

บทที่ 4

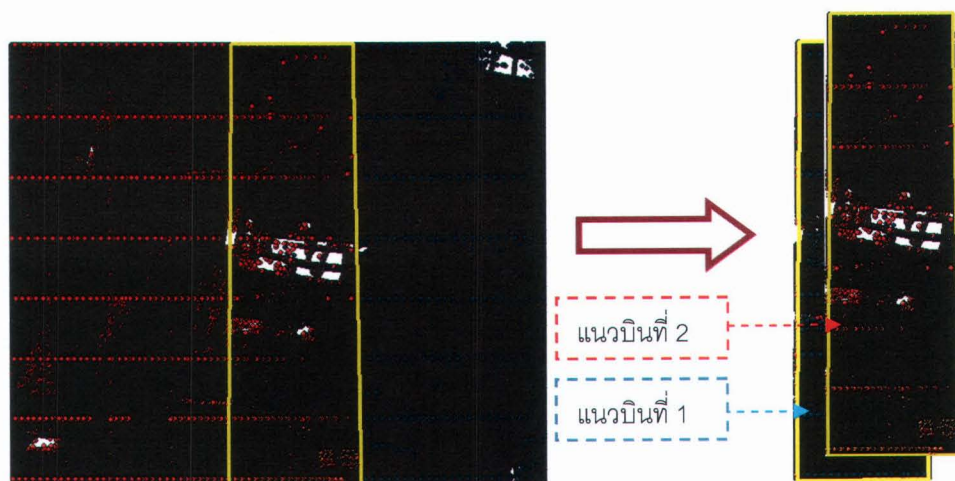
การประมวลผลข้อมูล

ในบทนี้กล่าวถึงการประมวลผลข้อมูลและผลการประมวลผลในแต่ละขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย ผลของการเลือกตำแหน่งพื้นที่ซ้อนทับระหว่างแนวกบินของข้อมูล LiDAR ผลการเลือกพื้นที่และการหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายทางอากาศ การหาชั้นข้อมูลอาคาร ผลการใช้ภาพถ่ายทางอากาศเป็นจุดควบคุมข้อมูล LiDAR ระหว่างแนวกบินผลการเลือกจุดข้อมูล LiDAR ระหว่างแนวกบิน และผลการปรับแก้ด้วยลิสต์สแควร์ ตามรายละเอียดดังนี้

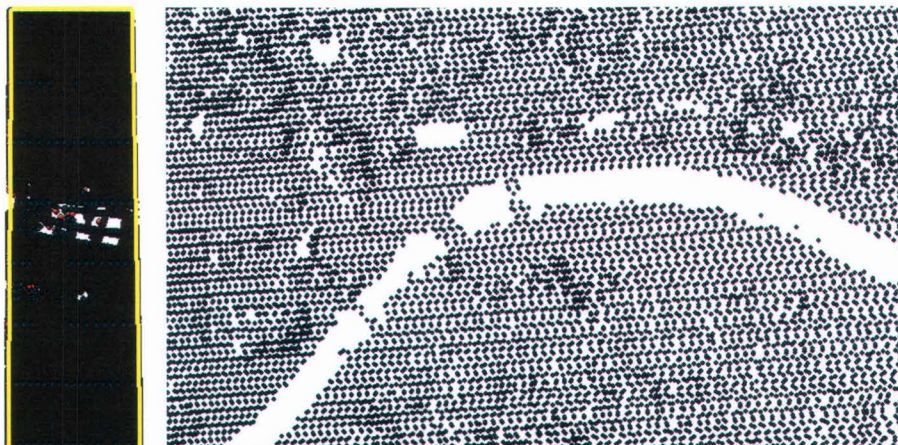
4.1 ผลการเตรียมข้อมูลและการกำหนดตำแหน่งซ้อนทับระหว่างแนวกบินของข้อมูล LiDAR

จากผลการเตรียมข้อมูลและกำหนดตำแหน่งซ้อนทับจะได้ข้อมูล LiDAR ที่อยู่เฉพาะในขอบเขตพื้นที่ซ้อนทับของข้อมูล โดยจุดที่ทำการเลือกอยู่ขอบเขตพื้นที่ มีพิกัด 683,097.1600 mE 1,618,725.1600 mN ถึง 683,575.4700 mE 1,617,095.8700 mN

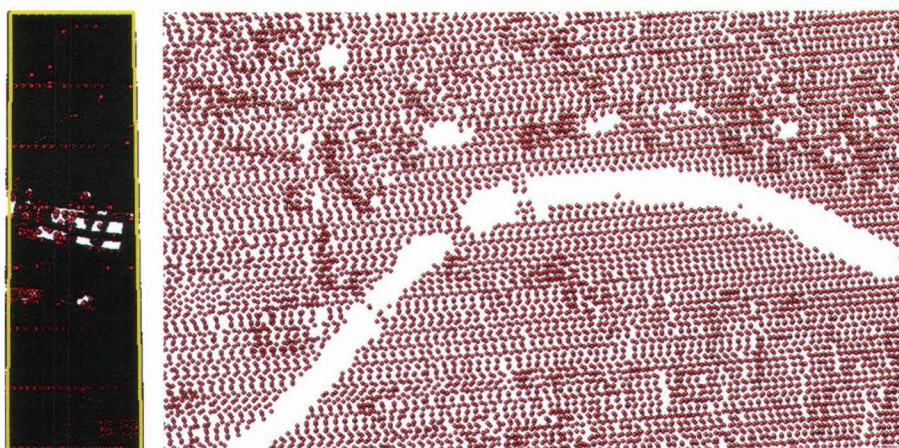
พื้นที่ทั้งสองแนวกบินทั้งหมด 3.26 ตารางกิโลเมตร จำนวนข้อมูล LiDAR แนวกบินที่ 1 จำนวน 718,158 จุด แนวกบินที่ 2 จำนวน 652,187 จุด พื้นที่ส่วนซ้อนทับเท่ากับ 0.778 ตารางกิโลเมตร โดยมีเปอร์เซ็นต์การซ้อนทับระหว่างแนวกบินประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ระหว่างแนวกบินทั้งหมด และจำนวนจุดที่อยู่บนขอบเขตการซ้อนทับของแนวกบินที่ 1 จำนวนข้อมูล LiDAR จำนวน 337,726 จุด แนวกบินที่ 2 จำนวน 328,348 จุด แสดงตำแหน่งขอบเขตการซ้อนทับระหว่างแนวกบินดังรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3



รูปที่ 4.1 ขอบเขตการซ้อนทับระหว่างแนวกบิน



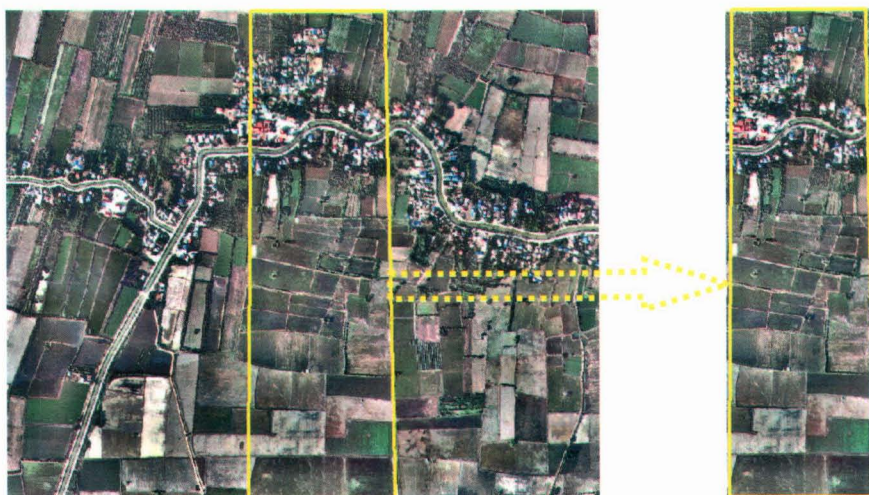
รูปที่ 4.2 ข้อมูล LiDAR แนวบินที่ 1 บริเวณพื้นที่ซ้อนทับ



