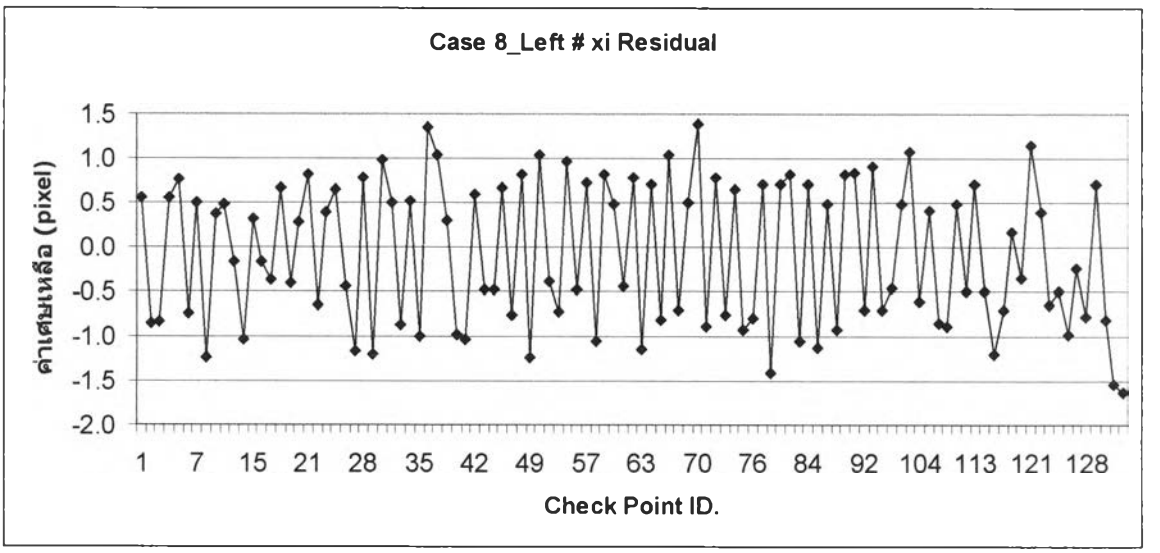
กรณี 8 (ภาพซ้าย)			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.16	1.65	0.76
yi	0.14	1.53	0.74
Total Direction	0.30	1.83	1.09

ตารางที่ 4.11 ค่าทางสถิติของเศษเหลือกรณี 8 ภาพซ้าย

จากตารางที่ 4.11 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 8 ภาพซ้าย มี

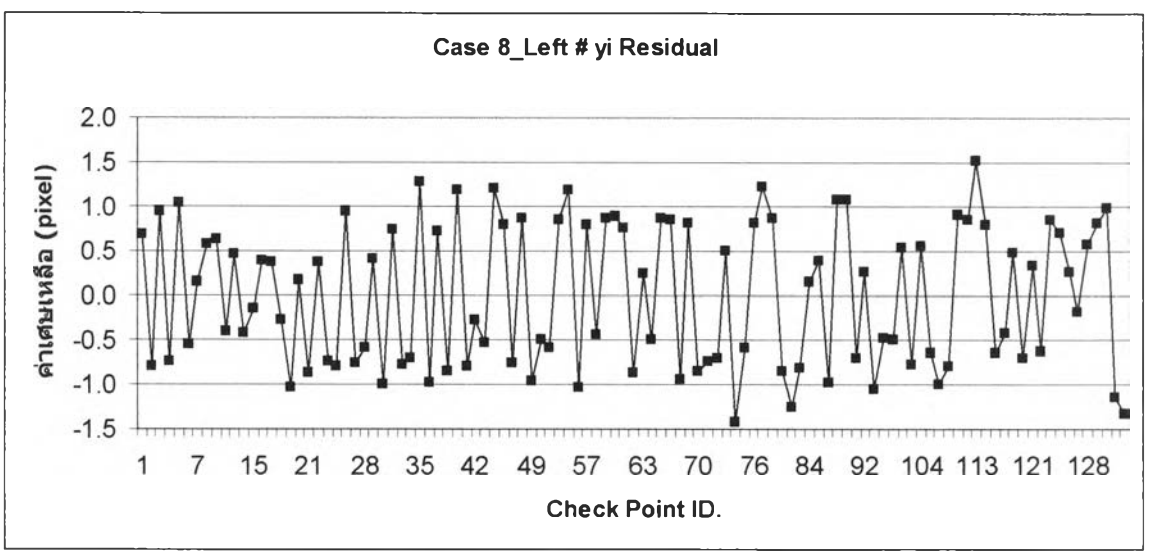
ค่าเฉลี่ยทางแกน x , y และทิศทางรวม (Total Direction) เท่ากับ 0.76, 0.74 และ 1.09 จุดภาพ ตามลำดับ โดยช่วงของค่าเศษเหลือทางแกน x เท่ากับ 0.16 ถึง 1.65 จุดภาพ แกน y เท่ากับ 0.14 ถึง 1.53 จุดภาพ และทิศทางรวม เท่ากับ 0.30 ถึง 1.83 จุดภาพ

เพื่อให้เห็นการกระจายตัวของค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบแต่ละจุดสามารถแสดง ได้ดังนี้



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่าเศษเหลือทางแกนx ของจุดตรวจสอบกรณี 8 ภาพซ้าย

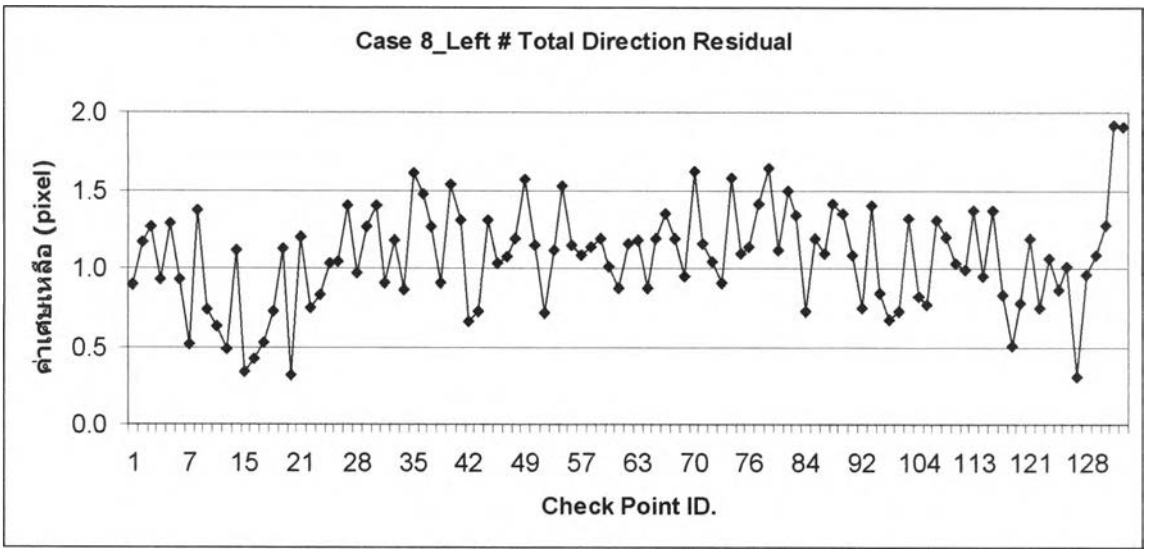
จากรูปที่ 4.26 จะเห็นว่าจะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดยค่าเศษเหลือทางแกน x อยู่ในช่วงประมาณ -1.6 ถึง 1.4 จุดภาพ



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าเศษเหลือทางแกนy ของจุดตรวจสอบกรณี 8 ภาพซ้าย

จากรูปที่ 4.27 จะเห็นว่าจะเห็นว่าค่าเศษเหลือจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกัน โดย

ค่า y ของกรณี 8 ภาพซ้าย จะอยู่ในช่วงประมาณ -1.4 ถึง 1.5 จุดภาพ



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบกรณี 8 ภาพซ้าย

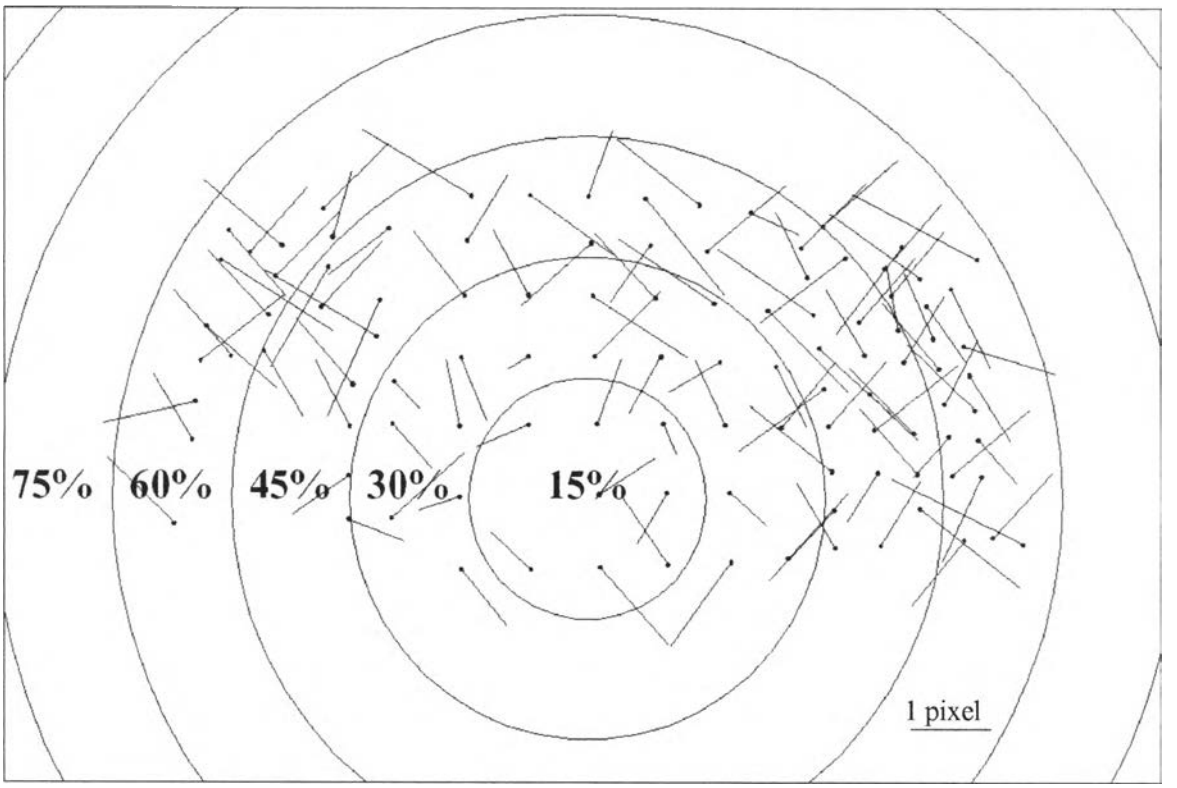
จากรูปที่ 4.28 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือในทิศทางรวมของกรณี 8 ภาพซ้ายจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.3 ถึง 1.8 จุดภาพ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเศษเหลือในบริเวณต่างๆ ของภาพถ่ายจะแบ่งพื้นที่ของภาพจากบริเวณกลางภาพไปจนถึงบริเวณขอบภาพโดยใช้จุดกลางภาพในการคำนวณแล้วแบ่งพื้นที่เป็นร้อยละของภาพ ตามรัศมีของภาพถ่าย ซึ่งจะแบ่งพื้นที่เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้ ค่าเศษเหลือเฉลี่ยในทิศทางรวมได้ดังนี้

