

การวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้แผนที่ 3 มิติ เพื่อเข้าช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน

The Most Efficient Route Analysis Using 3D Maps for Assistance to Aircraft Accident Victims

^{1#}เกรียงไกร ทานา และ ^{2*}จิตรพล แสงศิริ

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการการบิน กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหการ กองการศึกษา
โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

^{1#}Kriengkrai Thana, ^{2*}Jittraphon Sangsiri

^{1,2} Industrial Engineering and Aviation management Department Division of Education Navaminda Kasatriyadhiraj

Royal Air Force Academy

[#]Kriengkrai_thana@rtaf.mi.th, ^{*}Jittraphon19@gmail.com

Received : October 8, 2023

Revised : November 21, 2023

Accepted : November 23, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางจากแผนที่ 3 มิติที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ และ 2) เพื่อสนับสนุนโปรแกรมให้กรมปฏิบัติการพิเศษ กองทัพอากาศ นำไปใช้วิเคราะห์หาเส้นทางที่ปลอดภัยและใกล้ที่สุด ในการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยผู้วิจัยวิเคราะห์หาเส้นทางจากแผนที่ 3 มิติที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการแบบละโมบ (Greedy Algorithm) ในการเขียนชุดคำสั่งในการวิเคราะห์เพื่อหาเส้นทางที่ตรงตามข้อจำกัดในการหลีกเลี่ยงความชันที่มากกว่า 60 องศา โดยผลการวิจัย พบว่า โปรแกรมสามารถวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยานได้จริง ซึ่งโปรแกรมสามารถแสดงการหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีความชันมากกว่า 60 องศาได้ตรงตามข้อจำกัดของหน่วยค้นหาและช่วยชีวิตผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน ช่วยลดเวลาในการวางแผนของทีม และลดความล่าช้าในการเข้าช่วยชีวิต ผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน

คำสำคัญ: การวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด, แผนที่ 3 มิติ, ทฤษฎีการเลือกแบบละโมบ

Abstract

The purposes of this study were to 1) create and design programs to analyze for the most efficient route using 3D maps from unmanned aerial vehicles and 2) support the program for the Royal Thai Air Force Special Operations Regiment to utilize and assist in analyzing for the most efficient and shortest route to rescue aircraft accident victims. The researchers analyzed the route from 3D maps of which the data is collected on Khaomakok hill in the area of Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy, Muak Lek District, Saraburi Province. The researchers applied the Greedy Algorithm in compliance with the limitation to write instructions to analyze and avoid routes with a slope greater than 60 degrees. The results of the study revealed that the program was able to analyze and find the most effective route for assisting in the rescue of aircraft accident victims. The program can display avoidance of routes with a slope of more than 60 degrees to solve the limitations of aircraft accident search and rescue units, reduce team planning time and reduce the delay in saving the aircraft accident victims.

Keywords: The Most Efficient Route Analysis, 3D Maps, Greedy Algorithm

1. บทนำ

ตามยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ 20 ปี (พ.ศ.2561 - 2580) ในประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 เสริมสร้างสมรรถนะและความพร้อมในการป้องกันประเทศ กลยุทธ์ย่อย 2.10.5 “ศึกษา ค้นคว้า วิจัยและพัฒนาศาสตร์ด้านการยุทธสมัยใหม่ และพิจารณาแนวทางการประยุกต์ใช้ โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้และความเหมาะสมกับธรรมชาติของกองทัพอากาศ” และกลยุทธ์ย่อย 4.1.3 “ปฏิบัติการกิจเพื่อสนับสนุนการรักษาผลประโยชน์แห่งชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจการด้านการบินของประเทศ อาทิ การคุ้มครองน่านฟ้าและเส้นทางคมนาคมทางอากาศ และการค้นหาและช่วยชีวิตผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศในระดับประเทศและภูมิภาค” [1] จากยุทธศาสตร์กองทัพอากาศดังกล่าว หน่วยที่มีหน้าที่หลักด้านการค้นหาและช่วยเหลือชีวิตผู้ประสบเหตุทางอากาศยานของกองทัพอากาศ คือ กรมปฏิบัติการพิเศษ กองทัพอากาศ ซึ่งมีหน้าที่ในการค้นหาและช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุจากอากาศยานทั้งในพื้นที่ปกติและพื้นที่การรบ โดยเมื่อเกิดอุบัติเหตุทางอากาศยาน หน่วยค้นหาและช่วยเหลือกรมปฏิบัติการพิเศษมีขั้นตอนในการเข้าช่วยเหลือ 2 วิธี คือ 1) เข้าค้นหา และ 2) เข้าช่วยเหลือ โดยการค้นหานั้น แบ่งเป็น 2 วิธี ได้แก่ การติดตามจากการสื่อสารในพื้นที่สุดท้ายของการสื่อสารของนักบินและหอบังคับการบินจนถึงจุดที่ขาดการติดต่อ จะทำให้สามารถจำกัดพื้นที่ของจุดเกิดเหตุให้มีขอบเขตน้อยลง เพื่อที่จะสามารถลดเวลาในการค้นหาจุดประสบเหตุของอากาศยานได้เป็นอย่างมาก และอีกวิธีการหนึ่ง คือ ทำการค้นหาโดยติดตามสัญญาณจากกล่องดำ ซึ่งจะสามารถทราบถึงจุดเกิดเหตุได้ และทำการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุเป็นลำดับต่อไป ส่วนการช่วยเหลือนั้น ในปัจจุบันมีวิธีในการเข้าช่วยเหลือผู้ประสบเหตุทางอากาศยาน 3 วิธี โดยวิธีแรก คือการดูภูมิประเทศจากภาพถ่ายทางอากาศ วิธีที่สอง คือ วิเคราะห์จาก Google Earth ซึ่งจะได้ข้อมูลเป็นภาพถ่ายจากดาวเทียมมุมสูง และวิธีสุดท้าย คือ การขอความร่วมมือจากชาวบ้านที่มีความชำนาญในพื้นที่ในการเข้าไปช่วยเหลือ เพื่อจะได้ทราบถึงเส้นทางที่ชาวบ้านในพื้นที่ใช้ว่าในพื้นที่ที่เกิดอุบัติเหตุ ชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในพื้นที่นั้นมีเส้นทางในการเดินเข้าไปพื้นที่ดังกล่าวอย่างไร เพื่อนำไปใช้ในการช่วยเหลือต่อไป ซึ่งทั้งสามวิธีนี้เป็นเพียงการลองผิดลองถูกของตัวผู้ปฏิบัติเอง ซึ่งจะทำให้ต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างมาก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการหาจุดเกิดเหตุที่แน่นอนและรวดเร็วที่สุดเพื่อทำการช่วยเหลือผู้ประสบภัยและหาวิธีในการแก้ไข รวมไปถึงการขนย้ายผู้ประสบภัยออกจากพื้นที่ [2] เพื่อลดผลกระทบอย่างร้ายแรงทั้งด้านชีวิตของผู้ประสบภัยและในด้านของงบประมาณในการซ่อมแซมอากาศยาน [3]