รูปที่ 4.3 ข้อมูล LiDAR แนวบินที่ 2 บริเวณพื้นที่ซ้อนทับ

4.2 ผลการเตรียมการเลือกพื้นที่และการหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายทางอากาศ

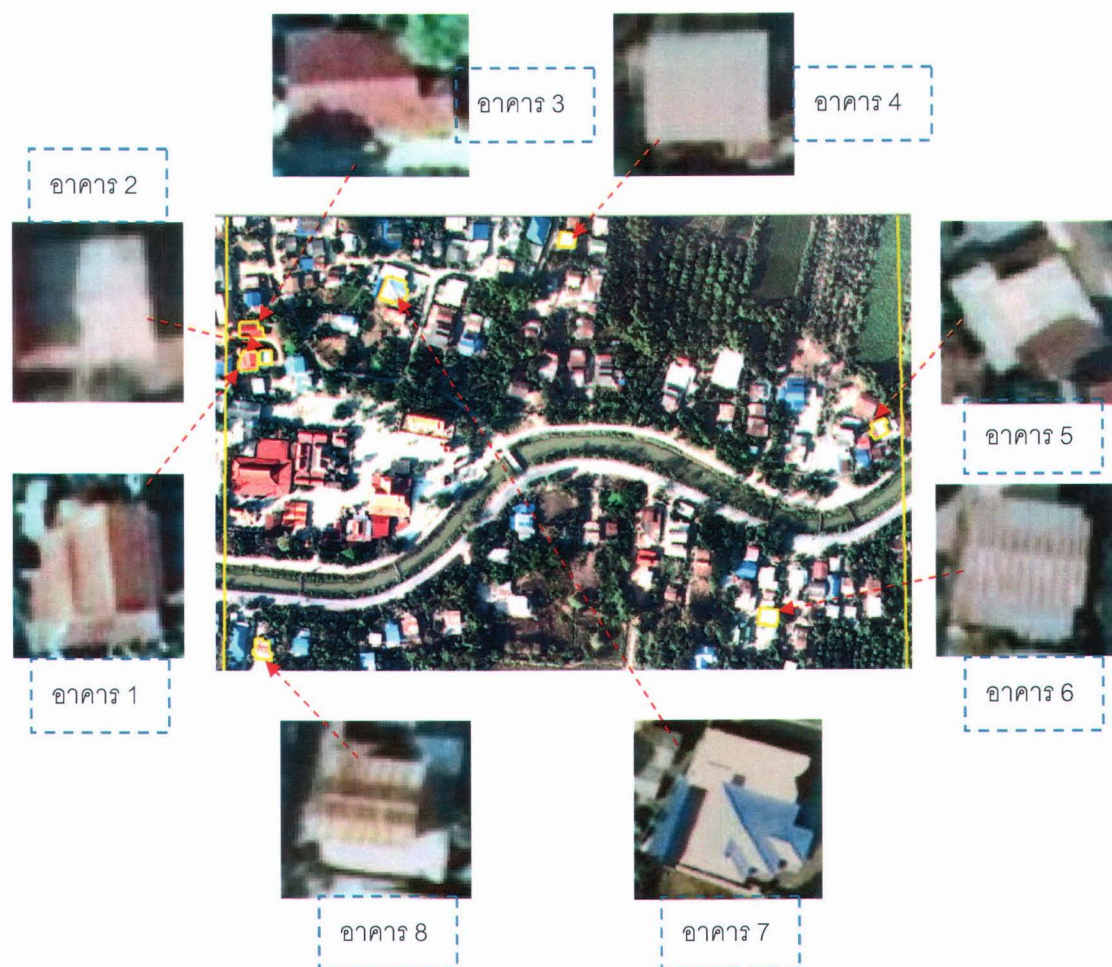
จากการพิจารณาเลือกพื้นที่จากภาพถ่ายทางอากาศเฉพาะพื้นที่ซ้อนทับจากข้อมูล LiDAR ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งได้ทำการเลือกพื้นที่อาคารเพื่อช่วยในการเลือกข้อมูล LiDAR จากภาพถ่ายทางอากาศ ทำให้ทราบตำแหน่งความสูงของข้อมูล LiDAR บริเวณพื้นที่เดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6 ดังนั้นเพื่อความถูกต้องในการเลือกตำแหน่งข้อมูล LiDAR บนพื้นที่อาคารจึงทำการหาขอบของวัตถุจากภาพถ่ายทางอากาศ



รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายทางอากาศ บริเวณพื้นที่ชั้นทับ

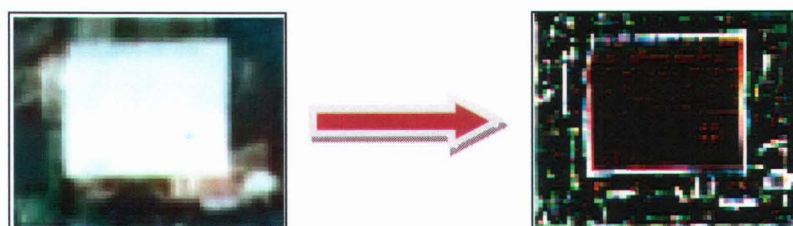


รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายทางอากาศ บริเวณพื้นที่อาคาร

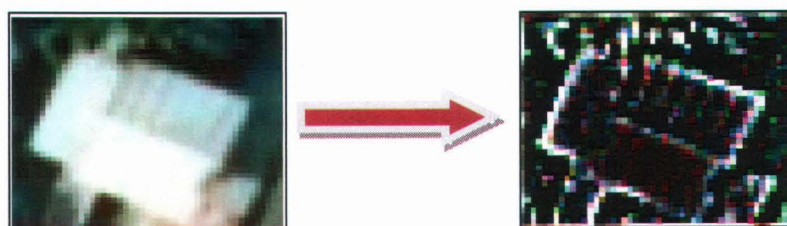


รูปที่ 4.6 อาคารที่เลือกพิจารณาจากภาพถ่ายทางอากาศ

ดังนั้นเพื่อความถูกต้องในการเลือกตำแหน่งข้อมูล LiDAR บนพื้นที่อาคารจึงต้องทำการหาขอบวัตถุของอาคารเพื่อให้ขอบชัดเจนข้อมูล LiDAR บริเวณขอบอาคารสามารถพิจารณาตรวจสอบตำแหน่งได้ถูกต้องชัดเจน แต่เนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ไม่สามารถหาขอบวัตถุ คือ อาคารได้ทีเดียวทั้งพื้นที่ จึงต้องทำการเลือกตัดเฉพาะตำแหน่งอาคารที่เลือกพิจารณาตำแหน่งของข้อมูล LiDAR จากภาพถ่ายทางอากาศทุกอาคารที่จะทำการเปรียบเทียบ ซึ่งอาคารที่ใช้ในการหาขอบวัตถุนั้นเป็นอาคารที่มีลักษณะราบเรียบ และเป็นทรงจั่ว ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8



รูปที่ 4.7 การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายทางอากาศของอาคาร ที่มีลักษณะเรียบ (Flat roof)

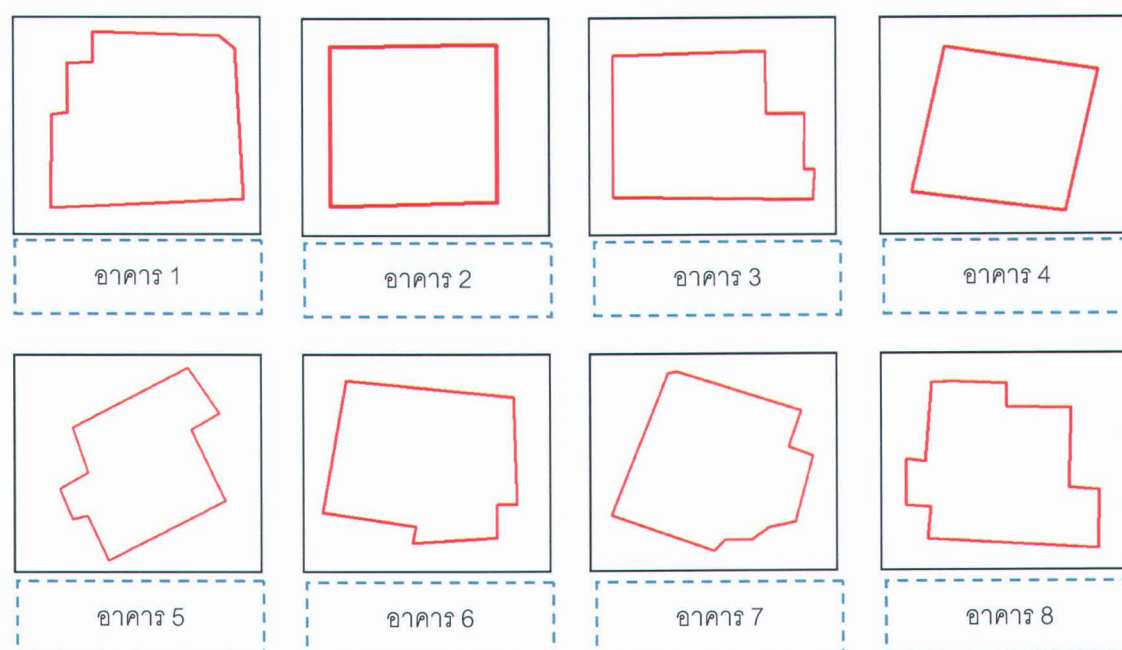


รูปที่ 4.8 การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายทางอากาศของอาคาร ที่มีลักษณะเป็นทรงจั่ว (Gable roof)

4.3 ผลการใช้ภาพถ่ายทางอากาศเพื่อพิจารณาข้อมูล LiDAR ระหว่างแนวกบิน

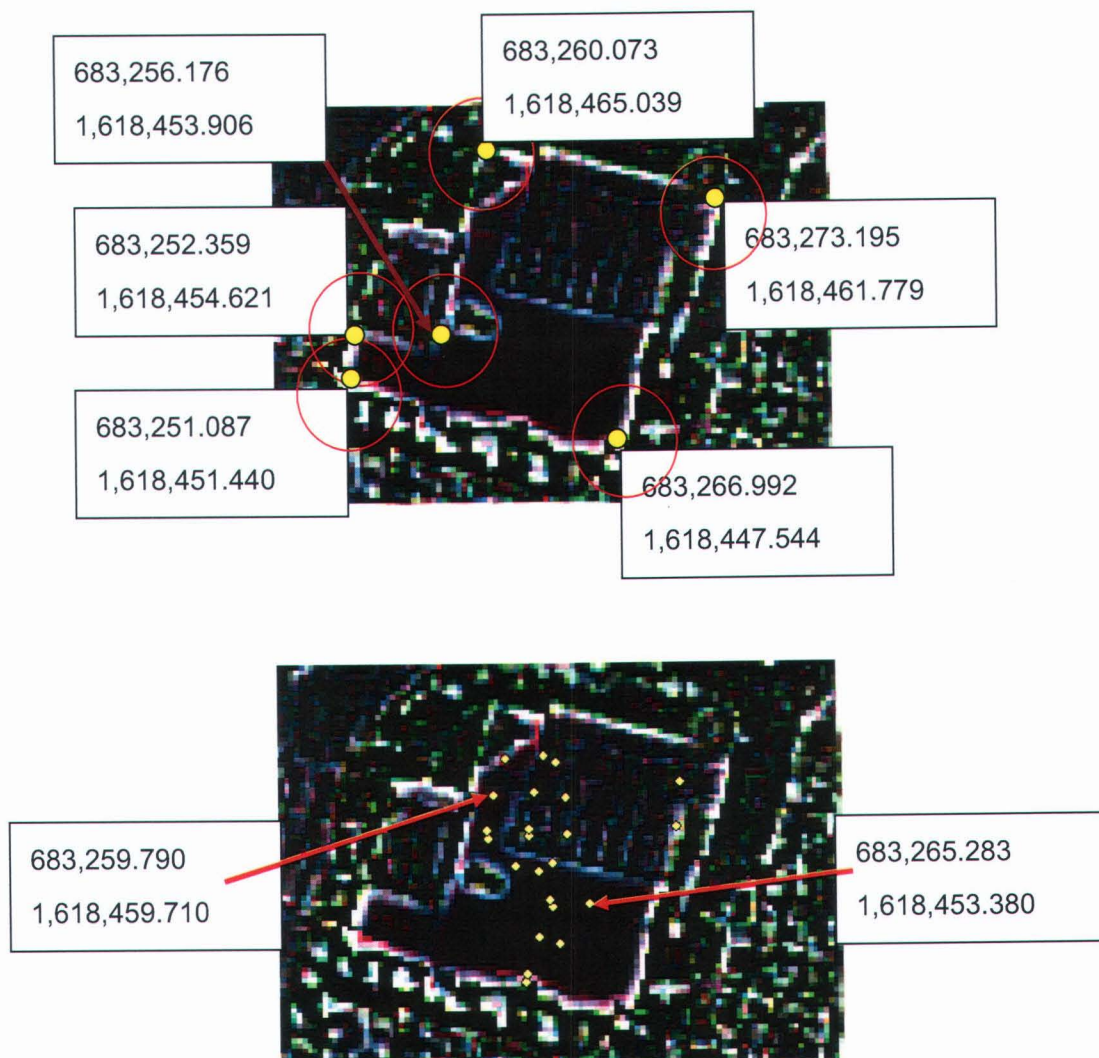
การสร้างชั้นข้อมูลอาคารเป็นขั้นตอนหลังจากทำการหาขอบวัตถุของอาคาร โดยวิธี Canny แล้ว การสร้างชั้นข้อมูลอาคารนั้นยังช่วยในกระบวนการเลือกจุดข้อมูล LiDAR บนโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3 ซึ่งทำการเลือกข้อมูล LiDAR ที่อยู่ในชั้นข้อมูลเท่านั้น ซึ่งสามารถทำการเลือกจุดที่อยู่ในชั้นข้อมูลอาคารได้พร้อมกันทั้งหมดทุกจุดแต่ถ้าไม่สร้างชั้นข้อมูลก็จะต้องใช้การเลือกทีละจุด ซึ่งจะทำให้กระบวนการทำงานช้าและยุ่งยาก

ดังนั้นวิธีการสร้างชั้นข้อมูลอาคารเป็นขั้นตอนอย่างหนึ่งที่สามารถช่วยในการเลือกข้อมูล LiDAR ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ผลจากการสร้างชั้นข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ชั้นข้อมูลอาคาร ทั้งหมดจำนวน 8 อาคาร

เนื่องจากข้อมูล LiDAR และภาพถ่ายทางอากาศที่ทำการศึกษาเป็นการบินสำรวจและบันทึกข้อมูลพร้อมกันดังนั้นตำแหน่งของข้อมูล LiDAR และภาพถ่ายทางอากาศจึงมีค่าพิกัดและความถูกต้องตามตำแหน่งเดียวกัน สามารถตรวจสอบพิกัดและซ้อนทับกันได้ ซึ่งไม่ว่าลักษณะอาคารที่ปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศจะมีลักษณะเอียงตัวอย่างไรก็ตามแต่ point ของข้อมูล LiDAR บนตำแหน่งภาพถ่ายทางอากาศบริเวณพื้นที่อาคารมีพิกัดที่แสดงชัดเจนว่า point ของ LiDAR อยู่บนพื้นที่เดียวกันกับภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งการระบุตำแหน่งพิกัดที่ชัดเจนเราสามารถอ้างอิงตำแหน่งได้ว่าพื้นที่เดียวกันของข้อมูล LiDAR จากภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้เป็นจุดควบคุมเป็นตำแหน่งใน Object เดียวกันจะสามารถตรวจสอบความสูงของ LiDAR ได้ดังรูปที่ 4.10

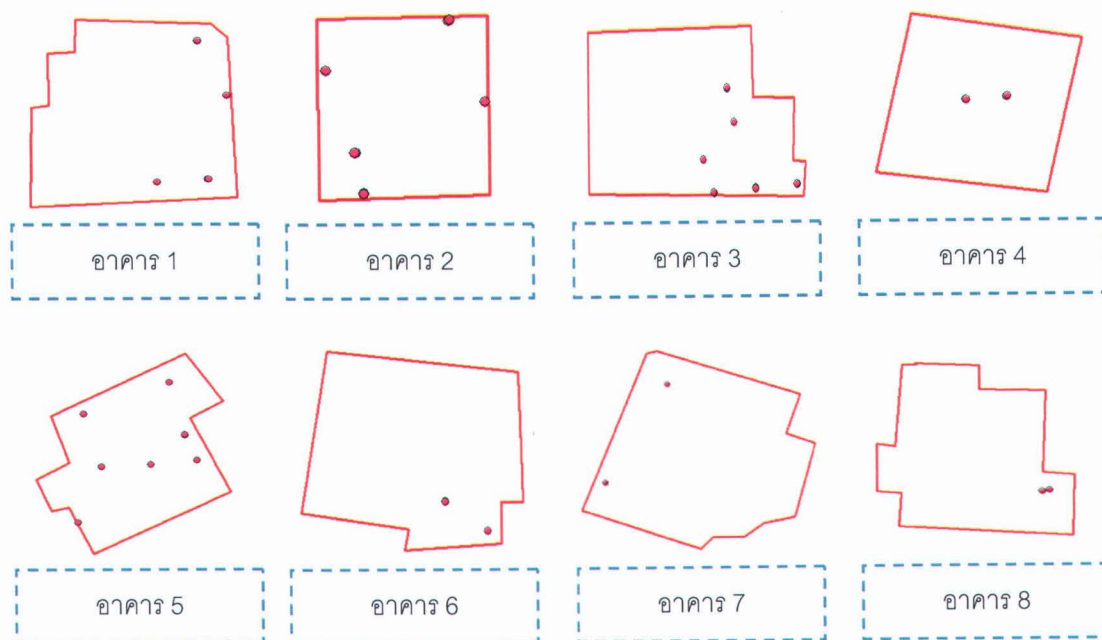


รูปที่ 4.10 การแสดงตำแหน่งพิกัด LiDAR และภาพถ่ายทางอากาศเป็นจุดควบคุม

4.4 ผลการเลือกจุดข้อมูล LiDAR ระหว่างแนวนบิน

4.4.1 ข้อมูล LiDAR บนชั้นข้อมูลอาคารที่ระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตร

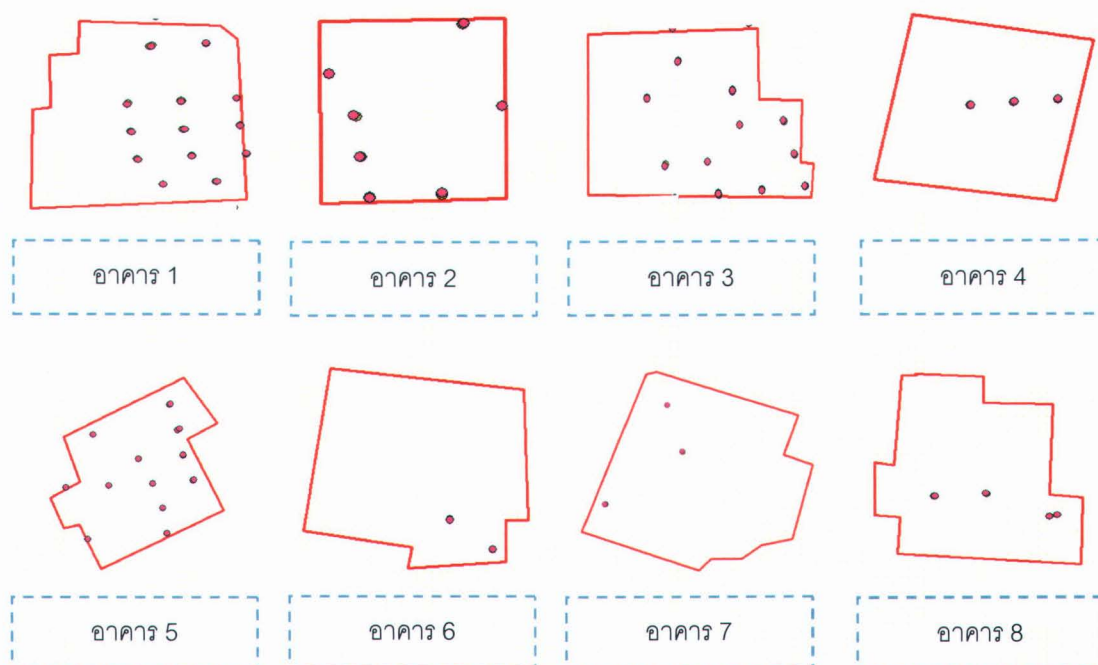
การสร้างชั้นข้อมูลอาคารจะช่วยให้การเลือกข้อมูล LiDAR ให้สามารถประมวลผลบนโปรแกรมได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง และช่วยลดขั้นตอนในการทำงาน ซึ่งในรูปที่ 4.11 เป็นการแสดงข้อมูล LiDAR บนชั้นข้อมูลอาคารที่ระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.11 ข้อมูล LiDAR บนชั้นข้อมูลอาคาร ระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตร

4.4.2 ข้อมูล LiDAR บนชั้นข้อมูลอาคารที่ระยะห่างระหว่างจุด 10 เซนติเมตร

การสร้างชั้นข้อมูลอาคารจะช่วยให้การเลือกข้อมูล LiDAR ให้สามารถประมวลผลบนโปรแกรมได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง และช่วยลดขั้นตอนในการทำงาน ซึ่งในรูปที่ 4.12 เป็นการแสดงข้อมูล LiDAR บนชั้นข้อมูลอาคารที่ระยะห่างระหว่างจุด 10 เซนติเมตร



รูปที่ 4.12 ข้อมูล LiDAR บนชั้นข้อมูลอาคาร ระยะห่างระหว่างจุด 10 เซนติเมตร

4.5 ผลการปรับแก้ด้วยลิสต์สแควร์

4.5.1 ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างแนวกบิน ที่ระยะห่างระหว่างจุด ไม่เกิน 5 และ 10

เซนติเมตร

ตารางที่ 4.1 ผลการปรับแก้ค่าความสูงคลาดเคลื่อนระหว่างแนวกบิน ระยะห่างระหว่างจุด 5

เซนติเมตร

ค่าความสูงระหว่างแนวกบิน		สมการระนาบ		ค่าแก้	ค่าปรับแก้		ค่าคลาดเคลื่อน
แนวกบินที่ 1	แนวกบินที่ 2	แนวกบินที่ 1	แนวกบินที่ 2	ความสูงต่าง	แนวกบินที่ 1	แนวกบินที่ 2	
17.22	17.13	17.22870	17.12130	0.10740	17.17500	17.17500	0.00000
17.23	17.16	17.16520	17.22480	-0.05961	17.19500	17.19500	0.00000
20.52	20.40	20.47308	20.44692	0.02616	20.46000	20.46000	0.00000
20.78	20.76	20.79613	20.74387	0.05226	20.77000	20.77000	0.00000
17.05	16.79	16.98809	16.85191	0.13618	16.92000	16.92000	0.00000
17.31	17.21	17.33384	17.18616	0.14769	17.26000	17.26000	0.00000
17.20	17.22	17.25723	17.16277	0.09446	17.21000	17.21000	0.00000
17.52	17.49	17.52295	17.48705	0.03591	17.50500	17.50500	0.00000
16.74	16.96	16.83523	16.86477	-0.02953	16.85000	16.85000	0.00000
17.48	17.36	17.48730	17.35270	0.13460	17.42000	17.42000	0.00000
17.49	17.43	17.49553	17.42447	0.07105	17.46000	17.46000	0.00000
17.54	17.36	17.48853	17.41147	0.07705	17.45000	17.45000	0.00000
18.19	18.04	18.15370	18.07630	0.07740	18.11500	18.11500	0.00000
18.96	18.83	18.93753	18.85247	0.08507	18.89500	18.89500	0.00000
18.83	19.01	18.90816	18.93184	-0.02369	18.92000	18.92000	0.00000
17.32	17.17	17.36559	17.12441	0.24118	17.24500	17.24500	0.00000
17.61	17.33	17.55638	17.38362	0.17275	17.47000	17.47000	0.00000
17.93	17.81	17.93102	17.80898	0.12203	17.87000	17.87000	0.00000
18.11	18.05	18.10026	18.05974	0.04052	18.08000	18.08000	0.00000
18.43	18.36	18.43577	18.35423	0.08155	18.39500	18.39500	0.00000
19.20	19.15	19.22659	19.12341	0.10317	19.17500	19.17500	0.00000
18.18	18.19	18.23151	18.13849	0.09302	18.18500	18.18500	0.00000
19.00	19.06	19.05343	19.00657	0.04687	19.03000	19.03000	0.00000
19.07	18.78	18.99402	18.85598	0.13804	18.92500	18.92500	0.00000
20.52	20.40	20.45230	20.46770	-0.01540	20.46000	20.46000	0.00000
20.62	20.51	20.54324	20.58676	-0.04353	20.56500	20.56500	0.00000
18.60	18.68	18.66068	18.61932	0.04136	18.64000	18.64000	0.00000
19.32	19.38	19.37619	19.32381	0.05238	19.35000	19.35000	0.00000
20.46	20.34	20.45654	20.34346	0.11308	20.40000	20.40000	0.00000
16.96	16.75	16.93530	16.77470	0.16059	16.85500	16.85500	0.00000

ตารางที่ 4.2 ผลการปรับแก้ค่าความสูงคลาดเคลื่อนระหว่างแนวกบิน ระยะห่างระหว่างจุด 10

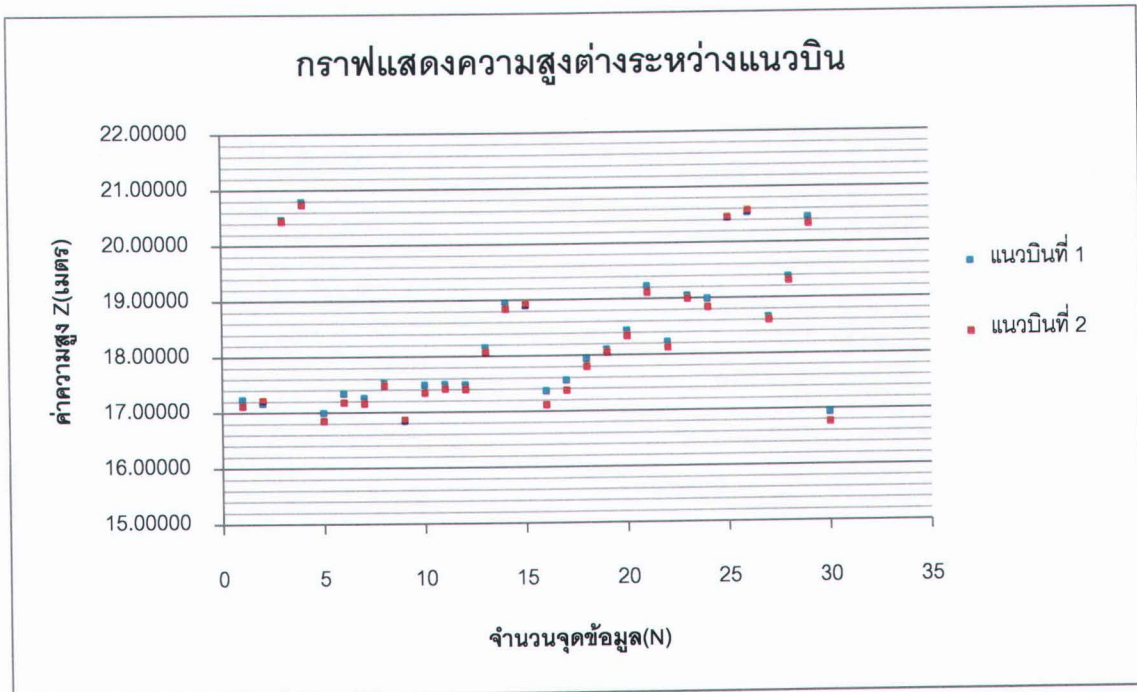
เซนติเมตร

ค่าความสูงระหว่างแนวกบิน		สมการระนาบ		ค่าแก้	ค่าปรับแก้		ค่าคลาดเคลื่อน
แนวกบินที่ 1	แนวกบินที่ 2	แนวกบินที่ 1	แนวกบินที่ 2	ความสูงต่าง	แนวกบินที่ 1	แนวกบินที่ 2	
20.68	20.67	20.68967	20.66033	0.02934	20.67500	20.67500	0.00000
20.67	20.65	20.66754	20.65246	0.01509	20.66000	20.66000	0.00000
20.69	20.70	20.69860	20.69140	0.00720	20.69500	20.69500	0.00000
21.10	21.07	21.11115	21.05885	0.05230	21.08500	21.08500	0.00000
17.22	17.13	17.19543	17.15457	0.04086	17.17500	17.17500	0.00000
21.13	21.12	21.15361	21.09639	0.05722	21.12500	21.12500	0.00000
21.20	21.14	21.17290	21.16710	0.00581	21.17000	21.17000	0.00000
21.20	21.15	21.17593	21.17407	0.00186	21.17500	21.17500	0.00000
21.21	21.14	21.20169	21.14831	0.05337	21.17500	21.17500	0.00000
20.78	20.76	20.79530	20.74470	0.05060	20.77000	20.77000	0.00000
17.23	17.16	17.20476	17.18524	0.01952	17.19500	17.19500	0.00000
20.52	20.40	20.48077	20.43923	0.04153	20.46000	20.46000	0.00000
20.49	20.43	20.48143	20.43857	0.04286	20.46000	20.46000	0.00000
17.05	16.79	16.94525	16.89475	0.05050	16.92000	16.92000	0.00000
17.31	17.21	17.28390	17.23610	0.04779	17.26000	17.26000	0.00000
17.20	17.22	17.22907	17.19093	0.03813	17.21000	17.21000	0.00000
17.52	17.49	17.52871	17.48129	0.04742	17.50500	17.50500	0.00000
17.52	17.46	17.53133	17.44867	0.08266	17.49000	17.49000	0.00000
16.74	16.96	16.86974	16.83026	0.03947	16.85000	16.85000	0.00000
17.48	17.36	17.44783	17.39217	0.05566	17.42000	17.42000	0.00000
17.49	17.43	17.47364	17.44636	0.02727	17.46000	17.46000	0.00000
17.54	17.36	17.47822	17.42178	0.05644	17.45000	17.45000	0.00000
18.15	17.94	18.07367	18.01633	0.05734	18.04500	18.04500	0.00000
18.19	18.04	18.13142	18.09858	0.03283	18.11500	18.11500	0.00000
18.18	18.01	18.11655	18.07345	0.04310	18.09500	18.09500	0.00000
18.13	18.24	18.21145	18.15855	0.05290	18.18500	18.18500	0.00000
18.96	18.83	18.91404	18.87596	0.03808	18.89500	18.89500	0.00000
18.83	19.01	18.93494	18.90506	0.02988	18.92000	18.92000	0.00000
18.85	18.96	18.91532	18.89468	0.02065	18.90500	18.90500	0.00000
18.07	18.16	18.13520	18.09480	0.04040	18.11500	18.11500	0.00000

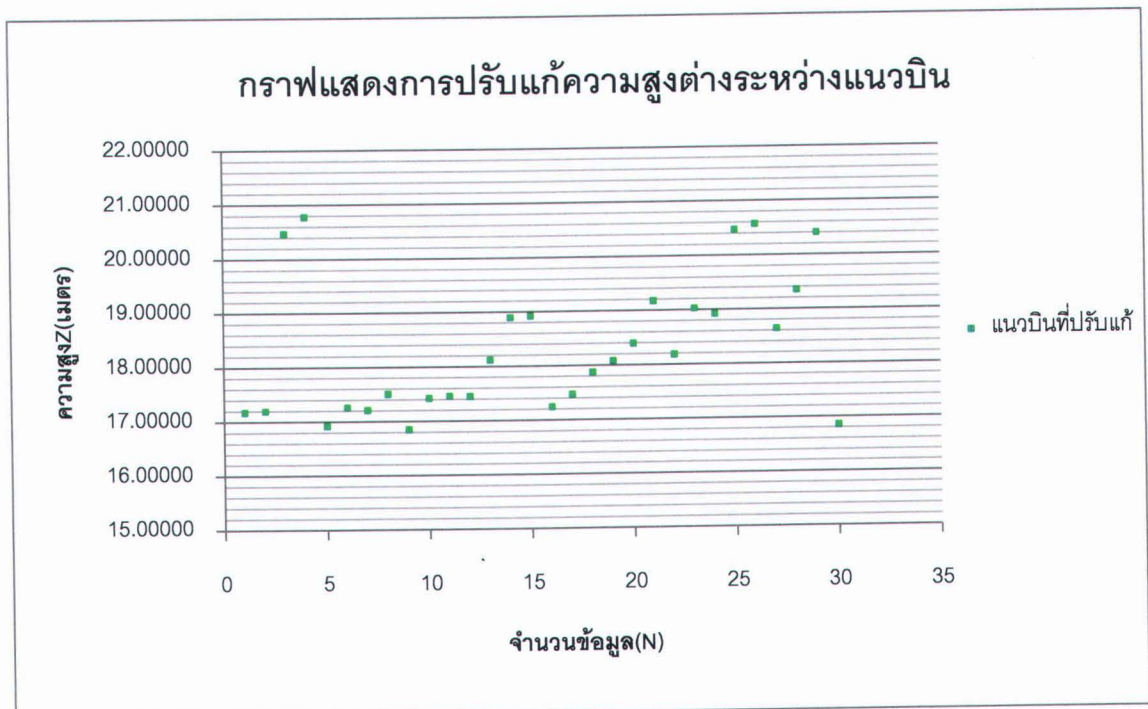
ตารางที่ 4.2 ผลการปรับแก้ค่าความสูงคลาดเคลื่อนระหว่างแนวกบิน ระยะห่างระหว่างจุด 10 เซนติเมตร (ต่อ)

ค่าความสูงระหว่างแนวกบิน		สมการระนาบ		ค่าแก้	ค่าปรับแก้		ค่าคลาดเคลื่อน
แนวกบินที่ 1	แนวกบินที่ 2	แนวกบินที่ 1	แนวกบินที่ 2	ความสูงต่าง	แนวกบินที่ 1	แนวกบินที่ 2	
17.42	17.45	17.43956	17.43044	0.00911	17.43500	17.43500	0.00000
17.32	17.17	17.30999	17.18001	0.12999	17.24500	17.24500	0.00000
17.61	17.33	17.52432	17.41568	0.10864	17.47000	17.47000	0.00000
17.47	17.78	17.63929	17.61071	0.02858	17.62500	17.62500	0.00000
17.93	17.81	17.90275	17.83725	0.06549	17.87000	17.87000	0.00000
18.11	18.05	18.10136	18.05864	0.04271	18.08000	18.08000	0.00000
18.43	18.36	18.42202	18.36798	0.05403	18.39500	18.39500	0.00000
18.68	18.70	18.73301	18.64699	0.08603	18.69000	18.69000	0.00000
19.20	19.15	19.19299	19.15701	0.03598	19.17500	19.17500	0.00000
18.84	18.63	18.77140	18.69860	0.07281	18.73500	18.73500	0.00000
18.18	18.19	18.20956	18.16044	0.04912	18.18500	18.18500	0.00000
18.53	18.55	18.59078	18.48922	0.10157	18.54000	18.54000	0.00000
19.00	19.06	19.04767	19.01233	0.03535	19.03000	19.03000	0.00000
19.07	18.78	18.96295	18.88705	0.07590	18.92500	18.92500	0.00000
20.52	20.40	20.44960	20.47040	-0.02079	20.46000	20.46000	0.00000
20.62	20.51	20.56032	20.56968	-0.00936	20.56500	20.56500	0.00000
20.71	20.62	20.66985	20.66015	0.00971	20.66500	20.66500	0.00000
18.60	18.68	18.65277	18.62723	0.02554	18.64000	18.64000	0.00000
20.28	20.35	20.34109	20.28891	0.05219	20.31500	20.31500	0.00000
19.32	19.38	19.35970	19.34030	0.01941	19.35000	19.35000	0.00000
20.57	20.49	20.58356	20.47644	0.10713	20.53000	20.53000	0.00000
20.67	20.58	20.71000	20.54000	0.16999	20.62500	20.62500	0.00000
20.46	20.34	20.47178	20.32822	0.14355	20.40000	20.40000	0.00000
16.96	16.75	16.93462	16.77538	0.15923	16.85500	16.85500	0.00000

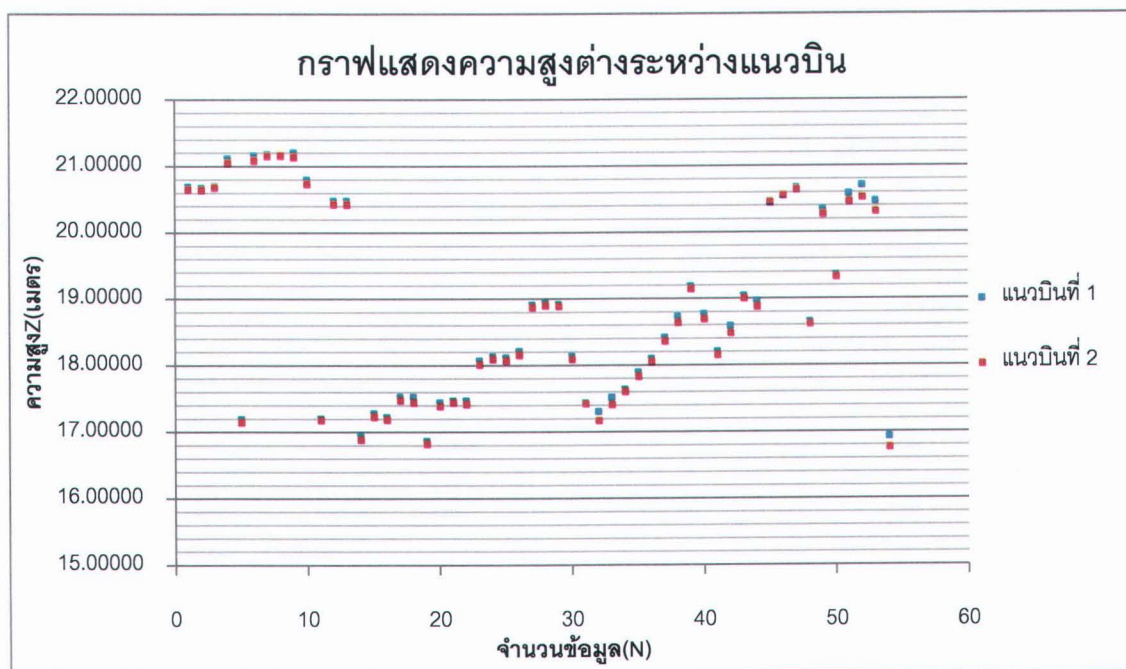
4.5.2 กราฟแสดงความสูงต่างและความสูงปรับแก้ระหว่างแนวกบิน



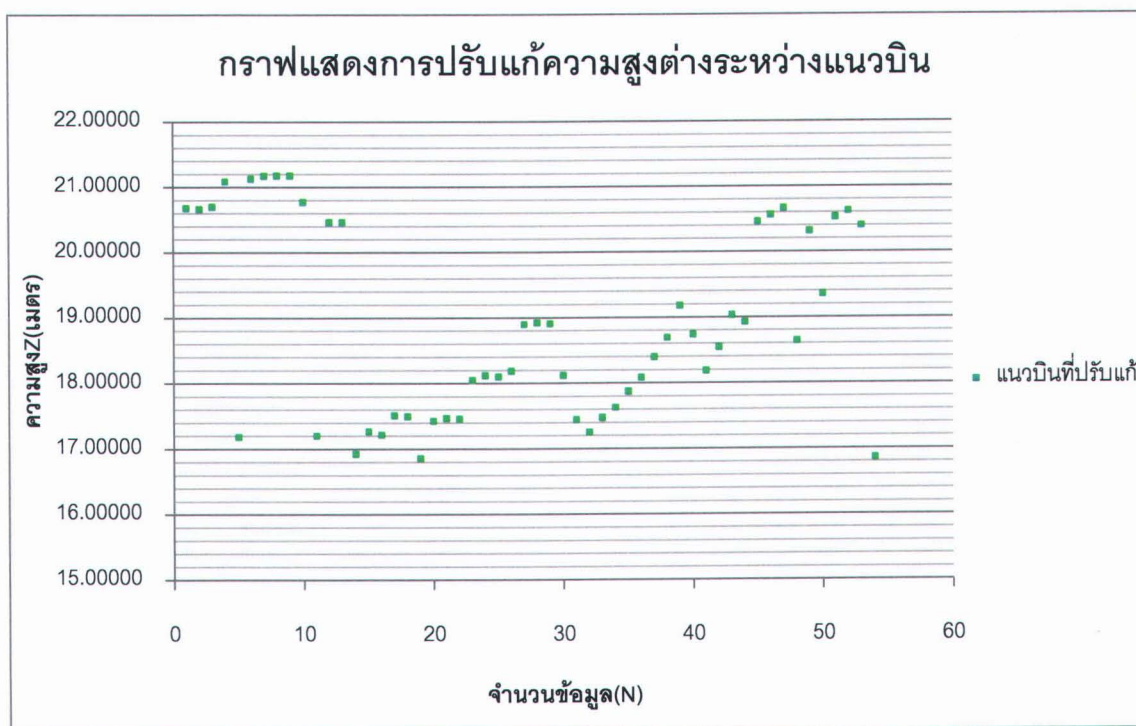
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสูงต่างระหว่างแนวกบิน ระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสูงปรับแก้ระหว่างแนวกบิน ระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสูงต่างระหว่างแนวกบิน ระยะห่างระหว่างจุด 10 เซนติเมตร



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสูงปรับแก้ระหว่างแนวกบิน ระยะห่างระหว่างจุด 10 เซนติเมตร

จากการคำนวณค่า ΔH จากสมการระนาบเราสามารถวิเคราะห์ค่าปรับแก้เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่าง ระยะห่างระหว่างจุดที่ระยะ 5 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร ซึ่งค่าที่นำมาทำการเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล เพื่อจะนำค่าดังกล่าวไปทำการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ในการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนทางด้านความสูงของ LiDAR ทั้งแนวนอนต่อไปโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

ซึ่งได้ทำการปรับแก้ข้อมูล LiDAR ระหว่างแนวนอนที่ระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตรและ 10 เซนติเมตร ซึ่งได้คำนวณค่าความสูงปรับแก้ของข้อมูลที่ระยะ 5 เซนติเมตร ได้ค่า ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.07600 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.06744 และคำนวณค่าความสูงปรับแก้ของข้อมูลที่ระยะ 10 เซนติเมตร ได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.05056 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.03864 จากค่าดังกล่าวที่ระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยและเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าปรับแก้ข้อมูลมากกว่าที่ระยะ 10 เซนติเมตร อาจจะขึ้นอยู่กับจำนวนจุดที่ใช้ปรับแก้เล็กน้อยมากไม่กระจายทั้งพื้นที่ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์จากการปรับแก้แนวนอนที่ซ้อนทับกันทั้งหมด โดยใช้พารามิเตอร์ที่ระยะห่างจุด 5 เซนติเมตร บนอาคาร ปรับแก้ข้อมูล LiDAR ที่ระยะห่างจุด 5 เซนติเมตรพื้นที่ซ้อนทับทั้งหมด และ ใช้พารามิเตอร์ที่ระยะห่างจุด 10 เซนติเมตร บนอาคาร ปรับแก้ข้อมูล LiDAR ที่ระยะห่างจุด 10 เซนติเมตรพื้นที่ซ้อนทับทั้งหมด

4.5.3 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณสมการระนาบจากสมการที่ 2.25

$$\Delta H = a_s + b_s(X - X_s^c) + c_s(Y - Y_s^c) - a_t - b_t(X - X_t^c) - c_t(Y - Y_t^c)$$

สามารถคำนวณค่า Parameters ($\Delta H, a_s, b_s, c_s, a_t, b_t, c_t$) ได้ดังนี้
ที่ระยะห่างระหว่างแนวนอนที่ระยะไม่เกิน 5 เซนติเมตร ค่าที่คำนวณได้

$$\Delta H = \text{จากตารางที่ 4.2}$$

$$a_s - a_t = 1505.97406$$

$$b_s = 1.98561$$

$$c_s = 1.21306$$

$$b_t = 1.98584$$

$$c_t = 1.21279$$

ที่ระยะห่างระหว่างแนวนอนที่ระยะไม่เกิน 10 เซนติเมตร ค่าที่คำนวณได้

$$\Delta H = \text{จากตารางที่ 4.3}$$

$$a_s - a_t = 354.82290$$

$$b_s = 0.46786$$

$$c_s = -0.17123$$

$$b_t = 0.46785$$

$$c_t = -0.17172$$



ที่ระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตร

$$\Delta H = 1505.97406 + 1.98561(X - X_s^c) - 1.21306(Y - Y_s^c) - 1.98584(X - X_t^c) + 1.21279(Y - Y_t^c)$$

ที่ระยะห่างระหว่างจุด 10 เซนติเมตร

$$\Delta H = 354.82290 + 0.46786(X - X_s^c) - 0.17123(Y - Y_s^c) - 0.46785(X - X_t^c) + 0.17172(Y - Y_t^c)$$

จะสามารถใช้พารามิเตอร์ดังกล่าวไปคำนวณค่าทั้งหมดทั้งแนวนอนเพื่อได้ค่าปรับแก้ ΔH จึงนำดังกล่าวไปทำการปรับแก้ค่าความสูงระหว่างแนวนอนจากสมการที่ 3.2

$$z_{PL_i} - z_{PR_i} - \Delta H = 0$$

เมื่อทำการปรับแก้ค่าความสูงต่างระหว่างแนวนอนแล้วจึงทำการวิเคราะห์ค่าความสูงต่างปรับแก้จากทั้งที่ระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อจะได้เลือกค่าพารามิเตอร์ระหว่าง ทั้งสองกรณีไปทำการปรับแก้ค่าทั้งแนวนอนต่อไป

จากการวิเคราะห์ผลการคำนวณค่าปรับแก้ความสูงต่างระหว่างแนวนอนเราจึงพิจารณาพารามิเตอร์จากการคำนวณเพื่อใช้ในการปรับแก้ข้อมูลทั้งแนวนอนจากสมการดังนี้ที่ระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตร พื้นที่ซ้อนทับทั้งหมด จำนวนข้อมูล 1,044 จุดข้อมูล และที่ระยะห่างระหว่างจุด 10 เซนติเมตร พื้นที่ซ้อนทับทั้งหมด จำนวนข้อมูล 4,536 จุดข้อมูล ปรากฏว่าค่าความสูงปรับแก้ของข้อมูลที่ระยะ 5 เซนติเมตร ได้ค่า ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.19082 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.13846 และคำนวณค่าความสูงปรับแก้ของข้อมูลที่ระยะ 10 เซนติเมตร ได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.42526 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.37832 จากค่าดังกล่าวที่ระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยและเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าปรับแก้ข้อมูลน้อยกว่าที่ระยะ 10 เซนติเมตร ซึ่งมีความน่าเชื่อถือกว่าและจะเห็นได้ว่าจำนวนจุดที่ใช้ในการปรับแก้มีผลต่อการวิเคราะห์เลือกจุด

ดังนั้นจึงใช้พารามิเตอร์จาก ระยะห่างจุด 5 เซนติเมตร บนอาคาร ในการปรับแก้ข้อมูล LiDAR ทั้งแนวนอน

กรณีปรับแก้ทั้งแนวนอน สมการระนาบในการปรับแก้

$$\Delta H = a_s + b_s(X - X_s^c) + c_s(Y - Y_s^c) \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

เมื่อ a_s = ระยะห่างความสูงของจุดศูนย์กลาง แนวนอนที่ 1
 b_s = แนวเอียงตามทิศทางการบินของเครื่องบิน แนวนอนที่ 1
 c_s = แนวเอียงตั้งฉากกับทิศทางการบินของเครื่องบิน แนวนอนที่ 1
 X_s^c, Y_s^c = จุดศูนย์กลางของแนวนอนที่ 1

$$\Delta H = a_t + b_t(X - X_t^c) + c_t(Y - Y_t^c) \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

เมื่อ a_t = ระยะห่างความสูงของจุดศูนย์กลาง แนวนอนที่ 2
 b_t = แนวเอียงตามทิศทางการบินของเครื่องบิน แนวนอนที่ 2
 c_t = แนวเอียงตั้งฉากกับทิศทางการบินของเครื่องบิน แนวนอนที่ 2
 X_t^c, Y_t^c = จุดศูนย์กลางของแนวนอนที่ 2

ซึ่งเราทราบค่าพารามิเตอร์จากสมการระนาบ กรณีระยะห่างระหว่างจุด 5 เซนติเมตรบนอาคาร นำค่าพารามิเตอร์ไปแทนค่าในสมการที่ 4.1 และ 4.2 เพื่อหา ΔH

เมื่อได้ค่า ΔH ของแนวนอนที่ 1 และแนวนอนที่ 2 จึงทำการปรับแก้ด้วยสมการที่ 4.3 และ 4.4 เพื่อปรับแก้ค่าความสูง แนวนอนที่ 1 และ แนวนอนที่ 2 ทั้งแนวนอน ดังต่อไปนี้

ปรับแก้ค่าทั้งแนวนอนที่ 1

$$Z_{si} - \Delta H_{si} = Z_{adj} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

เมื่อ Z_{si} = ค่าความสูงที่จุดใดๆ ของแนวนอนที่ 1
 ΔH_{si} = ค่าความสูงปรับแก้จากสมการระนาบที่จุดใดๆ ของแนวนอนที่ 1
 Z_{adj} = ค่าความสูงที่ทำการปรับแก้ด้วยสมการระนาบ

ปรับแก้ค่าทั้งแนวกบินที่ 2

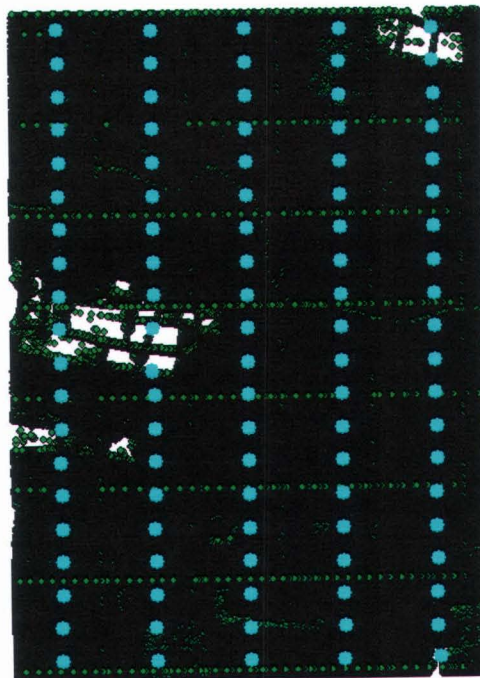
$$Z_{ti} - \Delta H_{ti} = Z_{adj} \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

เมื่อ Z_{ti} = ค่าความสูงที่จุดใดๆ ของแนวกบินที่ 2

ΔH_{ti} = ค่าความสูงปรับแก้จากสมการระนาบที่จุดใดๆ ของแนวกบินที่ 2

Z_{adj} = ค่าความสูงที่ทำการปรับแก้ด้วยสมการระนาบ

จากข้อมูล LIDAR แนวกบินที่ 1 มีจุดข้อมูลทั้งหมดจำนวน 718,158 จุด แนวกบินที่ 2 จำนวน 652,187 จุด ซึ่งได้ทำการเลือกจุดในการปรับแก้ทั้งพื้นที่โดยเลือกพิจารณาจุดทั้งแนวกบินที่ 1 และแนวกบินที่ 2 จำนวน 100 จุด ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ตำแหน่งการเลือกจุดข้อมูล LIDAR ทั้งแนวกบินกระจายทั่วพื้นที่