พื้นที่ (%)	ค่าเศษเหลือเฉลี่ย (pixel)
0-15	0.92
15-30	0.93
30-45	1.11
45-60	1.14

ตารางที่ 4.12 ค่าเศษเหลือเฉลี่ยพิกัดภาพในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบบริเวณต่างๆ จากกรณี 8

จากตารางที่ 4.12 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือเฉลี่ยของร้อยละของภาพในพื้นที่ต่างๆ ได้แก่ 0-15, 15-30, 30-45 และ45-60 มีค่าเท่ากับ 0.92, 0.93, 1.11 และ 1.14 จุดภาพ ตามลำดับ ดังนั้นค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆ จะมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.92 ถึง 1.14 จุดภาพ ซึ่งสามารถแสดงค่าเศษเหลือของแต่ละจุดตรวจสอบโดยใช้เว็กเตอร์ได้ดังนี้



รูปที่ 4.29 เว็กเตอร์แสดงค่าเศษเหลือพิกัดภาพของจุดตรวจสอบกรณี 8 ภาพซ้าย

จากรูปที่ 4.29 จะเห็นว่าขนาดของเว็กเตอร์ของค่าเศษเหลือพิกัดภาพของจุดตรวจสอบกรณี 8 ภาพซ้ายบริเวณกลางภาพจะมีขนาดเล็กกว่าบริเวณขอบภาพเล็กน้อย

4.3.3 เปรียบเทียบค่าเศษเหลือพิกัดภาพกรณี 7-8

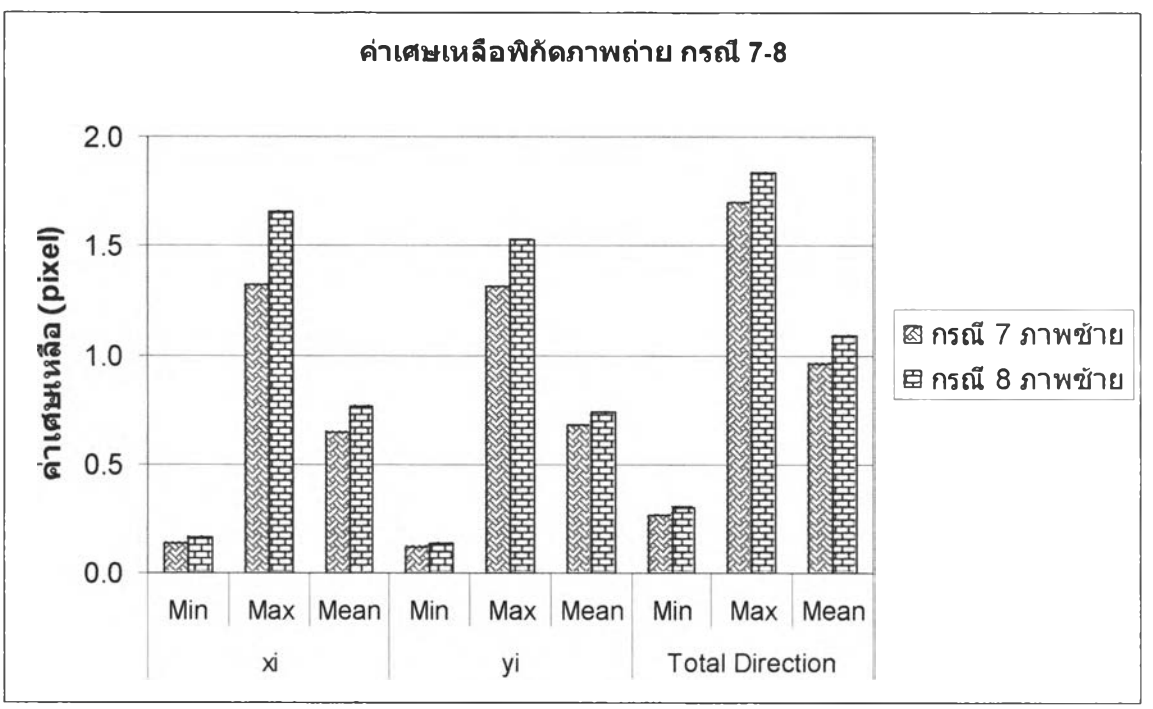
ในการวิเคราะเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพิกัดภาพจากการวัดและพิกัดภาพจากการคำนวณจะใช้ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และเปรียบเทียบในแต่ละกรณี

ค่าเศษเหลือ = | ค่าพิกัดภาพถ่ายที่วัดได้ – ค่าพิกัดภาพถ่ายที่คำนวณได้ |

กรณี 7 (ภาพซ้าย)			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.13	1.32	0.64
yi	0.12	1.31	0.67
Total Direction	0.27	1.69	0.96

กรณี 8 (ภาพซ้าย)			
Residual	**Min(pixel)**	**Max(pixel)**	**Mean(pixel)**
xi	0.16	1.65	0.76
yi	0.14	1.53	0.74
Total Direction	0.30	1.83	1.09

ตารางที่ 4.13 ค่าทางสถิติของเศษเหลือของค่าพิกัดภาพของจุดตรวจสอบกรณี 7 และ 8



รูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบค่าเศษเหลือพิกัดภาพกรณี 7-8 (ภาพซ้าย)

จากตารางที่ 4.13 และรูปที่4.30 วิเคราะห์ได้ดังนี้

1) ในแกน x ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 7 ภาพซ้ายมีค่าน้อยกว่ากรณี 8 ภาพซ้าย เท่ากับ 0.12 จุดภาพ ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 7 ภาพซ้ายมีค่าน้อยกว่ากรณี 8 ภาพซ้าย เท่ากับ 0.03 จุดภาพ และ 0.33 จุดภาพ ตามลำดับ

2) ในแกน y ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 7 ภาพซ้ายมีค่าน้อยกว่ากรณี 8 ภาพซ้าย เท่ากับ 0.07 จุดภาพ ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 7 ภาพซ้ายมีค่าน้อยกว่ากรณี 8 ภาพซ้าย เท่ากับ 0.02 จุดภาพ และ 0.22 จุดภาพ ตามลำดับ

3) ในทิศทางรวม ค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 7 ภาพซ้ายมีค่าน้อยกว่ากรณี 8 ภาพซ้าย เท่ากับ 0.13 จุดภาพ ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 7 ภาพซ้ายมีค่าน้อยกว่ากรณี 8 ภาพซ้าย เท่ากับ 0.03 จุดภาพ และ 0.14 จุดภาพ ตามลำดับ

4.4 ค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุกรณี 5-8

กรณี 5-8 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบจากการคำนวณพิกัดวัตถุของคู่ภาพ (Two Photo Intersection) ในโปรแกรม Mathematica V.5 โดยค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุนี้เป็นการแสดงความแตกต่างระหว่างเหลือค่าพิกัดวัตถุจากกล้องประมวลผลรวมและค่าพิกัดวัตถุที่คำนวณได้จากแบบจำลองเลนส์ตาปลา

ค่าเศษเหลือ = ค่าพิกัดวัตถุจากกล้องประมวลผลรวม – ค่าพิกัดวัตถุที่คำนวณได้

4.4.1 ค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุกรณี 5

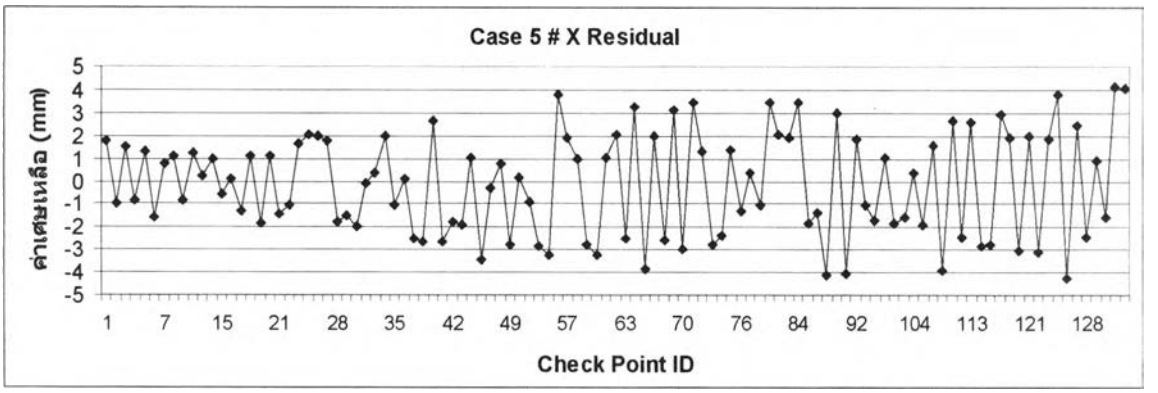
กรณี 5 มีระยะถ่ายภาพ 2 เมตร ระยะฐานระหว่างสถานีถ่ายภาพ 1 เมตร และมีปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบคือ การหมายตำแหน่งจุดภาพเพียงครั้งเดียว ผลลัพธ์ของการคำนวณพิกัดวัตถุของคู่ภาพมีดังนี้

กรณี 5			
Residual	**Min (mm)**	**Max (mm)**	**Mean (mm)**
X	0.1	4.3	2.0
Y	0.1	4.2	1.9
Z	0.2	8.5	3.9
Total Direction	0.7	9.7	4.9

ตารางที่ 4.14 ค่าทางสถิติของเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 5

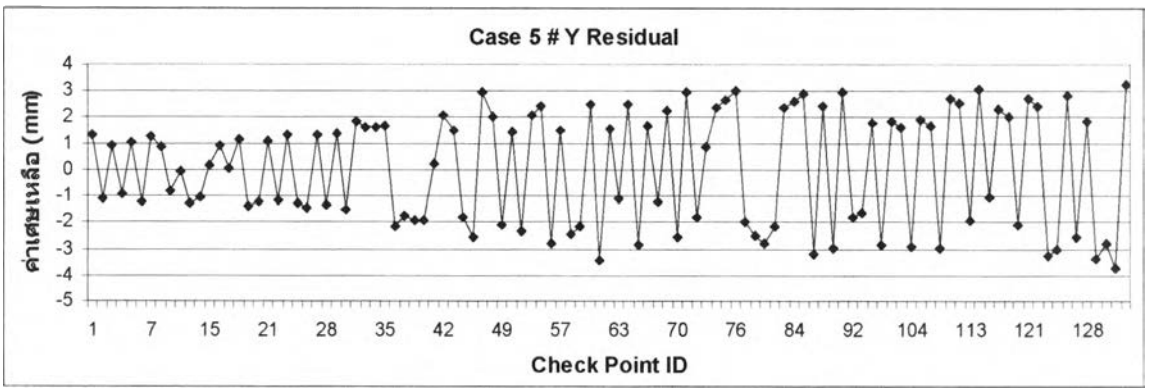
จากตารางที่ 4.14 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 5 มีค่าเฉลี่ยทางแกน X, Y, Z และทิศทางรวม (Total Direction) เท่ากับ 2.0, 1.9, 3.9 และ4.9 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยช่วงของค่าเศษเหลือทางแกน X เท่ากับ 0.1 ถึง 4.3 มิลลิเมตร แกน Y เท่ากับ 0.1 ถึง 4.2 มิลลิเมตร แกน Z เท่ากับ 0.2 ถึง 8.5 มิลลิเมตร และทิศทางรวม เท่ากับ 0.7 ถึง 9.7 มิลลิเมตร

เพื่อให้เห็นการกระจายตัวของค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบแต่ละจุดสามารถแสดง ได้ดังนี้



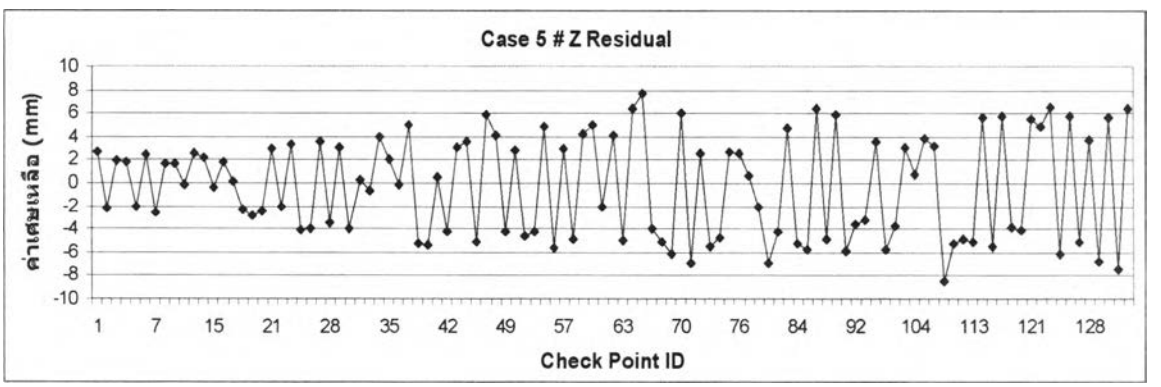
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน X ของจุดตรวจสอบกรณี 5

จากรูปที่ 4.31 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน X ของจุดตรวจสอบกรณี 5 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ -4.2 ถึง 4.2



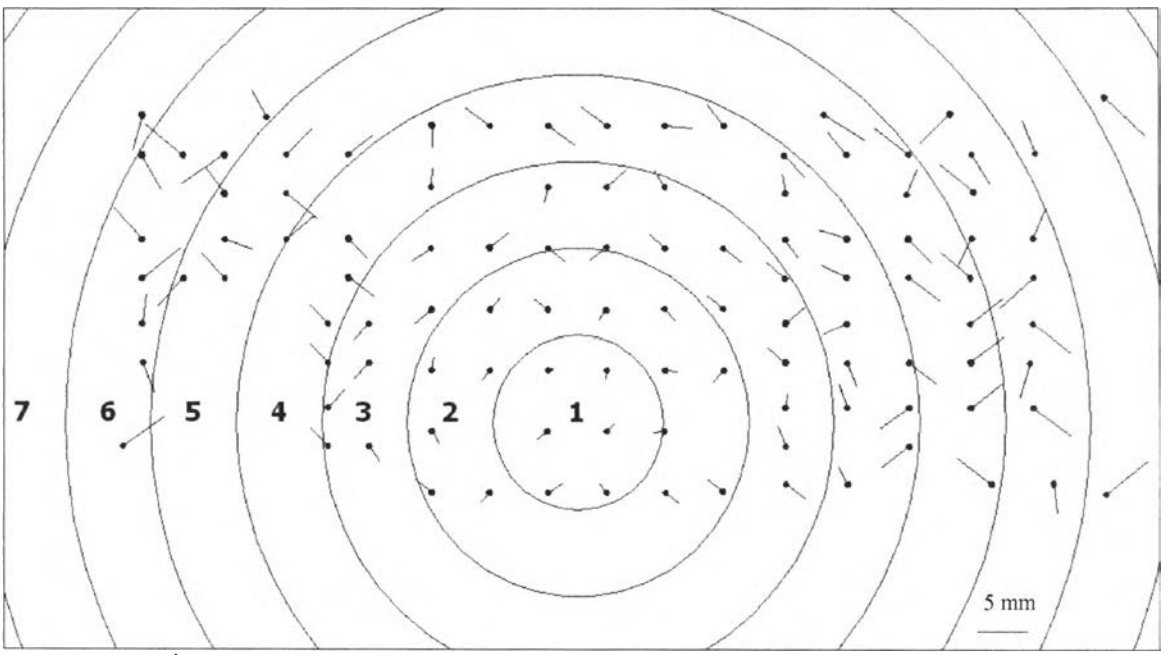
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Y ของจุดตรวจสอบกรณี 5

จากรูปที่ 4.32 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Y ของจุดตรวจสอบกรณี 5 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ -4.2 ถึง 4.2



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Z ของจุดตรวจสอบกรณี 5

จากรูปภาพที่ 4.33 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Z ของจุดตรวจสอบกรณี 5 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ -8.5 ถึง 8.1



รูปที่ 4.34 เว็กเตอร์แสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุในทางราบของจุดตรวจสอบกรณี 5

จากรูปที่ 4.34 จะเห็นว่าขนาดของเว็กเตอร์โดยรวมของค่าเศษเหลือบริเวณส่วนริมของคู่ภาพจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของเว็กเตอร์บริเวณกลางคู่ภาพ โดยเทียบจากพื้นที่วงกลมซึ่งเป็นแนวรัศมีที่วัดจากจุดกลางคู่ภาพออกมาครั้งละ 1 เมตร จนถึง 8 เมตร

ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเศษเหลือในบริเวณต่างๆ ของสนามวัดสอบ สามารถวิเคราะห์ค่าเศษเหลือของแต่ละพื้นที่โดยเทียบกับตำแหน่งกลางคู่ภาพ แล้ววัดตามแนวรัศมีซึ่งกำหนดให้แต่ละพื้นที่มีรัศมี เท่ากับ 1เมตร จนถึง 8 เมตร จะได้ค่าเศษเหลือเฉลี่ยของจุดตรวจสอบแต่ละพื้นที่ ดังนี้

พื้นที่ตามแนวรัศมี (m)	ค่าเศษเหลือเฉลี่ย (mm)
0-1	2.0
1-2	2.7
2-3	4.0
3-4	4.8
4-5	6.3
5-6	6.8
6-7	7.7
7-8	9.3

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพิกัดวัตถุในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบ โดยสัมพันธ์กับพื้นที่ตามแนวรัศมีที่เทียบกับจุดกลางคู่ภาพของกรณี 5

จากตารางที่ 4.15 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามแนวรัศมี โดยค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพื้นที่รัศมี 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เมตร มีค่าเท่ากับ 2.0, 2.7, 4.0, 4.8, 6.3, 6.8, 7.7 และ 9.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ สรุปได้ว่าค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบจะแปรผันกับระยะทางจากจุดกลางคู่ภาพถึงจุดตรวจสอบ

4.4.2 ค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุกรณี 6

กรณี 6 มีระยะถ่ายภาพ 2 เมตร ระยะฐานระหว่างสถานีถ่ายภาพ 1 เมตร และมีปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบคือ การหมายตำแหน่งจุดภาพด้วยการวัดและทดสอบค่าทางสถิติ โดยผลลัพธ์ของการคำนวณพิกัดวัตถุของคู่ภาพมีดังนี้

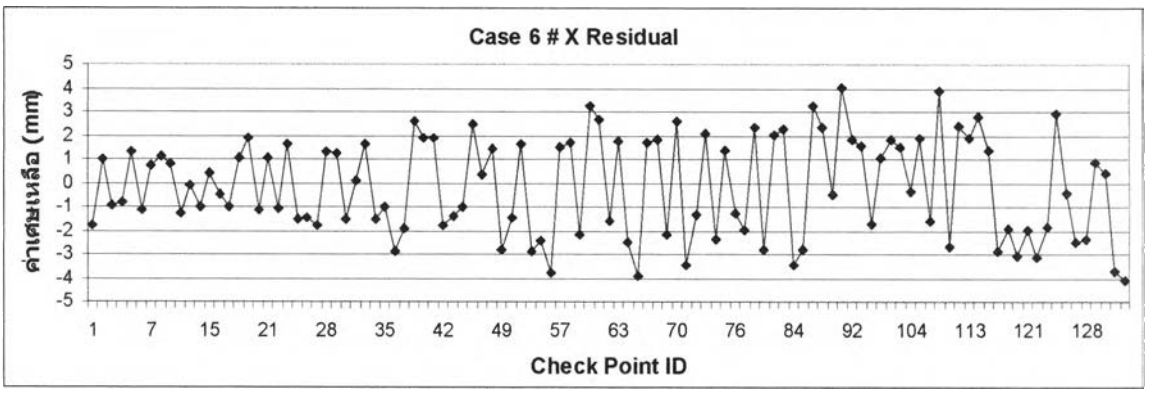
กรณี 6			
Residual	**Min (mm)**	**Max (mm)**	**Mean (mm)**
X	0.1	4.1	1.9
Y	0.1	4.2	1.8
Z	0.2	8.1	3.7
Total Direction	0.6	9.6	4.7

ตารางที่ 4.16 ค่าทางสถิติของเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 6

จากตารางที่ 4.16 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 6 มีค่าเฉลี่ยทาง

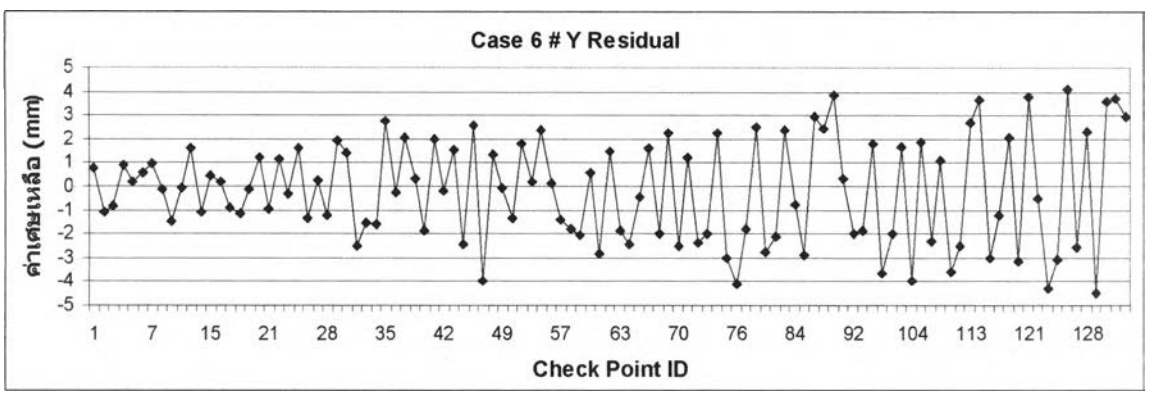
แกน X, Y, Z และทิศทางรวม (Total Direction) เท่ากับ 1.9, 1.8, 3.7 และ4.7 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยช่วงของค่าเศษเหลือทางแกน X เท่ากับ 0.1 ถึง 4.1 มิลลิเมตร แกน Y เท่ากับ 0.1 ถึง 4.2 มิลลิเมตร แกน Z เท่ากับ 0.2 ถึง 8.1 มิลลิเมตร และทิศทางรวม เท่ากับ 0.6 ถึง 9.6 มิลลิเมตร

เพื่อให้เห็นการกระจายตัวของค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบแต่ละจุดสามารถแสดง ได้ดังนี้



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน X ของจุดตรวจสอบกรณี 6

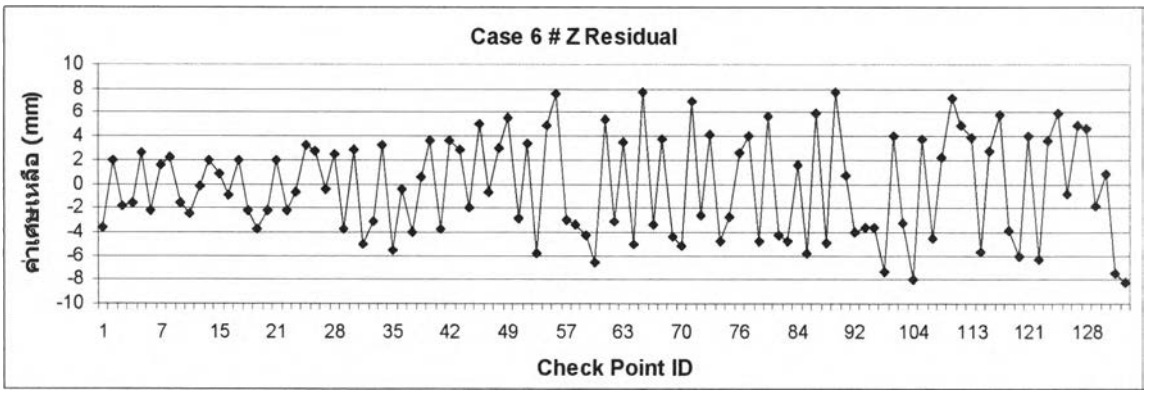
จากรูปที่ 4.35 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน X ของจุดตรวจสอบกรณี 6 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ -4.2 ถึง 4.1



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Y ของจุดตรวจสอบกรณี 6

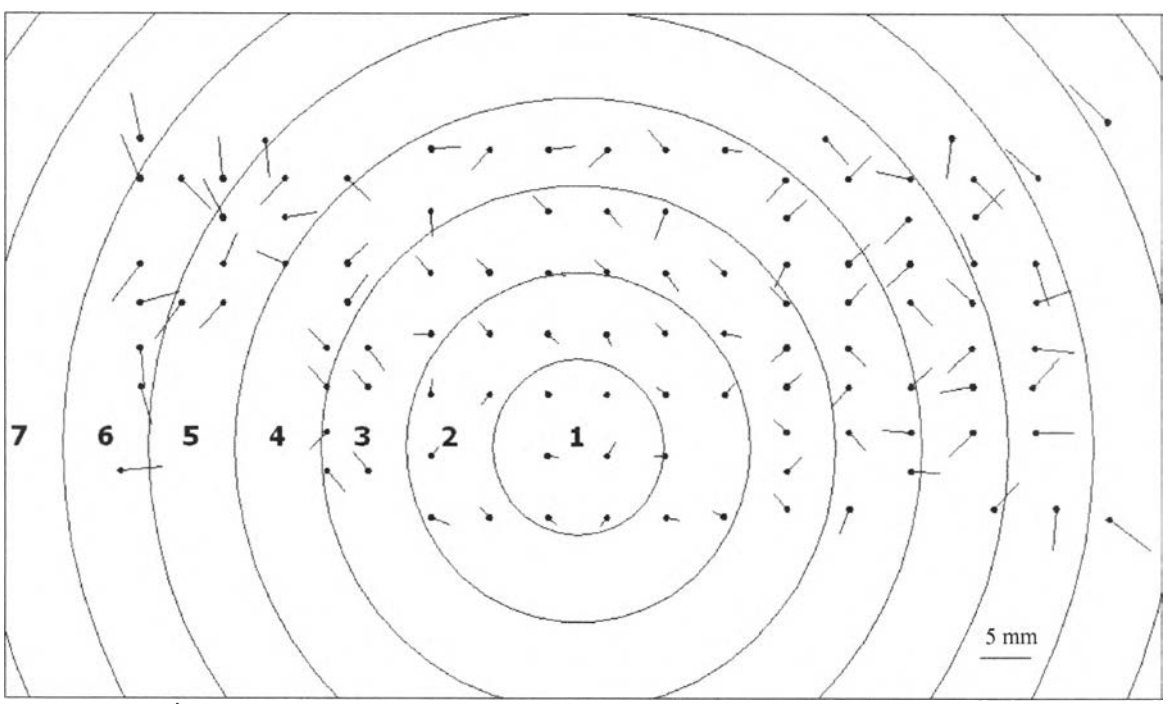
จากรูปที่ 4.36 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Y ของจุดตรวจสอบกรณี 6 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ -4.2 ถึง 4.1

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.37 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Z ของจุดตรวจสอบกรณี 6

จากรูปที่ 4.37 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Z ของจุดตรวจสอบกรณี 6 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ -8.1 ถึง 8.0



รูปที่ 4.38 เวิกเตอร์แสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุในทางราบของจุดตรวจสอบกรณี 6

จากรูปที่ 4.38 จะเห็นว่าขนาดของเวิกเตอร์โดยรวมของค่าเศษเหลือบริเวณส่วนริมของคู่ภาพจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของเวิกเตอร์บริเวณกลางคู่ภาพ โดยเทียบจากพื้นที่วงกลมซึ่งเป็นแนวรัศมีที่วัดจากจุดกลางคู่ภาพออกมาครั้งละ 1 เมตร จนถึง 8 เมตร

ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเศษเหลือในบริเวณต่างๆ ของสนามวัดสอบ สามารถวิเคราะห์ค่าเศษเหลือของแต่ละพื้นที่โดยเทียบกับตำแหน่งกลางคู่ภาพ แล้ววัดตามแนวรัศมีซึ่งกำหนดให้แต่ละพื้นที่มีรัศมี เท่ากับ 1เมตร จนถึง 8 เมตร จะได้ค่าเศษเหลือเฉลี่ยของจุดตรวจสอบแต่ละ

พื้นที่ ดังนี้

พื้นที่ตามแนวรัศมี (m)	ค่าเศษเหลือเฉลี่ย (mm)
0-1	1.9
1-2	2.6
2-3	3.9
3-4	4.6
4-5	6.0
5-6	6.4
6-7	7.2
7-8	9.1

ตารางที่ 4.17 ตารางแสดงค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพิกัดวัตถุในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบ โดยสัมพันธ์กับพื้นที่ตามแนวรัศมีที่เทียบกับจุดกลางคู่ภาพของกรณี 6

จากตารางที่ 4.17 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามแนวรัศมี โดยค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพื้นที่รัศมี 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เมตร มีค่าเท่ากับ 1.9, 2.6, 3.9, 4.6, 6.0, 6.4, 7.2 และ 9.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ สรุปได้ว่าค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบจะแปรผันกับระยะทางจากจุดกลางคู่ภาพถึงจุดตรวจสอบ

4.4.3 ค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุกรณี 7

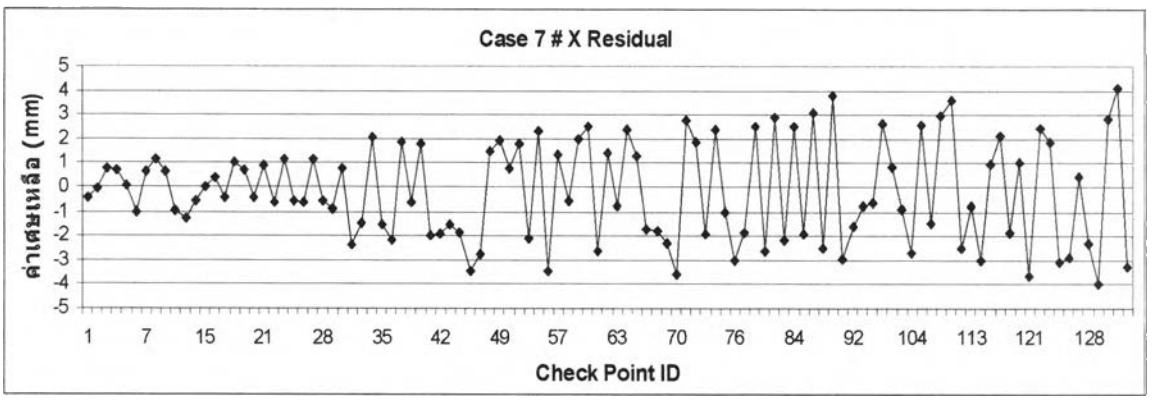
กรณี 7 มีระยะถ่ายภาพ 2 เมตร ระยะฐานระหว่างสถานีถ่ายภาพ 2 เมตร โดยปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบคือ อัตราส่วนระยะฐานต่อระยะลึกและมาตราส่วนภาพถ่ายหรือระยะถ่ายภาพ โดยผลลัพธ์ของการคำนวณพิกัดวัตถุของคู่ภาพมีดังนี้

กรณี 7			
Residual	**Min (mm)**	**Max (mm)**	**Mean (mm)**
X	0.02	4.0	1.7
Y	0.03	4.1	1.7
Z	0.1	8.2	3.6
Total Direction	0.3	9.4	4.5

ตารางที่ 4.18 ค่าทางสถิติของเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 7

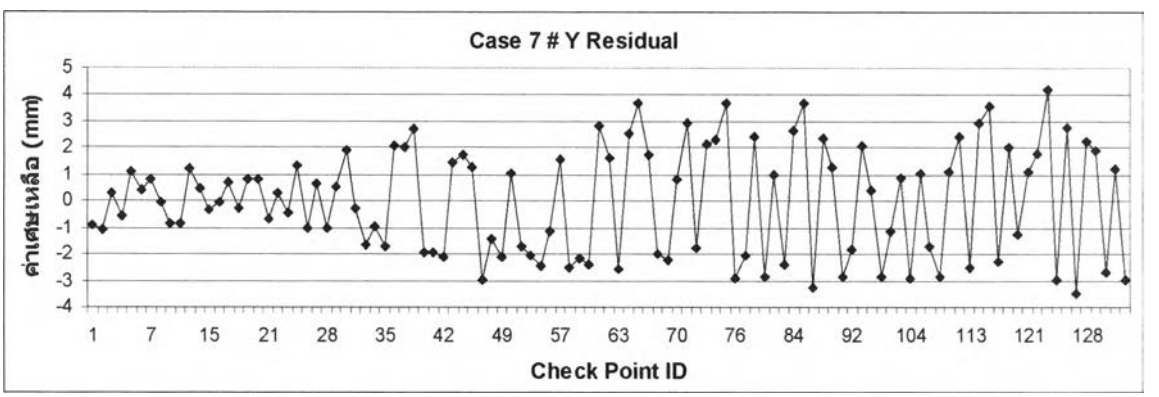
จากตารางที่ 4.18 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 7 มีค่าเฉลี่ยทางแกน X, Y, Z และทิศทางรวม (Total Direction) เท่ากับ 1.7, 1.7, 3.6 และ 4.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยช่วงของค่าเศษเหลือทางแกน X เท่ากับ 0.02 ถึง 4.0 มิลลิเมตร แกน Y เท่ากับ 0.03 ถึง 4.1 มิลลิเมตร แกน Z เท่ากับ 0.1 ถึง 8.2 มิลลิเมตร และทิศทางรวม เท่ากับ 0.3 ถึง 9.4 มิลลิเมตร

เพื่อให้เห็นการกระจายตัวของค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบแต่ละจุดสามารถแสดง ได้ดังนี้



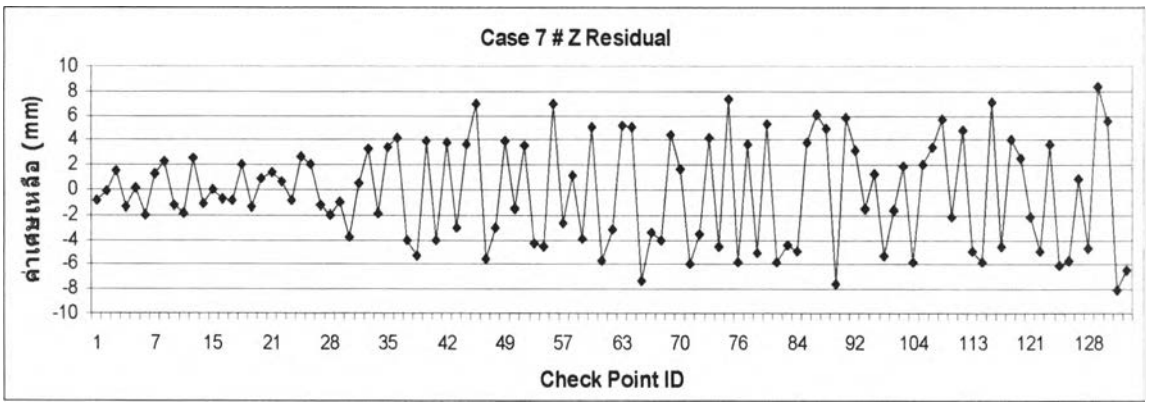
รูปที่ 4.39 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน X ของจุดตรวจสอบกรณี 7

จากรูปที่ 4.39 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน X ของจุดตรวจสอบกรณี 7 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ -4.1 ถึง 4.1



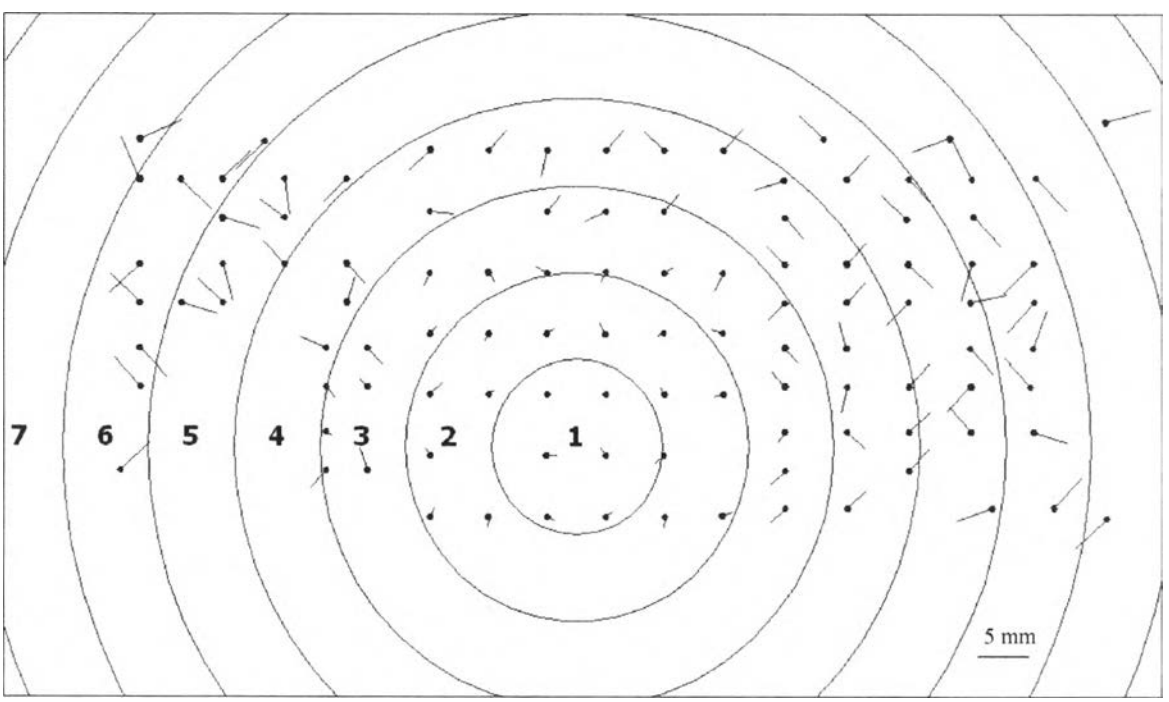
รูปที่ 4.40 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Y ของจุดตรวจสอบกรณี 7

จากรูปที่ 4.40 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Y ของจุดตรวจสอบกรณี 7 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ -3.8 ถึง 4.1 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Z ของจุดตรวจสอบกรณี 7

จากรูปที่ 4.41 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Z ของจุดตรวจสอบกรณี 7 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ -8.1 ถึง 8.1 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.42 เว็กเตอร์แสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุในทางราบของจุดตรวจสอบกรณี 7

จากรูปที่ 4.42 จะเห็นว่าขนาดของเว็กเตอร์โดยรวมของค่าเศษเหลือบริเวณส่วนริมของคู่ภาพจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของเว็กเตอร์บริเวณกลางคู่ภาพ โดยเทียบจากพื้นที่วงกลมซึ่งเป็นแนวรัศมีที่วัดจากจุดกลางคู่ภาพออกมาครั้งละ 1 เมตร จนถึง 8 เมตร

ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเศษเหลือในบริเวณต่างๆ ของสนามวัดสอบ สามารถวิเคราะห์ค่าเศษเหลือของแต่ละพื้นที่โดยเทียบกับตำแหน่งกลางคู่ภาพ แล้ววัดตามแนวรัศมีซึ่ง

กำหนดให้แต่ละพื้นที่มีรัศมี เท่ากับ 1เมตร จนถึง 8 เมตร จะได้ค่าเศษเหลือเฉลี่ยของจุดตรวจสอบแต่ละพื้นที่ ดังนี้

พื้นที่ตามแนวรัศมี (m)	ค่าเศษเหลือเฉลี่ย (mm)
0-1	1.5
1-2	1.7
2-3	3.0
3-4	4.6
4-5	5.7
5-6	7.1
6-7	8.3
7-8	9.2

ตารางที่ 4.19 ตารางแสดงค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพิกัดวัตถุในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบโดยสัมพันธ์กับพื้นที่ตามแนวรัศมีที่เทียบกับจุดกลางคู่ภาพของกรณี 7

จากตารางที่ 4.19 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามแนวรัศมี โดยค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพื้นที่รัศมี 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เมตร มีค่าเท่ากับ 1.5, 1.7, 3.0, 4.6, 5.7, 7.1, 8.3 และ 9.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ สรุปได้ว่าค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบจะแปรผันกับระยะทางจากจุดกลางคู่ภาพถึงจุดตรวจสอบ

4.4.4 ค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุกรณี 8

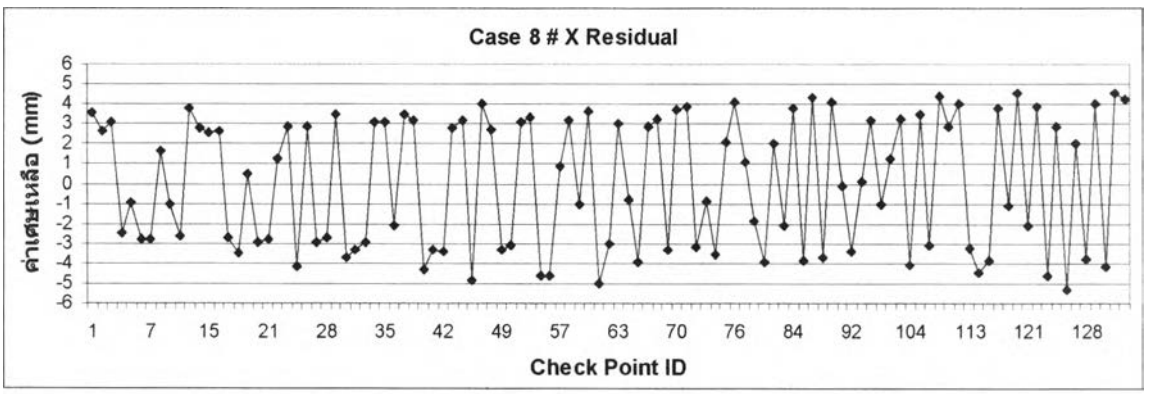
กรณี 8 มีระยะถ่ายภาพ 5 เมตร ระยะฐานระหว่างสถานีถ่ายภาพ 2 เมตร โดยปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบคือ มาตราส่วนภาพถ่ายหรือระยะถ่ายภาพ โดยผลลัพธ์ของการคำนวณพิกัดวัตถุของคู่ภาพมีดังนี้

กรณี 8			
Residual	**Min (mm)**	**Max (mm)**	**Mean (mm)**
X	0.1	5.2	3.1
Y	0.1	5.3	3.0
Z	0.2	10.6	6.1
Total Direction	1.7	12.5	7.7

ตารางที่ 4.20 ค่าทางสถิติของเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 8

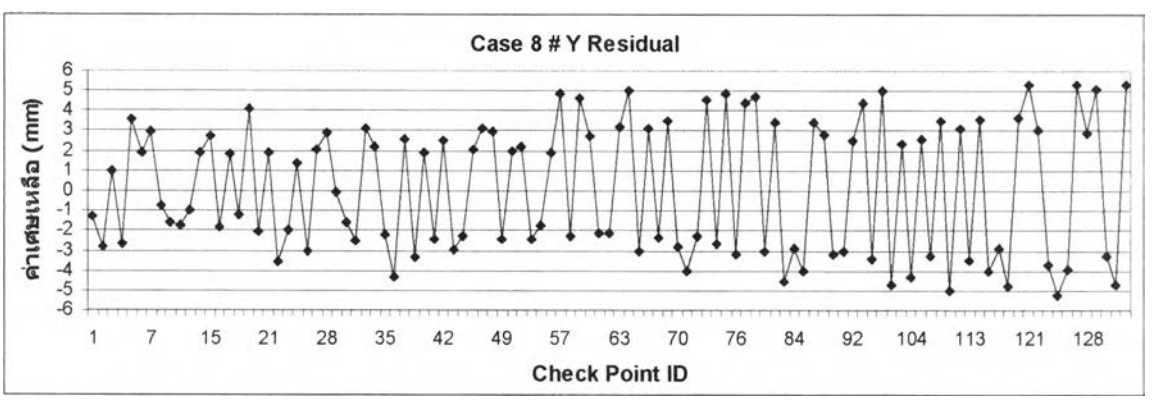
จากตารางที่ 4.20 จะเห็นว่า ค่าเศษเหลือของพิกัดภาพของจุดตรวจสอบ กรณี 8 มีค่าเฉลี่ยทางแกน X, Y, Z และทิศทางรวม (Total Direction) เท่ากับ 3.1, 3.0, 6.1 และ 7.7 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยช่วงของค่าเศษเหลือทางแกน X เท่ากับ 0.1 ถึง 5.2 มิลลิเมตร แกน Y เท่ากับ 0.1 ถึง 5.3 มิลลิเมตร แกน Z เท่ากับ 0.2 ถึง 10.6 มิลลิเมตร และทิศทางรวม เท่ากับ 1.7 ถึง 12.5 มิลลิเมตร

เพื่อให้เห็นการกระจายตัวของค่าเศษเหลือของจุดตรวจสอบแต่ละจุดสามารถแสดง ได้ดังนี้



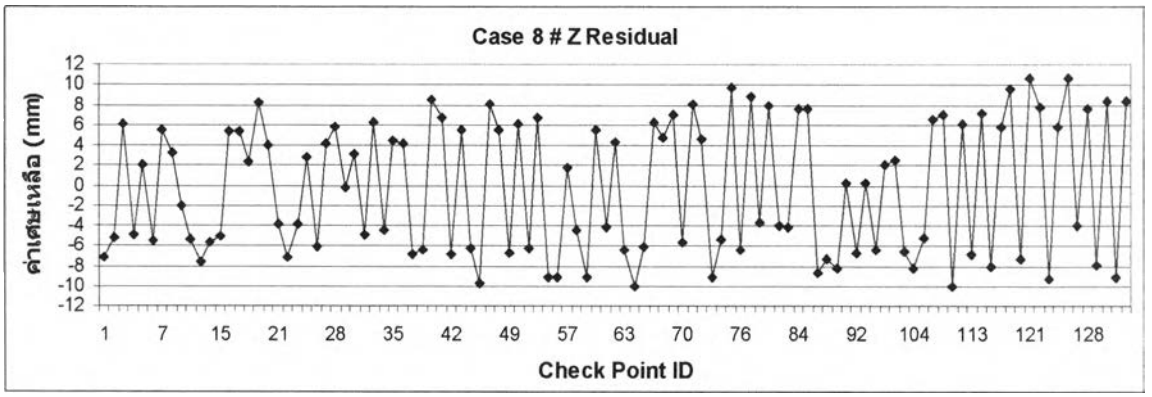
รูปที่ 4.43 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน X ของจุดตรวจสอบกรณี 8

จากรูปที่ 4.43 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน X ของจุดตรวจสอบกรณี 8 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ -5.2 ถึง 4.9 มิลลิเมตร



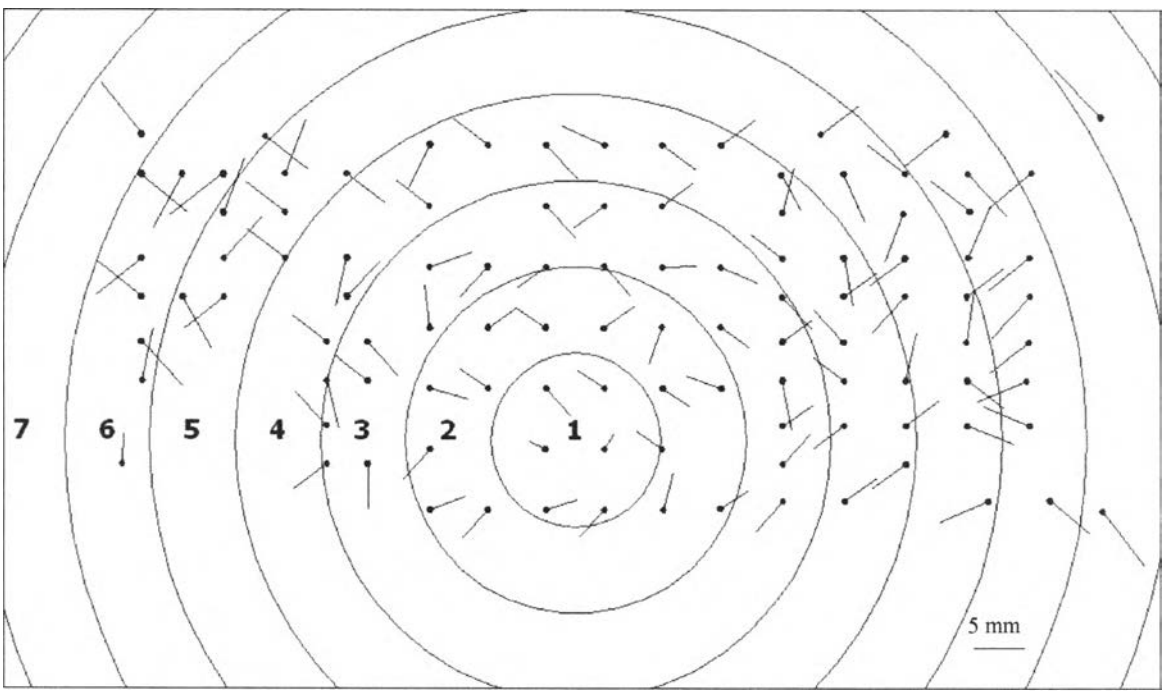
รูปที่ 4.44 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Y ของจุดตรวจสอบกรณี 8

จากรูปที่ 4.44 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Y ของจุดตรวจสอบกรณี 8 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ -5.1 ถึง 5.2 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.45 กราฟแสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Z ของจุดตรวจสอบกรณี 8

จากรูปที่ 4.45 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุทางแกน Z ของจุดตรวจสอบกรณี 8 จะมีค่าบวกและค่าลบจำนวนใกล้เคียงกันและกระจายกันอยู่ในช่วงประมาณ –10.1 ถึง 10.2 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.46 เว็กเตอร์แสดงค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุในทางราบของจุดตรวจสอบกรณี 8

จากรูปที่ 4.46 จะเห็นว่าขนาดของเว็กเตอร์โดยรวมของค่าเศษเหลือบริเวณส่วนริมของคู่ภาพจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของเว็กเตอร์บริเวณกลางคู่ภาพ

ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเศษเหลือในบริเวณต่างๆ ของสนามวัดสอบ สามารถวิเคราะห์ค่าเศษเหลือของแต่ละพื้นที่โดยเทียบกับตำแหน่งกลางคู่ภาพ แล้ววัดตามแนวรัศมีซึ่งกำหนดให้แต่ละพื้นที่มีรัศมี เท่ากับ 1เมตร จนถึง 8 เมตร จะได้ค่าเศษเหลือเฉลี่ยของจุดตรวจสอบแต่ละ

พื้นที่ ดังนี้

พื้นที่ตามแนวรัศมี (m)	ค่าเศษเหลือเฉลี่ย (mm)
0-1	5.2
1-2	6.1
2-3	6.5
3-4	7.8
4-5	8.8
5-6	9.0
6-7	10.5
7-8	11.2

ตารางที่ 4.21 ตารางแสดงค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพิกัดวัตถุในทิศทางรวมของจุดตรวจสอบ โดยสัมพันธ์กับพื้นที่ตามแนวรัศมีที่เทียบกับจุดกลางคู่ภาพของกรณี 8

จากตารางที่ 4.21 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามแนวรัศมี โดยค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพื้นที่รัศมี 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เมตร มีค่าเท่ากับ 5.2, 6.1, 6.5, 7.8, 8.8, 9.0, 10.5 และ 11.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ สรุปได้ว่าค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบจะแปรผันกับระยะทางจากจุดกลางคู่ภาพถึงจุดตรวจสอบ

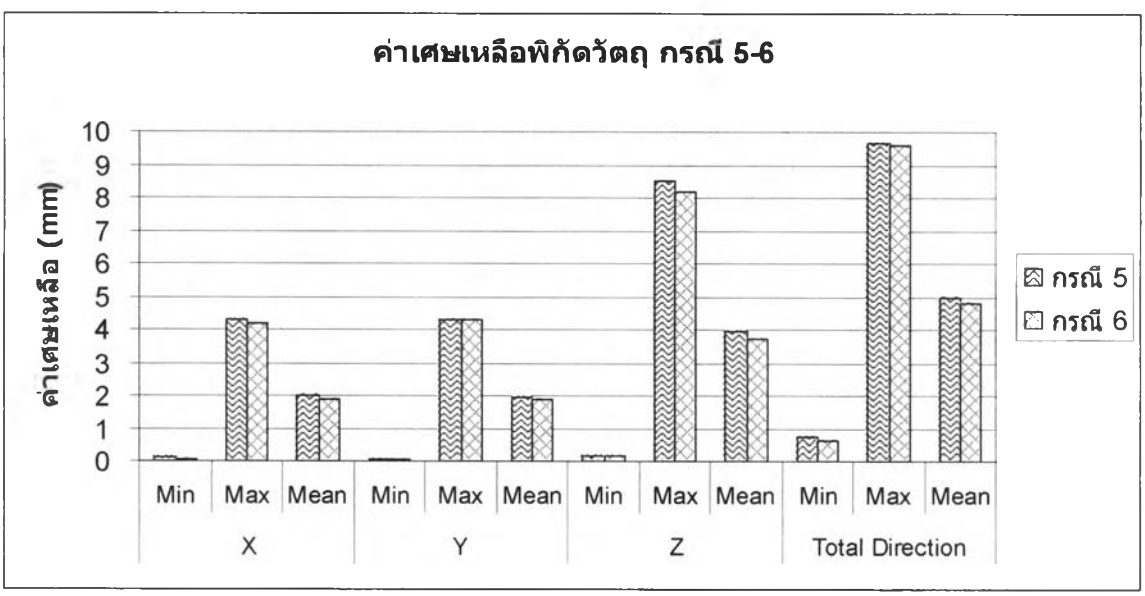
4.4.5 เปรียบเทียบกรณี 5-6

กรณี 5-6 เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีการหมายตำแหน่งจุดภาพ โดยกรณีใช้วิธีการวัดจุดตำแหน่งจุดภาพเพียงครั้งเดียว ส่วนกรณี 6 ใช้วิธีการวัดและทดสอบค่าทางสถิติให้อยู่ในเกณฑ์ไม่เกินกว่าระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งสองกรณีนี้จะใช้ค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุจากหัวข้อ 4.4.1 และ 4.4.2

ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดวัตถุจากกล้องประมวลผลรวมและค่าพิกัดวัตถุที่คำนวณได้ใช้ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือในทิศทางแกน X, Y และZ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และเปรียบเทียบในแต่ละกรณี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กรณี 5			
Residual	**Min (mm)**	**Max (mm)**	**Mean (mm)**
X	0.1	4.3	2.0
Y	0.1	4.2	1.9
Z	0.2	8.5	3.9
Total Direction	0.7	9.7	4.9
กรณี 6			
Residual	**Min (mm)**	**Max (mm)**	**Mean (mm)**
X	0.1	4.1	1.9
Y	0.1	4.2	1.8
Z	0.2	8.1	3.7
Total Direction	0.6	9.6	4.7

ตารางที่ 4.22 ค่าทางสถิติของเศษเหลือของค่าพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบกรณี 5 และ 6



รูปที่ 4.47 กราฟเปรียบเทียบค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุกรณี 5-6

จากตารางที่ 4.22 และรูปที่ 4.47 จะวิเคราะห์ได้ดังนี้

1) ในแกน X ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 5 มีค่ามากกว่ากรณี 6 เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร และค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 5 มีค่ามากกว่ากรณี 6 เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ

2) ในแกน Y ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 5 มีค่ามากกว่ากรณี 6 เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 5 มีค่าเท่ากับกรณี 6

3) ในแกน Z ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 5 มีค่ามากกว่ากรณี 6 เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร และค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 5 มีค่ามากกว่ากรณี 6 เท่ากับ 0.4 มิลลิเมตร

4) ในทิศทางรวม ค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 5 มีค่ามากกว่ากรณี 6 เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 5 มีค่ามากกว่ากรณี 6 เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร เช่นกัน

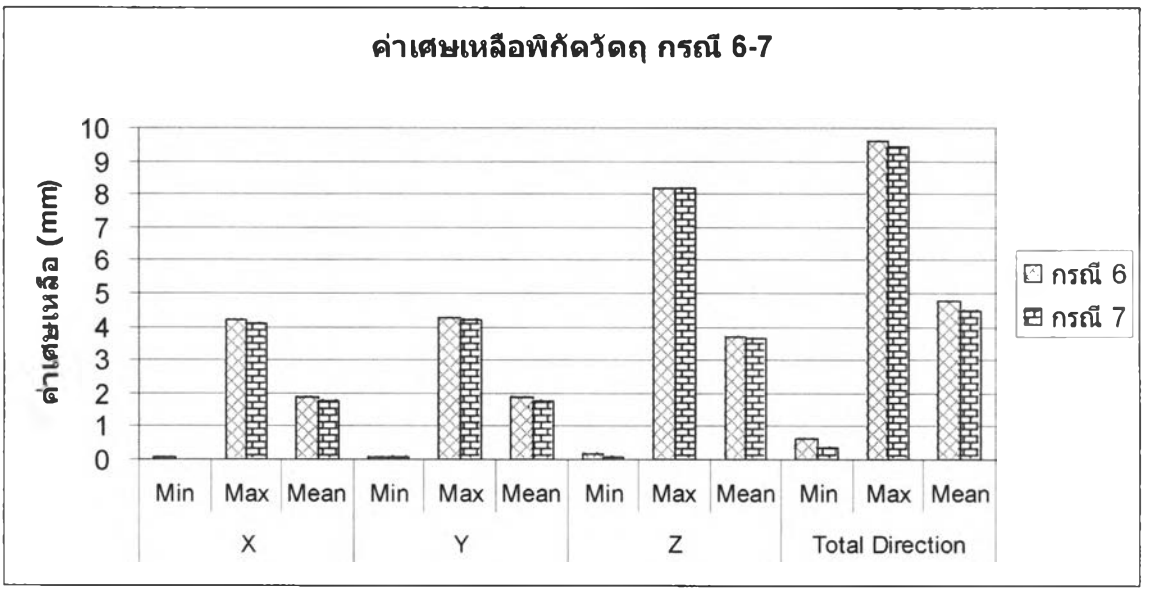
4.4.6 เปรียบเทียบกรณี 6-7

กรณี 6-7 เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราส่วนระยะฐานต่อระยะลึก โดยกรณี 6 ใช้อัตราส่วนระยะฐานต่อระยะลึก เท่ากับ 0.5 ส่วนกรณี 7 ใช้อัตราส่วนระยะฐานต่อระยะลึก เท่ากับ 1 ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งสองกรณีนี้จะใช้ค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุจากหัวข้อ 4.4.2 และ 4.4.3

ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดวัตถุจากกล้องประมวลผลรวมและค่าพิกัดวัตถุที่คำนวณได้ใช้ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือในทิศทางแกน X, Y และZ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และเปรียบเทียบในแต่ละกรณี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กรณี 6			
Residual	**Min (mm)**	**Max (mm)**	**Mean (mm)**
X	0.1	4.1	1.9
Y	0.1	4.2	1.8
Z	0.2	8.1	3.7
Total Direction	0.6	9.6	4.7
กรณี 7			
Residual	**Min (mm)**	**Max (mm)**	**Mean (mm)**
X	0.02	4.0	1.7
Y	0.03	4.1	1.7
Z	0.1	8.2	3.6
Total Direction	0.3	9.4	4.5

ตารางที่ 4.23 ค่าทางสถิติของเศษเหลือของค่าพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบกรณี 6 และ 7



รูปที่ 4.48 กราฟเปรียบเทียบค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุกรณี 6-7

จากตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.48 จะวิเคราะห์ได้ดังนี้

1) ในแกน X ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 6 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 6 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร

2) ในแกน Y ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 6 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 6 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร เช่นกัน

3) ในแกน Z ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 6 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร ส่วนค่าต่ำสุดของค่าเศษเหลือกรณี 6 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร และค่าสูงสุดกรณี 6 มีค่าน้อยกว่ากรณี 7 0.1 มิลลิเมตร

4) ในทิศทางรวม ค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 6 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 6 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร และ 0.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ

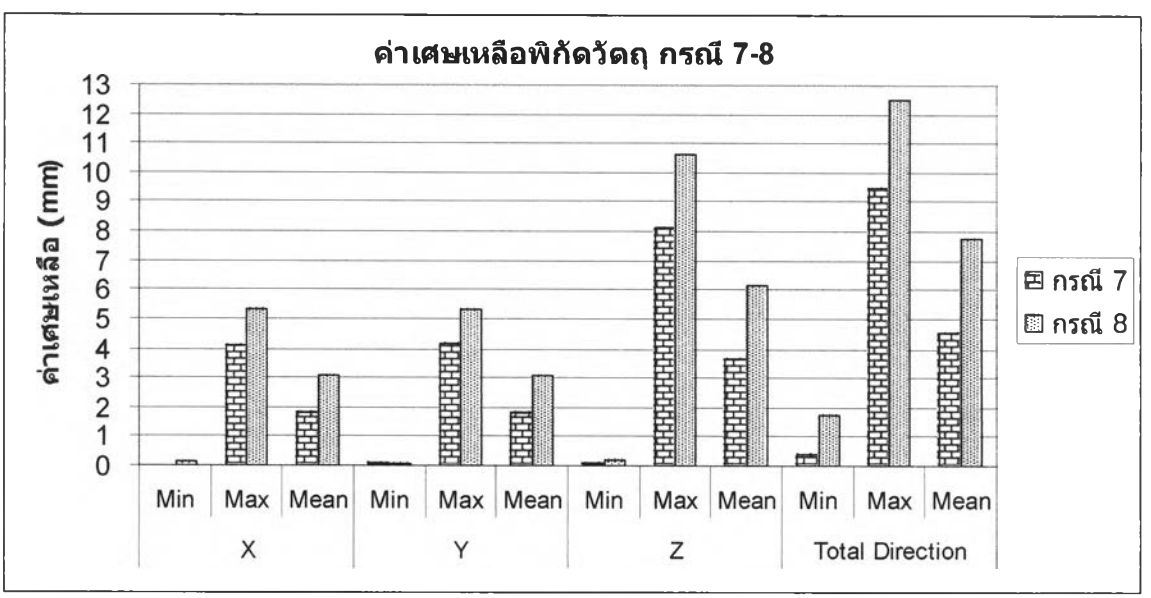
4.4.7 เปรียบเทียบกรณี 7-8

กรณี 7-8 เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบมาตราส่วนภาพถ่ายหรือระยะถ่ายภาพ โดยกรณี 7 ใช้ระยะถ่ายภาพ เท่ากับ 2 เมตร ส่วนกรณี 8 ใช้ระยะถ่ายภาพ เท่ากับ 5 เมตร ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งสองกรณีนี้จะใช้ค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุจากหัวข้อ 4.4.3 และ 4.4.4

ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดวัตถุจากกล้องประมวลผลรวมและค่าพิกัดวัตถุที่คำนวณได้ใช้ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือในทิศทางแกน X , Y และZ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และเปรียบเทียบในแต่ละกรณี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กรณี 7			
Residual	**Min (mm)**	**Max (mm)**	**Mean (mm)**
X	0.02	4.0	1.7
Y	0.03	4.1	1.7
Z	0.1	8.2	3.6
Total Direction	0.3	9.4	4.5
กรณี 8			
Residual	**Min (mm)**	**Max (mm)**	**Mean (mm)**
X	0.1	5.2	3.1
Y	0.1	5.3	3.0
Z	0.2	10.6	6.1
Total Direction	1.7	12.5	7.7

ตารางที่ 4.24 ค่าทางสถิติของเศษเหลือของค่าพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบกรณี 7 และ 8



รูปที่ 4.49 กราฟเปรียบเทียบค่าเศษเหลือพิกัดวัตถุกรณี 7-8

จากตารางที่ 4.24 และรูปที่ 4.49 จะวิเคราะห์ได้ดังนี้

1) ในแกน X ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 8 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 1.4 มิลลิเมตร ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 8 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร และ 1.2

มิลลิเมตร ตามลำดับ

2) ในแกน Y ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 8 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 1.3 มิลลิเมตร ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 8 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร และ 1.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3) ในแกน Z ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 8 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 8 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร และ 1.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ

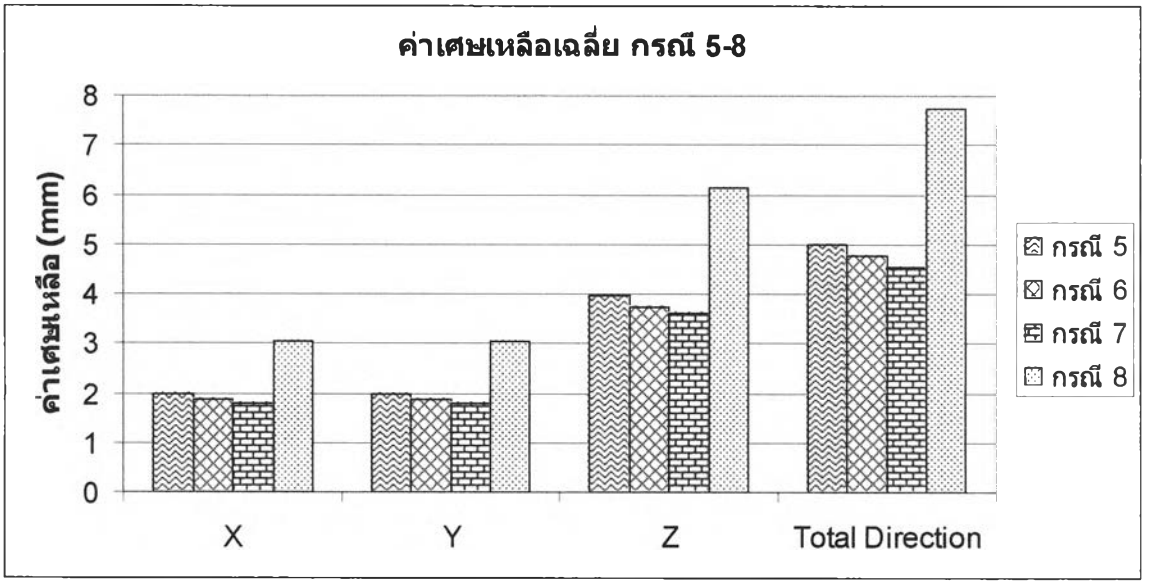
4) ในทิศทางรวม ค่าเศษเหลือเฉลี่ยกรณี 8 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 3.2 มิลลิเมตร ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าเศษเหลือกรณี 8 มีค่ามากกว่ากรณี 7 เท่ากับ 1.4 มิลลิเมตร และ 3.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4.4.8 เปรียบเทียบกรณี 5-8

จากผลลัพธ์ของการคำนวณค่าเศษเหลือของพิกัดวัตถุจากการคำนวณพิกัดวัตถุของคู่ภาพ สามารถทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ กรณี 5-8 เพื่อสังเกตผลกระทบของปัจจัยแต่ละชนิดที่มีผลต่อความถูกต้อง และเพื่อสรุปกรณีศึกษาที่ให้ค่าเศษเหลือน้อยที่สุดในงานวิจัยนี้ โดยจะเปรียบเทียบจากค่าเศษเหลือโดยเฉลี่ยของแต่ละกรณีได้ดังนี้

	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	ทิศทางรวม (mm)
กรณี 5	2.0	1.9	3.9	4.9
กรณี 6	1.9	1.8	3.7	4.7
กรณี 7	1.7	1.7	3.6	4.5
กรณี 8	3.1	3.0	6.1	7.7

ตารางที่ 4.25 ค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบในทิศทางต่างๆ ของกรณี 5-8



รูปที่ 4.50 กราฟเปรียบเทียบค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบ กรณี 5-8

จากตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.50 วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเศษเหลือเฉลี่ยได้ดังนี้

1) ทิศทาง X ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบที่น้อยที่สุดเรียงตามลำดับได้แก่ กรณี 7, กรณี 6, กรณี 5 และกรณี 8 โดยมีค่าเศษเหลือทางแกน X เท่ากับ 1.7, 1.9, 2.0 และ 3.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ

2) ทิศทาง Y ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบที่น้อยที่สุดเรียงตามลำดับได้แก่ กรณี 7, กรณี 6, กรณี 5 และกรณี 8 โดยมีค่าเศษเหลือทางแกน Y เท่ากับ 1.7, 1.8, 1.9 และ 3.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3) ทิศทาง Z ค่าสัมบูรณ์ของค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบที่น้อยที่สุดเรียงตามลำดับได้แก่ กรณี 7, กรณี 6, กรณี 5 และกรณี 8 โดยมีค่าเศษเหลือทางแกน Z เท่ากับ 3.6, 3.7, 3.9 และ 6.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4) ทิศทางรวม ค่าเศษเหลือเฉลี่ยของพิกัดวัตถุของจุดตรวจสอบที่น้อยที่สุดเรียงตามลำดับได้แก่ กรณี 7, กรณี 6, กรณี 5 และกรณี 8 โดยมีค่าเศษเหลือทางแกน Z เท่ากับ 4.5, 4.7, 4.9 และ 7.7 มิลลิเมตร ตามลำดับ