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาวิธีการวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้ภาพแผนที่ 3 มิติ เพื่อเข้าช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยการนำข้อมูลที่ได้จากภาพแผนที่ 3 มิติ มาทำการวิเคราะห์หาข้อจำกัด (Constraints) ในการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ และนำข้อจำกัดต่าง ๆ นั้น มาประมวลผลแสดงถึงผลดีและผลเสียของแต่ละเส้นทาง เพื่อคำนวณหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่สุดและเร็วที่สุด ให้กับกรมปฏิบัติการพิเศษ กองทัพอากาศ ในการปฏิบัติการกู้คืนหาและช่วยเหลือชีวิตผู้ประสบเหตุทางอากาศยานของกองทัพอากาศต่อไป

2. ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา วิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้แผนที่ 3 มิติ เพื่อเข้าช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยทำการศึกษาในบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ขนาด 3.6 ตารางกิโลเมตร เฉพาะกรณีทราบตำแหน่งที่แน่นอนของอากาศยานที่เกิดอุบัติเหตุ

3. การทบทวนวรรณกรรม

3.1 ทฤษฎีการเลือกแบบละโมภ (Greedy Algorithm)

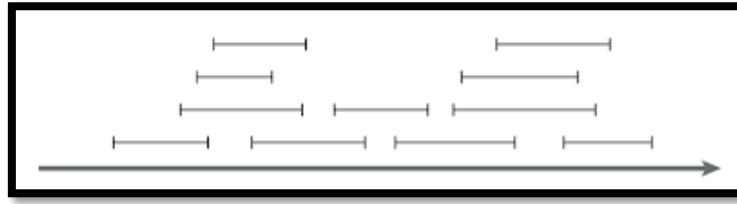
3.1.1 ความหมายของวิธีการเลือกแบบละโมภ (Greedy Algorithm)

วิธีการเลือกแบบละโมภ เป็นขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาเคสละโมภแบบมีหลักการ โดยพิจารณาว่าข้อมูลที่มีอยู่ในขณะนั้นมีทางเลือกใดที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าที่สุด ขั้นตอนวิธีประเภทละโมภจะหาทางเลือกที่ดีที่สุดในขณะนั้น ซึ่งถ้าข้อมูลขณะนั้นเพียงพอที่จะทำให้สรุปคำตอบที่ดีที่สุด จะได้ขั้นตอนวิธีที่มีประสิทธิภาพ โดยยึดเงื่อนไข (แบบคาดเดา) และทำซ้ำไปสู่เป้าหมายในที่สุด หรือจะเรียกได้ว่าเคสอย่างมีหลักการ เพื่อจะหาคำตอบได้ โดยไม่ได้สนใจข้อมูลหรือความเร็วในการประมวลผลแต่อย่างใด เป็นแค่ขั้นตอนวิธีเพื่อหาเป้าหมายหรือผลลัพธ์รูปแบบหนึ่ง โดยกระบวนการ คือ การสร้างเงื่อนไขที่ดีที่สุดเพื่อไปสู่เป้าหมายได้ โดยทั่วไปจะใช้ขั้นตอนวิธีประเภทละโมภกับปัญหาเหมาะสมที่สุด Optimization Problem เพราะว่าการตัดสินใจว่าทางเลือกในปัจจุบันมีค่าตอบแทนมากที่สุดหรือน้อยที่สุดหรือไม่ [4]

3.1.3 การออกแบบขั้นตอนวิธีการเลือกแบบละโมภ

ตัวอย่างปัญหาที่จะใช้ออกแบบปัญหา Interval Scheduling สมมติให้มีทรัพยากรอย่างหนึ่ง ซึ่งมีคนต้องการที่จะขอใช้ทรัพยากรดังกล่าวในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยแต่ละคนจะมีการร้องขอใช้ทรัพยากรตั้งแต่เวลา s จนถึงเวลา f เนื่องจากทรัพยากรที่มีนั้น สามารถรองรับการใช้งานให้คนเดียวเท่านั้นในช่วงเวลาต่าง ๆ จึงจำเป็นจะต้องรับข้อเรียกร้องในการใช้ทรัพยากรนี้สำหรับบางคน และปฏิเสธข้อเรียกร้องของคนอื่น เพื่อให้คนที่อนุญาตสามารถเข้ามาใช้ทรัพยากรโดยไม่มีช่วงเวลารบกวนกัน เป้าหมายของปัญหานี้คือ ต้องเลือกตอบรับข้อเรียกร้องใดบ้างจึงจะสามารถตอบรับข้อเรียกร้องได้เป็นจำนวนมากที่สุด [5]

ทั้งนี้แทนคำเรียกร้องเป็นจำนวนเท่ากับ n ได้แก่ คำเรียกร้องที่ $1, 2, \dots, n$ ซึ่งสำหรับคำเรียกร้องที่ i ต้องการใช้ทรัพยากรตั้งแต่เวลา s_i จนถึง f_i โดย $s_i < f_i$ สำหรับทุก ๆ คำ i กล่าวได้ว่าข้อเรียกร้อง i กับ j สอดคล้องกัน ถ้าเวลาที่ต้องการใช้ไม่ซ้อนทับกัน นั่นคือ i กับ j จะสอดคล้องกัน เมื่อ $f_i \leq s_j$ หรือ $f_j \leq s_i$ ซึ่งจะเรียกสับเซต A ของข้อเรียกร้องทั้งหมดว่าเป็นสับเซตที่สอดคล้องถ้าทุก ๆ คู่ i, j ใน A นั้นสอดคล้องกันทั้งหมด สิ่งที่ต้องการคือสับเซตของข้อเรียกร้องที่สอดคล้องกันที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ดังแสดงให้เห็นตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างปัญหา Interval Scheduling (Kleinberg and Tardos, 2014) [5]

ขั้นตอนแรก คือ การเลือกรับข้อเรียกร้องที่เริ่มต้นเร็วที่สุดนั่นคือเลือกคำเรียกร้องที่มีค่า s_i น้อยที่สุด ซึ่งจะ ทำให้ทรัพยากรเริ่มการใช้งานเร็วที่สุด หากลองสังเกตแนวคิดนี้ จะเห็นว่าวิธีการนี้ไม่ได้รับประกันว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเสมอ ถ้าคำร้องขอที่เริ่มต้นก่อนเป็นคำร้องขอที่ใช้เวลานานมาก ๆ อาจจะทำให้เสียคำร้องขอสั้น ๆ จำนวนมากที่ใช้เวลาซ้อนทับกับคำร้องขอแรกไปได้

จากการวิเคราะห์ดังกล่าว ทำให้ได้แนวคิดใหม่ว่าจะเลือกรับคำร้องขอที่ใช้ช่วงเวลาน้อยที่สุดก่อน นั่นคือ เลือกคำร้องขอที่มีค่า $t_i - s_i$ น้อยที่สุดก่อน แนวคิดนี้น่าจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแนวคิดแรก แต่ก็ยังไม่รับประกันว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเสมออยู่ดี ตัวอย่างเช่น ถ้ามีคำร้องขอสามรายการ โดย $(s_1, t_1) = (1, 5)$, $(s_2, t_2) = (6, 10)$, และ $(s_3, t_3) = (4, 7)$ จะเห็นว่า เมื่อรับคำร้องขอที่สามที่ใช้เวลาน้อยที่สุดจะทำให้ไม่สามารถรับคำร้องขออื่น ได้เลย เนื่องจากใช้เวลาซ้อนทับกับคำร้องขอที่สามทั้งนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จึงรับได้เพียงคำร้องขอเดียว ในขณะที่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด คือ การรับคำร้องขอที่ 1 และ 2 ได้เป็นจำนวนเท่ากับ 2 หากเลือกรับคำร้องขอที่ใช้เวลาซ้อนทับกับคำร้องอื่นเป็นจำนวนน้อยที่สุดก่อน อาจได้ผลลัพธ์ที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด

สำหรับปัญหา Interval Scheduling นี้ แนวคิดเชิงขั้นตอนวิธีประเภทละโมภที่ให้ผลลัพธ์เป็นคำตอบที่ดีที่สุดเสมอ คือ การเลือกรับคำร้องขอที่มีเวลาสิ้นสุด t_i น้อยที่สุดก่อน หลังจากนั้นให้ตัดคำร้องขอที่ใช้เวลาซ้อนทับกับคำร้องขอที่ตอบรับแล้วทิ้งไป เนื่องจากไม่สามารถตอบรับได้ จากนั้นเลือกรับคำร้องขอที่มีเวลาสิ้นสุดน้อยที่สุด แนวคิดนี้ค่อนข้างเป็นธรรมชาติ เนื่องจากหากเลือกรับคำร้องขอที่สิ้นสุดเร็วก็จะมีเวลาสำหรับรับคำร้องขออื่น ๆ ได้มากขึ้น [5] อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ให้เห็นแนวคิดนี้ให้คำตอบที่ดีที่สุดเสมอ นั้น อาจยังไม่ชัดเจน และเพื่อรับประกันคำตอบที่ได้ จึงจำเป็นต้องพิสูจน์ให้เห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นดีที่สุดเสมอ

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกวิธีการเลือกแบบละโมภในการเขียนชุดคำสั่ง เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย และสามารถคำนวณผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยทำให้ได้ข้อมูลในการพิจารณาตัดสินใจเลือกเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่นั้น กล่าวคือ เส้นทางที่ใกล้ที่สุดในการเดินทางเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบเหตุทางอากาศยาน และเป็นเส้นทางที่ปลอดภัย โดยมีความชันที่น้อยกว่า 60 องศา ตามข้อจำกัดของหน่วยค้นหาและช่วยชีวิตผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน [5]

3.2 ระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information Systems)

3.2.1 ความหมายของระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information Systems: GIS) มาก

ระบบภูมิสารสนเทศ หรือระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา จะถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและรายละเอียดของข้อมูลนั้น ๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามต้องการ [6] ซึ่งระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) ได้มีผู้ให้ความหมายไว้หลายความหมาย ซึ่งจะนำมาแสดงไว้ได้ดังนี้

Federal Interagency Coordinating Committee (1990) [7] ให้คำจำกัดความระบบภูมิสารสนเทศว่า “ระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) เป็นระบบของคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อการจัดเก็บ การจัดการ

การจัดทำ การวิเคราะห์ การทำแบบจำลอง และการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ขึ้นที่ เพื่อแก้ปัญหาการวางแผนที่ซับซ้อน และปัญหาในการจัดการ”

Wisconsin State Cartographer's Office (2002) [8] ได้ให้ความหมายของระบบภูมิสารสนเทศ โดยอ้างอิงจากองค์ประกอบของระบบฯ ไว้โดยสรุปว่า “ระบบภูมิสารสนเทศ ประกอบไปด้วย ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) ข้อมูล (Data) หน่วยงานหรือองค์กร (Organizations) และผู้เชี่ยวชาญ (Professionals) ทำงานร่วมกันในการวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์

“ระบบภูมิสารสนเทศเป็นระบบโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้ในการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูลรูปทรงพื้นฐานของวัตถุทุกอย่างบนพื้นผิวโลก (Spatial) เกี่ยวกับระบบ แผนที่ รูปถ่ายทางอากาศ และแผนผังต่าง ๆ ของลักษณะภูมิประเทศ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น สิ่งเหล่านี้สามารถแปลความออกมาเป็นรหัสอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเรียกออกมาใช้งาน แก้ไข และวิเคราะห์ข้อมูลได้” แต่จากการสำรวจอัตราส่วนในการนำไปใช้ประโยชน์ถือว่าประสบความสำเร็จน้อยมาก ทั้งนี้ เนื่องจากมีปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์เป็นส่วนใหญ่ และการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องเพราะข้อมูลที่บันทึกไว้อาจผิดพลาดได้ ซึ่งเป็นเรื่องของคณิตศาสตร์และซอฟต์แวร์ (ครรชิต มาลัยวงศ์, 2529) [9]

โดยสรุปกล่าวได้ว่า ระบบภูมิสารสนเทศ หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการรวบรวม การจัดเก็บบันทึก การวิเคราะห์ การทำแบบจำลอง และการแสดงผลข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ หรือเชิงพื้นที่ซึ่งมีตำแหน่งอ้างอิง

3.2.2 องค์ประกอบของระบบภูมิสารสนเทศ

องค์ประกอบของระบบภูมิสารสนเทศ โดยหลักการแล้วจะประกอบด้วย 5 ส่วน คือ องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์ องค์ประกอบด้านซอฟต์แวร์ หน่วยงานหรือตัวบุคคล วิธีการปฏิบัติงาน และข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้ [10]

3.2.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) คือ เครื่องมือที่เป็นองค์ประกอบที่สามารถจับต้องได้ ได้แก่ ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ จอภาพ สายไฟ เป็นต้น

3.2.2.2 ซอฟต์แวร์ (Software) คือ โปรแกรมหรือชุดคำสั่ง ที่สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน ตามที่ต้องการ เช่น MS-DOS, MS-WINDOWS, Word และ โปรแกรมเฉพาะทางด้านระบบภูมิสารสนเทศ เช่น ArcView, MapInfo เป็นต้น

3.2.2.3 บุคลากร (People) คือ ผู้มีหน้าที่จัดการให้องค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ วิธีการปฏิบัติงาน และข้อมูล สามารถทำงานประสานกันจนได้ผลลัพธ์ออกมา

3.2.2.4 วิธีการปฏิบัติงาน (Methodology หรือ Procedure) คือ ขั้นตอนการทำงาน หรือ วิธีการในการนำเข้าการจัดเก็บ และการวิเคราะห์ของแต่ละหน่วยงานในการปฏิบัติการของระบบภูมิสารสนเทศ ซึ่งผู้ใช้งานจะเป็นผู้กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์จัดการกับข้อมูล เพื่อให้ตอบสนองวัตถุประสงค์ของการทำงานในหน่วยงานนั้น

3.2.2.5 ข้อมูล (Data) คือ ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นที่ได้จากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ หรือ ทุติยภูมิ แล้วนำมาจัดเป็นระบบเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ ให้ทำการประมวลผลเป็นผลลัพธ์ออกมา เช่น ชื่อ-สกุล ผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลทางเศรษฐกิจ สังคม วิถีชีวิตความเป็นอยู่ หรือเทคโนโลยีชาวบ้าน ภูมิปัญญาชาวบ้าน เป็นต้น

ทั้งนี้ องค์ประกอบทั้งหมดจะต้องอาศัยระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยงานในการจัดการระบบภูมิสารสนเทศ กล่าวคือ ระบบคอมพิวเตอร์ หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้งาน โดยมีองค์ประกอบหลายประการทำงานประสานกัน เพื่อจัดการกับข้อมูลต่าง ๆ ให้ได้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบที่ต้องการ ผลลัพธ์ที่ได้มานี้เราเรียกว่า “สารสนเทศ” หรือ “Information” เพราะการที่จะนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาประมวลผลข้อมูลให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการนั้น จำเป็นต้องมีองค์ประกอบต่าง ๆ มาทำงานร่วมกัน

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการวิเคราะห์หาเส้นทางภาคพื้นที่เหมาะสมมากที่สุดสำหรับภารกิจเดินเท้า เพื่อเข้าค้นหาและช่วยชีวิตจากอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยใช้แผนที่ 3 มิติ ดังนี้

เพชรญา สุวรรณโชติ และ นาถนเรศ อากาศสุวรรณ (2561) [11] ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการแสดงแผนที่เส้นทางที่เหมาะสม เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ ในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต: กรณีศึกษาเขตพื้นที่เทศบาลนครสงขลา และเทศบาลเมืองเขารูปช้าง จังหวัดสงขลา ซึ่งได้พัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนที่เส้นทางที่เหมาะสมในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ และเพื่อออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม ในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ อีกทั้งสามารถแสดงเส้นทางเพื่อไปรับผู้ป่วยยังจุดเกิดเหตุ และนำผู้ป่วยไปส่งโรงพยาบาล โดยการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางนี้ใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดทำงานร่วมกับระบบฐานข้อมูล PostgreSQL/PostGIS เพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างถนน และแสดงเส้นทางที่ดีที่สุดจากการวิเคราะห์บนเว็บเบราว์เซอร์ และสามารถใช้งานร่วมกับ ArcGIS Online ได้อย่างลงตัว ผลจากการวิจัย พบว่า เมื่อผู้ใช้บริการเริ่มค้นหาตำแหน่งของผู้ป่วยฉุกเฉินบนเว็บไซต์ ระบบจะทำการเชื่อมต่อกับ Google Maps API เพื่อแสดงแผนที่และข้อมูลต่าง ๆ ประกอบแผนที่ พร้อมทั้งให้ข้อมูลด้านอื่น ๆ เช่น การค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสม เส้นทางการเดินทางจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งทำให้สามารถค้นหาตำแหน่งผู้ป่วยฉุกเฉินได้รวดเร็วกว่าเดิม

กันยัณทิตมา ตาปะบุตร และคณะ (2561) [12] ได้ศึกษาวิจัยการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างแบบจำลอง เพื่อจัดสรรจุดจอดรถฉุกเฉินสำหรับบริการผู้สูงอายุ อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามด้านสุขภาพ กับการใช้บริการรถฉุกเฉิน ใช้สถิติร้อยละ วิธีการวิเคราะห์ขอบเขตการให้บริการรถฉุกเฉินแบบ Service Area โดยใช้ปัจจัยในด้านระยะทางและระยะเวลาในการให้บริการตามดัชนีสมรรถนะ (Key Performance Index, KPI) และแบบจำลองที่ตั้งใหม่ของจุดจอดรถฉุกเฉินแบบ Location-Allocation พบว่า ความหนาแน่นของกลุ่มผู้สูงอายุเสี่ยง ต่อการให้บริการรถฉุกเฉิน 157 จุดต่อขนาดพื้นที่ 400 ตารางเมตร ส่วนใหญ่อยู่บริเวณตำบลปลาตูก ตำบลชื่นชม ตำบลเหล่าดอกไม้ และตำบลหนองกง คิดเป็นร้อยละ 28.6, 27.4, 23.6 และ 20.4 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ขอบเขตการให้บริการของรถฉุกเฉิน พบว่า การให้บริการภายในเวลา 8 นาที สามารถให้บริการผู้สูงอายุได้ จำนวน 2,453 คน ภายในเวลา 10 นาที สามารถให้บริการผู้สูงอายุได้ จำนวน 2,501 คน และภายในเวลา 12 นาที สามารถให้บริการผู้สูงอายุได้ จำนวน 2,511 คน แต่กลับพบว่าปัจจุบันการให้บริการจุดจอดรถบริการรองรับได้ 3,241 คน ซึ่งไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ จึงสร้างแบบจำลองเพื่อจัดสรรจุดจอดรถฉุกเฉินที่เหมาะสมและครอบคลุมพื้นที่ พบว่า ต้องเพิ่มจุดจอด 3 จุด คือ บริเวณตำบลชื่นชม 2 จุด และตำบลปลาตูก 1 จุด ทำให้สามารถรองรับประชากรที่กำลังเข้าสู่วัยผู้สูงอายุและอาจเป็นกลุ่มที่มีสถานะเสี่ยงต่อการใช้รถฉุกเฉินในอนาคตที่เพิ่มขึ้นได้

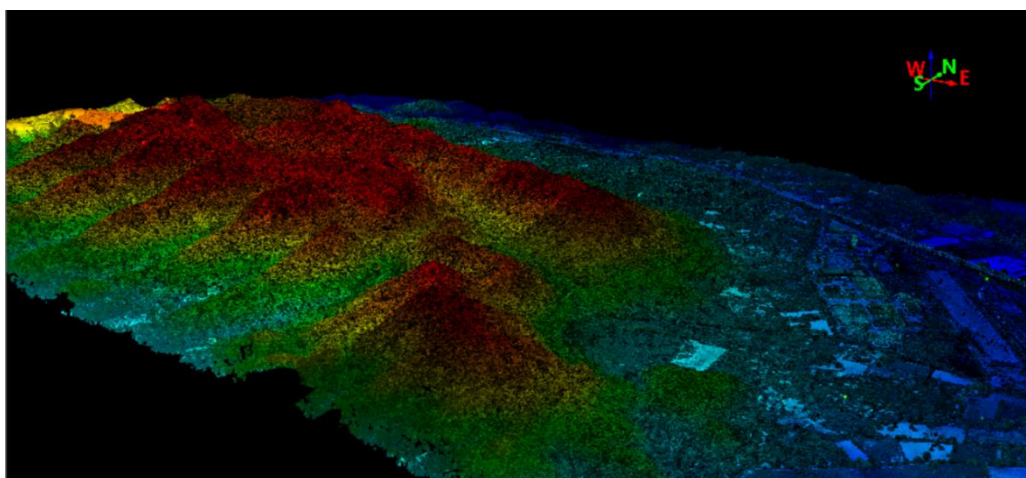
พัชรา รักษาภม (2559) [13] ได้พัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก โดยได้พัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ขึ้น ซึ่งสามารถค้นหาตำแหน่งบ้านผู้ป่วยฉุกเฉินที่ลงทะเบียนไว้กับโรงพยาบาลพุทธชินราชพิษณุโลก ค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมในการนำรถฉุกเฉินที่เหมาะสมกับอาการของผู้ป่วยไปรับผู้ป่วยยังจุดเกิดเหตุและนำผู้ป่วยส่งยังโรงพยาบาลที่เหมาะสมกับกลุ่มอาการของผู้ป่วยได้ ซึ่งการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางนี้ใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open Source Software for Geospatial: FOSS4G) ในการพัฒนาระบบ ใช้เครื่องมือ pgRouting algorithm ในการทำงานร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL/PostGIS เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระบบโครงข่ายถนน ผลการศึกษาพบว่า ระบบค้นหาเส้นทางที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้ในการค้นหา ตำแหน่งบ้านผู้ป่วยฉุกเฉิน จุดให้บริการรถฉุกเฉิน โรงพยาบาลต่าง ๆ ได้ เมื่อผู้ป่วยเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ระบบค้นหาเส้นทางสามารถค้นหาตำแหน่งเกิดเหตุและเส้นทางในการเดินทางไปยังตำแหน่งดังกล่าวและนำผู้ป่วยส่งยังโรงพยาบาลได้ทันเวลาที่ ซึ่งได้นำข้อมูลตำแหน่งบ้านผู้ป่วยมาวิเคราะห์ร่วมกับพื้นที่ จากนั้นนำมาแสดงในรูปแบบของ OGC Web Service (OWS) ตามมาตรฐานของ Open Geospatial Consortium (OGC) เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

4. การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้แผนที่ 3 มิติเพื่อเข้าช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยานนั้น ทำการศึกษาในบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ขนาด 3.6 ตารางกิโลเมตร โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

4.1 เก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ติดอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพและแสงในการวัดความสูงระหว่างอากาศยานไร้คนขับและภูมิประเทศ (LIDAR)

ขั้นตอนแรกของงานวิจัยนี้ คือ การเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยเป็นการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่แบบจุดบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ซึ่งอ้างอิงจากกรมป่าไม้ มีพื้นที่ประมาณ 5,000 ไร่ โดยในการเก็บข้อมูลพื้นที่ที่จะนำมาทำเป็นแผนที่ 3 มิติจำเป็นต้องเก็บข้อมูลแบบจุดเสียก่อน เมื่อทำการเก็บข้อมูลแบบจุดแต่ละจุด ๆ จนครอบคลุมพื้นที่เขามะกอกแล้ว ก็จะนำข้อมูลแบบจุดทั้งหมดที่เก็บมานำมารวมกันจนกลายเป็นแผนที่ 3 มิติ ซึ่งวิธีการในการเก็บข้อมูลพื้นที่แบบจุดแต่ละจุด ๆ ทำโดยใช้อากาศยานไร้คนขับหรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า UAV (unmanned Aerial Vehicle) ทำการติดอุปกรณ์ LIDAR (Light Detection and Ranging) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยกล้องถ่ายภาพเพื่อเก็บภาพลักษณะภูมิประเทศและสามารถวัดความสูงระหว่างอากาศยานไร้คนขับกับภูมิประเทศได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า LIDAR โดยหลักการทำงานของอุปกรณ์ตัวนี้ คือ การปล่อยลำแสงออกจากอุปกรณ์ LIDAR ให้ลำแสงเดินทางไปตกกระทบกับลักษณะภูมิประเทศ เมื่อลำแสงกระทบกับภูมิประเทศแล้วจะสะท้อนกลับและเดินทางกลับมายังอุปกรณ์ LIDAR ซึ่งจะได้ออกมาเป็นเวลาในการเคลื่อนที่ของลำแสงออกจาก LIDAR และเดินทางกลับมายัง LIDAR อีกหนึ่งครั้ง ทั้งนี้ สามารถนำเวลาที่ได้ไปคำนวณให้กลายเป็นความสูงต่ำของภูมิประเทศได้นั่นเอง โดยผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเชิงพื้นที่แบบจุดบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก และได้รวมข้อมูลแต่ละจุดในพื้นที่จนได้แผนที่ 3 มิติ ซึ่งจะสามารถทราบถึงความสูงต่ำของแต่ละพื้นที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนที่ 3 มิติของบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก

4.2 การสร้างชุดคำสั่งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต

ผลการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนแรก ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นแผนที่ 3 มิติของบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก แต่ข้อมูลนี้ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้ เนื่องจากทราบข้อมูลแค่เพียงความสูงต่ำบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก แต่ไม่สามารถทราบได้ว่า พื้นที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแบบใด ซึ่งในการวิเคราะห์หาเส้นทาง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบอย่างละเอียดว่าจุดแต่ละจุดในบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ตั้งอยู่บนละติจูดที่เท่าไร ลองจิจูดที่เท่าไร และมีความสูงที่เท่าไร จึงต้องทำการสร้างชุดคำสั่ง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต โดยมีขั้นตอนย่อย ดังนี้

4.2.1 การเปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ 3 มิติให้กลายเป็นข้อมูลละติจูดของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล (แกน X) ข้อมูลลองจิจูดของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล (แกน Y) และข้อมูลความสูงของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล (แกน Z) ซึ่งวิธีการในการจะเปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ 3 มิติ ให้กลายเป็นพิกัดนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่วยในการเปลี่ยน โดยงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม Global Mapper เป็นเครื่องมือในการช่วยเปลี่ยนจากแผนที่ 3 มิติ ให้กลายเป็นพิกัด โดยวิธีในการเปลี่ยนคือ ทำการบันทึกไฟล์ โดยการใช้คำสั่ง file>export>export elevation grid format และให้เลือกข้อมูลที่ต้องการจะบันทึกออกมาให้เป็น XYZ Grid ซึ่งข้อมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นข้อมูลพิกัด

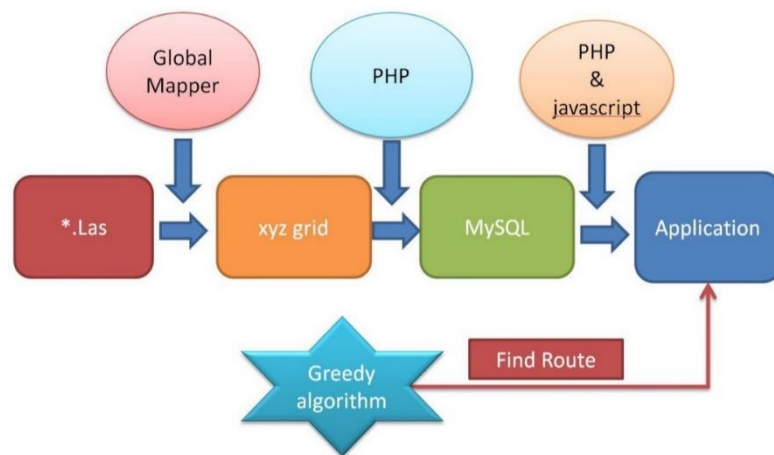
4.2.2 การสร้างระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) โดยการใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ PHP ในการเชื่อมข้อมูลพิกัดลงในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขั้นตอนนี้เป็นการนำชุดตัวเลขที่ได้ในขั้นตอน 2.1 มาจัดเก็บลงในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยในการจัดทำฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขึ้นมานั้น ผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือในการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ซึ่งก็คือระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ หรือที่เรียกว่า โปรแกรม MySQL ระบบนี้จะนำข้อมูลชุดตัวเลขที่ได้มาเข้าไปจัดเก็บไว้เพื่อนำมาใช้ในการเขียนชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทาง แต่ในการนำข้อมูลชุดตัวเลขเข้าไปจัดเก็บในระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) ต้องใช้เครื่องมือช่วยในการเชื่อมต่อระหว่างชุดตัวเลขกับฐานข้อมูล ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะทำการใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ PHP ในการที่จะเชื่อมต่อข้อมูลชุดตัวเลขลงในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ได้

4.2.3 การเขียนชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทาง โดยใช้วิธีแบบละโมบ เป็นวิธีอ้างอิงในการหาเส้นทางเมื่อมีระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) ของพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ที่สามารถทราบถึงพิกัดละติจูด ลองจิจูด และความสูงของจุด ๆ หนึ่ง แต่ยังคงขาดวิธีการที่จะค้นหาเส้นทางที่จะเข้าไปช่วยชีวิต จึงเป็นที่มาของขั้นตอนที่สี่ คือการเขียนชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทาง โดยในการเขียนชุดคำสั่งของงานวิจัยขึ้นนี้จะอ้างอิงวิธีแบบละโมบ ซึ่งให้พิจารณาว่าในขณะนั้นเส้นทางรอบตัวเส้นทางใดเป็นเส้นทางที่เลือกเดินไปแล้วจะมีความชันน้อยที่สุดก็ให้เลือกเดินเส้นทางดังกล่าวและเมื่อเดินไปอีก 22.2 เมตรให้ใช้วิธีการละโมบอีก เพื่อพิจารณาว่าในขณะนั้นมีเส้นทางรอบตัวเส้นทางใดที่เมื่อเลือกเดินแล้วมีความชันน้อยที่สุดอีก ก็จะเลือกเดินเส้นทางนั้น โดยพิจารณาเลือกเดินแบบนี้ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งจะมีผลลัพธ์ออกมาเป็นชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทางนั่นเอง

4.2.4 การนำชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทางไปใช้กับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) เพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางที่ดีที่สุดขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเชื่อมโยงของทั้งชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทางกับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) โดยการทำงานนี้จำเป็นต้องใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการดึงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) ออกมาใช้ได้ ซึ่งภาษาชนิดนั้นก็คือภาษา PHP แต่ภาษาชนิดนี้จะไม่สามารถแสดงผลออกมาให้เห็นเป็นเส้นทางได้ จึงจำเป็นต้องใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์อีกภาษาหนึ่ง เพื่อช่วยในการแสดงผลออกมา

ให้เห็นเป็นเส้นทาง ซึ่งก็คือ ภาษา JavaScript โดยหลักการทำงานของทั้งสองภาษา ก็คือ ภาษา PHP จะทำการดึงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ออกมา ซึ่งจะสามารถระบุได้ว่าตำแหน่งที่ถูกกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้นและจุดเกิดอุบัติเหตุ มีค่าละติจูด ลองจิจูด และความสูงที่เท่าไร โดยเมื่อระบุจุดเริ่มต้นและจุดเกิดอุบัติเหตุเข้าไปแล้ว ภาษา PHP ก็จะไปทำการดึงชุดข้อมูลตัวเลขที่ถูกจัดเก็บอยู่ในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทาง และต่อมาเป็นหน้าที่ของภาษา JavaScript ในการประมวลผลในการวิเคราะห์หาเส้นทาง โดยใช้ชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุดที่ได้เขียนขึ้นในขั้นตอน 2.4 เพื่อวิเคราะห์และแสดงผลออกมาซึ่งเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุดในการเข้าไปช่วยเหลือ

โดยวิธีดำเนินการวิจัยดังกล่าวมา แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

5. ผลการวิจัย

จากการที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาชุดคำสั่งที่สามารถวิเคราะห์หาเส้นทางภาคพื้นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับภารกิจเดินเท้าเพื่อเข้าค้นหาและช่วยชีวิตจากอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยใช้แผนที่ 3 มิติ ผลการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ดิจิตอลอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพและสามารถวัดความสูงระหว่างอากาศยานไร้คนขับกับภูมิประเทศได้ (LIDAR) 2) การสร้างชุดคำสั่งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต และ 3) วิธีการใช้งานเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิตผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1 ผลการเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ดิจิตอลอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพและสามารถวัดความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ (LIDAR)

ผลการเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ดิจิตอลอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพและสามารถวัดความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ (LIDAR) จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นแผนที่ 3 มิติของบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมาวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนที่ของบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก

จากรูปที่ 4 จะทราบข้อมูลเพียงลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศเท่านั้น ซึ่งการคำนวณเส้นทางจำเป็นที่จะต้องทราบถึงตำแหน่ง ละติจูด ลองจิจูด และความสูง ของทุกจุดบนพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลที่ได้จากแผนที่ 3 มิติ เปลี่ยนเป็นข้อมูลเชิงพิกัด เพื่อที่จะสามารถสร้างชุดคำสั่งได้ในลำดับต่อไป

5.2 การสร้างชุดคำสั่งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต

5.2.1 เปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ 3 มิติ ให้กลายเป็นข้อมูลพิกัด ละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y) และ ความสูง (แกน Z)

การวิจัยในขั้นตอนนี้ คือ การเปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ 3 มิติที่ได้มา ให้กลายเป็นข้อมูลเชิงพิกัด ซึ่งพิกัดที่จะใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วย 1) ข้อมูลละติจูดของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล แทนด้วย แกน X 2) ข้อมูลลองจิจูดของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล แทนด้วย แกน Y และ 3) ข้อมูลความสูงของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล แทนด้วยแกน Z โดยแสดงดังรูปที่ 5

```

480150,1759850,471
480150,1759550,460
480150,1759250,516
480150,1758950,477
480150,1758650,465
480150,1758350,461
480150,1758050,454
480150,1757750,443
480150,1757450,450
480150,1757150,505
480150,1756850,520
480150,1756550,518
480150,1756250,532
480150,1755950,569
480150,1755650,638
480150,1755350,709
480150,1755050,749
480150,1754750,712
480150,1754450,760
480150,1754150,733
480150,1753850,788
480150,1753550,777
480150,1753250,749
480150,1752950,708
480150,1752650,652
480150,1752350,621
480150,1752050,580
480150,1751750,521

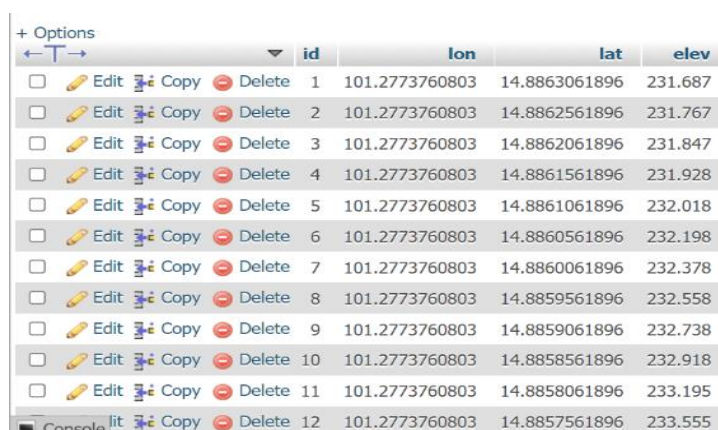
```

รูปที่ 5 การแสดงค่าของ ละติจูด, ลองจิจูด, ความสูง

เมื่อได้ข้อมูลพิกัด ละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y) และ ความสูง (แกน Z) แต่ยังไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปใช้เพื่อคำนวณเส้นทางได้ ซึ่งจะต้องทำการจัดเก็บข้อมูลเหล่านี้ในฐานข้อมูลก่อน ดังนั้นการที่จะทำให้ชุดตัวเลขนั้นสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อหาเส้นทางได้นั้น จำเป็นจะต้องทำการสร้างฐานข้อมูลที่จัดเก็บชุดข้อมูลเหล่านี้ลงไปได้เพื่อใช้ในการคำนวณเส้นทางต่อไป

5.2.2 การสร้างระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) โดยการใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ในการเชื่อมข้อมูลพิกัดลงในระบบฐานข้อมูล

ขั้นตอนนี้เป็นการนำชุดตัวเลขที่ได้ในขั้นตอนที่สองมาจัดเก็บลงในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยการจัดทำฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขึ้นมา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมา คือ ระบบข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่มีข้อมูลเชิงพิกัดของพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอแม่เหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งจะเป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่จะนำไปคำนวณเส้นทางที่เหมาะสมได้ต่อไป



	id	lon	lat	elev
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	1	101.2773760803	14.8863061896	231.687
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	2	101.2773760803	14.8862561896	231.767
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	3	101.2773760803	14.8862061896	231.847
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	4	101.2773760803	14.8861561896	231.928
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	5	101.2773760803	14.8861061896	232.018
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	6	101.2773760803	14.8860561896	232.198
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	7	101.2773760803	14.8860061896	232.378
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	8	101.2773760803	14.8859561896	232.558
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	9	101.2773760803	14.8859061896	232.738
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	10	101.2773760803	14.8858561896	232.918
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	11	101.2773760803	14.8858061896	233.195
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	12	101.2773760803	14.8857561896	233.555

รูปที่ 6 การจัดเก็บข้อมูลชุดตัวเลขลงในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL)

5.2.3 การเขียนชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทาง โดยใช้วิธีแบบละโมบ เป็นวิธีอ้างอิงในการหาเส้นทาง

ขั้นตอนนี้ คือ การนำทฤษฎีแบบละโมบไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัย ซึ่งจำเป็นที่จะต้องเขียนชุดคำสั่งขึ้นมาเพื่อให้ชุดคำสั่งวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียด ดังนี้

5.2.3.1 การกำหนดจุดเริ่มต้นของการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ ในขั้นตอนนี้ชุดคำสั่งจะทำการเก็บข้อมูลพิกัดละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y), ความสูง (แกน Z) ของจุดเริ่มต้นในการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ

5.2.3.2 การกำหนดเป้าหมายในการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ ในขั้นตอนนี้ชุดคำสั่งจะทำการเก็บข้อมูลพิกัดละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y), ความสูง (แกน Z) ของเป้าหมายในการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ

5.2.3.3 การกำหนดทิศทางในการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุด ในขั้นตอนนี้ชุดคำสั่งจะทำการกำหนดทิศทางในการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ และเป็นการพิจารณาเส้นทางที่จะเลือกเดิน ให้เป็นเส้นทางที่มีความสั้นน้อยกว่า 60 องศา

5.2.3.4 การวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุด ในขั้นตอนนี้ชุดคำสั่งจะแสดงออกมาเป็นเส้นทางที่จะนำไปใช้ในการค้นหาและช่วยเหลือต่อไป

5.3 วิธีการใช้งานเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต

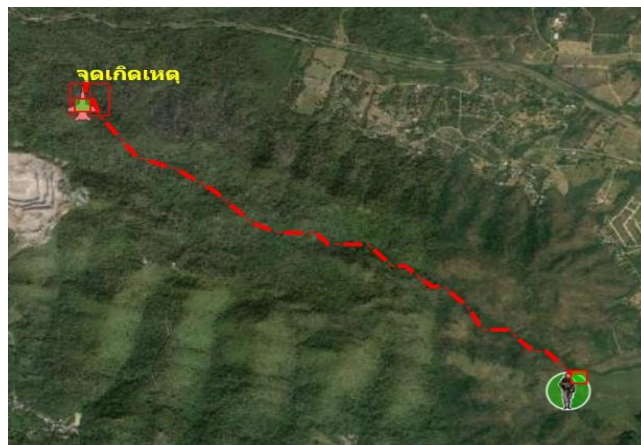
เมื่อทำการรวมข้อมูลชุดคำสั่งในการกำหนด และคำนวณหาเส้นทางร่วมกับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) ผลลัพธ์ที่ได้คือ เครื่องมือที่ใช้ช่วยค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมในการกิจเดินเท้าเพื่อเข้าไปช่วยเหลือ ซึ่งมีวิธีการใช้งานดังต่อไปนี้

5.3.1 ในการจะเข้าไปใช้เครื่องมือในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม สามารถทำได้โดยเข้าไปที่ URL localhost/findRoute/web/Gis.php ซึ่งเมื่อทำการเข้าไปแล้วจะแสดงหน้าจอเครื่องมือที่สามารถใช้ในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม

5.3.2 ทำการเลือกจุดเริ่มต้นของการเข้าไปค้นหาและช่วยชีวิต โดยการคลิกขวาและเลือกไปที่เมนู Start Point หลังจากนั้นระบบจะทำการดึงข้อมูลจุดเริ่มต้นในฐานข้อมูลมาโดยอัตโนมัติ

5.3.3 ทำการเลือกจุดเกิดอุบัติเหตุในการเข้าไปค้นหาและช่วยชีวิต โดยการคลิกขวาและเลือกไปที่เมนู Target Point หลังจากนั้นระบบจะทำการดึงข้อมูลจุดเกิดอุบัติเหตุในฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติ

เมื่อระบบทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลของจุดเริ่มต้นและจุดเกิดอุบัติเหตุแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การวิเคราะห์หาเส้นทาง โดยการเลือกคำสั่งชื่อ Calculate Route เพื่อให้ระบบคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุดออกมา แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การแสดงเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุด

เมื่อได้เส้นทางที่ปรากฏในรูปที่ 7 แล้ว ก็สามารถนำเส้นทางที่ได้ไปใช้ในการวางแผนและปฏิบัติการกิจเข้าช่วยชีวิตได้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานหรือผู้วางแผนในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการกิจสามารถมองเห็นภาพรวมของเส้นทาง และมีทางเลือกวิธีในการปฏิบัติการกิจเพิ่มขึ้น

6. สรุป

งานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้แผนที่ 3 มิติเพื่อเข้าช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางจากแผนที่ 3 มิติ ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ และ 2) เพื่อสนับสนุน โปรแกรมให้กรมปฏิบัติการพิเศษนำไปใช้วิเคราะห์หาเส้นทางที่ปลอดภัย และใกล้ที่สุดในการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบเหตุทางอากาศยาน ซึ่งผู้วิจัยทำการศึกษาในพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิราชราช บริเวณเนินเขามะกอก อำเภอมากเหล็ก จังหวัดสระบุรี โดยมีขั้นตอนหลักในการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 1) การเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ดัด LIDAR และ 2) การสร้างชุดคำสั่งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

6.1 ผลการเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ดิจิตอลที่ใช้ในการถ่ายภาพและสามารถวัดความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ (LIDAR) จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นแผนที่ 3 มิติของบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก อย่างไรก็ตามผลการเก็บข้อมูลดังกล่าวจะทำให้ทราบเพียงลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศเท่านั้น แต่ไม่สามารถทราบถึงตำแหน่ง ละติจูด ลองจิจูด และความสูงของทุกจุดบนพื้นที่ได้ ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลที่ได้จากแผนที่ 3 มิติ เปลี่ยนเป็นข้อมูลเชิงพิกัด เพื่อที่จะสามารถสร้างชุดคำสั่งวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมในการเข้าไปช่วยชีวิตผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน

6.2 การสร้างชุดคำสั่งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต ประกอบด้วย

6.2.1 การเปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ 3 มิติ ให้กลายเป็นข้อมูลพิกัด ละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y), ความสูง (แกน Z) พบว่า เมื่อได้ข้อมูลพิกัด ละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y) และ ความสูง (แกน Z) แล้ว แต่ยังไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปใช้เพื่อคำนวณเส้นทางได้ ซึ่งจะต้องทำการจัดเก็บข้อมูลเหล่านี้ในฐานข้อมูลก่อน ดังนั้นการที่จะทำให้ชุดตัวเลขนี้นสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อหาเส้นทางได้นั้น จำเป็นจะต้องทำการสร้างฐานข้อมูลที่จัดเก็บชุดข้อมูลเหล่านี้ลงไปได้เพื่อใช้ในการคำนวณเส้นทางต่อไป

6.2.2 การสร้างระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) พบว่า ทำให้ได้โปรแกรมระบบข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่มีข้อมูลเชิงพิกัดของพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ซึ่งจะเป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่จะนำไปคำนวณเส้นทางที่เหมาะสมได้ต่อไป

6.2.3 การเขียนชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทาง โดยใช้วิธีแบบละโมบ เป็นวิธีอ้างอิงในการหาเส้นทาง พบว่า ทำให้ได้โปรแกรมที่สามารถวิเคราะห์หาเส้นทางที่ระยะเดินทางน้อยที่สุด และมีความชันน้อยกว่า 60 องศา ซึ่งเป็นการแก้ไขข้อจำกัดของหน่วยค้นหาและช่วยชีวิตในการปฏิบัติการอีกทั้งช่วยลดเวลาในการวางแผนของทีม เพื่อลดความล่าช้าในการเข้าช่วยชีวิต ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสูญเสีย จึงเป็นโปรแกรมวิเคราะห์หาเส้นทางที่ในการนำไปใช้ค้นหาและช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ในการตรวจสอบความถูกต้องผู้ใช้โปรแกรมควรที่จะลงไปสำรวจในพื้นที่จริง และใช้เครื่องมืออื่น ๆ เข้ามาช่วยในการตรวจสอบ เช่น GPS ภาพถ่ายทางอากาศ หรือปรึกษาผู้ชำนาญเส้นทาง เพื่อที่จะได้ทราบความคลาดเคลื่อนของเส้นทางที่โปรแกรมวิเคราะห์ออกมา

7.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยในอนาคตควรเพิ่มความละเอียดของข้อจำกัดในภูมิประเทศมาใช้ในการวิจัย เช่น แม่น้ำ ลำธาร ต้นไม้ใหญ่ หรือสิ่งกีดขวางเส้นทางอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเส้นทางที่มีความละเอียด ชัดเจนและเห็นภาพรวมของเส้นทางมากขึ้น จะช่วยให้การวางแผนและการตัดสินใจของผู้ปฏิบัติการทำได้อย่างครอบคลุมในทุกเรื่อง ตลอดจนงานวิจัยในอนาคตควรมีการประยุกต์ใช้กับการกิจอื่น ๆ ของกองทัพอากาศได้ เช่น การกิจการสำรวจพื้นที่ การกิจการรบ เป็นต้น

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอขอบคุณกองทัพอากาศและโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินท-กษัตริย์ราชที่มอบโอกาสและทุนวิจัย และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่พิจารณาและกลั่นกรองโครงการทุกท่านที่ได้กรุณาเสียสละเวลาในการให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ แก้ไข และติดตามความคืบหน้า จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลง นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการการบินที่กรุณาให้ความรู้ และให้คำปรึกษาในเรื่องขั้นตอนการดำเนินการวิจัย รวมถึงการสนับสนุนด้านต่าง ๆ จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] กองทัพอากาศ. (2561.) ยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ 20 ปี (พ.ศ.2561 - 2580). กองทัพอากาศ.
- [2] ประเสริฐ ทองเจริญ. (2557). การขนย้ายผู้ประสบภัย. สืบค้น 20 เมษายน 2564, จาก https://www.oap.go.th/images/documents/offices/baea/proap/training/Move_andLift.pdf
- [3] ชีรพันธ์ แก้วดอก. (2561). การช่วยเหลือและค้นหาผู้ประสบภัยให้เร็วที่สุดรวมไปถึงการขนย้ายอุปกรณ์ช่วยเหลือต่าง ๆ. สืบค้น 26 เมษายน 2564, จาก <http://park.dnp.go.th>
- [4] ปิยรัตน์ งามสนิท และ ธรา อังสกุล. (2564). ขั้นตอนวิธีประเภทละโมบ (Greedy algorithm). สืบค้น 4 พฤษภาคม 2564, จาก [http://207545-Other-879540-3-10-20210621%20\(1\).pdf](http://207545-Other-879540-3-10-20210621%20(1).pdf)
- [5] Kleinberg, Jon and Tardos, Éva. (2014). **Algorithm design**. Harlow : Pearson new international ed.
- [6] สุพรรณิกา โกยสิน. (2559). ภูมิศาสตร์เทคนิคบทที่ 4 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จำกัด.
- [7] Federal Interagency Coordinating Committee on Digital Cartography. (1990). Reports Working Group. A Summary of GIS Use in the Federal Government, U.S. Federal Government.
- [8] Wisconsin State Cartographer's Office. (2002). GIS basics. Retrieved on May 16, 2021, from <http://www.geography.wisc.edu/sco/gis/basics.htm#definition>
- [9] ครรชิต มัลลย์วงศ์. (2529). ระบบข้อมูลภูมิศาสตร์. ไมโครคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: 24, 60-64.
- [10] อุเทน ทองทิพย์. (2555). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการศึกษาท้องถิ่น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- [11] เพชรชญา สุวรรณโชติ และ นาถนเรศ อาภาสุวรรณ. (2561). การแสดงแผนที่เส้นทางที่เหมาะสมเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ ในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต : กรณีศึกษาเขตพื้นที่ เทศบาลนครสงขลา และเทศบาลเมืองเขารูปช้าง จังหวัดสงขลา. ในการประชุมวิชาการด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ระดับชาติ ครั้งที่ 1, ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, 20 - 21 สิงหาคม 2561. สงขลา.
- [12] กันยักติมา ดาปะบุตร และ คณะ. (2561). การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างแบบจำลอง เพื่อจัดสรรจุดจอดรถฉุกเฉินสำหรับบริการผู้สูงอายุ อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 27(3), 381-394.
- [13] พัชรารักษ์าคม. (2559). การพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ ในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก).