

การใช้ GIS เพื่อวางแผนแนวมบินของอากาศยานไร้คนบินในการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศ



นางสาวจุฑาทิพย์ ชนิกิตต์เมธาวุฒิ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

GIS-AIDED FLIGHT PLANNING OF UNMANNED AERIAL VEHICLE
FOR AERIAL PHOTOGRAPHING



Miss Jutatip Thanakitmetavut

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Spatial Information System in Engineering**

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

จุฬาทิพย์ ธนภักดิ์เมธาวุฒิ : การใช้ GIS เพื่อวางแผนแนวมบินของอากาศยานไร้คนบินในการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศ. (GIS-AIDED FLIGHT PLANNING OF UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR AERIAL PHOTOGRAPHING) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.อิทธิ ตรีศิริ สัตยวงศ์, 90หน้า

การใช้อากาศยานไร้คนบินในการถ่ายภาพทางอากาศโดยไม่มีแผนไว้ล่วงหน้า ถือว่ามีความเสี่ยงอย่างยิ่งจากสาเหตุหลายประการ เช่น อาจบินชนภูเขาสูงที่กีดขวางอยู่ หรือบินเข้าไปในพื้นที่ที่อาจถูกฝ่ายตรงข้ามโจมตี หรือระหว่างการบินไม่สามารถติดต่อกับสถานีควบคุมภาคพื้นดิน เนื่องจากสัญญาณวิทยุถูกบดบังด้วยภูมิประเทศ การลดความเสี่ยงจากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาสามารถทำได้โดยการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ภูมิประเทศ และตำแหน่งที่ตั้งของอุปสรรคและพื้นที่อันตรายต่างๆเพื่อให้ได้แนวมบิน ตำแหน่งถ่ายภาพ และวันเวลาที่เหมาะสมในการถ่ายภาพเป้าหมาย เพื่อความสำเร็จของภารกิจและเพิ่มความปลอดภัยให้กับอากาศยานไร้คนบิน

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ในซอฟต์แวร์ ArcGIS ตามแนวคิดข้างต้น โดยแบ่งการทำงานออกเป็นสามขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการหาค่าความสว่างของเป้าหมายจากตำแหน่งดวงอาทิตย์และแบบจำลองความสูงเพื่อตรวจสอบวัน และเวลาที่จะถ่ายภาพให้มีแสงสว่างพอเพียง ไม่ถูกเงาของภูมิประเทศบดบัง ขั้นตอนที่สอง คือ การวิเคราะห์หาตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ โดยสร้างตำแหน่งจำนวนมากเหนือพื้นที่เป้าหมายในการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศและนำตำแหน่งดังกล่าวซึ่งเป็นจุดตัวอย่างมาตรวจสอบภายใต้เงื่อนไขว่า ไม่อยู่ในพื้นที่หวงห้าม มุมกล้องไม่เกินขีดจำกัด มองเห็นเป้าหมาย และความสูงเหนือพื้นดินไม่ต่ำกว่าที่กำหนด ขั้นตอนสุดท้าย คือ การคำนวณแนวมบินจากสนามบินไปยังพื้นที่เป้าหมาย โดยเริ่มจากการสร้างพื้นที่รูปปิดที่ไม่มีพื้นที่เสี่ยงภัยหรือพื้นที่ห้ามเข้า แล้วนำตำแหน่งจุดของขอบเขตพื้นที่รูปปิดที่สร้างขึ้นรวมถึงตำแหน่งของสนามบิน และตำแหน่งสุดท้าย คือ ตำแหน่งถ่ายภาพ มาสร้างกราฟและหาแนวมบินที่สั้นที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมไดคอสตาร์ แล้วนำแนวมบินดังกล่าวมาตรวจสอบเงื่อนไขด้านการติดต่อกับสถานีควบคุม และความสูงเหนือพื้นดิน ช่วงใดก็ตามบนแนวมบินที่สร้างขึ้นที่ไม่ผ่านเงื่อนไขดังกล่าวจะถือว่าเป็นพื้นที่ห้ามเข้าและโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์หาแนวมบินใหม่ในลักษณะวนซ้ำจนกระทั่งได้แนวมบินที่ผ่านเงื่อนไขทุกประการ

โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาใช้ในการวางแผนแนวมบินเพื่อการลาดตระเวนหรือเฝ้าระวังในภารกิจด้านความมั่นคงได้เป็นอย่างดี รวมทั้งสามารถพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถต่อไปได้อีกในอนาคต

ภาควิชา.....วิศวกรรมสำรวจ.....ลายมือชื่อนิสิต.....จุฬาทิพย์ ธนภักดิ์เมธาวุฒิ.....
 สาขาวิชา..ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางวิศวกรรม..ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ปีการศึกษา2550.....

4870257321 : MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING

KEY WORD: UAV / FLIGHT PLANNING /GIS / VISUAL BASIC PROGRAMMING

JUTATIP THANAKITMETAVUT : GIS-AIDED FLIGHT PLANNING OF UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR AERIAL PHOTOGRAPHING. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. ITTHI TRISIRISATAYAWONG,Ph.D, 90 pp.

Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for aerial photographing without planning is always risky from many reasons such as losing UAV due to terrain collision, enemy fire or losing contact between UAV and ground control station because mountainous terrain obstructs line of sight and radio communication. Analyzing terrain and restricted area in GIS environment can reduce the risks. Optimum flight, aircraft position, date and time during are calculated to achieve mission success and maintain aircraft safety.

This research aims to develop ArcGIS application program for automatic flight planning. The work is divided into three parts. The first, to analyze digital elevation model, sun angle and azimuth to determine the date and time during which light condition is appropriate. Secondly, the program generates the sample points above the target. These sample points are tested if they satisfy the following criteria; the target can be seen from the candidate position, look angle is checked with the camera specification, the candidate position is outside restricted area and terrain clearance is more than safe height above ground. Finally, flight path is calculated by computing visibility graph of points, interior or on boundary of flyable polygon which dangerous or restricted area is excluded. Then Dijkstra's algorithm is applied to determine shortest path between airfield and the selected UAV position in visibility graph. The shortest path will be checked for visibility and avoiding obstacles problems. If any path segments do not pass a criterion, they become no-go-zone. Software will create flyable zone which excludes no-go-zone and calculate flight path again until path passing all criteria.

This flight planning application can be used for security purposes such as surveillance or reconnaissance. The software package allows future development and revision to enhance capability.

Department :.....Survey Engineering..... Student's signature :Jutatip Thanakitmetavut
Field of study : ...Spatial Information System in Engineering... Advisor's signature :
Academic year :2007.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือและความกรุณาจากบุคคลหลายท่าน เริ่มจากบุคคลสำคัญ คือ บิดามารดา ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับการสนับสนุนในการศึกษา และให้ความช่วยเหลือแก่ผู้เขียนในทุก ๆ ด้าน

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ รวมทั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นในแง่มุมต่าง ๆ ที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณพันเอก เฉลิมเกียรติ พิมพ์ทนดี และพันตรี เลิศรบ ศรีกิตตยากรณ์ที่ได้ให้ข้อมูลและคำแนะนำที่ประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกคนในภาควิชาที่กรุณาดูแลนิสิตภาควิชาวิศวกรรมสำรวจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณนายชัยยุทธ เจริญผลที่ช่วยให้คำแนะนำในด้านการเขียนโปรแกรม และขอบคุณนางสาวสินีนาด เส็งหนองแบนที่ช่วยเหลือในด้านการเดินทางไปสัมภาษณ์นักบินควบคุมอากาศยานไว้ นักบิน ที่กองพลทหารปืนใหญ่ จังหวัดลพบุรี

ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้องภาควิชาวิศวกรรมสำรวจทุกคน โดยเฉพาะเพื่อนๆในชั้นปี ขอคุณ นางสาวเสาวณีย์ ศรีชาย นางสาวภาวิณี เฟื่องเพชร นางสาวอรวิมล จันทร์คำ นางสาวกรรณา พิมพ์ประสานต์ ได้รับความช่วยเหลือในทุกด้าน

หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่องและข้อผิดพลาดทั้งหมด และหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจทุกท่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญแผนที่	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตการทำงานของโปรแกรมประยุกต์	3
1.5 คำจำกัดความในการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7 วิธีดำเนินการวิจัย	5
บทที่ 2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์	6
2.1 อากาศยานไร้คนบินและการนำไปใช้	8
2.2 เงื่อนไขในการวิเคราะห์หาตำแหน่งถ่ายภาพ	9
2.3 การตรวจสอบวัน และเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการกิจ	11
2.4 การเลือกอัลกอริทึมสำหรับวางแผนแนวมบินของอากาศยานไร้คนบิน	13
2.5 เงื่อนไขที่ผู้วางแผนต้องกำหนดก่อนการสร้างแนวมบิน	18
2.6 การสร้าง กราฟแสดงการมองเห็นและการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด	20
2.7 การปรับรูปแนวมบิน	21
บทที่ 3 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์	23
3.1 การวิเคราะห์ตำแหน่งเหมาะสมเพื่อถ่ายภาพเป้าหมายของอากาศยานไร้คนบิน	23

3.2 การสร้างแนวมบิน	31
3.2.1 สร้างแนวกั้นชนพื้นที่ห้ามเข้า	31
3.2.2 สร้างขอบเขตพื้นที่ที่มีความสูงเกินเพดานบินสูงสุด	31
3.2.3 สร้าง “FlyZone”	32
3.2.4 สร้าง “FlyableZone”	33
3.2.5 สร้างกราฟแสดงการมองเห็นและหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยอัลกอริทึม ไดสตาร์.....	33
3.2.6 ปรับค่าระดับความสูงให้กับแนวมบิน	34
3.2.7 ตรวจสอบแนวมบินที่ได้	35
3.3 การหาวัน เวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการกิจถ่ายภาพถ่ายทางอากาศ.....	39
บทที่ 4 ผลการทดสอบโปรแกรมประยุกต์.....	42
4.1 แนวคิดในการทดสอบ.....	42
4.2 ทดสอบการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนบิน.....	44
4.3 ทดสอบการสร้างและตรวจสอบแนวมบิน.....	49
4.4 ทดสอบการทำงานในส่วนของวันและเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการกิจ	57
4.5 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ทั้งระบบ	58
4.6 สรุปผลการทดสอบ	68
บทที่ 5 บทสรุป.....	69
5.1 ผลลัพธ์ของการวิจัย	69
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย.....	70
5.3 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย	74
5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัย.....	74
รายการอ้างอิง	75
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก	78
ภาคผนวก ข	80
ภาคผนวก ค	82
ภาคผนวก ง.....	83
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	90

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	แสดงคำอธิบายการแบ่งค่าสีเทา ตามระบบ โชน 12
2.2	แสดงการเทียบค่าความสว่างระหว่าง 0-255 กับระบบ โชน 13
2.3	แสดงการเปรียบเทียบวิธีการสร้างแนวมินทั้ง 5 วิธี 17
3.1	แสดงผลการตรวจสอบเงื่อนงำของตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพของ UAV 30
3.2	แสดงผลการตรวจสอบจุดตรวจสอบแนวมิน 39
4.1	แสดงสัญลักษณ์ที่ปรากฏในบทที่ 4 42
4.2	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ผู้วางแผนกำหนด 58
4.3	แสดงตำแหน่งของอากาศยานไร้คนขับที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ 60
4.4	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ผู้วางแผนกำหนด 63
4.5	แสดงตำแหน่งของอากาศยานไร้คนขับที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ 66
5.1	แสดงผลการทดสอบการGeneralize กราฟแสดงการมองเห็น 73
ก-1	แสดงโครงสร้างตารางข้อมูลพื้นฐานของตำแหน่งเป้าหมาย 78
ก-2	แสดงโครงสร้างตารางข้อมูลพื้นฐานของตำแหน่งสนามบิน 78
ก-3	แสดงโครงสร้างตารางข้อมูลพื้นฐานของตำแหน่งสถานีควบคุมภาคพื้นดิน 78
ก-4	แสดงโครงสร้างตารางข้อมูลพื้นฐานของคุณลักษณะของอากาศยานไร้คนขับ 79

สารบัญแนที่

แนที่ที่	หน้า
4.1	แสดงตำแหน่งสนามบิน ตำแหน่งถ่ายภาพของอากาศยานไร้ักบิน และแนวบิน.....44
4.2	แสดงตำแหน่งสนามบิน ตำแหน่งถ่ายภาพของอากาศยานไร้ักบิน และแนวบิน.....49



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	แสดงโครงข่ายเพื่อรองรับการวางแผนการบินสำหรับ UAV..... 7
2.2	แสดงแสดงระบบการทำงานของอากาศยานไร้คนบิน..... 8
2.3	แสดงแนวการมองเห็น..... 9
2.4	แสดงการทดสอบเรื่องพื้นที่ห้ามเข้า 10
2.5	แสดงตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่ผ่านการทดสอบเงื่อนไข 10
2.6	แสดงภาพการเกิดเงา และแสดงมุมของดวงอาทิตย์เหนือเป้าหมาย 12
2.7	แสดง Hillshadeของพื้นที่ศึกษา..... 12
2.8	แสดงพื้นที่สำหรับทดสอบการสร้างแนวมินที่มีพื้นที่เสี่ยงอยู่ภายใน 14
2.9	แสดงเส้นทางที่ได้จากวิธี Probabilistic Local Optimisation 14
2.10	แสดงเส้นทางที่ได้จากวิธี Voronoi Graph 15
2.11	แสดงเส้นทางที่ได้จากวิธี Visibility Line 15
2.12	แสดงจุดตำแหน่งที่สร้างจากวิธี “Bouncing” 16
2.13	แสดงเส้นทางที่ได้จากวิธี “Bouncing” 16
2.14	แสดงเส้นทางที่ได้จากวิธี MILP 16
2.15	แสดงกราฟเปรียบเทียบความเสี่ยงของแนวมินที่สร้างจากวิธีสร้างแนวมิน 5 วิธี 17
2.16	แสดงกราฟเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ของแนวมินที่สร้างจากวิธีสร้างแนวมิน 5 วิธี 18
2.17	แสดงแนวมินที่คำนวณได้ก่อนและหลังการสร้างแนวมินรอบพื้นที่ห้ามเข้า..... 18
2.18	แสดงพื้นที่ที่มีความสูงเกินขีดจำกัดเพดานบินสูงสุด 19
2.19	แสดงกราฟแสดงการมองเห็น..... 20
3.1	แสดงจุดภาพถ่าย Orthophoto บริเวณตำแหน่งเป้าหมายที่นำมาหาค่าความสว่าง 23
3.2	แสดงแผนผังแสดงขั้นตอนการตรวจสอบค่าความสว่างของเป้าหมาย 24
3.3	แสดงผลจากการคำนวณค่าความสว่างของเป้าหมายทุก 1 ชั่วโมง 25
3.4	แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่งถ่ายภาพที่เหมาะสม (ด้านบน)..... 25
3.5	แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งถ่ายภาพที่เหมาะสม (ด้านข้าง)..... 26
3.6	แสดงปริมาตรที่สร้างจากมุมกล้อง 27
3.7	แสดงตำแหน่งจุดตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบเงื่อนไข 27
3.8	แสดงจุดที่การตรวจสอบเงื่อนไขเขตหวงห้าม 28

3.9	แสดงจุดที่ผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขความสูงเหนือพื้นดิน.....	29
3.10	แสดงจุดที่ผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขมุมกล้อง.....	29
3.11	แสดงตัวอย่างแนวการมองเห็นที่ผ่านการตรวจสอบ.....	29
3.12	แสดงตัวอย่างจุดที่ผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขแนวการมองเห็น	30
3.13	แสดงแผนผังแสดงการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพ	32
3.14	แสดงพื้นที่ห้ามเข้า “RestrictedArea” ที่ถูกสร้างแนวกันชน	33
3.15	แสดงภาพตัดขวางของพื้นที่ “NoGoZone1”	34
3.16	แสดงการรวมพื้นที่ “NoGoZone1” และ “Restricted Area”	34
3.17	แสดง “FlyableZone”	35
3.18	แสดงตัวอย่างการแสดงผลการวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุดภายในกราฟแสดง การมองเห็น	35
3.19	แสดงแนวบินที่ได้จากการปรับความสูงบิน.....	36
3.20	แสดงการไต่ระดับความสูงของอากาศยานไร้คนบิน	37
3.21	แสดงจุดตรวจสอบที่สร้างขึ้นบนเส้นทางบินที่ได้จากการคำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุด	38
3.22	แสดงพื้นที่ “NoGoZone2” ที่ถูกสร้างแนวกันชนรอบจุดที่ไม่ผ่านการตรวจสอบ เงื่อนไข	39
3.23	แสดงแนวบินที่สร้างใหม่จากการวนซ้ำ.....	40
3.24	แผนผังแสดงขั้นตอนการสร้างแนวบิน	41
4.1	แสดงพื้นที่ศึกษาที่นำมาทดสอบโปรแกรมประยุกต์.....	43
4.2	แสดงตำแหน่งสนามบินในพื้นที่ศึกษาที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมประยุกต์	43
4.3	แสดงพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการทดสอบโปรแกรมประยุกต์.....	44
4.4	แสดงผลการทดสอบค่าความสว่างของเป้าหมาย.....	45
4.5	แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบหาตำแหน่งที่เหมาะสมของUAV สำหรับถ่ายภาพ.....	46
4.6	แสดงพื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบหาตำแหน่งที่เหมาะสมของUAV สำหรับถ่ายภาพ	46
4.7	แสดงผลการทดสอบเงื่อนไขมุมกล้อง.....	47
4.8	แสดงผลการทดสอบเงื่อนไขพื้นที่ห้ามเข้า	47
4.9	แสดงแสดงผลการทดสอบเงื่อนไขความสูงเหนือพื้นดิน	48
4.10	แสดงผลการทดสอบเงื่อนไขแนวการมองเห็น	48
4.11	แสดงผลการทดสอบเงื่อนไขพิสัยอากาศยานไร้คนบิน	49
4.12	แสดงตำแหน่งที่ผ่านเงื่อนไขทั้งหมด	49
4.13	แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบทดสอบการสร้างและตรวจสอบแนวบิน	50

4.14	แสดงพื้นที่ห้ามเข้า แบบที่ 1	50
4.15	แสดงแนวมินที่หลบหลีกพื้นที่ห้ามเข้าแบบที่ 1	51
4.16	แสดงภาพตัดขวางแนวมินที่หลบหลีกพื้นที่ห้ามเข้าแบบที่ 1	51
4.17	แสดงพื้นที่ห้ามเข้า แบบที่ 2	52
4.18	แสดงแนวมินที่หลบหลีกพื้นที่ห้ามเข้าแบบที่ 2	52
4.19	แสดงภาพตัดขวางแนวมินที่หลบหลีกพื้นที่ห้ามเข้าแบบที่ 2	53
4.20	แสดงเส้นชั้นความสูงของพื้นที่ทดสอบ	54
4.21	แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบการสร้างและตรวจสอบแนวมิน	54
4.22	แสดงพื้นที่ “NoGoZone1” ของพื้นที่ทดสอบ	55
4.23	แสดงจุดตรวจสอบแนวมินที่ผ่านเงื่อนไขด้านความปลอดภัย	55
4.24	แสดงแนวมินที่ได้จากการหลบหลีกพื้นที่ “NoGoZone1”	56
4.25	แสดงแสดงภาพตัดขวางแนวมิน	57
4.26	แสดงตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสม	59
4.27	แสดงจุดตำแหน่งของแนวมิน	61
4.28	แสดงภาพตัดขวางแนวมิน	62
4.29	แสดงตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสม	64
4.30	แสดงค่าความสว่างของเป้าหมายทุก 1 ชั่วโมง	65
4.31	แสดงจุดตำแหน่งของแนวมิน	67
4.32	แสดงภาพตัดขวางแนวมิน	68
5.1	แสดงแนวมินที่ได้จากการสร้างขอบเขตพื้นที่ “NoGoZone1” ไว้ล่วงหน้า	70
5.2	แสดงการวนซ้ำของโปรแกรมประยุกต์เพื่อหลบหลีกภูเขา	71
5.3	แสดงผลการวิเคราะห์หาตำแหน่งถ่ายภาพ แนวมิน โดยใช้โปรแกรม ArcScene	74
ข-1	แสดง Tool bar เพื่อเปิดโปรแกรมประยุกต์	80
ข-2	แสดง User Interface ของโปรแกรมประยุกต์	80
ข-3	แสดงรูปแบบการจัดเก็บตำแหน่งสนามบินใน TEXT FILE	81
ข-4	แสดงการประมวลผลเพื่อเลือกตำแหน่งสนามบิน	81
ค-1	แสดงเงื่อนไขในการเลือกตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสม	82
ค-2	แสดงตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพที่ถูกเลือก	82

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การถ่ายภาพทางอากาศในพื้นที่เสี่ยงอันตราย หรือพื้นที่ชายแดน ถือเป็นภารกิจที่มีข้อจำกัดสำหรับเครื่องบินที่มีนักบินอยู่บนเครื่อง เนื่องจากอาจทำให้ต้องสูญเสียทรัพยากรมนุษย์ จึงได้มีการนำอากาศยานไร้คนขับ(Umanned Aerial Vehicle) หรือUAV ซึ่งเป็นเครื่องบินที่ไม่มีนักบินประจำการอยู่บนเครื่อง แต่อาศัยการบังคับระยะไกลจากฐานปฏิบัติการภาคพื้นดินมาใช้สำหรับการบินบันทึกภาพทางอากาศในพื้นที่สำรวจที่อยู่ห่างไกล เพื่อสนับสนุนงานถ่ายภาพทางอากาศให้กับหน่วยงานด้านความมั่นคงและสอดแนม แต่การนำอากาศยานไร้คนขับออกปฏิบัติการโดยไม่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าจะส่งผลให้เจ้าหน้าที่ควบคุมอากาศยานไร้คนขับต้องแก้ไขสถานการณ์เฉพาะหน้าในกรณีที่เกิดปัญหาต่างๆ เช่น มีสิ่งกีดขวางทำให้เกิดการชน อากาศยานไร้คนขับเข้าไปในพื้นที่ห้ามเข้าเป็นเหตุให้ถูกฝ่ายตรงข้ามโจมตี หรือสูญเสียการสื่อสารกับสถานีควบคุมภาคพื้นดินจนส่งผลให้ภารกิจล้มเหลว นอกจากนี้อากาศยานไร้คนขับอาจต้องเสียเวลานานอยู่เหนือเป้าหมายเป็นเวลานานเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมของอากาศยานไร้คนขับในการถ่ายภาพ

ปัญหาที่ส่งผลต่อความสำเร็จของภารกิจถ่ายภาพทำให้ภาพถ่ายเป้าหมายไม่คมชัด ได้แก่เป้าหมายถูกเงาภูมิประเทศบังเนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูง หรือค่าความสว่างที่บริเวณพิกัดเป้าหมายในวันและเวลาปฏิบัติการไม่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพเนื่องจากตำแหน่งดวงอาทิตย์ในวันและเวลาที่แตกต่างย่อมทำให้พื้นที่เป้าหมายได้รับแสงจากแหล่งกำเนิดไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้พื้นที่เป้าหมายมืดทึบในช่วงเวลาหนึ่งแต่กลับสว่างมากในอีกช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้นผู้วางแผนจึงจำเป็นต้องตรวจสอบวันและเวลาในการปฏิบัติการให้มีความเหมาะสม จากการวิเคราะห์สภาพภูมิประเทศบริเวณใกล้เคียงตำแหน่งเป้าหมายโดยใช้แบบจำลองความสูง (Digital Elevation Model : DEM) ก่อนที่จะนำอากาศยานขึ้นบิน

ความล้มเหลวในการปฏิบัติการก็อาจเกิดขึ้นในกรณีที่บินไปถึงบริเวณเป้าหมายแต่ไม่สามารถมองเห็นเป้าหมายได้ เพราะมีภูเขาสูงกีดขวางแนวการมองเห็นระหว่างกล้องกับเป้าหมายหรือกรณีที่อากาศยานบินอยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากเป้าหมายเป็นมุมและระยะทางเกินขีดจำกัดของมุมกล้อง จึงส่งผลให้กล้องไม่สามารถระดมให้ถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายได้ ดังนั้นผู้วางแผนจึงจำเป็นต้องหาพิกัดตำแหน่งของอากาศยานไร้คนขับที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพไว้ล่วงหน้า โดยที่ตำแหน่งดังกล่าวจะต้องสามารถติดต่อกับสถานีควบคุมได้ มีความสูงเหนือพื้นดินไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนด และไม่อยู่ในพื้นที่หวงห้าม เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอากาศยานและหลีกเลี่ยงการโจมตีของฝ่ายตรงข้าม

การวางแผนแนวมบินจำเป็นต้องทำก่อนนำอากาศยานไร้คนขับขึ้นใช้งานเพื่อให้เครื่องบินสามารถบินจากจุดเริ่มต้นไปยังเป้าหมายและถ่ายภาพได้ แนวมบินจะมีการระบุพิกัดของจุดตำแหน่ง (Waypoints) ซึ่งประกอบไปด้วยตำแหน่งจุดเริ่มต้น ตำแหน่งที่แนวมบินมีการเปลี่ยนทิศทาง และตำแหน่งที่เหมาะสมของอากาศยานไร้คนขับในการถ่ายภาพซึ่งเป็นปลายทาง เพื่อให้อากาศยานไร้คนขับไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้อย่างเป็นอัตโนมัติโดยอาศัยข้อมูลตำแหน่งอากาศยานไร้คนขับที่รับมาจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส

แนวมบินของอากาศยานไร้คนขับมีโอกาสด้านเข้าไปในพื้นที่หวงห้าม หรือเกิดอุบัติเหตุบินชนภูเขาสูงได้ ดังนั้นการออกแบบเส้นทางบินเพื่อลดความเสี่ยงสามารถทำได้โดยสร้างจุดตำแหน่งของแนวมบินที่ได้จากการนำอัลกอริทึมไดคอสตรา (Dijkstra) มาหาเส้นทางที่สั้นที่สุดภายในกราฟแสดงการมองเห็น (Visibility Graph) กราฟดังกล่าวสร้างจากจุดตำแหน่งที่มีระยะห่างจากสนามบินไม่เกินพิสัยของอากาศยานไร้คนขับ และจุดตำแหน่งดังกล่าวต้องไม่อยู่ในพื้นที่หวงห้าม หรือบริเวณที่เสี่ยงอันตราย แนวมบินจะเริ่มต้นจากตำแหน่งสนามบินไปสิ้นสุดยังตำแหน่งถ่ายภาพที่เหมาะสม จากนั้นนำเส้นทางที่ได้มาผ่านการปรับรูปเส้นทางและนำไปตรวจสอบเงื่อนไข ได้แก่ ระยะทางรวมของแนวมบินต้องไม่เกินพิสัยของอากาศยานไร้คนขับ ความสูงเหนือพื้นดินต้องไม่ต่ำกว่าความสูงที่กำหนด และแนวการมองเห็นระหว่างสถานีควบคุมกับอากาศยานต้องไม่มีสิ่งกีดขวางเพื่อป้องกันการจี้ลมหเลวจากการขาดการติดต่อสื่อสารกับสถานีควบคุมระหว่างบินทำให้ได้แนวมบินที่ปลอดภัย

ข้อมูลที่ผู้วางแผนเตรียมไว้ล่วงหน้า ได้แก่ ตำแหน่งสนามบิน ตำแหน่งเป้าหมาย ตำแหน่งสถานีควบคุม ข้อมูลพื้นที่ห้ามเข้า ข้อมูลคุณสมบัติของอากาศยานไร้คนขับ และแบบจำลองความสูงภูมิประเทศจะถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้ฟังก์ชันทางด้าน GIS เช่น การคำนวณ Hillshade การวิเคราะห์การมองเห็น การสร้างโครงข่ายเพื่อหาเส้นทาง การคำนวณค่าความสูงเหนือพื้นดิน การซ้อนทับ และการตรวจสอบเส้นทางรวมของแนวมบินไม่ให้เกินพิสัยเครื่องบิน

การนำ GIS มาช่วยในการวางแผนทำให้ได้วันและเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการกิจ ตำแหน่งที่เหมาะสมของอากาศยานไร้คนขับในการถ่ายภาพ พิกัดจุดตำแหน่งของแนวมบิน และแผนที่แสดงพื้นที่ปฏิบัติการกิจ ซึ่งถือได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งที่นอกจากจะช่วยให้ภารกิจสำเร็จแล้วยังช่วยในเรื่องของความปลอดภัยอีกด้วย ดังนั้น โปรแกรมประยุกต์จึงได้ถูกสร้าง ดัดแปลงและพัฒนาเพิ่มจากโมดูลการวางแผนภารกิจโดยใช้ GIS ในการวิเคราะห์แบบจำลองความสูงอย่างเป็นทางการอัตโนมัติ (Trisirisatayawong and Cheewinsiriwat , 2004) ที่ได้มีการจัดทำในส่วนของหารหาตำแหน่งอากาศยานไร้คนขับที่เหมาะสม และการหาค่าความสว่างของเป้าหมายไว้แล้ว แต่ยังคงขาดในส่วนของการสร้างแนวมบินที่มีความปลอดภัย โดยนำ GIS มาใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองความสูง คุณสมบัติของอากาศยานไร้คนขับ ข้อมูลของภารกิจ และข้อจำกัดอื่นๆ สำหรับสร้างพารามิเตอร์สำหรับภารกิจการบินให้มีความเป็นอัตโนมัติในการวางแผนมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทางด้าน GIS เพื่อวิเคราะห์หาแนวบิน ตำแหน่งถ่ายภาพ วันและเวลาที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้สามารถกำหนดขอบเขตได้ดังต่อไปนี้

1) พื้นที่ศึกษา ขอบเขตพื้นที่ที่ใช้ในการวิจัย ใช้พื้นที่ศูนย์กองพลทหารปืนใหญ่ อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี

2) ข้อมูลปริภูมิที่ใช้ในการศึกษาวิจัยมีดังนี้

- ข้อมูลภาพออร์โธโฟโต (Orthophoto) มาตรฐาน 1: 4000 รายละเอียด (Resolution) 0.5 เมตร ความถูกต้อง (Accuracy) 0.75 เมตร

- แบบจำลองความสูงบริเวณพื้นที่ศึกษาจากโครงการวิจัยอากาศยานไร้คนบิน รายละเอียด 6 เมตร ความถูกต้อง 3 เมตร

3) ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ ใช้ภาษา Visual Basic for Application ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ เพื่อใช้ในซอฟต์แวร์ ArcGIS เวอร์ชัน 9.2

1.4 ขอบเขตการทำงานของโปรแกรมประยุกต์

ในการใช้ GIS เพื่อวิเคราะห์หาแนวบิน โปรแกรมประยุกต์มีขอบเขตการทำงานดังนี้

- พิจารณาเฉพาะปัจจัยด้านภูมิประเทศ และคุณลักษณะของเครื่องบินเท่านั้น แต่ไม่นำปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาพอากาศ มาพิจารณา

- มีพื้นที่หวงห้ามอยู่ในรูปแบบพื้นที่รูปปิด (Polygon) ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการบิน

- สามารถกำหนดอัตราสุ่มค่า (Sampling Rate) ในการสร้างจุดตัวอย่างเพื่อตรวจสอบตำแหน่งที่เหมาะสมในการถ่ายภาพและตำแหน่งในการตรวจสอบแนวบินได้

- สามารถกำหนดระยะห่างที่ปลอดภัยเพื่อใช้สำหรับการสร้างบัฟเฟอร์พื้นที่หวงห้ามได้

- สามารถคำนวณตำแหน่งที่เหมาะสมในการบินถ่ายภาพ ซึ่งเป็นตำแหน่งจุดหมายที่เครื่องบินจะบินไปถึง

- สามารถสร้างแนวบินที่เหมาะสมไปยังตำแหน่งของอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมที่คำนวณได้ โดยแนวบินมีการรักษาความเร็ว และระดับเพดานบินคงที่จึงไม่มีการคำนวณอัตราไต่ระดับความสูงบินขณะบินอยู่บนท้องฟ้า

- สร้างเอกสารที่ประกอบด้วยข้อมูลค่าความสว่างของเป้าหมาย ตำแหน่งจุดเริ่มต้น ตำแหน่งเป้าหมาย ตำแหน่งถ่ายภาพที่เหมาะสม จุดตำแหน่งของแนวบิน ภาพตัดขวางแนวบิน วันที่ปฏิบัติการกิจ เวลาที่เริ่มบินจนไปถึงยังตำแหน่งเป้าหมาย และแผนที่แสดงพื้นที่ปฏิบัติการกิจ

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle) หมายถึง เครื่องบินที่มีการควบคุมจากระยะไกล สามารถติดตั้งกล้องอุปกรณ์สื่อสาร เช่น เซอร์ และกล้องหรือ อุปกรณ์อื่นๆ ได้ ในปัจจุบัน อากาศยานไร้คนขับถูกนำมาใช้งานจริงเพิ่มขึ้น (FAS, 2005)

ความสูงเหนือพื้นดิน (Terrain Clearance) หมายถึง ระดับความสูงเหนือภูมิประเทศ คำนวณได้จากการนำระดับความสูงของพื้นผิวที่คำนวณได้จากแบบจำลองความสูง ลบออกจากเพดานบินของอากาศยานไร้คนขับ

เพดานบิน (Altitude) หมายถึง ระดับความสูงบินปฏิบัติการเหนือพื้นอ้างอิง คือ ระดับน้ำทะเลปานกลาง

เพดานบินสูงสุด (Maximum Altitude) หมายถึง ระดับความสูงบินสูงสุดที่อากาศยานไร้คนขับสามารถอยู่ได้เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งต้องนำมาพิจารณาในกรณีที่ต้องบินอยู่เหนือภูมิประเทศที่เป็นภูเขา

พิสัยอากาศยานไร้คนขับ (UAV Range) หมายถึง ระยะห่างมากที่สุดที่อากาศยานไร้คนขับสามารถเดินทางจากตำแหน่งเริ่มต้น ไปยังตำแหน่งปลายทาง และสามารถกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้นได้โดยไม่ต้องเติมเชื้อเพลิง

ระบบรีเทิร์นโฮม (Return Home) หมายถึง ระบบการบินฉุกเฉินที่เตรียมไว้รองรับกรณีที่สัญญาณระหว่างอากาศยานและสถานีควบคุมภาคพื้นขาดหายเกินช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้ เครื่องบินจะสามารถบินกลับมายังพื้นที่ที่กำหนดไว้โดยอัตโนมัติ

จุดตำแหน่ง (Waypoints) หมายถึง ตำแหน่งพิกัดที่กำหนดให้อากาศยานไร้คนขับผ่านอย่างต่อเนื่องไปตามเส้นทางที่วางแผนไว้

อัตราการไต่ระดับความสูง (Climb Rate) หมายถึง อัตราที่พิจารณาจากความเร็ว (Speed) และ ความสูงบิน (Altitude) ของอากาศยานไร้คนขับ มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องนำมาพิจารณาเมื่ออากาศยานไร้คนขับมีการเปลี่ยนความสูงบิน ซึ่งหากอัตราการไต่ระดับความสูงยิ่งมาก อากาศยานไร้คนขับจะยิ่งปลอดภัย

พื้นที่หวงห้าม (Restricted Area) หมายถึง พื้นที่ซึ่งผู้วางแผนกำหนดไว้ล่วงหน้าเพื่อไม่ให้อากาศยานไร้คนขับผ่าน

พื้นที่ห้ามเข้า (No-Go-Zone) หมายถึง พื้นที่ซึ่งโปรแกรมประยุกต์สร้างขึ้นใหม่เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ไม่ผ่านเงื่อนไขด้านความปลอดภัยทั้งในด้านความสูงเหนือพื้นดิน และแนวการมองเห็นระหว่างอากาศยานไร้คนขับและสถานีควบคุม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โปรแกรมประยุกต์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับวางแผนแนวมบิน ในการหาตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินสำหรับถ่ายภาพ สร้างแนวมบินและตารางเวลาการบิน

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

มีขั้นตอนโดยสรุปดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาข้อมูลและปัจจัยต่างๆเกี่ยวข้องกับอากาศยานไร้คนบิน และการถ่ายภาพถ่ายภาพทางอากาศ
- 2) วิเคราะห์ออกแบบเงื่อนไขการบิน ซึ่งการวางแผนแนวมบินเริ่มต้นจำเป็นต้องมีข้อมูลแบบจำลองความสูง สำหรับพื้นที่ปฏิบัติการเพื่อให้มองเห็นลักษณะของพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งสามารถแสดงบนซอฟต์แวร์ ArcGIS9
- 3) สรุปและประเมินผลการทดสอบโปรแกรม และทำการแก้ไขปรับปรุง
- 4) สรุปผลการวิจัยและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

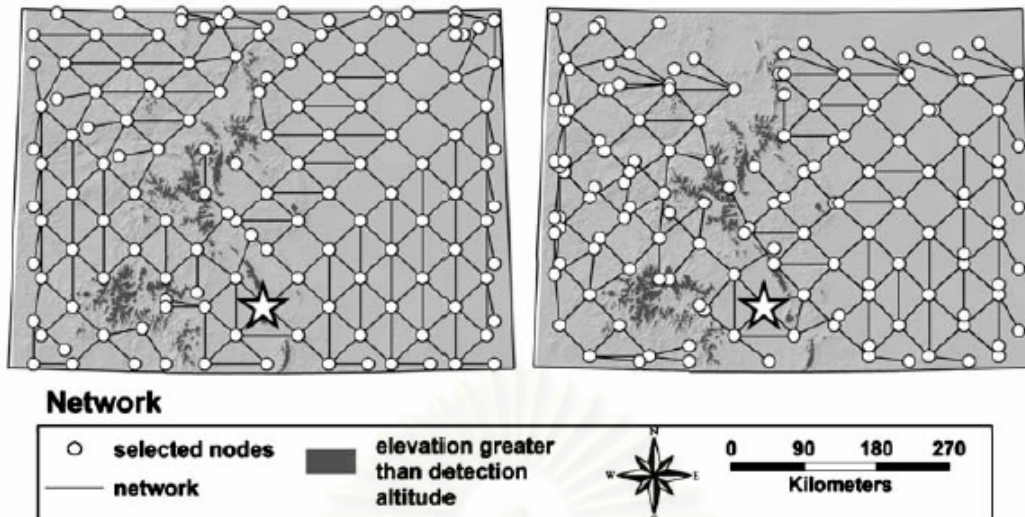
บทที่ 2

แนวคิดที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์

การวางแผนแนวมินเป็นปัญหาอย่างหนึ่งที่ต้องเผชิญเมื่อต้องการความเป็นอัตโนมัติจากการนำอากาศยานไร้คนบินมาใช้งาน (Mettler et al., 2003) การทำความเข้าใจระบบการทำงานและศึกษานำไปใช้ของอากาศยานไร้คนบิน จะช่วยให้การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทางด้าน GIS เพื่อใช้วางแผนอากาศยานไร้คนบินสำหรับบินถ่ายภาพพื้นที่เป้าหมายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพถ่ายที่ต้องการจะถูกนำมาใช้เพื่อเหตุผลทางด้านความมั่นคง เช่น การเฝ้าระวัง การสังเกตการณ์ที่ตั้งทางทหาร การบินนี้โดยทั่วไปย่อมมีความเสี่ยง แม้ว่าอากาศยานไร้คนบินจะไม่มีนักบินอยู่บนเครื่องบินจึงไม่มีการสูญเสียทรัพยากรมนุษย์ แต่การสูญเสียยานพาหนะยังต้องนำมาพิจารณา การหลีกเลี่ยงความสูญเสียโดยการบินห่างจากพื้นที่เป้าหมายอาจส่งผลให้ภารกิจถ่ายภาพล้มเหลว พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการบินอัน ได้แก่ ความสูงบิน ตำแหน่งเครื่องบิน มุมกล้อง และเวลา จะถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าเพื่อความปลอดภัยและความสำเร็จของเป้าหมาย การคำนวณตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินและเวลาถ่ายภาพจะต้องพิจารณาถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นด้วย เช่น มีสิ่งกีดขวางแนวการมองเห็นหรือเงาของภูเขา ดังนั้น Trisiristatayawong and Cheewinsiriwat (2004) จึงได้พัฒนาซอฟต์แวร์โมดูลสำหรับการวางแผนแนวมินอัตโนมัติภายในระบบภูมิสารสนเทศทางภูมิศาสตร์โดยการวิเคราะห์แบบจำลองความสูง มุมสูงของดวงอาทิตย์ มุมเอซิมัท ลักษณะของเครื่องบิน และข้อจำกัดเพื่อสร้างพารามิเตอร์ของแนวมินที่เหมาะสม

แนวมินที่เหมาะสมถือเป็นกุญแจสำคัญสำหรับภารกิจของอากาศยานไร้คนบิน Casas et al. (2006) ได้เสนอการนำ GIS เข้ามาช่วยในการวางแผนแนวมินของอากาศยานไร้คนบินโดยการสร้างโครงข่ายอัตโนมัติสำหรับหาเส้นทาง (Route) ของอากาศยานไร้คนบินภายใต้สภาวะแวดล้อมทาง GIS โดยกล่าวถึงการสร้างจุด (Node) และเส้นเชื่อมต่อ (Link) ของโครงข่าย (Network) ซึ่งใช้ข้อมูลภูมิประเทศจากโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulated Irregular Network : TIN) ที่มีตำแหน่งของศัตรูและข้อจำกัด 3 ข้อได้แก่ (1) ค่าความสูงที่เป็นค่ากำหนด (Threshold) ในการหลีกเลี่ยงการถูกระเบิดของฝ่ายตรงข้ามตรวจพบและการชนภูมิประเทศ (2) ความหนาแน่นของจุดในพื้นที่ศึกษาโดยบริเวณที่มีความเสี่ยงอันตรายจะมีจำนวนจุดเบาบางกว่าพื้นที่ปลอดภัยที่มีจำนวนจุดหนาแน่น และ (3) ความยาวน้อยที่สุด/มากที่สุดของเส้นเชื่อมภายในโครงข่ายที่ต้องการ โครงข่ายที่สร้างขึ้นจะถูกประเมินค่าโดยใช้การวิเคราะห์โครงข่ายแบบดั้งเดิม (Traditional Network Analysis) บนพื้นที่ซึ่งมีการวิเคราะห์การมองเห็น (Visibility Analysis) ทำให้ได้เส้นทางที่มีการหลบหลีกภูมิประเทศและตำแหน่งของฝ่ายศัตรูที่เป็นสิ่งกีดขวาง วิธีการนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการวางแผนเส้นทางหลายเส้นดังรูปที่ 2.1 จึงสามารถนำไปใช้วางแผนให้กับฝูงบินอากาศยานไร้คนบิน



รูปที่ 2.1 โครงข่ายเพื่อรองรับการวางแผนการบินสำหรับ UAV (Casas et al. , 2006)

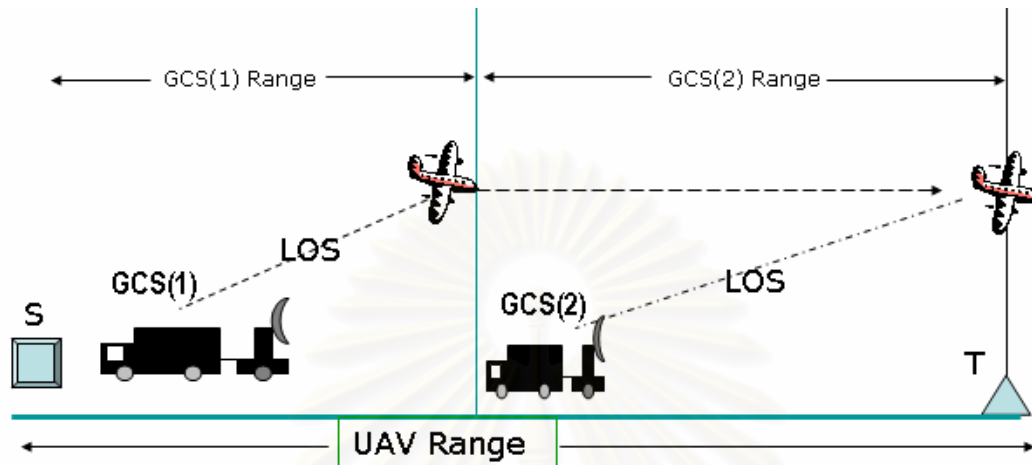
โปรแกรมประยุกต์ที่ออกแบบในการวิจัยนี้ได้นำแนวคิดการสร้างโครงข่ายมาใช้หาเส้นทางบินเพียงเส้นทางเดียว โดยอาศัยข้อมูลคุณสมบัติของอากาศยานไร้คนบิน ได้แก่ พิสัย เครื่องบิน เพดานบินสูงสุดของอากาศยานไร้คนบิน และข้อมูลภูมิประเทศ ได้แก่ แบบจำลองความสูง ตำแหน่งพื้นที่หวงห้าม มาพิจารณาสำหรับกำหนดขอบเขตพื้นที่ของโครงข่าย โปรแกรมจะทำการสร้างขอบเขตพื้นที่ที่ห้ามเข้าโดยมีการนำค่าระดับความสูงของเพดานบินสูงสุดที่กำหนดไว้เบื้องต้นมาเป็นค่าที่นำไปใช้ในการหาขอบเขตของบริเวณที่ภูมิประเทศสูงเกินขีดจำกัดของเพดานบินเพื่อป้องกันการชนภูเขา และมีการสร้างบัฟเฟอร์รอบพื้นที่ห้ามเข้าไว้ล่วงหน้าเพื่อป้องกันการถูกล้ำเวลาตีโค้ง โดยโครงข่ายที่สร้างขึ้นจะแสดงในรูปของกราฟที่มีการตรวจสอบการมองเห็นเพื่อป้องกันการบินผ่านสิ่งกีดขวาง และใช้อัลกอริทึมในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดซึ่ง หลังจากได้เส้นทางแล้วจะต้องทำการปรับรูปเส้นทาง ทำให้ได้แนวบินที่ไม่มีการชนสิ่งกีดขวาง ไม่บินผ่านพื้นที่ห้ามเข้าและมีความปลอดภัย เพื่อให้ได้มาซึ่งเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดเพียงเส้นทางเดียว

เป้าหมายของงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับการวางแผนแนวมบินของอากาศยานไร้คนบินสำหรับปฏิบัติการกิจในการถ่ายภาพถ่ายทางอากาศ การทำงานของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ส่วนการสร้างตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ ส่วนของการตรวจสอบวันและเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการกิจ และส่วนของการสร้างแนวมบินและปรับรูปเส้นทาง

ในสองส่วนแรกสามารถตัดแปลงโมดูลการวางแผนภารกิจโดยใช้ GIS วิเคราะห์แบบจำลองความสูงอย่างเป็นอัตโนมัติ ที่ได้มีการจัดทำในส่วนของการทำงานตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสม และการหาค่าความสว่างของเป้าหมายเพื่อตรวจสอบวัน และเวลาที่เหมาะสมไว้

แล้ว สำหรับส่วนของการสร้างแนวบินผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอัลกอริทึมที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแนวบิน เพื่อนำมาพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพิ่มเติมต่อไป

2.1 อากาศยานไร้คนบินและการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงระบบการทำงานของอากาศยานไร้คนบิน

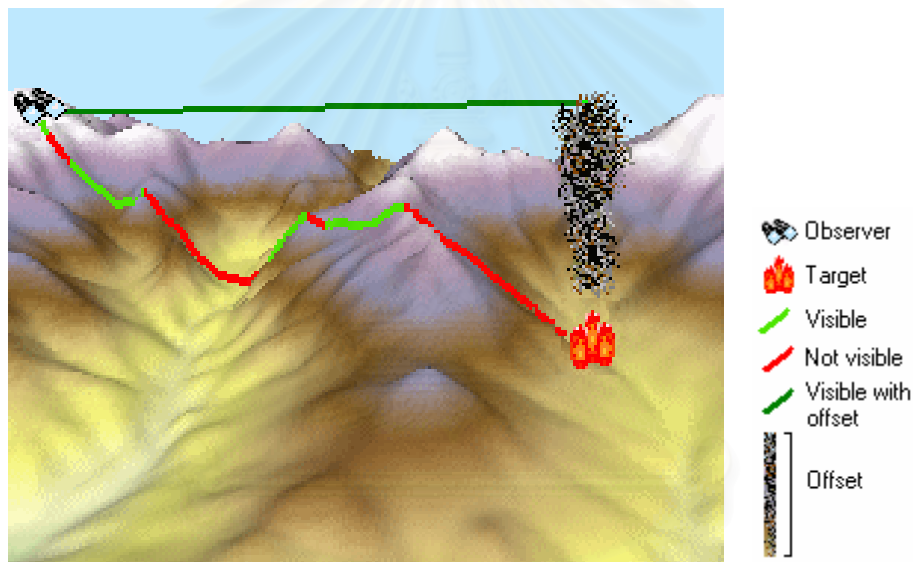
จากรูปที่ 2.2 การนำอากาศยานไร้คนบินขึ้นปฏิบัติการกิจมีส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องในการวางแผนแนวบิน ดังนี้ คือสนามบิน(ตำแหน่ง S) สถานีควบคุมภาคพื้นดิน(ตำแหน่ง GCS) และเป้าหมาย(ตำแหน่ง T) โดยที่ระยะทางจากสนามบินถึงเป้าหมายจะต้องไม่เกินพิสัยของอากาศยานไร้คนบิน (UAV Range) ในการนำอากาศยานไร้คนบินขึ้นลงจำเป็นต้องมีนักบินภายนอก (External Pilot) ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งสนามบินทำหน้าที่นำอากาศยานขึ้นลงผ่านทางสถานีควบคุมภาคพื้นดิน (GCS(1))ที่อยู่ตำแหน่งเดียวกับสนามบิน อากาศยานไร้คนบินจะต้องมีการสื่อสารอย่างต่อเนื่องกับสถานีควบคุมขณะปฏิบัติการกิจ โดยที่แนวการมองเห็น(LOS)ระหว่างอากาศยานไร้คนบินกับสถานีควบคุมภาคพื้นดินต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง การถ่ายโอนการควบคุมอากาศยานไร้คนบินไปยังสถานีควบคุมที่อยู่ในถัดไป (GCS(2)) จะเกิดขึ้นเมื่ออากาศยานไร้คนบินอยู่ห่างจากสถานีควบคุมเดิม (GCS(1)) เกินพิสัยควบคุม (GCS(1) Range) เจ้าหน้าที่ที่ควบคุมให้อากาศยานไร้คนบินปฏิบัติตามภารกิจที่กำหนด และดูแลในส่วนการรับและส่งข้อมูลควบคุมการบิน ข้อมูลควบคุมการทำงานของกล้องตรวจการณ์ (Payload) และข้อมูลสำคัญของระบบ จะเรียกว่านักบินภายใน(Air Vehicle Operator) (เลิศรบ ศรีกิตตยากรณ์ , **สัมภาษณ์** , 25สิงหาคม 2550)

ในกรณีฉุกเฉินเมื่อระบบสื่อสารของอากาศยานไร้คนบินไม่สามารถติดต่อกับสถานีควบคุมเกินกว่าเวลาที่กำหนดไว้ อากาศยานจะเข้าสู่ระบบรีเทิร์น โฮม เมื่ออากาศยานไร้คนบินสามารถติดต่อกับสถานีควบคุมภาคได้อีกครั้ง อากาศยานไร้คนบินจะดำเนินการปฏิบัติการกิจต่อตามแผนที่วางไว้ แต่หากสัญญาณยังคงขาดหาย อากาศยานไร้คนบินจะรออยู่ที่เดิมจนกระทั่งเชื้อเพลิงหมด

2.2 เงื่อนไขในการวิเคราะห์หาตำแหน่งถ่ายภาพ

การคำนวณตำแหน่งอากาศยานไร้คนบิน เพื่อหาตำแหน่งรอบเป้าหมายในอากาศที่จะเป็นตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินสามารถถ่ายภาพได้ โดยทดสอบเงื่อนไขดังต่อไปนี้ (Trisiristatayawong and Cheewinsiriwat ,2004)

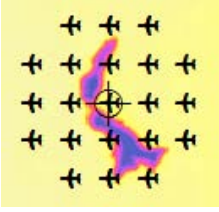
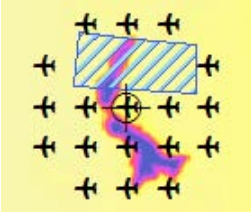
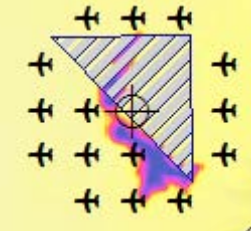
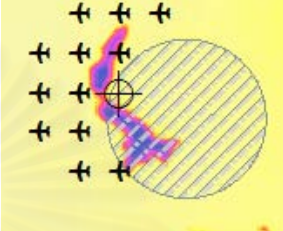
1) แนวการมองเห็นจากตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินไปยังเป้าหมายและสถานีควบคุม และแนวการมองเห็นระหว่างอากาศยานไร้คนบินกับเป้าหมายจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง โดยสามารถแสดงการมองเห็นในรูปแบบของเส้นตรงระหว่างจุดสองจุด คือ จุดสังเกตและจุดเป้าหมาย เพื่อแสดงให้เห็นว่าระหว่างจุดสองจุดนี้มองเห็นกันได้หรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เส้นสีเขียวแสดงว่าแนวระหว่างจุดสองจุดบนแนวการมองเห็นสามารถมองเห็นกันได้ ส่วนเส้นสีแดงแสดงว่าไม่สามารถมองเห็นกันระหว่างจุดได้



รูปที่ 2.3 แสดงแนวการมองเห็น (Environmental Systems Research Institute)

2) ไม่อยู่ในเขตห้ามเข้า ดังรูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่ไม่อยู่ในพื้นที่ห้ามเข้าลักษณะต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

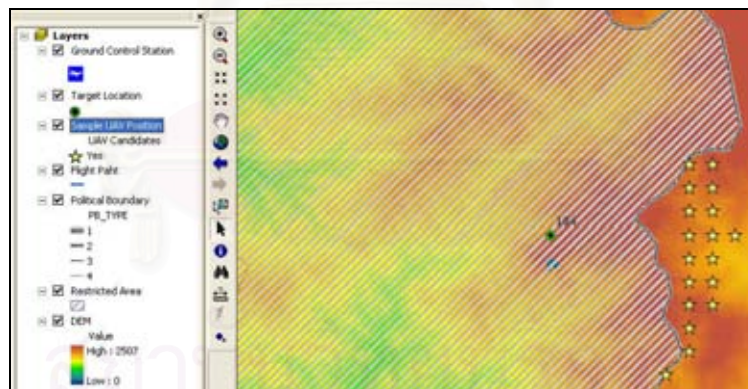
ก) ก่อนกำหนดเงื่อนไข:พื้นที่ห้ามเข้า	ข) หลังกำหนดเงื่อนไข:พื้นที่ห้ามเข้า
	
ค) หลังกำหนดเงื่อนไข:พื้นที่ห้ามเข้า	ง) หลังกำหนดเงื่อนไข:พื้นที่ห้ามเข้า
	

รูปที่ 2.4 แสดงการทดสอบเรื่องพื้นที่ห้ามเข้า

3) อากาศยานไร้คนบินมีความสูงเหนือพื้นดินไม่น้อยกว่าค่าความสูงที่กำหนด

4) มุมกล้องไปยังเป้าหมายไม่เกินค่าที่ผู้วางแผนกำหนดโดยมุมกล้องขณะที่อากาศยานไร้คนบินอยู่เหนือเป้าหมาย = 0 องศา

ตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพ คือ ตำแหน่งที่ผ่านเงื่อนไขการตรวจสอบทั้ง 4 ข้อ ดังแสดงได้ให้เห็นในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่ผ่านการทดสอบเงื่อนไข

(Trisirisatayawong and Cheewinsiriwat, 2004)

ผลจากการทำงานของโมดูลการวางแผนภารกิจโดยใช้ GIS พบว่า สามารถช่วยปรับปรุงภารกิจการถ่ายภาพ ทำให้ผู้วางแผนและผู้ควบคุมสามารถมองเห็นภาพรวมและเข้าใจภารกิจทั้งหมดได้ล่วงหน้าทำให้สามารถควบคุมอากาศยานไร้คนบินขณะปฏิบัติการกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 การตรวจสอบวัน และเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการ

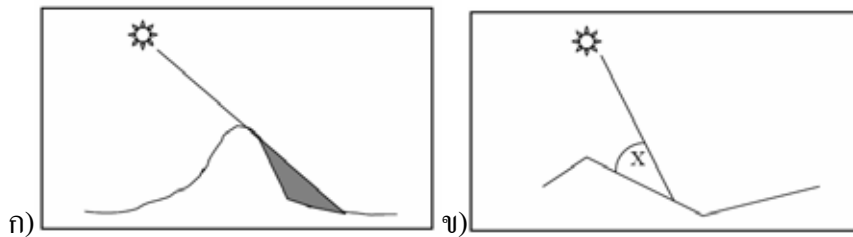
ผู้วางแผนแนวจำเป็นต้องตรวจสอบวัน และเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการ เนื่องจากวันและเวลามีผลต่อความสว่างของเป้าหมายที่จะถ่ายภาพ เพื่อป้องกันพื้นที่เป้าหมายอยู่ในบริเวณที่เป็นเงามืด หรือสว่างจนเกินไป โปรแกรมประยุกต์จะทำการคำนวณหาค่าความสว่างของเป้าหมาย และตรวจสอบว่า ความสว่างนั้นอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือไม่ การตรวจสอบวันและเวลาที่เหมาะสมสามารถแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1) การหาค่าความสว่างของเป้าหมาย สามารถหาได้จาก Hillshade โดยการสร้างกริดราสเตอร์จากการพิจารณาทั้งค่ามุมของแหล่งกำเนิดแสง (Illumination Angles) และเงาซึ่งขึ้นอยู่กับพื้นผิวราสเตอร์และตำแหน่งดวงอาทิตย์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณ

Roth et al.(2005) เสนอวิธีการหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยการนำโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์ NOAA (NOAA's Solar Calculator) ซึ่งจัดทำขึ้นโดยหน่วยงาน National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) มาดัดแปลงรหัสโปรแกรม (Source Code) ของโปรแกรมดังกล่าวให้เป็นโมดูลภาษา Visual Basic for Applications เพื่อนำมาหาตำแหน่งดวงอาทิตย์สำหรับให้โปรแกรมประยุกต์นำไปคำนวณค่าความสว่างเป้าหมายต่อไป ผลจากการดัดแปลงจะทำให้ได้ผลลัพธ์แตกต่างไปจากโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์ NOAA ไม่เกินไปกว่า 0.01 องศาทั้งค่ามุมสูง และ ค่าเอซิมัท

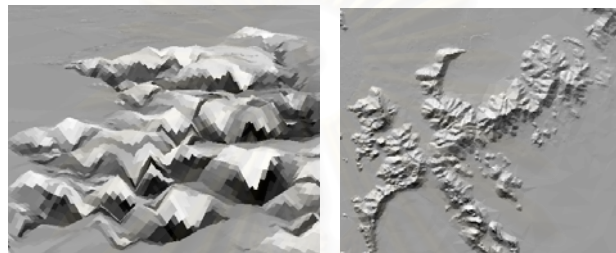
สำหรับค่าที่ต้องใช้ในการคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์ คือ ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์สำหรับจุดที่ต้องการหาตำแหน่งหรือจุดเป้าหมายซึ่งมีหน่วยเป็นละติจูด และลองจิจูด ส่วนค่าอื่น ๆ ที่ต้องใช้ในการคำนวณยังมีค่าเวลาที่ท้องถิ่น (Local Time) วันปฏิบัติการ ผลที่ได้จากการคำนวณคือค่ามุมสูง และ มุมเอซิมัทของดวงอาทิตย์ ณ วันและเวลาที่กำหนดที่ตำแหน่งเป้าหมาย

HillShade ที่คำนวณได้จากการกำหนดตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสง สามารถแสดงความเข้ม (Intensity) ของแสงบนพื้นผิวที่ตำแหน่งนั้น โดยค่า Hillshade ราสเตอร์จะเป็นช่วงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ดังนั้นค่าความสว่างของเป้าหมายที่ได้จึงอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0-255 ด้วย ซึ่งค่าความสว่างเท่ากับ 0 หมายถึงพื้นที่ที่มีดสนิท หรือมีภูเขาเกิดขวางการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่มากกระทบพื้นผิวดังรูปที่ 2.6 ก) ค่าตั้งแต่ 1 ถึง 254 จะหมายถึงพื้นที่ที่มีความสว่างที่เพิ่มขึ้นตามทิศทางและความยาวของแสงที่ตกกระทบ ซึ่งค่าความสว่างจะลดลงตามค่า Sine ของมุม x ดังภาพ 2.6 ข) (Hughes, 2000) และค่า 255 แสดงถึงบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์มากที่สุด ซึ่งดวงอาทิตย์จะอยู่ในมุมตั้งฉากกับเป้าหมาย การคำนวณหาค่ามุมสูง และมุมเอซิมัทของดวงอาทิตย์จะสามารถทำซ้ำได้ทุกช่วงเวลาเพื่อให้เห็นค่าความสว่างของเป้าหมายตลอดวัน



รูปที่ 2.6 ก) ภาพการเกิดเงา ข) ภาพแสดงมุมของดวงอาทิตย์เหนือเป้าหมาย (Hughes, 2000)

ดังนั้นตำแหน่งดวงอาทิตย์ จุดพิกัดเป้าหมายและ แบบจำลองความสูงจึงเป็นข้อมูลสำคัญที่โปรแกรมประยุกต์จำเป็นต้องใช้ในการสร้าง Hillshade ดังรูปที่ 2.7 เพื่อคำนวณค่าความสว่างของเป้าหมายตามช่วงเวลาที่กำหนด




รูปที่ 2.7 แสดง Hillshade ของพื้นที่ศึกษา

2) การตรวจสอบค่าความสว่างของเป้าหมายที่ได้จากการคำนวณว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ Ansel (1986) ได้คิดค้นทฤษฎีระบบโซน (Zone System) โดยการแบ่งโทนค่าสีเทาออกเป็น 11 โซน ตั้งแต่โซน 0 ถึงโซน 10 และกำหนดให้โซนที่ 5 เป็น ค่าสีเทากลางที่ใช้เป็นมาตรฐานในเครื่องวัดแสงทั่วไป ซึ่งมีค่าสะท้อนแสงเท่ากับ 18 %

พิสัยค่าความสว่าง	โซน	คำอธิบาย
ต่ำ	โซน 0	มืด,ดำสนิท
	โซน I	แตกต่างจากโซน1 เพียงเล็กน้อย มองไม่เห็นรายละเอียดของภาพ
	โซน II	มองเห็นรายละเอียดของภาพเบื้องต้น
กลาง	โซน III	มองเห็นรายละเอียดของเงา
	โซน IV	มองเห็นเงาของภูมิประเทศ
	โซน V	โทนกลาง มองเห็นท้องฟ้าชัดเจน
	โซน VI	ความสว่างของสีผิวแบบชาวเอเชีย
สูง	โซน VII	มองเห็นวัตถุสีเทาอ่อน สีของหิมะ
	โซน VIII	สามารถมองเห็นรายละเอียดได้ระดับสุดท้าย
	โซน IX	แตกต่างจากโซน X เพียงเล็กน้อย เหมือนหิมะเวลามีแสงแดดส่อง
	โซน X	ขาวสนิท ไม่เห็นรายละเอียด

ตารางที่ 2.1 แสดงคำอธิบายการแบ่งค่าสีเทา ตามระบบโซน (Ansel, 1986)

ระบบโซนที่ Adam Anzel พัฒนาขึ้นมาแบ่งได้เป็น 11 โซนจากโซน 0 (ดำสนิท) ไปถึงโซน x (ขาวสนิท) เนื่องจากค่าความสว่างของเป้าหมายที่ฟังก์ชัน Hillshade คำนวณได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0-255 ดังนั้นจึง สามารถเทียบร้อยละของช่วงค่าความสว่างของเป้าหมายกับแต่ละโซนโดยโซน x เท่ากับค่าความสว่างร้อยละ 100 และโซน 0 เท่ากับค่าความสว่างร้อยละ 0 เมื่อนำมาเทียบกับระบบ โซนจะสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.2

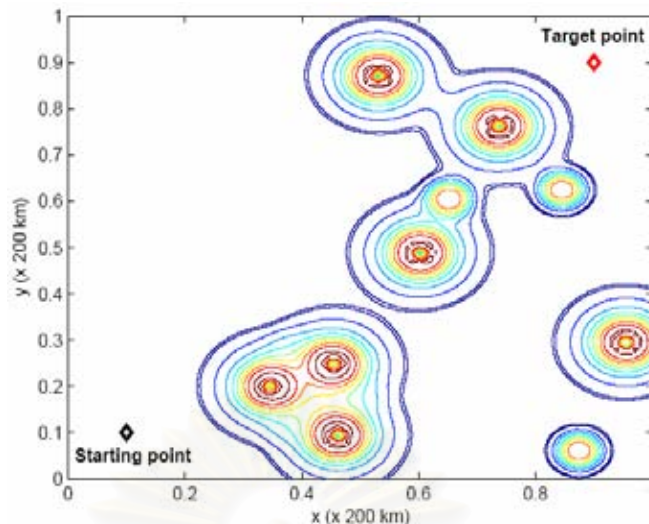
Zone	Min Digital Value	Mid Digital Value	Max Digital Value	% Brightness	Visible Detail	Gradient
0	0	6	12	0%	No	
I	13	26	38	10%	No	
II	39	51	63	20%	Barely	
III	64	77	89	30%	Yes	
IV	90	102	114	40%	Yes	
V	115	128	140	50%	Yes	
VI	141	153	165	60%	Yes	
VII	166	179	191	70%	Yes	
VIII	192	204	216	80%	Barely	
IX	217	230	242	90%	No	
X	243	249	255	100%	No	

ตารางที่ 2.2 แสดงการเทียบค่าความสว่างระหว่าง 0-255 กับระบบโซน (Zuber , 2007)

จากตาราง 2.2 เมื่อนำค่าความสว่างในช่วง 0-255 มาเทียบกับเกณฑ์การแบ่งในระบบโซนพบว่า ช่วงค่าที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพที่มองเห็นรายละเอียดของภาพจะอยู่ในช่วง 64-191 เพราะหากค่าความสว่างน้อยกว่า 64 หรือมากกว่า 191 จะส่งผลให้รายละเอียดการมองเห็นไม่ชัดเจน

2.4 การเลือกอัลกอริทึมสำหรับวางแผนแนวมบินของอากาศยานไร้คนบิน

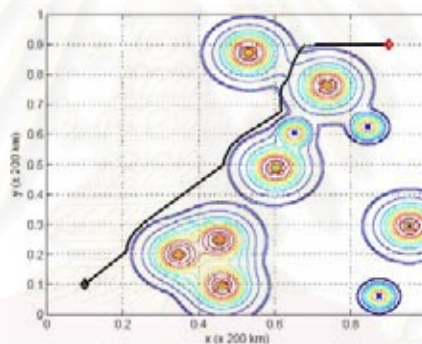
ในการพัฒนาความเป็นอัตโนมัติของอากาศยานไร้คนบิน จำเป็นต้องออกแบบแนวมบินหรือชุดของจุดตำแหน่งที่มีความปลอดภัย และเหมาะสม เพื่อให้อากาศยานไร้คนบินสามารถบินจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้แม้มีพื้นที่เสี่ยงอันตราย Gu et al. (2006) ได้เสนอวิธีการการสร้างแนวมบิน 5 วิธีและทดสอบวิธีต่างๆ ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยง ซึ่งประเมินความเสี่ยงที่อากาศยานจะถูกโจมตีจากการคำนวณค่าความน่าจะเป็น (Probabilistic Cost) ในพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เพื่อศึกษาการเลือกอัลกอริทึมที่เหมาะสมมาใช้สำหรับสร้างแนวมบินจากจุดเริ่มต้นไปยังเป้าหมาย



รูปที่ 2.8 แสดงพื้นที่สำหรับทดสอบการสร้างแนวบินที่มีพื้นที่เสี่ยงอยู่ภายใน (Gu et al., 2006)

1) วิธี Local Optimisation

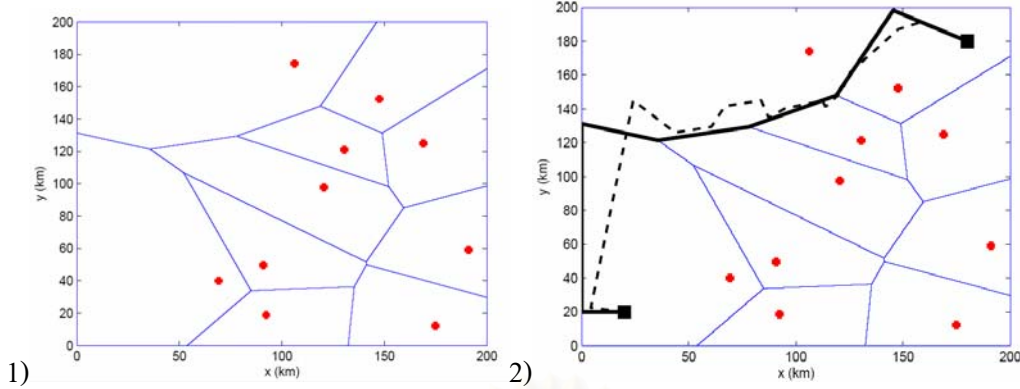
วิธีการนี้ใช้เทคนิคการสร้างเส้นทางที่สั้นไปยังทิศทางเป้าหมายตามระยะและมุมที่กำหนดจนถึงเป้าหมาย เส้นทางที่ได้จากวิธีนี้มีโอกาสเข้าสู่พื้นที่เสี่ยงภัยได้สูง ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงเส้นทางที่ได้จากวิธี Probabilistic Local Optimisation (Gu et al., 2006)

2) วิธี Voronoi Graph

เมื่อทราบตำแหน่งจุดที่มีอันตรายหรือมีความเสี่ยงซึ่งเรียกว่าจุดคุกคาม(Threat) กราฟจะถูกสร้างจากพื้นที่รูปปิด Voronoi ซึ่งอากาศยานไร้คนบินจะบินไปตามเส้นเชื่อม (Edge) ที่ห่างจากจุดคุกคามที่อยู่ใกล้ที่สุดสองจุด ดังรูป 2.10 ก) พื้นที่จะถูกแบ่งออกเป็นห้อง(Cell) จำนวนของห้องจะเท่ากับจำนวนของจุดคุกคาม เส้นแต่ละเส้นจะถูกนำมาพิจารณาเพื่อสร้างแนวบินที่อากาศยานไร้คนบินสามารถบินผ่านได้ เมื่อกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง จะสามารถเลือกเส้นทางที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุด ซึ่งพิจารณาจากผลรวมของค่าน้ำหนักระหว่างความเสี่ยงและความยาวของระยะทาง โดยใช้อัลกอริธึม ไดสตาร์ ทำให้ได้แนวบิน และใช้เทคนิค Local Optimisation เพื่อปรับแนวบินอีกครั้ง(เส้นประ) ดังรูปที่ 2.10 ข)

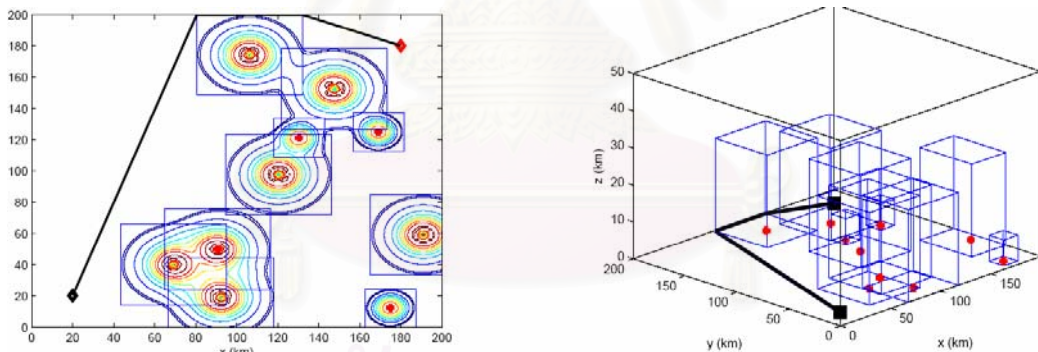


รูปที่ 2.10 ก) แสดง Voronoi Graph (เส้น) และจุดเสี่ยงภัย(จุดสีแดง)

2.10 ข) แสดงแนวบินที่ได้จากการค้นหา (Gu et al., 2006)

3) วิธี Visibility Line

วิธีนี้จะทำการประมาณค่าในช่วงจุดคุกคามให้เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยม (2 มิติ) หรือ ลูกบาศก์ (3 มิติ) จากนั้นสร้างกราฟจากจุดอยู่ตรงมุมรวมทั้ง จุดที่เป็นจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของ แนวบินของอากาศยานไร้คนขับเข้าด้วยกัน แต่ละจุดจะเชื่อมต่อกันเพื่อให้ได้กราฟที่สมบูรณ์ เส้น ที่มองเห็นกัน (Visibility Line) จะต้องเป็นเส้นเชื่อมที่ไม่ผ่านเข้าไปภายในสี่เหลี่ยมหรือลูกบาศก์ ซึ่งหมายถึงพื้นที่ที่เสี่ยงภัย จากนั้นจึงหาเส้นทางที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดในกราฟด้วยอัลกอริทึม ไดสตาร์ (รูปที่ 2.11)



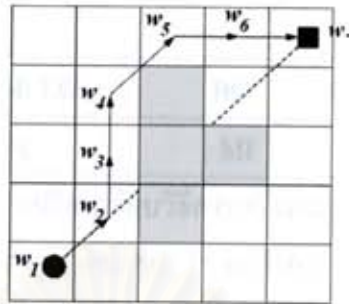
รูปที่ 2.11 แสดงเส้นทางที่สร้างจากวิธี Visibility Line

แบบ 2 มิติ(ซ้าย)และ 3 มิติ(ขวา) (Gu et al., 2006)

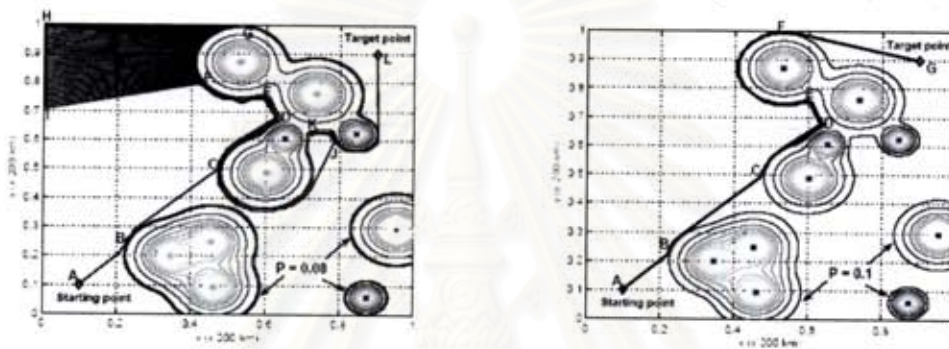
4) อัลกอริทึม Bouncing

วิธีนี้จะได้แนวบินที่สามารถหลบหลีกพื้นที่เสี่ยงภัยได้เป็นอย่างดี โดยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 เฟส และสลับการทำงานไปมาระหว่างเฟส โดยการทำงานของเฟสแรกจะเป็น การหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดไปยังเป้าหมาย และจะสลับการทำงานไปยังเฟสที่สองเมื่อแนวบิน อยู่ติดกับพื้นที่เสี่ยงภัย ซึ่งในเฟสนี้จะทำการคำนวณหาความน่าจะเป็นของความเสี่ยง(Threat Exposure Probability) ของจุดคุกคามหลายๆจุดในแต่ละช่อง แล้วเลือกช่องที่เหมาะสมที่อยู่รอบๆ ตำแหน่งปัจจุบันโดยใช้ค่าคงที่ที่กำหนดขึ้นในแต่ละช่อง ดังรูปที่ 2.12 ช่วง [w1 ,w2] และ [w7,w8]

เป็นจุดตำแหน่ง ที่สร้างจากการทำงานของเฟสแรก ส่วนช่วง $[w_2, w_5]$ เป็นการทำงานในเฟสที่สอง ทำให้ได้แนวบินดังรูปที่ 2.13



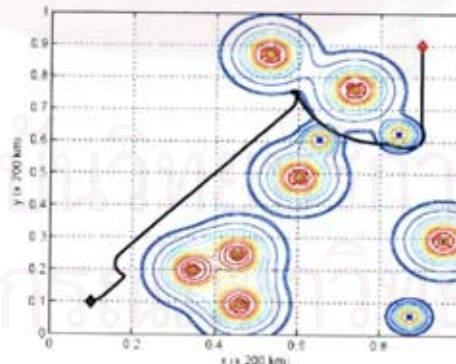
รูปที่ 2.12 แสดง จุดตำแหน่ง ที่สร้างจากวิธี “bouncing” (Gu et al., 2006)



รูป 2.13 แสดงแนวบินที่ได้จากวิธี “Bouncing”

ที่มีค่าคงที่ = 0.08 (ซ้าย) และ 0.01(ขวา) (Gu et al., 2006)

5) วิธี Mixed Integer Linear Programming เป็นการสร้างแนวบินโดยใช้เทคนิคเชิงคณิตศาสตร์ ชื่อว่า Mixed Integer Linear Programming (MILP) ทำให้ได้แนวบินดังรูป 2.14



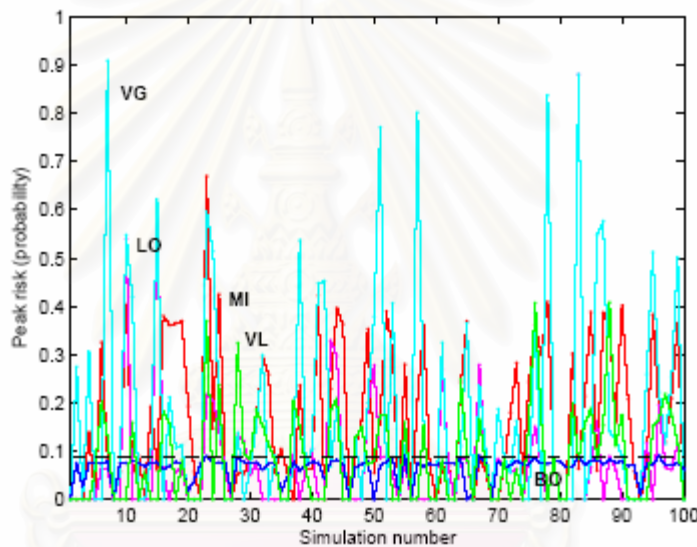
รูปที่ 2.14 แสดงแนวบินที่ได้จาก MILP (Gu et al., 2006)

ผลการเปรียบเทียบทั้ง 5 วิธี Voronoi Graph, Visibility Line, Local Optimization, “Bouncing” และ MILP ใช้คำย่อเป็น VG, VL, LO, BO และ MI ตามลำดับ โดยผลการเปรียบเทียบในหัวข้อความปลอดภัย อัตราความสำเร็จในการสร้างเส้นทาง และระยะเวลารวมของแนวบินจากการทดลองจำลองการบินจะแสดงในตารางที่ 2.3

	Positive ←	→	Negative
ความปลอดภัย	BO VL	MI	VG LO
อัตราความสำเร็จ	VG VL MI LO	BO	
เวลาที่ใช้บินของแนวมิน	LO VG VL	MI	BO

ตาราง 2.3 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการสร้างแนวมินทั้ง 5 วิธี

ด้านความปลอดภัย วิธี BO, VL และ MILP จะทำการหลบหลีกพื้นที่เสี่ยงด้วยการอยู่ภายนอกพื้นที่ดังกล่าว ในขณะที่วิธี LO และ VG จะสร้างแนวมินหลบหลีกพื้นที่เสี่ยงด้วยการคำนวณความน่าจะเป็น ดังนั้น วิธี BO ให้ผลลัพธ์ในด้านความปลอดภัยดีที่สุด ลองลงมาคือวิธี VL ดังแสดงในรูป 2.15

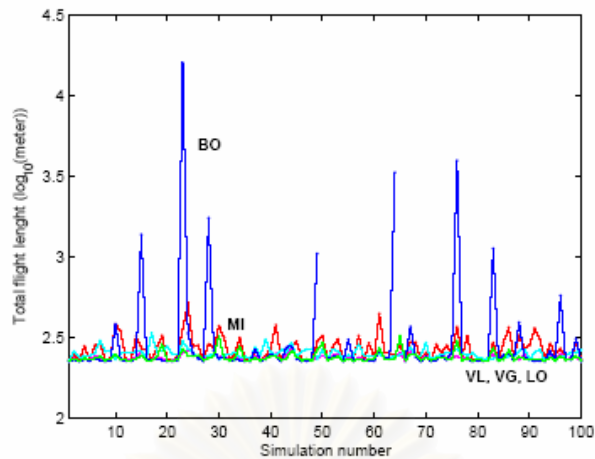


รูป 2.15 แสดงกราฟเปรียบเทียบความเสี่ยงของแนวมินที่สร้างจาก 5 วิธี (Gu et al., 2006)

เมื่อพิจารณาถึงเปรียบเทียบในเรื่องอัตราความสำเร็จในการสร้างเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปถึงเป้าหมาย พบว่า วิธีการทั้ง 5 วิธียกเว้นวิธี BO แสดงอัตราความสำเร็จเท่ากับร้อยละ 100 ในขณะที่วิธี BO ยังพบกรณีที่ล้มเหลว คือ ไม่สามารถสร้างเส้นทางจากสนามบินไปยังเป้าหมายได้

ด้านเวลารวมของแนวมิน พบว่า วิธี BO ใช้เวลาในการบินวนเพื่อหลบหลีกพื้นที่อันตรายมากที่สุด จึงไปถึงเป้าหมายช้าที่สุด ในขณะที่วิธีอื่นๆ ใช้เวลาในการบินไม่แตกต่างกันมากนัก ดังรูป

2.16

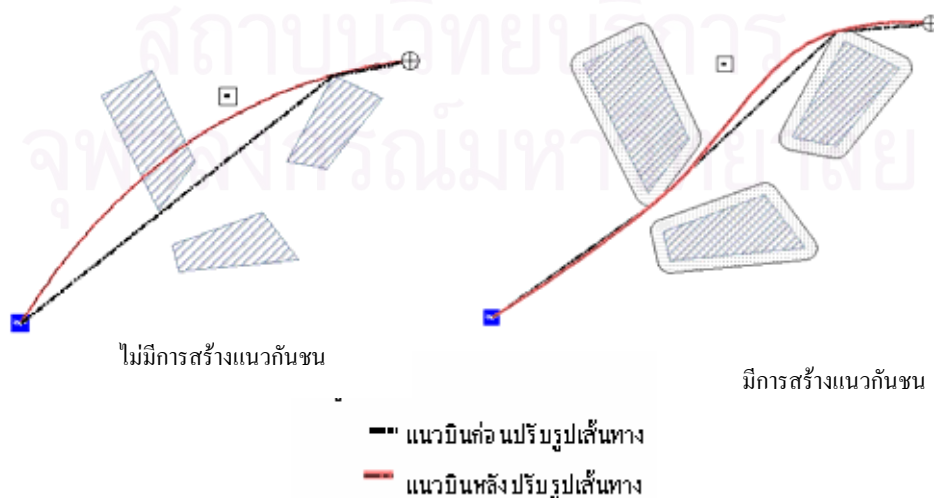


รูป 2.16 แสดงกราฟเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการบิน
ของแนวมินที่สร้างจากวิธีสร้างแนวมิน 5 วิธี (Gu et al., 2006)

สรุปผลการเปรียบเทียบอัลกอริทึมสำหรับออกแบบแนวมินทั้ง 5 วิธีพบว่า Visibility Line (VL) มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับการวางแผนแนวมินแบบ Real-Time ถึงแม้ว่าวิธี Bouncing (BO) จะสามารถสร้างแนวมินที่มีความปลอดภัยได้เช่นกัน แต่พบว่ามีบางกรณีที่ไม่สามารถสร้างเส้นทางจากสนามบินไปยังเป้าหมายได้ และแนวมินที่สร้างจากวิธี BO ก็ใช้ระยะเวลาบินนานกว่าวิธี VL ดังนั้นวิธี Visibility Line จึงเหมาะสมที่จะนำมาสร้างแนวมินสำหรับอากาศยานไร้คนบินมากที่สุด

2.5 เงื่อนไขที่ผู้วางแผนต้องกำหนดก่อนการสร้างแนวมิน

1) ระยะเวลาในการสร้างบัพเฟอร์เพื่อใช้ในการสร้างบัพเฟอร์รอบพื้นที่ห้ามเข้า ผู้วางแผนต้องกำหนดระยะทางในการสร้างบัพเฟอร์เพื่อป้องกันอากาศยานไร้คนบินลुक้าเข้าไปในพื้นที่ห้ามเข้าเมื่อมีการเลี้ยวโค้ง



รูปที่ 2.17 แสดงแนวมินที่คำนวณได้ก่อนและหลังการสร้างบัพเฟอร์รอบพื้นที่ห้ามเข้า

จากรูปที่ 2.17 ในกรณีที่ไม่มีการสร้างบัฟเฟอร์รอบพื้นที่ห้ามเข้าพบว่า แนวบินที่ผ่านการปรับรูปเส้นทางจะมีความโค้งและมีระยะทางต่างไปจากแนวบินเดิม เมื่อทำการดีไค์ก่อนแล้วจะส่งผลให้แนวบินที่ได้ลู่เข้าไปในพื้นที่ห้ามเข้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการสร้างบัฟเฟอร์รอบพื้นที่ห้ามเข้าเป็นระยะห่างเท่ากับรัศมีหักมุมของอากาศยาน ไร่นักบินที่น้อยที่สุด (UAV Minimum Turn Radius : R_{min}) เพื่อให้ได้แนวบินที่สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ ซึ่งค่า R_{min} คำนวณได้จากสมการ(Rathinam and Sengupta , 2007)

$$R_{min} = \frac{V_o}{\omega} \tag{2.1}$$

โดยที่

V_o = ความเร็วของอากาศยาน ไร่นักบิน

ω = ขอบเขตของอัตราเปลี่ยนทิศทาง (Yaw rate)

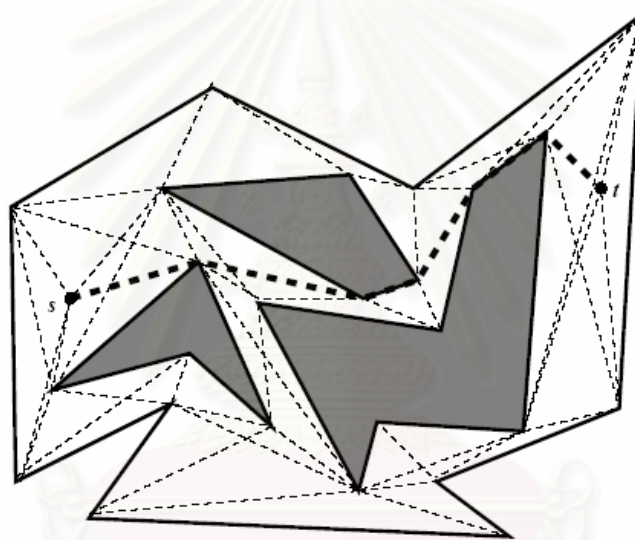
2) ค่าระดับความสูงของเพดานบินสูงสุดของอากาศยาน ไร่นักบินจะถูกนำมาพิจารณาเพื่อสร้างขอบเขตพื้นที่ที่มีความสูงเหนือพื้นดินต่ำกว่าค่าความสูงที่ผู้วางแผนกำหนด โดยเทียบกับเพดานบินสูงสุดของอากาศยาน ไร่นักบินเพื่อความปลอดภัย ซึ่งพื้นที่ซึ่งเกิดจากข้อจำกัดดังกล่าวจะกลายเป็นพื้นที่ห้ามเข้าเพื่อป้องกันอุบัติเหตุการชน ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงพื้นที่ที่มีความสูงเกินขีดจำกัดเพดานบินสูงสุด

2.6 การสร้างกราฟแสดงการมองเห็นและการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

การหาเส้นทางบินโดยเริ่มต้นจากจุดเริ่มต้น ไปยังเป้าหมายและหลบหลีกพื้นที่เสี่ยงอันตรายสามารถทำได้โดยใช้หลักการ Visibility Line ดังที่กล่าวมาแล้ว มาประยุกต์ใช้การค้นหาเส้นทางที่เป็นไปได้ภายในกราฟแสดงการมองเห็น ที่มีสิ่งกีดขวางซึ่งคำนวณได้จากการสร้างเส้นเชื่อมต่อกันระหว่างจุดที่มองเห็นกันโดยเส้นเชื่อมที่สร้างขึ้นจะไม่ผ่านเข้าไปในสิ่งกีดขวางภายในพื้นที่รูปปิด โดยจุดที่นำมาคำนวณจะรวมไปถึงจุดบนเส้นรอบรูป ดังในรูปที่ 2.19 จากนั้นเลือกเส้นทางที่เหมาะสม (Optimal Path) ระหว่างตำแหน่ง s และ t ที่วางทาบอยู่บนกราฟแสดงการมองเห็น โดยค่าน้ำหนักที่ใช้พิจารณา คือ ความยาวของเส้นเชื่อม และใช้อัลกอริทึมไดสตาร์มาสร้างเส้นทางจากจุด S ไปยังทุกๆ จุดของพื้นที่รูปปิด แล้วหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่หลบหลีกสิ่งกีดขวางไปยังจุด t (Mitchell,1998)



รูปที่ 2.19 แสดง กราฟแสดงการมองเห็น (Mitchell, 1998)

การวางแผนแนวมบินของอากาศยานไร่นักบินสามารถนำกราฟมาใช้แก้ปัญหาได้ เช่นเดียวกับการวางแผนเส้นทางให้กับยานยนต์อัตโนมัติอื่นๆ โดยการสร้างกราฟที่มีสิ่งกีดขวางและทำการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดภายในกราฟที่สร้างขึ้นจากจุดที่เชื่อมต่อกันด้วยเส้นเชื่อมที่มีการกำหนดค่าน้ำหนัก เพื่อให้ได้เส้นทางที่เหมาะสม (Bortoff, 2000) โดยใช้อัลกอริทึมที่เป็นที่นิยมในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด คือ อัลกอริทึมไดสตาร์ แต่แต่ละจุดในกราฟจะหมายถึงจุดตำแหน่ง ส่วนเส้นเชื่อมของกราฟนั้นจะหมายถึงส่วนของเส้นทางบิน (Gualandi and Tranchero, 2006) จากนั้นใช้อัลกอริทึมไดสตาร์ ค้นหาเส้นทางภายในกราฟจากการคำนวณความยาวของเส้นทางบินเป็นผลรวมค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อม แล้วเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุด 2 ตำแหน่ง คือ จุด S ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้น และจุด t ซึ่งเป็นจุดหมายปลายทางภายในกราฟ ดังนั้นโปรแกรมประยุกต์จึงนำหลักการสร้างกราฟแสดงการมองเห็น และอัลกอริทึมไดสตาร์ มาใช้ในการหาเส้นทางบินระหว่าง

จุด S หรือสนามบิน ไปยังจุด t หรือตำแหน่งที่เหมาะสมของอากาศยานไร่นักบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพที่ถูกเลือกเพียงหนึ่งตำแหน่งตามเงื่อนไขที่ผู้วางแผนกำหนดไว้ ภายในกราฟซึ่งสร้างจากพื้นที่รัศมีเท่ากับพิสัยของอากาศยานไร่นักบินที่มีพื้นที่ห้ามเข้าเป็นสิ่งกีดขวาง

2.7 การปรับรูปแนวบิน (Trajectory Smoother)

เส้นทางบินของอากาศยานไร่นักบินไม่สามารถสร้างจากส่วนของเส้นตรง และไม่สามารถหักมุมอย่างเฉียบพลันเนื่องจากข้อจำกัดในด้านอัตราการเร่ง ในการวิจัยจะนำเส้นโค้งBezier เพื่อแสดงเส้นทางบินที่มีความต่อเนื่อง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของพิกัดของจุดควบคุมเพียงไม่กี่ค่า การเปลี่ยนค่าพิกัดของจุดควบคุมเพียงหนึ่งจุด จะส่งผลต่อแนวบินทั้งแนว ดังนั้นเส้นทางบินผลลัพธ์จึงมีความต่อเนื่อง (Volkan,2005)

เส้นโค้ง Bezier สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$p_b(u) = \sum_{m=0:n-1} B_m(u) * CP_m \quad 2.2$$

โดยที่ $p_b(u)$ คือ จุดบนเส้นโค้ง Bezier

u คือ ค่าเวลาที่แปรผันไปตามช่วงบนเส้นโค้งBezier มีค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ดังนั้น $u = 0$ จึงหมายถึงจุดแรกของส่วนของเส้นโค้ง และ $u = 1$ หมายถึงตำแหน่งปลายสุดบนเส้นโค้งซึ่ง

$B_m(u)$ คือสมการพหุนามที่ใช้ในการกำหนดรูปร่างของเส้นโค้งBezier

CP_m คือ เมทริกซ์ที่แสดงจุดควบคุมจำนวน m จุดสำหรับค่า x, y, z

และ n คือ ดีกรี (Degree)ของพหุนาม

Foulds, 2006 ได้กล่าวถึงการประมาณค่าในช่วงBezier (Bezier Interpolation) เพื่อนำมาใช้ในการปรับรูปเส้นทางโดยที่เส้นโค้งสามารถถูกประมาณค่าโดยวิธีการเส้นโค้งลูกบาศก์Bezier (Cubic Bezier Spline) ด้วยจุดควบคุม 4 จุดที่เลือกมาจากแนวบินเดิมก่อนทำการปรับรูป โดยจุดเริ่มต้น คือจุด $p_b(0)$ และจุดสุดท้าย คือ จุด $p_b(1)$ ของแนวบินเดิมจะถูกใช้เป็นจุดควบคุมตำแหน่งแรก คือ จุด CP_0 และจุดควบคุมตำแหน่งสุดท้าย คือ CP_3 ของแนวบินที่ถูกปรับ ส่วนจุดควบคุมที่อยู่ระหว่างกลาง $p_b(i)$ และ $p_b(j)$ ที่อยู่ระหว่างแนวบินจะถูกเลือกเพิ่มเข้ามาเพื่อเป็นจุดที่เส้นโค้งBezier ลากผ่าน ตัวแปร i และ j เป็นค่าของ u ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ทำให้ได้สมการ ดังนี้

$$p_b(i) = B_0(i) * p_b(0) + B_1(i) * CP_1 + B_2(i) * CP_2 + B_3(i) * p_b(1) \quad 2.3$$

และ

$$p_b(j) = B_0(j) * p_b(0) + B_1(j) * CP_1 + B_2(j) * CP_2 + B_3(j) * p_b(1) \quad 2.4$$

จากสมการที่ 2.3 และ 2.4 มีตัวแปรที่ไม่รู้ค่าสองตัวคือ CP_1 และ CP_2 ซึ่งสามารถคำนวณได้เพื่อใช้เป็นจุดควบคุมที่แนวบินผ่านระหว่างจุด $p_b(i)$ และ $p_b(j)$ การประมาณค่าอื่นของ u ในช่วง

$p_i(u)$ ที่นอกเหนือจาก $u = 0, i, j$ และ 1 จะคำนวณจากจุดควบคุม 4 จุดเพื่อสร้างเส้นโค้งที่มีความต่อเนื่อง

จากการศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ จึงสรุปได้ว่าการสร้างโปรแกรมประยุกต์ทางด้าน GIS เพื่อวางแผนแนวจนของอากาศยานไร้คนบินในการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศ จำเป็นต้องหาตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมโดยการนำข้อมูลของภารกิจการบินที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์และตรวจสอบเงื่อนไขด้านความปลอดภัย จากนั้นใช้กราฟแสดงการมองเห็นแก้ปัญหาในการหาเส้นทางบินและอัลกอริทึมไดสตาร์ช่วยในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดภายในกราฟ จากนั้นใช้เส้นโค้งBezier ช่วยปรับแนวจนที่ได้ และตรวจสอบวัน และเวลาที่เหมาะสมสำหรับภารกิจการถ่ายภาพ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์

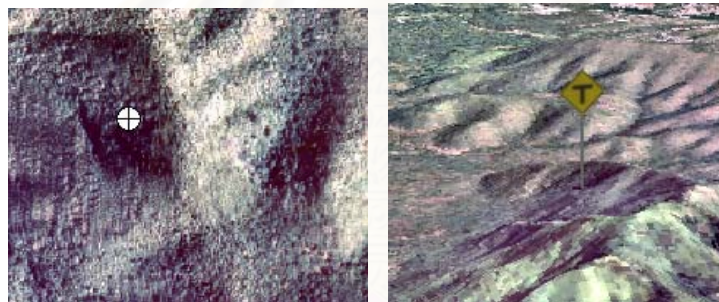
การหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับอากาศยานไร้คนบินเพื่อสามารถปฏิบัติการกิจถ่ายภาพที่ชัดเจนของเป้าหมาย รวมไปถึงการวิเคราะห์หาแนวบินที่เหมาะสม สามารถนำแนวคิดในบทที่ 2 มาสร้างโปรแกรมประยุกต์ได้โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

- 3.1 การหาวัน เวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการกิจถ่ายภาพทางอากาศ
- 3.2 การสร้างแนวบิน
- 3.3 การวิเคราะห์ตำแหน่งเหมาะสมเพื่อถ่ายภาพเป้าหมายของอากาศยานไร้คนบิน

3.1 การหาวัน เวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการกิจถ่ายภาพทางอากาศ

ในการวิเคราะห์หาวันและเวลาที่เหมาะสมจำเป็นต้องกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 1) ตำแหน่งเป้าหมาย ดังรูปที่ 3.1 เพื่อนำมาสร้าง HillShade บริเวณดังกล่าว เพื่อหาค่าความสว่างของเป้าหมาย

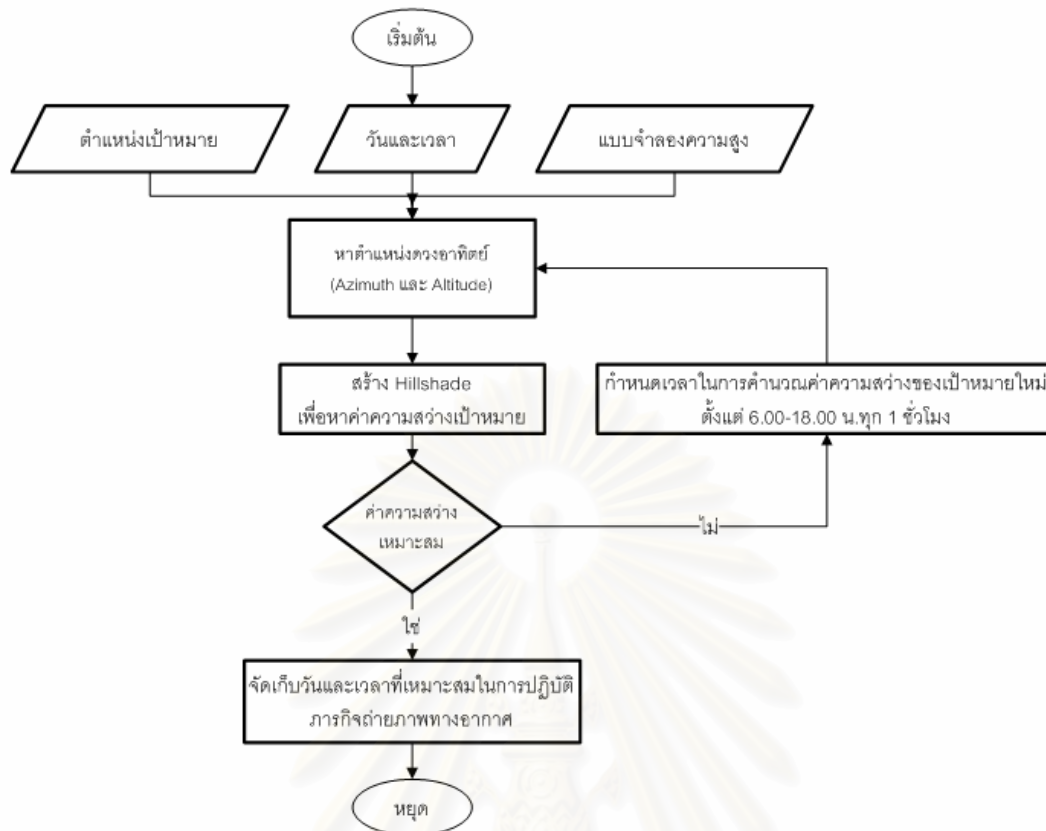


รูปที่ 3.1 แสดงภาพถ่าย Orthophoto บริเวณตำแหน่งเป้าหมายที่นำมาหาค่าความสว่าง

- 2) วันและเวลาที่ใช้ปฏิบัติการกิจ เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในวันและเวลาดังกล่าว

วันและเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการกิจถ่ายภาพทางอากาศของอากาศยานไร้คนบินจะมีผลต่อความคมชัดของภาพถ่ายทางอากาศซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความสว่างของเป้าหมาย โปรแกรมประยุกต์จะทำการตรวจสอบวันและเวลาที่ผู้วางแผนกำหนดไว้ในเบื้องต้น โดยการคำนวณค่าความสว่างของเป้าหมายจากการสร้างค่า Hillshade หากค่าความสว่างของเป้าหมายต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ค่าความสว่างแต่ละจุดบนพื้นผิวจะมีความแตกต่างกันไป ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่าง ก็คือ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่แตกต่างไปตามวันและเวลา จึงส่งผลให้ค่าความสว่างของแต่ละตำแหน่งบนโลกไม่เหมือนกัน ดังนั้นเมื่อผู้วางแผนได้กำหนดวัน เวลาในการปฏิบัติการกิจ และตำแหน่งเป้าหมาย โปรแกรมจะนำวัน และเวลาดังกล่าวมาคำนวณหาตำแหน่งดวงอาทิตย์ โดยการตัดแปลงรหัสโปรแกรมของโปรแกรมชื่อว่า NOAA's Solar Calculator เป็น โมดูลภาษา VBA ทำให้ได้ค่าเอซิมัท และ ค่ามุมสูงของดวงอาทิตย์

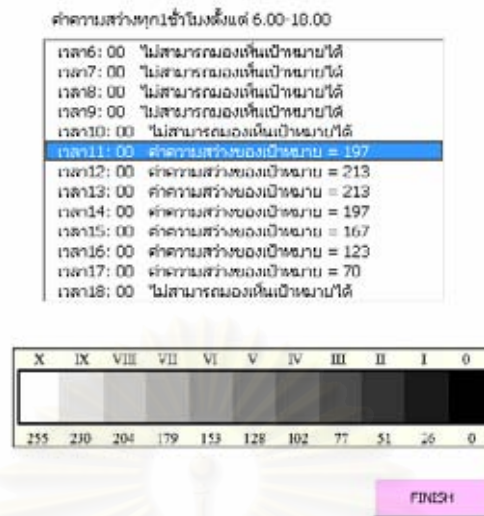


รูปที่ 3.2 แสดงแผนผังขั้นตอนการตรวจสอบค่าความสว่างของเป้าหมาย

จากรูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานในการตรวจสอบวัน เวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการถ่ายภาพทางอากาศสามารถสรุปได้ดังนี้ โปรแกรมจะคำนวณค่าความสว่างของเป้าหมายจากค่าตัวแปรตำแหน่งของเป้าหมาย ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และแบบจำลองความสูง ค่าความสว่างที่ได้จากการคำนวณ Hillshade ของพิกัดเป้าหมายจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-255 ซึ่งค่าที่มีคี่ที่สุดคือ 0 และค่าที่สว่างมากที่สุด คือ 255 โดยค่าความสว่างที่เหมาะสมในการถ่ายภาพควรมีค่าอยู่ระหว่าง 64-191

หากค่าความสว่างของเป้าหมายในช่วงเวลาที่ผู้วางแผนเลือกปฏิบัติการกิจคำนวณได้ ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการถ่ายภาพ โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าความสว่างของเป้าหมายใหม่ทุกชั่วโมงในวันที่ทำการถ่ายภาพ ตั้งแต่ 6.00-18.00 น. ดังรูปที่ 3.3

ค่าความสว่างไม่เหมาะสม ควรเลือกช่วงเวลาใหม่

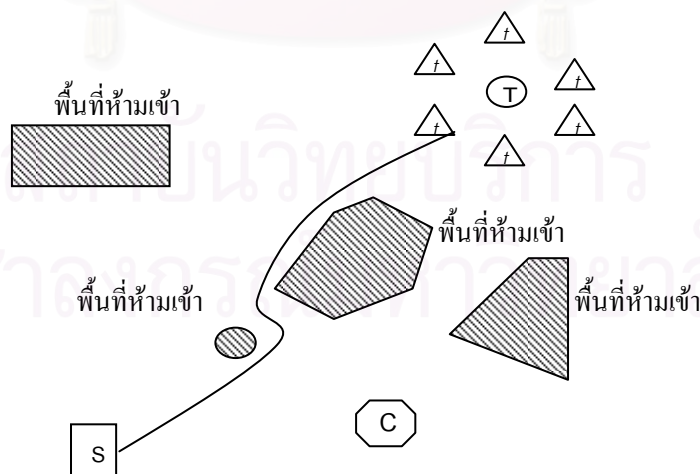


รูปที่ 3.3 แสดงผลจากการคำนวณค่าความสว่างของเป้าหมายทุก 1 ชั่วโมง

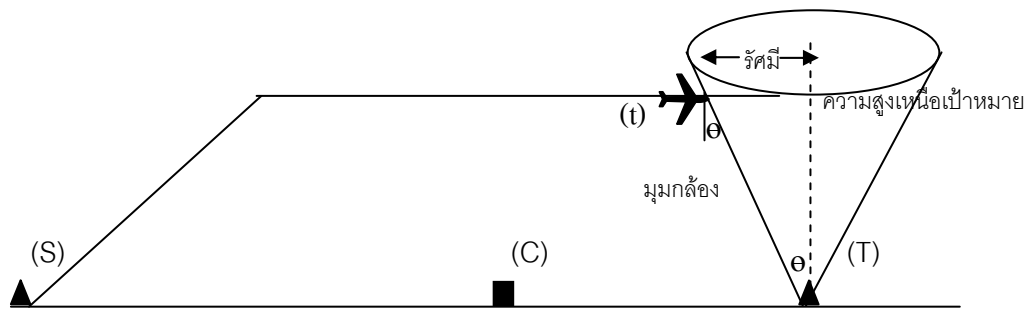
หลังจากที่มีการคำนวณค่าความสว่างของเป้าหมายทุก 1 ชั่วโมงแล้ว ผู้วางแผนจะพิจารณาความสว่างของเป้าหมาย และเลือกเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติภารกิจใหม่ เมื่อได้วัน และเวลาที่เหมาะสมแล้ว โปรแกรมประยุกต์จะจัดเก็บวันและเวลาดังกล่าวเพื่อนำไปคำนวณ วันและเวลาในการเริ่มปฏิบัติภารกิจ รวมถึงระบุเวลาที่ไปถึงยังจุดตำแหน่งแต่ละตำแหน่งที่กำหนดไว้

3.2 การวิเคราะห์ตำแหน่งเหมาะสมเพื่อถ่ายภาพเป้าหมายของอากาศยานไร้คนบิน

ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งเหมาะสมเพื่อถ่ายภาพ หรือตำแหน่ง t ในรูปที่ 3.4 จำเป็นต้องกำหนดพารามิเตอร์เบื้องต้น ดังนี้

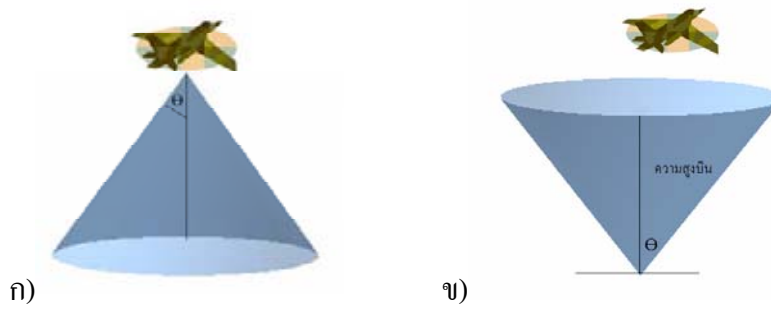


รูปที่ 3.4 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่งถ่ายภาพที่เหมาะสม (ด้านบน)



รูปที่ 3.5 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งถ่ายภาพที่เหมาะสม (ด้านข้าง)

- 1) ตำแหน่งเป้าหมาย (ตำแหน่ง T) พิกัดตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องอาศัยอากาศยานไร้คนบินเข้าไปถ่ายภาพ มีลักษณะเป็น Point Feature
- 2) ตำแหน่งสนามบิน (ตำแหน่ง S) พิกัดตำแหน่งของสนามบินที่มีนักบินคอยทำหน้าที่ควบคุมการขึ้นลงของอากาศยานไร้คนบิน มีลักษณะเป็น Point Feature
- 3) สถานีควบคุมภาคพื้นดิน (ตำแหน่ง C) สถานีควบคุมภาคพื้นดินมีหน้าที่รับส่งสัญญาณไปยังอากาศยานไร้คนบิน ดังนั้นอากาศยานไร้คนบินจำเป็นต้องอยู่ ณ ตำแหน่งใดๆที่สามารถสื่อสารกับสถานีควบคุมได้อย่างต่อเนื่อง มีลักษณะเป็น Point Feature
- 4) ระยะห่างจากเป้าหมาย ช่วยในการลดขอบเขตพื้นที่ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับอากาศยานไร้คนบิน ซึ่งมีระยะห่างเท่ากับรัศมีของปริมาตรทรงกรวยที่สร้างจากมุมกล้องและความสูงเหนือเป้าหมาย
- 5) พื้นที่หวงห้าม พื้นที่บางแห่งไม่สามารถบินผ่านเข้าไป เนื่องจากเหตุผลทางด้านความปลอดภัย ดังนั้นตำแหน่งของอากาศยานไร้คนบินจึงจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงพื้นที่ดังกล่าว
- 6) ความสูงเหนือพื้นดินของอากาศยานไร้คนบิน ผู้วางแผนจะกำหนดระดับเพดานบินต่ำสุดและสูงสุดของอากาศยานไร้คนบินไว้เพื่อนำมาคำนวณค่าความสูงเหนือพื้นดิน
- 7) พิสัยของอากาศยานไร้คนบิน อากาศยานไร้คนบินมีข้อจำกัดด้านปริมาณเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์ ระยะทางตามแนวนอนที่คำนวณได้ระหว่างสนามบินไปถึงตำแหน่งถ่ายภาพเป้าหมายทั้งขาไปและกลับจึงต้องอยู่ในพิสัยของอากาศยาน
- 8) ข้อจำกัดมุมกล้อง (Camera Vertical Angle Limit) ระบบจะมีค่าตั้งต้นอยู่ที่ 45 องศา อย่างไรก็ตามผู้วางแผนสามารถกำหนดคุณสมบัติของกล้องเป็นค่าอื่นได้เช่นกัน

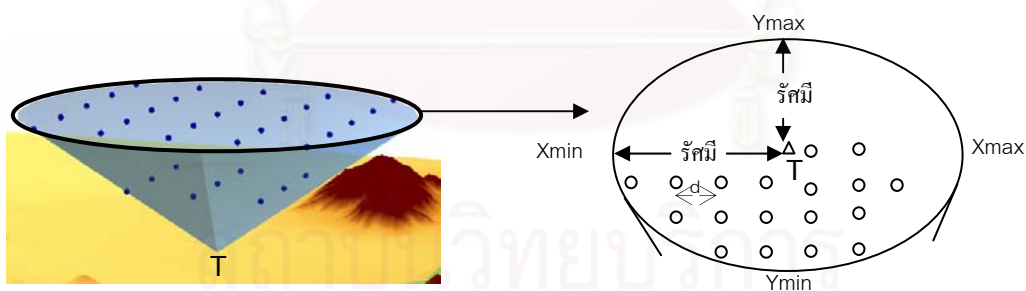


รูปที่ 3.6 ก) แสดงปริมาตรที่สร้างจากมุมกล้อง ข) แสดงปริมาตรเพื่อใช้ในการสร้างจุดตัวอย่าง
 จากรูปที่ 3.6 ก) แสดงปริมาตรที่สามารถมองเห็นเป้าหมายได้จากตำแหน่งของอากาศยาน
 ไร่นักบินซึ่งมีกล้องที่มีคุณสมบัติระยะกได้ไม่เกินมุม θ ติดตั้งอยู่และรูป 3.6 ข) แสดงปริมาตรที่
 สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการสร้างจุดตัวอย่าง โดยอาศัยคุณสมบัติของมุมกล้อง และความสูงเหนือ
 เป้าหมายในการสร้างปริมาตรทรงกรวย โดยหารัศมีของกรวยจากสูตร

$$R = H * \text{Tan}\left(\frac{\theta * \pi}{180}\right) \tag{3.1}$$

โดยที่

- R = รัศมีของปริมาตรกรวย (เมตร)
- H = ความสูงของเป้าหมาย (เมตร)
- θ = มุมกล้อง (องศา)



(ด้านข้าง)

(ด้านบน)

รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งจุดตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเงื่อนไข

จากรูป 3.7 เนื่องจากตำแหน่งที่อยู่เหนือเป้าหมายในอากาศทุกตำแหน่งมีโอกาสที่จะได้รับ
 การพิจารณาเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการบินถ่ายภาพ วิธีการที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้คือ การ
 สร้างกลุ่มจุดตัวอย่างที่จะนำมาตรวจสอบโดยเว้นระยะห่างเท่ากัน (d) เช่น ทุก 500 เมตร
 (Trisirisatayawong and Cheewinsiriwat ,2004) ค่าพารามิเตอร์นี้ถูกกำหนดโดยผู้วางแผน จากนั้น
 ซอฟต์แวร์จะสร้างจุดตัวอย่างอัตโนมัติเพื่อนำมาตรวจสอบเงื่อนไขต่อไป

โปรแกรมจะเริ่มคำนวณค่ารัศมีของกรวยปริมาตรที่ใช้ในการสร้างกลุ่มตัวอย่างของตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสม จากสมการ 3.1 จากนั้นใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการสร้างจุดในอากาศ ได้แก่ เพดานบินต่ำที่สุดและสูงที่สุด ระยะห่างระหว่างแต่ละจุดตัวอย่าง และระยะห่างกว้างที่สุดและแคบที่สุดจากเป้าหมาย โดยที่

$$\text{ค่าพิกัด } X_{\min} = \text{พิกัด } X \text{ ของเป้าหมาย} - \text{ระยะรัศมี}$$

$$\text{ค่าพิกัด } X_{\max} = \text{พิกัด } X \text{ ของเป้าหมาย} + \text{ระยะรัศมี}$$

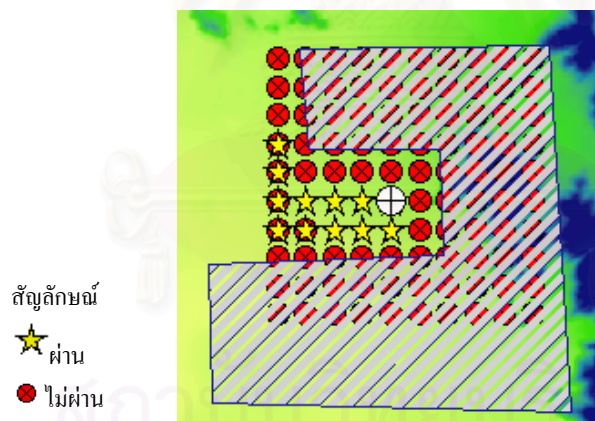
$$\text{ค่าพิกัด } Y_{\min} = \text{พิกัด } Y \text{ ของเป้าหมาย} - \text{ระยะรัศมี}$$

$$\text{ค่าพิกัด } Y_{\max} = \text{พิกัด } Y \text{ ของเป้าหมาย} + \text{ระยะรัศมี}$$

จุดตัวอย่างที่สร้างขึ้นมาจะมีระยะห่างเท่ากันในมิติ x , y และ z สำหรับใช้แสดงตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินแต่ละตำแหน่งที่เป็นไปได้ เพื่อลดขอบเขตพื้นที่ในการคำนวณหาตำแหน่งของอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพต่อไป

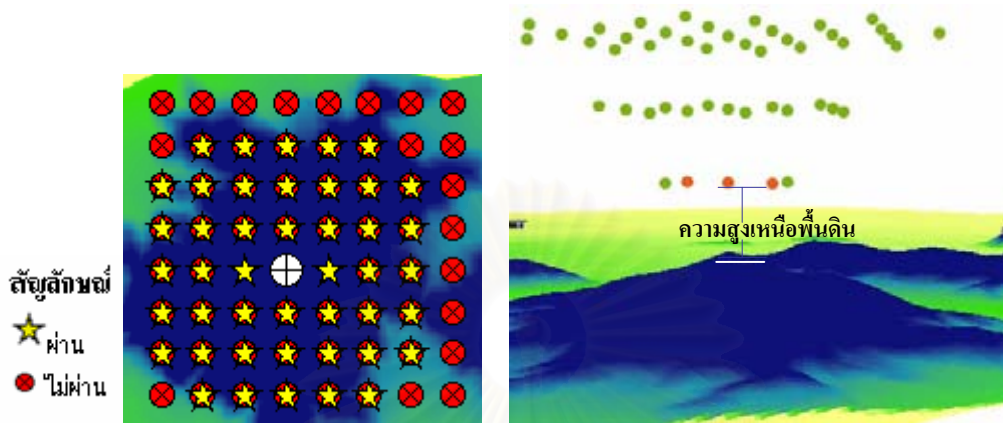
เงื่อนไขในการวิเคราะห์ตำแหน่งของอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ มีดังนี้

1) จุดที่สร้างขึ้นต้องไม่อยู่ในพื้นที่ห้ามเข้า โปรแกรมจะตรวจสอบว่า จุดตัวอย่างไม่อยู่ในขอบเขตของพื้นที่ห้ามเข้าหรือไม่ หากจุดดังกล่าวอยู่ในพื้นที่ห้ามเข้า จะถูกลบออกจากรายการจุดที่จะนำไปตรวจสอบต่อไป ดังรูป 3.8



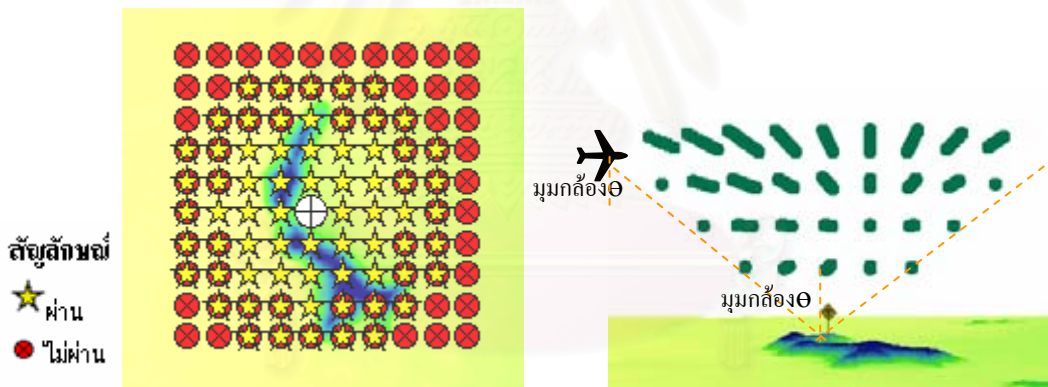
รูปที่ 3.8 แสดงจุดที่ผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขเขตหวงห้าม

2) จุดที่สร้างขึ้นต้องมีความสูงเหนือพื้นดิน ไม่ต่ำกว่าความสูงที่กำหนด ในการตรวจสอบความสูงเหนือพื้นดิน ระบบจะคำนวณความสูงของค่าพิกัดของจุดตัวอย่างบนพื้นผิว หากผลต่างที่ได้ต่ำกว่าระยะห่างที่กำหนดจุดดังกล่าวจะถูกกำจัด ดังรูป 3.9



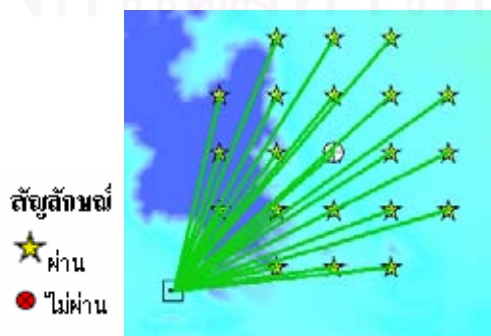
รูปที่ 3.9 แสดงจุดที่ผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขความสูงเหนือพื้นดิน 2 มิติ (ซ้าย) และ 3 มิติ (ขวา)

3) ตรวจสอบมุมมองจากจุดตัวอย่างไปยังตำแหน่งเป้าหมาย เนื่องจากกล้องจะมีข้อจำกัดในการหมุน หากตำแหน่งอากาศยานไร้คนบิน อยู่ในตำแหน่งที่เกินขีดจำกัดของกล้อง ก็ถือว่าเป็นตำแหน่งที่ไร้ประโยชน์ ดังรูปที่ 3.10



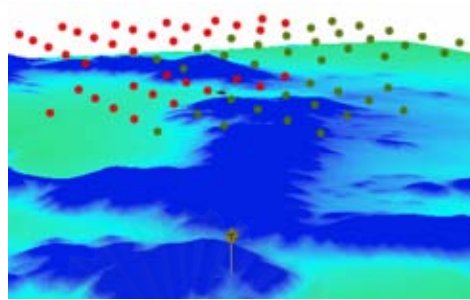
รูปที่ 3.10 แสดงจุดที่ผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขมุมมอง 2 มิติ (ซ้าย) และ 3 มิติ (ขวา)

4) โปรแกรมจะคำนวณการมองเห็นระหว่างจุดตัวอย่างกับสถานีควบคุมภาคพื้นดิน และการมองเห็นระหว่างจุดตัวอย่างกับเป้าหมาย โดยการตรวจสอบแนวการมองเห็นดังรูปที่ 3.11 โดยเส้นสีเขียวหมายถึงแนวการมองเห็น ไม่มีสิ่งกีดขวาง



รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างแนวการมองเห็นที่ผ่านการตรวจสอบ

หากแนวการมองเห็นมีสิ่งกีดขวาง จะทำให้ไม่สามารถมองเห็นเป้าหมายและขาดการติดต่อสื่อสารจากสถานีควบคุม ในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างจุดที่ผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขแนวการมองเห็น

ผู้วิจัยได้ออกแบบตารางข้อมูลบรรทัดขีบาย(Attribute) เพื่อแสดงผลการทดสอบจุดตัวอย่างที่สร้างขึ้นตามเงื่อนไขในการวิเคราะห์หาตำแหน่งของอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

Attributes of UAV_Spots											
FID	E	N	H	CAngle	HFrmGround	VisTG	VisGCS	InRestrict	UAVRange	Results	
3	672922	1649450	2836	True $\mu\text{m}=19$	2821.65	True	True	True	True	YES	
4	672922	1650450	1836	True $\mu\text{m}=38$	1822.62	True	True	True	True	YES	
5	672922	1650450	2836	True $\mu\text{m}=26$	2822.62	True	True	True	True	YES	
6	673922	1648450	1836	True $\mu\text{m}=29$	1771.41	True	True	True	True	YES	
7	673922	1648450	2836	True $\mu\text{m}=19$	2771.41	True	True	True	True	YES	
8	673922	1649450	1836	True $\mu\text{m}=0$	1800	True	True	True	True	YES	
9	673922	1649450	2836	True $\mu\text{m}=0$	2800	True	True	True	True	YES	
10	673922	1650450	1836	True $\mu\text{m}=29$	1765.9	True	True	True	True	YES	

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการตรวจสอบเงื่อนไขของตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพของ UAV

จากตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบในตารางข้อมูลบรรทัดขีบายเป็นการแสดงผลการทดสอบจุดตัวอย่างตามเงื่อนไขการสร้างตำแหน่งอากาศยานไร้คนบิน สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) ผลการตรวจสอบพื้นที่ห้ามเข้า

จากคอลัมน์ “InRestricted” กรณีที่อากาศยานไร้คนบินไม่อยู่ในพื้นที่ห้ามเข้าจะได้ผลลัพธ์เป็น “True” แต่หากตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินอยู่ภายในพื้นที่ห้ามเข้า จะได้ผลลัพธ์เป็น “False”

2) ผลการตรวจสอบความสูงเหนือพื้นดิน

จากคอลัมน์ “HFmGround” กรณีที่ความสูงเหนือพื้นดินเกินกว่าความสูงที่กำหนดจะได้ผลลัพธ์เป็น “True” แต่หากความสูงเหนือพื้นดินต่ำกว่าที่กำหนด ผลลัพธ์เป็น “False”

3) ผลการตรวจสอบมุมกล้อง

จากคอลัมน์ “CAngle” กรณีที่มุมกล้องไม่เกินขีดจำกัดมุมกล้องที่กำหนดไว้ เป็น “True” แต่หากมุมกล้องเกินขีดจำกัดมุมกล้องที่กำหนดไว้ จะได้ผลลัพธ์เป็น “False”

4) ผลการตรวจสอบแนวการมองเห็น สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

-แนวการมองเห็นระหว่างเป้าหมายกับอากาศยานไร้คนบิน

จากคอลัมน์ “VisTG” กรณีที่แนวการมองเห็นระหว่างอากาศยานไร้คนบินกับเป้าหมายไม่มีสิ่งกีดขวาง จะได้ผลลัพธ์เป็น True แต่หากมีสิ่งกีดขวางจะได้ผลลัพธ์เป็น “False”

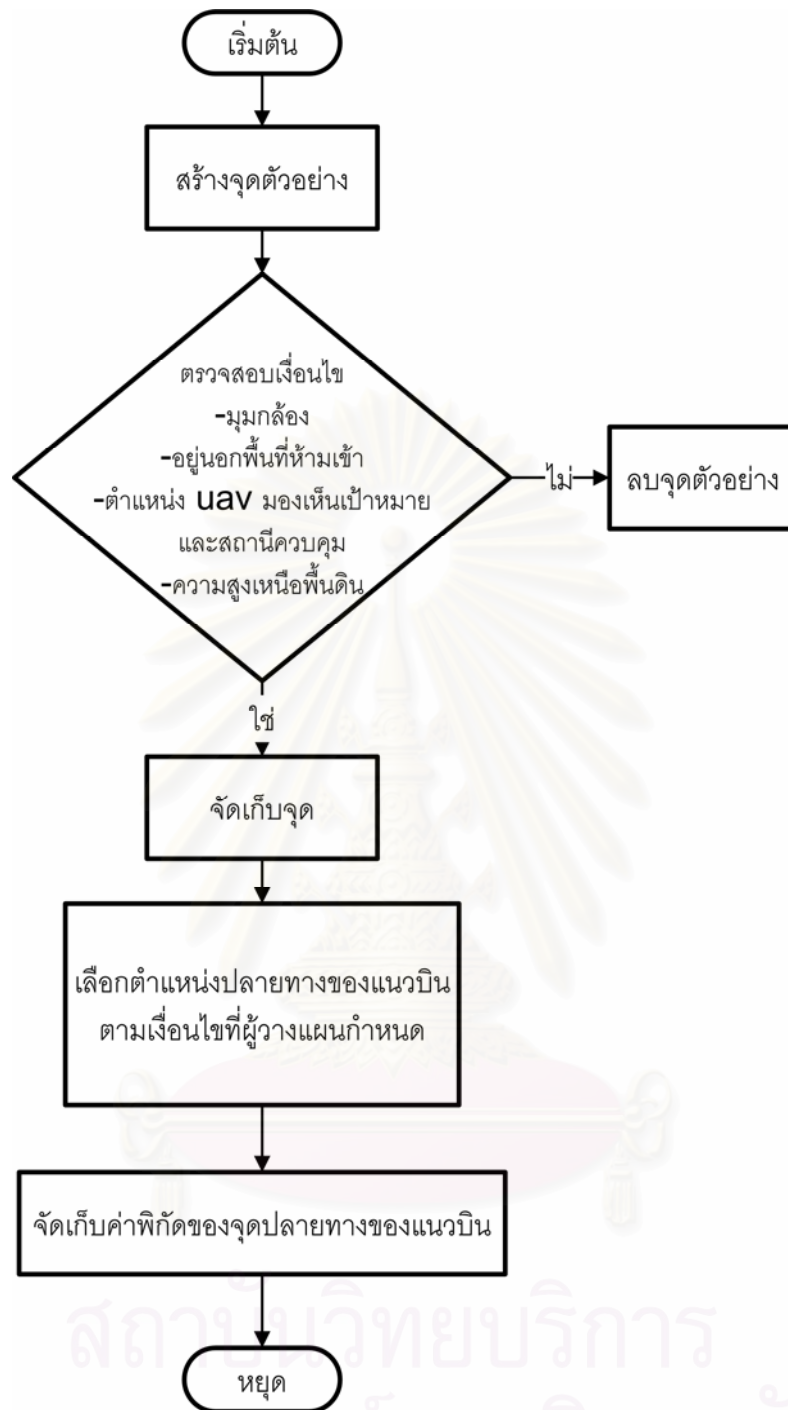
-แนวการมองเห็นระหว่างสถานีควบคุมกับอากาศยานไร้คนบิน

จากคอลัมน์ “VisGCS” กรณีที่แนวการมองเห็นระหว่างอากาศยานไร้คนบินกับสถานีควบคุมไม่มีสิ่งกีดขวาง จะได้ผลลัพธ์เป็น True แต่หากมีสิ่งกีดขวางจะได้ผลลัพธ์เป็น “False”

5) ผลการตรวจสอบพิสัยของอากาศยานไร้คนบิน

จากคอลัมน์ “UAVRange” กรณีที่ตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินอยู่ในพิสัยของอากาศยานไร้คนบิน จะได้ผลลัพธ์เป็น “True” แต่หากตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินอยู่ห่างจากสนามบินเกินระยะพิสัยของอากาศยานไร้คนบิน จะได้ผลลัพธ์เป็น “False”

สรุปขั้นตอนทำงานในส่วนของการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพเป้าหมายของอากาศยานไร้คนบิน ดังรูป 3.13 โดยเริ่มจากการสร้างจุดตัวอย่าง จากนั้นนำจุดตัวอย่างที่สร้างขึ้นทั้งหมดมาทำการทดสอบเงื่อนไขต่างๆ ได้แก่ ขีดจำกัดของมุมกล้อง พื้นที่ห้ามเข้าแนวการมองเห็นระหว่างตำแหน่งตัวอย่างกับสถานีควบคุมและเป้าหมาย และความสูงเหนือพื้นดิน เมื่อทดสอบครบทุกจุดจึงหยุดการทำงานขั้นนี้ หากจุดตัวอย่างใดผ่านการทดสอบทุกเงื่อนไขจะถือว่าตำแหน่งของจุดนั้นเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพเป้าหมาย จากนั้น โปรแกรมจะเลือกตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมเพียงหนึ่งตำแหน่งตามเงื่อนไขซึ่งแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค ซึ่งผู้วางแผนจะเป็นผู้กำหนดไว้ล่วงหน้า สำหรับเป็นตำแหน่งปลายทางในการสร้างแนวบินในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.13 แผนผังแสดงการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพ

3.3 การสร้างแนวบิน

ในการวิเคราะห์หาแนวบินจำเป็นต้องกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 1) ตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อการถ่ายภาพเป้าหมายของอากาศยานไร้คนขับ เพื่อเป็นตำแหน่งปลายทางของเส้นทางบิน
- 2) ตำแหน่งสนามบิน เป็นจุดเริ่มต้นของเส้นทางบิน

3) ตำแหน่งสถานีควบคุมภาคพื้นดิน เพื่อตรวจสอบความสามารถสื่อสารกับสถานีควบคุมได้ตลอดเส้นทางบิน

4) พื้นที่หวงห้าม

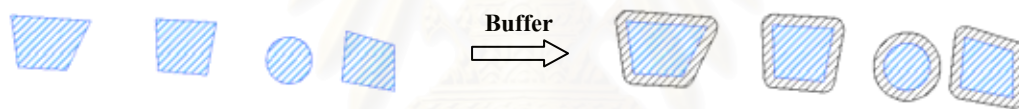
5) ความสูงเหนือพื้นดิน

6) เพดานบินสูงสุด

ในการสร้างแนวบินของโปรแกรมประยุกต์ สามารถนำหลักการของกราฟแสดงการมองเห็นและอัลกอริทึมโดสตาร์ มาใช้ตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 โดยการทำงานของโปรแกรมเพื่อสร้างแนวบินมีขั้นตอนต่อไปนี้

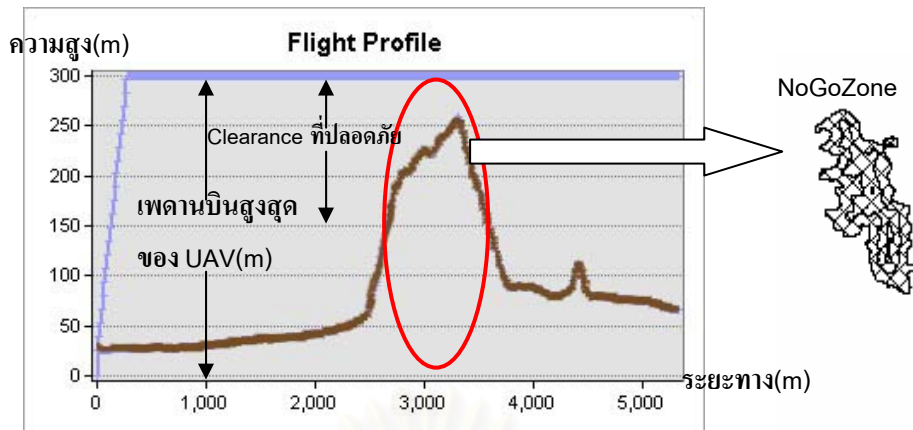
3.3.1 สร้างแนวกันชนพื้นที่ห้ามเข้า

ขั้นตอนนี้จะทำการสร้างแนวกันชนพื้นที่รูปปิดรอบพื้นที่หวงห้ามที่กำหนดไว้ตั้งแต่แรก เพื่อเป็นการป้องกันการลุล้ำเข้าไปในเขตหวงห้ามเวลาเครื่องบินดีโด้ ทำให้ได้ “RestrictedArea” ดังรูปที่ 3.14 จากนั้นจึงเริ่มทำการสร้างแนวบิน

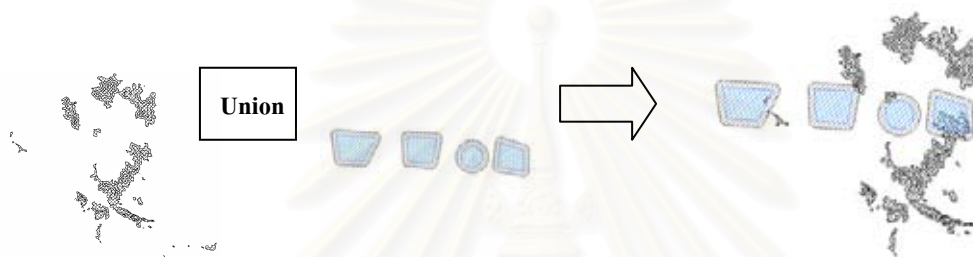


รูปที่ 3.14 แสดงพื้นที่ห้ามเข้า “RestrictedArea” ที่ถูกสร้างแนวกันชน

3.3.2 สร้างขอบเขตพื้นที่ซึ่งมีความสูงเกินเพดานบินสูงสุด โดยการสร้างเส้นชั้นความสูง (Contour) จากแบบจำลองความสูงของพื้นที่ปฏิบัติการแล้วเลือกเฉพาะเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความสูงเหนือพื้นดินไม่อยู่ช่วงที่ปลอดภัย ดังแสดงในรูปที่ 3.15 หากพื้นที่ที่มีค่าความสูงเหนือพื้นดินซึ่งคำนวณจากเพดานบินสูงสุดของอากาศยาน ไร่นักบินต่ำกว่าความสูงที่กำหนดไว้ จะถือว่าเป็นพื้นที่ห้ามเข้าซึ่งได้จากการแปลงเส้นชั้นความสูงให้เป็นพื้นที่รูปปิด เรียกว่า พื้นที่ห้ามเข้า “NoGoZone1” แล้วนำไปรวมกับพื้นที่ห้ามเข้า “RestrictedArea” ดังรูปที่ 3.16



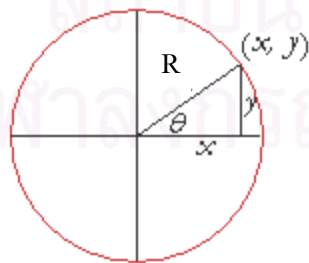
รูปที่ 3.15 แสดงภาพตัดขวางของพื้นที่ “NoGoZone1”



รูปที่ 3.16 แสดงการรวมพื้นที่ “NoGoZone1” และ “RestrictedArea”

3.3.3 สร้างพื้นที่ “FlyZone”

โปรแกรมจะสร้างพื้นที่รูปปิดเพื่อใช้ในการสร้างกราฟเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยพื้นที่รูปปิดดังกล่าวที่สร้างขึ้นเรียกว่า “FlyZone” เป็นพื้นที่ซึ่งเกิดจากการสร้างวงกลมที่มีกึ่งศูนย์กลางเป็นจุดศูนย์กลาง มีรัศมีเท่ากับพิสัยเครื่องบิน เพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่อากาศยานไร้คนบินสามารถบินอยู่ได้ภายในหากโปรแกรมมีการวนซ้ำเพื่อหาแนวบินใหม่ในกรณีที่แนวบินเก่าไม่ผ่านการตรวจสอบดังที่จะกล่าวต่อไป เพื่อแก้ปัญหาแนวบินมีระยะทางไกลเกินพิสัยของอากาศยานไร้คนบิน จุดที่คำนวณได้จากสมการ 3.2 จะกลายมาเป็นจุดขอบเขตของกราฟแสดงการมองเห็น



$$X = R * \text{Cos } \theta$$

$$Y = R * \text{Sin } \theta$$

3.2

3.3.4 สร้างพื้นที่รูปปิด “FlyableZone”

ขั้นตอนนี้จะนำพื้นที่รูปปิด “FlyZone” มาลบ (ERASE) ออกด้วย “RestrictedArea” และ “NoGoZone1” ที่ผ่านการรวมกันแล้วทำให้ได้พื้นที่รูปปิดที่มีช่องว่าง

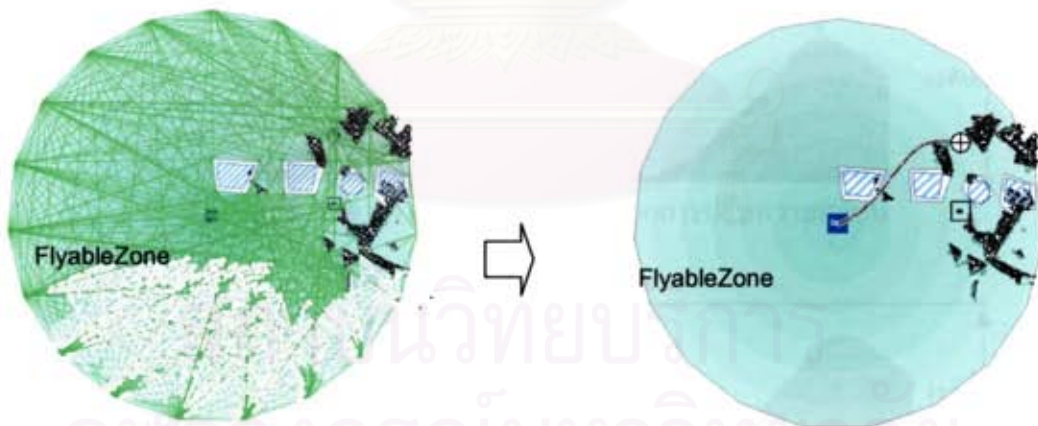
เรียกว่า “FlyableZone” ดังรูปที่ 3.17 ทำให้ได้พื้นที่ที่เครื่องบินสามารถบินอยู่ได้โดยไม่รุกร้าเข้าไปในเขตหวงห้ามที่กำหนดไว้ตั้งแต่แรก ในขั้นตอนนี้จะมิจำนวนจุดของพื้นที่ห้ามเข้าเพิ่มขึ้นมา



รูปที่ 3.17 แสดง “FlyableZone” ที่ได้จากการนำเอา “Flyzone” มาลบออกด้วยพื้นที่ห้ามเข้าที่ถูกสร้างแนวกันชน หรือ “Restricted Area”

3.3.5 สร้างกราฟแสดงการมองเห็นและหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยอัลกอริทึมไดคอสตาร์

เมื่อได้พื้นที่รูปปิด “FlyableZone” นำมาสร้างกราฟแสดงการมองเห็นซึ่งประกอบไปด้วย จุดบนเส้นรอบวง จุดของพื้นที่ห้ามเข้า “RestrictedArea” จุดของ “NoGoZone1” จุดเริ่มต้นซึ่งเป็นพิกัดของตำแหน่งสนามบิน และจุดปลายทาง คือ พิกัดตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพตามเงื่อนไขที่ผู้วางแผนเลือกไว้ ดังภาพที่ 3.18 จากนั้นจึงนำเอาอัลกอริทึมไดคอสตาร์ มาหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนกราฟดังกล่าว



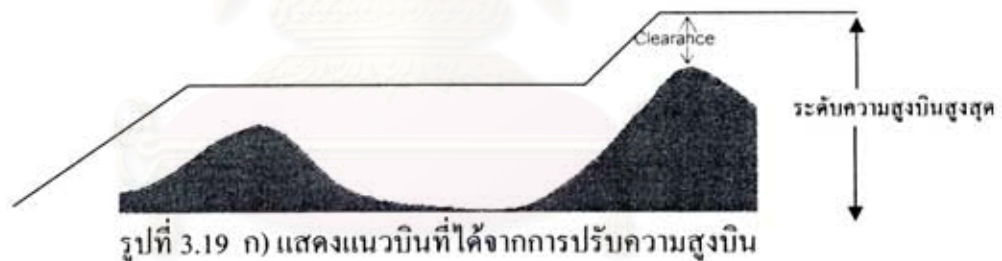
รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการแสดงผลการวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุดภายในกราฟแสดงการมองเห็น เมื่อตรวจสอบว่าเส้นทางที่สั้นที่สุดที่สร้างขึ้นผ่านเงื่อนไขแล้ว เส้นทางดังกล่าวจะถูกโปรแกรมทำการปรับรูปเส้นทาง เพื่อให้แนวบินมีความโค้งใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เนื่องจากเส้นทางบินของอากาศยาน ไร้นักบิน ไม่สามารถสร้างจากส่วนของเส้นตรงได้ และไม่สามารถหักมุมอย่างเฉียบพลันเนื่องจากข้อจำกัดในด้านอัตราความเร็ว ในการวิจัยจะใช้วิธีการเส้นโค้ง Bezier ในการแสดงเส้นทางบินที่ต่อเนื่อง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของพิกัดของจุดควบคุมเพียง

ไม่กี่ค่า เพื่อให้ได้เส้นทางบินผลลัพธ์ที่มีความต่อเนื่อง ฟังก์ชันที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บน ArcGIS 9.2 คือ ฟังก์ชัน Smooth Line โดยอาศัยอัลกอริทึม “BEZIER_INTERPOLATION”

เส้นทางบินหลังผ่านการปรับรูปมีโอกาสที่เครื่องบินจะถูกล้ำเข้าไปในเขตหวงห้าม หากระยะทางที่สร้างแนวกันชนน้อยเกินไป ดังนั้นโปรแกรมประยุกต์จะทำการตรวจสอบว่ามี การถูกล้ำเข้าไปในพื้นที่ห้ามเข้าหรือไม่ หากพบว่ามี การถูกล้ำเข้าไปในเขตห้ามเข้า จะทำการหาเส้นทางบินใหม่ โดยมีการเพิ่มระยะทางที่สร้างแนวกันชนในขั้นตอนแรก จนกระทั่งได้เส้นทางบินที่ปลอดภัย

3.3.6 ใ้ค่าระดับความสูงให้กับแนวบิน

เนื่องจากแนวบินที่คำนวณได้จากการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดภายในกราฟแสดงการมองเห็น เป็นเส้นทาง 2 มิติ ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณค่าความสูงให้กับจุดตำแหน่งของแนวบินที่คำนวณได้ ในการใ้ค่าระดับความสูงของแนวบิน จะเริ่มจากการตรวจสอบความสูงของภูมิประเทศระหว่างทางที่อาจเป็นอุปสรรคทำให้เกิดอุบัติเหตุ โดยสร้างภาพตัดขวาง(Profile) ของภูมิประเทศตามแนวที่เครื่องบินบินผ่าน แล้วตรวจสอบว่ามีตำแหน่งใดที่มีความสูงเหนือพื้นดินน้อยกว่าค่าความสูงที่กำหนดไว้เมื่อเทียบกับเพดานบินของอากาศยาน ไร่นักบิน หากพบว่ามีตำแหน่งที่มีความสูงเหนือพื้นดินต่ำกว่าค่าที่กำหนด โปรแกรมประยุกต์จะทำการเพิ่มความสูงของแนวบินให้กับจุดตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณดังกล่าวเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ ดังรูปที่ 3.19 ก)



โปรแกรมประยุกต์จะออกแบบแนวบินให้อากาศยาน ไร่นักบินจะเดินทางที่ระดับเพดานบินคงที่ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่รู้ล่วงหน้า เพื่อเป็นการลดความเครียดของนักบิน ดังนั้นโปรแกรมจะคำนวณว่าอากาศยาน ไร่นักบินมีระดับความสูงบินสูงสุดในการปฏิบัติการกิจที่ความ

สูงเท่าใด แล้วทำการปรับให้อากาศยานไ้ นักบินรักษาเพดานบินให้เท่ากับความสูงบินสูงสุดตั้งแต่แรก ดังรูป 3.19 ข)

จากนั้นหาระยะทาง (D) ในรูปที่ 3.20 ซึ่งเป็นระยะทางจากตำแหน่งที่อากาศยานไ้ นักบินขึ้นบินไปยังตำแหน่งรักษาระดับเพดานบิน (Cruise) จากสมการ

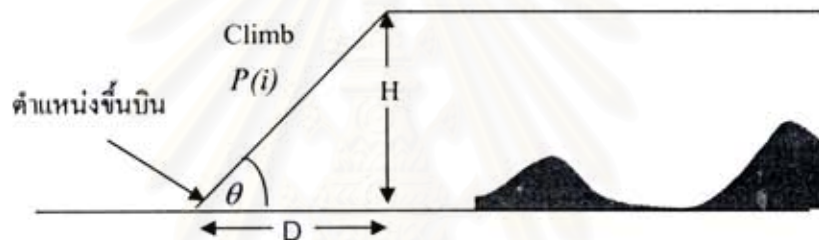
$$D = \frac{H}{\tan\left(\frac{\theta * \pi}{180}\right)} \quad 3.3$$

โดยที่

D = ระยะทางที่อากาศยานไ้ นักบินจะเริ่มรักษาระดับเพดานบิน (เมตร)

H = เพดานบิน (เมตร)

θ = มุมบินขึ้น (องศา)



รูปที่ 3.20 แสดงการไ้ ระดับความสูงของอากาศยานไ้ นักบิน

โปรแกรมจะคำนวณความสูงในช่วงที่อากาศยานไ้ นักบินทำการไ้ ระดับความสูงจนถึงเพดานบิน โดยความสูงบินที่ตำแหน่งใดๆ (P(i)) ที่อยู่ในช่วงระยะทาง D ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศยานไ้ นักบินไ้ ระดับความสูง (Climb) บินจะสามารถคำนวณได้จากสมการ 3.4

$$H_{P(i)} = D_{P(i)} * \tan\left(\frac{\theta * \pi}{180}\right) \quad 3.4$$

โดยที่

$P(i)$ = ค่าพิคคของตำแหน่ง i

$H_{P(i)}$ = ความสูงที่ตำแหน่ง i (เมตร)

$D_{P(i)}$ = ระยะห่างจากตำแหน่งขึ้นบินถึงตำแหน่ง i (เมตร)

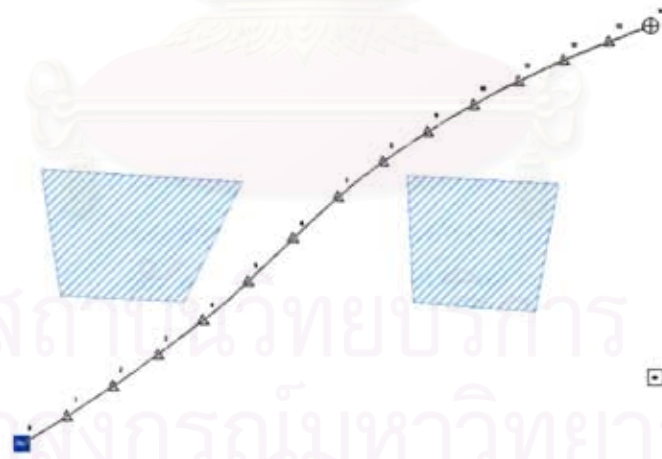
θ = มุมบินขึ้น (องศา)

พิคคจุดตำแหน่งของแนวมบินที่เลขระยะทาง D ไปจะมีความสูงเท่ากับเพดานบินสูงสุดในการปฏิบัติการถึงที่โปรแกรมคำนวณได้ เมื่อได้แนวมบินที่มีความสูงแล้ว จึงนำแนวมบินดังกล่าวไปตรวจสอบต่อไป

3.3.7 ตรวจสอบแนวบินที่ได้

พื้นที่ห้ามเข้าที่เกิดขึ้นใหม่ในระหว่างการตรวจสอบแนวบิน ซึ่งเกิดจากการสร้างแนวกันชนให้กับจุดที่ไม่ผ่านการทดสอบที่ระยะห่างที่ปลอดภัย ทำให้ได้พื้นที่ที่อากาศยานไร้นักบินห้ามผ่านใหม่ ร่วมกับพื้นที่ห้ามเข้าที่มีอยู่เดิมทำให้ได้พื้นที่ห้ามเข้า “NoGoZone2” เพื่อความปลอดภัยของอากาศยานไร้นักบิน ซึ่งมีคุณสมบัติ คือเป็นพื้นที่รูปปิดที่โปรแกรมสร้างขึ้นเนื่องจากบริเวณดังกล่าวไม่สามารถสื่อสารกับสถานีควบคุมได้

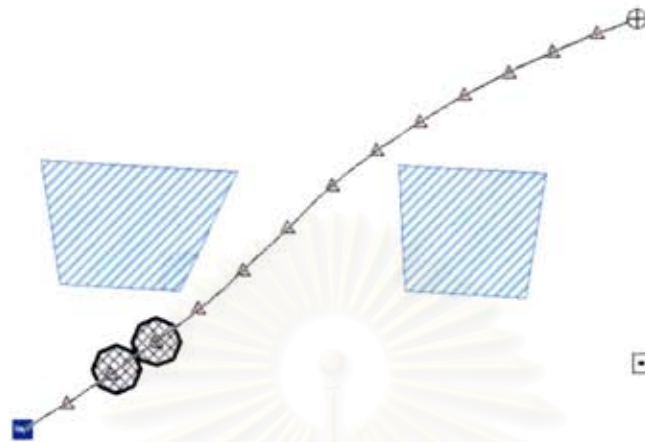
ขั้นตอนต่อไป คือ ตรวจสอบแนวบินว่าสามารถติดต่อกับสถานีควบคุมได้หรือไม่ แนวบินควรสามารถสื่อสารกับสถานีควบคุมได้ตลอดทั้งแนว เพื่อให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอากาศยานและสถานีควบคุมเป็นไปอย่างต่อเนื่อง แต่เนื่องจากอากาศยานไร้นักบินจะสามารถทำงานอยู่ได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งโดยไม่จำเป็นต้องติดต่อกับสถานีควบคุมตลอดเวลา ภายใต้เงื่อนไขที่ผู้วางแผนกำหนดว่า ต้องติดต่อกับสถานีควบคุมได้ก่อนระยะเวลาเข้าสู่ระบบบริเทิร์นโฮม ดังนั้นการกำหนดจุดตำแหน่งที่มีสัญญาณจากสถานีควบคุมแน่นอนไว้ล่วงหน้าจะทำให้อากาศยานไร้นักบินสามารถปฏิบัติการกิจได้ต่อเนื่อง ดังนั้นการเลือกตรวจสอบแนวบินเป็นช่วงๆจึงไม่ส่งผลให้อากาศยานไร้นักบินเข้าสู่ระบบบินกลับไปยังตำแหน่งเดิม โดยโปรแกรมจะกำหนดค่าระยะห่างในการตรวจสอบเงื่อนไขการสื่อสารระหว่างสถานีควบคุมให้ไม่เกินระยะทางที่อากาศยานไร้นักบินจะทำการยกเลิกภารกิจแล้วบินกลับไปยังตำแหน่งที่ปลอดภัยในกรณีที่ขาดการติดต่อกับสถานีควบคุม ดังภาพ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงจุดตรวจสอบที่สร้างขึ้นบนเส้นทางบินที่ได้จากการคำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุด

เมื่อทำการสร้างจุดบนแนวบินที่อยู่ถัดจากตำแหน่งสนามบินเป็นช่วงๆ ตามระยะทางที่กำหนดไปเรื่อยๆจนสิ้นสุดความยาวของแนวบินที่ได้จากการคำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุดแล้วจึงนำจุดดังกล่าวไปตรวจสอบเงื่อนไขด้านการมองเห็นระหว่างอากาศยานไร้นักบินกับสถานีควบคุมว่าผ่านหรือไม่ เมื่อตรวจพบว่าแนวบินที่สร้างขึ้นมีบางจุดไม่สามารถสื่อสารกับสถานีควบคุม จุด

ดังกล่าวจะถูกนำมาสร้างแนวกันชนและถือเป็นพื้นที่ “NoGoZone2” ที่อากาศยานจะต้องบินหลบหลีก ดังรูปที่ 3.22

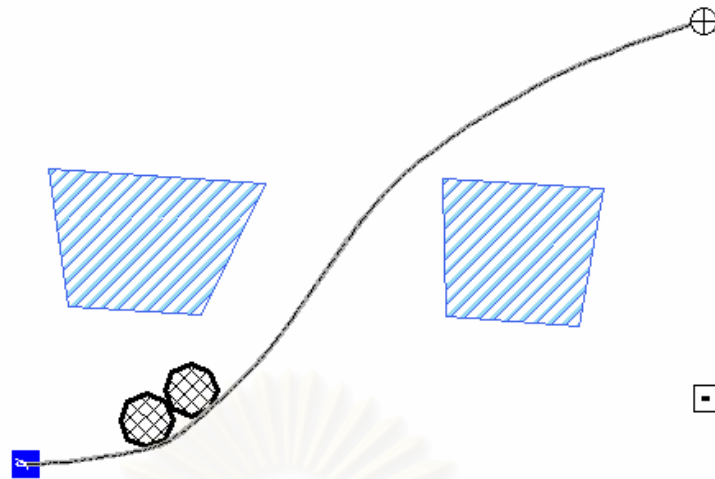


รูปที่ 3.22 แสดงพื้นที่ “NoGoZone2” ที่ถูกสร้างแนวกันชนรอบจุดที่ไม่ผ่านการตรวจสอบเงื่อนไข ผู้วิจัยได้ออกแบบตารางข้อมูลอธิบายเพื่อแสดงผลการทดสอบจุดทดสอบของแนวมินที่สร้างขึ้นตามเงื่อนไขด้านความปลอดภัยของอากาศยานไร้คนขับ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยแสดงผลการตรวจสอบว่าแนวมินสามารถติดต่อกับสถานีควบคุม และมีความสูงเหนือพื้นดินไม่น้อยกว่าค่าความสูงที่กำหนด

Attributes of CheckPts									
FID	Shape	H	E	N	T	GCS	HEIGHT	Remark	
0	Point	23.958716	675518	1650187	23.958716	True	True	Pass	
1	Point	300	675797.35	1650805.96	26.855957	True	True	Pass	
2	Point	300	676138.75	1651427.96	24.894872	True	True	Pass	
3	Point	300	676546.65	1652032.54	25.344194	True	True	Pass	
4	Point	300	677082.51	1652662.72	27.561153	True	True	Pass	
5	Point	300	677690.43	1653214.82	33.902877	True	True	Pass	

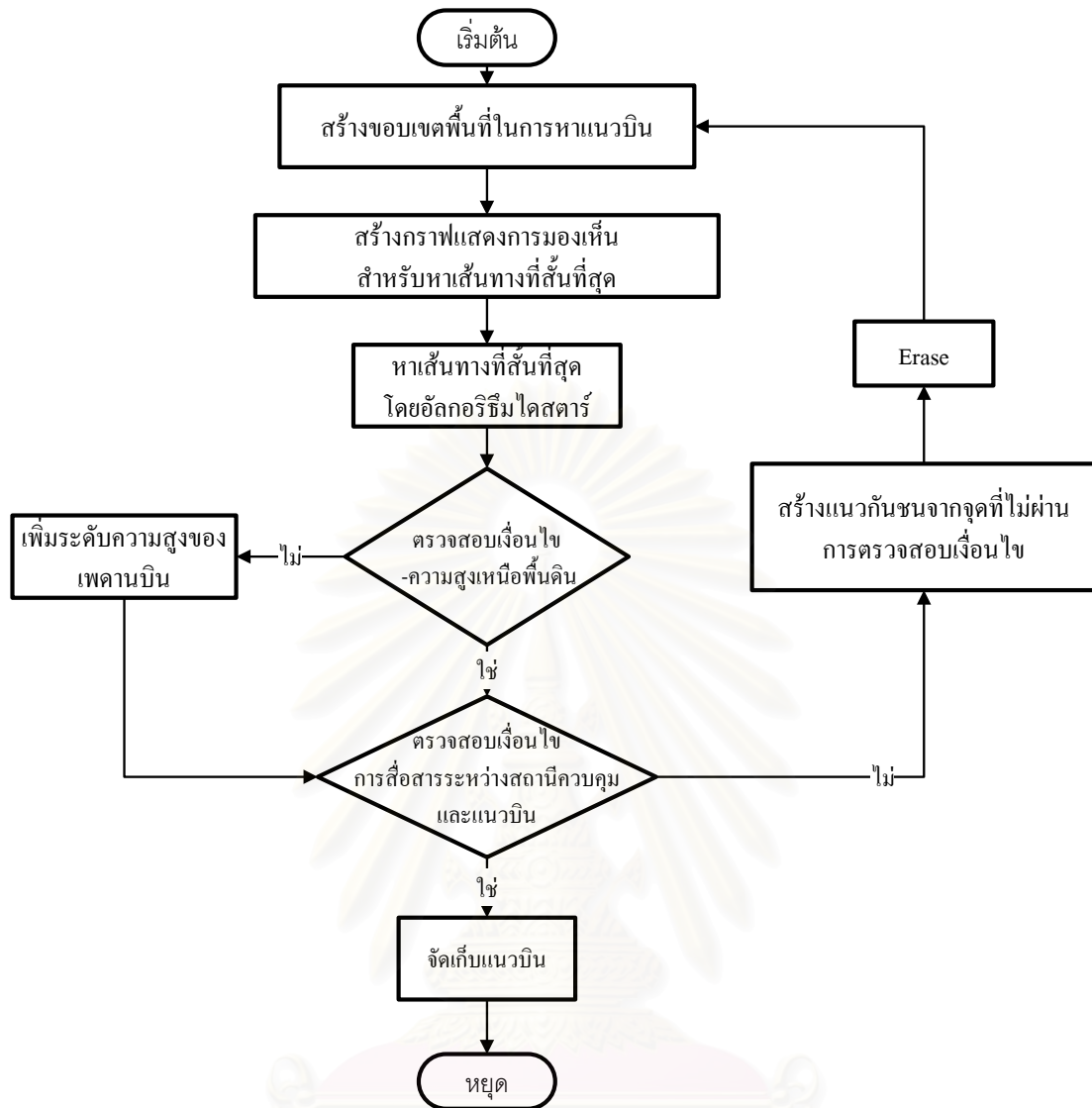
ตารางที่ 3.2 แสดงผลการตรวจสอบจุดตรวจสอบแนวมิน

เมื่อตรวจสอบเงื่อนไขจนครบ แล้วพื้นที่ “NoGoZone2” ที่ได้จะถูกนำมาพร้อมกับพื้นที่ห้ามเข้า “Restricted Area” และพื้นที่ “NoGoZone1” แล้วจึงวนซ้ำในขั้นตอนการสร้าง “FlyableZone” ใหม่ ทำให้ได้พื้นที่รูปปิด “FlyableZone” ที่ไม่มีพื้นที่ห้ามเข้า “RestrictedArea” พื้นที่ “NoGoZone1” และ พื้นที่ “NoGoZone2” แล้วทำการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในขั้นตอนสร้างกราฟแสดงการมองเห็นและหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยอัลกอริทึมไดคอสตาร์ อีกครั้ง จากนั้นนำเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ได้มาตรวจสอบแนวมินที่ได้ โปรแกรมจะทำซ้ำขั้นตอนที่ 3.3.3 ถึงขั้นตอนที่ 3.3.7 ไปจนกว่าจุดตรวจสอบที่สร้างขึ้นบนแนวมินจะผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขทุกจุด ดังรูป 3.23



รูปที่ 3.23 แสดงแนวบินที่สร้างขึ้นใหม่จากการวนซ้ำ

ขั้นตอนการสร้างแนวบินสามารถสรุปได้ดังแผนผังในรูปที่ 3.24 ดังนี้ โปรแกรมประยุกต์จะเริ่มสร้างขอบเขตพื้นที่ซึ่งไม่มีพื้นที่ห้ามเข้า หรือบริเวณที่มีความสูงของภูมิประเทศเกินขีดจำกัดเพดานบินเพื่อเป็นขอบเขตในการสร้างกราฟแสดงการมองเห็น แล้วหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยใช้ อัลกอริทึมไดสตาร์ จากนั้นนำเส้นทางที่ได้มาตรวจสอบเงื่อนไขด้านความปลอดภัย หากเส้นทางดังกล่าวผ่านการตรวจสอบเงื่อนไข โปรแกรมประยุกต์จะทำการจัดเก็บเส้นทาง แต่หากมีตำแหน่งใดบนเส้นทางที่ไม่ผ่านการตรวจสอบ โปรแกรมจะทำการสร้างแนวกันชนรอบพื้นที่ดังกล่าวเพื่อนำไปลบออกจากพื้นที่ที่จะนำไปสร้างกราฟแสดงการมองเห็นใหม่แล้วทำการหาเส้นทางใหม่จนกระทั่งได้เส้นทางที่ผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขทั้งหมด



รูปที่ 3.24 แผนผังแสดงขั้นตอนการสร้างแนวบิน

บทที่ 4









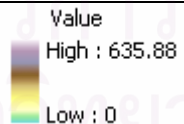
ผลการทดสอบโปรแกรมประยุกต์

การทำงานของโปรแกรมประยุกต์ทางด้าน GIS เพื่อวางแผนแนวมินของอากาศยานไร้คนบินในการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศประกอบด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่ ส่วนของวันและเวลาที่เหมาะสม ส่วนของตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนบิน และส่วนของแนวมิน

การทดสอบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ จะทดสอบการทำงานของโปรแกรมแต่ละส่วน แล้วจึงทดสอบการทำงานทั้ง 3 ส่วนต่อเนื่องกัน

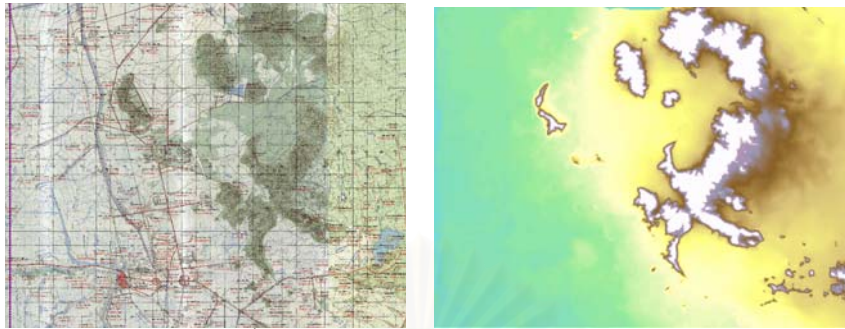
4.1 แนวคิดในการทดสอบ

การแสดงผลเชิงพื้นที่ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมประยุกต์ ได้แก่ตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสม เส้นทางบิน แบบจำลองความสูง หรือข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้องจะแสดงในรูปแบบ 2 มิติ โดยมีสัญลักษณ์ที่ปรากฏในรูปภาพและแผนที่แสดงในบทนี้ดังตารางที่ 4.1

สัญลักษณ์	2มิติ
สนามบิน	
เป้าหมาย	
สถานีควบคุม	
พื้นที่ห้ามเข้า	
พื้นที่ NoGoZone1	
ตำแหน่ง UAV ที่ไม่ผ่านเงื่อนไข	
ตำแหน่ง UAV ที่ผ่านเงื่อนไข	
ตำแหน่ง Waypoints ของแนวมิน	
แบบจำลองความสูง	

ตารางที่ 4.1 แสดงสัญลักษณ์ที่ปรากฏในบทที่ 4

ข้อมูลของพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4.1 แสดงพื้นที่ศึกษาที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมประยุกต์

ในการทดสอบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ จะมีการทดสอบภารกิจการถ่ายภาพทางอากาศภายในพื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่ศูนย์กลางของพลทหารปืนใหญ่ จังหวัดลพบุรี ขนาดพื้นที่ กว้าง 28 กม. X ยาว 24 กม. ดังรูปที่ 4.1 ภายในพื้นที่มีสนามบินอยู่ที่ตำแหน่งพิกัด E: 678679 และ N: 1645471 ดังรูปที่ 4.2 ข้อมูลภูมิประเทศที่ใช้ในการทดสอบเป็นแบบจำลองความสูงที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในโครงการวิจัยและพัฒนาอากาศยานไร้คนบิน เป็นบริเวณที่มีทั้งพื้นที่ภูเขาและที่ราบ โดยมีจุดที่สูงที่สุดเท่ากับ 635.88 เมตร แบบจำลองความสูงที่นำมาใช้มีรายละเอียด 6 เมตร ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมประยุกต์มีความถูกต้องสูงกว่าการใช้แบบจำลองความสูงที่มีรายละเอียดต่ำ



รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งสนามบินในพื้นที่ศึกษาที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมประยุกต์
พารามิเตอร์ในการทดสอบ

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์โดยการจำลองพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องใช้ ดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 แสดงพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการทดสอบ โปรแกรมประยุกต์ พารามิเตอร์ที่จำเป็นในการทดสอบมีดังนี้

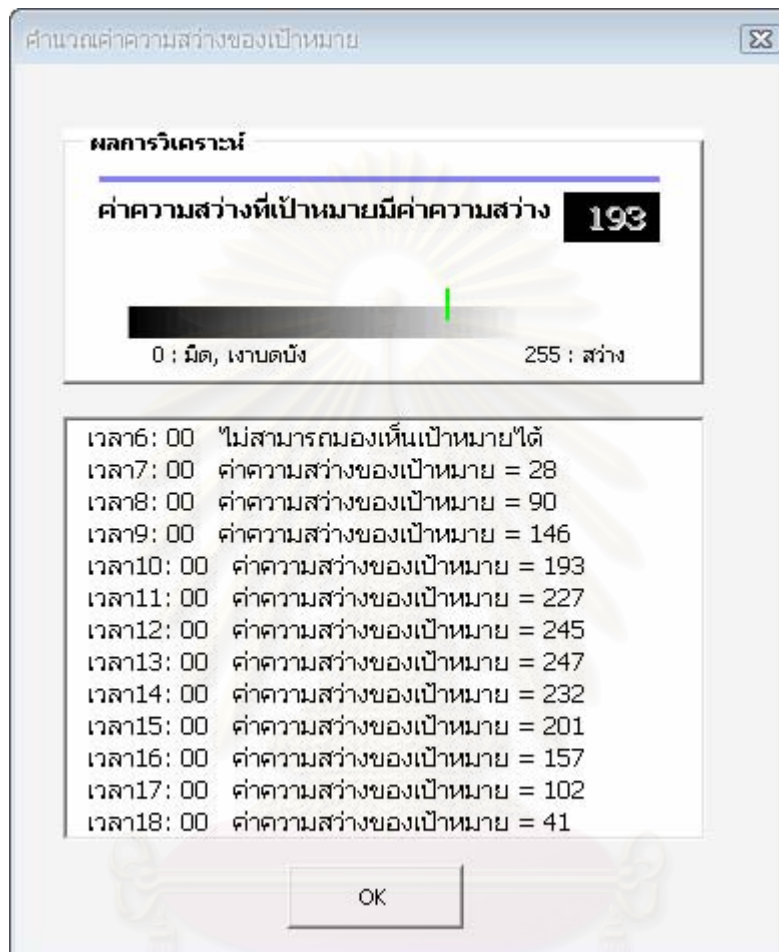
1. ตำแหน่งสนามบิน
2. ตำแหน่งเป้าหมาย
3. ตำแหน่งสถานีควบคุม (ในกรณีที่อากาศยานไร้คนขับต้องเดินทางเกินพิสัยของสถานีควบคุมตำแหน่งแรก ซึ่งอยู่บริเวณสนามบิน)
4. พิสัยของอากาศยานไร้คนขับ
5. อัตราเร็วของอากาศยานไร้คนขับ
6. เพดานบินปฏิบัติการ
7. เพดานบินสูงสุดอากาศยานไร้คนขับ
8. มุมกล้อง
9. แบบจำลองความสูง
10. พื้นที่ห้ามเข้า
11. วันและเวลา

ในการทดสอบโปรแกรม ผู้วิจัยจะทำการแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

- 1) ส่วนของการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนขับ
- 2) ส่วนของการสร้างแนวบิน
- 3) ส่วนของวันและเวลาที่เหมาะสม
- 4) ทดสอบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ทั้งระบบ

4.2 ทดสอบการทำงานในส่วนของวันและเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติภารกิจ

ผู้วิจัยได้กำหนดวันที่ในการทดสอบค่าความสว่างเป้าหมาย คือ วันที่ 25 มีนาคม 2551 เวลา 10:00 น. เพื่อให้โปรแกรมประยุกต์หาค่าความสว่างเป้าหมายที่ค่า พิกัด E: 682564 N: 1652800



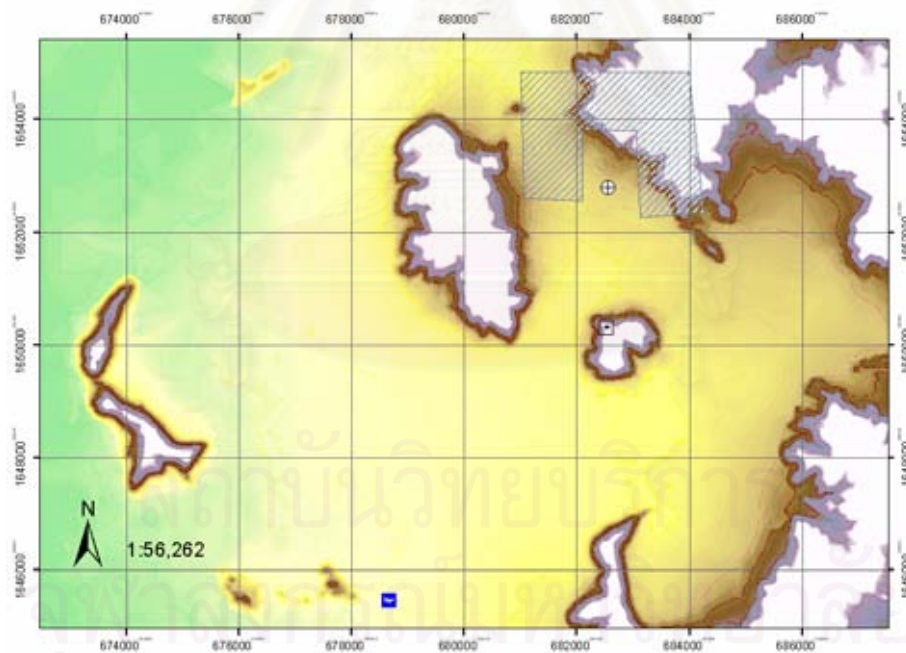
รูปที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบค่าความสว่างของเป้าหมาย

ผลการทดสอบการหาค่าความสว่างของเป้าหมาย ดังรูปที่ 4.4 พบว่าค่าความสว่างที่คำนวณได้ในช่วงเวลาที่ผู้วางแผนกำหนดไว้ตอนแรก คือ 10.00 น. ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความสว่างที่เหมาะสม คือ 64-191 จึงมีการคำนวณค่าความสว่างใหม่ทุก 1 ชั่วโมง ตั้งแต่ 6:00 น.-18.00 น. เมื่อพิจารณาค่าความสว่างในแต่ละชั่วโมง พบว่า มีช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพ คือ ช่วง 8.00-9.00 น. และ 16.00 -17.00 น.

4.3 ทดสอบการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนบิน

ในการทดสอบการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนบิน จะทำการทดสอบในหัวข้อต่างๆ โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบดังรูปที่ 4.5 ในพื้นที่ดังรูปที่ 4.6

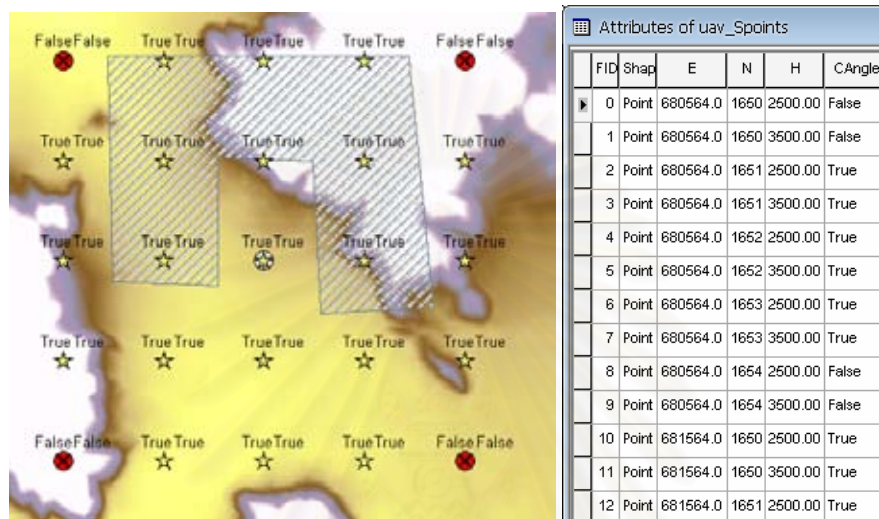
รูปที่ 4.5 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบหาตำแหน่งที่เหมาะสมของUAV สำหรับถ่ายภาพ



รูปที่ 4.6 แสดงพื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบหาตำแหน่งที่เหมาะสมของUAV สำหรับถ่ายภาพ

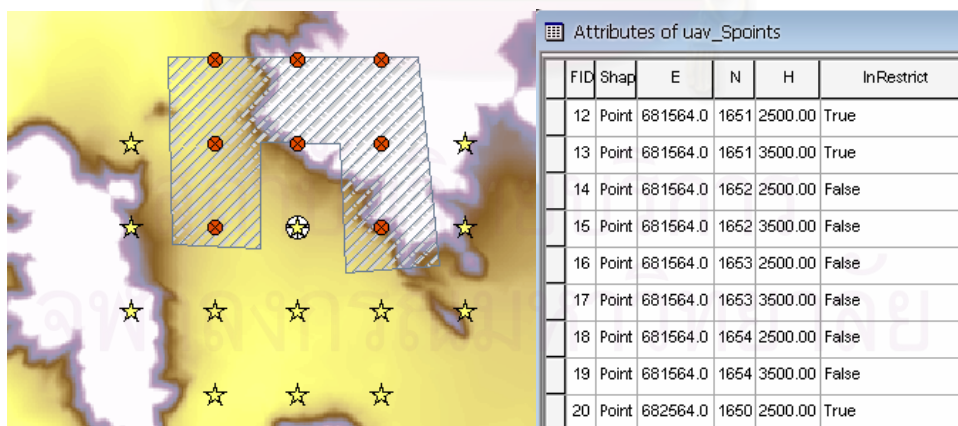
เมื่อทำการสร้างจุดตัวอย่างตามเงื่อนไขที่ผู้วางแผนกำหนด พบว่ามีจำนวนจุดตัวอย่างอยู่เหนือตำแหน่งเป้าหมาย ซึ่งมีระยะห่างกัน 1,000 เมตร จำนวน 50 ตำแหน่ง จากนั้นจะทำการคัดเลือกเฉพาะตำแหน่งจุดตัวอย่างที่อยู่ในปริมาตรกรวยมาทำการทดสอบเงื่อนไขอื่นๆ จนครบทุกเงื่อนไข

1) ทดสอบเงื่อนไขมุมกลิ้ง ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.7 พบว่าเหลือตำแหน่งที่อยู่ในปริมาตรกรวยซึ่งจะนำมาทดสอบ 42 ตำแหน่ง โดยโปรแกรมจะลบตำแหน่งที่ไม่อยู่ภายในเงื่อนไขมุมกลิ้งออกไป 8 ตำแหน่ง จากนั้นนำจุดตัวอย่างทั้ง 42 ตำแหน่งมาทดสอบเงื่อนไขที่เหลือทั้งหมด



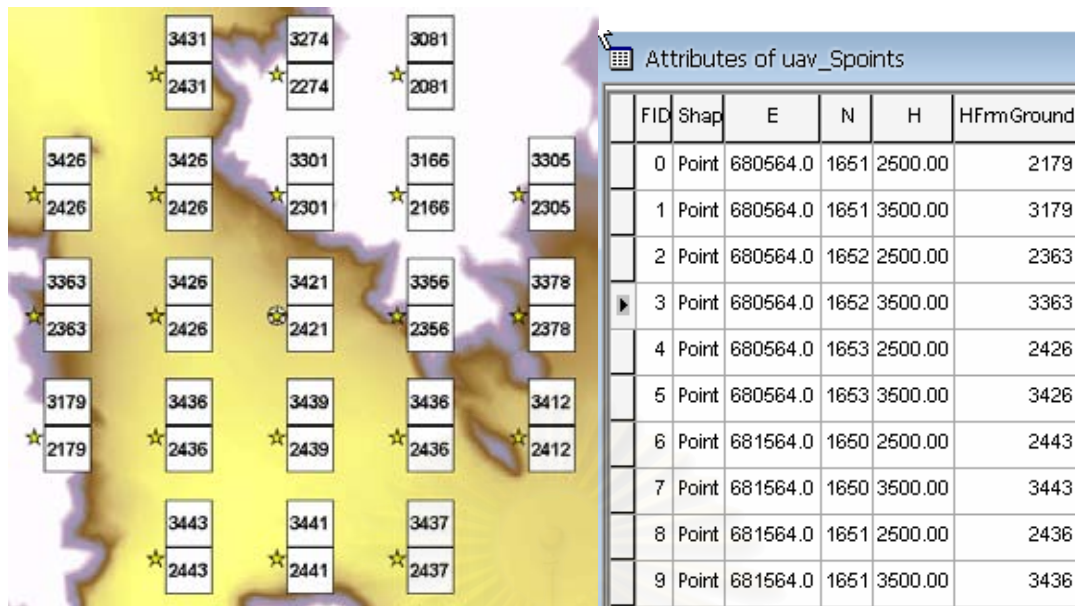
รูปที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบเงื่อนไขมุมกลิ้ง

2) ทดสอบเงื่อนไขพื้นที่ห้ามเข้า ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.8 พบว่ามีตำแหน่งที่ผ่านเงื่อนไขพื้นที่ห้ามเข้า จำนวน 26 ตำแหน่ง มีตำแหน่งที่ไม่ผ่านเงื่อนไข จำนวน 16 ตำแหน่ง



รูปที่ 4.8 แสดงผลการทดสอบเงื่อนไขพื้นที่ห้ามเข้า

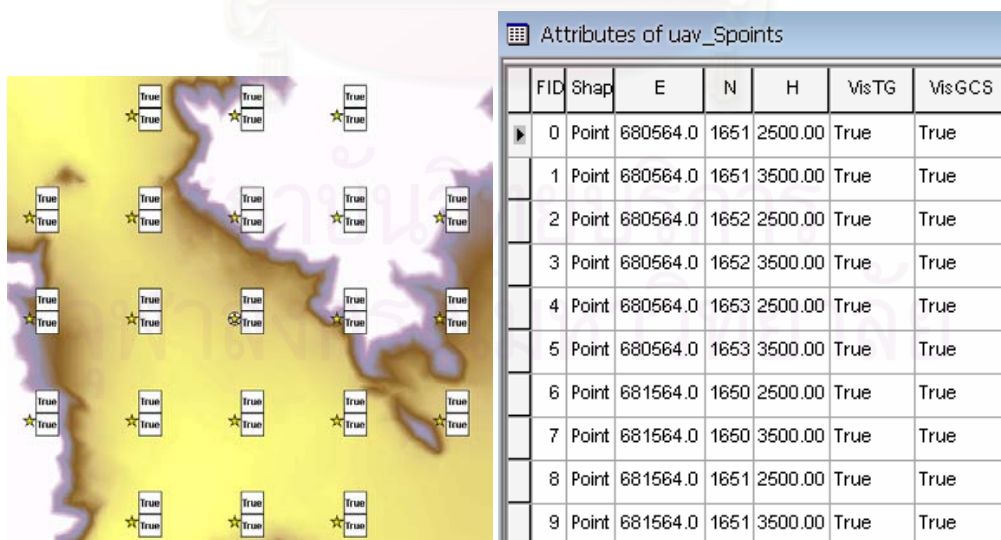
3) ความสูงเหนือพื้นดินไม่ต่ำกว่าค่าความสูงเหนือที่กำหนด ซึ่งในการทดสอบได้กำหนดไว้ที่ 2000 เมตร ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.9 พบว่ามีตำแหน่งที่ผ่านเงื่อนไขความสูงเหนือพื้นดิน 42 ตำแหน่ง



รูปที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบเงื่อนไขความสูงเหนือพื้นดิน

4) ทดสอบแนวการมองเห็น ผลการทดสอบแนวการมองเห็นระหว่างเป้าหมายกับอากาศยานไร้คนบิน และแนวการมองเห็นระหว่างอากาศยานไร้คนบินกับสถานีควบคุม ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.10 พบว่า

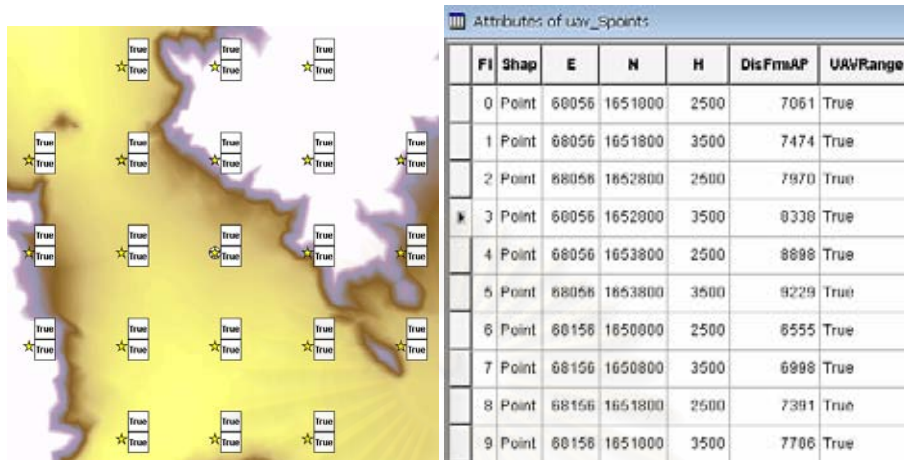
- แนวการมองเห็นระหว่างเป้าหมายกับอากาศยานไร้คนบิน ผลการทดสอบพบว่า มีตำแหน่งที่ผ่านเงื่อนไขแนวการมองเห็น 42 ตำแหน่ง
- แนวการมองเห็นระหว่างอากาศยานไร้คนบินกับสถานีควบคุมภาคพื้นดิน มีตำแหน่งที่ผ่านเงื่อนไขแนวการมองเห็น 42 ตำแหน่ง



รูปที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบเงื่อนไขแนวการมองเห็น

5) ทดสอบพิสัยอากาศยานไร้คนบิน ซึ่งในการทดสอบได้กำหนดไว้ที่ 20,000 เมตร ผลการทดสอบดังรูป 4.11 พบว่า

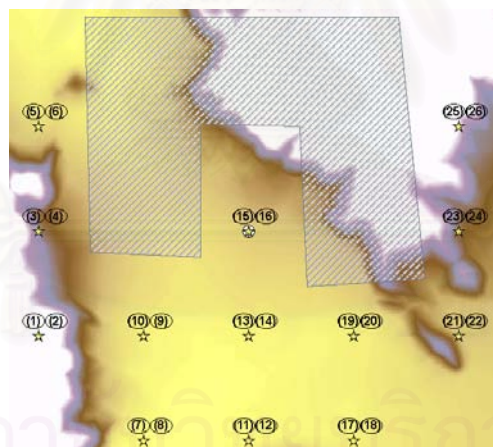
มีตำแหน่งที่ผ่านเงื่อนไขพิสัยอากาศยานไร้คนบิน 42 ตำแหน่ง



รูปที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบเงื่อนไขพิสัยอากาศยานไร้คนบิน

6) ทดสอบทุกเงื่อนไข ผลการทดสอบตำแหน่งจุดตัวอย่างทุกเงื่อนไขเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนบิน ดังรูปที่ 4.12 พบว่า

มีตำแหน่งที่ผ่านเงื่อนไขทั้งหมด 26 ตำแหน่ง



	Fl	Shap	E	N	H	Remark	UAVRange	HFmGroun	InRestri	CAngle	VisTG	VisGCS	Results
0	Point	68056	1651800	2500	(1)	True		2179	True	True	True	True	YES
1	Point	68056	1651800	3500	(2)	True		3179	True	True	True	True	YES
2	Point	68056	1652800	2500	(3)	True		2363	True	True	True	True	YES
3	Point	68056	1652800	3500	(4)	True		3363	True	True	True	True	YES
4	Point	68056	1653800	2500	(5)	True		2426	True	True	True	True	YES
5	Point	68056	1653800	3500	(6)	True		3426	True	True	True	True	YES
6	Point	68156	1650800	2500	(7)	True		2443	True	True	True	True	YES
7	Point	68156	1650800	3500	(8)	True		3443	True	True	True	True	YES
8	Point	68156	1651800	2500	(9)	True		2436	True	True	True	True	YES

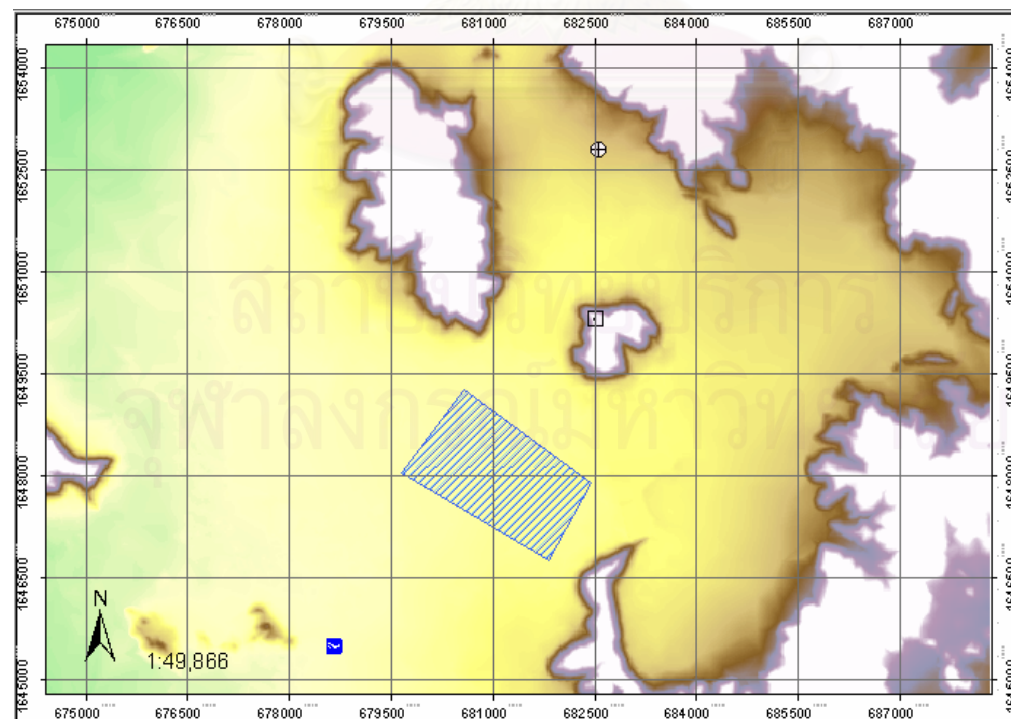
รูปที่ 4.12 แสดงตำแหน่งที่ผ่านเงื่อนไขทั้งหมด

4.4 ทดสอบการสร้างและตรวจสอบแนวบิน

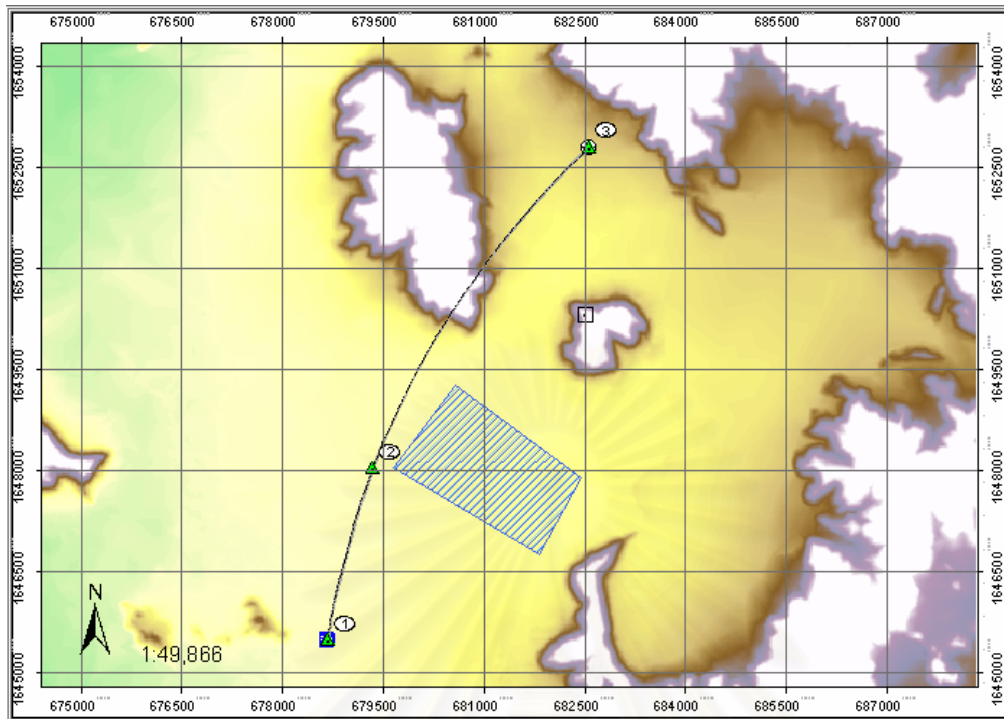
ในการทดสอบการสร้างและตรวจสอบแนวบิน จะทำการทดสอบในสองกรณี ได้แก่ กรณีที่มีพื้นที่ห้ามเข้าแตกต่างกัน และกรณีที่เพดานบินสูงสุดของอากาศยานไร้คนบังคับต่ำกว่าความสูงของภูมิประเทศที่แนวบินผ่าน

1) กรณีที่มีพื้นที่ห้ามเข้าแตกต่างกัน มีพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบดังรูปที่ 4.13 แต่จะมีรูปแบบพื้นที่ห้ามเข้าที่แตกต่างกันไป

รูปที่ 4.13 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบทดสอบการสร้างและตรวจสอบแนวบินพื้นที่ห้ามเข้า แบบที่ 1



รูปที่ 4.14 แสดงพื้นที่ห้ามเข้า แบบที่ 1



รูปที่ 4.15 แสดงแนวบินที่หลบหลีกพื้นที่ห้ามเข้าแบบที่ 1

ผลการตรวจสอบแนวบิน

ตำแหน่งค่าพิกัด Waypoints

ตำแหน่งที่ 1 X: 678679 Y: 1645471 (ตำแหน่งสนามบิน)

เวลาที่เริ่มปฏิบัติการกิจ 09 : 56 น.

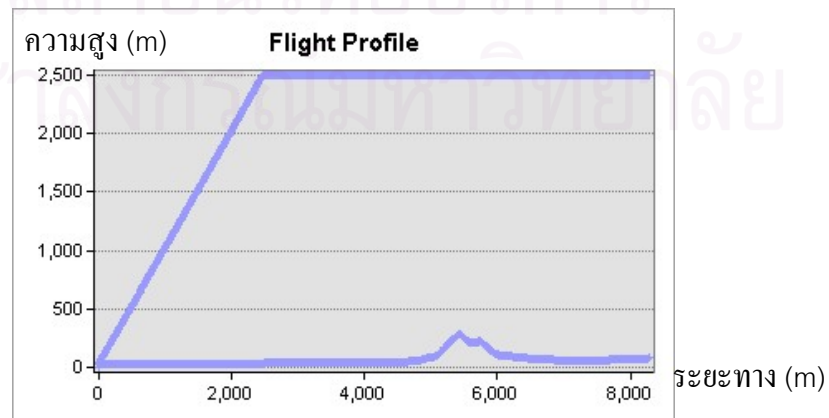
ตำแหน่งที่ 2 X: 679356 Y: 1648024 ระยะทางจากสนามบิน = 2642 m.

ความสูงบิน = 2200 m. เวลาที่ไปถึง 09 : 57 น.

ตำแหน่งที่ 3 X: 682564 Y: 1652800 ระยะทางจากสนามบิน = 8394 m.

ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 10 : 00 น.

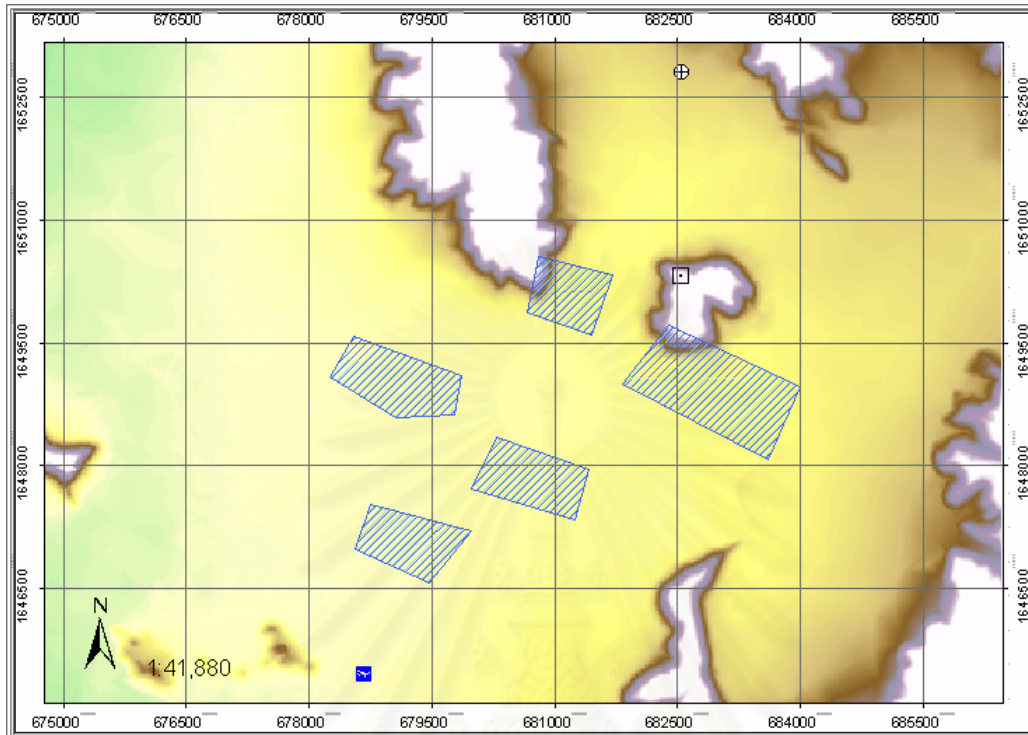
ภาพตัดขวางแนวบิน



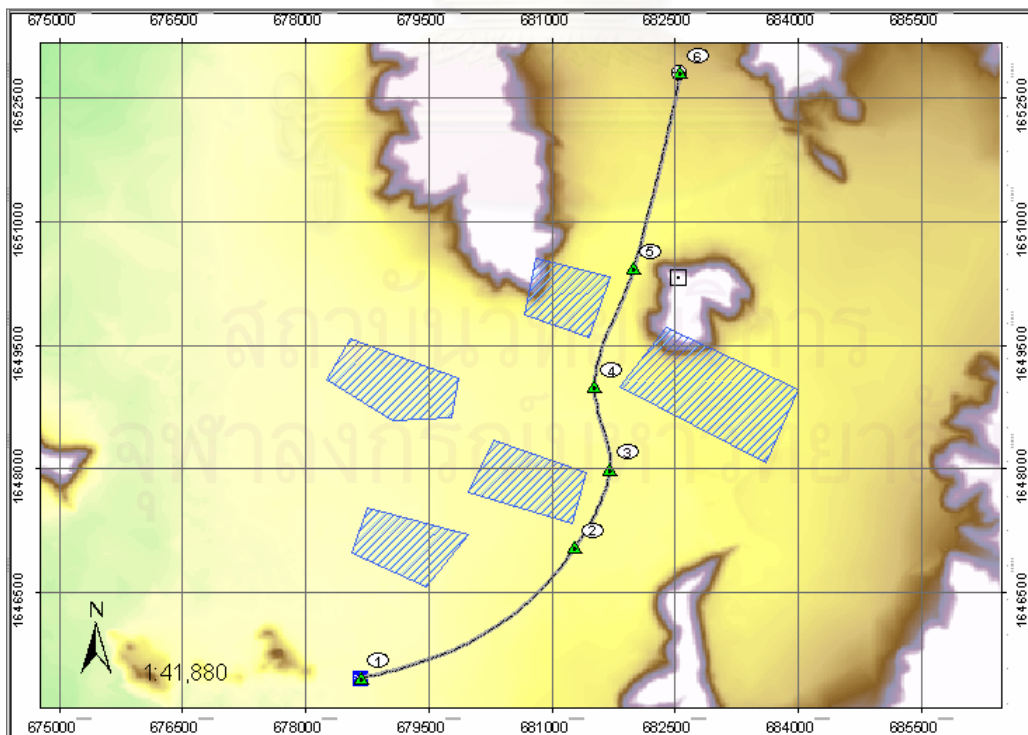
รูปที่ 4.16 แสดงภาพตัดขวางแนวบินที่หลบหลีกพื้นที่ห้ามเข้าแบบที่ 1

ระยะทางรวมของแนวมิน = 8,394 เมตร ผลการทดสอบพบว่าไม่เกินพิสัยของอากาศยานไร้คนบิน

พื้นที่ห้ามเข้า แบบที่ 2



รูปที่ 4.17 แสดงพื้นที่ห้ามเข้า แบบที่ 2



รูปที่ 4.18 แสดงแนวมินที่หลบหลีกพื้นที่ห้ามเข้าแบบที่ 2

ตำแหน่งค่าพิกัด Waypoints

ตำแหน่งที่ 1 X: 678679 Y: 1645471 (ตำแหน่งสนามบิน)

เวลาที่เริ่มปฏิบัติการกิจ 9 : 56 น.

ตำแหน่งที่ 2 X: 681283 Y: 1647052 ระยะทางจากสนามบิน = 3,047 m.

ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 9 : 57 น.

ตำแหน่งที่ 3 X: 681706 Y: 1647993 ระยะทางจากสนามบิน = 4,079 m.

ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 9 : 58 น.

ตำแหน่งที่ 4 X: 681517 Y: 1648995 ระยะทางจากสนามบิน = 5,098 m.

ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 9 : 58 น.

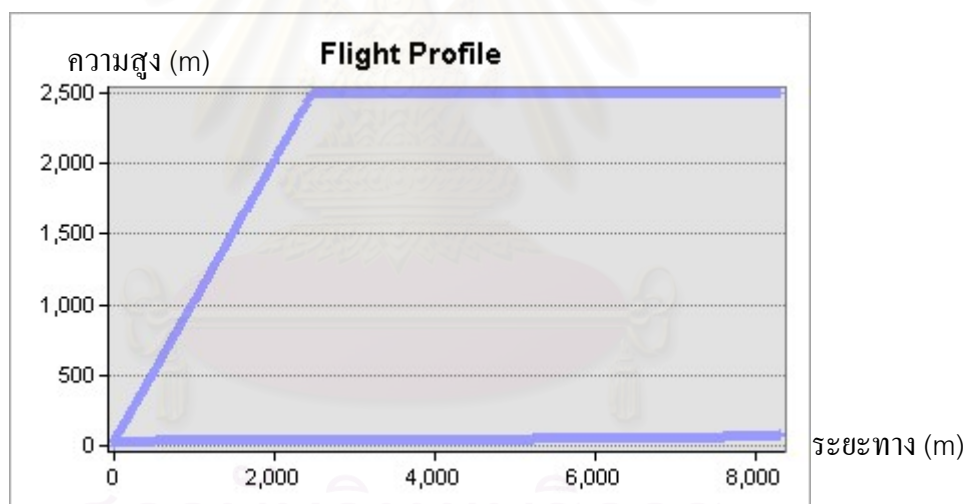
ตำแหน่งที่ 5 X: 681992 Y: 1650435 ระยะทางจากสนามบิน = 6,615 m.

ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 9 : 59 น.

ตำแหน่งที่ 6 X: 682564 Y: 1652800 ระยะทางจากสนามบิน = 9,047 m.

ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 10 : 00 น.

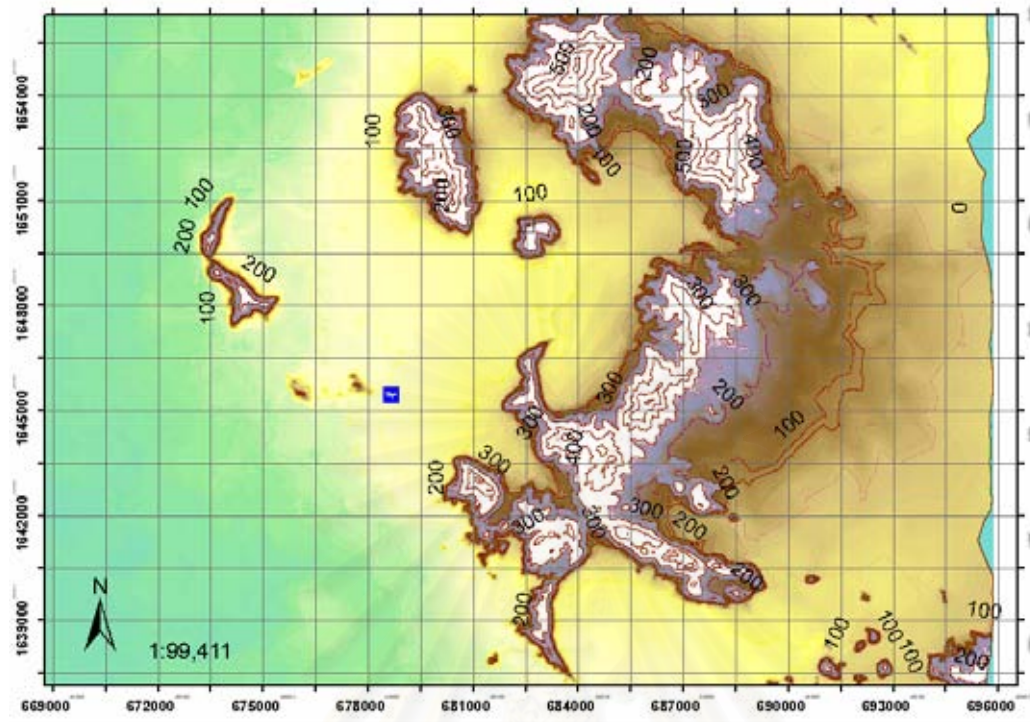
ภาพตัดขวางแนวนบิน



รูปที่ 4.19 แสดงภาพตัดขวางแนวนบินที่หลบหลีกพื้นที่ห้ามเข้าแบบที่ 2

ระยะทางรวมของแนวนบิน = 9,047 เมตร ผลการทดสอบพบว่าไม่เกินพิสัยของอากาศยานไร้คนบังคับ

2) กรณีที่เพดานบินสูงสุดของอากาศยานไร้คนบังคับต่ำกว่าความสูงของภูมิประเทศที่แนวมินผ่าน



รูปที่ 4.20 แสดงเส้นชั้นความสูงของพื้นที่ทดสอบ

เนื่องจากแบบจำลองความสูง ที่นำมาทดสอบมีความสูงที่สุด เท่ากับ 635 เมตร ดังนั้นจึงทำการทดสอบแนวมินที่เพดานบินมากกว่า และน้อยกว่าความสูงของภูมิประเทศ และกำหนดค่าความสูงเหนือพื้นดินต่ำสุดให้เท่ากับ 300 เมตร เพื่อความเหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา ดังรูปที่ 4.20 และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบดังรูปที่ 4.21

Parameter

PARAMETER TEST_500

DEM dem_lbr.img

Restricted Area [None]

Time and Date 25 มีนาคม 2551

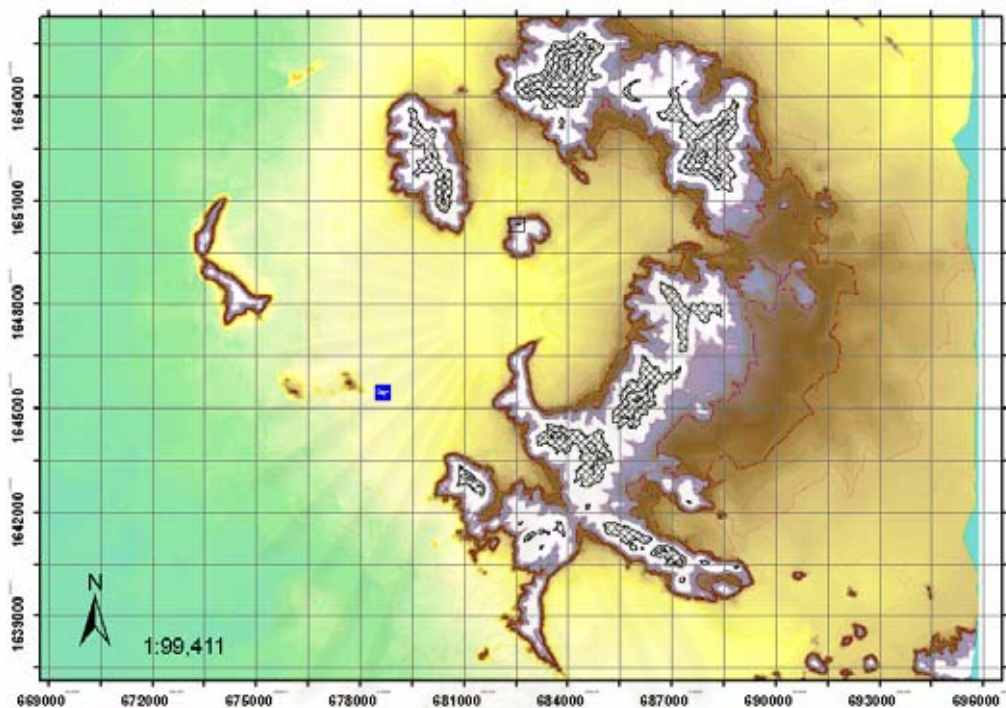
Time 10:00:00

SAVE

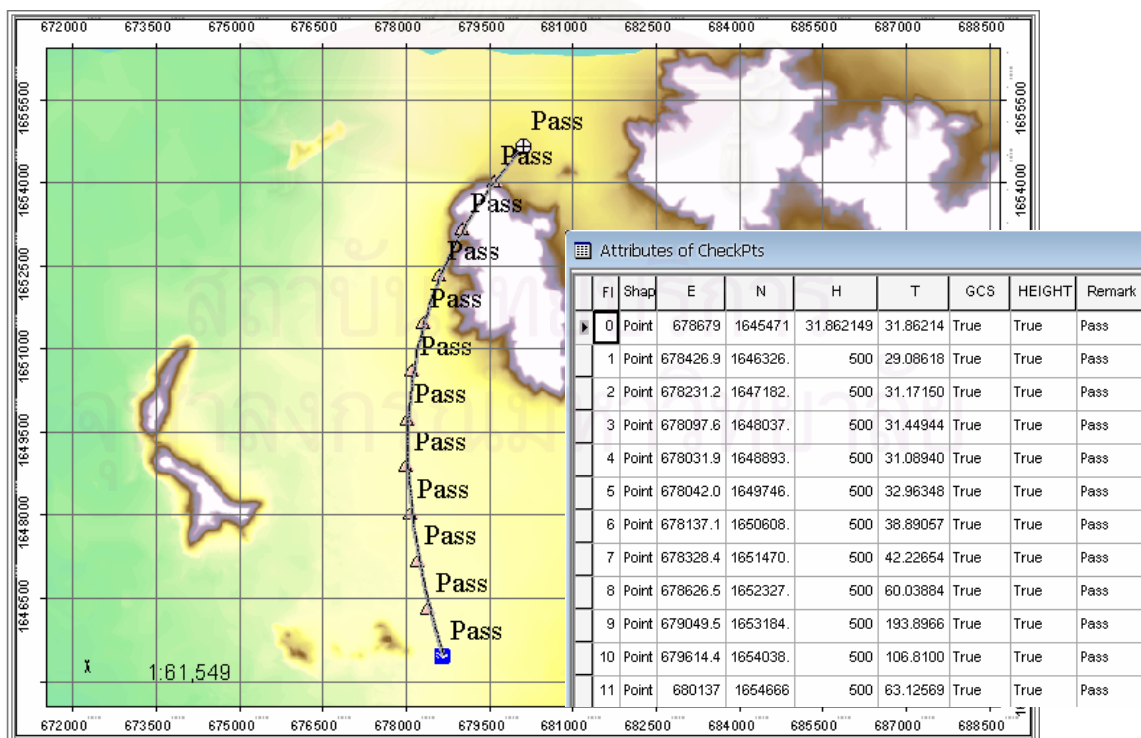
สนามบิน E : 678679 N : 1645471
 เป้าหมาย E : 680137 N : 1654666
 สถานีควบคุม E : 681328 N : 1650498
 คุณสมบัติของอากาศยานไร้คนบังคับ
 พิสัย UAV (m) 20000
 อัตราเร็ว (Knots) 70
 เพดานบิน (m) 500
 เพดานบินสูงสุด (m) 500
 คุณสมบัติของกล่อง
 ชัตจำกัดของมุมกล่อง 45

รูปที่ 4.21 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบการสร้างและตรวจสอบแนวมิน

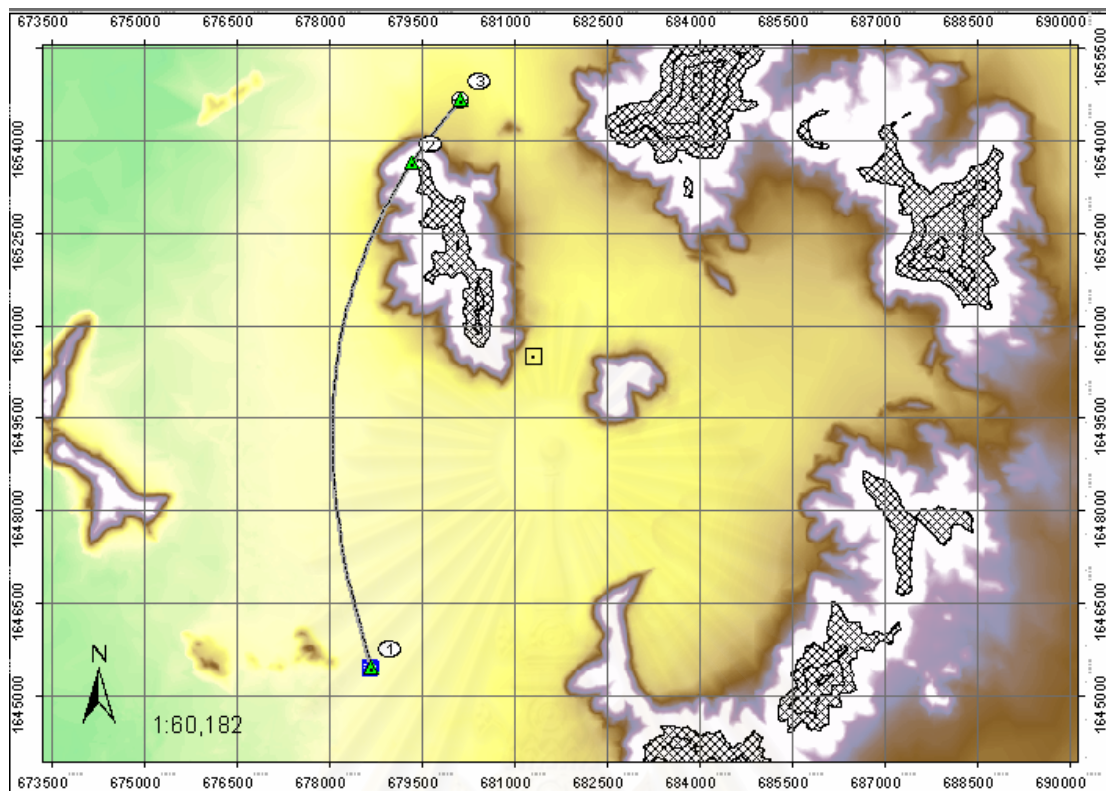
โปรแกรมประยุกต์ จะทำการสร้างชั้นข้อมูล “NoGoZone1” เนื่องจากมีพื้นที่บางส่วนที่มีความสูงภูมิประเทศสูงเกินเพดานบินสูงสุดของอากาศยานไร้คนบิน จึงส่งผลให้อากาศยานไร้คนบินไม่สามารถรักษาค่าความสูงเหนือพื้นดินให้เกินจากค่าความสูงที่ปลอดภัยที่กำหนดไว้ได้ ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 แสดงพื้นที่ “NoGoZone1” ของพื้นที่ทดสอบ



รูปที่ 4.23 แสดงจุดตรวจสอบแนวบินที่ผ่านเงื่อนไขด้านความปลอดภัย



รูปที่ 4.24 แสดงแนวบินที่ได้จากการหลบหลีกพื้นที่ “NoGoZone1”

ตำแหน่งค่าพิกัด Waypoints

ตำแหน่งที่ 1 X: 678679 Y: 1645471 (ตำแหน่งสนามบิน)

เวลาที่เริ่มปฏิบัติการกิจ 9 : 56 น.

ตำแหน่งที่ 2 X: 679329 Y: 1653637 ระยะทางจากสนามบิน = 8,192 m.

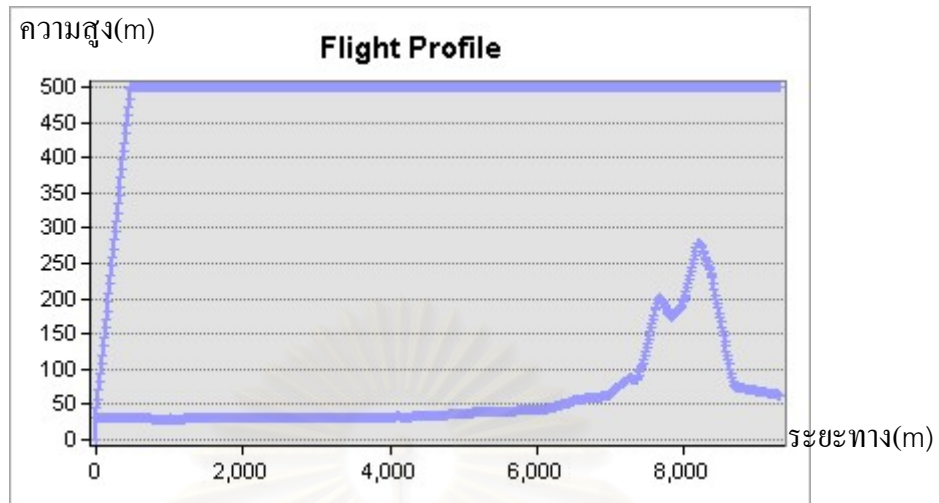
ความสูงบิน = 500 m. เวลาที่ไปถึง 9 : 59 น.

ตำแหน่งที่ 3 X: 680137 Y: 1654666 ระยะทางจากสนามบิน = 9,499 m.

ความสูงบิน = 500 m. เวลาที่ไปถึง 10 : 00 น.

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพตัดขวางแนวนบิน



รูปที่ 4.25 แสดงภาพตัดขวางแนวนบิน

ระยะทางรวมของแนวนบิน = 9,499 เมตร ผลการทดสอบพบว่าไม่เกินพิสัยของอากาศยานไร้คนบังคับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์

ผู้วิจัยจะทำการทดสอบ โปรแกรมประยุกต์ทั้งระบบ เริ่มต้นจากการเข้าโปรแกรมแล้วทำการกำหนดพารามิเตอร์เบื้องต้น ในการปฏิบัติการกิจบันทึกภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อให้โปรแกรมประยุกต์คำนวณผลลัพธ์ได้แก่ ตำแหน่งอากาศยาน ไร่นักบิน แนวบิน และวันเวลาที่เหมาะสม

กรณีทดสอบ : มีพื้นที่ห้ามเข้ากีดขวางระหว่างเป้าหมายและสนามบิน

ผู้วางแผนกำหนดพารามิเตอร์และเงื่อนไขดังนี้

รายการ		E	N
สนามบิน		678679	1645471
เป้าหมาย		681778	1653435
สถานีควบคุม	พิสัย = 20000 เมตร	681826	1646775

ตารางแสดงคุณสมบัติของเครื่องบิน	
พิสัยเครื่องบิน (m)	20000
มุมกล้อง (องศา)	45
ความเร็ว (Knot)	50
เพดานบินสูงสุด(เมตร)	3500
ระดับความสูงบิน(เมตร)	2500

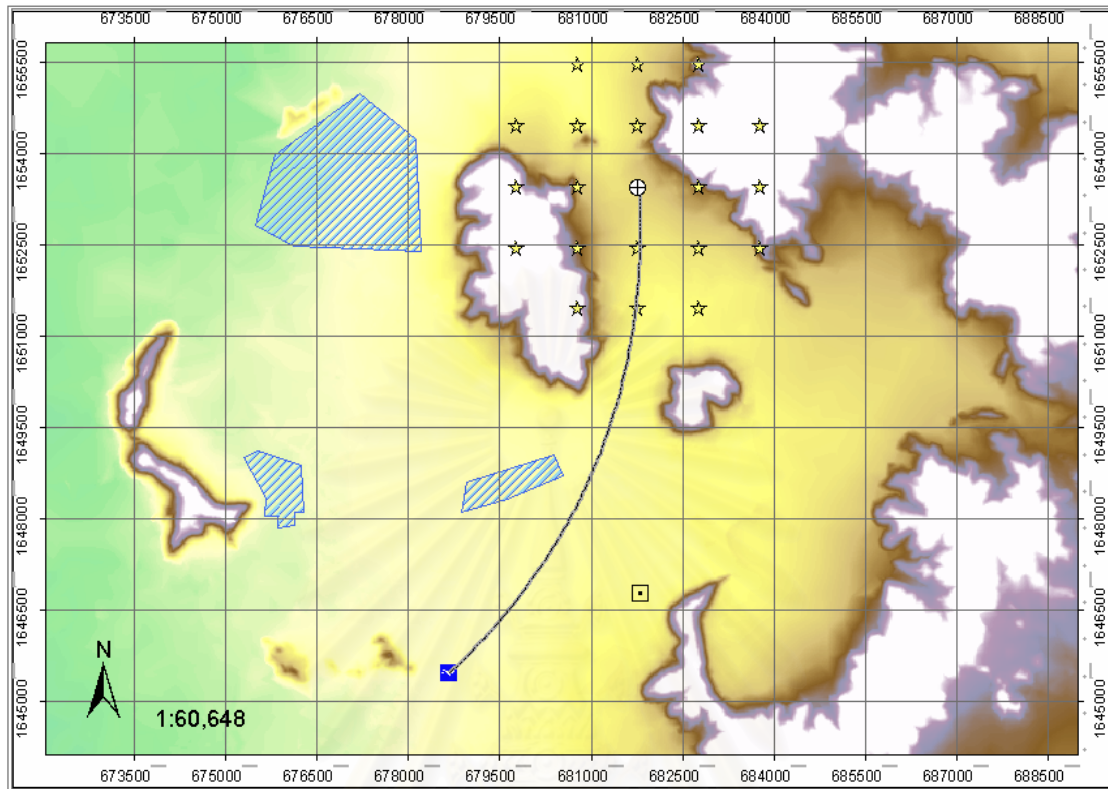
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ผู้วางแผนกำหนด

เงื่อนไขในการเลือกตำแหน่งที่เหมาะสม : เหนือตำแหน่งเป้าหมาย

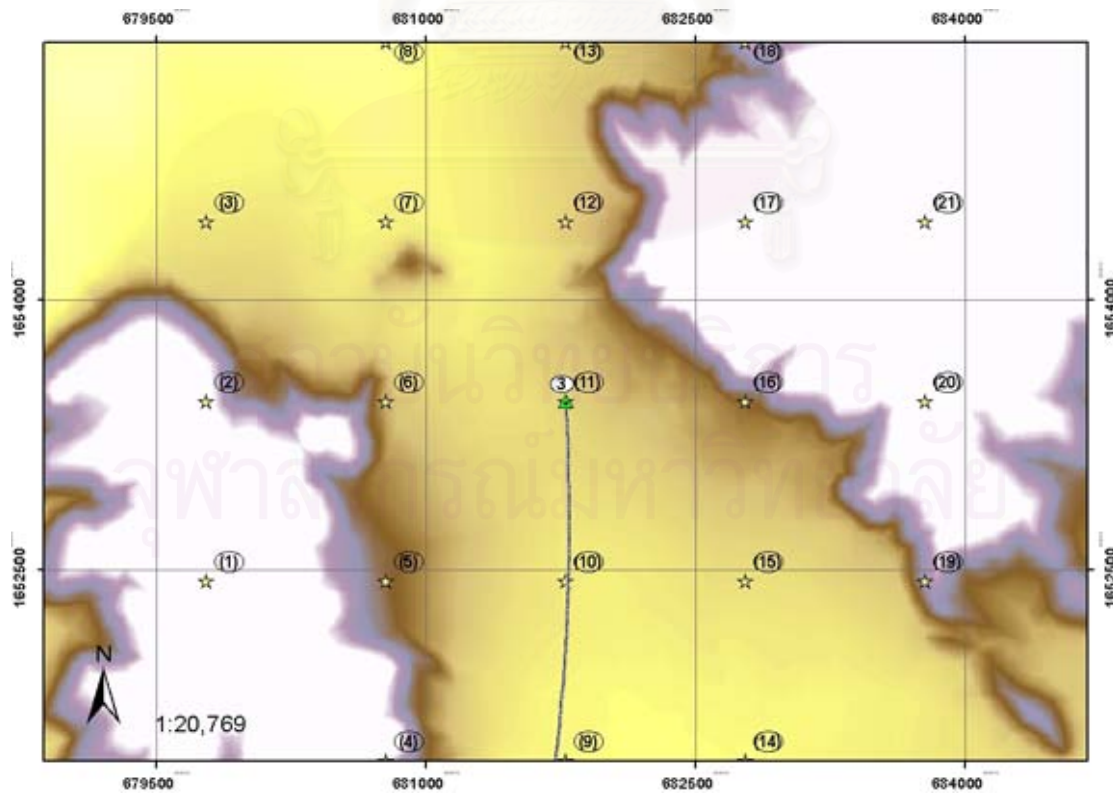
ระยะห่างในการสร้างจุดตัวอย่าง : 1000 m

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ของโปรแกรมประยุกต์มีดังนี้



แผนที่ที่ 1 แสดงตำแหน่งสนามบิน ตำแหน่งถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนบิน และแนวบิน



รูปที่ 4.26 แสดงตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสม

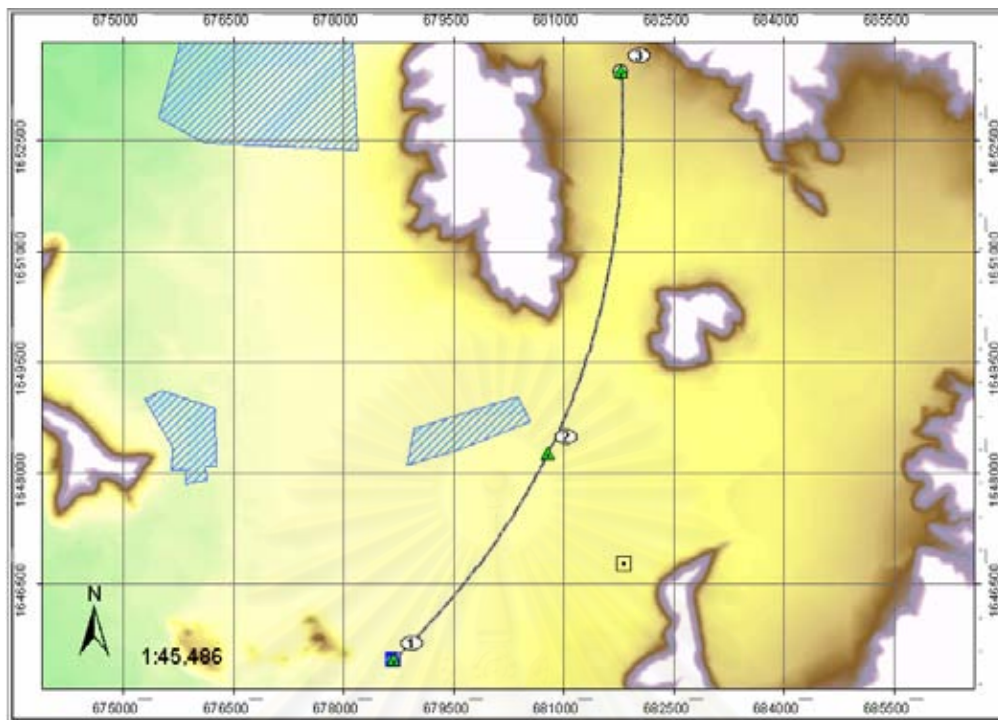
- 1) ค่าความสว่างของเป้าหมาย = 107 ในวันที่ 31 มกราคม 2551 เวลา 9 : 00 น.
 2) ตำแหน่งที่เหมาะสมทั้งหมดในการถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนบิน

ID	ค่าพิกัด E(m)	ค่าพิกัด N(m)	ความสูง
1	679778	1652435	2500
2	679778	1653435	2500
3	679778	1654435	2500
4	680778	1651435	2500
5	680778	1652435	2500
6	680778	1653435	2500
7	680778	1654435	2500
8	680778	1655435	2500
9	681778	1651435	2500
10	681778	1652435	2500
11	681778	1653435	2500
12	681778	1654435	2500
13	681778	1655435	2500
14	682778	1651435	2500
15	682778	1652435	2500
16	682778	1653435	2500
17	682778	1654435	2500
18	682778	1655435	2500
19	683778	1652435	2500
20	683778	1653435	2500
21	683778	1654435	2500

ตารางที่ 4.3 แสดงตำแหน่งของอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ

ตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เป็นจุดปลายทางตามเงื่อนไขที่ผู้วางแผนกำหนด : ระยะห่างใกล้เป้าหมายที่สุด ได้แก่ตำแหน่งที่ 11 E : 681778,N : 1653435 เพดานบิน 2500 เมตร

3) ตำแหน่ง Waypoints ของแนวบิน



รูปที่ 4.27 แสดง Waypoints ของแนวบิน

ตำแหน่งค่าพิกัด Waypoints

ตำแหน่งที่ 1 X: 678679 Y: 1645471 (ตำแหน่งสนามบิน)

เวลาที่เริ่มปฏิบัติการ 8 : 54 น.

ตำแหน่งที่ 2 X: 680787 Y: 1648272 ระยะทางจากสนามบิน = 3506 m.

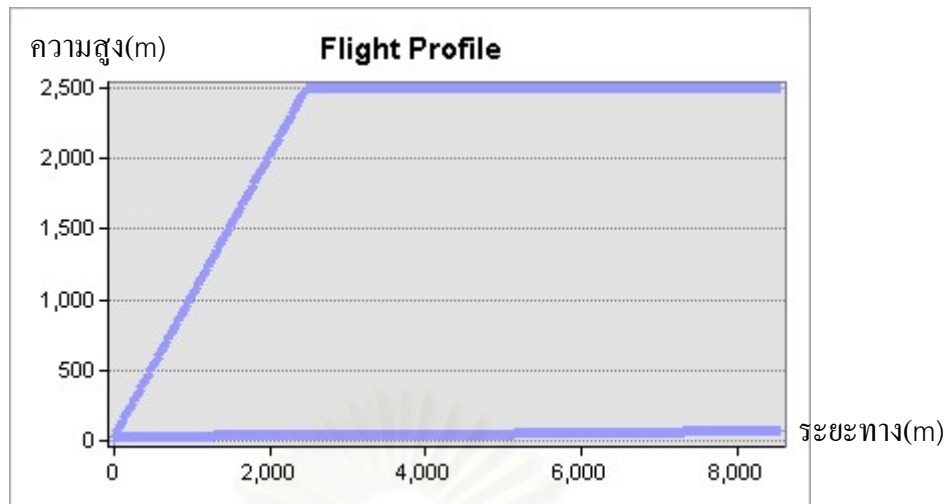
ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 8 : 57 น.

ตำแหน่งที่ 3 X: 681778 Y: 1653435 ระยะทางจากสนามบิน = 8762 m.

ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 9 : 00 น.

ความยาวรวมของแนวบิน 8763 เมตร

สถาบันวิจัยปฏิบัติการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.28 แสดงภาพตัดขวางแนวนบิน

วันที่ปฏิบัติการกิจ ..31 มกราคม 2551 เวลาที่เริ่มปฏิบัติการกิจ.. 8 : 54 น.
เวลาที่ไปถึงเป้าหมาย.. 9 : 00 น. รวมเวลา 6 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีทดสอบ : ค่าความสว่างในช่วงเวลาที่กำหนดไม่เหมาะสม
ผู้วางแผนกำหนดพารามิเตอร์และเงื่อนไขดังนี้

รายการ		E	N
สนามบิน		669852	1645615
เป้าหมาย		681778	1653435
สถานีควบคุม	พิสัย = 20000 เมตร	681826	1646775

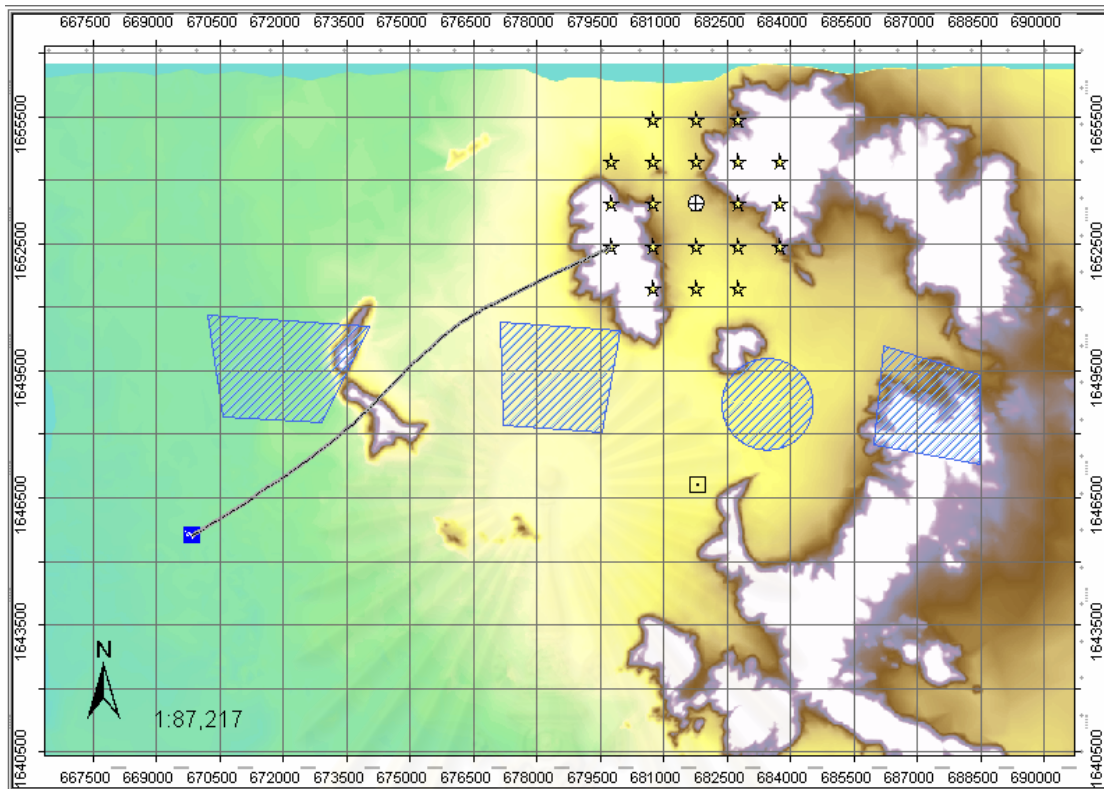
ตารางแสดงคุณสมบัติของเครื่องบิน	
พิสัยเครื่องบิน (m)	30000
มุมกลิ้ง (องศา)	45
ความเร็ว (Knot)	70
เพดานบินสูงสุด(เมตร)	3000
เพดานบินปฏิบัติการ	2500

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ผู้วางแผนกำหนด

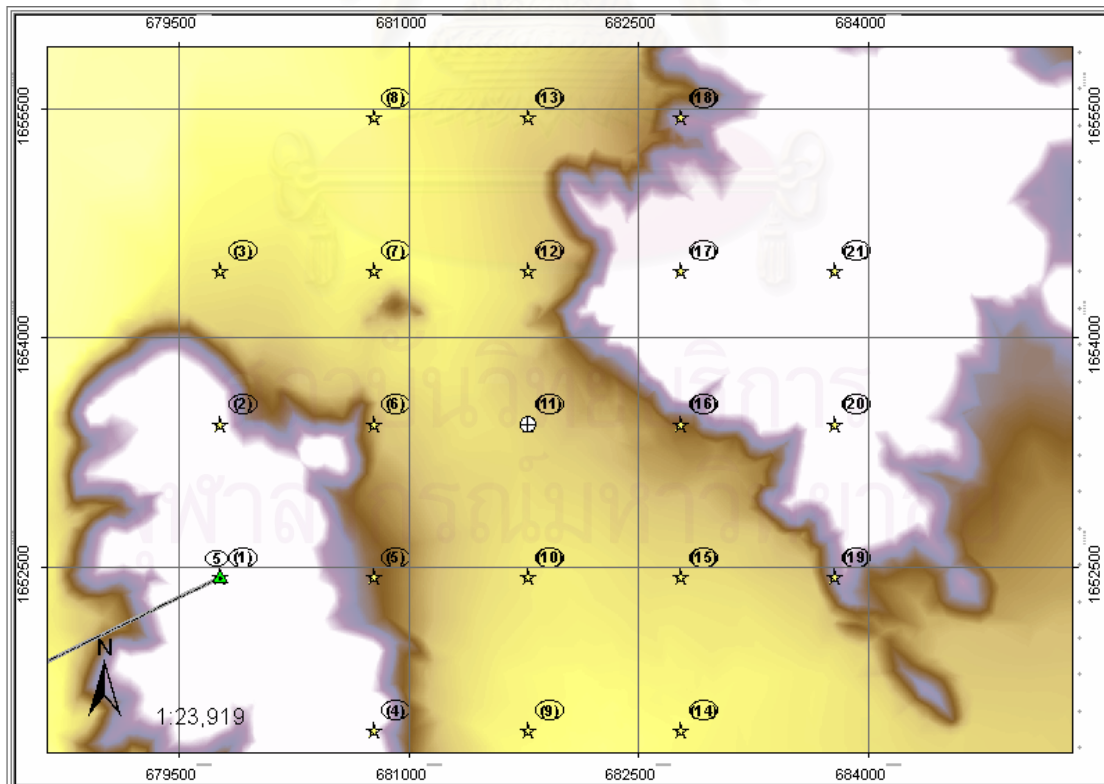
เงื่อนไขในการเลือกตำแหน่งที่เหมาะสม : ระยะห่างใกล้ตำแหน่งสนามบินที่สุด
ระยะห่างในการสร้างจุดตัวอย่าง : 1000 m
กำหนดวันและเวลาในการปฏิบัติการกิจ : 25 มีนาคม 2551 เวลา 6:00 น.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ของโปรแกรมประยุกต์มีดังนี้



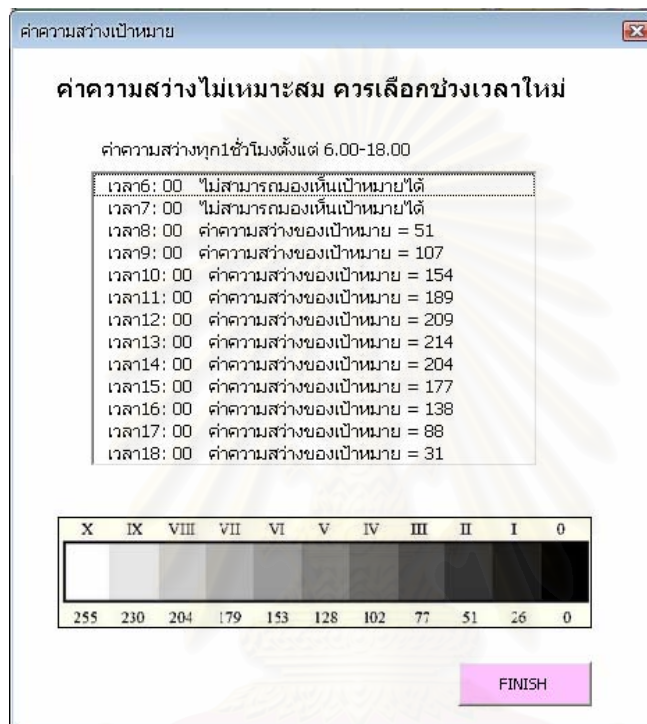
แผนที่ที่ 2 แสดงตำแหน่งสนามบิน ตำแหน่งถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนบิน และแนวบิน



รูปที่ 4.29 แสดงตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสม

1) ค่าความสว่างของเป้าหมาย = 0 ในวันที่ 25 มกราคม 2551 เวลา 6 : 00 น.

เนื่องจากเวลาที่กำหนดไว้ คือ 6:00 น. มีค่าความสว่างไม่เหมาะสม ดังนั้น โปรแกรมประยุกต์จึงคำนวณค่าความสว่างของเป้าหมายใหม่ทุกๆ 1 ชั่วโมงดังรูปที่ 4.30 เพื่อให้ผู้วางแผนเลือกช่วงเวลาใหม่อีกครั้ง ในกรณีนี้ผู้วิจัยเลือกค่าความสว่างที่เวลา 9:00 น. ทำให้ค่าความสว่างของเป้าหมาย = 107



รูปที่ 4.30 แสดงค่าความสว่างของเป้าหมายทุก 1 ชั่วโมง

2) ตำแหน่งที่เหมาะสมทั้งหมดในการถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนบิน

ID	ค่าพิกัด E(m)	ค่าพิกัด N(m)	ความสูง
1	679778	1652435	2500
2	679778	1653435	2500
3	679778	1654435	2500
4	680778	1651435	2500
5	680778	1652435	2500
6	680778	1653435	2500
7	680778	1654435	2500

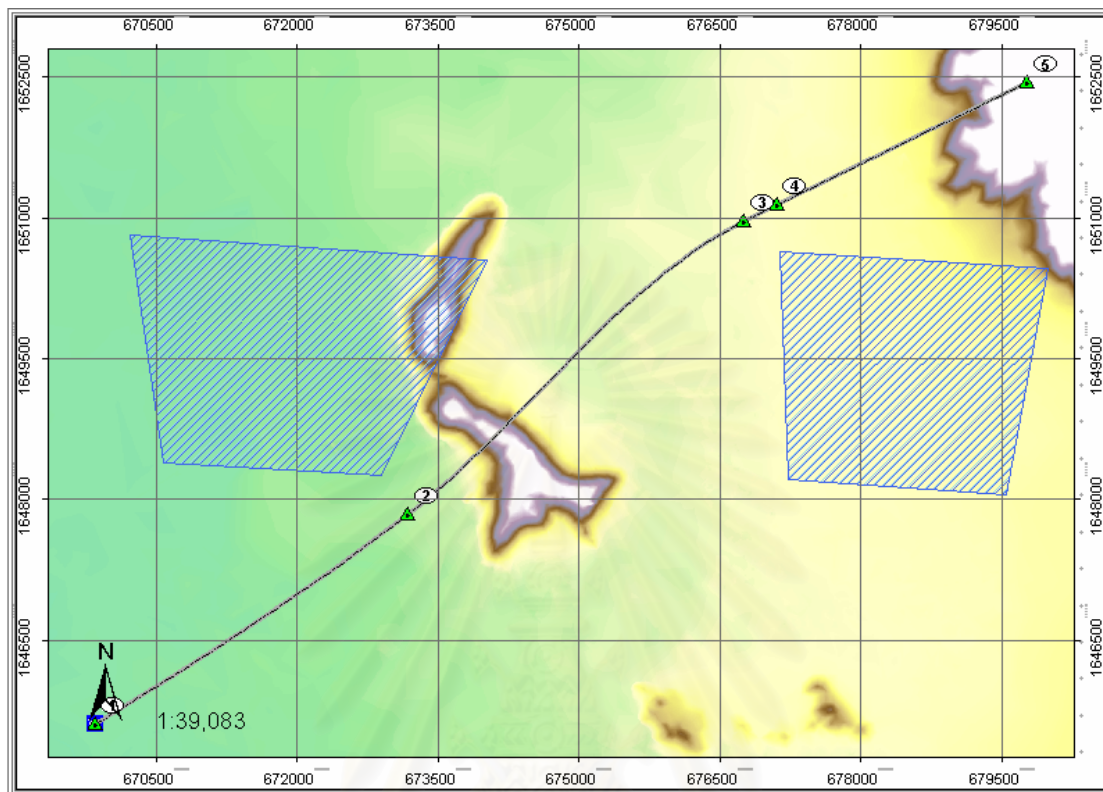
ID	ค่าพิกัด E(m)	ค่าพิกัด N(m)	ความสูง
8	680778	1655435	2500
9	681778	1651435	2500
10	681778	1652435	2500
11	681778	1653435	2500
12	681778	1654435	2500
13	681778	1655435	2500
14	682778	1651435	2500
15	682778	1652435	2500
16	682778	1653435	2500
17	682778	1654435	2500
18	682778	1655435	2500
19	683778	1652435	2500
20	683778	1653435	2500
21	683778	1654435	2500

ตารางที่ 4.5 แสดงตำแหน่งของอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ

ตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เป็นจุดปลายทางตามเงื่อนไขที่ผู้วางแผนกำหนด : ระยะห่างใกล้สนามบินมากที่สุด ได้แก่ตำแหน่งที่ 1 พิกัด E= 679778, N=1652435 เพดานบิน 2500 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ตำแหน่ง Waypoints ของแนวบิน



รูปที่ 4.31 แสดง Waypoints ของแนวบิน

ตำแหน่งค่าพิกัด Waypoints

ตำแหน่งที่ 1 X: 669852 Y: 1645615 (ตำแหน่งสนามบิน)

เวลาที่เริ่มปฏิบัติภารกิจ 8 : 54 น.

ตำแหน่งที่ 2 X: 673185 Y: 1647847 ระยะทางจากสนามบิน = 4012 m.

ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 8 : 56 น.

ตำแหน่งที่ 3 X: 676762 Y: 1650966 ระยะทางจากสนามบิน = 8758 m.

ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 8 : 58 น.

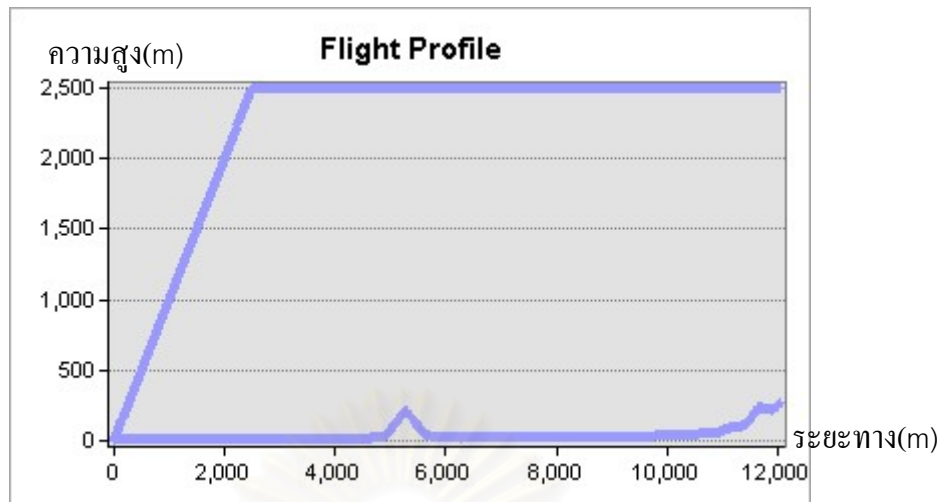
ตำแหน่งที่ 4 X: 677105 Y: 1651136 ระยะทางจากสนามบิน = 9141 m.

ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 8 : 59 น.

ตำแหน่งที่ 5 X: 679778 Y: 1652435 ระยะทางจากสนามบิน = 12112 m.

ความสูงบิน = 2500 m. เวลาที่ไปถึง 9 : 00 น.

ความยาวรวมของแนวบิน 12112 เมตร



รูปที่ 4.32 แสดงภาพตัดขวางแนวบิน

วันที่ปฏิบัติการกิจ..25 มีนาคม 2551 เวลาที่เริ่มปฏิบัติการกิจ..8:54 น.
เวลาที่ไปถึงเป้าหมาย.. 9 : 00 น. รวมเวลา 6 นาที

4.6 สรุปผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์

จากการทดสอบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ทั้งสามส่วนพบว่า โปรแกรมประยุกต์สามารถคำนวณผลลัพธ์ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ในกรณีที่คุณลักษณะอากาศยานไร้คนบินสามารถรองรับสภาพภูมิประเทศ หรือระยะทางรวมของแนวบินของแต่ละภารกิจได้

ปัญหาที่พบในกรณีที่คุณลักษณะของอากาศยานไร้คนบินมีประสิทธิภาพไม่เหมาะสมกับภารกิจ คือ โปรแกรมประยุกต์ไม่สามารถหาตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ และแนวบินได้ การแก้ไขเบื้องต้นสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนคุณลักษณะของอากาศยานไร้คนบินให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 ผลลัพธ์ของการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์โดยใช้หลักการทางด้าน GIS เพื่อวางแผนแนวมินของอากาศยานไร้คนบินในการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศ มีขั้นตอนหลักในการทำงาน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตอนการหาวันเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการกิจถ่ายภาพ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการหาค่าความสว่างของเป้าหมายจากการคำนวณ Hillshade ของตำแหน่งเป้าหมายจากตำแหน่งดวงอาทิตย์ ณ วันและเวลาที่ผู้วางแผนกำหนด ทำให้ได้ค่าความสว่างอยู่ในช่วง 0-255 แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าความสว่างตามระบบโซนของ Ansel หากพบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือระหว่าง 64-191 จะถือว่าวันและเวลาดังกล่าว เหมาะสมที่จะปฏิบัติการกิจ แต่หากค่าความสว่างของเป้าหมายมากหรือน้อยเกินไป โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าความสว่างทุกๆ ชั่วโมงเพื่อให้ผู้วางแผนเลือกเวลาใหม่อีกครั้ง

2) ขั้นตอนการวิเคราะห์ตำแหน่งเหมาะสมเพื่อถ่ายภาพเป้าหมายของอากาศยาน

ในขั้นตอนนี้โปรแกรมจะสร้างจุดตัวอย่างที่อยู่เหนือเป้าหมายเพื่อนำมาทดสอบเงื่อนไขด้านความปลอดภัย ได้แก่

- แนวการมองเห็นระหว่างตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินไปยังสถานีควบคุม และแนวการมองเห็นระหว่างตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินกับเป้าหมายต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง

- ไม่อยู่ในเขตหวงห้าม

- มีความสูงเหนือพื้นดินไม่น้อยกว่าค่าความสูงที่กำหนด

- มุมกล้องไปยังเป้าหมายไม่เกินขีดจำกัด

3) ขั้นตอนการสร้างแนวมิน

ในขั้นตอนนี้โปรแกรมจะสร้างพื้นที่วงกลมที่มีรัศมีเท่ากับพิสัยของอากาศยานสำหรับเป็นขอบเขตให้กับเครื่องบิน เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศยานถูกใช้งานเกินขีดความสามารถของเครื่องยนต์และเชื้อเพลิง แล้วจึงนำพื้นที่วงกลมดังกล่าวมาลบออกด้วยพื้นที่ห้ามเข้าที่ถูกสร้างแนวกันชนป้องกันการลุล้ำเข้าไปในกรณีที่มีการดีโค้งเพื่อหักเลี้ยว และพื้นที่บริเวณที่มีความสูงของภูมิประเทศเกินขีดจำกัดของเพดานบินสูงสุด ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นพื้นที่รูปปิดที่มีช่องว่าง เพื่อนำไปสร้างกราฟแสดงการมองเห็นจากจุดบนเส้นรอบวง จุดของพื้นที่ห้ามเข้า รวมไปถึงจุดของตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งปลายทาง และทำการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดภายในกราฟด้วยอัลกอริทึมไดคอสตาร์

เมื่อได้เส้นทางที่สั้นที่สุดแล้ว โปรแกรมจะทำการปรับรูปเส้นทาง และปรับความสูงให้กับแนวมิน หากพบว่าสภาพภูมิประเทศตามเส้นทางมีความสูงเหนือพื้นดินต่ำกว่าที่กำหนด

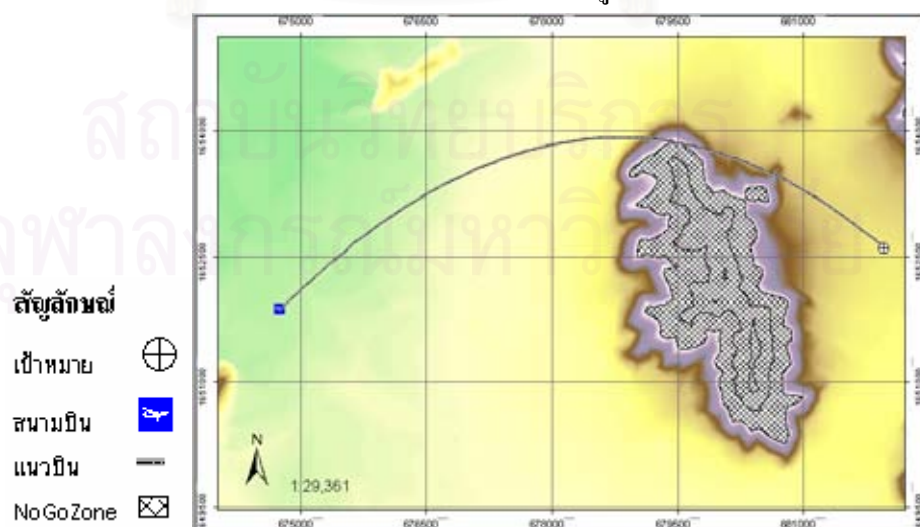
ผลการทดสอบโปรแกรมพบว่า โปรแกรมประยุกต์สำหรับการวางแผนแนวมินของอากาศยานไร้คนบินในการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศสามารถนำ GIS มาใช้ในการวิเคราะห์ได้ผลตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ทั้งในส่วนการสร้างตำแหน่งของอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพตามเงื่อนไขที่กำหนด การสร้างแนวมินที่สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางซึ่งมีความปลอดภัยและตำแหน่งเป้าหมาย ณ วันและเวลาในการถ่ายภาพที่ผ่านการตรวจสอบมีแสงสว่างพอเพียง ไม่ถูกเงาของภูมิประเทศบัง

โดยสรุปแล้วโปรแกรมประยุกต์สามารถนำมาช่วยเพิ่มความสำเร็จให้ภารกิจ และลดความเสี่ยงอันตรายให้กับอากาศยาน รวมถึงเพิ่มความเป็นอัตโนมัติและความสะดวกในการวางแผนมากยิ่งขึ้น

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้ ได้พบปัญหาและอุปสรรคบางประการในระหว่างทำการวิจัย และผู้วิจัยคาดว่าจะมีประโยชน์ต่อผู้สนใจ สามารถสรุปได้ดังนี้

1 โปรแกรมประยุกต์สามารถประเมินพื้นที่ “NoGoZone1” ในกรณีที่ดินผิวกฎมีประเทศมีความสูงเกินเพดานบินสูงสุดของอากาศยานไร้คนบินไว้ล่วงหน้าดังรูปที่ 5.1 เพื่อเป็นการลดขั้นตอนการวนซ้ำในการสร้าง NoGoZone ในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.1 แสดงแนวมินที่ได้จากการสร้างขอบเขตพื้นที่ “NoGoZone1” ไว้ล่วงหน้า

โปรแกรมประยุกต์จะทำการปรับระดับความสูงของเพดานบินให้สูงขึ้น จากนั้นนำแนวบินที่ได้ไปทำการตรวจสอบว่า แนวบินดังกล่าวผ่านบริเวณไม่สามารถติดต่อกับสถานีควบคุมหรือไม่ หากพบจะถือว่าบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ห้ามเข้า โปรแกรมจะนำพื้นที่ห้ามเข้าที่ได้ไปลบออกจากพื้นที่สำหรับสร้างกราฟแสดงการมองเห็นอีกครั้ง แล้วค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดใหม่ แล้วตรวจสอบเงื่อนไขด้านความปลอดภัย โปรแกรมจะวนซ้ำไปจนกว่าจะได้แนวบินที่ผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขทุกประการจึงจะสิ้นสุดขั้นตอนนี้

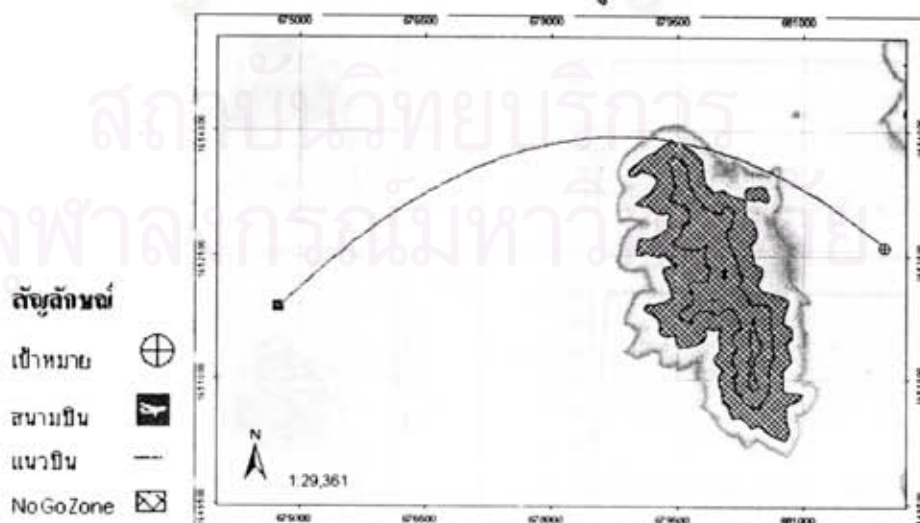
ผลการทดสอบโปรแกรมพบว่า โปรแกรมประยุกต์สำหรับการวางแผนแนวบินของอากาศยานไร้คนบินในการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศสามารถนำ GIS มาใช้ในการวิเคราะห์ได้ผลตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ทั้งในส่วนการสร้างตำแหน่งของอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพตามเงื่อนไขที่กำหนด การสร้างแนวบินที่สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางซึ่งมีความปลอดภัยและตำแหน่งเป้าหมาย ณ วันและเวลาในการถ่ายภาพที่ผ่านการตรวจสอบมีแสงสว่างพอเพียง ไม่ถูกเงาของภูมิประเทศบัง

โดยสรุปแล้ว โปรแกรมประยุกต์สามารถนำมาช่วยเพิ่มความสำเร็จให้ภารกิจ และลดความเสี่ยงอันตรายให้กับอากาศยาน รวมถึงเพิ่มความเป็นอัตโนมัติและความสะดวกในการวางแผนมากยิ่งขึ้น

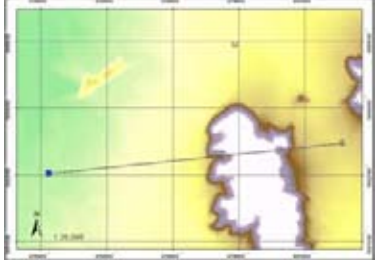
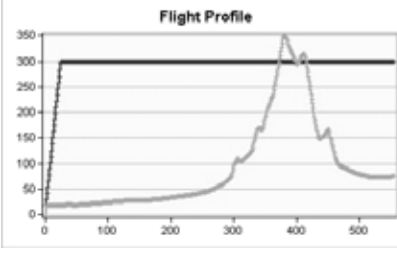
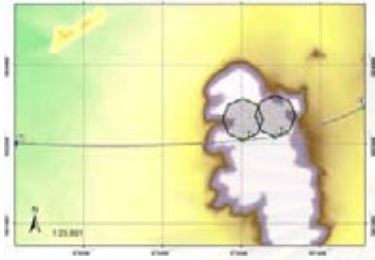
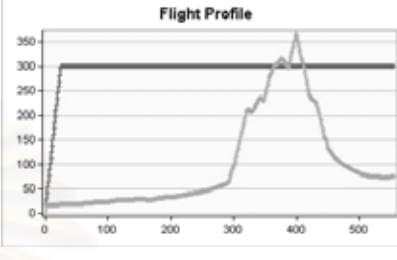
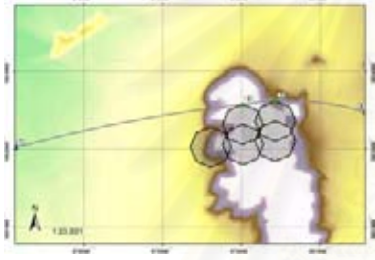
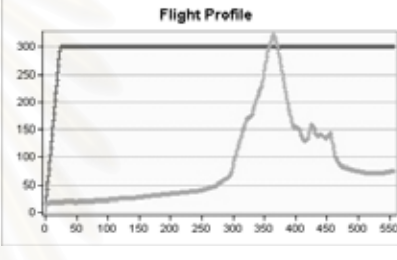
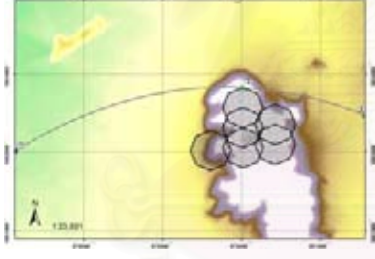
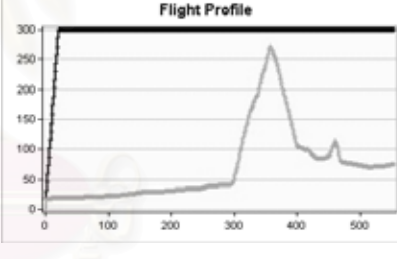
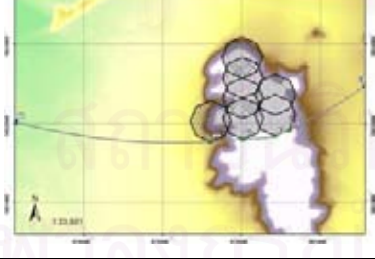
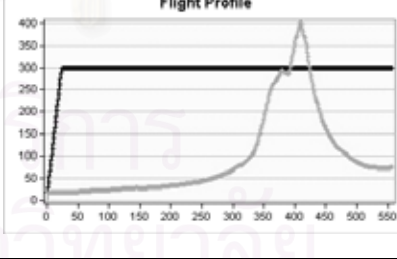
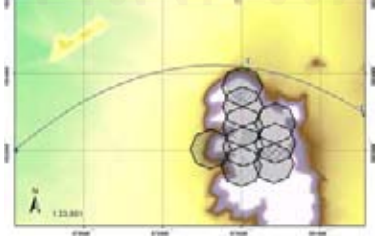
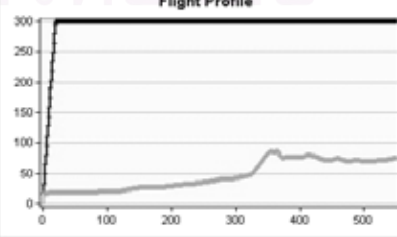
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้ ได้พบปัญหาและอุปสรรคบางประการในระหว่างทำการวิจัย และผู้วิจัยคาดว่า จะมีประโยชน์ต่อผู้สนใจ สามารถสรุปได้ดังนี้

1 โปรแกรมประยุกต์สามารถประเมินพื้นที่ “NoGoZone1” ในกรณีที่ดินผิวกฎิประเทศมีความสูงเกินเพดานบินสูงสุดของอากาศยานไร้คนบินไว้ล่วงหน้าดังรูปที่ 5.1 เพื่อเป็นการลดขั้นตอนการวนซ้ำในการสร้าง NoGoZone ในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.1 แสดงแนวบินที่ได้จากการสร้างขอบเขตพื้นที่ “NoGoZone1” ไว้ล่วงหน้า


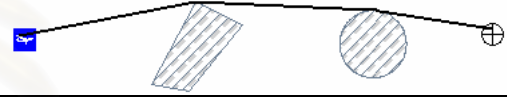

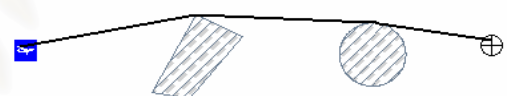


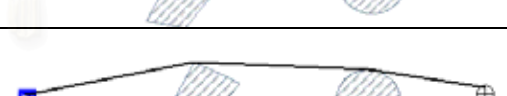
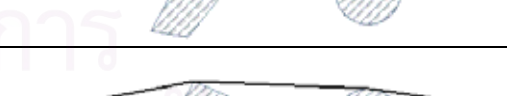
ครั้งที่	ภาพแนวมบิน	ภาพตัดขวางแนวมบิน
0		
1		
2		
3		
4		
5		

รูปที่ 5.2 แสดงการวนซ้ำของโปรแกรมประยุกต์เพื่อหลบหลีกภูเขา

การประเมินพื้นที่ “NoGoZone1” สามารถทำได้ล่วงหน้าเพราะเป็นพื้นที่ที่เกิดจากข้อจำกัดด้านความสูงของพื้นผิวโดยการนำเพดานบินสูงสุดของอากาศยานไร้คนบินที่กำหนดไว้เบื้องต้นมาวิเคราะห์ร่วมกับแบบจำลองความสูงของพื้นที่ที่ปฏิบัติการกิจ เพื่อเป็นการประเมินความปลอดภัยที่เพดานบินสูงสุดเท่านั้น แต่การตรวจสอบแนวบินในเงื่อนไขด้านการติดต่อกับสถานีควบคุมไม่สามารถคำนวณไว้ก่อนล่วงหน้า เนื่องจากเพดานบินที่ใช้ในการตรวจสอบแนวการมองเห็นระหว่างอากาศยานไร้คนบินกับสถานีควบคุมมิใช่เพดานบินสูงสุด แต่เป็นเพดานบินปฏิบัติการสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศที่อากาศยานไร้คนบินผ่าน

2) หากจำนวนจุดของพื้นที่ “FlyableZone” ที่นำมาสร้างกราฟแสดงการมองเห็นมีจำนวนมาก จะทำให้ต้องใช้เวลาในการสร้าง กราฟแสดงการมองเห็นจะเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น ดังนั้นจึงแก้ปัญหาด้วยการนำพื้นที่รูปปิด “FlyableZone” ไปผ่านการ Generalize ก่อน เพื่อลดจำนวนจุด

จากตารางแสดงจำนวนจุด และเวลาที่ใช้ในการสร้างกราฟแสดงการมองเห็นและหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่อยู่ภายใน ทั้งก่อนและหลังการ Generalize (ตารางที่ 5.1) พบว่าจะช่วยลดจำนวนจุดที่ใช้ในการสร้างกราฟแสดงการมองเห็นโดยไม่ทำให้เส้นทางที่ได้เปลี่ยนแปลง

จำนวนจุดเริ่มต้น	maxAllow offset	จำนวน Node (หลัง Generalize)	ระยะ เวลา(S)	แนวบินที่ได้
	0	647	5744.302	
	10	177	145.046	
	20	131	73.437	
	50	99	33.828	
	100	99	32.985	
	200	59	11.313	
	300	59	11.235	

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบการ Generalize กราฟแสดงการมองเห็นของพื้นที่รูปปิด “FlyableZone” รัศมี 30000 m (มีพื้นที่ห้ามเข้า)

5.3 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

- 1) ได้โปรแกรมประยุกต์เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งอากาศยาน ไร่นักบินและแนวบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพเป้าหมาย
- 2) ได้เรียนรู้และเข้าใจอัลกอริทึมในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางคมนาคม

5.4 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

แม้ว่าผลการวิจัยจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ในการวิจัยครั้งนี้ แต่เพื่อให้สามารถขยายขีดความสามารถของโปรแกรมประยุกต์ในด้านการนำ GIS มาใช้วางแผนแนวบินสำหรับอากาศยาน ไร่นักบิน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอแนะที่มีประโยชน์ต่อผู้สนใจสามารถสรุปได้ดังนี้

1. โปรแกรมประยุกต์สามารถพัฒนาขึ้นเพื่อแสดงผลในรูปแบบสามมิติได้ ผู้สนใจสามารถนำโปรแกรมประยุกต์ไปปรับใช้ในโปรแกรม ArcScene เพื่อสร้างตำแหน่งของอากาศยาน ไร่นักบินที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพ แนวบิน และคำนวณหาวันและเวลาที่เหมาะสมสำหรับภารกิจถ่ายภาพถ่ายทางอากาศได้โดยตรง เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถนำมาแสดงในรูปแบบสามมิติได้โดยตรงทำให้มองเห็นความแตกต่างของพื้นที่และความสูงของแนวบินได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 5.3 แสดงผลการวิเคราะห์หาตำแหน่งถ่ายภาพ แนวบิน โดยใช้โปรแกรม ArcScene

2. การสร้างโปรแกรมประยุกต์สามารถพัฒนาเพิ่มเป็นการหาตำแหน่งแนวบินสำหรับอากาศยาน ไร่นักบินที่ขึ้นบินพร้อมกันหลายลำที่ขึ้นบินปฏิบัติการกิจพร้อมกัน เพื่อจัดลำดับตำแหน่งการขึ้นบินของเครื่องบินแต่ละลำให้เหมาะสมเพื่อป้องกันการชนเวลาที่บินไปทิศทางเดียวกัน

3. การสร้างโปรแกรมประยุกต์สามารถพัฒนาเพิ่มเป็นการถ่ายภาพเป้าหมายมากกว่าหนึ่งตำแหน่ง และสร้างแนวบินที่สามารถบินกลับไปยังจุดเริ่มต้นโดยไม่ใช้เส้นทางเดิม

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เลิศรบ ศรีกิตตยากรณ์, นักบินควบคุมอากาศยานไร้คนบังคับ กองพลทหารปืนใหญ่. สัมภาษณ์ 25 สิงหาคม 2550.

ภาษาอังกฤษ

Ansel, Adams .The Negative. Eight Printing : Murray Printing , 1986.

Bortoff, Scott A. Path Planning for UAVs. In Proceedings of the American Control Conference, 364-368. Illinois: 2000.

Casas,Irene,et al.An Automated Network Generation Procedure for Routing Unmanned Aerial Vehicles(UAVs) in GIS Environment.Network and Spatial Economics 2 (2007) :153-176.

Environmental Systems Research Institute. ArcGIS, version 9.2 . Available from :<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Hillshade>[2007, Sep18]

FAS .Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Available from: <http://www.fas.org/irp/program/collect/uav.htm>[2007, sep18]

Foulds , Richard A. Piecewise Parametric Interpolation for Temporal Compression of Multijoint Movement Trajectories. IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, 1(2006) :199-206 .

Gu , Da-Wei, Postlethwaite, Ian and Kim, Yoonsoo. A Comprehensive Study On Flight Path Selection Algorithms.Target Tracking:Algorithms and Applications11359 (2006): 77-90.

Gualandi, Stefano, and Tranchero, Bruno. Concurrent constraint programming-based path planning for uninhabited air vehicles.Proceedings of the SPIE 5417 (2004) : 176-185.

Hughes, Paul. Direct Solar Radiation:A Modelling Technique. Paper presented at the 12 th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Center, Dunedin, NewZealand, 10 – 13 December, 2000.

Lee, Jin-Woon and Kim, H Jin. Trajectory Generation for Rendezvous of Unmanned Aerial Vehicles with Kinematic Constraints. Paper presented at 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Roma, Italy , 10-14 April , 2007.

- Mettler, et al., Autonomous UAV guidance build-up: Flight-Test Demonstration and evaluation plan. Paper presented at the AIAA Guidance, Navigation and Control Conference, August, 2003.
- Mitchell, J. S. B. Geometric shortest paths and network optimization. In J.-R. Sack and J. Urrutia(eds), Handbook of Computational Geometry, 633–701. Amsterdam: Elsevier Science, 1998.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. Solar Calculator [online]. 2005. Available from :<http://www.srrb.noaa.gov/highlights/sunrise/azel.html> [2007, Nov26]
- Petterson , Per Olof .Sampling-based Path Planning for an Autonomous Helicopter. Licentiate Thesis , Department of Computer and Information Science ,Graduate School, Linköping University, 2006.
- Rathinam, Sivakumar and Sengupta, Raja .Algorithms for Routing Problems Involving UAVs, Studies in Computational Intelligence (SCI).70 (2007) :147–172.
- Roth ,Nathaniel E. ,et al.Sunrise on the Klamath: an ArcObjects application for determining topographic sunrise and sunset. Paper presented at 2005 ESRI User Conference Proceedings, California, 25-29 July, 2005.
- Trisirisatayawong, Itthi, and Cheewinsiriwat , Pannee. Automatic flight planning for Unmanned aerial vehicle utilizing GIS analysis on digital elevation model . Paper presented at 25 th Asian Conference on Remote Sensing, Chiangmai, 22 - 26 Nov, 2004.
- Volkan, Pehlivanoglu Y.et al.,.Path Planning for autonomous UAV via vibrational genetic algorithm. Aircraft Engineering and Aerospace Technology. 4 (2007) : 352-359.
- Zuber ,Thomas. Zone System [online].Available from :http://zuberphotographics.com/page_ZoneSystem.htm [2007, Oct10]



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การออกแบบฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินและแนวบิน

ตารางข้อมูลตำแหน่ง เป้าหมาย สนามบิน สถานีควบคุม และคุณลักษณะของอากาศยานไร้คนบิน เป็นตารางที่ออกแบบเพื่อใช้จัดเก็บรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ที่โปรแกรมประยุกต์นำมาใช้ในการวิเคราะห์ในฐานข้อมูล แสดงรายละเอียดดังนี้

1) ตารางข้อมูลเป้าหมาย สำหรับจัดเก็บรายละเอียดของเป้าหมาย

Field Name	Data Type	คำอธิบาย
Target_Id	AutoNumber	หมายเลขประจำเป้าหมายที่ระบบสร้างให้อัตโนมัติ
Profile_Id	Number	จัดเก็บหมายเลข Profile
Target_Name	Text	จัดเก็บชื่อของเป้าหมาย
Target_E	Number	ค่าพิกัดแกน X ของตำแหน่งเป้าหมาย
Target_N	Number	ค่าพิกัดแกน Y ของตำแหน่งเป้าหมาย

ตาราง ก-1 โครงสร้างตารางข้อมูลพื้นฐานของตำแหน่งเป้าหมาย

2) ตารางข้อมูลสนามบิน สำหรับจัดเก็บรายละเอียดของสนามบิน

Field Name	Data Type	คำอธิบาย
Airport_Id	AutoNumber	หมายเลขประจำสนามบินที่ระบบสร้างให้อัตโนมัติ
Profile_Id	Number	จัดเก็บหมายเลข Profile
Airport_Name	Text	จัดเก็บชื่อของสนามบิน
Airport_E	Number	ค่าพิกัดแกน X ของสนามบิน
Airport_N	Number	ค่าพิกัดแกน Y ของสนามบิน

ตาราง ก-2 โครงสร้างตารางข้อมูลพื้นฐานของตำแหน่งสนามบิน

3) ตารางข้อมูลสถานีควบคุมภาคพื้นดิน สำหรับจัดเก็บรายละเอียดของสถานีควบคุมภาคพื้นดิน

Field Name	Data Type	คำอธิบาย
GCS_Id	AutoNumber	หมายเลขประจำสถานีควบคุมที่ระบบสร้างให้อัตโนมัติ
Profile_Id	Number	จัดเก็บหมายเลข Profile
GCS_Name	Text	จัดเก็บชื่อของสถานีควบคุม
GCS_E	Number	ค่าพิกัดแกน X ของสถานีควบคุม
GCS_N	Number	ค่าพิกัดแกน Y ของสถานีควบคุม
Range	Number	จัดเก็บค่าพิสัยของสถานีควบคุม

ตาราง ก-3 โครงสร้างตารางข้อมูลพื้นฐานของตำแหน่งสถานีควบคุมภาคพื้นดิน

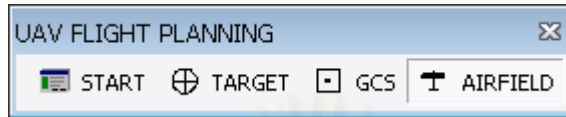
4) ตารางข้อมูลคุณลักษณะของอากาศยานไร้คนบิน สำหรับจัดเก็บรายละเอียดของอากาศยานไร้คนบิน

Field Name	Data Type	คำอธิบาย
UAV_Id	AutoNumber	หมายเลขประจำอากาศยานไร้คนบินที่ระบบสร้างให้อัตโนมัติ
Profile_Id	Number	จัดเก็บหมายเลขProfile
UAV_Name	Text	จัดเก็บชื่อของอากาศยานไร้คนบิน
Max_Height	Number	จัดเก็บเพดานบินสูงสุด
Altitude	Number	จัดเก็บความสูงบิน
Speed	Number	จัดเก็บความเร็วของอากาศยานไร้คนบิน
Camera_angle	Number	จัดเก็บค่ามุมกล้องที่ใช้ในการถ่ายภาพ
Range	Number	จัดเก็บพิสัยของอากาศยานไร้คนบิน

ตาราง ก-4 โครงสร้างตารางข้อมูลพื้นฐานของคุณลักษณะของอากาศยานไร้คนบิน

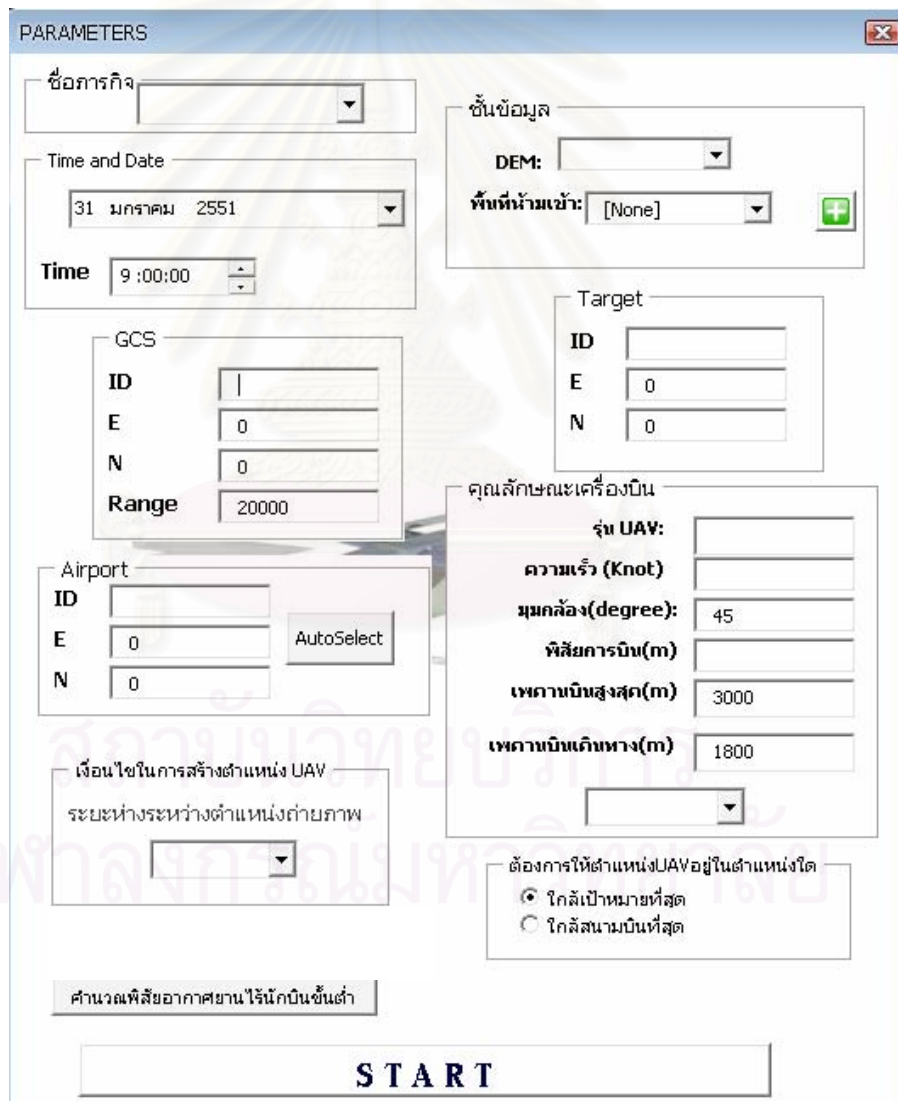
ภาคผนวก ข
วิธีการใช้งานโปรแกรมประยุกต์

การใช้งานโปรแกรมประยุกต์สำหรับวางแผนแนวมบินอากาศยานให้นักบินสามารถทำได้
ดังนี้



รูปที่ ข-1 แสดง Tool bar เพื่อเปิดโปรแกรมประยุกต์

- 1) เข้าสู่โปรแกรมด้วยการกดปุ่ม Start จาก Toolbar ดังรูป ข-1 ชื่อ UAV FLIGHT PLANNING จะปรากฏ USER INTERFACE ดังรูป ข-2

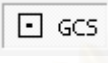


รูป ข-2 แสดง User Interface ของโปรแกรมประยุกต์

2) กรอกข้อมูลตำแหน่งสนามบิน สถานีควบคุม และตำแหน่งเป้าหมายโดยผู้ใช้งานสามารถทำได้ดังนี้

- พิมพ์ค่าพิกัด E และ N ลงใน Textbox
- ใช้เมาส์คลิกไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดย

คลิกที่ปุ่ม  สำหรับตำแหน่งสนามบิน จากนั้นนำเมาส์ไปคลิกยังตำแหน่งที่ต้องการ

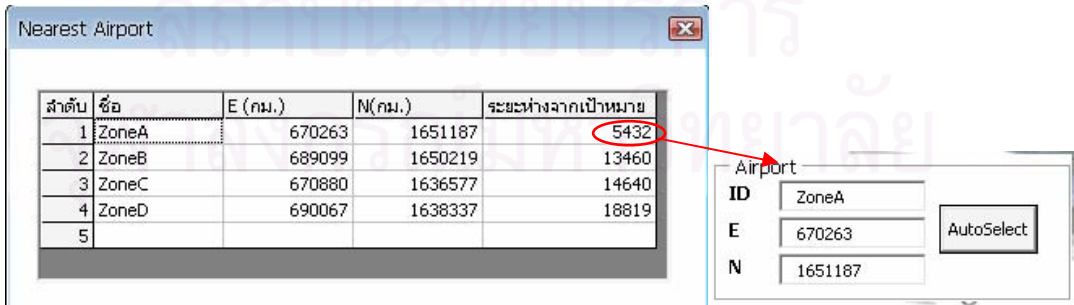
คลิกที่ปุ่ม  สำหรับตำแหน่งสถานีควบคุม จากนั้นนำเมาส์ไปคลิกยังตำแหน่งที่ต้องการ

คลิกที่ปุ่ม  สำหรับตำแหน่งเป้าหมาย จากนั้นนำเมาส์ไปคลิกยังตำแหน่งที่ต้องการ

- Load จาก Profile ที่จัดเก็บค่าพิกัดตำแหน่งไว้ในฐานข้อมูล
- สำหรับตำแหน่งสนามบิน ผู้ใช้งานสามารถให้โปรแกรมประยุกต์เลือกตำแหน่งที่อยู่ใกล้เป้าหมายที่สุด จากข้อมูล Text File ที่จัดเก็บตำแหน่งของสนามบิน (ดังรูปที่ ข-3) โดยผู้ใช้งานต้องระบุตำแหน่งเป้าหมายไว้ก่อน จากนั้นกดปุ่ม AutoSelect เพื่อเลือก Text File ของตำแหน่งสนามบิน เพื่อนำมาประมวลผลหาตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับเป้าหมายมากที่สุดโดยอัตโนมัติ (ดังรูปที่ ข-4)

```
AirportList - Notepad
File Edit Format View Help
AirportName,E,N
ZoneA,670263,1651187
ZoneB,689099,1650219
ZoneC,670880,1636577
ZoneD,690067,1638337
```

รูป ข-3 แสดงรูปแบบการจัดเก็บตำแหน่งสนามบินใน Text File



ลำดับ	ชื่อ	E (กม.)	N(กม.)	ระยะห่างจากเป้าหมาย
1	ZoneA	670263	1651187	5432
2	ZoneB	689099	1650219	13460
3	ZoneC	670880	1636577	14640
4	ZoneD	690067	1638337	18819
5				

Nearest Airport

Airport

ID: ZoneA

E: 670263

N: 1651187

AutoSelect

รูป ข-4 แสดงการประมวลผลเพื่อเลือกตำแหน่งสนามบิน

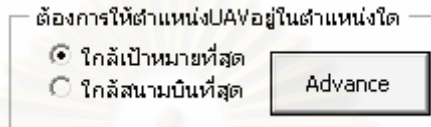
3) กรอกข้อมูลในส่วนอื่นๆ และระบุเงื่อนไขในการตรวจสอบให้ครบถ้วน จากนั้นสั่งให้โปรแกรมทำงานโดยกดปุ่ม **START**

ภาคผนวก ก

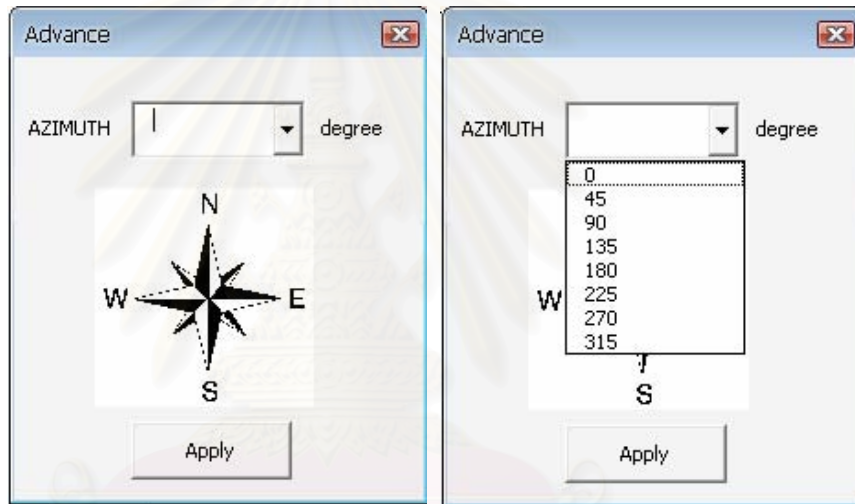
เงื่อนไขการเลือกตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสม

เนื่องจากโปรแกรมประยุกต์สามารถคำนวณตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมได้มากกว่า 1 ตำแหน่ง ดังนั้นผู้วางแผนจึงเป็นผู้กำหนดเงื่อนไขให้กับโปรแกรมประยุกต์เพื่อเลือกตำแหน่งที่เหมาะสม ดังนี้

1) เลือกตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินว่า จะให้อยู่ห่างจากเป้าหมายน้อยที่สุด หรืออยู่ห่างจากสนามบินน้อยที่สุด



2) เลือกตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินตามมุมอะซิมุทของเป้าหมาย



รูปที่ ก-1 แสดงเงื่อนไขในการเลือกตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสม

ตัวอย่างในการเลือกตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพตามเงื่อนไข เช่น ต้องการถ่ายภาพ ณ ตำแหน่งที่ทำมุมอะซิมุท 45 องศา กับเป้าหมายและอยู่ใกล้กับเป้าหมายมากที่สุด จะได้ตำแหน่งผลลัพธ์ดังภาพ

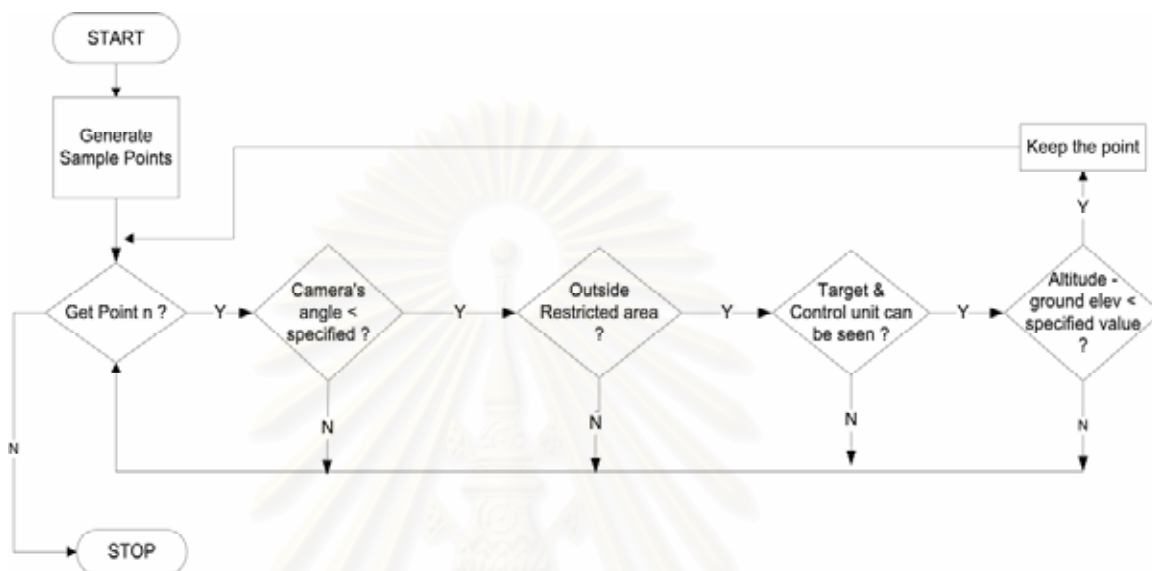


รูป ก-2 แสดงตำแหน่งอากาศยานไร้คนบินที่เหมาะสมในการถ่ายภาพที่ถูกเลือก

ภาคผนวก ง

Flow Chart การทำงานของโปรแกรมประยุกต์

1) Flow Chart การตรวจสอบตำแหน่งอากาศยาน ไร้คนบินที่เหมาะสม



Source Code ของฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบ

1) ฟังก์ชันในการตรวจสอบมุมกล้อง

```

Public Function AngleInclination(pObserver As IPoint, pTarget As IPoint) As Double
  On Error GoTo Error1:
  Dim HorDist, VerDist As Double
  Dim Pi As Double
  Pi = 3.14159265358979
  HorDist = Sqr((pObserver.X - pTarget.X) ^ 2 + (pObserver.Y - pTarget.Y) ^ 2)
  VerDist = Abs(pObserver.Z - pTarget.Z)
  AngleInclination = Atn(HorDist / VerDist) * (180 / Pi)
  Exit Function
Error1:
  AngleInclination = 90
End Function
  
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) ฟังก์ชันในการตรวจสอบว่าจุดตัวอย่างอยู่นอกพื้นที่ห้ามเข้า

```
Public Function PointInPolygon(pPoint As IPoint, pFeatureLayer As IFeatureLayer) As Boolean
    Dim pSpatialFilter As ISpatialFilter
    Set pSpatialFilter = New SpatialFilter
    With pSpatialFilter
        Set .Geometry = pPoint
        .GeometryField = "SHAPE"
        .SpatialRel = esriSpatialRelWithin
    End With
    Dim pFeatureCursor As IFeatureCursor
    Set pFeatureCursor = pFeatureLayer.Search(pSpatialFilter, False)
    Dim pFeature As IFeature
    Set pFeature = pFeatureCursor.NextFeature
    PointInPolygon = False
    Do Until pFeature Is Nothing
        PointInPolygon = True
    Exit Function
    Set pFeature = pFeatureCursor.NextFeature
    Loop
End Function
```

3) ฟังก์ชันในการตรวจสอบแนวการมองเห็น

```
Public Function chkVisibility(pObserver As IPoint, pTarget As IPoint, pSurf As ISurface) As Boolean
    chkVisibility = False
    If (pSurf.IsVoidZ(pObserver.Z) Or pSurf.IsVoidZ(pTarget.Z)) Then
        Exit Function
    End If

    Dim pObstruct As IPoint
    Dim pVisPolyline As IPolyline
    Dim plnVisPolyline As IPolyline
    Dim blsVis As Boolean
    blsVis = False
    pSurf.GetLineOfSight pObserver, pTarget, pObstruct, pVisPolyline, plnVisPolyline, blsVis, False, False

    chkVisibility = blsVis

    Exit Function
    Set pObstruct = Nothing
    Set pVisPolyline = Nothing
    Set plnVisPolyline = Nothing

End Function
```

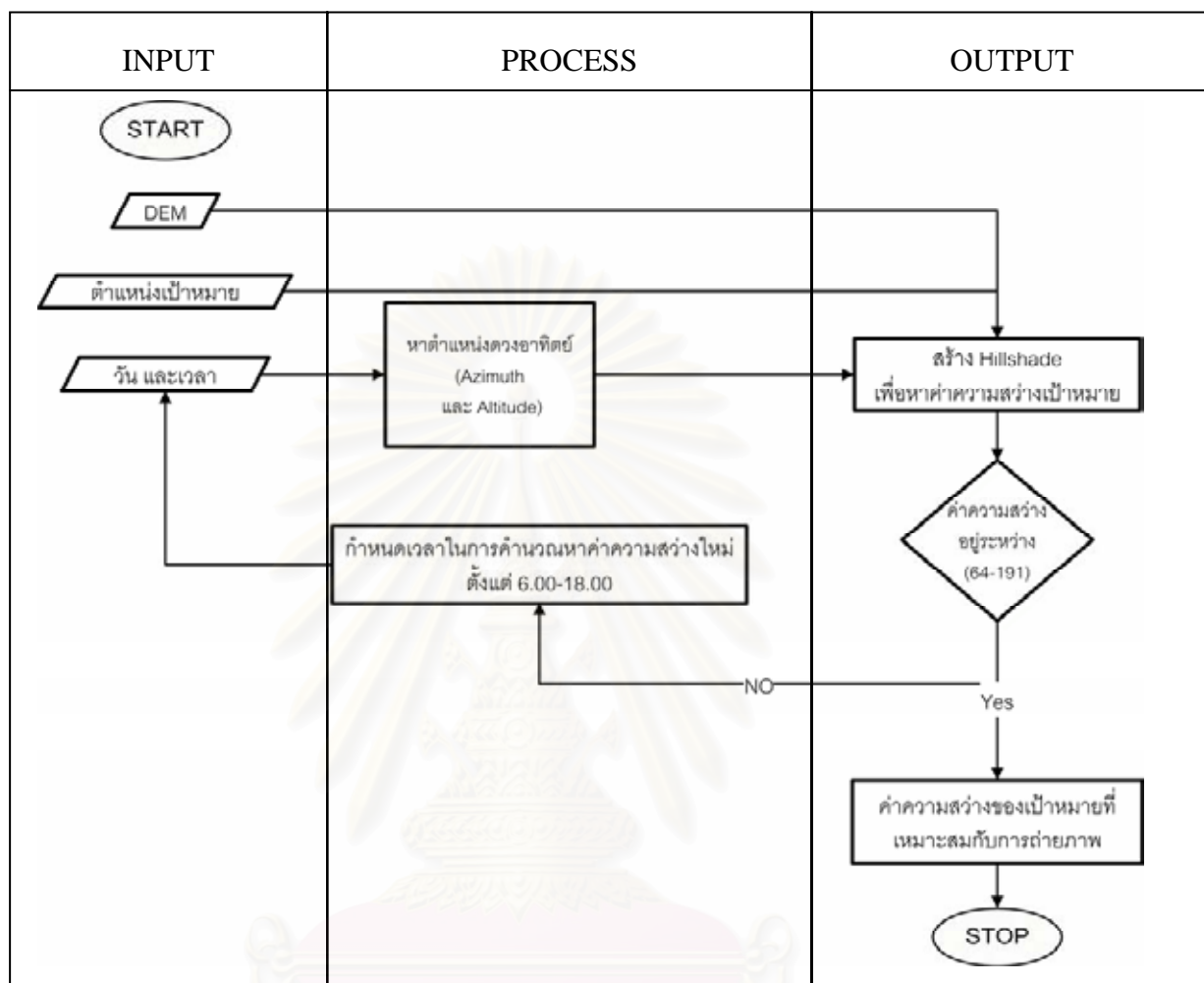
4) ฟังก์ชันในการตรวจสอบความสูงเหนือพื้นดิน

```
Public Function chkClearance(pObserver As IPoint) As Boolean
    chkClearance = False

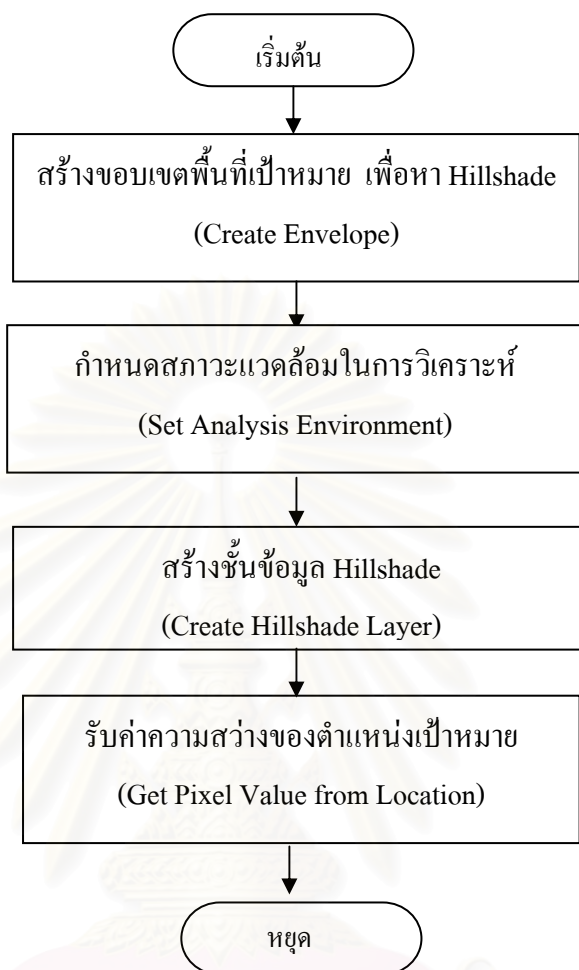
    If (pObserver.Z - g_DEM.GetElevation(pObserver)) >= 300 Then
        chkClearance = True
    End If

End Function
```

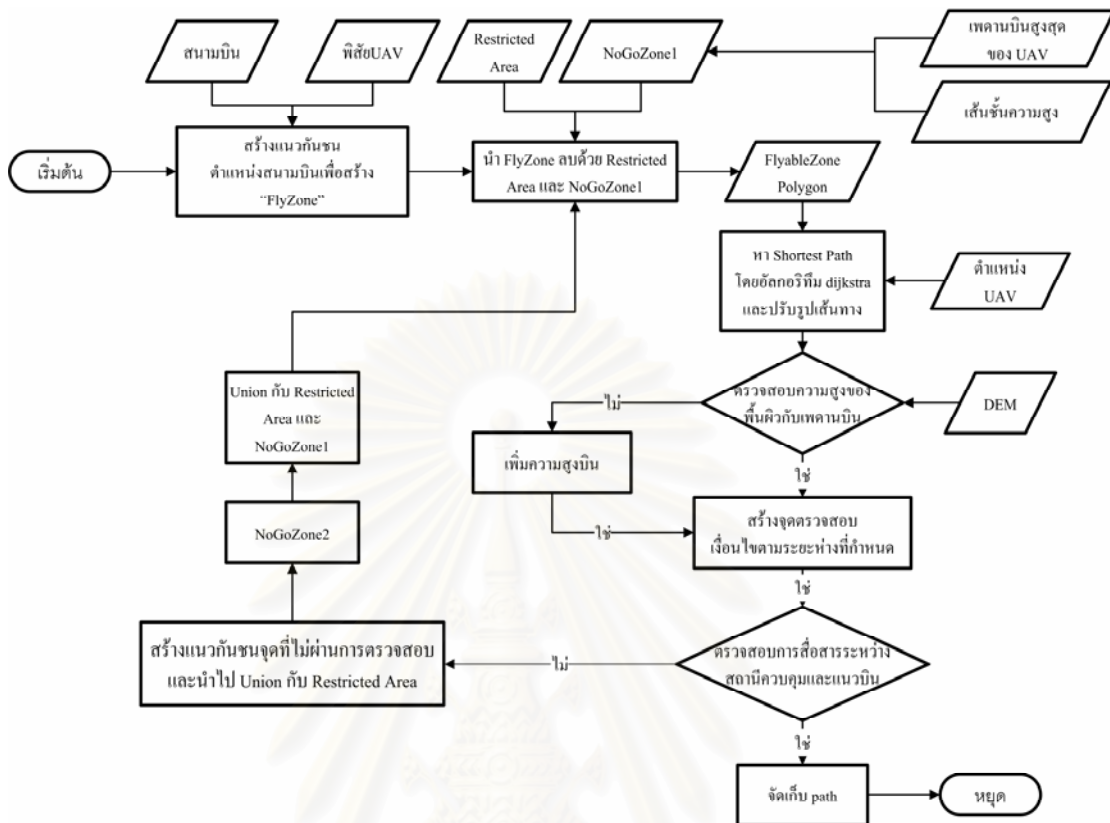
2) Flow Chart แสดงการตรวจสอบวันและเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติการกิจ



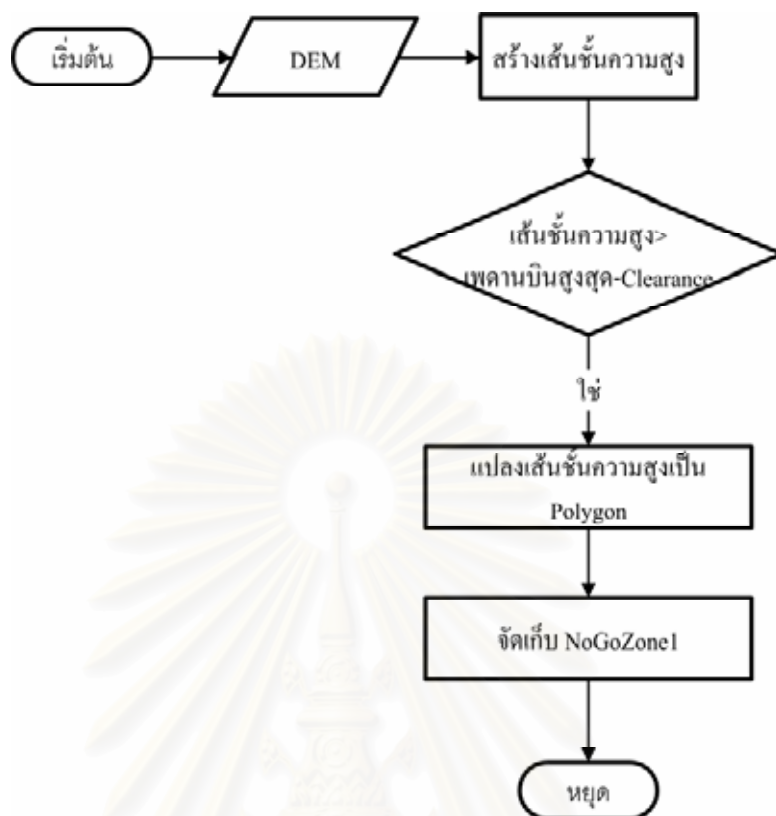
3) Flow Chart การหาค่าความสว่างของเป้าหมาย



4)Flow Chart ในการสร้างเส้นทางบิน

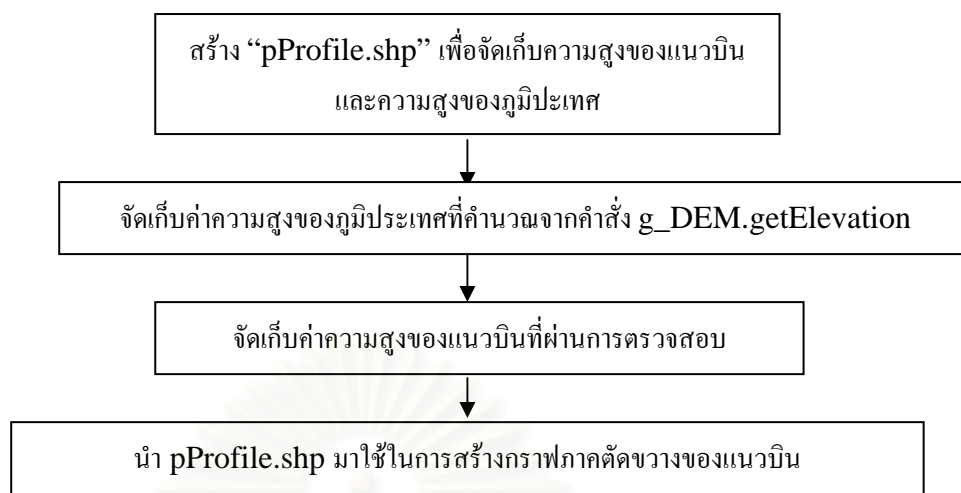


5) Flow Chart ในการสร้าง NoGoZone1



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) Flow Chart การสร้างภาพตัดขวางแนวนิน

คำสั่งที่ใช้ในการสร้างกราฟภาคตัดขวางแนวนิน

```

| create graph
Dim pDataGraphBase As IDataGraphBase
Dim pDataGraphT As IDataGraphT
Set pDataGraphBase = New DataGraphT
Set pDataGraphT = pDataGraphBase

' graph and legend titles
pDataGraphT.GeneralProperties.Title = "Flight Profile"
pDataGraphBase.name = "Profile"
Dim pSP As ISeriesProperties
'ความสูงของแนวนิน
Set pSP = pDataGraphT.AddSeries("line:vertical")
pDataGraphT.LegendProperties.Visible = False
pSP.colorType = esriGraphColorCustomAll

pSP.WhereClause = ""
pSP.SourceData = pLayer
pSP.SetField 0, "Dist"
pSP.SetField 1, "h"
Dim pSortFlds As IDataSortSeriesProperties
Set pSortFlds = pSP
Dim idx As Long
pSortFlds.AddSortingField "pos", True, idx
'ความสูงของภูมิประเทศ
Set pSP = pDataGraphT.AddSeries("line:vertical")
pDataGraphT.LegendProperties.Visible = False
pSP.colorType = esriGraphColorCustomAll
pSP.WhereClause = ""
pSP.SourceData = pLayer
pSP.SetField 0, "Dist"
pSP.SetField 1, "t"
Set pSortFlds = pSP
pSortFlds.AddSortingField "pos", True, idx
Dim pCancelTracker As ITrackCancel
Set pCancelTracker = New CancelTracker
pDataGraphT.Update pCancelTracker
pDataGraphT.ExportToFile sFileName
  
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจุฑาทิพย์ ธนภิตต์เมธาวุฒิ เกิดเมื่อวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ.2526 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาจากคณะอักษรศาสตร์ สาขาภูมิศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2548 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาตร์มหาบัณฑิต สาขาสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี 2548



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย