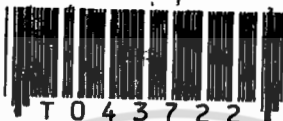


การหาเส้นทางที่เหมาะสมในภูมิประเทศ โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์

FIND THE BEST ROUTE IN TERRAIN USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE



กฤษฏา วราทร
KRISSADA VARATHORN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43722
วัน, เดือน, ปี 3 0 0 ย. 2545

| |
|--------------------|
| .b..... .i..... |
|--------------------|

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ISBN 974 - 648 - 640 - 3

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIND THE BEST ROUTE IN TERRAIN USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE



**A THESIS SUBMITTED IN FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE PROGRAM
IN COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับก **ISBN 974 - 648 - 640 - 3** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VI |
| สารบัญภาพ | VII |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาของปัญหา | 1 |
| 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา | 1 |
| 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา | 2 |
| 1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย | 2 |
| 1.5 ขอบเขตของการวิจัย | 3 |
| 1.6 ขั้นตอนการศึกษา | 3 |
| | |
| บทที่ 2 ภูมิประเทศของไทยที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ | 4 |
| 2.1 การวิเคราะห์พื้นที่ปฏิบัติการ | 4 |
| 2.2 ผลที่ได้รับจากการวิเคราะห์พื้นที่ปฏิบัติการ | 5 |
| 2.3 ภูมิศาสตร์โดยทั่วไปของประเทศไทย | 6 |
| 2.4 ลักษณะสภาพภูมิประเทศกับการปฏิบัติการทางทหาร | 7 |
| 2.5 ยานยนต์ล้อและสายพาน ที่นำมาใช้ในการวิจัย | 20 |
| | |
| บทที่ 3 การคำนวณความสามารถในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ | 32 |
| 3.1 ข้อมูล | 32 |
| 3.2 รายละเอียดในการคำนวณ | 33 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการหาเส้นทาง | 42 |
| 4.1 ปัญญาประดิษฐ์ | 42 |
| 4.2 ความหมายของ Heuristic | 43 |
| 4.3 Heap Sort | 44 |
| 4.4 รายละเอียดของ Binary Heap และวิธีการที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ | 44 |
| 4.5 Dijkstra's Algorithm | 48 |
| บทที่ 5 การออกแบบในรายละเอียด | 56 |
| 5.1 การดำเนินการของงานวิจัยในช่วงแรก | 56 |
| 5.2 ปัญหาข้อขัดข้องของงานวิจัยในช่วงแรก | 58 |
| 5.3 การดำเนินการของงานวิจัยฉบับปัจจุบัน | 59 |
| 5.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม | 68 |
| 5.5 ฟังก์ชันต่างๆ และรายละเอียดในการทำงาน | 70 |
| บทที่ 6 ผลการทดลองใช้งาน | 77 |
| 6.1 คุณลักษณะทางเทคนิค | 77 |
| 6.2 การทดลองใช้งาน | 78 |
| 6.3 เปรียบเทียบการทำงานของระบบงานปัจจุบันและระบบงานใหม่ | 83 |
| บทที่ 7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ | 85 |
| 7.1 บทสรุป | 85 |
| 7.2 ข้อเสนอแนะ | 86 |
| บรรณานุกรม | 87 |
| ภาคผนวก ก ข้อมูลรายละเอียดของจังหวัดอุดรธานี | 89 |
| ภาคผนวก ข บททศวรรษวิจัย | 99 |
| ประวัติผู้เขียน | 112 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|----------|------|
| 2.1 | 10 |
| 2.2 | 14 |
| 2.3 | 15 |
| 2.4 | 19 |
| 2.5 | 20 |
| 3.1 | 33 |
| 3.2 | 34 |
| 3.3 | 38 |
| 3.4 | 39 |
| 3.5 | 40 |
| 3.6 | 41 |
| 4.1 | 50 |
| 4.2 | 51 |
| 4.3 | 52 |
| 4.4 | 53 |
| 4.5 | 54 |
| 4.6 | 55 |
| 4.7 | 55 |
| 6.1 | 84 |
| ก.1 | 97 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า | |
|--------|--|----|
| 2.1 | แผ่นบรีวารแสดงอาการลาด | 10 |
| 2.2 | คุณสมบัติของยานพาหนะทางทหารที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่นอกเส้นทาง | 21 |
| 2.3 | รถถังแบบ M1 ABRAM | 22 |
| 2.4 | รถถังแบบ M60A1 | 23 |
| 2.5 | รถถังแบบ T54 | 25 |
| 2.6 | รถถังแบบ T62 | 26 |
| 2.7 | รถถังแบบ T72 | 27 |
| 2.8 | รถสายพานลำเลียงพล M113 | 28 |
| 2.9 | ปืนใหญ่อัตราจร M109 | 29 |
| 2.10 | รถยนต์บรรทุก 1/4 คัน แบบ M151 | 30 |
| 2.11 | รถยนต์บรรทุก 2 1/2 คัน 6x6 แบบ M35 | 31 |
| 4.1 | แสดงแผนผังของโหนดและเวลาในการเดินทางสมมุติที่คำนวณได้ | 44 |
| 4.2 | สัญลักษณ์ของโหนดและมูลค่า | 49 |
| 4.3 | แผนผังของโหนดทั้งหมด | 50 |
| 4.4 | แสดงภาพเมื่อตรวจสอบ Node V_1 | 51 |
| 4.5 | แสดงภาพเมื่อตรวจสอบ Node V_4 | 52 |
| 4.6 | แสดงภาพเมื่อตรวจสอบ Node V_2 | 53 |
| 4.7 | แสดงภาพเมื่อตรวจสอบ Node V_3 | 54 |
| 4.8 | แสดงภาพเมื่อตรวจสอบ Node V_7 | 54 |
| 5.1 | ภาพประกอบอัลกอริทึมในการหาเส้นทางลัด | 61 |
| 5.2 | แสดงภาพแผนที่ที่ใช้ในการหาเส้นทาง | 62 |
| 5.3 | แสดงชนิดของยานพาหนะ | 63 |
| 5.4 | แสดงรายละเอียดของข้อมูลโชนแผนที่ | 64 |
| 5.5 | แสดงรหัสสีของแผนที่แทนค่า CCM | 64 |
| 5.6 | แสดงรายละเอียดของแต่ละโชนแผนที่ | 65 |
| 5.7 | แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ได้ | 66 |
| 5.8 | แสดงเส้นทางที่ปรับปรุงแล้วโดยการหาเส้นทางลัด | 66 |
| 5.9 | แสดงการบันทึกค่าพิกัดเส้นทาง | 67 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 5.10 แสดงการเปิดไฟล์แผนที่ใหม่ | 68 |
| 5.11 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม | 69 |
| 6.1 แสดง Icon ของโปรแกรมหาเส้นทางในการเคลื่อนที่บนหน้าจอของระบบวินโดว ... | 77 |
| 6.2 แสดงการคำนวณแผนที่ CCM | 78 |
| 6.3 แสดงรายละเอียดของโชนแผนที่หมายเลข 35 | 79 |
| 6.4 แสดงรายละเอียดของยานพาหนะรยบ. M151 | 79 |
| 6.5 แสดงการค้นหาเส้นทางเคลื่อนที่ของยานพาหนะรยบ. M151 | 80 |
| 6.6 แสดงเส้นทางเคลื่อนที่ที่มีการปรับปรุงโดยการหาเส้นทางถัด | 81 |
| 6.7 แสดงรายละเอียดของรถถัง T72 | 82 |
| 6.8 แสดงการหาเส้นทางเฉพาะในภูมิประเทศของรถถัง T72 | 82 |
| 6.9 แสดงเส้นทางถัดของรถถัง T72 | 83 |
| ข.1 แสดงการหาเส้นทางในภูมิประเทศ | 110 |
| ข.2 แสดงการหาเส้นทางในภูมิประเทศและบนถนน | 110 |

| | |
|-----------------------------|--|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การหาเส้นทางที่เหมาะสมในภูมิประเทศ โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ |
| นักศึกษา | พันโท กฤษฏา วราทร |
| รหัสประจำตัว | 41067061 |
| ปริญญา | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต |
| สาขาวิชา | เทคโนโลยีสารสนเทศ |
| พ.ศ. | 2545 |
| อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ | รศ. ดร. บุญวัฒน์ อัครฐ |

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แสดงให้เห็นถึงวิธีการและขั้นตอนในการหาเส้นทางที่เหมาะสม ทั้งในภูมิประเทศ และบนถนนของยานพาหนะทางทหาร ทั้งยานยนต์ล้อและยานยนต์สายพาน โดยใช้ปัจจัยในแต่ละพื้นที่ อันได้แก่ คุณสมบัติเฉพาะของยานพาหนะ ความลาดชันของภูมิประเทศ พืชพันธุ์ไม้ที่ปกคลุม ความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน และน้ำหนักคคของยานพาหนะ มาประกอบการคำนวณ โดยใช้คอมพิวเตอร์ทำการคำนวณสัมประสิทธิ์ในการเคลื่อนที่ผ่านของยานพาหนะในแต่ละพื้นที่ และใช้แขนงความรู้ทางด้านปัญญาประดิษฐ์ในการพิจารณาหาเส้นทางที่เหมาะสมในโซนต่างๆ ของแผนที่ทั้งบนถนนและในภูมิประเทศ โดยการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ในการเคลื่อนที่ผ่านของยานพาหนะในแต่ละพื้นที่ และเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปยังเป้าหมาย เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาในการตัดสินใจวางแผนการรบของผู้บังคับบัญชา

จากผลการทดลองพบว่า โปรแกรมสามารถหาเส้นทางที่เหมาะสมในภูมิประเทศได้ พร้อมแสดงระยะทาง เส้นทาง และเวลาที่ใช้ในการเดินทางได้อย่างถูกต้องบนเครื่องคอมพิวเตอร์

| | |
|-----------------------|--|
| Thesis Title | Find the Best Route in Terrain Using Artificial Intelligence |
| Student | Lieutenant Colonel Krissada Varathorn |
| Student ID. | 41067061 |
| Degree | Master of Science |
| Programme | Information Technology |
| Year | 2002 |
| Thesis Advisor | Assoc.Prof. Dr. Boonwat Attachoo |

ABSTRACT

This thesis shows how algorithm find the best route for military wheels and track vehicles in terrain. Using factors in each zone such as vehicle characteristics, slope factor, vegetation factor, soil factor and rating cone index values as well as calculating cross country movement of the so called factors, the computer and intelligence algorithm will diagnose and show appropriate route on the map by comparing cross country movement factor and time in each area to the destination. This will help the commander making decision with efficiency.

From the experiment, this program can calculate efficient route in terrain and on road and correctly display distance, route, and time.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์และเมตตาจาก
รองศาสตราจารย์ ดร. บุญวัฒน์ อัครฐู ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง
และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ พันโท กนก วีรวงศ์ สังกัดกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด กรม
พัฒนาที่ดิน ตลอดจน กองวิเคราะห์วิจัย กรมโยธาธิการ และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ที่กรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูลประกอบการทำโปรแกรม

ขอขอบพระคุณมารดาและภรรยา ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้
สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี



พันโท กฤษฏา วราทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในการวางแผนสำหรับการปฏิบัติการทางยุทธวิธีในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเข้าตี การตั้งรับ หรือการร่นถอย การเคลื่อนย้ายกำลังทหารพร้อมอาวุธยุทโธปกรณ์ โดยใช้ยานพาหนะ จากที่หมายหนึ่งไปยังอีกที่หมายหนึ่ง ปัจจัยเวลาเป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างมากต่อการปฏิบัติการ การเคลื่อนย้ายที่สามารถไปถึงที่หมายโดยใช้เวลาน้อย ทำให้กำลังของฝ่ายเราสามารถไปถึงที่หมายได้ก่อน และมีเวลาในการเตรียมพร้อมในการปฏิบัติการขั้นต่อไปได้มากขึ้น ทำให้ฝ่ายเรามีโอกาสที่จะมีชัยเหนือฝ่ายตรงข้ามได้ ดังนั้นโปรแกรมที่หาเส้นทางเคลื่อนที่ในภูมิประเทศของยานพาหนะทางทหารที่มีประสิทธิภาพ จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการวางแผนในปัจจุบัน

ปัจจุบันในการหาเส้นทางเคลื่อนที่ของยานพาหนะในภูมิประเทศ จากที่หมายหนึ่งไปยังอีกที่หมายหนึ่ง ทำได้เพียงการกำหนดแนวทางในการเคลื่อนที่อย่างกว้างๆ ในภูมิประเทศ โดยใช้ผลการคำนวณจากความสามารถในการเคลื่อนที่ผ่านของยานพาหนะในภูมิประเทศ หรือค่า Cross Country Movement (CCM) ขั้นตอนในการดำเนินการทั้งหมดใช้เพียงเจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญ และเครื่องคำนวณ โดยการนำแผ่นใสที่แสดงคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งของพื้นที่ เช่น ความลาดชันของพื้นที่ที่อยู่ในแผ่นใสหนึ่ง ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินอยู่ในอีกแผ่นใสหนึ่ง รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ที่ต้องใช้ประกอบการคำนวณ ได้แก่ คุณสมบัติของยานพาหนะ คุณลักษณะของพื้นผิว เมื่อต้องการจะทำการวิเคราะห์ในพื้นที่ใด ก็นำแผ่นใสแสดงคุณสมบัติต่างๆ ของพื้นที่นั้นๆ มาทับซ้อนให้อยู่ในพิกัดเดียวกัน แล้วทำการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีและประสบการณ์ ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการมาก อีกทั้งความถูกต้องแน่นอนของผลลัพธ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับตัวเจ้าหน้าที่ หากเจ้าหน้าที่ดังกล่าวมีความจำเป็นที่จะต้องโยกย้ายไปรับตำแหน่งอื่นๆ การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่มาทำงานทดแทนจะใช้เวลานานมาก ก่อให้เกิดผลเสียต่อการปฏิบัติการทางยุทธวิธีฝ่ายเรา

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

จากปัญหาความล่าช้าและมีความผิดพลาดได้ง่าย ในการใช้เจ้าหน้าที่ในการคำนวณดังที่กล่าวมา จึงสมควรอย่างยิ่งที่จะหาหนทางในการแก้ปัญหา โดยการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการคำนวณแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มนุษย์ เพราะข้อดีของคอมพิวเตอร์ คือความรวดเร็วในการคำนวณ ความเชื่อถือได้และความถูกต้อง ในงานวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1.2.1 เพื่อแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศที่มีประสิทธิภาพ ของยานพาหนะทาง ทหารแบบต่างๆ โดยแสดงออกมาเป็นพิกัดที่แน่นอน

1.2.2 เพื่อใช้เรียกดูข้อมูลของโซนแผนที่ที่ต้องการ

1.2.3 เพื่อให้เป็นเครื่องมือช่วยผู้บังคับบัญชา ในการตัดสินใจวางแผนทางยุทธวิธีอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

โปรแกรมสามารถแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ที่เหมาะสม ในภูมิประเทศของยานพาหนะทาง ทหารได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วบนคอมพิวเตอร์ และผู้บังคับบัญชาสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการ ตัดสินใจในการวางแผนทางยุทธวิธีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

การคำนวณเส้นทางการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมในภูมิประเทศของยานพาหนะทางทหาร เป็นสิ่ง ที่มีความสำคัญในการเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของผู้บังคับบัญชา ในการวางแผนการเคลื่อนย้าย กำลังพลและยานพาหนะเข้าพื้นที่ปฏิบัติการ โดยทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยประกอบไปด้วย ขั้นตอนการ คำนวณค่า CCM โดยใช้ปัจจัยประกอบการคำนวณได้แก่ คุณสมบัติของยานพาหนะ ค่าอาการลาดของ ผิวดิน ข้อมูลของพืชพันธุ์ไม้ที่ขึ้นปกคลุมดิน ค่าความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน ค่าความขรุขระ ของดิน นำค่าต่างๆเหล่านี้มาคำนวณหาค่า CCM จะได้เป็นความเร็วของยานพาหนะในการเคลื่อนที่ผ่าน พื้นที่บริเวณนั้นๆ และได้ค่า CCM แสดงออกมาเป็นรหัสสีในแต่ละโซนแผนที่ หลังจากนั้นจะทำการ คำนวณหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ โดยใช้ อัลกอริทึมในการค้นหา ประกอบกับการใช้ หลักการของ Heuristic เพื่อพิจารณาเลือกเส้นทางการที่เหมาะสมในสภาพภูมิประเทศแบบต่างๆ ทำการ แสดงเส้นทางการพร้อมรายละเอียดที่จำเป็นลงบนแผนที่ โดยผู้บังคับบัญชาสามารถส่งพิกัดของเส้นทางที่ ได้ไปทางข่ายการสื่อสารให้กับหน่วยรองปฏิบัติได้ทันที เพื่อให้การดำเนินกลยุทธ์ หรือการวางแผน ทางการส่งกำลังบำรุง สามารถทำได้ทันเวลาและมีประสิทธิภาพ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตดังนี้

1.5.1 เพื่อแสดงเส้นทางในการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศของยานพาหนะทางทหาร 9 แบบ ลงบนแผนที่จังหวัดอุดรธานี ภายในพื้นที่ 25 ตารางกิโลเมตร โดยแสดงได้ครั้งละ 1 เส้นทาง

1.5.2 สามารถเปรียบเทียบเส้นทางที่ได้จากการใช้อัลกอริทึมDijkstra ประกอบกับ Heuristic ในการค้นหา กับเส้นทางที่ได้จากการใช้อัลกอริทึมในการหาเส้นทางถัด

1.5.3 สามารถเรียกดูข้อมูลของโซนแผนที่ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาค่าความสามารถในการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ของยานพาหนะได้ครั้งละ 1 โซน

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

จากการวิจัยครั้งนี้จำเป็นจะต้องศึกษารายละเอียดในเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยการรวบรวมข้อมูลมาจากหน่วยงานราชการ บริษัทต่างๆ ความรู้และประสบการณ์จากผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้งานวิจัยนี้มีผลการวิจัยใกล้เคียงกับขั้นตอนการปฏิบัติงานจริงมากที่สุด โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

1.6.1 ทำการศึกษาข้อมูลแผนที่แสดงปัจจัยรวมของจังหวัดอุดรธานี และนำพื้นที่บางส่วนมาใช้ในการคำนวณ

1.6.2 ศึกษาขั้นตอนในการวิเคราะห์หาค่า CCM โดยใช้เจ้าหน้าที่

1.6.3 ทำการดัดแปลงนำข้อมูลและวิธีการตามข้อ 1.6.2 มาทำการคำนวณหาเส้นทางเคลื่อนที่ของยานพาหนะ โดยใช้คอมพิวเตอร์

1.6.4 ศึกษาขั้นตอนของการค้นหาในแบบต่างๆ ตัดเลือกเอารูปแบบการค้นหาที่เหมาะสมมาใช้ในการวิจัย

1.6.5 ศึกษาความหมายและแนวความคิดเกี่ยวกับ Heuristic และใช้ประกอบกับอัลกอริทึมการค้นหาในข้อ 1.6.4

1.6.6 ศึกษาขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

1.6.7 การโปรแกรมและทดลองการทำงาน

1.6.8 ทำการแก้ไขข้อบกพร่อง

1.6.9 ทำการสรุปผลการทดลอง

บทที่ 2

ภูมิประเทศของไทยที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

2.1 การวิเคราะห์พื้นที่ปฏิบัติการ

กองทัพบกจะต้องมีการเตรียมพร้อมอยู่เสมอแม้ในยามสงบ ในการเตรียมพร้อมดังกล่าว บรรดาผู้บังคับหน่วยทหารจะต้องรวบรวมข่าวสารเกี่ยวกับฝ่ายตรงข้ามและพื้นที่ปฏิบัติการให้มากที่สุด เพื่อนำมาพิจารณาและประเมินผลที่จะเกิดต่อกำลังและจุดอ่อนของฝ่ายเรา การวิเคราะห์พื้นที่ปฏิบัติการ จึงถือเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง นอกเหนือจากข่าวศึกที่ฝ่ายเราจะต้องทำการวิเคราะห์ ปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์พื้นที่ปฏิบัติการประกอบด้วย 2 ส่วน คือลักษณะลมฟ้าอากาศ และลักษณะภูมิประเทศ

ในด้านลักษณะลมฟ้าอากาศ เป็นปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงง่าย ก่อให้เกิดอิทธิพลต่อการใช้หน่วยทหาร มีผลต่ออาวุธยุทธโปกรณ์และการใช้ภูมิประเทศให้เกิดประโยชน์ ต่อการดำเนินกลยุทธ์

ในด้านลักษณะภูมิประเทศ เป็นปัจจัยคงที่จะมีอิทธิพลต่อการปฏิบัติการทางทหารของฝ่ายเรา และฝ่ายตรงข้าม ดังนั้นผู้บังคับหน่วยทหารจะทำการประเมินค่าภูมิประเทศ เพื่อนำผลที่ได้รับมาประกอบการตัดสินใจ ได้อย่างถูกต้อง และกำหนดการดำเนินกลยุทธ์ได้อย่างเหมาะสม

สำหรับการหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศของยานยนต์ล้อและสายพานบนแผนที่ ถือเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์พื้นที่ปฏิบัติการ เพื่อหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกับยานยนต์ล้อและสายพานแต่ละชนิดที่มีน้ำหนักและขนาดแตกต่างกัน โดยต้องนำปัจจัยต่างๆ ของการวิเคราะห์ภูมิประเทศมาพิจารณา ได้แก่ ที่สูงต่ำ ระบบทางน้ำไหล ลักษณะพืชพันธุ์ไม้ ลักษณะพื้นดิน และลักษณะสิ่งปลูกสร้าง โดยจำแนกรายละเอียดในแต่ละปัจจัยดังนี้

2.1.1 ที่สูงต่ำและระบบทางน้ำไหล

แนวที่สูงต่ำและระบบทางน้ำไหลเป็นส่วนประกอบขั้นต้น ในการพิจารณาลักษณะภูมิประเทศ เนื่องจากแสดงให้เห็นชัดเจนถึงลักษณะทั่วไปของพื้นดิน โดยจะต้องพิจารณาสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้ อากาศลาด ต้นฐานของพื้นดิน ระดับความสูงของพื้นที่ แม่น้ำลำธาร หรืออาจใช้สีและเงาเพื่อแสดงค่าระดับความสูงต่ำของภูมิประเทศ ที่สูงต่ำ ทางน้ำไหลจะเป็นอุปสรรคขัดขวางการเคลื่อนที่ของทหารเดินเท้าและยานพาหนะต่างๆ

2.1.2 ลักษณะพืชพันธุ์ไม้

ในการพิจารณาลักษณะพืชพันธุ์ไม้ มักจะใช้วิธีการแสดงด้วยแผ่นบริวาร และการใช้สีหรือเครื่องหมายต่างๆ แทนพื้นที่เฉพาะต่างๆ เช่น พื้นที่ป่าทึบ พื้นที่เพาะปลูก สวน ไร่ นา รายละเอียดในการพิจารณาดังกล่าวถึงพื้นที่ป่าที่มีดิน ไม้ปกคลุม โดยแสดงความกว้างและรูปร่างของพื้นที่ ขนาดของต้น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม้ (เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น) ความหนาแน่นของสิ่งที่ปกคลุมเหนือต้นไม้ เช่น กิ่งก้านสาขาและใบไม้ รวมถึงพืชล้มลุกที่ขึ้นอยู่บริเวณใต้ต้นไม้ ควรกล่าวรวมถึงที่ตั้ง ขนาด ประเภทของพืชพันธุ์ไม้ที่เกิดตามธรรมชาติ และบริเวณพื้นที่เพาะปลูก

การพิจารณาพืชพันธุ์ไม้ที่ดีที่สุด คือการแสดงในรูปของแผ่นบริวาร ประกอบด้วยการใช้รหัสสีแสดงเครื่องหมายที่ตั้ง ขนาดและรูปร่างของพื้นที่ป่าทั้งหมด ชนิด ความหนาแน่นและสิ่งที่ปกคลุมของต้นไม้ ขนาดและรูปร่างของทุ่งตามธรรมชาติที่เกิดจากการเพาะปลูก รวมทั้งชนิดของพืชพันธุ์ไม้ด้วย

2.1.3 ลักษณะพื้นดิน

วิธีที่ดีที่สุดในการแสดงข้อมูลของลักษณะพื้นดิน คือการใช้แผ่นบริวารแสดงลักษณะต่างๆ ให้เห็นเด่นชัด หรือการใช้สีแสดงเครื่องหมายต่างๆ ในการจัดทำ ข้อมูลที่มีคุณค่า ได้แก่ แผนที่แสดงลักษณะดิน ซึ่งสถาบันทางเกษตรกรรมของประเทศได้จัดทำเอาไว้ เนื่องจากได้บรรจุข่าวสารที่อำนวยความสะดวกในการจัดทำ แผนที่แสดงความสามารถในการรับน้ำหน้าจรรอง เพื่อช่วยพิจารณาสภาพการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศและความสามารถในการรับน้ำหน้าจรรองของพื้นดิน นับเป็นสิ่งสำคัญในการแสวงประโยชน์จากการเคลื่อนที่นอกเส้นทางของยานพาหนะทางทหาร ดังนั้นควรมีการใช้สีหรือเครื่องหมายต่างๆ แสดงว่าพื้นที่ใดเหมาะสมแก่การเคลื่อนที่ในภูมิประเทศได้เป็นอย่างดี สำหรับพื้นที่ใดไม่เหมาะสมแก่การเคลื่อนที่ให้พิจารณาเป็นเครื่องกีดขวางโดยแสดงสีให้เห็นเด่นชัด

2.1.4 ลักษณะสิ่งปลูกสร้าง

สิ่งปลูกสร้างก่อให้เกิดอิทธิพลต่อการปฏิบัติการทางทหาร รวมไปถึงถนน ทางรถไฟ อุโมงค์ เหมืองแร่ ย่านอุตสาหกรรม วิธีที่ดีที่สุดคือการจัดทำเป็นแผ่นบริวาร โดยใช้สีหรือเครื่องหมายต่างๆ แสดงให้เห็นโดยเด่นชัด

2.2 ผลที่ได้รับจากการวิเคราะห์พื้นที่ปฏิบัติการ

จากการวิเคราะห์พื้นที่ปฏิบัติการ ก่อให้เกิดผลต่อการปฏิบัติการของทั้ง 2 ฝ่ายคือ

2.2.1 ผลที่เกิดต่อการปฏิบัติการทางทหารของฝ่ายตรงข้าม ได้แก่การวิเคราะห์การปฏิบัติการที่ฝ่ายตรงข้ามน่าจะกระทำแต่ละแบบ เช่น การเข้าตี การตั้งรับ การร่นถอย และที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือการใช้อานเกราะ การใช้อานยนต์ล้อและสายพาน และการปฏิบัติการอื่นๆ รวมถึงผลของลักษณะพื้นที่ที่เกื้อกูลต่อการปฏิบัติการในแต่ละแบบ เช่น การเข้าตีกล่าวถึงแนวทางการเคลื่อนที่ที่ดีที่สุด การตั้งรับกล่าวถึงพื้นที่ตั้งรับที่ดีที่สุด และแนวทางการเคลื่อนที่เข้าสู่พื้นที่นั้น

2.2.2 ผลที่เกิดต่อการปฏิบัติการทางทหารของฝ่ายเรา กล่าวถึงผลที่ทำให้บรรลุภารกิจ หรือทำให้ภารกิจประสบความสำเร็จยิ่งขึ้น เช่น การเข้าตี ตั้งรับ ร่นถอย และการใช้อานเกราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์พื้นที่ปฏิบัติการมีความสำคัญ และจำเป็นยิ่งต่อสภาพการยุทธในปัจจุบัน ยิ่งในปัจจุบันกองทัพบกได้กำหนดนโยบายที่จะเร่งรัดในการพัฒนากองทัพ โดยการเสริมสร้างกำลังกองทัพทั้งในด้านโครงสร้าง กำลังความพร้อมรบ ความต่อเนื่องในการรบ และความทันสมัย โดยคำนึงถึงปัจจัยเวลาและความเร็วเป็นหลัก ให้สอดคล้องกับสงครามสมัยใหม่ รูปแบบของการทำสงครามในอนาคตของกองทัพเราและประเทศเพื่อนบ้าน มักใช้ยานเกราะและยานยนต์ในการดำเนินกลยุทธ์เป็นหลัก ดังนั้นการหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศของยานยนต์ล้อและสายพานแบบต่างๆ ของฝ่ายเรา จึงเพิ่มความสำคัญมากขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดผลดีในการเพิ่มความรวดเร็วในการวางแผนทางยุทธวิธีด้านต่างๆ

2.3 ภูมิศาสตร์โดยทั่วไป ของประเทศไทย [10]

2.3.1 ผลกระทบต่อการเคลื่อนที่ของยานพาหนะทางทหาร

จากลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทย ที่ประกอบด้วยแนวเทือกเขาตอนกลางและเทือกเขาทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงทำให้เกิดลักษณะภูมิประเทศที่เด่นชัดอยู่ 2 ลักษณะ คือเขตเทือกเขาและที่สูงทางตะวันตกเฉียงเหนือและคาบสมุทรตอนใต้ กับเขตที่ราบสูงทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อีกลักษณะหนึ่งคือเขตที่ราบลุ่มตอนกลางของประเทศ โดยสามารถแยกรายละเอียดเป็นแต่ละภูมิภาคที่มีผลกระทบต่อการเคลื่อนที่ของยานพาหนะทางทหาร ได้ดังนี้

1) เขตเทือกเขาและหุบเขาทางเหนือ ได้แก่ เป็นพื้นที่ภูเขาและเทือกเขาสูงทางภาคเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วยลักษณะภูมิประเทศสำคัญ คือเทือกเขา ที่ราบระหว่างหุบเขา และลุ่มน้ำทางตอนล่างสุดของพื้นที่ รวมเนื้อที่ 97,095 ตารางกิโลเมตร เทือกเขาที่สำคัญประกอบด้วย เทือกเขาแดนลาว เทือกเขายูนนาน เทือกเขาตื๋อปันน้ำ และเทือกเขาหลวงพระบาง มีความสูงของเทือกเขาระหว่าง 200 ถึง 2,500 เมตร จากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นเทือกเขาต่อเนื่องกันเป็นแนวยาว มีผลกระทบต่อการเคลื่อนที่นอกเส้นทางของยานพาหนะทางทหารทำได้ยากลำบาก อีกทั้งเส้นทางระหว่างแนวหุบเขามีความลาดชันและคดเคี้ยว

2) เขตเทือกเขาทางตะวันตก จากลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นแนวเทือกเขาทอดยาวจากเหนือลงใต้ มีระดับความสูงเฉลี่ย 1,500 เมตร มีที่ราบระหว่างหุบเขาแคบ เทือกเขาที่สำคัญได้แก่ เทือกเขาตะนาวศรี ยานพาหนะทางทหารสามารถเคลื่อนที่ผ่านได้อย่างจำกัด ตามช่องทางระหว่างหุบเขา โดยมีช่องทางที่สำคัญทางยุทธศาสตร์ ได้แก่ ช่องทางด่านเจดีย์สามองค์

3) เขตที่ราบลุ่มน้ำตอนกลาง ได้แก่ พื้นที่ทางตอนกลางของประเทศเป็นพื้นที่ราบขนาบด้วยพื้นที่สูงทั้ง 3 ด้าน คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นเขตที่สูงและเทือกเขา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นที่ราบสูง มีแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์กับคงพญาเย็นเป็นแนวขอบ ส่วนทางด้านใต้บริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่าวไทยเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ สามารถแบ่งเขตที่ราบลุ่มน้ำตอนกลางของประเทศ ออกได้เป็น 2 บริเวณย่อยๆ ดังนี้

ก) เขตที่ราบลุ่มน้ำตอนบนและชายขอบ มีการไหลของน้ำเร็วกว่า และมีการตกตะกอนของลำน้ำน้อยกว่า ยานพาหนะทางทหารสามารถเคลื่อนที่นอกเส้นทางได้

ข) เขตที่ราบลุ่มน้ำตอนล่าง มีการสะสมของตะกอนดินโคลนจากแม่น้ำหนา มาก เนื่องจากเป็นที่ราบต่ำจึงมีอัตราการไหลของน้ำช้ากว่าเขตที่ราบลุ่มน้ำตอนบน ยานพาหนะทางทหารสามารถเคลื่อนที่นอกเส้นทางได้ยากลำบาก เพราะพื้นที่เป็นดินโคลน

4) เขตที่ราบสูงทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ พื้นที่ที่อยู่ระหว่างเทือกเขาเพชรบูรณ์ ดงพญาเย็น และเทือกเขาสันกำแพง มีระดับความสูงเฉลี่ยไม่เกิน 200 เมตร จากระดับน้ำทะเล เนื่องจากพื้นที่เป็นที่ราบสูงทำให้การเคลื่อนที่นอกเส้นทางของยานพาหนะสามารถทำได้

5) เขตชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ เป็นพื้นที่ต่อเนื่องจากเขตที่ราบภาคกลางลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาและที่ราบสูงเชิงเขาทางตอนกลาง ถัดออกไปเป็นที่ราบ ส่วนทางตอนล่างเป็นที่ราบติดต่อกับชายฝั่งทะเล แนวเทือกเขาที่สำคัญได้แก่ เทือกเขาบรรทัดและเทือกเขาจันทร์ เนื่องจากมีการขุดตัวของแผ่นดินทำให้ภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นที่ราบ ส่วนด้านติดกับชายฝั่งทะเลมีลักษณะภูมิประเทศแบบที่ราบลูกฟูกสลับกับแนวเทือกเขาเป็นตอนๆ การเคลื่อนที่ของยานพาหนะทางทหารสามารถทำได้ในบริเวณที่ราบ ส่วนบริเวณที่ราบลูกฟูกไม่ดี

6) เขตคาบสมุทรภาคใต้ ประกอบด้วยแนวเทือกเขาตะนาวศรี แนวเทือกเขาภูเก็ต แนวเทือกเขานครศรีธรรมราช และแนวเทือกเขาสันกาลาศิรี เขตพื้นที่ระหว่างแนวเทือกเขาภูเก็ตกับนครศรีธรรมราช เป็นพื้นที่ราบสลับกับภูเขาในบางตอน โดยมีความสูงเฉลี่ย 200 ถึง 300 เมตร เท่านั้น สำหรับชายฝั่งทะเลคาบสมุทรภาคใต้ มีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้

ก) เขตคาบสมุทรชายฝั่งตะวันตก เป็นบริเวณที่มีชายฝั่งทะเลแคบและหักตัว เป็นหน้าผาได้นำชันในแนวตั้ง แนวชายฝั่งไม่เป็นระเบียบ มีเกาะแก่งอยู่มาก หาดทรายมีบริเวณแคบ

ข) เขตคาบสมุทรชายฝั่งตะวันออก เป็นบริเวณที่มีที่ราบกว้างกว่าเขตชายฝั่งตะวันตก มีลำน้ำยาวกว่าและไหลเร็วกว่า มีป่าชายเลนน้ำเค็มเป็นบริเวณกว้าง

การเคลื่อนที่ของยานพาหนะนอกเส้นทางสามารถทำได้ ยกเว้นบริเวณที่เป็นป่าชายเลนและแนวเทือกเขา

2.4 ลักษณะสภาพภูมิประเทศกับการปฏิบัติการทางทหาร

ความสำคัญของสภาพภูมิประเทศ ย่อมมีอิทธิพลต่อการปฏิบัติการทางยุทธวิธี ข้าราชการกรมภูมิประเทศเป็นข้อมูลข่าวสารที่หน่วยทหารต้องการและจำเป็นที่จะต้องมี เพื่อการปฏิบัติการทางทหาร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข่าวกรองด้านยุทธศาสตร์และอุทกวิทยา ที่เกี่ยวเนื่องกับแม่น้ำลำธาร ทะเลสาบ พรุ หนอง บึง ลำน้ำ และแหล่งน้ำอื่นๆ เพื่อวางแผนการซ่อมรบบของหน่วยทหาร หรือการวางแผนในการยุทธจริง ข้อมูลด้านผิวจราจรของดิน สภาพดินพื้นฐาน ชนิดการกระจายของพืชพรรณธรรมชาติ เพื่อนำมาพิจารณาการข่อนเร้น ปกปิด การข่อนพรางและกำบัง รวมทั้งการเคลื่อนที่นอกเส้นทางตามทุ่งนาป่าเขา

ในการพิจารณาสภาพภูมิประเทศตามธรรมชาติ นั้น ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายประการ ที่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติการทางทหาร อาจแบ่งได้ดังนี้

2.4.1 รูปลักษณะผิวพื้น (Surface Configuration) แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ

2.4.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ (Topography) หมายถึง รูปร่างของพื้นผิวโลก รวมถึง ความสูงต่ำ และตำแหน่งของแม่น้ำ ลำธาร ถนนหนทาง สิ่งก่อสร้าง และอื่นๆ เช่น ภูเขา หรือหุบเขา เส้นทางคมนาคม บริเวณเมือง รวมทั้งสภาพธรรมชาติและสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น ลักษณะภูมิประเทศ สามารถมีผลกระทบต่อการปฏิบัติการทางทหารในลักษณะของสิ่งกีดขวางหรือสิ่งอำนวยความสะดวก ในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะหรือกำลังพล

2.4.1.2 ลักษณะแผ่นดิน (Landform) หมายถึง รูปร่างของพื้นแผ่นดินที่เป็นลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ เปลือกโลกและการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ลักษณะภูมิประเทศที่สำคัญ ทะเล และมหาสมุทร ลักษณะแผ่นดินที่สำคัญ ได้แก่ ที่ราบและที่ราบสูง (Plain and Plateau) เขาและภูเขา (Hill and Mountain) นอกจากนี้ยังมีสภาพผิวพื้นที่เป็นที่ลุ่มต่ำและหุบเขา

ลักษณะพื้นแผ่นดินที่สำคัญ อาจแบ่งออกได้ดังนี้

ที่ราบ หมายถึง พื้นผิวที่มีระดับความสูงต่างกันน้อยกว่า 150 เมตร แบ่งออกเป็น

- ที่ราบเรียบ (Flat Plain) มีระดับความสูงน้อยกว่า 15 เมตร ตัวอย่าง ได้แก่ ที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ที่ราบลุ่มใกล้ปากน้ำ (Tidal Flat) บริเวณที่ใช้ทำนาเกลือแฉะๆ ชลบุรี เป็นต้น

- ที่ราบลูกคลื่น (Undulating Plain) เป็นที่ราบที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 15 - 50 เมตร เช่น พื้นที่อำเภอบ้านบึง หรือ อำเภอศรีราชา

- ที่ราบลูกฟูก (Rolling Plain) เป็นพื้นที่ราบที่มีความสูง ต่ำ ของพื้นแผ่นดินต่างกันระหว่าง 50 -100 เมตร จากระดับน้ำทะเล ภูมิประเทศแบบนี้จะอยู่ระหว่างที่ราบลุ่มน้ำ (Flood Plain) กับเชิงเขา (Piedmont) ถ้าเป็นพื้นที่ติดกับชายทะเลเหนือที่ราบลูกคลื่นขึ้นไปทางภูเขาก็คือเป็นที่ราบลูกฟูก

- ที่ราบซอยแบ่ง (Dissected Plain) บริเวณภูมิประเทศพื้นราบที่มีความสูง ต่ำต่างกัน แต่คิมน่าจะเป็นผืนเดียวต่อเนื่องกัน แต่ในปัจจุบันขาดตอนเป็นห้วงๆ โดยมีร่องน้ำหรือลำห้วยตัดเป็นขอบเขต มักมีความขรุขระมีระดับความสูงระหว่าง 100 - 500 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

เขาและภูเขา พื้นที่มีระดับความสูงขึ้นจากบริเวณรอบๆ แต่ไม่สูงมากกล่าวคือ ถ้ามีลักษณะของภูมิประเทศที่มีความต่างของระดับพื้นที่ประมาณตั้งแต่ 150 - 600 เมตร ก็จะเรียกว่า เขา แต่ถ้ามีความสูงของระดับพื้นที่ตั้งแต่ 600 เมตรขึ้นไปจะเรียกว่า ภูเขา ภายในลักษณะภูมิประเทศที่เป็นเขาและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภูเขาจะมีพื้นราบเราเรียกว่า พื้นที่ราบระหว่างเขา (Intermontane) ตัวอย่างเช่น ที่ราบแคบๆ สองข้างแม่น้ำแควน้อย ตั้งแต่อำเภอไทรโยคถึงตัวอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเคยเป็นเส้นทางเดินทัพพม่าเข้ามารุกรานไทย ทางค่านเจดีย์สามองค์ในอดีต เป็นต้น

ที่ราบสูง เป็นพื้นที่มีระดับความสูงเท่าระดับผิวโลกโดยรอบตั้งแต่ 300 เมตรขึ้นไป โดยหลักเกณฑ์ทั่วไปจะต้องมีพื้นที่อย่างน้อยด้านหนึ่งยกตัวสูงขึ้น (Uplift) จากพื้นที่โดยรอบและสามารถเห็นได้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น ที่ราบสูงโคราช

ไม่ว่าลักษณะภูมิประเทศจะเป็นที่ราบแบบต่างๆ เป็นเขา และภูเขา ในการศึกษาอิทธิพลทางทหาร จะแสดงลักษณะพื้นผิวในรูปอาการลาด (Slope) โดยอาการลาดเป็นบริเวณที่มีความลาดเอียงของเนินเขา ภูเขา ขอบเขา หรือพื้นที่อื่นๆ บนผิวโลก การแสดงความชันของอาการลาด คือมุมของพื้นที่ที่มีความลาดเอียงกระทำกับเส้นแนวระดับ จะแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์มากกว่าองศา เช่น อาการลาด 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นการเพิ่มขึ้นของมุมยก 1 องศาต่อระยะทาง 100 ฟุตในแนวราบ โดยอาการลาด 100 เปอร์เซ็นต์ จะเท่ากับมุมลาด 45 องศา อาการลาดที่มีค่ามากกว่า 80 - 90 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าเป็นลาดที่มีความชันมาก และมักไม่ค่อยพบเห็นในธรรมชาติ ยกเว้นบริเวณที่เป็นปากปล่องภูเขาไฟ การแสดงอาการลาดของพื้นผิวที่ใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ในภูมิประเทศของยานพาหนะทางทหาร จะแสดงในรูปของแผ่นปริวารแสดงอาการลาด (Surface Configuration Overlay) โดยลักษณะความลาดเทของพื้นผิวพิภพ (Earth's Surface) จะมีผลต่อการปฏิบัติการทางทหารในเรื่องดังต่อไปนี้

ก. การเคลื่อนที่ของกำลังทหาร [17]

• ยานพาหนะทางทหาร

ยานพาหนะทางทหารส่วนมากจะมีความสามารถในการปีนลาดได้อย่างน้อย 60 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของรถและชนิดของหน้าดิน สำหรับการเคลื่อนที่นอกเส้นทาง จะใช้เกณฑ์ลาดสูงสุด 45 เปอร์เซ็นต์สำหรับรถถัง และเกณฑ์ 30 เปอร์เซ็นต์สำหรับยานยนต์ล้อ สิ่งกีดขวางที่มีความสูงระหว่าง 0.8 - 1.3 เมตร (2.5 - 4.0 ฟุต) รถถังสามารถปีนข้ามไปได้ และสิ่งกีดขวางสูงระหว่าง 15 - 30 เซนติเมตร (0.5 - 1.0 ฟุต) ยานยนต์ล้อสามารถปีนข้ามได้

• ทหารเดินเท้า

ทหารเดินเท้ามีความสามารถในการเคลื่อนที่ผ่านภูมิประเทศที่มีความสูงและชันกว่ายานพาหนะมาก แต่ลาดที่มีความชันมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาการลาดสูงสุดที่ทหารสามารถเดินผ่านขึ้นไปตรงๆ ได้ ถ้ามีอาการลาดมากกว่านี้จะต้องเดินในท่าซิกแซ็ก

ข. การเลือกเส้นทางเคลื่อนที่

- ตามเส้นทาง
- นอกเส้นทาง

ค. การเลือกที่ตั้งทางการส่งกำลังบำรุงและที่ตั้งสนามบิน

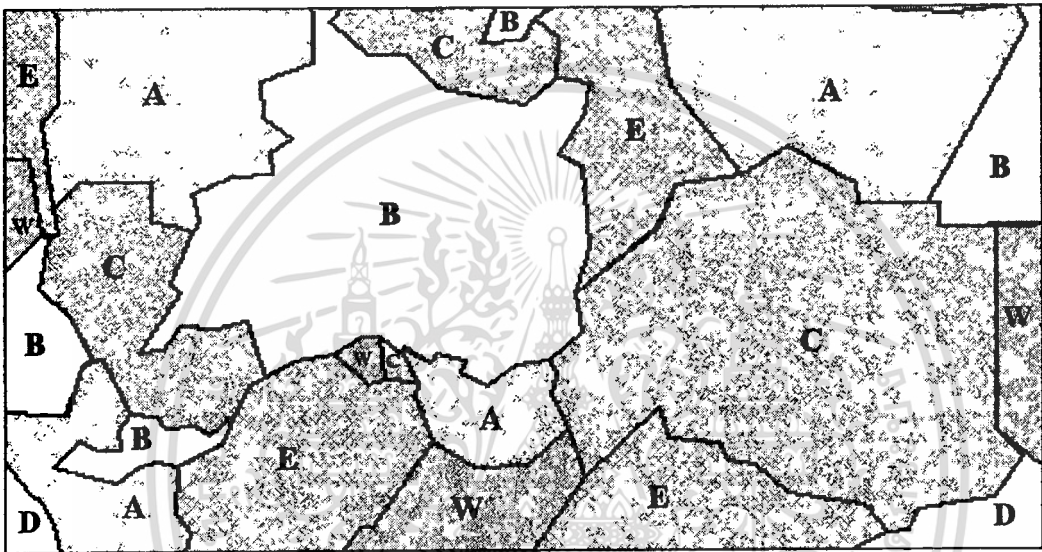
ง. ตำแหน่งการซ่อนพรางและการกำบังทางพื้นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. อื่นๆ

ตัวอย่างผลกระทบและประโยชน์ที่ได้รับจากอาการลาดของพื้นผิวพิภพ สมมติว่าความเร็วของยานพาหนะทางทหาร (ยานยนต์ล้อ กึ่งสายพาน และยานยนต์สายพาน) เมื่อวิ่งบนถนนได้ 80 กม./ชม. วิ่งในภูมิประเทศ 60 กม./ชม. เมื่อมีอาการลาดมาเกี่ยวข้องจะทำให้ความเร็วลดลง สำหรับข้อมูลอาการลาดที่ใช้ประกอบการคำนวณเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ จะแสดงในรูปของแผ่นบริวารแสดงอาการลาด ดังภาพที่ 2.1 ซึ่งเป็นตัวอย่างแผ่นบริวารแสดงอาการลาดที่ได้ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map)



ภาพที่ 2.1 แผ่นบริวารแสดงอาการลาด

ตารางที่ 2.1 อาการลาดและผลต่อการปฏิบัติการทางทหาร [15]

| รหัสแผนที่ | อาการลาด | อิทธิพลต่อการปฏิบัติการทางทหาร |
|------------|----------------|--------------------------------|
| A | 0 - 3 | เหมาะสำหรับทำสนามบิน |
| B | 3 - 10 | ส่งกำลังทางอากาศ |
| C | 10 - 20 | พาหนะเริ่มช้าลง |
| D | 20 - 30 | พาหนะช้าลงมาก |
| E | 30 - 45 | พาหนะเริ่มหยุด |
| F | > 45 | พาหนะหยุด |
| G | ร่องธาร ทางน้ำ | พาหนะผ่านไม่ได้ |
| W | พื้นน้ำเปิด | พาหนะผ่านไม่ได้ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับข้อมูลอาคารลาดของแผนที่ที่ต้องการทราบ สามารถหาได้จากแผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่นั้นๆ โดยหาอาคารลาดจากการเปรียบเทียบเส้นชั้นความสูงกับระยะทางระดับ ซึ่งเส้นชั้นความสูงห่างกันหนึ่งเส้นคิดเป็นระยะความสูงต่างกัน 20 เมตร นอกจากนี้การวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศสามารถแสดงให้ทราบถึงลักษณะอาคารลาดของพื้นผิวโดยแสดงในรูปภาพสามมิติ การสำรวจภูมิประเทศที่ต้องการทราบด้วยตนเองเป็นทางเลือกหนึ่งในการหาข้อมูล แต่ทำได้ในบริเวณที่จำกัดและใช้เวลาดำเนินการมาก

2.4.2 วัสดุผิวพื้น (Surface Materials)

วัสดุผิวพื้นหรือวัสดุผิวดิน หมายถึง ดิน (Soil) หิน (Rock) และกรวดทราย (Gravel and Sand) การศึกษาเรื่องดินส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับชนิดของวัสดุผิวดิน ความขรุขระ ความลึก และความชื้นเพื่อนำมาใช้ในกิจการทางทหาร โดยเฉพาะเรื่องสมรรถนะการรับน้ำหนักของดินต่อยานพาหนะทางทหาร ดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเคลื่อนที่ของยานพาหนะทางทหารนอกเส้นทาง ข้อมูลดินเป็นงานที่ต้องมีการจัดเตรียมเอาไว้ล่วงหน้า เพื่อเป็นข้อมูลในการหาค่า CCM สมรรถนะการรับน้ำหนักของดินวัดได้โดยตรงจากเครื่องมือสำรวจเจาะดิน เพื่อหาค่า Rating Cone Index (RCI) การประมาณการสามารถทำได้จากข้อมูลการสำรวจดินของพลเรือน แผนที่ธรณีวิทยา หรือวิเคราะห์จากภาพถ่ายทางอากาศ

2.4.2.1 คำจำกัดความคุณสมบัติของดิน

คุณสมบัติในการรับน้ำหนัก คือความสามารถของดินในการรองรับการเคลื่อนที่ผ่านของยานพาหนะ โดยไม่ทำให้ยานพาหนะเสียการทรงตัว

คุณสมบัติในการต้านการลาก คือความสามารถของดินในการต้านแรงที่ใช้ในการหมุนของล้อยานพาหนะ ที่ทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ไปได้

ความเหนียว คือคุณสมบัติของดินในการเกาะติดกับยานพาหนะ

ความลื่น คือแรงเสียดทานที่ลดลงของหน้าดิน เนื่องจากมีการหล่อลื่นด้วยน้ำและโคลน

2.4.2.2 คำจำกัดความเกี่ยวกับการรับน้ำหนักการจราจร [15]

Cone Index (CI) คือค่าครรชนที่ใช้วัดแรงต้านทานของดิน โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Cone Penetrometer (เป็นเครื่องมือรูปกรวย มุมแหลม 30 องศา ใช้อัดลงในดินเพื่อหาแรงต้านทานของดิน หน่วยเป็นปอนด์/ตารางนิ้ว)

Remolding Index (RI) เป็นอัตราส่วนในการคงรูปร่างของดิน

Rating Cone Index (RCI) เป็นค่า CI ที่วัดได้คูณกับค่า RI ($CI \times RI$) เพื่อแสดงความสามารถของดินในการรับน้ำหนักการจราจรของยานพาหนะ

Vehicle Cone Index (VCI) เป็นค่าที่กำหนดให้กับยานพาหนะแต่ละแบบ เพื่อเปรียบเทียบกับค่า RCI ของดินในการรองรับการเคลื่อนที่ผ่านของยานพาหนะชนิดนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.3 ความยึดเกาะของเนื้อดิน (Soil Strength) [24]

คือความสามารถในการรับน้ำหนักการจราจรของดินว่าจะสามารถต้านทานแรงกดของยานพาหนะ (แรงขนาบที่กดลงบนพื้นดินเป็นเหตุให้เม็ดดินเลื่อนไหลไปอยู่อีกทางหนึ่ง) แรงต้านทานของดินวัดได้จากเครื่องมือทดสอบดิน คือ Soil Trafficability Test Set โดยแบ่งออกเป็น

- Cone Penetrometer ค้ำอลูมิเนียม และ โคนขนาด 0.5 ตารางนิ้ว
- Cone Penetrometer ค้ำเหล็ก และ โคนขนาด 0.2 ตารางนิ้ว
- แท่งทรงกระบอกหล่อดิน
- ค้อนกระแทกดิน
- แผ่นเก็บตัวอย่างดิน

ค่า RCI (Rating Cone Index) ที่ได้จากการใช้เครื่องมือทดสอบดินกับการคำนวณจะมาเปรียบเทียบกับค่า VCI (Vehicle Cone Index) เพื่อพิจารณาเลือกใช้ยานพาหนะที่สามารถผ่านพื้นที่นั้นได้ ถ้าค่า VCI ของยานพาหนะมากกว่าค่า RCI ของดินจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ถ้าค่า RCI มีค่าน้อยมาก ยานพาหนะนั้นก็ไม่สามารถผ่านไป

ตัวอย่าง เช่น รถถัง M60 มีค่า VCI เท่ากับ 49 ถ้าค่า RCI ของดินมีค่าน้อยกว่า 49 รถถังก็จะติดหล่มและไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้ แต่ถ้าค่า RCI ของดินมีค่ามากกว่า 49 รถถัง M60 ก็จะสามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่บริเวณนั้นได้

2.4.2.4 การประเมินค่าการรับน้ำหนักการจราจรของดิน

การวัดค่าการรับน้ำหนักการจราจรของดินใช้วิธีวัดโดยตรงจากเครื่องมือ ในกรณีที่พื้นที่นั้นเข้าไปวัดไม่ได้ต้องอาศัยการประมาณค่าจากดินชนิดเดียวกันที่ทราบค่าแล้ว โดยใช้ส่วนประกอบของวัสดุผิวพื้นเข้าช่วย ปัญหานี้จะลดลงโดยการกำหนดชนิดดิน และการพยากรณ์ค่ารับน้ำหนักการจราจรของดิน ที่ได้ความรู้เกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ ตำแหน่งบริเวณที่เกิดของดิน ลักษณะลมฟ้าอากาศ ภูมิอากาศในพื้นที่ที่ศึกษา แหล่งข้อมูลที่สามารถช่วยแก้ปัญหาได้ คือแผนที่ภูมิประเทศ ภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ธรณีวิทยา หรือการสำรวจดินโดยหน่วยงานต่างๆ เช่น กรมทรัพยากรธรณี

2.4.2.5 การกำหนดชนิดดิน

การสำรวจดินโดยทั่วไปจะมุ่งไปทางเกษตรกรรม เพื่อความมุ่งหมายในการพัฒนาประเทศชาติสำหรับประเทศไทยหน่วยงานของรัฐบาลเป็นผู้สำรวจคือกรมพัฒนาที่ดินเพื่อการเกษตร โดยมุ่งในรายละเอียดเกี่ยวกับดินในแง่ต่างๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เช่น การสำรวจชื่อชุดดินต่างๆ เช่น ชุดดินเหนียวกรุงเทพฯ ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินราชบุรี ชุดดินทุ่งสง การสำรวจชนิดดิน เช่น ดินร่วนปนทราย ดินเหนียวร่วนปนทราย ดินเหนียว ฯลฯ สรุปแล้วเป็นการสำรวจดิน เพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเกษตรกรรม จึงไม่ตรงตามความมุ่งหมายทางการทหาร ซึ่งใช้การสำรวจดินทางฟิสิกส์ คือ ด้านเนื้อดิน ขนาดของเม็ดดิน ซึ่งอยู่ในระบบ USCS (Unified Soil Classification System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นผู้วิเคราะห์จะต้องจำแนกรายละเอียดดินที่หน่วยงานของรัฐทำไว้ซึ่งเป็นระบบ USDA แปลงมาเป็นระบบ USCS ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในทางทหาร

การสำรวจดินบางชนิดจะจัดอยู่ในระบบ AASHO (American Association of State Highway Officials) หรือ USDA (US Department of Agriculture System) ดินชนิดต่างๆ จึงถูกอ้างอิงผสมผสานกันระหว่างระบบ USDA กับระบบ AASHO แล้วนำมาแปลงค่าดินในระบบ USCS โดยใช้ Portable Size (ตามตารางและใช้ USDA Soil Texture Triangle กับแผนภูมิเปรียบเทียบดินจากระบบ USDA เป็น USCS)

ระบบ USCS Soil Classification Symbols

| | |
|-------------|------------|
| S = Sand | G = Gravel |
| M = Silt | P = Poor |
| C = Clay | W = Well |
| O = Organic | H = High |
| Pt = Peat | L = Low |

ระบบ USDA Soil Texture Classification Symbols

| |
|--|
| s = Sand (ทราย) |
| C = Clay (ดินเหนียว) |
| sic = Silty Clay (ดินเหนียวร่วน) |
| sicl = Silty Clay Loam (ดินทรายร่วนปนดินเหนียวตะกอน) |
| cl = Clay Loam (ดินร่วนปนดินเหนียว) |
| sc = Sandy Clay (ดินเหนียวปนดินทราย) |
| scl = Sandy Clay Loam (ดินร่วนเหนียวปนดินทราย) |
| sl = Sandy Loam (ดินร่วนปนดินทราย) |
| ls = Loamy Sand (ดินทรายร่วน) |
| l = Loam (ดินร่วน) |
| sil = Silty Loam (ดินร่วนปนดินตะกอน) |
| si = Silt (ดินตะกอนหรือทรายแป้ง) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบชนิดดินในระบบ USDA USCS และ AASHO [24]

| USDA | USCS | AASHO |
|-------------------------|-------|--------------|
| ดินเหนียว | CH | A-7 |
| ดินเหนียวร่วน | MH | A-7 |
| “C”, “sic” | CL | A-7 |
| ดินเหนียวร่วนปน | CL | A-7 |
| ดินเหนียวตะกอน | ML-CL | A-7 |
| “scl” | CH | A-7 |
| | MH | A-7 |
| ดินร่วนปนดินเหนียว | CL | A-6 or A-7 |
| “cl” | ML-CL | A-6 |
| | CH | A-7 |
| | MH | A-7 |
| ดินร่วน | ML-CL | A-4 |
| “I” | CL | A-7 |
| | ML | A-4 |
| ดินร่วนปน ดินตะกอน | ML-CL | A-4 |
| “sil” | CL | A-4 |
| | ML | A-6 |
| ดินตะกอนหรือทรายแป้ง | ML | A-4 |
| “si” | | |
| ดินเหนียวปนดินทราย | CL | A-7 |
| “sc” | SC | A-7 |
| ดินร่วนเหนียวปนดินทราย | SC | A-6 |
| “sci” | SC | A-2-6 |
| | CL | A-6 |
| ดินร่วนปนดินทราย | SM | A-2-4 or A-4 |
| “sl” | SC | A-2-4 |
| | SM-SC | A-2-4 |
| ดินร่วนปนดินทรายละเอียด | SM | A-4 |
| “fsl” | ML | A-4 |
| | ML-CL | A-4 |
| | SM-SC | A-4 |
| ดินร่วนปน | ML-CL | A-4 |
| ดินทรายละเอียดมาก “vsl” | ML | A-4 |
| ดินทรายร่วน | SM | A-2-4 |
| “ls”, “lfs”, “lvfs” | SM-SC | A-2-4 |
| | SM | A-4 |
| | ML | A-4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อเผยแพร่ให้ผู้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

| USDA | USCS | AASHO |
|-------------------|----------|-------|
| ทราย | SP-SM | A-3 |
| ทรายละเอียด | SM | A-2-4 |
| “s”; “fs” | SP | A-3 |
| ทรายละเอียดมาก | SM | A-4 |
| “vfs” | ML | A-4 |
| ทรายหยาบ | SP; GW | A-1 |
| “cs” | SP-SM | A-1 |
| | SM | A-1 |
| | SM | A-2-4 |
| หินเม็ดกลมผสมทราย | GP; GW | A-1 |
| “G” | GM or GC | A-1 |
| | GM or GC | A-2 |
| | GM | A-4 |
| | GC | A-6 |

ตารางที่ 2.3 แผนภูมิเปรียบเทียบขนาดของดิน [24]

| ขนาดของเม็ดดิน (mm.) | USCS | USDA | AASHO |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 100 | หินเม็ดกลม | หินเม็ดกลม | หินเม็ดกลม |
| 80 | | | |
| 60 | | | |
| 40 | | | |
| 20 | | | |
| 10 | หินเม็ดกลม ผสมทราย | หินเม็ดกลม ผสมทราย | หินเม็ดกลม ผสมทราย |
| 8 | | | |
| 6 | | | |
| 4 | | | |
| 2 | | | |
| 1.0 | | | |
| 0.8 | | | |
| 0.6 | ทรายหยาบ | | |
| 0.4 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

| ขนาดของเม็ดดิน (mm.) | USCS | USDA | AASHO |
|-------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|
| 0.2 | ทรายหยาบ | หินเม็ดกลม ผสมทราย | หินเม็ดกลม ผสมทราย |
| 0.1 | | ทรายหยาบ | ทรายหยาบ |
| .08 | | | |
| .06 | | | |
| .04 | | | |
| .02 | | | |
| 0.01 | ทรายละเอียด | | |
| .008 | ทรายตะกอน | ทรายตะกอน | ทรายตะกอน |
| .006 | ดินเหนียว | | |
| .004 | | | |
| .002 | | ดินเหนียว | ดินเหนียว |

2.4.3 พืชพันธุ์ไม้ (Vegetation)

พืชพันธุ์ไม้ ไม่เพียงหมายถึงพืชพันธุ์ที่เกิดตามธรรมชาติเท่านั้น ยังหมายรวมถึงพืชพันธุ์ที่ปลูกโดยชาวนาชาวไร่ ป่าและต้นไม้ที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ ถือเป็นสิ่งกีดขวางที่สำคัญในการเคลื่อนที่ พืชพันธุ์ไม้มีผลกระทบหลายรูปแบบต่อกิจกรรมทางทหาร เช่น การเคลื่อนที่ การซ่อนเร้น และการกำบัง การตรวจการณ์

การแบ่งประเภทของพืชพันธุ์ไม้ทางทหาร แบ่งออกเป็น 4 พวก คือ

2.4.3.1 ต้นไม้ (Trees) หมายถึง ไม้ยืนต้น ลำต้นเดี่ยว มีเรือนยอดและความสูงไม่น้อยกว่า 10 ฟุต พืชพันธุ์ไม้ใดๆ ที่มีความสูงพอที่จะใช้กำบังเหล่าทหารได้ หรือบริเวณพันธุ์ไม้ที่มีความหนาที่ที่จะเป็นเครื่องกีดขวาง และพืชพันธุ์ไม้ที่สามารถผ่านได้ จำแนกเป็น ป่าเล็ก หรือป่าไม้พุ่ม (Brush Wood) ต้นไม้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทผลัดใบและประเภทไม่ผลัดใบ ถึงแม้ว่าต้นไม้ใช้ในการซ่อนเร้นและการกำบังได้ดี แต่ป่าไม้จะเป็นปัญหาในการเคลื่อนที่ผ่านของกำลังพลและยานพาหนะล้อ ต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่ขึ้นอยู่ใกล้ชิดกัน รอดังไม่สามารถผ่านหมู่ไม้เหล่านี้ได้ แต่ถ้าเป็นไม้พุ่มช่วงห่างรอดังสามารถผ่านได้ โดยปกติต้นไม้ที่มีความห่างของลำต้นขึ้นอยู่ใกล้ๆ กัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นจะมีขนาดเล็กพอที่รอดังจะผลัดต้นไม้ให้ล้มและทับลำต้นผ่านไป

ขนาดของลำต้นและระบบราก เป็นปัจจัยสำคัญที่จะเป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ รอดังขนาดกลางสามารถดันต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 30 เซนติเมตร (12 นิ้ว) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้มลงไปได้ แต่ลำต้นไม้ขนาดนี้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นเป็นป่าทึบ รดถึงก็ไม่สามารถผ่านไปได้อีก เนื่องจากต้นไม้ที่ล้มต้นหนึ่งจะไปพังกับต้นอื่นๆ ที่อยู่ติดกัน ทำให้เกิดเป็นกลุ่มของสิ่งกีดขวางที่มีมากขึ้น รากของต้นไม้ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่เกิดขวางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ อย่างไรก็ตามได้มีการคำนวณว่าต้นไม้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 - 20 เซนติเมตร (6 - 8 นิ้ว) รดถึงขนาดกลางสามารถล้มลงไปได้ และต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 - 5 เซนติเมตร (1 - 2 นิ้ว) รดบรรทุกขนาด 2.5 ต้นสามารถแล่นผ่านไปได้อีก ดังนั้นผลกระทบของพืชพันธุ์ไม้จะมีผลต่อยานพาหนะน้อยกว่ารถสายพาน

ระยะห่างระหว่างต้นไม้ที่รดถึงและยานยนต์ล้อสามารถแล่นผ่านไปได้อีก ในกรณีที่ดินไม่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถแล่นทับ อยู่ระหว่าง 4.5 - 6.5 เมตร (15 - 20 ฟุต) ขนาดของพุ่มไม้หรือพวงห้อยสูง จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของยานยนต์ล้อมากกว่ารถถังและรถสายพาน พืชพันธุ์ไม้ที่มีความสูงจากพื้นเฉลี่ยไม่เกิน 1 เมตร (3 ฟุต) ไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่นอกเส้นทางของยานพาหนะ แต่จะบดบังสิ่งกีดขวาง เช่น หนองน้ำ หลุม ทำให้พลขับรถมองไม่เห็น

การลาดตระเวนภูมิประเทศ เป็นการรวบรวมข้อมูลที่ดีที่สุดที่สุดของชนิดพืชพันธุ์ไม้ เพราะขนาดของลำต้นและระยะห่างระหว่างลำต้น จะไม่สามารถพิสูจน์ทราบได้จากภาพถ่ายทางอากาศ แต่ประโยชน์ของภาพถ่ายทางอากาศ จะใช้ในกรณีที่พื้นที่นั้นๆ ยากที่จะเข้าถึง เพราะมีความทุรกันดารห่างไกล หรือการคมนาคมไม่สะดวก

ชนิดของป่า (Forest Type)

ก. ป่าประเภทที่ไม้ผลัดใบ (Evergreen Forest) แบ่งออกเป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ ตามสภาพภูมิประเทศ ความชื้น และพรรณไม้ คือ

- 1) ป่าดงดิบ หรือ ป่าดิบ (Tropical Rain Forest)
- 2) ป่าดงดิบเขา หรือ ป่าดิบเขา หรือ ป่าดงดิบระดับสูง (Hill Evergreen Forest)
- 3) ป่าสน หรือ ป่าสนเขา (Pine Forest)
- 4) ป่าเลน หรือ ป่าเลนน้ำเค็ม หรือ ป่าโกงกาง (Mangrove Forest)

ข. ป่าประเภทผลัดใบ (Deciduous Forest) เป็นป่าที่มีความชื้นน้อยกว่าประเภทไม้ผลัดใบ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

- 1) ป่าแดง หรือ ป่าแพะ หรือ ป่าโคก ป่าเต็งรัง (Dry Dipterocapus Forest)
- 2) ป่าเบญจพรรณ หรือ ป่าผสมผลัดใบ หรือ ป่าโปร่งผสม (Mix Deciduous Forest)

2.4.3.2 ไม้พุ่มเตี้ย (Shrubs) ป่าชนิดนี้เป็นไม้ลำต้นแข็ง มีความสูงน้อยกว่า 10 ฟุต มีลักษณะเป็นกอ มีลำต้นมากกว่าหนึ่งต้น

2.4.3.3 หญ้า (Grasses) พืชทุกชนิดที่ไม่มีลักษณะเป็นต้นไม้

2.4.3.4 พืชกลีกรวม (Crops) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

- Dry Crops ได้แก่ พืชไร่ต่างๆ เช่น ถั่วชนิดต่างๆ อ้อย น้ำตาล
- Wet Crops ได้แก่ พืชที่ขึ้นในน้ำ เช่น ข้าว เป็นต้น

การพิจารณาพืชพันธุ์ไม้ในทางการทหาร มีปัจจัยที่ต้องพิจารณาคังนี้

- ก) ชนิดของพืชพันธุ์ไม้
- ข) การปิดบังของพุ่ม ไม้
- ค) ไม้พื้นล่าง
- ง) ความขรุขระจากพืชพันธุ์ไม้
- จ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น
- ฉ) ความห่างของลำต้น

ในการจัดทำข้อมูลเกี่ยวกับพืชพันธุ์ไม้จะแสดงไว้บนแผ่นบริวาร โดยลงขอบเขตของพืชพันธุ์ไม้แต่ละประเภทไว้บนแผ่นบริวาร (Overlay) ใช้ตัวอักษรประกอบตัวเลขแทนพืชพันธุ์ไม้ชนิดต่างๆ และมีสัญลักษณ์อธิบายเพื่อสะดวกแก่การใช้งาน นอกจากนี้ยังมีตารางแสดงข้อมูล ชนิดต้นไม้ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความห่างของลำต้น ความขรุขระของพืชพันธุ์ไม้ไว้อย่างครบถ้วน เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้คำนวณการเคลื่อนที่นอกเส้นทางของรถถังหลัก ในการจัดทำฐานข้อมูลของพืชพันธุ์ไม้ อาศัยภาพถ่ายทางอากาศเป็นหลัก ในการจัดทำแบ่งชนิดของพืชพันธุ์ไม้ออกเป็นพื้นที่ๆ อาศัยเทคนิค Photo Grametry ประกอบเครื่องมือพิเศษเพื่อพิสูจน์ทราบ เช่น เปอร์เซ็นต์การปิดบังท้องฟ้า ความกว้าง ทรงพุ่ม ความสูง ขนาด และความห่างของลำต้น ประกอบการตรวจสอบและเก็บข้อมูลในสนาม นำมาสร้างแผ่นบริวารแสดงพืชพันธุ์ไม้มาใช้ในราชการทหาร

คำอธิบายสัญลักษณ์พืชพันธุ์ไม้

| รหัสหน่วยแผนที่ | ชนิด |
|-----------------|---|
| A1 | เกษตรกรรม (พืชแห้งแล้ง) |
| A2 | เกษตรกรรม (พืชน้ำ ข้าว) |
| A3 | เกษตรกรรม (พืชตามไหล่เขาทั้งที่เปียก ที่แห้ง) |
| A4 | เกษตรกรรม (ไร่เลื่อนลอย) |
| A5 | เกษตรกรรมพร้อมป่าไม้กระจัดกระจาย |
| B1 | ป่าละเมาะ (สูงน้อยกว่า 5 เมตร ระยะห่างเปิดโล่งถึงปานกลาง) |
| B2 | ป่าละเมาะ (สูงน้อยกว่า 5 เมตร ระยะห่างปานกลางจนถึงแน่นชนิด) |
| C | ป่าสน/ป่าไม้ใบเขียวตลอด |
| D | ป่าผลัดใบ |
| E | ป่าผสม (ป่าสนผลัดใบ) |
| F | สวนผลไม้/สวนพืชป่า (สวนยาง ปาล์ม) |
| G1 | ป่าหญ้า ทุ่งหญ้า ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ |

เอกสารนี้เป็น G2 สารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในราชการทหาร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| รหัสหน่วยแผนที่ | ชนิด |
|-----------------|---|
| H | ป่าถูกทำลาย (พื้นที่ดินไม้ถูกโค่นเตียนหมด ถูกเผา ฯลฯ) |
| I | ที่ห่ม (โก่งาง สนทะเล ฯลฯ) |
| J | ที่ลุ่ม/ปลักตม (ไม่มีดินไม้ บึงตะไคร่น้ำหนา) |
| K | ที่ชื้นแฉะ |
| L | ไร่จุ่น |
| M | คันไผ่ |
| N | ที่ว่าง |
| P | ดินป่าล้ม ดินมะพร้าว |
| R | สวนยางพารา |
| W | พื้นที่เปิด |
| X | พื้นที่ก่อสร้างหนาแน่น |

ชนิดพืชพันธุ์ไม้เหล่านี้ให้รหัสหน่วยแผนที่ด้วยตัวเลข 3 ตัว ตัวแรกเป็นตัวอักษรสำหรับแสดงรหัสของชนิดพืชพันธุ์ไม้ ตัวที่สอง (ตัวเลข) เป็นรหัสการปิดบังท้องฟ้าเป็น (%) ตัวที่ 3 เป็นรหัสความสูง (เมตร)

ตารางที่ 2.4 ความสูงของพืชพันธุ์ไม้

| รหัสหน่วยแผนที่ | ความสูง (เมตร) |
|-----------------|----------------|
| 1 | 0 - 2 |
| 2 | 2 - 5 |
| 3 | 5 - 10 |
| 4 | 10 - 15 |
| 5 | 15 - 20 |
| 6 | 20 - 25 |
| 7 | 25 - 30 |
| 8 | 30 - 35 |
| 9 | > 35 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 การปิดบังท้องฟ้า

| รหัสหน่วยแผนที่ | การปิดบังท้องฟ้า (%) |
|-----------------|----------------------|
| 1 | 0 – 25 |
| 2 | 25 – 50 |
| 3 | 50 – 75 |
| 4 | 75 – 100 |

ตัวอย่าง D23 แสดงป่าผลัดใบ พร้อมด้วยการปิดบังท้องฟ้า 25 - 50% ความสูงอยู่ระหว่าง 5 - 10 เมตร ต้นไม้ชั้นล่างหนาที่บ การขีดเส้นใต้ที่รหัสแสดงว่าต้นไม้ชั้นล่างหนาที่บ ถ้าขีดด้วยเส้นขาดๆ (- - -) แสดงว่าต้นไม้ชั้นล่างมีน้อย หรือมีสภาพไม่แน่ชัด

ปัจจัยที่ใช้ในการคำนวณความสามารถในการเคลื่อนที่ผ่านของยานพาหนะในภูมิประเทศ ที่เกี่ยวข้องกับพืชพันธุ์ไม้ที่สำคัญได้แก่

- VF = ค่าคงที่ของยานพาหนะ (มีค่า 0.2 ทั้งยานยนต์ล้อและยานยนต์สายพาน กรณีไม่มีการเกี่ยวรพ่วง)
- SD = เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น
- SS = ระยะห่างระหว่างลำต้นที่อยู่ติดกัน
- OD = ความสามารถในการดันต้นไม้ให้ล้มของยานพาหนะ
- W = ความกว้างของยานพาหนะ (ได้จากตารางคุณสมบัติของยานพาหนะแต่ละแบบ)
- VR = ปัจจัยความขรุขระของพืชพันธุ์ไม้ของยานพาหนะแต่ละประเภท

2.5 ยานยนต์ล้อและสายพาน ที่นำมาใช้ในการวิจัย

ยานพาหนะที่นำมาใช้ในการรบในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด แต่ละชนิดสร้างขึ้นมาจากวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน บางประเภทใช้สำหรับการลำเลียงและขนส่ง บางประเภทให้เพื่อการทำสงคราม บางประเภทสร้างมาใช้งานด้านธุรการ หรือการสนับสนุนการรบให้มีขีดความสามารถสูงขึ้น ยานพาหนะที่ใช้ในกองทัพไทย ในปัจจุบันถ้าแบ่งตามลักษณะภายนอกแล้วจะมี 3 ลักษณะด้วยกัน คือ

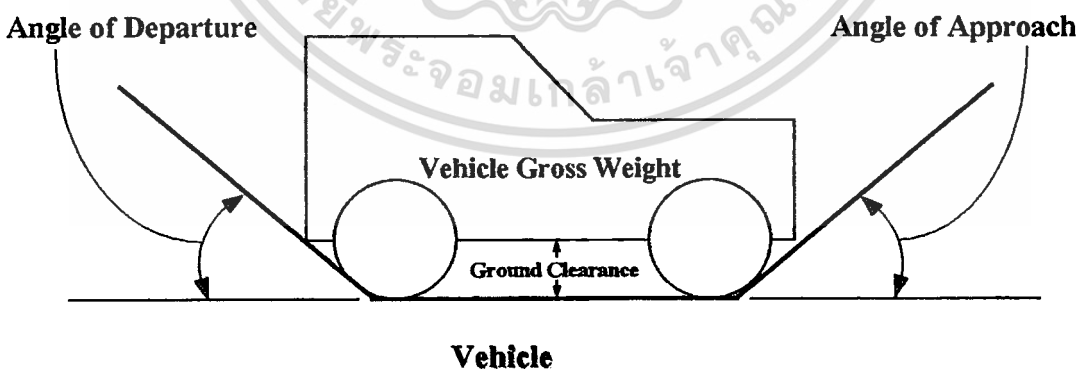
- ยานยนต์ประเภทสายพาน เช่น รถถัง รถลำเลียงพลหุ้มเกราะสายพาน
- ยานยนต์ประเภทล้อ เช่น รถเกราะล้อยาง รถยนต์บรรทุก
- ยานยนต์กึ่งสายพาน เช่น รถกึ่งสายพาน ประกอบด้วยทั้งล้อและสายพานอยู่ในคันเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 คุณสมบัติของยานพาหนะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่นอกเส้นทาง [17]

- 1) มุมถึงลาด (Angle of Approach) คือมุมสูงสุดของลาด ซึ่งยานยนต์สามารถแล่นเข้าถึงได้ในทางราบ และเริ่มไต่ลาดโดยไม่มีส่วนใดสัมผัสกับพื้นลาด นอกจากล้อรถและสายพานรถเท่านั้น
- 2) มุมจากลาด (Angle of Departure) คือมุมสูงสุดของลาด ซึ่งยานยนต์สามารถแล่นออกได้ในทางราบ โดยไม่มีส่วนใดสัมผัสกับพื้นลาด นอกจากล้อรถและสายพานรถเท่านั้น
- 3) ความสามารถในการปีนลาด (Grade Ability) คือลาดชันที่สุด ซึ่งยานยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ครบชุด และมีน้ำหนักบรรทุกเต็มที่ สามารถแล่นผ่านไปได้อย่างรวดเร็วคงที่เหมือนกับที่วิ่งบนถนนคอนกรีต โดยใช้เกียร์ตามกำหนด
- 4) ระยะสูงพื้นพื้น (Ground Clearance) คือระยะห่างระหว่างระดับพื้นถนน กับจุดต่ำสุดใต้ท้องรถ
- 5) น้ำหนักรวมของรถ (Vehicle Gross Weight) คือน้ำหนักของรถที่ติดตั้งอุปกรณ์พร้อมครบ รวมทั้งพลประจำรถ ตลอดจนน้ำหนักบรรทุกสัมภาระและผู้โดยสารเต็มที่ที่บรรทุกได้

ปัจจัยที่มีอิทธิพลมากในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะนอกเส้นทาง คือการเปลี่ยนแปลงของอาการลาดของพื้นที่ เมื่อเทียบกับความสามารถในการไต่ลาดสูงสุดที่ยานพาหนะนั้นๆ สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้ ถ้าอาการลาดมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าความสามารถของยานพาหนะในการไต่ลาดนั้นได้ ยานพาหนะนั้นก็ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่นั้น



ภาพที่ 2.2 คุณสมบัติของยานพาหนะทางทหารที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่นอกเส้นทาง

2.5.2 ยานยนต์ที่นำมาใช้ในงานวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้คัดเลือกยานยนต์ที่ใช้ทำการวิจัยออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ ยานยนต์ประเภทล้อ และยานยนต์ประเภทสายพาน ประกอบด้วย รถถัง รถสายพานลำเลียงพล รถสายพานคู่ช่อม ปืนใหญ่อัตรจร และรถยนต์บรรทุกขนาดต่างๆ

คำจำกัดความของ “รถถัง”[13] คือ ยานยนต์สายพานขนาดใหญ่ที่ต้องเอาใจใส่ดูแล และให้การปรนนิบัติบำรุงเป็นพิเศษ ติดตั้งอาวุธขนาดใหญ่ มีเกราะป้องกันอันตรายจากการคุกคามในสนามรบ สามารถเคลื่อนที่ในภูมิประเทศทุรกันดารได้ และสามารถบุกทะลุม้าเครื่องกีดขวางได้แทบทุกชนิด โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท (ขนาด) เป็น

1. รถถังเบา คือรถถังที่มีน้ำหนักไม่เกิน 25 ตัน
2. รถถังกลาง คือรถถังที่มีน้ำหนักระหว่าง 25 - 55 ตัน
3. รถถังหนัก คือรถถังที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 55 ตันขึ้นไป

สำหรับรถถังที่นำมาใช้ในการวิจัยมีอยู่ด้วยกัน 6 แบบ ดังนี้ [11],[12]



ภาพที่ 2.3 รถถังแบบ M1 ABRAM

2.5.2.1 รถถังแบบ M1 ABRAM

| | |
|--------------------|----------------|
| พลประจำ | 4 นาย |
| ขนาด | |
| ยาว (รวมปืน) | 31 ฟุต 6 นิ้ว |
| ยาว (ในท่าเดินทาง) | 29 ฟุต 10 นิ้ว |
| ยาว (ตัวรถ) | 25 ฟุต 11 นิ้ว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|--------------|--------------------|
| กว้าง | 11 ฟุต 11 นิ้ว |
| สูง | 9 ฟุต 3 นิ้ว |
| น้ำหนัก | 54.4 ตัน |
| แรงกดต่อพื้น | 12.8 ปอนด์/ตร.นิ้ว |
| ระยะพื้นพื้น | 1 ฟุต 7 นิ้ว |

อาวุธ

| | |
|---------------------|----------|
| ปืนใหญ่ M68 | 105 มม. |
| ปืนกลร่วมแกน | 7.62 มม. |
| ปืนกลต่อสู้อากาศยาน | 12.7 มม. |
| ปืนกลที่ช่องพลบรรจุ | 7.62 มม. |

เครื่องยนต์ AVCI-Lycumming AGT แบบ Turbine ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้หลายชนิด
กำลัง 1500 แรงม้า

สมรรถนะ

| | |
|--------------------|-------------------------|
| ความเร็วรถ | 45 ไมล์/ชม. (72 กม./ชม) |
| ระยะปฏิบัติการ | 310 ไมล์ (480 กม.) |
| ข้ามเครื่องกีดขวาง | 3 ฟุต 6 นิ้ว |
| ข้ามคูกว้าง | 9 ฟุต |
| บริษัท | NBC |



ภาพที่ 2.4 รถถังแบบ M60A1

2.5.2.2 รถถังแบบ M60A1

พลประจำ

4 นาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด

| | |
|--------------------|---------------------|
| ยาว (รวมปืน) | 30 ฟุต 11 นิ้ว |
| ยาว (ในท่าเดินทาง) | 23 ฟุต 5 นิ้ว |
| ยาว (ตัวรถ) | 22 ฟุต 10 นิ้ว |
| กว้าง | 11 ฟุต 11 นิ้ว |
| สูง | 10 ฟุต 9 นิ้ว |
| น้ำหนักรถ | 54.5 ตัน |
| แรงกดต่อพื้น | 11.24 ปอนด์/ตร.นิ้ว |
| ระยะพื้นพื้น | 1 ฟุต 6 นิ้ว |
| เกราะหนา | 110 มม. |

อาวุธ

| | |
|---------------------|-------------------------|
| ปืนใหญ่ M68 | 105 มม. (กระสุน 63 นัด) |
| ปืนกลร่วมแกน | 7.62 มม. |
| ปืนกลต่อสู้อากาศยาน | 12.7 มม. |

เครื่องยนต์ดีเซล AVDS-1790-2C 12 กระบอกสูบ ระบายความร้อนด้วยอากาศ กำลัง 750 แรงม้า ณ.ความเร็ว 2400 รอบ/นาที

สมรรถนะ

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| ความเร็วรถ | 30 ไมล์/ชม. (48 กม./ชม.) |
| ระยะปฏิบัติการ | 310 ไมล์ (496 กม.) |
| ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง | 0.25 กม./ลิตร |
| ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง | 385 แกลลอน |
| ข้ามเครื่องกีดขวาง | 3 ฟุต |
| ข้ามคูกว้าง | 8 ฟุต 6 นิ้ว |
| ลุยน้ำลึก | 4 ฟุต |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 รถถังแบบ T54

2.5.2.3 รถถังแบบ T54

| | |
|---------------------|---------------------|
| พลประจำ | 4 นาย |
| ขนาด | |
| ยาว (รวมปืน) | 29 ฟุต 6 นิ้ว |
| กว้าง | 11 ฟุต |
| สูง | 7 ฟุต 11 นิ้ว |
| น้ำหนัก | 36.3 ตัน |
| แรงกดต่อพื้น | 11.52 ปอนด์/ตร.นิ้ว |
| อาวุธ | |
| ปืนใหญ่ | 100 มม. |
| ปืนกลร่วมแกน | 7.62 มม. |
| ปืนกลหน้า | 7.62 มม. |
| ปืนกลต่อสู้อากาศยาน | 12.7 มม. |

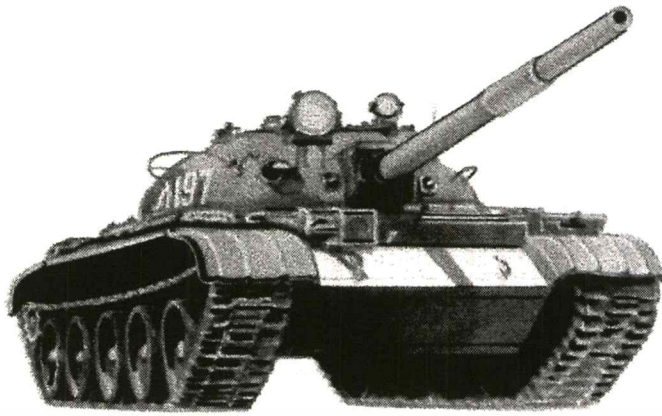
เครื่องยนต์ดีเซล V54-12 สูบ กำลัง 520 แรงม้า ที่ 2,000 รอบ/นาที

สมรรถนะ

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| ความเร็วรถ | 30 ไมล์/ชม. (48 กม./ชม.) |
| ระยะปฏิบัติการ | 310 ไมล์ (495 กม.) |
| ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง | 1.9 ลิตร/กม. |
| ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง | 812 ลิตร |
| ข้ามเครื่องกีดขวาง | 2 ฟุต 7 นิ้ว |
| ข้ามคูกว้าง | 9 ฟุต |
| ลุยน้ำลึก | 4 ฟุต ถึง 18 ฟุต |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 รถถังแบบ T62

2.5.2.4 รถถังแบบ T62

| | |
|---------------------|-------------------|
| พลประจำ | 4 นาย |
| ขนาด | |
| ยาว (รวมปืน) | 30 ฟุต 7 นิ้ว |
| ยาว (ตัวรถ) | 22 ฟุต 5 นิ้ว |
| กว้าง | 11 ฟุต 2 นิ้ว |
| น้ำหนัก | 40 ตัน |
| แรงกดต่อพื้น | 0.83 กก./ตร.ซม. |
| อาวุธ | |
| ปืนใหญ่ขนาด | 115 มม. แบบ U-5TS |
| ปืนกลร่วมแกน | 7.62 มม. |
| ปืนกลต่อสู้อากาศยาน | 12.7 มม. |

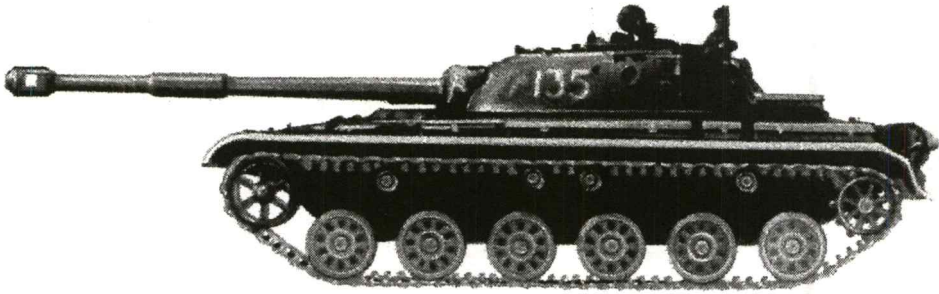
เครื่องยนต์ดีเซล แบบ G-2-62, 12 สูบ, ระบายความร้อนด้วยน้ำ กำลัง 700 แรงม้า ที่ 2200

รอบ/นาที

สมรรถนะ

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| ความเร็วรถ | 30 ไมล์/ชม. (48 กม./ชม.) |
| ระยะปฏิบัติการ | 310 ไมล์ (496 กม.) |
| ข้ามเครื่องกีดขวาง | 2 ฟุต 7 นิ้ว |
| ข้ามคูกว้าง | 9 ฟุต |
| ลุยน้ำลึก | 4 ฟุต ถึง 18 ฟุต |
| ความสามารถในการปีนลาด | 60 % |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 รถถังแบบ T72

2.5.2.5 รถถังแบบ T72

| | |
|---|--------------------------|
| พลประจำ | 3 นาย |
| ขนาด | |
| ยาว (รวมปืน) | 30 ฟุต |
| ยาว (ตัวรถ) | 21 ฟุต 4 นิ้ว |
| กว้าง | 11 ฟุต 2 นิ้ว |
| สูง | 7 ฟุต 6 นิ้ว |
| น้ำหนักกรร | 41 ตัน |
| อาวุธ | |
| ปืนใหญ่ | 125 มม. |
| ปืนกลร่วมแกน | 7.62 มม. |
| ปืนกลต่อสู้อากาศยาน | 12.7 มม. |
| เครื่องยนต์ดีเซล G-2-62, 12 สูบ รูปตัว V กำลัง 1000 แรงม้า ณ ความเร็ว 2200 รอบ/นาที | |
| สมรรถนะ | |
| ความเร็วรถ | 37 ไมล์/ชม. (60 กม./ชม.) |
| ระยะปฏิบัติการ | 310 ไมล์ (496 กม.) |
| ข้ามเครื่องกีดขวาง | 2 ฟุต 8 นิ้ว |
| ข้ามคูกว้าง | 9 ฟุต 4 นิ้ว |
| ความสามารถในการปีนลาด | 60 % |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยานยนต์สายพานประเภทที่มีโซ่รถถังที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบไปด้วย



ภาพที่ 2.8 รถสายพานลำเลียงพล M113

2.5.2.6 รถสายพานลำเลียงพล M113

| | |
|---|----------------------------|
| พลประจำ | 2 นาย (ผู้โดยสาร 11 คน) |
| ขนาด | |
| ยาว | 191.5 นิ้ว |
| กว้าง | 105.75 นิ้ว |
| สูง | 86.5 นิ้ว |
| น้ำหนัก | 22,900 ปอนด์ |
| อาวุธ | |
| ปืนกลขนาด .50 นิ้ว | 1 กระบอก |
| เครื่องยนต์ Chrysler Gasoline (Octane 95), 8 กระบอกสูบ ระบายความร้อนด้วยน้ำ กำลัง | |
| 215 แรงม้า | |
| สมรรถนะ | |
| ความเร็วรถ | 40 ไมล์/ชม. (64 กม./ชม.) |
| ความเร็วในน้ำ | 3.6 ไมล์/ชม. (5.8 กม./ชม.) |
| ระยะปฏิบัติการ | 200 ไมล์ (320 กม.) |
| ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง | |
| บนถนน | 1 กม./ลิตร |
| ภูมิประเทศ | 0.4 กม./ลิตร |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 ปืนใหญ่อัตตราจร M109

| 2.5.2.7 ปืนใหญ่อัตตราจร M109 | |
|--|----------------------------|
| พลประจำ | 6 นาย |
| ขนาด | |
| ยาว | 29.92 ฟุต |
| กว้าง | 10.33 ฟุต |
| สูง | 10.75 ฟุต |
| น้ำหนัก | 55,000 ปอนด์ |
| อาวุธ | |
| ปืนใหญ่กระสุนวิถีโค้ง 155 มม. | 1 กระบอก |
| ปืนกลขนาด .50 นิ้ว | 1 กระบอก |
| เครื่องยนต์ดีเซล Detroit, 8 กระบอกสูบ กำลัง 405 แรงม้า | |
| สมรรถนะ | |
| ความเร็วรถ | 35 ไมล์/ชม. (56.3 กม./ชม.) |
| ความเร็วในน้ำ | 4 ไมล์/ชม. (6.4 กม./ชม.) |
| ระยะปฏิบัติการ | 215 ไมล์ (346 กม.) |
| ความสามารถในการปีนลาด | 60 % |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยานยนต์ล้อที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้มีอยู่ 2 แบบคือ



ภาพที่ 2.10 รถยนต์บรรทุก 1/4 ตัน แบบ M151

2.5.2.8 รถยนต์บรรทุก 1/4 ตัน แบบ M151

| | |
|---|---------------------------|
| พลประจำ | 1 นาย |
| ขนาด | |
| ยาว | 132.7 นิ้ว |
| กว้าง | 64 นิ้ว |
| สูง | 71 นิ้ว |
| น้ำหนักกรด | 3540 ปอนด์ |
| เครื่องยนต์ Ford (Octane 95) 4 กระบอกสูบ ระบายความร้อนด้วยน้ำ กำลัง 71 แรงม้า | |
| สมรรถนะ | |
| ความเร็วรถ | 65 ไมล์/ชม. (104 กม./ชม.) |
| ระยะปฏิบัติการ | 300 ไมล์ (480 กม.) |
| ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง | |
| บนถนน | 6.5 กม./ลิตร |
| ภูมิประเทศ | 3 กม./ลิตร |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 รถยนต์บรรทุก 2 1/2 ตัน 6x6 M35

2.5.2.9 รถยนต์บรรทุก 2 1/2 ตัน 6x6 M35

| | |
|---------|--------------|
| พลประจำ | 2 นาย |
| ขนาด | |
| ยาว | 277 นิ้ว |
| กว้าง | 96 นิ้ว |
| สูง | 112 นิ้ว |
| น้ำหนัก | 13,530 ปอนด์ |

เครื่องยนต์ M35 เรียวมอเตอร์ OA-331 Gasoline, 6 กระบอกสูบ ระบายความร้อนด้วยน้ำ

กำลัง 146 แรงม้า

สมรรถนะ

ความเร็วรถ 58 ไมล์/ชม. (92.8 กม./ชม.)

ระยะปฏิบัติการ 500 ไมล์ (800 กม.)

ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

บนถนน 2 กม./ลิตร

ภูมิประเทศ 0.8 กม./ลิตร

สำหรับแผนที่ที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางการเดินทางเคลื่อนที่ของยานพาหนะ เป็นแผนที่ของจังหวัดอุดรธานี โดยใช้มาตราส่วน 1 : 250,000 โดยพิจารณาเฉพาะพื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางประมาณ 25 ตารางกิโลเมตร เนื่องจากในการปฏิบัติการทางยุทธวิธี จะพิจารณาเฉพาะพื้นที่ที่สนใจและคาดว่าจะมีการปฏิบัติการกิจในพื้นที่นั้นๆ ถ้ามีการปฏิบัติการในพื้นที่ระวางอื่นๆ ก็สามารถใช้อุปกรณ์เรียกข้อมูลและภาพแผนที่ของพื้นที่นั้นขึ้นมาได้อย่างรวดเร็ว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณความสามารถในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณความสามารถในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะในภูมิประเทศ ประกอบด้วยข้อมูลหลายอย่าง ได้แก่แผนที่ภูมิศาสตร์ สมการการคำนวณ กรรมวิธีการคำนวณ และตารางข้อมูลปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการคำนวณ โดยแจกแจงรายละเอียดได้ดังนี้

3.1 ข้อมูล

จากข้อมูลในบทที่ 2 และข้อมูลจาก “เอกสารกระบวนการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ในภูมิประเทศของโรงเรียนทหารแผนที่ สหรัฐอเมริกา” (Defense Mapping School 1984) [15] ทำให้ทราบได้ว่า การวิเคราะห์หาเส้นทางในการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศของยานยนต์ล้อและสายพาน มีข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์หลายประการ เช่น คุณสมบัติเฉพาะของยานยนต์ล้อและสายพานนั้นๆ ความลาดชันของภูมิประเทศ พืชพันธุ์ไม้ที่ขึ้นปกคลุมดิน ความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน และน้ำหนักของยานพาหนะนั้นๆ โดยมีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนๆ และต้องทำการคำนวณหามูลค่า (Cost) ของโซนแผนที่ในแต่ละส่วนออกมา โดยมีขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

- 1) ทำการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการได้ทั้งหมด
- 2) ทำการพิจารณาปัจจัย
 - 2.1) ชนิดของยานยนต์ล้อและสายพานที่ต้องการคำนวณ
 - 2.2) ตรวจสอบว่าต้องทำการคำนวณความสามารถในการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศในสภาพพื้นแห้งหรือพื้นเปียก หรือทั้ง 2 แบบ
- 3) ทำการวิเคราะห์สภาพพื้นผิวของพื้นที่โดย
 - 3.1) คำนวณค่าความเร็วต่อความชันของพื้นที่ (ค่า F_1)
 - 3.2) คำนวณค่าปัจจัยการเปลี่ยนแปลงของอาการลาด (ค่า F_2)
 - 3.3) บันทึกค่า F_1 และ F_2 เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป
- 4) ทำการวิเคราะห์ปัจจัยพืชพันธุ์ไม้ปกคลุมโดย
 - 4.1) คำนวณค่าปัจจัยพืชพันธุ์ไม้ (ค่า F_3)
 - 4.2) บันทึกค่า F_3 ไว้เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป
- 5) ทำการวิเคราะห์ปัจจัยวัสดุผิวพื้นโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5.1) คำนวณปัจจัยความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน (ค่า F_4) ในสภาพพื้นที่แห้ง
พื้นเปียก
- 5.2) บันทึกค่า F_4 เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป
- 6) ทำการวิเคราะห์ปัจจัยความขรุขระของผิวดินโดย
- 6.1) ทำการหาค่าปัจจัยความขรุขระของผิวดิน (ค่า F_5) โดยพิจารณาจากตารางปัจจัย
ความขรุขระของผิวดิน
- 6.2) เก็บค่า F_5 ไว้เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป
- 7) คำนวณค่า CCM โดยใช้ค่า F_1 ถึง F_5 ที่คำนวณได้มาข้างต้น
- 8) แทนค่า CCM ในแต่ละโซนแผนที่ด้วยรหัสสีต่างๆ ที่กำหนดขึ้น โดยการคำนวณค่าในแต่ละ
ละส่วน จนหมดทุกโซน

3.2 รายละเอียดในการคำนวณ

3.2.1 ค่าความเร็วต่อความชัน (Speed/Slope Factor) (F_1)

ข้อมูลที่ใช้คือค่าคุณสมบัติของยานพาหนะ

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของยานพาหนะ [15]

| คุณสมบัติของยานพาหนะ | ยานพาหนะ | | | | | | | | |
|--|----------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | M1 | M35 | M60 | M109 | M113 | M151 | T54 | T62 | T72 |
| ความเร็วสูงสุดบนถนน (กม./ชม.) | 71 | 56 | 48 | 56 | 48 | 50 | 50 | 50 | 60 |
| ความสามารถในการไต่ลาดบนถนน (%) | 68.7 | 64 | 60 | 60 | 60 | 60 | 67 | 62.5 | 62.5 |
| ความสามารถในการไต่ลาดในภูมิประเทศ (%) | 53 | 30 | 45 | 45 | 45 | 28 | 45 | 45 | 45 |
| ความกว้างของยานพาหนะ (เมตร) | 3.65 | 2.43 | 3.63 | 3.10 | 2.69 | 1.63 | 3.27 | 3.37 | 3.38 |
| เส้นผ่านศูนย์กลางของดิ่งไม้ที่ยานพาหนะ สามารถคืบลงไปได้ (เมตร) | 0.25 | 0.06 | 0.15 | 0.12 | 0.10 | 0.04 | 0.15 | 0.15 | 0.18 |
| ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินเมื่อยาน พาหนะเคลื่อนที่ผ่าน 50 เทียว (VCI_{50}) | 58 | 59 | 48 | 57 | 40 | 44 | 48 | 49 | 60 |
| ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินเมื่อยาน พาหนะเคลื่อนที่ผ่าน 1 เทียว (VCI_1) | 25 | 26 | 20 | 25 | 17 | 19 | 20 | 21 | 25 |
| ความสามารถในการลุยข้ามน้ำโดยไม่ใช้ อุปกรณ์ช่วย (เมตร) | 1.22 | 0.76 | 1.22 | 1.10 | ลอย น้ำ | 0.53 | Null | 1.4 | 1.4 |
| ความสามารถในการลุยข้ามน้ำโดยใช้อุปกรณ์ ช่วย (เมตร) | 2.34 | 0.76 | 2.44 | Null | ลอย น้ำ | 0.53 | Null | 5.0 | 5.5 |

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

| คุณสมบัติของยานพาหนะ | ยานพาหนะ | | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | M1 | M35 | M60 | M109 | M113 | M151 | T54 | T62 | T72 |
| ความเร็วของกระแสน้ำที่ยานพาหนะสามารถลุยข้ามได้ (ม./วนท.) | 3.5 | 1.0 | 3.4 | 2.8 | 1.8 | Null | Null | 3.4 | 3.4 |
| มุมไต่ลาด (%) | 23 | 48 | 43 | Null | 70 | 66 | Null | Null | 33 |
| ข้ามเครื่องกีดขวางได้สูง (เมตร) | 1.24 | 0.35 | 0.91 | 0.53 | 0.61 | 0.18 | Null | 0.8 | 1.0 |
| หมายเหตุ | <ul style="list-style-type: none"> - รถยนต์บรรทุก M35 และ M151 ไม่มีความสามารถในการลุยข้ามน้ำโดยใช้อุปกรณ์ช่วย ดังนั้นค่าที่ได้จึงเท่ากับไม่มีอุปกรณ์ช่วย - รถสายพาน M113 สามารถลดย่น้ำได้ ความเร็วลดลง 70 % - Null = ไม่ทราบคุณสมบัติของยานพาหนะ | | | | | | | | |

1) จากตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของยานพาหนะค่าที่นำมาใช้ในการคำนวณ

- ความเร็วสูงสุดบนถนน (กม./ชม.)
- ความสามารถในการไต่ลาดบนถนน (%)
- ความสามารถในการไต่ลาดในภูมิประเทศ (%)

2) จากสภาพพื้นผิวของพื้นที่ ทำการคำนวณหาความชันในแต่ละ โชนแผนที่เป็น

เปอร์เซ็นต์โดยพิจารณาจากตารางแสดงอาการลาดของผิวพื้น

ตารางที่ 3.2 แสดงอาการลาดของผิวพื้น

| รหัสแผนที่ | อาการลาด (%) | การปฏิบัติการทางทหาร |
|------------|--------------|-----------------------------|
| A | 0-3 | เหมาะสำหรับทำสนามบิน |
| B | 3-10 | เหมาะสำหรับส่งกำลังทางอากาศ |
| C | 10-20 | พาหนะเริ่มช้าลง |
| D | 20-30 | พาหนะช้าลงมาก |
| E | 30-45 | พาหนะเริ่มหยุด |
| F | > 45 | พาหนะหยุด |
| G | 0-45 | ยานพาหนะผ่านไม่ได้ |
| W | - | ยานพาหนะผ่านไม่ได้ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำการคำนวณหาค่าความลาดเฉลี่ย (Mid Point Slope) ของทุกโซนแผนที่โดยใช้

สมการที่ 1

$$\text{ค่าความลาดเฉลี่ย} = (\text{ค่าอาการลาดสูงสุด} + \text{ค่าอาการลาดต่ำสุด})/2 \quad \dots\dots\dots ①$$

| | | |
|---------------|------------------|---------------|
| ตัวอย่างที่ 1 | ค่าอาการลาด | 10 - 20 % |
| | ค่าความลาดเฉลี่ย | = (20 + 10)/2 |
| | ค่าความลาดเฉลี่ย | = 15 % |

4) ทำการคำนวณหาค่าความลาดเฉลี่ยในทุกโซนแผนที่

5) คำนวณค่าความเร็วต่อความชัน (Speed/Slope Factor) หรือค่า F_1 ของทุกๆ โซนแผนที่

โดยใช้

สมการที่ 2

$$F_1 = (A - B)/(C/D) \quad \dots\dots\dots ②$$

A = ความสามารถในการไต่ลาดของยานพาหนะในภูมิประเทศ (%)

B = ค่าความลาดเฉลี่ย (%)

C = ความสามารถในการไต่ลาดของยานพาหนะบนถนน (%)

D = ความเร็วสูงสุดบนถนน (กม./ชม.)

หมายเหตุ

- ถ้าคำนวณได้ค่า F_1 เป็นค่าลบแสดงว่าผ่านไม่ได้ให้ค่า $F_1 = 0$
- ถ้าเป็นทศนิยมให้ปัดค่าเป็นค่าทศนิยม 1 ตำแหน่ง (0.1)
- ค่า F_1 สำหรับรหัสแผนที่ G ที่ดินตามธรรมชาติและ/หรือที่ดินที่ทำประโยชน์แล้ว อาการลาด (0 - 45 %) ถือเป็นกรณีพิเศษและให้ใช้ค่า F_1 ที่มีค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้ยานพาหนะผ่านได้

ตัวอย่างที่ 2 รถถัง M60 มีค่า

$$A = 45\%$$

$$B = 15\%$$

$$C = 60\%$$

$$D = 48 \text{ กม./ชม.}$$

แทนค่าในสมการที่ 2

$$F_1 = (45 - 15)/(60/48)$$

$$F_1 = (45 - 15)/1.25$$

$$F_1 = 30/1.25$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ F_1 เป็นค่า (เป็นค่าคงที่ไม่มีหน่วย) ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ค่าปัจจัยการเปลี่ยนแปลงของอาการลาด (Slope Intercept Frequency) (F_2)

ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงของอาการลาด (Slope Intercept Frequency : SIF) เป็นจำนวนครั้งที่ความลาดของพื้นผิวเปลี่ยนแปลงเป็นค่าบวกหรือค่าลบในระยะทาง 1 กิโลเมตร เป็นการยากที่จะทำการวัดเป็นตัวเลขได้จริงในภูมิประเทศ ดังนั้นจึงมีการตั้งวิธีการคำนวณขึ้นโดยใช้ข้อมูลสภาพพื้นผิวของพื้นที่และแผนที่ภูมิศาสตร์บริเวณพื้นที่นั้น

ค่า F_2 ที่เหมาะสมกับสภาพภูมิศาสตร์ของประเทศไทยทำการคำนวณโดยกรมแผนที่ทหารกำหนดให้

| | | |
|------------|---|------------------|
| รหัสแผนที่ | A | ค่า $F_2 = 1$ |
| | B | ค่า $F_2 = 0.99$ |
| | C | ค่า $F_2 = 0.98$ |
| | D | ค่า $F_2 = 0.97$ |
| | E | ค่า $F_2 = 0.96$ |

สำหรับค่า F_2 ของแผนที่โซน G ให้ใช้ค่า F_2 ค่าต่ำสุด

3.2.3 ปัจจัยพืชพันธุ์ไม้ปกคลุมดิน (Vegetation Factor) (F_3) [18]

การคำนวณปัจจัยความเร็วในการเคลื่อนที่ผ่านบริเวณพืชพันธุ์ไม้ จะมีการคำนวณที่ซับซ้อนกว่าการคำนวณอาการลาดและลักษณะพื้นผิว

- จากตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของยานพาหนะ ค่าที่ใช้คือ
 - ความกว้างของยานพาหนะ (เมตร)
 - เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ยานพาหนะสามารถเดินลง (เมตร)
- จากแผ่นบริวารพืชพันธุ์ไม้และตารางข้อมูลของพื้นที่ที่จะทำการพิจารณา ค่าที่ใช้มีดังนี้
 - เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (เมตร)
 - ระยะห่างระหว่างลำต้น (เมตร)
 - ความหนาแน่นของพืชพันธุ์ไม้ (V_R)

ถ้าทราบค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น หรือค่าระยะห่างระหว่างลำต้น จะต้องหาค่า V_1 และ V_2 ก่อนการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วของยานพาหนะ

- คำนวณค่า V_1 โดยใช้

สมการที่ 3

$$V_1 = V_F * (V_{1A}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

เมื่อ V_F เป็นค่าคงที่ของยานยนต์ล้อและสายพาน = 0.2 ของทั้งยานยนต์ล้อและสายพานโดยไม่มีการพ่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 4

$$V_{IA} = (SS - SD)/W \quad \dots\dots\dots ④$$

- เมื่อ SS = ระยะห่างระหว่างลำต้น (เมตร)
 SD = เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (เมตร)
 W = ความกว้างของยานพาหนะ (เมตร)

- หมายเหตุ - ถ้า $V_{IA} < 1.0$ ให้ค่า $V_1 = 0$
 - ถ้า $V_{IA} > 5.0$ ให้ค่า $V_{IA} = 5$

ค่า V_1 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 โดยถ้าค่า V_1 มีค่าน้อยกว่า 0 จะปรับให้ค่า $V_1 = 0$
 แต่ถ้าค่า V_1 มีค่ามากกว่า 1 จะให้ค่า $V_1 = 1$

4) คำนวณค่า V_2 โดยใช้

สมการที่ 5

$$V_2 = 1 - [V_T (SD^2/OD^2)] \quad \dots\dots\dots ⑤$$

- เมื่อ OD = เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ยานพาหนะสามารถเดินลงไปได้ (เมตร) และ

สมการที่ 6

$$V_T = (W + SD)/SS \quad \dots\dots\dots ⑥$$

- เมื่อ W = ความกว้างของยานพาหนะ (เมตร)
 SD = เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (เมตร)
 SS = ช่องว่างระหว่างลำต้น (เมตร)

- หมายเหตุ - ถ้า $SD > OD$ ให้ $V_2 = 1$
 - ถ้า $V_2 \leq 0$ ให้ $V_2 = 0$
 - ถ้า $V_T \leq 1.0$ ให้ $V_T = 1.0$
 - ถ้าไม่มีค่า SD และ SS กำหนดมาให้ ไปที่ข้อ 6)

5) เลือกค่า V_1 หรือ V_2 ที่มีค่ามากที่สุดและแทนใน

สมการ 7

$$F_3 = V_R * (\text{ค่า } V_1 \text{ หรือค่า } V_2 \text{ ที่เลือกมา}) \quad \dots\dots\dots ⑦$$

- หมายเหตุ - ถ้าค่า $F_3 > 1.0$ ให้ค่า $F_3 = 1.0$
 - ถ้าค่า $F_3 \leq 0$ ให้ค่า $F_3 = 0$ (No Go)

6) ถ้าไม่กำหนดค่า SD และ SS มาให้ ให้ค่า $F_3 = \text{ค่า } V_R$ โดยค่า V_R มีค่าตามตารางที่

3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลค่า SD, SS และ V_R ของรหัสแผนที่บางชนิด

| รหัส พื้นที่ไม้ | ความหมาย | เส้นผ่านศูนย์กลาง ของลำต้น SD (เมตร) | ระยะห่างระหว่าง ลำต้น SS (เมตร) | ความหนาแน่นของ พืชพื้นที่ไม้ V_R |
|--------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| A1 | เกษตรกรรม (พืชในที่แห้ง) | Null | Null | 0.85 |
| A2 | เกษตรกรรม (พืชน้ำ ข้าว) | Null | Null | 0.9 |
| A3 | เกษตรกรรม (พืชตามไหล่เขา) | Null | Null | Null |
| A4 | เกษตรกรรม (ไร่เลื่อนลอย) | Null | Null | Null |
| A5 | เกษตรกรรม หรือ ไร่ไม้กระจาย | Null | Null | 0.2 |
| B1 | ป่าละเมาะระยะเปิดโล่งถึงปานกลาง | Null | Null | 0.9 |
| B2 | ป่าละเมาะระยะปานกลางถึงแน่นชนิด | Null | Null | 0.85 |
| C | ป่าสน/ป่าไม้ใบเขียวตลอดปี | 1 | 2.5 | 1 |
| D | ป่าผลัดใบ | 1 | 2.5 | 1 |
| E | ป่าผสม (ป่าสน/ผลัดใบ) | 0.85 | 2.5 | 1 |
| F | สวนผลไม้/สวนพืชป่า | 5 | 5.5 | 0.7 |
| G1 | ป่าหญ้า ทุ่งเลี้ยงสัตว์ ทุ่งหญ้า | Null | Null | 0.95 |
| G2 | ป่าหญ้าพร้อมต้นไม้กระจัดกระจาย | Null | Null | 0.85 |
| H | ป่าถูกทำลาย (ถูกโค่น ถูกเผา) | Null | Null | 0.5 |
| I | ที่หล่ม (โกงาง สนทะเล) | Null | Null | 0.1 |
| J | ที่ลุ่ม ปกติถม | Null | Null | 0.1 |
| K | ที่ชื้นและ | Null | Null | 0.3 |
| L | ไร่/ไร่/ไร่/ไร่ | Null | Null | Null |
| M | ต้นไม้ | Null | Null | Null |
| N | ที่ว่าง | Null | Null | 0.95 |
| W | พื้นที่น้ำเปิด | Null | Null | 0 |
| X | พื้นที่ก่อสร้างหนาแน่น | Null | Null | Null |

หมายเหตุ ค่า Null เป็นค่าที่ไม่สามารถหาได้

3.2.4 ความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน (Soil Factor) (F_s)

ค่าความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน จะแปรผันตามชนิดของยานพาหนะและสภาพของพื้นดิน (แห้งหรือเปียก) โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) จากตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของยานพาหนะ แต่ละชนิด ค่าที่ใช้

- ค่าความสามารถในการรับน้ำหนักของดินเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่าน 1 เทีย

(VCI_1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความสามารถในการรับน้ำหนักของดินเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่าน 50 เทียช (VCI₅₀)

2) จากข้อมูลความสามารถในการรับน้ำหนักของดินต่อยานพาหนะ (ค่า RCI) ของพื้นดินแห้ง ชื้น และพื้นเปียก โดยที่

- RCI_D = ค่า RCI ของพื้นดินแห้ง
- RCI_M = ค่า RCI ของพื้นดินชื้น
- RCI_W = ค่า RCI ของพื้นดินเปียก

ตารางที่ 3.4 แสดงค่า RCI ของพื้นผิวแต่ละแบบ

| รหัส | ชนิดของพื้นผิว | RCI _D | RCI _M | RCI _W |
|------|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| GW | กรวดชนิดดี | 163 | 123 | 83 |
| GP | กรวดชนิดเลว | 160 | 120 | 81 |
| GM | กรวดผสมดินตะกอน | 120 | 76 | 32 |
| GC | กรวดผสมดินเหนียว | 130 | 91 | 52 |
| SW | ทรายรับน้ำหนักชนิดดี | 155 | 116 | 78 |
| SP | ทรายรับน้ำหนักชนิดเลว | 145 | 109 | 73 |
| SM | ทรายผสมดินตะกอน | 119 | 72 | 25 |
| SC | ทรายผสมดินเหนียว | 126 | 86 | 46 |
| ML | ดินตะกอนอินทรีย์วัตถุ | 118 | 69 | 20 |
| CL | ดินตะกอนอนินทรีย์วัตถุ | 123 | 81 | 40 |
| OL | ดินเหนียวปนดินตะกอนอนินทรีย์วัตถุ | 111 | 57 | 3 |
| MH | ดินไมคา ดินทรายละเอียด | 114 | 61 | 8 |
| CH | ดินเหนียวอนินทรีย์วัตถุ | 136 | 99 | 62 |
| OH | ดินเหนียวอนินทรีย์วัตถุเหนียวมาก | 107 | 54 | 1 |
| PT | ดินถ่านเลนและอนินทรีย์วัตถุ | 106 | 52 | 0 |
| R | หินโผล่เหนือดิน | 165 | 165 | 165 |
| W | พื้นน้ำเปิด | 0 | 0 | 0 |

3) ทำการคำนวณค่าความสามารถในการรับน้ำหนักของดินของพื้นแห้ง (F_D) พื้นที่ชื้น (F_M) หรือของพื้นเปียก (F_W) โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 8

$$F_4 \text{ ของพื้นแห้ง} = (RCI_D - VCI_1)/(VCI_{50} - VCI_1) \dots\dots\dots (8.1)$$

$$F_4 \text{ ของพื้นชื้น} = (RCI_M - VCI_1)/(VCI_{50} - VCI_1) \dots\dots\dots (8.2)$$

$$F_4 \text{ ของพื้นเปียก} = (RCI_W - VCI_1)/(VCI_{50} - VCI_1) \dots\dots\dots (8.3)$$

หมายเหตุ - ถ้าค่า $F_4 \leq 0$ ให้ค่า $F_4 = 0$ (No Go)

- ถ้าค่า $F_4 \geq 1.0$ ให้ค่า $F_4 = 1.0$

3.2.5 ปัจจัยความขรุขระของผิวคิน (Surface Roughness Factor) (F_5)

1) ค่าปัจจัยความขรุขระของผิวคิน (F_5) มีผลสูงสุดต่อการเคลื่อนที่แสดงด้วยค่า 0 แต่ค่า 1.0 มีผลกระทบน้อยที่สุด เกี่ยวกับการเคลื่อนที่นอกเส้นทางตามข้อมูลในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงปัจจัยความขรุขระของผิวคิน (F_5)

| รหัส หน่วย แผนที่ | ความหมาย | ยานล้อ ขนาดใหญ่ | ยานล้อ ขนาดเล็ก | ยานสาย พาน ขนาดเล็ก | ยานสายพาน ขนาดกลาง และใหญ่ |
|-------------------------|--|--------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 0 | ไม่มีข้อมูล | - | - | - | - |
| 1 | ไม่มีผลต่อความขรุขระของคิน | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | คินแข็งเหมือนหิน มีหินกระจายตามผิวพื้น | 0.9 | 0.8 | 0.85 | 0.9 |
| 3 | ทุ่งหินก้อนใหญ่ หิน โคล่ เหนือคิน | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 4 | ภูมิประเทศแบ่งเป็นลักษณะต่างๆ | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 5 | เหมืองเป็นแถบยาว มีหลุมขนาดใหญ่ | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 6 | พื้นที่ที่ผิวคินมีศกัการพังทลายสูง | 0 | 0 | 0 | 0 |

ตัวอย่าง CH 5 = คินเหนียวอนินทรีย์วัตถุ ที่มีลักษณะเหนียวมาก ความชื้นของคินปกติ ใช้รถถังขนาดใหญ่เคลื่อนที่นอกเส้นทาง ความเร็วลดลงจากปกติ 80 % (ความเร็วของยานพาหนะ x ปัจจัยความขรุขระ)

2) ใช้ค่า F_5 จากข้อมูลตามตารางที่ 3.5 ในแต่ละขนาดของยานยนต์

3.2.6 การคำนวณค่า CCM

1) นำค่า F_1 ถึง F_5 มาทำการคำนวณความเร็วของยานพาหนะในการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่นั้นๆ (กม./ชม.) โดยใช้

สมการที่ 9

$$\text{ความเร็ว (กม./ชม.)} = F_1 * F_2 * F_3 * F_4 * F_5 \dots\dots\dots (9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) นำความเร็วที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 3.6 เพื่อหาค่า CCM

ตารางที่ 3.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเร็วกับค่า CCM

| ความเร็ว (กม./ชม.) | ค่า CCM | ความหมาย |
|--------------------|---------|-------------------|
| >30 | 1 | ผ่านได้ดี |
| >15, <= 30 | 2 | ผ่านได้จำกัด |
| >5, <= 15 | 3 | ผ่านได้ช้า |
| >1.5, <= 5 | 4 | ผ่านได้ช้ามาก |
| <= 1.5 | 5 | ผ่านไม่ได้ |
| 0 | 6 | พื้นน้ำผ่านไม่ได้ |

จะได้ค่า CCM ที่ต้องการเพื่อนำมาใช้ในการแทนค่าลงในพื้นที่ โชนแผนที่แต่ละโชน

3) แสดงค่า CCM ในโชนแผนที่แต่ละโชน ด้วยรหัสสีโดยให้

CCM 1 = สีเขียว(Go)

CCM 2 = สีขาว (Slow Go)

CCM 3 = สีม่วง (Slow Go)

CCM 4 = สีเทา (Very Slow)

CCM 5 = สีเหลือง (No Go)

ทำการแสดงรหัสสีลงบนแผนที่

3.2.7 กำหนดสีของถนน แม่น้ำ ลงบนแผนที่ โดย

- 1) ถนนกำหนดเป็นสีแดง
- 2) แม่น้ำกำหนดเป็นสีน้ำเงิน

3.2.8 ทำการแสดงผลภาพของโชนแผนที่ ที่คำนวณค่า CCM แล้ว ลงบนคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นข้อมูลใช้ในการคำนวณเส้นทางที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ในขั้นตอนต่อไป

บทที่ 4

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการหาเส้นทาง

4.1 ปัญญาประดิษฐ์

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) เป็นแขนงวิชาที่มุ่งเน้นในด้านการทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถคิดหาเหตุผลโดยการเลียนแบบ พฤติกรรม การคิดหาเหตุผลของมนุษย์ [4]

ปัญญาประดิษฐ์ประกอบไปด้วย แขนงวิชาที่เกี่ยวข้องอยู่หลายหัวข้อที่สำคัญ ได้แก่ [4]

- การค้นหา (Searching)
- ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert Systems)
- การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing)
- การจดจำรูปลักษณ์ (Pattern Recognition)
- หุ่นยนต์ (Robotics)
- การเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning)
- ตรรกศาสตร์ (Logic)
- ความไม่แน่นอน และตรรกศาสตร์แบบ Fuzzy (Uncertainly and Fuzzy Logic)

สำหรับหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับการค้นหา (Searching)

เมื่อกกล่าวถึงการค้นหาในวิชาปัญญาประดิษฐ์ จะหมายถึงการค้นหาคำตอบสำหรับปัญหา มิได้หมายถึงการค้นหาข้อมูลที่กำหนดจากเพิ่มข้อมูล ตัวอย่างเช่น การใช้กระบวนการค้นหา โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างเมืองสองเมือง

การค้นหาเป็นหลักการพื้นฐานของการประยุกต์ใช้วิชาปัญญาประดิษฐ์ อันที่จริงแล้วความสามารถในการแก้ปัญหาถือเป็นเครื่องวัดประสิทธิภาพของมนุษย์และเครื่องจักร แนวทางในการแก้ปัญหาสามารถแบ่งออกได้เป็นรูปแบบใหญ่ได้ 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นการแก้ปัญหาโดยใช้กรรมวิธีที่สามารถรับประกันความสำเร็จได้แน่นอน เรียกว่า กรรมวิธีการคำนวณ วิธีนี้โดยมากจะไว้ใช้กับการแก้ปัญหาโจทย์ทางคณิตศาสตร์ แต่ในบางกรณีจะไม่สามารถแก้ปัญหาบางปัญหาโดยใช้วิธีแรกได้ เช่น การค้นหาเส้นทางที่ไม่ทราบว่าจะพบอุปสรรคอะไรบ้างและจะถึงจุดหมายหรือไม่ จึงต้องทำการแก้ปัญหาโดยใช้การค้นหาคำตอบของปัญหา (Search for a Solution) ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิชาปัญญาประดิษฐ์

การค้นหาเส้นทาง (Search) จะมีประสิทธิภาพดีเพียงใด จะขึ้นอยู่กับข้อกำหนด 2 ข้อดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โปรแกรมจะทำการค้นหาเส้นทางได้รวดเร็วเพียงใด
2. เส้นทางที่ได้เป็นเส้นทางที่คิชอบรับได้หรือไม่

ความแตกต่างของเส้นทางที่ดี และเส้นทางที่มีประสิทธิภาพคือ เส้นทางที่มีประสิทธิภาพจะมีเพียงเส้นทางเดียว ส่วนเส้นทางที่ดี หมายถึง เส้นทางเพียงเส้นทางเดียวในหลายๆ เส้นทางที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่คิชอบรับได้

รูปแบบในการค้นหาเส้นทางในวิชาปัญญาประดิษฐ์ มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ การค้นหาเส้นทางในแต่ละแบบจะมีความเหมาะสมในสภาวะการณที่แตกต่างกัน หากที่จะเปรียบเทียบว่า การค้นหาแบบใดดีกว่ากัน ทั้งนี้การพิจารณาใช้รูปแบบใดๆ ขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหาเป็นสำคัญ รูปแบบที่นิยมใช้กันอยู่ได้แก่ Depth-First Search, Breadth-First Search, Best-First Search และ Dijkstra's Algorithm

4.2 ความหมายของ Heuristic

Heuristic เป็นสิ่งที่บ่งบอกในการค้นหาเส้นทางว่าได้เดินทางมาในทิศทางที่ถูกต้องแล้ว ตัวอย่างเช่น เมื่อหลงอยู่ในป่าทึบ และต้องการนำ เราทราบว่ามีสิ่งบ่งบอกถึงความน่าจะเป็นของสถานที่ตั้งแหล่งน้ำอยู่ 4 ประการ คือ

1. แม่น้ำ ลำธาร หรือสระน้ำ จะต้องอยู่ในพื้นที่ที่เป็นหุบเขา
2. สัตว์ป่าจะมีเส้นทางเดินของคนไปยังแหล่งน้ำ
3. เมื่อเข้าใกล้แหล่งน้ำ จะ ได้กลิ่นของน้ำ
4. จะได้ยินเสียงน้ำไหล เมื่อเข้าใกล้แม่น้ำ หรือลำธาร

ดังนั้นการที่จะสามารถหาแหล่งน้ำจนพบ จะต้องใช้ความรู้ทั้ง 4 ข้อมารวมในการพิจารณาหาเส้นทาง จะทำให้เป็นการเพิ่มโอกาสในการที่จะพบสิ่งที่ต้องการค้นหาได้

จุดประสงค์ที่แท้จริงของ Heuristic คือ การกำกับทิศทางของกระบวนการค้นหา เพื่อให้อยู่ในทิศทางที่ได้ประโยชน์มากที่สุด โดยการบอกว่าควรเลือกไปในเส้นทางใดที่สั้นที่สุดหรือใช้เวลาที่น้อยที่สุด

สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ใช้ทฤษฎีการค้นหาเส้นทางที่เรียกว่า Dijkstra's Algorithm โดยใช้ Heuristic เข้ามาช่วย หลังจากนั้นจึงทำการปรับปรุงเส้นทางโดยใช้ทฤษฎีการหาเส้นทางลัด จะได้เส้นทางใหม่ที่มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

4.3 Heap Sort

Heap Sort [20] เป็นกระบวนการในการเรียงลำดับมูลค่าของโหนดต่างๆ โดยจัดให้อยู่ในรูปแบบของ Tree โดยนิยมใช้ในรูปของ Binary Tree โดยมีกฎเกณฑ์ว่าโหนดที่มีมูลค่า (Priority) มากที่สุดจะอยู่บนสุด (Root Node) ส่วนโหนดที่อยู่ในลำดับรองลงไปจะมีมูลค่าลดน้อยลงมา โดย Dijkstra's Algorithm จะเลือกเฉพาะโหนดบนสุดเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงมูลค่าของโหนดบนสุดโหนด ต่างๆ ภายใน Heap จะต้องมีการปรับเปลี่ยนมูลค่าให้ถูกต้องสัมพันธ์กัน เป็นการรักษาสถิตของต้นไม้ (Tree) ไปด้วย

Heap ที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ได้แก่ Binary Heap โดยมีข้อดีที่เด่นชัดดังนี้

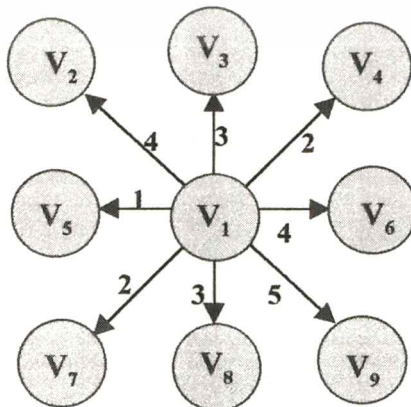
4.3.1 การจัดเรียงข้อมูลสามารถกระทำได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้เวลาในการเพิ่มเติมข้อมูลและดึงข้อมูลที่ต้องการออกจาก Tree ใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ $O(\log n)$

4.3.2 เป็นโครงสร้างของ Tree ที่มีโครงสร้างไม่สลับซับซ้อนประกอบไปด้วย โหนดแม่ โหนดซ้ายขวา โดยการใส่ข้อมูลในโหนดจะเริ่มจากโหนดซ้ายมือ ทำการตรวจสอบมูลค่าของโหนด และปรับค่าให้อยู่ในกฎเกณฑ์ของงานวิจัยนี้ โดยโหนดที่อยู่ในระดับสูงกว่าจะมีมูลค่าน้อยกว่าโหนดที่อยู่ในระดับต่ำกว่า

4.3.3 การเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Tree เป็นรูปแบบการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ โดยสามารถรับประกันได้ว่าจะสามารถเก็บข้อมูลใน Array ได้ในตำแหน่งที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

4.4 รายละเอียดของ Binary Heap และวิธีการที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ [20]

4.4.1 เริ่มต้นด้วยการกำหนดจุดเริ่มต้น (Pixel) จากจุดเริ่มต้นทำการคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปยัง Pixel ติดกันโดยรอบทั้ง 8 จุด โดยใช้ค่า CCM ทิศทางและระยะห่างระหว่างจุด รวมทั้งคุณสมบัติของยานพาหนะที่เลือกประกอบการคำนวณ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงแผนผังของโหนดและเวลาในการเดินทางสมมุติที่คำนวณได้

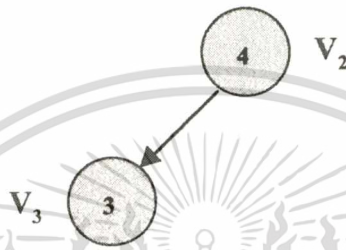
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ทำการเรียงลำดับโหนดตามเวลาที่ได้ (น้อยไปมาก) โดยใช้ทฤษฎี Binary Heap โดยมีรายละเอียดดังนี้

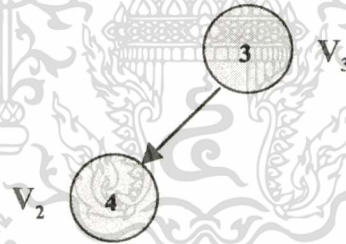
- 1) เริ่มจากการนำเวลาที่ใช่ของ Node V_2 มาเป็นโหนดเริ่มต้น



- 2) นำเวลาที่คำนวณได้ของ Node V_3 มาเปรียบเทียบกับโหนดซ้ายมือ

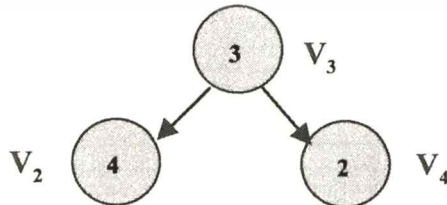


เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการหาเส้นทางที่ใช้เวลาในการเดินทางน้อยที่สุด จึงกำหนดให้โหนดที่อยู่บนมีค่าน้อยกว่าโหนดที่อยู่ในระดับล่าง ดังนั้นจึงต้องสลับโหนดระหว่าง 4 และ 3 เพื่อให้ค่าน้อยอยู่ด้านบน



- 3) นำเวลาที่ได้ของ Node V_4 มาเปรียบเทียบกับโหนดด้านขวาตามหลักของ

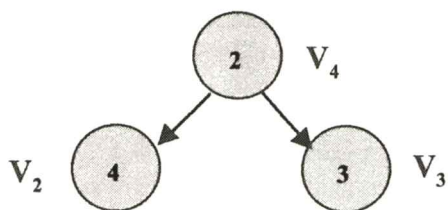
Binary Tree



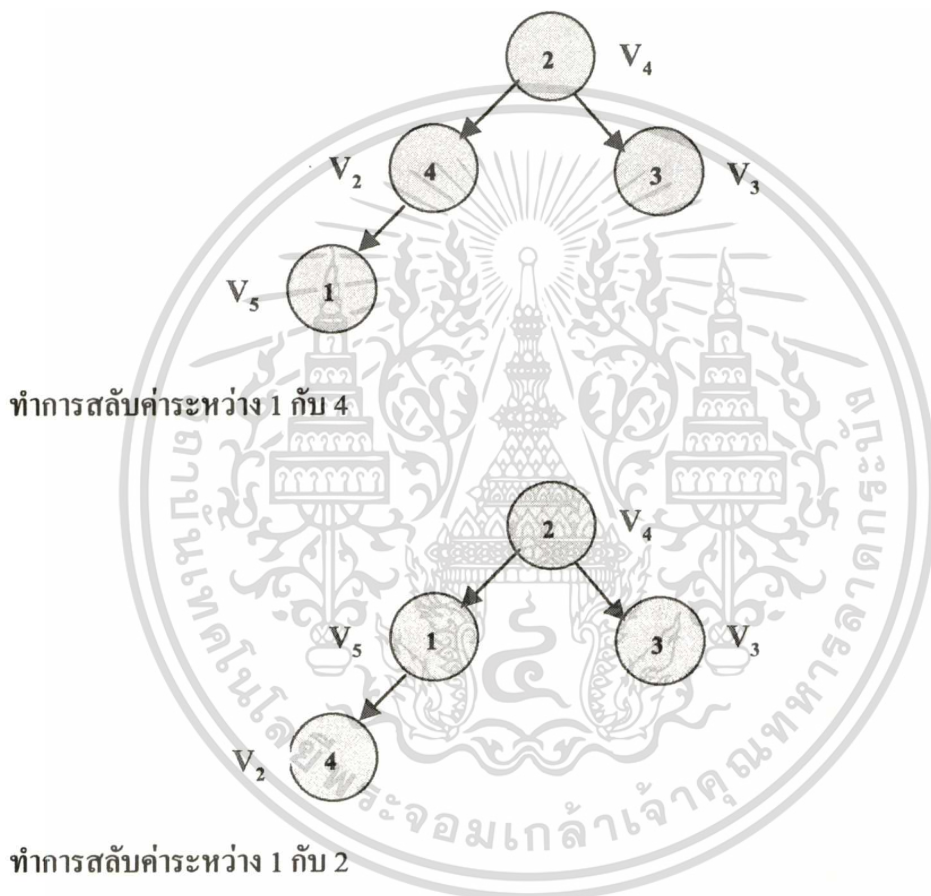
ภาพที่ 4.1 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้เป็นไปตามหลักการในข้อ 2) จึงต้องทำการสลับค่าระหว่าง 3 กับ 2



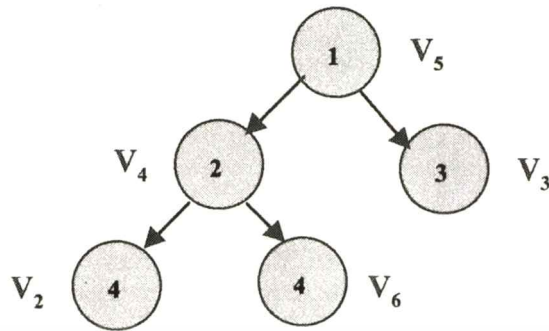
4) นำเวลาที่ได้ของ Node V_5 มาเปรียบเทียบ



ภาพที่ 4.1 (ต่อ)

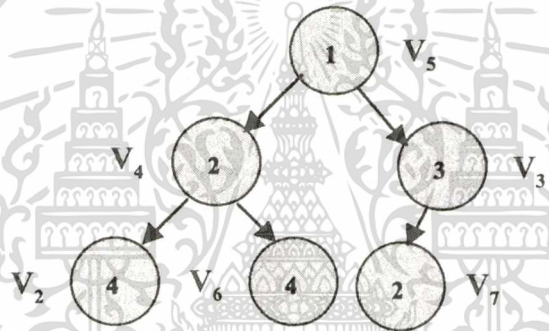
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) นำเวลาที่ได้ของ Node V_6 มาเปรียบเทียบ

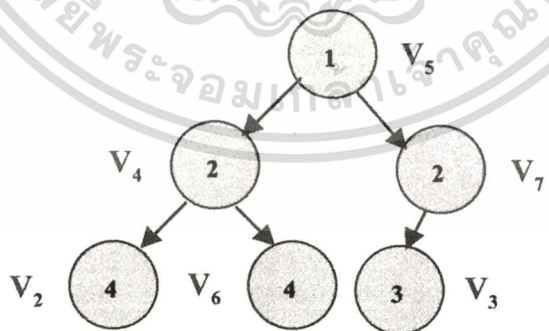


เนื่องจาก Tree เป็นไปตามหลักการในข้อ 2) แล้ว จึงไม่ต้องมีการสลับค่า

6) นำเวลาที่ได้ของ Node V_7 มาเปรียบเทียบ



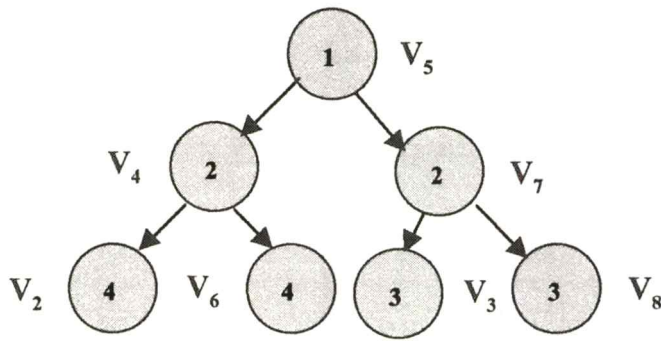
ทำการสลับค่าระหว่าง 3 กับ 2



ภาพที่ 4.1 (ต่อ)

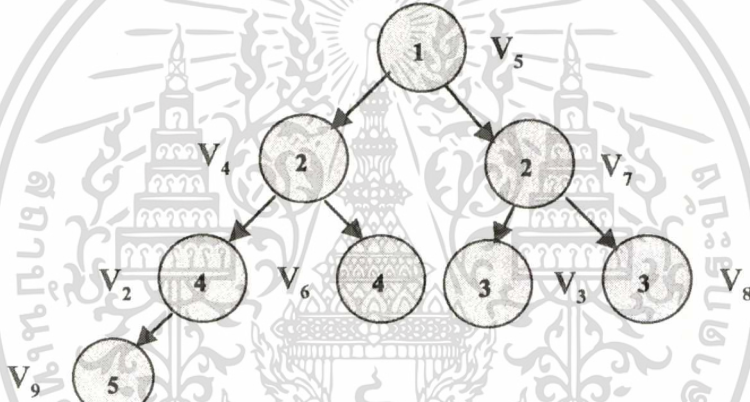
7) นำเวลาที่ได้ของ Node V_8 มาเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เนื่องจาก tree เป็นไปตามหลักการในข้อ 4.3.2 แล้ว จึงไม่ต้องการสลับค่า

8) นำเวลาที่ได้ของ Node V_i มาเปรียบเทียบเนื่องจากเป็นโหนดตัวสุดท้ายและ Tree เป็นไปตามหลักการในข้อ 4.3.2 จึงทำการคัดเลือก Root Node มาใช้ (ค่า 1) คือเส้นทางระหว่าง Node V_1 ไปยัง V_5 ที่ใช้เวลาเพียง 1 ms



ภาพที่ 4.1 (ต่อ)

9) ทำการเก็บค่าเวลาและเส้นทางเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบต่อไป

4.5 Dijkstra's Algorithm

เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการค้นหาเส้นทาง เมื่อต้องมีการคำนวณมูลค่า (Cost) ระหว่างจุดสองจุด โดย Dijkstra จะคำนวณมูลค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่น้อยที่สุด จากจุดเริ่มต้นมายังจุดปัจจุบัน โดยเลือกเส้นทางที่มีมูลค่ารวมน้อยที่สุด

รายการที่ใช้ในการคำนวณอัลกอริทึมของ Dijkstra ได้แก่ รายการชั่วคราว และรายการถาวร

[23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รายการชั่วคราว (Temporary) จะให้ค่าแก่โหนดที่ยังสำรวจไปไม่ถึง โดยค่าที่ให้แก่รายการชั่วคราวสามารถเปลี่ยนแปลงได้ (ในภาพที่ 4.2 ใช้สัญลักษณ์ ○) จากภาพ แสดงถึง โหนด A ที่ยังไม่ผ่านการสำรวจ มีมูลค่าของเวลาที่กำหนดเริ่มต้นเท่ากับ 0
- รายการถาวร (Permanent) จะให้ค่าแก่โหนดที่ผ่านการตรวจสอบ และทราบเวลาที่ใช้ในการเดินทางรวมของโหนด จากโหนดเริ่มต้นมายังโหนดปัจจุบันแล้ว (ในภาพที่ 4.2 ใช้สัญลักษณ์ □) จากภาพ แสดงถึง โหนด B ที่ผ่านการสำรวจแล้ว มีเวลาที่ใช้จากจุดเริ่มต้นเท่ากับ 5

ในโหนดหนึ่งๆ จะมีมูลค่าอยู่ภายในรายการชั่วคราวและรายการถาวร ได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น



ภาพที่ 4.2 สัญลักษณ์ของโหนดและมูลค่า

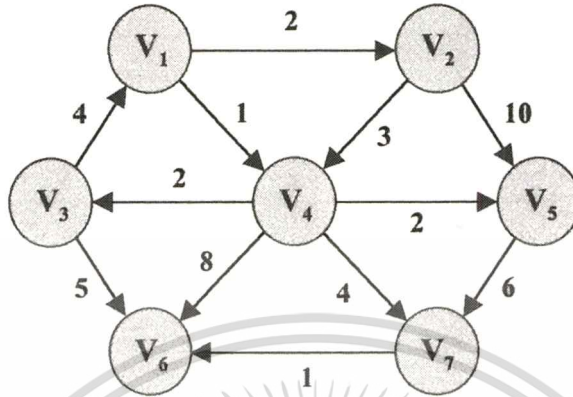
รายละเอียดอัลกอริทึมของ Dijkstra [21]

1. เริ่มจากการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับโหนดต่างๆ ที่จะต้องผ่านการตรวจสอบ โดยให้โหนดเริ่มต้นมีมูลค่าถาวร (เวลาที่ใช้ในการเดินทาง) เป็นศูนย์ และโหนดอื่นๆ มีมูลค่าชั่วคราว (เวลาที่ใช้ในการเดินทาง) เป็นศูนย์เช่นเดียวกัน
2. จากนั้นตรวจสอบจากโหนดที่มีมูลค่าถาวรตัวแรก ทำการเปรียบเทียบโหนดที่มีมูลค่าชั่วคราว มีเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโหนดเริ่มต้นน้อยที่สุด ทำการหามูลค่าจากโหนดเริ่มต้น โดยนำมูลค่ารวมของโหนดก่อนหน้า มารวมกับมูลค่าของโหนดที่ถูกตรวจสอบอยู่ แล้วเปลี่ยนมูลค่าชั่วคราวของโหนดนั้นเป็นมูลค่าถาวร
3. ทำการคัดเลือกโหนดนั้น เพื่อตรวจสอบต่อไป
4. ทำการตรวจสอบโหนดที่ยังไม่ถูกสำรวจ (ที่มีมูลค่าชั่วคราว) ตัวต่อไป ทำการเปรียบเทียบโหนด และคัดเลือกโหนดที่มีมูลค่ารวมจากโหนดเริ่มต้นน้อยที่สุดตัวต่อไป
5. ดำเนินการตามข้อ 3 และข้อ 4 ต่อไป
6. ทำซ้ำในข้อ 5 จนกว่ามูลค่าของทุกโหนดเปลี่ยนเป็นมูลค่าถาวรจนหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการค้นหาแบบ Dijkstra

สมมุติให้โหนดที่ใช้ในการค้นหาเส้นทาง โดยใช้ Dijkstra's Algorithm ดังในภาพที่ 4.3 โดยให้ตัวเลขบนลูกศรแทนเวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างโหนด



ภาพที่ 4.3 แผนผังของโหนดทั้งหมด

1) ในกระบวนการหาเส้นทาง มีตัวแปรเกี่ยวข้องดังนี้

- **Known** เป็นตัวแปรที่กำหนดค่าให้กับโหนดที่ยังไม่ได้ถูกสำรวจ มีค่าเป็น 0 และอยู่ในรายการชั่วคราว (Temporary) สำหรับโหนดที่ผ่านการสำรวจแล้ว มีค่าเป็น 1 และอยู่ในรายการถาวร (Permanent) โดยเริ่มต้นกำหนดให้ทุกโหนด มีค่า **Known** เท่ากับ 0
- D_v เป็นผลรวมของเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโหนดแรกมายังโหนดปัจจุบัน สำหรับ Node V_1 ที่เป็นโหนดแรก กำหนดให้ D_v มีค่าเท่ากับ 0 และโหนดตัวอื่นๆ D_v มีค่าเท่ากับ ∞
- P_v เป็นตัวแปรที่แสดงโหนดของเส้นทาง (Path) ที่อยู่ก่อนหน้าโหนดปัจจุบัน เริ่มต้นกำหนดให้ทุกโหนดมีค่าเท่ากับ 0

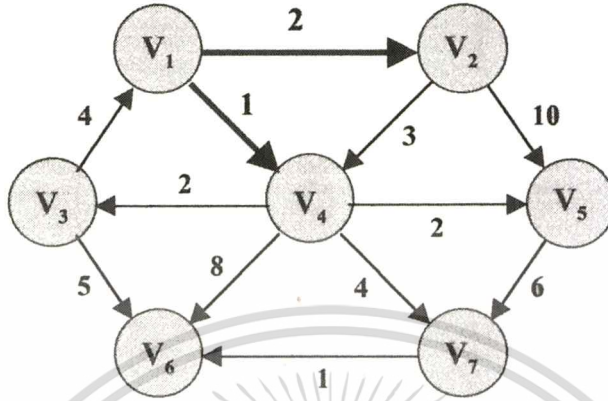
โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าของตัวแปรเริ่มต้นก่อนการหาเส้นทาง

| V | Known | D_v | P_v |
|-------|-------|----------|-------|
| V_1 | 0 | 0 | 0 |
| V_2 | 0 | ∞ | 0 |
| V_3 | 0 | ∞ | 0 |
| V_4 | 0 | ∞ | 0 |
| V_5 | 0 | ∞ | 0 |
| V_6 | 0 | ∞ | 0 |
| V_7 | 0 | ∞ | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จากภาพที่ 4.3 เริ่มต้นที่ Node V_1 ให้ค่า V_1 เป็นโหนดที่ผ่านการสำรวจแล้ว (ค่า Known เท่ากับ 1) จากทิศทางของลูกศร พบว่า Node V_1 สามารถขยายไปยัง Node V_2 และ Node V_4 ได้ ตามภาพที่ 4.4 ใส่ค่าในตัวแปรที่กำหนด ตามตารางที่ 4.2



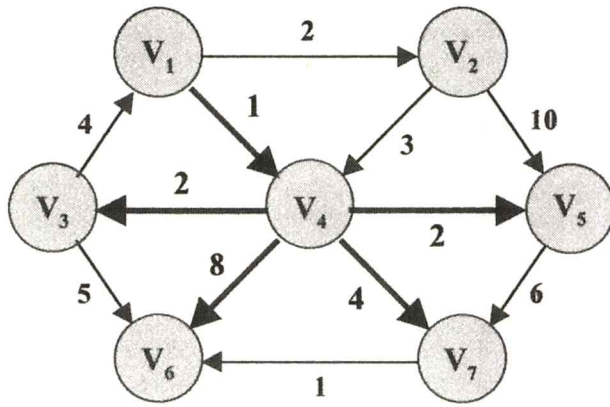
ภาพที่ 4.4 แสดงภาพเมื่อตรวจสอบ Node V_1

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าของตัวแปรเมื่อตรวจสอบ Node V_1

| V | Known | D_v | P_v |
|-------|-------|----------|-------|
| V_1 | 1 | 0 | 0 |
| V_2 | 0 | 2 | V_1 |
| V_3 | 0 | ∞ | 0 |
| V_4 | 0 | 1 | V_1 |
| V_5 | 0 | ∞ | 0 |
| V_6 | 0 | ∞ | 0 |
| V_7 | 0 | ∞ | 0 |

3) ทำการเปรียบเทียบค่า D_v (เวลาที่ใช้) ระหว่าง Node V_2 และ V_4 โดยในตัวอย่างนี้กำหนดให้มีการเปรียบเทียบค่าระหว่างกันเพียงสองโหนดเท่านั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจ แต่ในการหาเส้นทางในแผนที่ จะต้องมีการเปรียบเทียบค่าโหนดต่างๆ มากที่สุดถึง 8 โหนด โดยในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าโดยใช้ Heap Sort ตามที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 4.3 แล้ว สำหรับการเปรียบเทียบในตัวอย่างนี้พบว่าค่า D_v ของ Node V_4 มีค่าน้อยกว่า จึงให้ Node V_4 เป็นโหนดที่ผ่านการสำรวจ มีค่า Known เท่ากับ 1 ทำการสำรวจ Node V_4 พบว่าสามารถขยายไปยัง V_3 , V_5 , V_6 และ V_7 ได้ตามทิศทางของลูกศร ดังภาพที่ 4.5 ทำการคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากจุดเริ่มต้น (V_1) ของแต่ละโหนด (ค่า D_v) ใส่ค่าในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

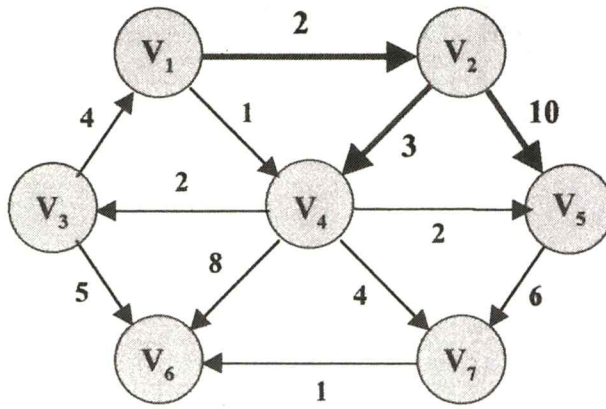


ภาพที่ 4.5 แสดงภาพเมื่อตรวจสอบ Node V_4

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าของตัวแปรเมื่อตรวจสอบ Node V_4

| V | Known | D_v | P_v |
|-------|-------|-------|-------|
| V_1 | 1 | 0 | 0 |
| V_2 | 0 | 2 | V_1 |
| V_3 | 0 | 3 | V_4 |
| V_4 | 1 | 1 | V_1 |
| V_5 | 0 | 3 | V_4 |
| V_6 | 0 | 9 | V_4 |
| V_7 | 0 | 5 | V_4 |

4) การคัดเลือกโหนดที่มีค่า D_v น้อยที่สุด และยังไม่เคยถูกสำรวจ (ค่า Known เท่ากับ 0) ในที่นี้คือ Node V_2 ให้ Node V_2 เป็นโหนดที่ผ่านการสำรวจ ค่า Known เท่ากับ 1 จาก Node V_2 สามารถขยายไปยัง Node V_4 และ Node V_5 ได้ตามภาพที่ 4.6 โดยมีค่า D_v ของ Node V_4 เท่ากับ $(2 + 3) = 5$ และ Node V_5 เท่ากับ $(10 + 2) = 12$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า D_v ของ Node V_4 และ V_5 เดิมตามตารางที่ 4.3 พบว่ามีค่ามากกว่าค่าเดิม จึงให้ใช้ค่า D_v เดิม ตามตารางที่ 4.4

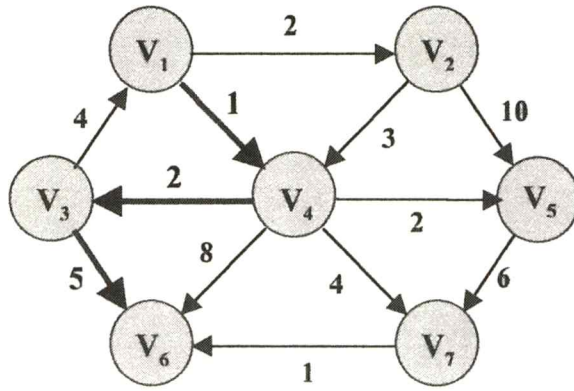


ภาพที่ 4.6 แสดงภาพเมื่อตรวจสอบ Node V_2

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าของตัวแปรเมื่อตรวจสอบ Node V_2

| V | Known | D_v | P_v |
|-------|-------|-------|-------|
| V_1 | 1 | 0 | 0 |
| V_2 | 1 | 2 | V_1 |
| V_3 | 0 | 3 | V_4 |
| V_4 | 1 | 1 | V_1 |
| V_5 | 0 | 3 | V_4 |
| V_6 | 0 | 9 | V_4 |
| V_7 | 0 | 5 | V_4 |

5) เปรียบเทียบค่า D_v ตัวถัดไประหว่าง V_3, V_5, V_6 และ V_7 พบว่าค่า D_v ของ V_3 และ V_5 มีค่าเท่ากันจึงเลือก Node V_3 และ V_5 เป็นโหนดผ่านการสำรวจ ค่า Known เท่ากับ 1 จาก Node V_3 สามารถขยายไปยัง Node V_6 ได้ตามภาพที่ 4.7 มีค่า D_v เท่ากับ $(5 + 2 + 1) = 8$ มีค่าน้อยกว่าค่า D_v ของ V_6 เดิมตามตารางที่ 4.4 (ค่า D_v เท่ากับ 9) ให้ปรับค่า D_v ใหม่ให้ลดลงไปแทน สำหรับ Node V_5 สามารถขยายไปยัง Node V_7 มีค่า D_v เท่ากับ $(6 + 2 + 1) = 9$ ซึ่งมากกว่าค่า D_v เดิมของ V_7 (5) ดังนั้นให้ใช้ค่า D_v เดิมของ V_7 โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงค่า รายละเอียดตามตารางที่ 4.5

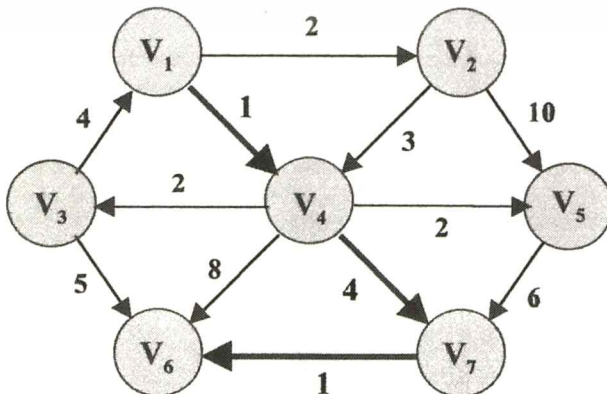


ภาพที่ 4.7 แสดงภาพเมื่อตรวจสอบ Node V_3

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าของตัวแปรเมื่อตรวจสอบ Node V_3 และ V_5

| V | Known | D_v | P_v |
|-------|-------|-------|-------|
| V_1 | 1 | 0 | 0 |
| V_2 | 1 | 2 | V_1 |
| V_3 | 1 | 3 | V_4 |
| V_4 | 1 | 1 | V_1 |
| V_5 | 1 | 3 | V_4 |
| V_6 | 0 | 8 | V_3 |
| V_7 | 0 | 5 | V_4 |

6) เลือกโหนดที่มีค่า D_v น้อยกว่า ระหว่าง V_6 และ V_7 เลือก Node V_7 (ค่า D_v เท่ากับ 5) กำหนดค่า Known เท่ากับ 1 จาก Node V_7 สามารถขยายต่อไปยัง Node V_6 ตามภาพที่ 4.8 โดยมีค่า D_v รวมเท่ากับ $(1 + 4 + 1) = 6$ มีค่าน้อยกว่าค่า D_v เดิมของ V_6 (8) จึงทำการปรับค่าของ V_6 ให้เป็นค่าใหม่ ดังตารางที่ 4.6



ภาพที่ 4.8 แสดงภาพเมื่อตรวจสอบ Node V_7 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าของตัวแปรเมื่อตรวจสอบ Node V_7

| V | Known | D_v | P_v |
|-------|-------|-------|-------|
| V_1 | 1 | 0 | 0 |
| V_2 | 1 | 2 | V_1 |
| V_3 | 1 | 3 | V_4 |
| V_4 | 1 | 1 | V_1 |
| V_5 | 1 | 3 | V_4 |
| V_6 | 0 | 6 | V_7 |
| V_7 | 1 | 5 | V_4 |

7) ทำการสำรวจ Node V_6 ที่เป็นโหนดตัวสุดท้าย ให้ค่า Known เท่ากับ 1 จาก Node V_6 ไม่สามารถขยายต่อไปยังโหนดอื่นๆ ได้ เป็นการจบกระบวนการในการหาเส้นทาง ได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าของตัวแปรเมื่อจบกระบวนการหาเส้นทาง

| V | Known | D_v | P_v |
|-------|-------|-------|-------|
| V_1 | 1 | 0 | 0 |
| V_2 | 1 | 2 | V_1 |
| V_3 | 1 | 3 | V_4 |
| V_4 | 1 | 1 | V_1 |
| V_5 | 1 | 3 | V_4 |
| V_6 | 1 | 6 | V_7 |
| V_7 | 1 | 5 | V_4 |

Dijkstra's Algorithm [23] เป็นรูปแบบการหาเส้นทางที่ใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยที่สุดจากโหนดใดๆ ในกราฟจนถึงจุดหมาย โดยการค้นหาจะเป็นการค้นหาจากในทุกๆ โหนดทั่วทั้งแผนที่ระยะเวลาที่ใช้ในการค้นหาจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง คือ $O(n^2)$

บทที่ 5

การออกแบบในรายละเอียด

การออกแบบในรายละเอียดของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการทดลองวิธีการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมในภูมิประเทศเอาไว้สองวิธี โดยวิธีแรกเป็นงานวิจัยที่ได้ดำเนินการในช่วงแรก มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การดำเนินการของงานวิจัยในช่วงแรก [3]

เป็นงานวิจัยที่พัฒนาโปรแกรมขึ้นโดยใช้ภาษาซี มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

5.1.1 ทำการสร้างแผนที่ปัจจัยรวมภูมิประเทศของจังหวัดอุดรธานีโดยคัดลอกมาจากแผนที่ของกรมแผนที่ทหาร ขนาด 25x25 กิโลเมตร ทำการเก็บค่าพิกัด (x, y) ของขอบโซนทุกโซนไว้ในคอมพิวเตอร์ในรูปของ Array ไว้ในโปรแกรมโดยตรง เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณต่อไป

5.1.2 ใ้ค่าคุณสมบัติของโซนแผนที่แต่ละโซน ได้แก่ลักษณะของพืชพันธุ์ไม้ปกคลุมดิน ลักษณะของผิวดิน อาคารลาด ฯลฯ เก็บค่าไว้ในโครงสร้างแบบ Structure ของภาษาซี เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณค่า CCM

5.1.3 ทำการหาค่า CCM ของแต่ละโซนแผนที่ โดยใช้ทฤษฎีและวิธีการในบทที่ 3 แสดงค่า CCM ของโซนแผนที่แต่ละโซนโดยแทนด้วยรหัสสีต่างๆ กัน จะได้ภาพแผนที่ที่มีสีต่างๆ กันตามค่า CCM ที่คำนวณได้

5.1.4 หลังจากทำการคำนวณหาค่า CCM ของทุกโซนแผนที่ และแทนด้วยรหัสสีแล้วต่อไปเป็นการหาเส้นทางที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ โดยใช้อัลกอริทึมที่สำคัญอยู่สามส่วน ในขั้นตอนแรกเป็นการใช้อัลกอริทึมในการค้นหาหมายเลขโซนแผนที่ที่ยานพาหนะสามารถผ่านไปทั้งหมด คือโซนแผนที่ที่มีค่า CCM ไม่เท่ากับ 5 หรือ 6 โดยหาจำนวนโซนแผนที่ให้ได้เส้นทางต่างๆ กันให้มากที่สุด จากนั้นจึงนำข้อมูลโซนแผนที่ทั้งหมดมาคำนวณในอัลกอริทึมการหาเส้นทางในภูมิประเทศ เพื่อคำนวณหาเส้นทางโดยละเอียดเป็นพิกัดที่แน่นอนออกมาบนแผนที่ และในกรณีที่มิถุนนก็ใช้อัลกอริทึมการหาเส้นทางบนถนนและในภูมิประเทศเพื่อให้เกิดความรวดเร็วขึ้น โดยให้ยานพาหนะวิ่งบนถนนเป็นหลัก ดังมีรายละเอียดของแต่ละอัลกอริทึม ดังนี้

5.1.4.1 อัลกอริทึมการค้นหาโซนแผนที่ที่ยานพาหนะผ่านไป

ก. จากโซนปัจจุบัน ตรวจสอบโซนติดกันโดยรอบว่ามีโซนเป้าหมายอยู่หรือไม่ ถ้ามีเก็บค่าโซนและออกจากโปรแกรม ถ้าไม่มีทำในข้อต่อไป

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ตรวจสอบโหนดติดกันโดยรอบทีละโหนดว่าค่า CCM = 5 หรือไม่

- ถ้าเท่ากับ 5 ตรวจสอบว่ามีถนนผ่านโหนดหรือไม่ ถ้าไม่มีให้เลื่อนไปพิจารณาโหนดติดกันโหนดถัดไป กลับไปทำในข้อ ก.

- ถ้าไม่เท่ากับ 5 ตรวจสอบว่าโหนดนั้นเคยถูกผ่านมาแล้วหรือยัง ถ้าเคยถูกผ่านมาแล้วให้พิจารณาโหนดติดกันถัดไป ทำในข้อ ก. ถ้ายัง ทำในข้อ ค.

ค. ตรวจสอบว่าเดินซ้ำเส้นทางเดิมหรือไม่

- ถ้าซ้ำ เลื่อนไปพิจารณาโหนดถัดไป ทำในข้อ ก.

- ถ้าไม่ซ้ำ ทำในข้อ ง.

ง. เก็บหมายเลขของโหนดนั้น กรณีที่ไม่มีโหนดผ่านการตรวจสอบ ให้ถอยกลับไปโหนดก่อนหน้าหนึ่งโหนด และเก็บค่าในข้อมูลเส้นทางที่ไม่สำเร็จทำในข้อ ก.

จ. นำโหนดแผนที่คัดเลือกมาเป็นโหนดปัจจุบัน เริ่มทำในข้อ ก.

ฉ. ทำไปจนไม่มีเส้นทางที่ยังไม่ได้

ช. ออกจากโปรแกรม

5.1.4.2 อัลกอริทึมการหาเส้นทางในภูมิประเทศ (In Terrain)

นำเส้นทางที่ได้จากข้อ 5.1.4.1 มาทีละเส้นทาง ทำการทดสอบว่าโหนดถัดไปผ่านได้หรือไม่ ถ้าผ่านไม่ได้ให้ตรวจสอบว่ามีถนนผ่านภายในโหนดหรือไม่ ถ้ามีให้คำนวณเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่บนถนนโดย สมการ

สมการที่ 10

เวลาที่ใช้นบนถนน (นาที) = $(60 \times \text{ระยะทาง}) / \text{ความเร็ว}$ (10)

- กรณีมีทางแยกให้ตรวจสอบว่าต้องเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด ทำการคำนวณเวลาที่ใช้นจนถึงโหนดถัดไป

- กรณีที่โหนดถัดไปเคลื่อนที่ผ่านได้ และไม่มีถนนภายในโหนดให้คำนวณเวลาที่ใช้นจากพิกัด (x, y) ปัจจุบันไปยังพิกัดของขอบโหนดที่อยู่ติดกันถัดไปโดยใช้สมการ

สมการที่ 11

เวลาที่ใช้นในภูมิประเทศ (นาที) = $(60 \times \text{ระยะทาง}) / (\text{ความเร็ว} \times \text{ค่า CCM})$ (11)

ทำเรื่องไปจนถึงโหนดเป้าหมายเมื่อทำครบทุกเส้นทางแล้ว ให้นำเวลาที่ใช้นในการเดินทางมาเปรียบเทียบกัน เลือกเส้นทางที่ใช้นเวลาน้อยที่สุด แสดงลงบนแผนที่

5.1.4.3 อัลกอริทึมการหาเส้นทางบนถนนและในภูมิภาค (On Road)

นำเส้นทางจากข้อ 5.1.4.1 มาทีละเส้นทางถ้าเป็นโชนเริ่มต้นตรวจสอบว่ามีถนนต่อไปยังโชนถัดไปหรือไม่ ถ้ามีให้คำนวณค่าพิคตทุกพิคตบนถนนภายในโชนโดย

สมการที่ 12

$$\text{พิคต } y = \text{ความชัน (พิคต } x \text{ ปัจจุบัน - พิคต } x \text{ ตั้งต้น)} + \text{พิคตค่า } y \text{ ตั้งต้น} \quad \dots\dots\dots (12)$$

และ

สมการที่ 13

$$\text{ความชัน} = (\text{ค่า } y \text{ ตื่นสุด} - \text{ค่า } y \text{ ตั้งต้น}) / (\text{ค่า } x \text{ ตื่นสุด} - \text{ค่า } x \text{ ตั้งต้น}) \quad \dots\dots\dots (13)$$

หาจุดขึ้นถนนโดยใช้เวลาที่น้อยที่สุด คำนวณเวลาในการเคลื่อนที่บนถนนไปยังโชนถัดไป โดยใช้สมการที่ 10 ถ้าไม่มีถนนให้ใช้อัลกอริทึม 5.1.4.2 กรณีเจอทางแยกให้ตรวจสอบว่าต้องเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และคำนวณเวลาที่ใช้ไปยังโชนถัดไป กรณีไม่มีถนนไปยังเป้าหมายให้คำนวณจุดลงถนนที่ใกล้เป้าหมายมากที่สุดโดยใช้สมการที่ 10 หลังจากนั้นจึงคำนวณเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในภูมิภาคต่อไปโดยใช้สมการที่ 11 ทำไปจนถึงโชนเป้าหมาย เมื่อทำครบทุกเส้นทางแล้วให้นำเวลาที่ใช้ในการเดินทางมาเปรียบเทียบกัน เลือกเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุดแสดงลงบนแผนที่

สำหรับรายละเอียดของงานวิจัยที่ดำเนินการในช่วงแรกอยู่ในผนวก ข.

5.2 ปัญหาข้อขัดข้องของงานวิจัยในช่วงแรก

จากการทดลองใช้งานของงานวิจัยที่ดำเนินการผ่านมา พบว่าโปรแกรมสามารถหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมได้ แต่มีปัญหาข้อขัดข้องและข้อจำกัดดังนี้

5.2.1 ถ้าโชนแผนที่มีขอบโชนที่สลับซับซ้อน การคำนวณหาเส้นทางจะมีความคลาดเคลื่อนหรือในบางกรณีไม่สามารถคำนวณได้ เช่นกรณีที่โชนแผนที่มีการซ้อนทับกัน

5.2.2 ในงานวิจัยเดิมต้องใช้ Array เป็นจำนวนมากในการเก็บพิคตของขอบโชนแผนที่ในแต่ละโชนเพื่อใช้ในการคำนวณ จึงทำให้สิ้นเปลืองหน่วยความจำมาก

5.2.3 การคำนวณเส้นทางบนถนนสามารถกระทำได้อย่างจำกัดโดยประสิทธิภาพในการหาเส้นทางขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของถนน

5.2.4 การเตรียมฐานข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการคำนวณต้องมีการใส่ข้อมูลของพิคตขอบโชนแผนที่ ก่อนที่โปรแกรมจะสามารถทำงานได้ทำให้เสียเวลาในการดำเนินการมาก

จากปัญหาข้อขัดข้องดังกล่าวทำให้ต้องมีการปรับปรุงงานวิจัยฉบับนี้ขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาและเพิ่มความรวดเร็ว ความถูกต้องในการดำเนินการ ดังจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การดำเนินการของงานวิจัยฉบับปัจจุบัน

5.3.1 การจัดเตรียมข้อมูลของงานวิจัย

เมื่อเกิดสถานการณ์ทางยุทธวิธี ผู้บังคับบัญชามีความต้องการทราบเส้นทางเคลื่อนที่ของฝ่ายเรา และฝ่ายตรงข้าม ในพื้นที่ปฏิบัติการที่กำหนด ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลเข้าในการวิเคราะห์หาเส้นทาง ได้แก่

- แผนที่แสดงปัจจัยรวมภูมิประเทศ (Complex Overlay) ของพื้นที่จังหวัดที่ต้องการทราบข้อมูล
- แผนที่แสดงเส้นทางคมนาคมของพื้นที่จังหวัดที่ต้องการทราบ
- แผนที่แสดงเส้นทางน้ำและแหล่งน้ำของพื้นที่จังหวัดที่ต้องการทราบข้อมูล
- คุณลักษณะเฉพาะของยานพาหนะชนิดต่างๆ ที่กำหนดเฉพาะค่าที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณหาเส้นทาง

สำหรับรายละเอียดของแผนที่แสดงปัจจัยรวมภูมิประเทศ จะประกอบไปด้วย แผนที่แสดงอาการลาดของพื้นที่ (Slope) แผนที่แสดงพืชพันธุ์ไม้ (Vegetation Factor) ที่ปกคลุมพื้นที่ และแผนที่แสดงลักษณะของดิน (Soil Factor) ในการวิเคราะห์พื้นที่ที่ต้องการทราบข้อมูลในสถานการณ์ทางยุทธวิธี มักจะมีการปฏิบัติการในพื้นที่จำกัดที่กำหนด ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์พื้นที่ทั้งจังหวัด โดยสามารถทำการจัดเตรียมข้อมูลแผนที่ที่คาดว่าจะมีการปฏิบัติการทางยุทธวิธีในพื้นที่นั้นๆ และเก็บเอาไว้ในรูปของแฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์หลายๆ แฟ้ม เมื่อผู้บังคับบัญชาต้องการทราบเส้นทางเคลื่อนที่ของพื้นที่บริเวณใด สามารถให้คอมพิวเตอร์ทำการวิเคราะห์พื้นที่นั้นๆ ได้ทันที สำหรับการเก็บภาพแผนที่ปัจจัยรวม ก่อนที่จะทำการเก็บข้อมูลเข้าแฟ้ม จะต้องทำการใส่รายละเอียดของถนน เส้นทางแม่น้ำ และแหล่งน้ำ ลงในแผนที่ดังกล่าว โดยการนำแผนที่เส้นทางและแผนที่แม่น้ำ ที่มีพิกัดอยู่ในบริเวณเดียวกับแผนที่ปัจจัยรวมของพื้นที่ที่จะพิจารณา มาทับซ้อนและวาดเส้นทางคมนาคม แม่น้ำ และแหล่งน้ำลงบนแผนที่

เมื่อเตรียมแผนที่ปัจจัยรวมที่จะต้องใช้เป็นข้อมูลเข้าเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการสแกนแผนที่ปัจจัยรวมเก็บเอาไว้ในแฟ้มฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ โดยการเตรียมข้อมูลเข้าสามารถทำได้มากตามจำนวนของพื้นที่ที่ต้องการพิจารณา

ข้อมูลเข้าที่ต้องใช้ประกอบในการคำนวณเส้นทางเคลื่อนที่อีกอย่างหนึ่ง ได้แก่ ข้อมูลของยานพาหนะ ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยบางประการที่มีความจำเป็นและเกี่ยวข้องกับ การคำนวณเส้นทางเคลื่อนที่ของยานพาหนะชนิดนั้นๆ สำหรับข้อมูลชนิดนี้ได้จัดทำเป็นฐานข้อมูลใส่ไว้ในโปรแกรม โดยผู้ที่ไม่จำเป็นต้องป้อนข้อมูลเข้าในภายหลัง

5.3.2 รายละเอียดของงานวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้นำหลักการค้นหาเส้นทางโดยใช้อัลกอริทึม Dijkstra และความรู้ทาง Heuristic ช่วยในการกำหนดทิศทางการค้นหาเส้นทางของยานพาหนะ รวมทั้งทำการปรับปรุงเส้นทางที่ได้ โดยหาเส้นทางทางลัดระหว่างจุด เพื่อให้ได้เส้นทางที่มีประสิทธิภาพ มีรายละเอียดดังนี้

5.3.2.1 จากระวางแผนที่ที่กำหนด ใส่ข้อมูลที่จำเป็นต้องการใช้ในการคำนวณค่า CCM ได้แก่ อาการลาด ค่าปัจจัยการเปลี่ยนแปลงอาการลาด ปัจจัยพืชพันธุ์ไม้ ชนิดของดิน ความชื้นของดิน โดยการกำหนดข้อมูลจะทำผ่านตัวเลือกของโปรแกรม หรือเรียกข้อมูลที่บันทึกไว้แล้วมาใช้ในการประมวลผล

5.3.2.2 กำหนดค่า Heuristic ให้กับแผนที่ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนด Heuristic ที่เกี่ยวข้องในการคำนวณดังนี้

- การเคลื่อนที่บนถนน จะทำให้อานพาหนะไปได้รวดเร็วกว่าการเคลื่อนที่ในภูมิภาค ใช้ในกรณีที่ระยะเวลากำหนด
- การเคลื่อนที่ในภูมิภาคอย่างเคียว ใช้เมื่อต้องการการกำบังและซ่อนพรางจากการตรวจการณ์ของข้าศึก
- ถ้ามีแม่น้ำพาดผ่านโซนแผนที่ ยานพาหนะจะต้องทำการข้ามแม่น้ำโดยใช้สะพานเสมอ เว้นแต่รถสายพาน M113 ที่สามารถลอยน้ำได้
- โซนแผนที่ที่มีค่า CCM ต่างกัน เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านโซนจะไม่เท่ากัน สำหรับเส้นทางภายในโซนเดียวกัน ให้หาเส้นทางผ่านโซนที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

5.3.2.3 วิธีการกำหนด Heuristic ให้กับแผนที่ โดยกำหนดตัวเลือกของโปรแกรมให้เส้นสีแดงเป็นถนนถ้าต้องการความรวดเร็ว โดยยานพาหนะจะวิ่งบนถนนเป็นส่วนใหญ่ หรือกำหนดเส้นสีแดงให้เป็นพื้นดินถ้าต้องการการเคลื่อนที่ในสถานการณ์ปกติที่มีการเคลื่อนที่ผ่านถนนได้ในบางช่วง หรือการกำหนดให้เส้นสีแดงเป็นแม่น้ำถ้าต้องการการเคลื่อนที่ที่มีการซ่อนพรางจากการตรวจการณ์และการโจมตีของข้าศึกเต็มรูปแบบ โดยยานพาหนะไม่สามารถวิ่งบนถนนได้อย่างเด็ดขาด

โปรแกรมจะทำการคำนวณความสามารถในการเคลื่อนที่ในภูมิภาคของยานพาหนะหรือค่า CCM และแสดงรหัสสีต่างๆ ของโซนแผนที่ลงบนคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้โปรแกรมจะทำการคำนวณเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านระหว่าง Pixel คิดกันทุกจุดบนระวางแผนที่โดยใช้ข้อมูลจากความเร็วของยานพาหนะ (กม./ชม.) ที่ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ผ่านโซนแผนที่นั้น เมื่อทำการคำนวณเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ระหว่างจุดทุกจุดจนครบทั่วทั้งแผนที่แล้ว โปรแกรมจะทำการเก็บค่าเวลาที่คำนวณได้เอาไว้ให้ Dijkstra Algorithm ใช้ในการเปรียบเทียบ โดย Dijkstra จะทำการหาเส้นทางที่ใช้เวลารวมจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปัจจุบันที่น้อยที่สุดโดย Heuristic จะมีผลต่อการกำหนดเส้นทาง ยกตัวอย่างเช่นเมื่อเรากำหนดให้เส้นทางเคลื่อนที่วิ่งผ่านถนนเป็นหลัก โปรแกรมจะไปกำหนดให้ความเร็วของยานพาหนะเมื่อวิ่งบนถนนมีค่าสูง เมื่อคำนวณเป็นเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ระหว่าง Pixel จะมีค่าน้อย ดังนั้น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

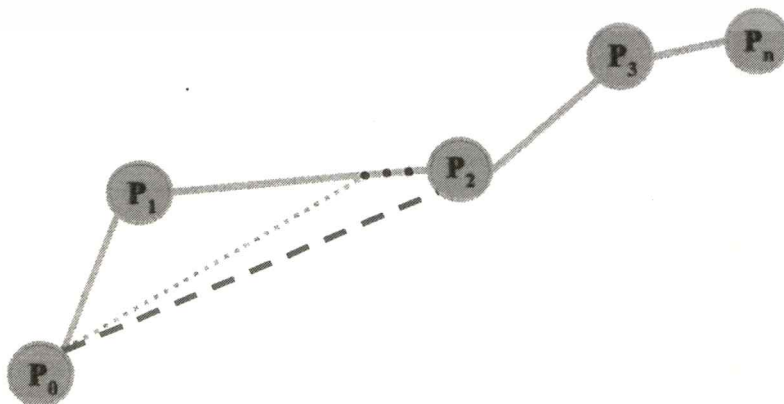
เส้นทางการเคลื่อนที่บนถนนที่คำนวณได้จะมีมูลค่าสูงกว่าการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศ โปรแกรมจึงเลือกการเคลื่อนที่บนถนนเป็นเส้นทางหลักในการเคลื่อนที่

ถ้ากำหนดเส้นทางให้เป็นแม่น้ำ ความเร็วของยานพาหนะในการเคลื่อนที่ผ่านจะเท่ากับศูนย์ ดังนั้นยานพาหนะไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้

สำหรับการทำงานของ Dijkstra Algorithm จะใช้คู่กับ Binary Heap ในการเรียงโหนดที่ใช้เวลาเดินทางจากจุดเริ่มต้นน้อยที่สุด ค่าที่น้อยที่สุดจะอยู่ที่ Root Node เพื่อให้ Dijkstra นำค่าไปใช้ในการหาเปรียบเทียบหาเส้นทาง เมื่อแล้วเสร็จโปรแกรมจะแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่ต้องการลงบนแผนที่ ตามภาพที่ 5.6

5.3.2.4 ทำการปรับปรุงเส้นทางที่ได้โดยใช้ อัลกอริทึมการหาเส้นทางลัดจากเส้นทางที่หาได้โดยมีวิธีการดังนี้

1. จากเส้นทางที่หาได้เริ่มจากจุดเริ่มต้น กำหนดจุด P_0 , P_1 , P_2 ที่เป็นจุดหักเหี้ยวของเส้นทางและสังเกตได้ง่าย
2. ตรวจสอบว่าสามารถลากเส้นตรงจาก P_0 ไปยัง P_2 โดยไม่ผ่านสิ่งกีดขวางได้หรือไม่ ถ้าทำได้ให้ไปที่ข้อ 3 ถ้าไม่ได้ให้ไปที่ข้อ 4
3. เคลื่อนจุด P_1 ไปยัง P_2 และ P_2 ไปยัง P_3 ย้อนกลับไปทำในข้อ 2 จนกว่าจะถึงจุดหมายจึงทำการลากเส้นตรงจาก P_0 ไปยัง P_3
4. จาก P_2 ถอยลงมายัง P_1 ทีละ Pixel ทำการตรวจสอบว่าสามารถลากเส้นตรงจากจุดปัจจุบันไปยัง P_1 โดยไม่ผ่านสิ่งกีดขวางได้หรือไม่ ถ้ายังไม่ได้ให้ถอยลงมาทาง P_1 เรื่อยๆทีละ Pixel ทำการตรวจสอบการลากเส้นตรง ถ้าทำได้กำหนดให้ P_0 เท่ากับ P_2 ที่ถอยลงมา และให้ P_1 เท่ากับ P_2 เดิม และ P_3 เท่ากับจุดต่อไปในทิศทางไปยังเป้าหมาย
5. ลากเส้นตรงแสดงเส้นทางลัดระหว่างจุดที่กำหนด แสดงระยะทาง เวลา และความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะลงบนจอภาพ ดังภาพที่ 5.1

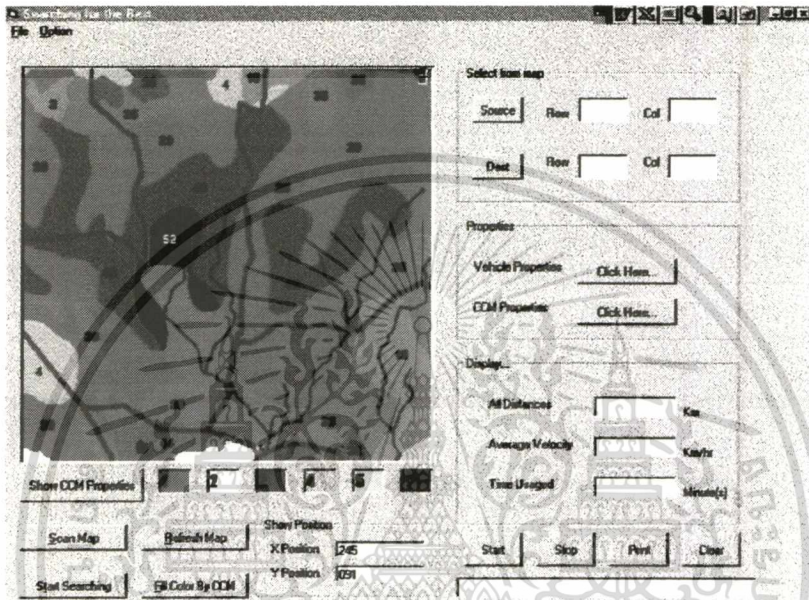


ภาพที่ 5.1 เป็นภาพประกอบอัลกอริทึมในการหาเส้นทางลัดจากที่นั่น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นทางที่ได้จากการปรับปรุงแล้วจะเป็นเส้นทางที่สั้นลง โดยเส้นทางใหม่จะแสดงด้วยสีที่แตกต่างไปจากเส้นทางเดิม

5.3.3 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

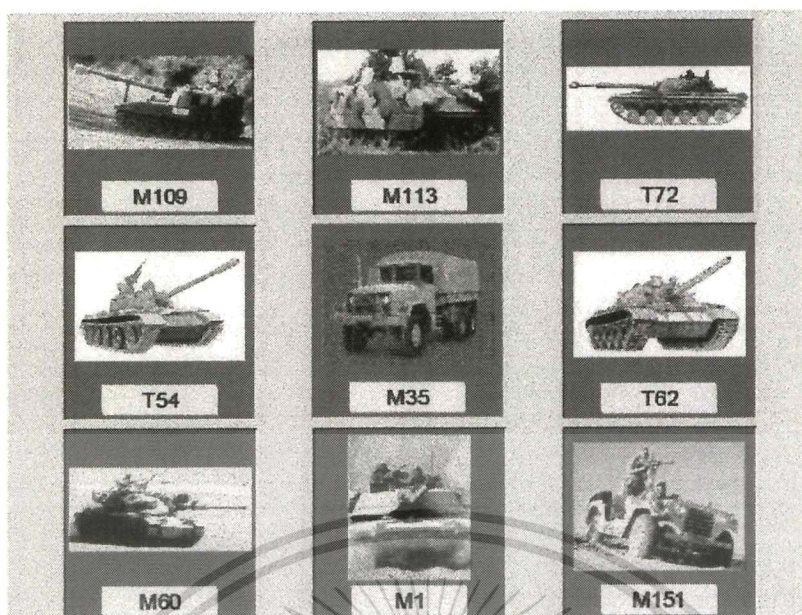
5.3.3.1 ทำการเรียกเพิ่มภาพแผนที่ปัจจัยรวมของพื้นที่บริเวณที่ต้องการพิจารณา และข้อมูลของแผนที่ที่ต้องการ ในกรณีที่มีการเตรียมจัดเก็บข้อมูลเอาไว้ล่วงหน้า ดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 แสดงภาพแผนที่ที่ใช้ในการหาเส้นทาง

5.3.3.2 ทำการตรวจสอบรหัสสีของโซนแผนที่ โดยคลิกปุ่ม Scan Map โปรแกรมจะทำการตรวจสอบและบันทึกสีทั้งหมดที่มีในแผนที่ แล้วบันทึกลงในหน่วยความทรงจำ

5.3.3.3 เลือกชนิดของยานพาหนะที่จะใช้ในการคำนวณเส้นทางตามภาพยานพาหนะที่ปรากฏโดยการคลิกปุ่ม Vehicle Properties ตามภาพที่ 5.3



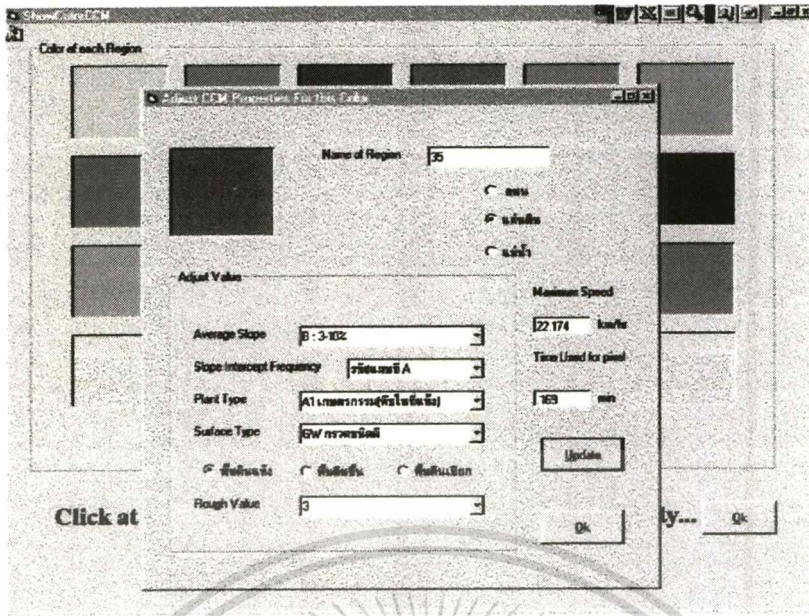
ภาพที่ 5.3 แสดงชนิดของยานพาหนะ

5.3.3.4 จากภาพแผนที่ที่ปรากฏบนจอภาพ ทำการใส่ค่าคุณสมบัติของพื้นที่ในแต่ละโซนแผนที่ โดยการกดปุ่ม CCM Properties บริเวณด้านขวาของจอภาพ ได้ปุ่ม Scan Map โปรแกรมที่ปรากฏหน้าจอ ประกอบไปด้วยช่องที่แสดงคุณสมบัติต่างๆ ของแผนที่ สำหรับให้ผู้ใช้ใส่ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- หมายเลขโซนแผนที่ (Number of Zone)
- ค่าอัตราการลาดเฉลี่ยของพื้นที่ (Average Slope)
- ชนิดของพืชพันธุ์ไม้ (Vegetation Type)
- วัสดุพื้นดิน (Soil Type)
- ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นดิน (1 - 5)
- ค่า RCI ของพื้นดิน (แห้ง ชื้น เปียก)
- ตัวเลือกลักษณะของพื้นที่ (พื้นดิน พื้นน้ำ)

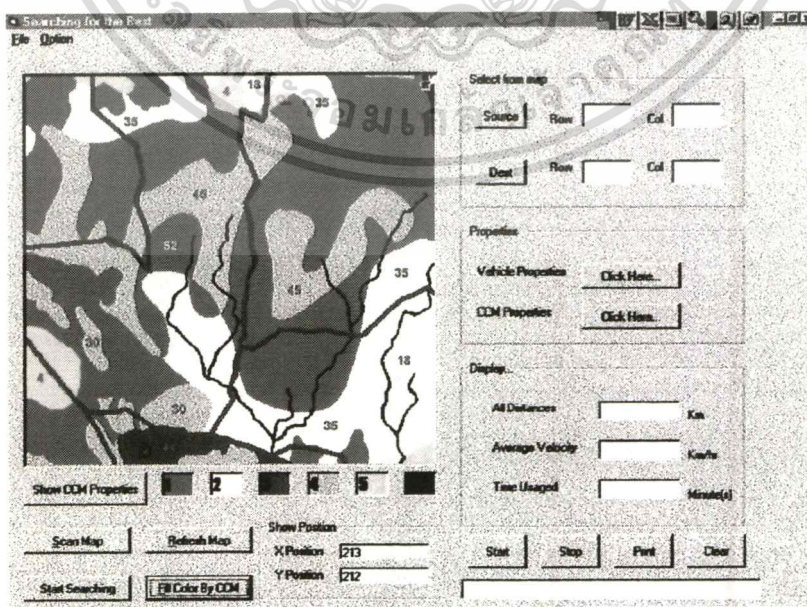
ทำการใส่ข้อมูลข้างต้นให้ครบทุกหมายเลขโซนแผนที่ของพื้นที่ที่ต้องการดังภาพที่ 5.3 พิจารณาเรียงตามลำดับหมายเลขโซน โดยข้อมูลดังกล่าวได้มาจากรายละเอียดประกอบแผนที่แสดงปัจจัยรวมของภูมิประเทศของพื้นที่ที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.4 แสดงรายละเอียดของข้อมูลโซนแผนที่

5.3.3.5 กดปุ่มคำนวณค่า CCM (Show CCM) โปรแกรมจะคำนวณค่า CCM โดยวิธีการในบทที่ 3 เมื่อแล้วเสร็จโปรแกรมจะแสดงภาพแผนที่ พร้อมแสดงสีในหมายเลขโซนในแต่ละโซน โดยสีแต่ละสีจะแทนค่า CCM ของแผนที่ตั้งแต่ค่า 0 - 6 การกำหนดค่ารหัสสีให้แก่โซนแผนที่แต่ละโซน เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์แผนที่ และสามารถนำภาพแผนที่ที่แจกจ่ายให้หน่วยรองใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนในระดับหน่วยของตนเองได้ สำหรับรหัสสีที่แทนค่า CCM ตั้งแต่ 0 - 6 แสดงไว้บนหน้าจอด้านล่างของกรอบแผนที่ ตามภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.5 แสดงรหัสสีของแผนที่แทนค่า CCM

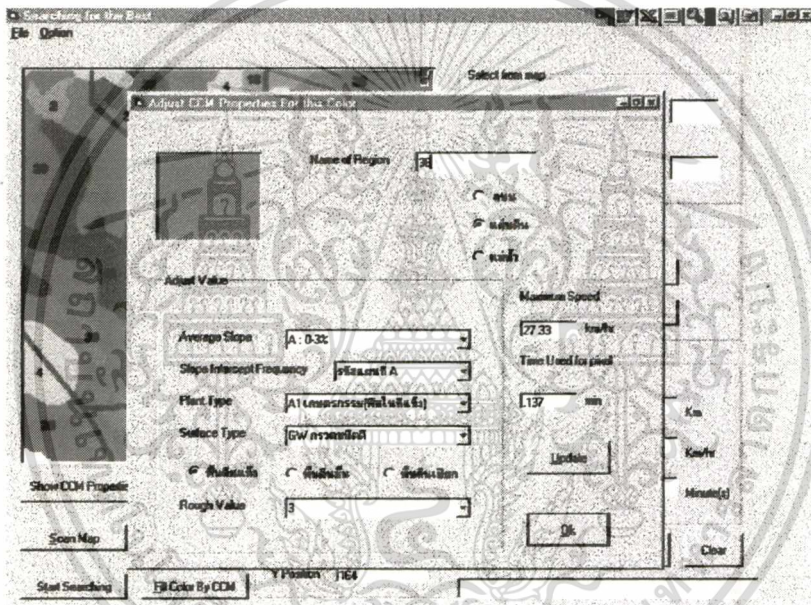
ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประกอบการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประกอบการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3.6 นอกจากนี้ ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลที่จำเป็นของแต่ละโซนแผนที่ ได้แก่ ค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ค่า CCM
- อากาศลาด
- ลักษณะพืชพันธุ์ไม้
- วัสดุผิวดิน

โดยการกดปุ่ม CCM Properties แล้วเลื่อน Mouse ไปทาบลงบนโซนแผนที่ที่ต้องการทราบรายละเอียด กดปุ่มซ้ายของ Mouse โปรแกรมจะแสดงรายละเอียดของโซนแผนที่นั้นๆ ออกมาตามภาพที่

5.6

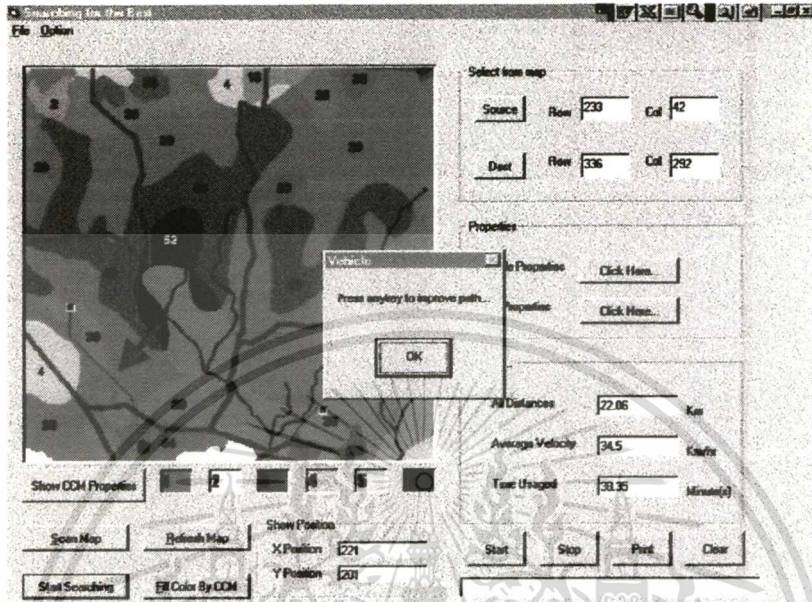


ภาพที่ 5.6 แสดงรายละเอียดของแต่ละโซนแผนที่

5.3.3.7 สำหรับการคำนวณหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศของยานพาหนะ ในหน้าจอโปรแกรมหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ ให้เลื่อน Mouse ไปวางลงบนโซนแผนที่ที่ต้องการพิจารณา โดยหน้าจอของโปรแกรมกึ่งกลางด้านล่างจะแสดงพิกัด (x, y) ของตำแหน่งปัจจุบันของ Mouse เมื่อถึงตำแหน่งที่ต้องการให้เป็นจุดเริ่มต้น ให้กดปุ่ม Source และปุ่มทางซ้ายของ Mouse โปรแกรมจะทำการบันทึกค่า (x, y) ปัจจุบันเป็นค่าพิกัด (x, y) เริ่มต้น พร้อมกำหนดเครื่องหมายสี่เหลี่ยม ลงบนจุดเริ่มต้นในแผนที่ สำหรับค่าพิกัดของจุดหมายให้ทำวิธีการแบบเดียวกัน โดยโปรแกรมจะวางเครื่องหมายสี่เหลี่ยม ลงบนพิกัด (x, y) เป้าหมาย ในกรณีที่ผู้ใช้กำหนดพิกัดเริ่มต้น หรือพิกัดที่หมายลงในโซนแผนที่ที่ยานพาหนะไม่สามารถผ่านเข้าได้ (ค่า CCM เท่ากับ 5 หรือ 6) โปรแกรมจะแสดง Message Box ว่าไม่สามารถกำหนดพิกัดลงในพื้นที่โซนนี้ได้ ให้กำหนดพิกัดใหม่

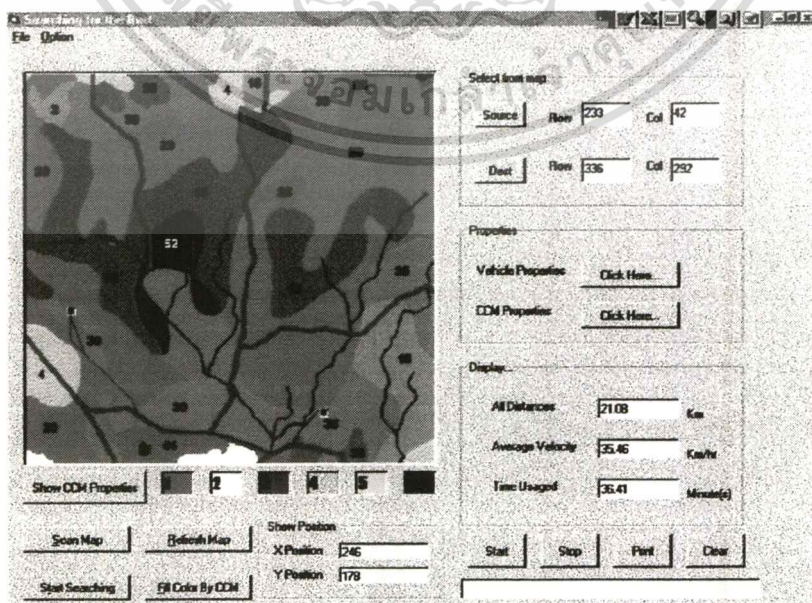
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3.8 กดปุ่มเริ่มการค้นหา (Start Searching) โปรแกรมจะทำการค้นหาเส้นทางโดยใช้ Dijkstra's Algorithm ประกอบกับ Heuristic ที่กำหนดให้ เมื่อแล้วเสร็จ โปรแกรมจะแสดงเส้นทางในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่ต้องการลงบนแผนที่ ตามภาพที่ 5.7



ภาพที่ 5.7 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ได้

เส้นทางสีแดงเป็นเส้นทางที่ได้จากการค้นหา โดยใช้ Dijkstra's Algorithm หลังจากนั้นจะปรากฏกล่องข้อมูล (Message Box) ให้กดปุ่มเพื่อทำการปรับปรุงเส้นทาง โดยการหาเส้นทางลัด เส้นทางใหม่จะแสดงด้วยสีน้ำเงินที่แตกต่างไปจากเส้นทางเดิม (สีแดง) ตามภาพที่ 5.8



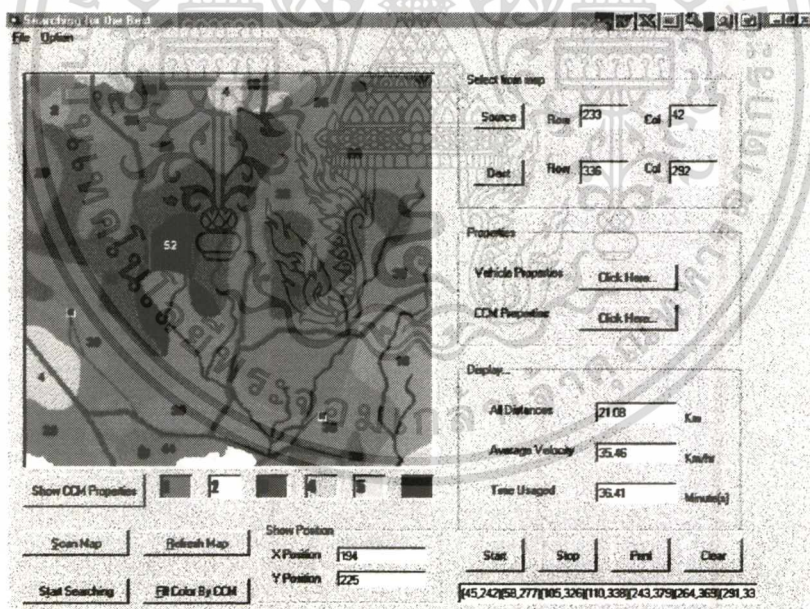
ภาพที่ 5.8 แสดงเส้นทางที่ปรับปรุงแล้วโดยการหาเส้นทางลัด นั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2.9 นอกจากนี้ โปรแกรมยังแสดงข้อมูลที่จำเป็นและใช้ในการวางแผนของหน่วย
ได้แก่

- ระยะทางทั้งหมดของเส้นทาง (กิโลเมตร)
- ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ (กม./ชม.)
- เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (นาที)

สำหรับค่าพิกัด (x, y) ของเส้นทางให้ใช้ Mouse ลากไปยังจุดที่ต้องการทราบพิกัด บริเวณหน้า
จอโปรแกรมด้านขวาจะมีช่องแสดงพิกัด (x, y) ของจุดปัจจุบันที่ Mouse อยู่ โดยค่าพิกัดจะเปลี่ยนแปลง
ไปตามเวลาที่ลาก Mouse

ถ้าต้องการบันทึกค่าพิกัดของเส้นทางเพื่อใช้ในการอ้างอิง ให้กดปุ่ม Start ที่บริเวณมุมล่างของ
จอ หลังจากนั้นให้กดปุ่มขวาของ Mouse ในจุดที่ต้องการบันทึกพิกัดบนเส้นทาง โปรแกรมจะทำการ
เก็บค่าพิกัด (x, y) ของจุดนั้นๆ และแสดงใน Text Box ที่บริเวณมุมล่างด้านขวา โดยผู้ใช้สามารถส่งข้อ
มูล แผนที่เส้นทาง พร้อมพิกัด (x, y) ของเส้นทาง ไปทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ให้แก่หน่วยรองได้อย่าง
รวดเร็ว หรือสามารถพิมพ์ลง ไปรูปแบบของเอกสาร โดยการกดปุ่ม Print จะได้เอกสารแสดงพิกัด (x, y)
ของเส้นทางที่ต้องการ เมื่อทำการบันทึกพิกัดของเส้นทางแล้วเสร็จ ให้กดปุ่ม Stop ตามภาพที่ 5.9

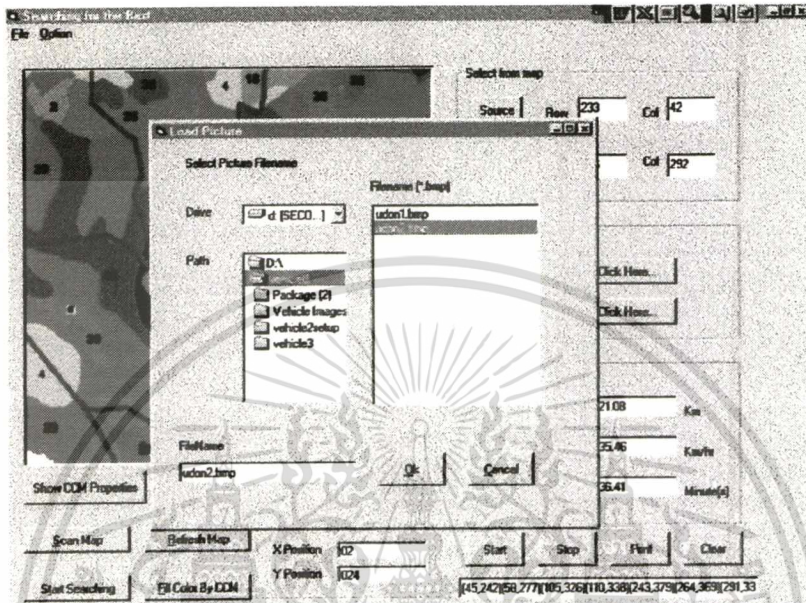


ภาพที่ 5.9 แสดงการบันทึกค่าพิกัดเส้นทาง

5.3.2.10 ถ้าต้องการคำนวณหาเส้นทางโดยเปลี่ยนแปลงพิกัด (x, y) เริ่มต้น และพิกัด
(x, y) เป้าหมายใหม่ ให้กดปุ่ม Refresh Map ที่บริเวณมุมล่างซ้ายของหน้าจอโปรแกรม โปรแกรมจะเริ่ม
กระบวนการทำงานใหม่โดยการลบเส้นทางเดิมออก และให้ผู้ใช้ดำเนินการวิธีตามลำดับหัวข้อต่างๆ
มาจนจบกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

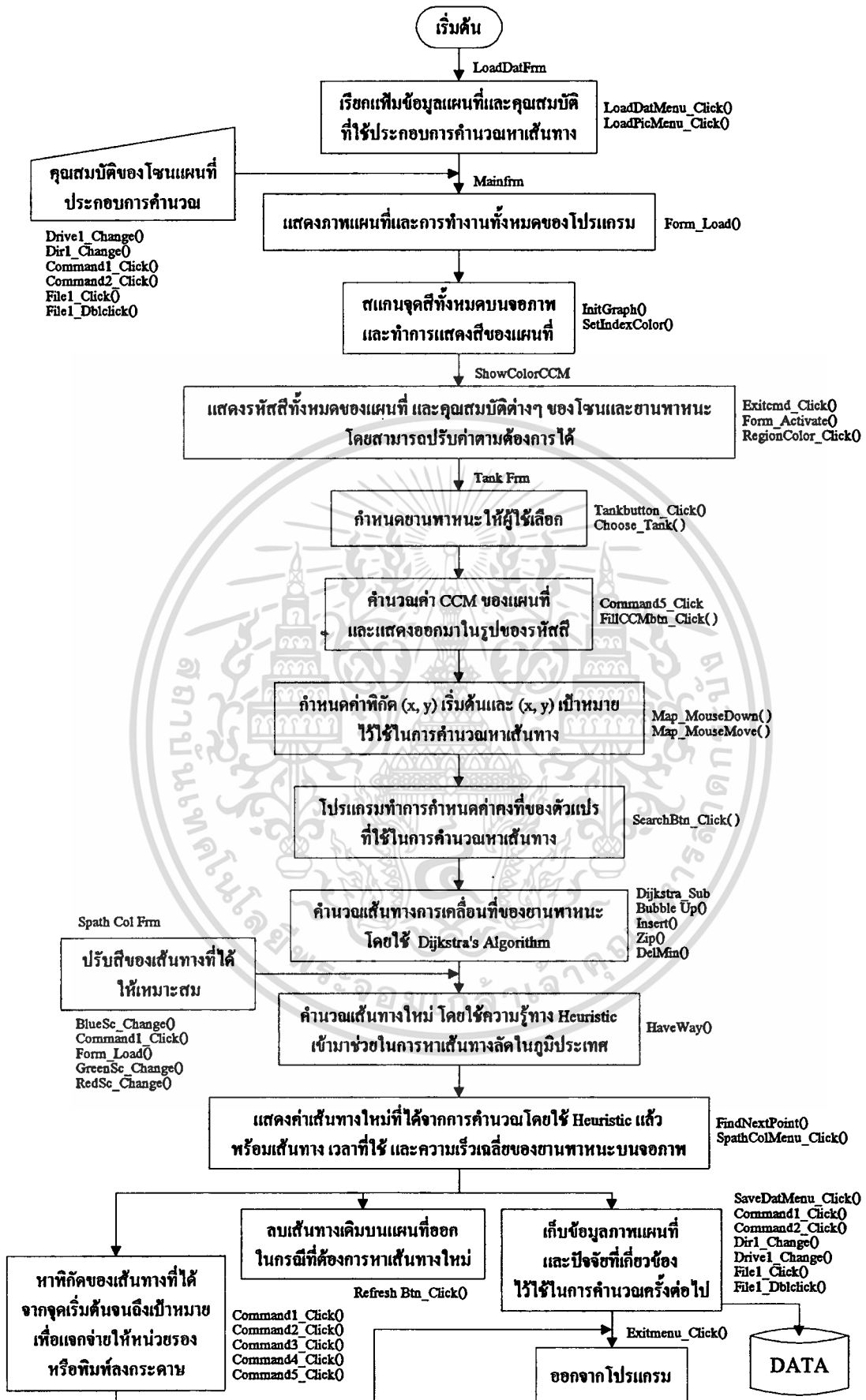
5.3.2.11 ถ้าต้องการใช้แผนที่ในบริเวณอื่นๆ เพื่อพิจารณาหาเส้นทางให้เลือก Menu File ของแผนที่ เลือก Load Picture และ Load Data จะได้ภาพแผนที่ขึ้นแสดงที่หน้าจอ หรือทำการพิมพ์ชื่อ File ของแผนที่ที่ต้องการลงในช่อง Text Box และกดปุ่ม Change File ถ้าไม่ทราบชื่อที่แน่นอนให้กดปุ่ม Browse และทำการค้นหา File ตาม Directory ต่างๆ ตามภาพที่ 5.10



ภาพที่ 5.10 แสดงการเปิดไฟล์แผนที่ใหม่

5.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.11 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ฟังก์ชันต่างๆ และรายละเอียดในการทำงาน

แอปเจกต์ที่สำคัญของงานวิจัยในการหาเส้นทางที่เหมาะสมในภูมิประเทศนี้ ประกอบไปด้วยแอปเจกต์ต่างๆ ดังนี้

5.6.1 ฟอรั่ม จำนวน 8 ฟอรั่ม ประกอบไปด้วย

5.6.1.1 LoadDatFrm เป็นฟอรั่มที่ใช้สำหรับการเรียกใช้ข้อมูลแผนที่ที่เคยมีการใส่ค่าคุณสมบัติต่างๆ พร้อมทั้งจะใช้งานแล้ว ฟอรั่มดังกล่าวประกอบไปด้วย

- Drive1_Change () เป็น Procedure ที่ใช้สำหรับเลือก Drive ของ Harddisk ที่มีข้อมูลแผนที่ที่ต้องการ
- Dir1_Change () เป็น Procedure ที่ใช้สำหรับเลือก Directory ต่างๆ ที่มีข้อมูลแผนที่ที่ต้องการ
- File1_Click () เป็น Procedure ที่ใช้สำหรับเลือก File ที่ต้องการ
- File1_Dblclick () เป็น Procedure ที่ใช้สำหรับเปิด File ที่ผู้ใช้เลือก โดยการไปเรียกใช้ Command1_Click ()
- Command1_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม OK ทำหน้าที่เรียกค่าคุณสมบัติของยานพาหนะ และค่าคุณสมบัติต่างๆ ของโซนแผนที่ ที่ได้มีการบันทึกเอาไว้ในแฟ้มข้อมูล เช่น ค่าความชัน ลักษณะพืชพันธุ์ไม้ และวัสดุผิวดินของโซนนั้นๆ ออกมาใช้ในการคำนวณ
- Command2_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Cancel ใช้ยกเลิกการทำงานและปิดฟอรั่มนี้

5.6.1.2 Mainfrm เป็นฟอรั่มที่ใช้ในการแสดงภาพแผนที่ และแสดงการทำงานทั้งหมดของโปรแกรม ประกอบไปด้วย Function และ Procedure ดังนี้

- SetIndexColor () เป็น Function ที่ทำหน้าที่ในการแสดงสีต่างๆ ที่ได้จากการสแกนแผนที่โดยการกดปุ่ม Scan Map ลงในช่องตารางสีเหลี่ยมแสดงสี ที่มีทั้งหมดในแผนที่
- InitGraph () เป็น Procedure ที่ทำหน้าที่ในการสแกนจุดสีทั้งหมดบนหน้าจอภาพ และส่งข้อมูลรหัสสีไปให้ Function Setindexcolor เพื่อทำการแสดงสี โดยการสแกนไล่จากซ้ายมาขวา และจากบนลงล่างในแต่ละแถว จนหมดหน้าจอภาพ
- CCMbutton_Click () เป็น Procedure ที่จะไปเรียก Function ในการคำนวณค่า CCM ของโซนแผนที่ และแสดงออกมาบนหน้าจอภาพในรูปแบบของรหัสสี
- Command1_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Start โดยโปรแกรมจะนำค่าพิกัดปัจจุบันของตำแหน่งที่ Mouse ชี้ไปแสดงค่าใน Text Box ที่ชื่อ Temptxt ไล่ไปตามลำดับการกดของ Mouse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- `Command2_Click ()` เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Stop โดยจะทำการหยุดแสดงค่าพิกัด (x, y) ลงใน `TempTxt`
- `Command3_Click ()` เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Print โดยพิมพ์ค่าพิกัดทั้งหมดที่แสดงใน `TempTxt` ออกทางเครื่องพิมพ์
- `Command4_Click ()` เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Clear โดยจะลบพิกัดทั้งหมดที่อยู่ใน `TempTxt`
- `Command5_Click ()` เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Show CCM Properties โดยจะไปเรียก Procedure ที่แสดงค่า CCM ลงบนแผนที่
- `Dbutton_Click ()` เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Dest โดยโปรแกรมจะเก็บค่าพิกัด (x, y) ของเป้าหมายไว้ใช้ในการคำนวณและแสดงออกมาในช่วง Text Box ชื่อ `Drowt` และ `Dcolt`
- `InitPlant ()` เป็น Procedure ที่แสดงค่าข้อมูลของพืชพันธุ์ไม้ต่างๆ และแสดงออกจอภาพพร้อมมีตัวเลือก ข้อมูลของพืชพันธุ์ไม้ทั้งหมด เพื่อให้ผู้ใช้ทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูล
- `InitSurface ()` เป็น Procedure ที่บันทึกค่าความสามารถในการรับน้ำหนักดินของยานพาหนะชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการคำนวณ CCM ต่อไป
- `Exitmenu_Click ()` เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อต้องการออกจากโปรแกรม
- `FillCCMbtn_Click ()` เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Fill Color By CCM จะทำการตรวจสอบค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ผ่านในแต่ละโซน และคำนวณหาค่า CCM ออกมา และแสดงออกมาบนจอภาพในรูปของรหัสสีแทนค่า CCM แต่ละค่า
- `Form_Load ()` เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อมีการเปิดฟอร์มหลักของโปรแกรม โดยจะกำหนดค่าคงที่ให้กับตัวแปร และแสดงทิศทางของโหนด (Node) ต่างๆ ที่อยู่โดยรอบทั้ง 8 ทิศทาง รวมทั้งจองพื้นที่ของ Array เอาไว้เก็บค่าของ Binary Heap เพื่อใช้ในการคำนวณเส้นทางการเคลื่อนที่ต่อไป
- `LoadDatMenu_Click ()` เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อเลือก Menu File Load Data เป็นการ Load ข้อมูลแผนที่ ที่เก็บเอาไว้เพื่อนำมาใช้คำนวณ
- `LoadPicMenu_Click ()` เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อเลือก Menu File และ Load Picture โดยเป็นการ Load ภาพแผนที่ที่เก็บเอาไว้เพื่อนำมาใช้คำนวณ
- `Map_MouseDown ()` เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Source และกดปุ่มขวาของ Mouse ในบริเวณจอภาพแผนที่ โดยโปรแกรมจะทำการบันทึกค่าพิกัด (x, y) ของจุดเริ่มต้นเมื่อกดปุ่ม Dest และกดปุ่มขวาของ Mouse ในบริเวณที่เป็นเป้าหมาย โปรแกรมจะทำการบันทึกค่าพิกัด (x, y) ของเป้าหมายเพื่อใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Map_MouseMove () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อมีการเลื่อน Mouse ลงบนจอภาพแผนที่ โดยจะแสดงพิกัด (x, y) ปัจจุบันลงในช่อง Xpostxt และ Ypostxt
- NewPathColMenu_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อต้องการให้แสดงเส้นทางที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ Heuristic ในการปรับปรุงเส้นทาง
- RefreshBtn_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Refresh Map โดยจะทำการลบเส้นทางเดิมที่แสดงบนแผนที่ ในกรณีที่ต้องการหาเส้นทางใหม่ โดยการกำหนดพิกัดเริ่มต้นและพิกัดเป้าหมายใหม่
- SaveDatMenu_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อเลือก Menu File และ Save Data โดยเป็นการบันทึกข้อมูลของแผนที่เก็บไว้ใช้ในการคำนวณต่อไป
- Sbutton_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Source โดยโปรแกรมจะเก็บค่าพิกัด(x, y) ของจุดเริ่มต้นเพื่อใช้ในการคำนวณ และแสดงค่าพิกัด (x, y) ลงในช่อง Srowt และ Scolt
- ScanBtn_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Scan Map โดยโปรแกรมจะไปเรียกใช้ Func.Initgraph เป็นการตรวจสอบค่าจุดสีบนแผนที่
- SearchBtn_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อมีการกดปุ่ม Start Searching โดยโปรแกรมจะทำการกำหนดค่าคงที่ของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ และเรียก Function Find Path ที่ทำหน้าที่คำนวณเส้นทาง
- GiveTankValue () เป็น Procedure ที่ทำการใส่ค่าคุณสมบัติของยานพาหนะแต่ละประเภทที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณหาเส้นทาง เช่น ความเร็วสูงสุด ความกว้าง VCI1 VCI50
- SpathColMenu_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม OK ให้โปรแกรมแสดงค่าเส้นทางใหม่ที่ได้จากการปรับเส้นทางโดยใช้ Heuristic ช่วย
- ChooseTank () เป็น Procedure ที่ทำการคำนวณค่า F1-F5 และเปรียบเทียบค่า CCM ของแผนที่ รวมทั้งคำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่ผ่านของแต่ละจุด (Pixel) บนแผนที่
- Tankbutton_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Vehicle Properties เป็นการบอกชนิดของยานพาหนะที่จะใช้ในการคำนวณหาเส้นทาง และเรียก Procedure Choose Tank

5.6.1.3 NpathColFrm เป็นฟอร์มที่ใช้ในการกำหนดสีให้กับเส้นทางที่หาได้ ประกอบไปด้วย Procedure ต่างๆ ดังนี้

- BlueSc_Change () เป็นการกำหนดสีของเส้นทางเป็นสีน้ำเงิน โดยใช้ Scroll Bar
- Command1_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่มเลือกสี โดยจะทำการเปลี่ยนค่าสีของเส้นทางเป็นสีที่ถูกเลือกโดยผู้ใช้

- Form_Load () เป็น Procedure ที่สร้าง Scroll Bar จำนวน 3 Bar เพื่อปรับค่าของสีแดง เขียว และน้ำเงิน ตามค่าสีที่ผู้ใช้ต้องการ
- Greensc_Change () เป็นการกำหนดสีของเส้นทางเป็นสีเขียว โดยใช้ Scroll Bar
- Redsc_Change () เป็นการกำหนดสีของเส้นทางเป็นสีแดง โดยใช้ Scroll Bar

5.6.1.4 PCCM เป็นฟอร์มที่ใช้ในการเลือกค่าเฉพาะของแต่ละโซนแผนที่ หรือทำการปรับค่าที่เหมาะสม เพื่อใช้คำนวณค่า CCM ของแต่ละโซน จะทำงานเมื่อผู้ใช้คลิกปุ่ม CCM Properties เพื่อเปิดฟอร์ม ประกอบไปด้วย Procedure ต่างๆ ดังนี้

- Form_Activate () เป็น Procedure ที่แสดงค่าตัวเลือกของคุณสมบัติต่างๆ บนแผนที่ เช่น อาคารลาด ชนิดของพืชพันธุ์ไม้ ชนิดของดิน ปัจจัยความขรุขระ ค่า VCI (Vehicle Cone Index) โดยแต่ละค่าจะแสดงไว้ในตัวเลือกแบบ Combo Box ให้ผู้ใช้เลือกค่าที่ต้องการ หลังจากนั้นจะทำการเก็บค่าที่เลือกไว้เพื่อทำการคำนวณต่อไป
- Okbtn_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม OK ใน Pccm Form โดยจะเรียกใช้ Updatebtn_Click ()
- UpdateBtn_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Update โดยโปรแกรมจะใช้ข้อมูลที่ได้จาก Form Activate () มาทำการคำนวณ เพื่อหาค่า CCM ของแต่ละโซนแผนที่ หลังจากนั้นจะทำการคำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่ผ่านของยานพาหนะในแต่ละจุดสีบนจอภาพ

5.6.1.5 SaveDatFrm เป็นฟอร์มที่ใช้ในการบันทึกค่าคุณสมบัติต่างๆ ของโซนแผนที่ เพื่อนำมาใช้ในการอ้างอิงหรือการคำนวณ ฟอร์มจะทำงานเมื่อกดเลือก Menu File และ Save Data โดยประกอบไปด้วย Procedure ต่างๆ ดังนี้

- Command1_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม OK ทำหน้าที่ในการเก็บค่าคุณสมบัติต่างๆ ในแต่ละจุดบนแผนที่ เพื่อเป็นข้อมูลในการเรียกดูหรือใช้ในการคำนวณต่อไป
- Command2_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Cancel โดยจะทำการปิดฟอร์ม ปัจจุบัน
- Dir1_Change () เป็น Procedure ที่ใช้สำหรับเลือก Directory ต่างๆ เพื่อเก็บข้อมูลแผนที่ที่ต้องการ
- Drive1_Change () เป็น Procedure ที่ใช้สำหรับเลือก Drive ของ Harddisk เพื่อเก็บข้อมูลแผนที่ที่ต้องการ
- File1_Click () เป็น Procedure ที่ใช้สำหรับเลือก File ที่ต้องการในการเก็บข้อมูล
- File1_Db1Click () เป็น Procedure ที่ใช้สำหรับเปิด File ที่ผู้ใช้เลือกเพื่อเก็บข้อมูล ทำโดยการ Double Click ไปที่ชื่อ File นั้น

5.6.1.6 ShowColorCCM เป็นฟอร์มที่ใช้ในการแสดงรหัสสีต่างๆ ที่มีอยู่ทั้งหมดบนแผนที่ที่ได้จากการกดปุ่ม Scan Map ในหน้าจอหลัก โดยจะแสดงไว้ในกรอบแสดงค่าสีที่ชื่อ Region Color ประกอบไปด้วย Procedure ต่างๆ ดังนี้

- Exitcmd_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อมีการกดปุ่ม OK เป็นการปิดฟอร์มปัจจุบัน
- Form_Activate () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อมีการเปิดฟอร์ม ทำหน้าที่แสดงสีทั้งหมดของโซนแผนที่ลงบนกรอบสี่เหลี่ยมตามสีทั้งหมดที่มี
- RegionColor_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่ม Mouse ภายในขอบเขตของสีต่างๆ ในกรอบ โดยจะเรียกฟอร์ม Pccm ให้ผู้ใช้ปรับค่าคุณสมบัติต่างๆ ของโซนแผนที่ให้เป็นค่าที่ต้องการ

5.6.1.7 SpathColFrm เป็นฟอร์มที่ใช้ในการกำหนดสีให้กับเส้นทางที่หาได้ ประกอบไปด้วย Procedure ต่างๆ ดังนี้

- BlueSc_Change () เป็นการกำหนดสีของเส้นทางเป็นสีน้ำเงิน โดยใช้ Scroll Bar
- Command1_Click () เป็น Procedure ที่ทำงานเมื่อกดปุ่มเลือกสี โดยจะทำการเปลี่ยนค่าสีของเส้นทางเป็นสีที่ถูกเลือกโดยผู้ใช้
- Form_Load () เป็น Procedure ที่สร้าง Scroll Bar จำนวน 3 Bar เพื่อปรับค่าของสีแดง เขียว และน้ำเงิน ตามค่าสีที่ผู้ใช้ต้องการ
- GreenSc_Change () เป็นการกำหนดสีของเส้นทางเป็นสีเขียว โดยใช้ Scroll Bar
- RedSc_Change () เป็นการกำหนดสีของเส้นทางเป็นสีแดง โดยใช้ Scroll Bar

5.6.1.8 TankFrm เป็นฟอร์มที่ใช้ในการกำหนดค่าให้กับยานพาหนะที่ผู้ใช้เลือก โดยในฟอร์มจะมีการแสดงรูปภาพของยานพาหนะทั้งยานชนิดล้อ และสายพาน 9 ชนิด ประกอบไปด้วย Procedure ต่างๆ ดังนี้

- M1_Click (), M109_Click (), M113_Click (), M151_Click (), M35_Click (), M60_Click (), T54_Click (), T62_Click (), T72_Click () ค่าที่กำหนดให้จะนำไปใช้ประกอบการคำนวณค่า CCM ของแผนที่ต่อไป

5.6.2 Module ที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบไปด้วย

5.6.2.1 Dijkstra_Sub เป็น Module ที่ใช้ในการคำนวณเส้นทางการเคลื่อนที่ โดยใช้ อัลกอริทึมของ Dijkstra และ Heap Sort โดยการคำนวณหาเส้นทางที่มีระยะเวลาในการเดินทางของยานพาหนะไปยังเป้าหมายน้อยที่สุด รวมทั้งมีการปรับปรุงเส้นทางการเคลื่อนที่ให้สั้นลง ประกอบไปด้วย Procedure ดังต่อไปนี้

- BubbleUp () เป็น Procedure ที่ใช้ในการใส่ค่าโหนดเข้าใน Graph และทำการจัดเรียงโหนดตามค่ามากไปน้อย (ค่าน้อยอยู่ด้านบน ค่ามากอยู่ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- `Insert ()` เป็น Procedure ที่ใช้ในการใส่ค่าโหนดใหม่เข้าไปในลำดับสุดท้ายของ Heap (โหนดตัวล่างสุด) และเรียกใช้ `Bubble Up` เพื่อปรับค่าของ Heap ให้สมดุล
- `Zip ()` เป็น Procedure ที่ทำหน้าที่สลับค่าของโหนดต่างๆ ภายใน Heap โดยให้ โหนดที่มีค่าน้อยอยู่ด้านบน และโหนดที่มีค่ามากอยู่ด้านล่าง หลังจากนั้นก็เก็บค่าพิกัด (x, y) ของโหนดต่างๆ ภายใน Heap
- `DelMin ()` เป็น Procedure ที่ใช้ในการดึงค่าตัวบนสุดของ Heap เพื่อใช้ในการคำนวณหาเส้นทาง หลังจากนั้นจะทำการเรียก `Zip` เพื่อทำการปรับค่าของโหนดภายในให้ขึ้นไปตาม Heap
- `FindNextPoint ()` เป็น Procedure ที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบเส้นทางที่หาได้ และหาเส้นทางถัดระหว่างจุดต่อๆ ไป
- `HaveWay ()` เป็น Function ที่ทำการหาเส้นทางถัดจากเส้นทางเดิมที่หาได้ โดยการตรวจสอบเส้นทางถัดระหว่างจุดปัจจุบันและจุดถัดไป 2 จุด ทำการทดลองลากเส้นตรงสมมุติ เพื่อตรวจสอบว่าผ่านสิ่งกีดขวางหรือไม่ ถ้าไม่ผ่านให้เลื่อนไปพิจารณาจุดต่อไป
- `Findpath ()` เป็น Procedure ที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางเคลื่อนที่ของยานพาหนะ โดยใช้ `Dijkstra's Algorithm` โดยจะทำการเปรียบเทียบโหนดต่างๆ ทุกทั้งแผนที่ เลือกโหนดที่ใช้เวลาในการเดินทางไปยังโหนดนั้นน้อยที่สุด โดยการคัดเลือกมาจาก โหนดตัวบนสุดของ Heap ทำการเก็บทิศทางไปยังโหนดนั้น เพื่อใช้แสดงเส้นทางในภายหลัง ทำการเลือกโหนดนั้นและพิจารณาโหนดถัดไป ทำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงเป้าหมาย แสดงเส้นทาง ระยะทาง และความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะลงบนแผนที่ใน `Text Box` ที่ชื่อ `Disttxt`, `Avvtxt` และ `Timetxt`

ทำการปรับปรุงเส้นทางใหม่ โดยการเรียกใช้ Function `HaveWay ()` ตรวจสอบว่าสามารถหาเส้นทางถัดได้หรือไม่ หลังจากนั้นใช้ Procedure `FindNextPoint ()` ทำการหาเส้นทางโดยละเอียด ทำการแสดงผลเส้นทางระยะทางและความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะลงบนแผนที่

5.6.2.2 `PublicVar` เป็น Module ที่ใช้ในการประกาศค่าตัวแปรต่างๆ ประกอบไปด้วย

- `Datatype` ประกอบไปด้วยตัวแปร
 - `Color` ค่าของสีต่างๆ ภายในโซนแผนที่
 - `Mintime` เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโหนดเริ่มต้นมายังโหนดปัจจุบัน
 - `Path` แสดงเส้นทางที่เดินมาว่ามาจากโหนดใดก่อนหน้า
 - `Heapind` แสดงการติดต่อกับ Heap ที่ตำแหน่งใด
- `HeapDataType` ประกอบไปด้วยตัวแปร `Row` และ `Col` ที่เก็บค่าตำแหน่งของโหนดปัจจุบันบนแผนที่ไว้ในหน่วยความจำ
- `HeapType` ประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Data () ใช้เก็บค่าที่อยู่ภายใน Heap
- Last เป็นค่าของโหนดตัวสุดท้ายของ Heap
- Region Type ประกอบไปด้วยตัวแปรต่างๆ ที่แสดงคุณสมบัติภายในโซน ได้แก่
 - Color, Name, Avslope, Ptype, Rci, Rough, Velocity, Time, Sif, Land, DC, MC, WC

ค่าตัวแปรเหล่านี้เป็นข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณหาค่า CCM ของแผนที่ต่อไป

- TankType ประกอบไปด้วยตัวแปรที่แสดงคุณสมบัติเฉพาะของยานพาหนะ เช่น Maxspeed, RoadEff, GeoEff, Wheelsize, VCI₁, VCI₅₀, OD, Width เพื่อใช้ประกอบการคำนวณ
- PlantDatType ประกอบไปด้วยตัวแปรที่แสดงคุณสมบัติของพืชพันธุ์ไม้ ได้แก่ Name, SD, SS, Vr
- PlantType ประกอบไปด้วยตัวแปรที่เก็บชื่อ และชนิดของพืชพันธุ์ไม้ ได้แก่ Name และ Data ()
- SurfaceType ประกอบไปด้วยตัวแปรที่แสดงคุณสมบัติของพื้นผิวดิน ได้แก่ Name, D, M, W
- Maxspeed ประกอบไปด้วยตัวแปรที่เก็บค่าความเร็วสูงสุดของยานพาหนะ ได้แก่ srow, scol, drow, dcol, IndexColor
- ColorNum ใช้เก็บค่าสีของโซน
- swait, dwait, ShowWait, kwait ใช้ในการตรวจสอบสถานะของโปรแกรม
- Arr (500, 500) เป็นตัวแปร Array ที่จองไว้ใช้เก็บค่าของพิกัดเส้นทาง
- Heap ใช้ในการคำนวณ Heap Sort
- Direc () หาเส้นทางพิกัดบนแผนที่
- Region (50) ใช้ในการคำนวณหาขอบเขต
- Tank ใช้เก็บชนิดของยานพาหนะทางทหาร 9 ชนิด
- CurrDatFile ใช้เก็บค่าข้อมูลของแผนที่ที่ต้องการใช้
- Plant ใช้เก็บชนิดของพืชพันธุ์ไม้
- Surface (16) ใช้เก็บค่าลักษณะพื้นผิวดิน
- pox, poy, plx, ply, p2x, p2y, tpx, tpy, TmpX, TmpY เป็นตัวแปรที่ใช้ประกอบการคำนวณหาเส้นทาง

- NpathColor, SpathColor เป็นตัวแปรที่ใช้แสดงสี ของเส้นทาง
- nred, ngreen, nblue, sred, sgreen, sbblue ใช้กำหนดค่าสีของเส้นทาง
- TankIndex กำหนดคุณสมบัติของยานพาหนะทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดลองการใช้งาน

จากการทดลองใช้งาน โปรแกรมหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศของยานพาหนะทางทหาร สามารถสรุปผลในการใช้งาน ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

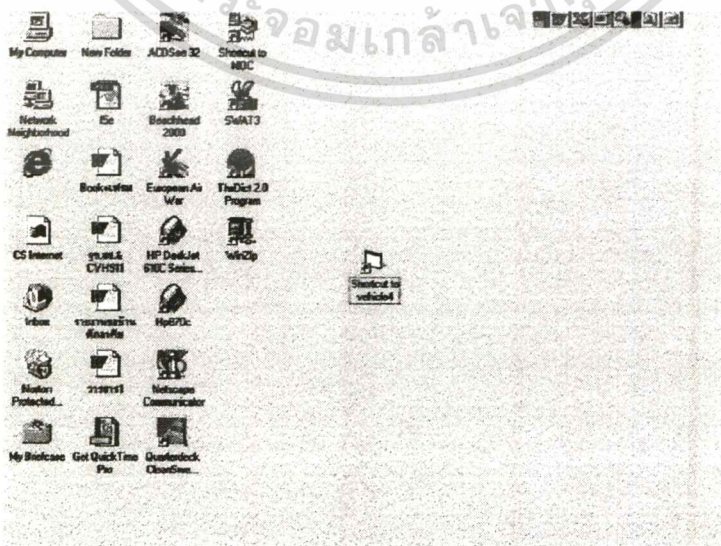
6.1 คุณลักษณะทางเทคนิค

6.1.1 Hardware

- ซีพียู AMD-K6II 300 MHz
- หน่วยความจำภายใน ขนาด 64 เมกะไบต์
- หน่วยความจำสำรอง (Harddisk) ขนาด 3 กิกะไบต์
- จอภาพ SVGA ขนาด 15 นิ้ว

6.1.2 Software ไมโครซอฟท์วินโดวส์ 95

โปรแกรมที่ Compile จากระหัสโปรแกรมต้นฉบับ ซึ่งพัฒนาบนโปรแกรม Visual Basic นั้น ทำให้โปรแกรมหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศ เป็นโปรแกรมชนิดโปรแกรมกระทำการ หรือ Executed โปรแกรม ซึ่งสามารถเรียกใช้งานได้โดยตรง โดยไม่ต้องอาศัยโปรแกรม Visual Basic อีกต่อไป โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีขนาดไม่ใหญ่มาก เมื่อผ่านการ Compile แล้ว สามารถนำไปสร้างเป็น Icon เฉพาะ สำหรับเรียกใช้งานที่หน้าจอเริ่มแรกของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Desktop) ได้ทันที ดังภาพที่ 6.1



ภาพที่ 6.1 แสดง Icon ของโปรแกรมหาเส้นทางในการเคลื่อนที่บนหน้าจอของระบบวินโดวส์ โดยขั้นตอนการดำเนินการดังกล่าว ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลื่อน Mouse ไปบน Icon ดังกล่าว และกด 2 ครั้ง (Double Click) โปรแกรมก็จะเริ่มทำงาน

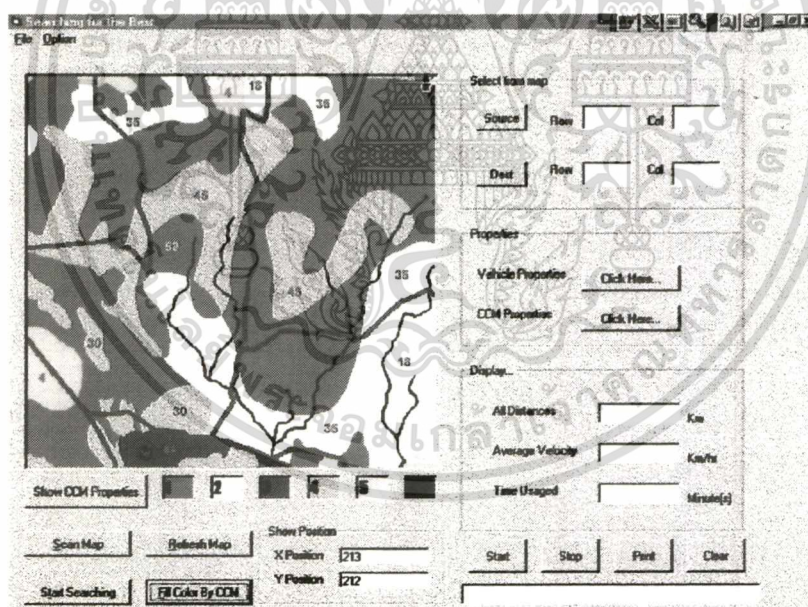
6.2 การทดลองใช้งาน

6.2.1 จากการทดลองใช้งาน โดยให้โปรแกรมทำการคำนวณค่า CCM โดยใช้แผนที่ปัจจัยรวมภูมิประเทศของจังหวัดอุดรธานี พิกัดตั้งแต่ UD000000 ถึง UD250250 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง และผู้ใช้ทำการป้อนข้อมูลที่จำเป็นต่างๆ ได้แก่

- อาการลาด
- ลักษณะพืชพันธุ์ไม้
- ลักษณะผิวดิน

ของโซนแผนที่ที่กำหนดในแต่ละโซนให้เรียบร้อย

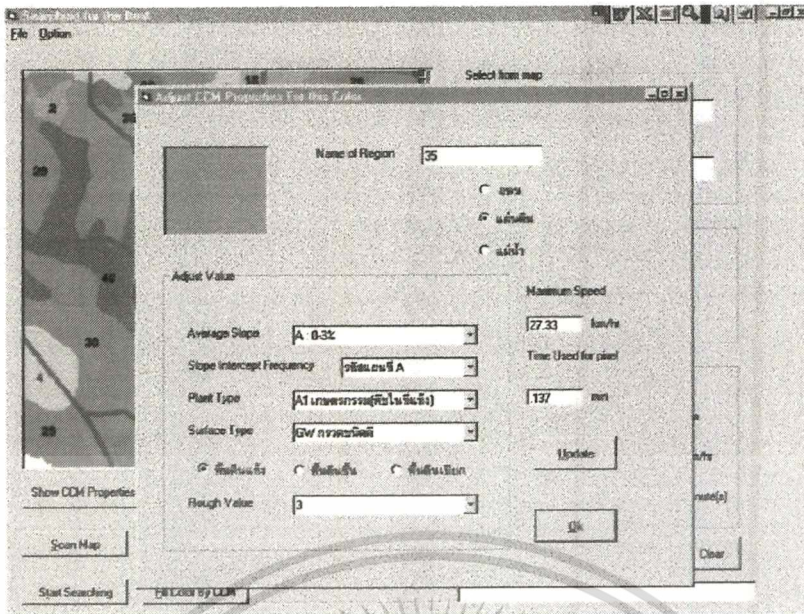
6.2.2 เมื่อกดปุ่มในการคำนวณค่า CCM โปรแกรมใช้เวลาในการคำนวณจนแสดงภาพแล้วเสร็จเป็นเวลา 12.6 วินาที ดังในภาพ 6.2



ภาพที่ 6.2 แสดงการคำนวณแผนที่ CCM

6.2.3 ทำการทดลองเรียกดูข้อมูลรายละเอียด ของโซนแผนที่หมายเลข 35 โปรแกรมสามารถแสดงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องได้ ดังแสดงในรูป 6.3

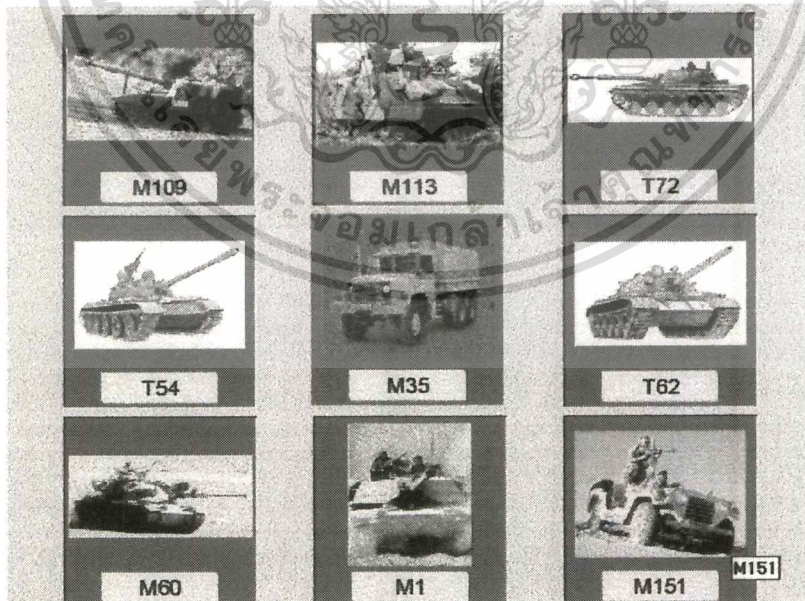
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.3 แสดงรายละเอียดของโซนแผนที่หมายเลข 35

6.2.4 ทำการคำนวณหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ โดย

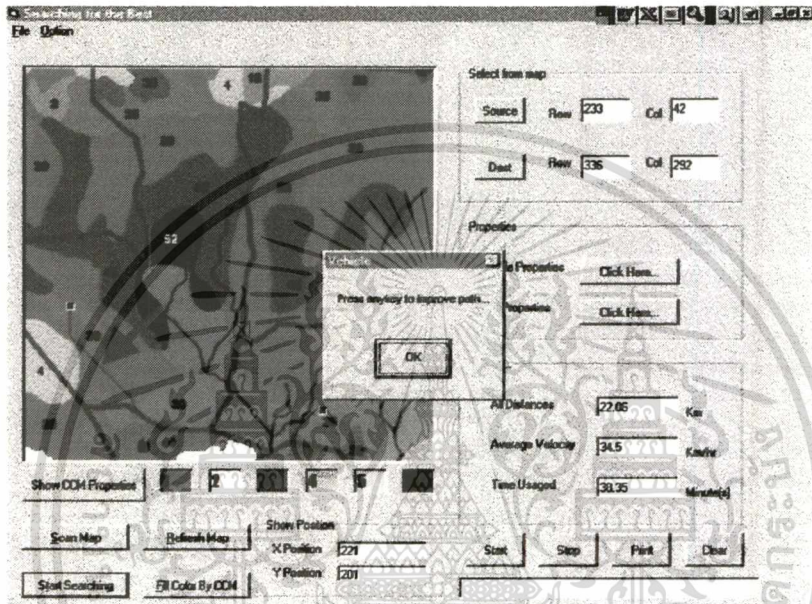
- กำหนดพิกัดเริ่มต้นที่พิกัด (x, y) 233, 42
- กำหนดพิกัดของจุดหมาย พิกัด (x, y) 336, 292
- เลือกชนิดของยานพาหนะที่ใช้ในการคำนวณคือ รถรบ. M151 ดังในภาพที่ 6.4



ภาพที่ 6.4 แสดงรายละเอียดของยานพาหนะรถรบ. M151

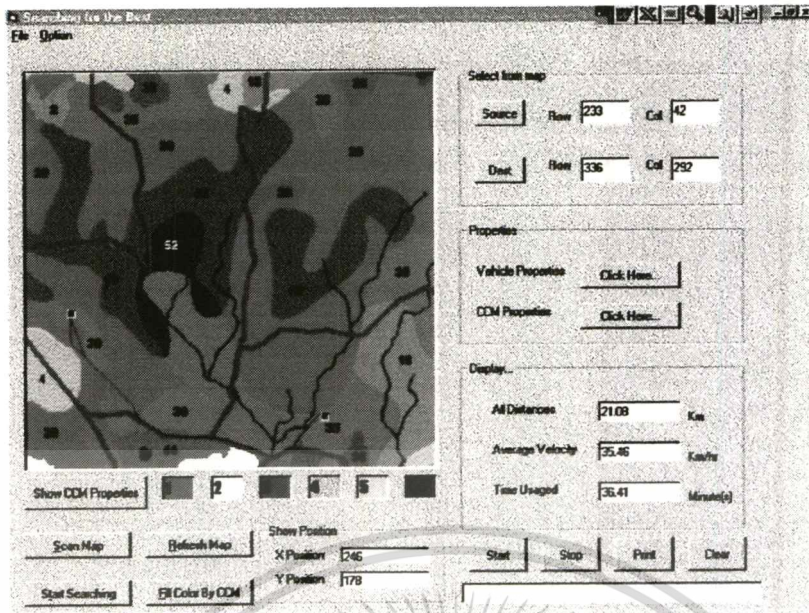
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กดปุ่ม “เริ่มการค้นหา” (Start Searching) โปรแกรมทำการค้นหาเส้นทางของยานพาหนะ ระบุ. M151 ใช้เวลาในการประมวลผลทั้งสิ้น 21.95 วินาที
- โปรแกรมยังได้แสดงข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการวางแผนของหน่วย ดังนี้
 - ระยะทางทั้งหมด 22.06 กม.
 - ความเร็วเฉลี่ย 34.5 กม./ชม.
 - เวลาที่ใช้ในการเดินทาง 38.35 นาที



ภาพที่ 6.5 แสดงการค้นหาเส้นทางเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ระบุ. M151

จากในภาพที่ 6.5 โปรแกรมได้แสดงเส้นทางจากพิกัดเริ่มต้นไปยังที่หมาย โดยเส้นทางแสดงด้วยเส้นสีแดง ทำการกดปุ่มปรับปรุงการค้นหาโดยการหาเส้นทางถัด จะได้ผลลัพธ์เป็นเส้นทางใหม่ (สีน้ำเงิน) ดังในภาพที่ 6.6



ภาพที่ 6.6 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ที่มีการปรับปรุงโดยการหาเส้นทางลัด

โปรแกรมได้แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

- ระยะทางทั้งหมด 21.08 กม.
- ความเร็วเฉลี่ย 35.46 กม./ชม.
- เวลาที่ใช้ในการเดินทาง 36.41 นาที

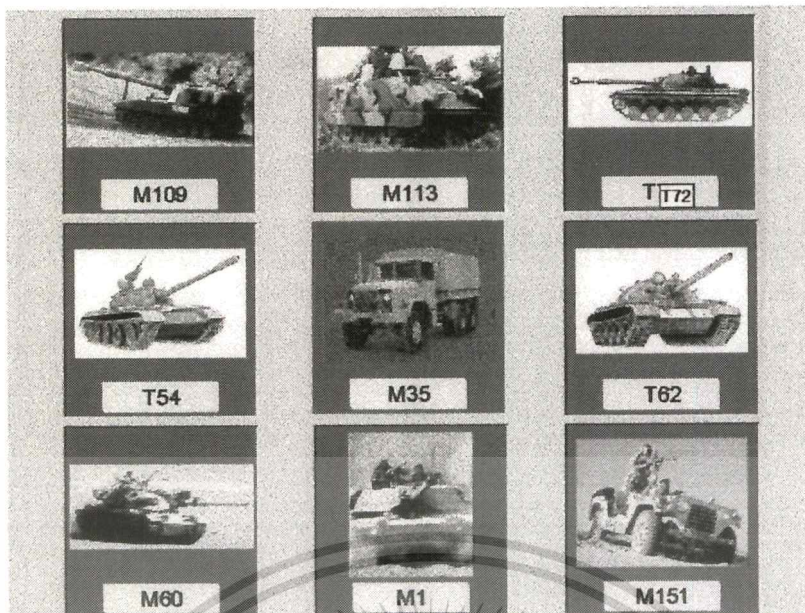
ระยะทาง ความเร็วเฉลี่ย และ เวลาที่ใช้ จะดีขึ้นกว่าเดิม

6.2.5 ทำการบันทึกค่าพิกัดเส้นทางโดยการใช้ Mouse ตามวิธีการในข้อ 5.3.2.9 และพิมพ์ผลลัพธ์ออกจากเครื่องพิมพ์ โปรแกรมสามารถแสดงผลที่ได้ด้วยความเรียบร้อย

6.2.6 ทำการเปลี่ยนแปลงพิกัดเริ่มต้นในการหาเส้นทางใหม่ที่พิกัด (x, y) 293, 189 พิกัดที่หมาย (x, y) 292, 164 และกำหนดให้ยานพาหนะวิ่งในภูมิภาคประเทศไทยได้อย่างเดียวเพื่อการซ่อนพราง

6.2.7 เลือกชนิดของยานพาหนะที่ใช้ในการคำนวณคือ รถถัง T 72 ดังในภาพที่ 6.7

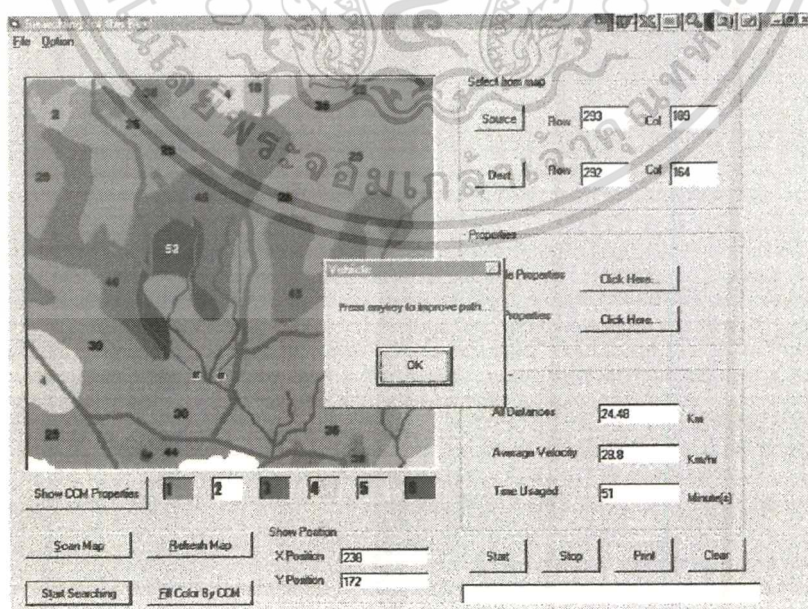
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.7 แสดงรายละเอียดของยานพาหนะ รถถัง T72

โปรแกรมใช้เวลาในการประมวลผลทั้งสิ้น 10.15 วินาที
นอกจากนี้โปรแกรมได้แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

- ระยะทางทั้งหมด 24.48 กม.
- ความเร็วเฉลี่ย 28.80 กม./ชม.
- เวลาที่ใช้ในการเดินทาง 51 นาที

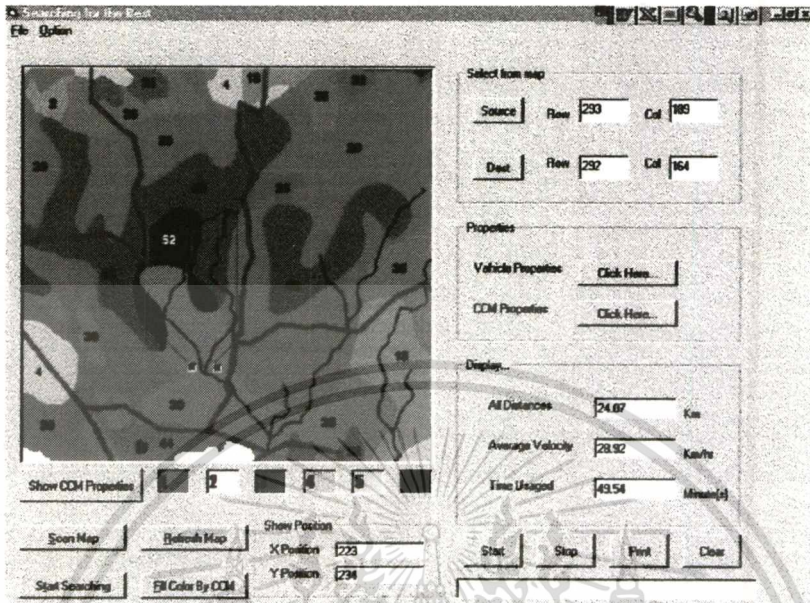


ภาพที่ 6.8 แสดงการหาเส้นทางเฉพาะในภูมิประเทศของรถถัง T72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.8 ทำการกดปุ่มปรับปรุงเส้นทางโดยการหาเส้นทางถัด จะ ได้ผลลัพธ์เป็นเส้นทางดังในภาพ

ที่ 6.9



ภาพที่ 6.9 แสดงเส้นทางถัดของรถถึง T72

โปรแกรมได้แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

- ระยะทางทั้งหมด 24.07 กม.
- ความเร็วเฉลี่ย 28.92 กม./ชม.
- เวลาที่ใช้ในการเดินทาง 49.54 นาที

6.3 เปรียบเทียบการทำงานของระบบงานปัจจุบัน และระบบงานใหม่

จากผลการทดลองใช้ระบบงานใหม่ โปรแกรมสามารถแสดงการคำนวณเส้นทางที่ได้ ด้วยความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ รวมทั้งยังมีการแสดงภาพเส้นทางในรูปของแผนที่ พร้อมข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็น ให้นำร่องสามารถนำไปใช้งานได้ทันที เป็นการช่วยลดระยะเวลาในการวางแผน และวิเคราะห์ภูมิประเทศของผู้บังคับบัญชา และลดความผิดพลาดในการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบการทำงานของระบบปัจจุบันและระบบใหม่

| ลำดับ | กระบวนการทำงาน | เวลาที่ใช้ของระบบงานปัจจุบัน | เวลาที่ใช้ของระบบงานใหม่ |
|-------|---|------------------------------|--------------------------|
| 1. | การเตรียมข้อมูลแผนที่ปัจจัยรวมภูมิประเทศของพื้นที่ที่ต้องการพิจารณา | 3 ชั่วโมง | 4 ชั่วโมง |
| 2. | การคำนวณแผนที่ CCM | 4 ชั่วโมง | 13 วินาที |
| 3. | การเรียกดูข้อมูลคุณสมบัติของโซนแผนที่ | 1 นาที | 1 วินาที |
| 4. | การคำนวณหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ | มากกว่า 10 ชั่วโมง | 9.5 ถึง 15 วินาที |
| 5. | การเปลี่ยนข้อมูลแผนที่ที่ต้องการพิจารณา และป้อนข้อมูลแล้วเสร็จ | 30 นาที | 15 นาที |

6.3.1 การทำงานของระบบปัจจุบัน

ใช้ข้อมูลแผนที่ปัจจัยรวมของพื้นที่ที่ได้จากการสำรวจและจัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร เลือกเฉพาะบริเวณที่ต้องการจะพิจารณา ใช้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลค่า CCM ทำตามกรรมวิธีที่กำหนดในคู่มือ โดยไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณ เวลาที่ได้จะช้าหรือเร็วขึ้นกับความชำนาญของเจ้าหน้าที่ และประสบการณ์ในการวิเคราะห์

6.3.2 การทำงานของระบบใหม่

ใช้เจ้าหน้าที่ในการเตรียมข้อมูลของแผนที่ปัจจัยรวมของพื้นที่ ใช้การวิเคราะห์โดยการสแกนภาพข้อมูลแผนที่ปัจจัยรวมของพื้นที่ๆ ต้องการพิจารณาเก็บไว้ในเพิ่มข้อมูลคอมพิวเตอร์ ทำการคำนวณแผนที่ CCM และหาเส้นทางโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้งหมด เวลาที่ใช้ในการคำนวณจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้

ผลการทดสอบสรุปได้ว่า ระบบงานใหม่มีความเร็วกว่าระบบงานปัจจุบันประมาณ 4 เท่า โดยเปรียบเทียบจากการประมวลผลข้อมูลและขั้นตอนการดำเนินการในการคำนวณแผนที่หนึ่ง ระยะเวลา 25 ตารางกิโลเมตรของจังหวัดอุดรธานี โดยในระบบเดิมใช้เจ้าหน้าที่ในการดำเนินการสามคน พร้อมเครื่องมือช่วยในการคำนวณ ได้แก่ เครื่องคำนวณ เปรียบเทียบกับการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่อง และเจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องหนึ่งคน โดยมีคุณสมบัติของเครื่องตามข้อ 6.1

บทที่ 7

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 บทสรุป

สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการใช้ Dijkstra Algorithm ประกอบกับ Heuristic ในการหาเส้นทางที่เหมาะสมของยานพาหนะในภูมิภาคประเทศไทย โดย Heuristic จะช่วยในการกำกับทิศทางของกระบวนการค้นหา ได้แก่การกำหนดตัวเลือกของแต่ละโหนดแผนที่ให้เป็น ถนน แม่น้ำ หรือ พื้นดิน จะมีผลต่อการหาเส้นทางโดยใช้ Dijkstra Algorithm เพราะความเร็วของยานพาหนะในการเคลื่อนที่ผ่านโหนดจะไม่เท่ากัน เช่น เมื่อเลือกเส้นทางสีแดงให้เป็นถนน โปรแกรมจะกำหนดให้ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงบนถนน ยานพาหนะจึงวิ่งบนถนนเป็นส่วนใหญ่ ถ้าต้องการการช้อนพรางให้เส้นทางสีแดงเป็นแม่น้ำ ความเร็วของยานพาหนะในการเคลื่อนที่ผ่านแม่น้ำเท่ากับศูนย์ ยานพาหนะจึงวิ่งในภูมิภาคประเทศอย่างเฉิว โดยไม่วิ่งขึ้นถนน

จากการทดลองใช้งานโปรแกรมในบทที่ 6 สรุปได้ว่าโปรแกรมการหาเส้นทางเคลื่อนที่ในภูมิภาคประเทศไทยของยานพาหนะทางทหาร สามารถนำไปใช้งานในการวางแผนทางยุทธวิธี และช่วยในการวิเคราะห์ภูมิภาคของผู้บังคับบัญชาได้เป็นอย่างดี โดยมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 7.1.1 สามารถแสดงแผนที่ CCM ได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็ว เนื่องจากกระบวนการในการวิเคราะห์ได้ทำตามขั้นตอนที่กำหนดอย่างถูกต้อง
- 7.1.2 สามารถแสดงข้อมูลแผนที่ของโหนดที่ต้องการทราบข้อมูลบางอย่าง เช่น อาการลาดพิงพื้นที่ไม้ หรือลักษณะดิน ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการวางแผน
- 7.1.3 สามารถแสดงเส้นทางเคลื่อนที่ของยานพาหนะในภูมิภาคประเทศไทย โดยแสดงเส้นทางเคลื่อนที่ในภูมิภาคประเทศไทยเพื่อการช้อนพราง และการเคลื่อนที่บนถนน และในภูมิภาคประเทศไทยเพื่อความรวดเร็ว โดยเส้นทางที่ได้มีข้อมูลพิกัดของเส้นทางที่แน่ชัดสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ทันที
- 7.1.4 การเปลี่ยนแปลงระวางของแผนที่ที่ต้องการพิจารณา สามารถกระทำได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีการเก็บข้อมูลระวางแผนที่ไว้ในรูปของฐานข้อมูลแล้ว สามารถเรียกใช้งานได้ทันที
- 7.1.5 สามารถใช้โปรแกรมหาเส้นทางกับเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ปัจจุบัน และสามารถพิมพ์ข้อมูลเป็นรายงาน และ/หรือส่งออก แจกจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยรองในระบบเครือข่ายได้ เนื่องจากการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมดำเนินการบนระบบวินโดวส์ ด้วยโปรแกรมมาตรฐานที่มีใช้งานในหน่วยต่างๆ อย่างแพร่หลาย และมีการใช้ในรูปของ Graphic User Interface (GUI) ทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้ใช้งาน

7.2 ข้อเสนอแนะ

อย่างไรก็ตาม โปรแกรมการหาเส้นทางการเดินทางเคลื่อนที่ในภูมิประเทศของยานพาหนะทางทหารที่พัฒนาขึ้น ยังต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อให้การทำงานเป็นไปด้วยความสมบูรณ์แบบ และเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ ได้แก่

- 7.2.1 เพิ่มข้อจำกัดของยานพาหนะในการใช้งาน และการวิเคราะห์ เช่น การกำหนดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยานพาหนะมี เป็นปัจจัยกำหนดในการหาเส้นทาง
- 7.2.2 เพิ่มความสามารถในการหาเส้นทาง เช่น การกำหนดที่หมายหลายแห่ง และให้โปรแกรมทำการหาเส้นทางไปยังที่หมายที่กำหนด โดยแบ่งเป็นที่หมายหลัก และที่หมายระหว่างทาง
- 7.2.3 เพิ่มขีดความสามารถของโปรแกรมในด้านอื่นๆ ได้แก่
 - สามารถวัดระยะทางบนแผนที่ จากพิกัดหนึ่ง ไปยังอีกพิกัดหนึ่งได้
 - สามารถวัดมุมภาค มุมทิศได้
- 7.2.4 ปรับปรุงการนำข้อมูลเข้า ได้แก่ การเพิ่ม โปรแกรมตกแต่งภาพของแผนที่ที่ Scan เข้ามา โดยใช้คอมพิวเตอร์ และการเพิ่มเติมข้อมูลที่กำหนด เพื่อความรวดเร็วและความถูกต้อง

บรรณานุกรม

- [1] กองภูมิศาสตร์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด. 2539. รายงานภูมิศาสตร์ จังหวัดอุดรธานี. กรุงเทพฯ : กรมแผนที่ทหาร.
- [2] กอบชัย วิเชียรศรี, พ.ต. และคณะ. 2535. “วิวัฒนาการของรถถัง และยานยนต์หุ้มเกราะของทหารราบ”. ภาคนิพนธ์ โรงเรียนเสนาธิการทหารบก ชุดที่ 70.
- [3] กฤษฏา วราทร, พ.ต.และ บุญวัฒน์ อัดชู. 2542. “การหาเส้นทางที่เหมาะสมของยานพาหนะในภูมิประเทศโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์.” ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 6(29) : 45-54.
- [4] ก่อเกียรติ เก่งสกุล และบุญเจริญ ศิริเนาวกุล. 2534. ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานปัญญาประดิษฐ์และระบบผู้เชี่ยวชาญ.
- [5] วีรศักดิ์ วรเจริญ, พ.ต. 2534. “การพิจารณาเลือกยานพาหนะที่ใช้ในเหล่า ม.ประเภทสายพาน เพื่อใช้เป็นยานรบ”. เอกสารวิจัยส่วนบุคคล โรงเรียนเสนาธิการทหารบก ชุดที่ 69.
- [6] บุษบง นุตสถิตย์, พ.ท.(ญ). 2542. “ระบบพัฒนาสัญลักษณ์มาตรฐานทางการทหารสำหรับแผนที่สถานการณ์”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [7] แผนกวิชาการกองวิทยาการ ศูนย์การทหารม้า. 2535. “ข้อมูลเปรียบเทียบ สมรรถนะของรถถังที่ใช้ในประเทศไทย และกลุ่มประเทศในแหลมอินโดจีน”. วิวัฒนาการทหารม้า. 4(30) : 21-25
- [8] แผ่นบริวารรวมปัจจัยภูมิประเทศ 1 : 250,000 ของ จ.อุดรธานี [แผนที่]. 2539. กรุงเทพฯ : กรมแผนที่ทหาร.
- [9] แผ่นแสดงลักษณะภูมิศาสตร์ และธรณีวิทยา [แผนที่]. 2539. กรุงเทพฯ : กองภูมิศาสตร์ กรมแผนที่ทหาร .
- [10] โรงเรียนทหารแผนที่ กรมแผนที่ทหาร. 2532. ลักษณะภูมิประเทศตามธรรมชาติ. กรมแผนที่ทหาร.
- [11] โรงเรียนทหารสรรพาวุธ กรมสรรพาวุธทหารบก. 2535. ยานพาหนะที่ใช้ในทบ.ต่างประเทศ. กรุงเทพฯ : กรมสรรพาวุธทหารบก.
- [12] โรงเรียนทหารสรรพาวุธ กรมสรรพาวุธทหารบก. 2535. ยานพาหนะที่ใช้ในทบ.ไทย. กรุงเทพฯ : กรมสรรพาวุธทหารบก.
- [13] โรงเรียนทหารสรรพาวุธ กรมสรรพาวุธทหารบก. 2535. หลักการยานยนต์. กรุงเทพฯ : กรมสรรพาวุธทหารบก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] วุฒิไกร คล้ายทอง, พ.ศ. 2534. “การพิจารณาเลือกใช้ยานพาหนะเพื่อใช้เป็นยานรบ”. เอกสารวิจัยส่วนบุคคล โรงเรียนเสนาธิการทหารบก ชุดที่ 69.
- [15] Defense Mapping School. 1984. **Procedure Guide For Preparation Of Cross Country Movement (CCM) Overlay**. Virginia : Fort Belvoir.
- [16] Fisher, F. Peter 1990. “A Primer Of Geographic Search Using Artificial Intelligence.” **Computer and Geoscience**. 16(6) : 751-775.
- [17] Headquarters Department Of The Army. 1972. **Military Geographic Intelligence Terrain**. Maryland : US Army AG Publications Center.
- [18] Intergraph Canada Ltd.1997. **Terrain Analysis Technical Workshop**. Quebec : Hull Canada.
- [19] Mark Allen, Weiss. 1994. **Data Structure and Algorithm Analysis**.
- [20] Morris, John.1998. **Heaps**. [Online]. Available :
<http://ciips.ee.uwa.edu.au/~morris/year2/plds210/heaps.html>
- [21] Morris, John.1998. **Operation of Dijkstra Algorithm**. [Online]. Available :
<http://ciips.ee.uwa.edu.au/~morris/year2/plds210/dijop.html>
- [22] Rich, Elaine and Knight ,Kevin.1991. **Artificial Intelligence**. Singapore : Mcgrew - Hill.
- [23] University of Saskatchewan .1998. **Dijkstra Algorithm**. [Online]. Available :
<http://www.cs.usask.ca/resources/tutorials/csconcepts/graphs/tutorial/advanced/dijkstra.html>
- [24] US-Army Corps Of Engineers. 1981. **Terrain Analysis Procedural Guide For Soil**. Virginia : Engineer Topographic Laboratories.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลรายละเอียดของจังหวัดอุดรธานี

1. ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปของจังหวัดอุดรธานี

เป็นที่ราบสูงกว่าระดับทะเลปานกลางประมาณ 180 เมตร พื้นที่ตอนกลางและตอนบนของจังหวัดมีลักษณะลาดเอียงลงสู่แม่น้ำโขงทางจังหวัดหนองคาย ลักษณะพื้นที่โดยทั่วไปประกอบด้วยภูเขาที่สูง ที่ราบลุ่ม และพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 บริเวณคือ

1.1 บริเวณที่สูงทางทิศตะวันตกและทางทิศใต้ของจังหวัด สภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขา บางส่วนเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นถึงลอนลึก มีความสูงเฉลี่ยจากระดับทะเลปานกลางมากกว่า 200 เมตร สภาพภูมิประเทศลักษณะนี้ครอบคลุมพื้นที่ในเขตอำเภอนาหวาง อำเภอน้ำโสม อำเภอหนองวัวซอ อำเภอโนนสะอาด อำเภอศรีธาตุ อำเภอวังสามหมอ และด้านตะวันตกของอำเภอกุดจับและอำเภอบ้านผือ มีเทือกเขาสลับเนินเตี้ย บางส่วนเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นสลับพื้นที่นามีที่ราบลุ่มอยู่บริเวณริมลำน้ำ เช่น ห้วยน้ำโสม ห้วยลำปาว เป็นต้น โดยเฉพาะทิศทางตะวันตก มีเทือกเขาและป่าไม้ติดต่อกันเป็นแนวยาวตามแนวเหนือ - ใต้ คือเทือกเขาภูพานทอดเป็นแนวยาวตั้งแต่เขตเหนือสุดไปจนจดเขตใต้สุดเขตจังหวัด และใช้เป็นแนวแบ่งเขตระหว่างจังหวัดอุดรธานีกับจังหวัดหนองบัวลำภู ตั้งแต่อำเภอบ้านผือ อำเภอกุดจับ และอำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี โดยมีความสูงเฉลี่ยจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 200 - 700 เมตร

1.2 บริเวณพื้นที่ลูกคลื่นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกของจังหวัด สภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้น มีที่ดอนสลับที่นาบางส่วนเป็นเนินเขาเตี้ยๆ มีความสูงเฉลี่ยจากระดับทะเลปานกลางน้อยกว่า 200 เมตร สภาพภูมิประเทศลักษณะนี้ ครอบคลุมพื้นที่บริเวณ อำเภอบ้านผือ อำเภอกุดจับ อำเภอเมือง อำเภอหนองหาน กิ่งอำเภอกู่แก้ว อำเภอกุมภวาปี อำเภอหนองแสง อำเภอไชยวาน อำเภอเพ็ญ กิ่งอำเภอพิบูลย์รักษ์ อำเภอทุ่งฝน อำเภอสร้างคอม และอำเภอบ้านดุง มีที่ราบลุ่มเป็นบริเวณใหญ่ในเขตอำเภอเมืองและอำเภอกุมภวาปี พื้นที่ลูกคลื่นดังกล่าวจะมีพื้นที่สูง ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าสงวนเดิมทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือในเขตอำเภอบ้านดุง นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ราบลุ่มบริเวณลำน้ำต่างๆ เช่น ห้วยน้ำสวย ห้วยหลวง ห้วยไฟจานใหญ่ และแม่น้ำสงคราม เป็นต้น

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดอุตรธานี แบ่งตามลักษณะความสูงต่ำ ได้ 5 ประเภท คือ

- พื้นที่สูงชันมากกว่า 100 เมตรขึ้นไป ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของอำเภอนาขึง อำเภอน้ำโสม อำเภอบ้านฝือ อำเภอหนองวัวซอ อำเภอหนองแสง อำเภอวังสามหมอ และอำเภอศรีธาตุ พื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นภูเขา ซึ่งอยู่ตามแนวคอเขตก้างเคียงกับจังหวัดอุตรธานี จังหวัดเลย หนองบัวลำภู ขอนแก่น กาฬสินธุ์ และสกลนคร
- พื้นที่ราบลอนชัน (ที่ราบเชิงเขา) มีความสูงชันระหว่าง 20-100 เมตรขึ้นไป ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของอำเภอศรีธาตุ อำเภอวังสามหมอ อำเภอหนองแสง และอำเภอบ้านฝือ พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ปลูกพืชไร่และเลี้ยงสัตว์
- พื้นที่เนินสูงๆ ต่ำๆ ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของอำเภอเมือง อำเภอกุฉินชัย อำเภอบ้านฝือ อำเภอหนองหาน อำเภอเพ็ญ อำเภอไชยวาน อำเภอทุ่งฝน อำเภอบ้านดุง กิ่งอำเภอ กู่แก้ว และกิ่งอำเภอพิบูลย์รักษ์ พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ปลูกพืชไร่ เลี้ยงสัตว์ และทำนา
- พื้นที่ราบลุ่ม ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของอำเภอเมือง อำเภอกุมภวาปี อำเภอกุฉินชัย อำเภอบ้านฝือ อำเภอเพ็ญ อำเภอหนองหาน และอำเภอสร้างคอม ส่วนใหญ่จะใช้พื้นที่ในการทำงาน
- พื้นน้ำ ได้แก่ แม่น้ำ ห้วย หนอง และอ่างเก็บน้ำ จังหวัดอุตรธานีมีแม่น้ำเพียง 1 สาย คือ แม่น้ำสงคราม ซึ่งเป็นแนวแบ่งเขตระหว่างจังหวัดอุตรธานีกับจังหวัดสกลนครทางทิศตะวันออก ตลอดแนวของจังหวัด นอกจากนั้นยังมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่อีก 1 แห่งคือ อ่างเก็บน้ำห้วยหลวง

2. ลำน้ำที่สำคัญ

พื้นที่จังหวัดอุตรธานีทั้งหมดอยู่ในเขตลุ่มน้ำใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำโขง ซึ่งลำห้วยหลายสาขาไหลลงมารวมสู่ลุ่มน้ำทั้งสอง สามารถแบ่งแต่ละเขตลุ่มน้ำต่างๆ ได้ดังนี้

2.1 เขตลุ่มน้ำชี (บริเวณต้นห้วยลำปาว) ได้แก่พื้นที่ในเขตอำเภอกุมภวาปี อำเภอหนองแสง อำเภอโนนสะอาด อำเภอศรีธาตุ และอำเภอวังสามหมอ ซึ่งในบริเวณนี้จะมีลำห้วยสาขาของห้วยลำปาวที่สำคัญ คือ ห้วยสามพาด ห้วยน้ำฝ่อง ห่องกองดี ห้วยไพจาน ห้วยลำปาว และห้วยลำพันชาด

2.2 เขตลุ่มน้ำโขง ได้แก่ พื้นที่ในเขต อำเภอเมือง อำเภอหนองวัวซอ อำเภอกุฉินชัย อำเภอน้ำโสม อำเภอนาขึง อำเภอเพ็ญ อำเภอสร้างคอม อำเภอบ้านดุง อำเภอหนองหาน กิ่งอำเภอพิบูลย์รักษ์ กิ่งอำเภอ กู่แก้ว อำเภอไชยวาน และอำเภอทุ่งฝน ซึ่งในบริเวณนี้จะมีลำห้วยที่สำคัญคือ ห้วยหลวง ห้วยน้ำโสม ห้วยน้ำโมง ห้วยน้ำสวย และแม่น้ำสงคราม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เส้นทางคมนาคมที่สำคัญ

จังหวัดอุตรธานีมีทางหลวงแผ่นดินเชื่อมโยงติดต่อกันทั้งภายในจังหวัดและจังหวัดใกล้เคียง นอกจากนั้นยังมีทางหลวงท้องถิ่น เช่น ทางของหน่วยงานสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท (รพช.) ทางของหน่วยงานสำนักงานโยธาธิการเชื่อมติดต่อกันระหว่าง อำเภอกับตำบล และตำบลกับหมู่บ้าน ทำให้เส้นทางคมนาคมสะดวกในทุกพื้นที่ และฤดูกาล

ทางหลวงแผ่นดินที่สำคัญในจังหวัดอุตรธานี มีดังนี้

- ◆ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (มิตรภาพ) เริ่มต้นแยกออกจากทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 (พหลโยธิน) ที่อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี ผ่านจังหวัดสระบุรี นครราชสีมา ขอนแก่น อุตรธานี และสิ้นสุดที่จังหวัดหนองคาย โดยผ่านมาจากอำเภอเขาสวนกวาง จังหวัดขอนแก่นแล้วเข้าเขตจังหวัดอุตรธานีที่อำเภอโนนสะอาด ผ่านอำเภอกุมภวาปี อำเภอเมือง และอำเภอเพ็ญ จังหวัดอุตรธานี ต่อเขตกิ่งอำเภอสระใคร จังหวัดหนองคาย รวมระยะทางที่อยู่ในเขตจังหวัดอุตรธานี ประมาณ 97 กิโลเมตร
- ◆ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 22 เริ่มต้นจากอำเภอเมืองอุตรธานี ผ่านอำเภอหนองหานต่อเขตอำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร รวมระยะทางที่อยู่ในเขตจังหวัดอุตรธานี ประมาณ 66 กิโลเมตร
- ◆ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 210 เริ่มต้นจากอำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ผ่านจังหวัดหนองบัวลำภู และสิ้นสุดที่จังหวัดอุตรธานี โดยผ่านมาจากอำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู แล้วเข้าเขตจังหวัดอุตรธานีที่อำเภอหนองวัวซอ สิ้นสุดที่อำเภอเมือง จังหวัดอุตรธานี รวมระยะทางที่อยู่ในเขตจังหวัดอุตรธานี ประมาณ 27 กิโลเมตร

นอกจากนี้แล้วยังมีทางหลวงแผ่นดินอีก 30 สาย ซึ่งเป็นเส้นทางติดต่อกันระหว่างอำเภอกับอำเภอภายในจังหวัดทำให้สามารถเดินทางติดต่อกันได้อย่างสะดวกทุกพื้นที่ในจังหวัด

4. ลักษณะของแผ่นดิน

ลักษณะธรณีลักษณะและวัตถุดิบกำเนิดดินในจังหวัดอุตรธานี สามารถแบ่งได้ดังนี้

4.1 บริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและที่ราบลุ่มระหว่างหุบเขา (Flood Plain and Valleyflat) บริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงเกิดเป็นแนวแคบๆ ตามสันดินริมฝั่งลำห้วยต่างๆ และบริเวณที่ราบใกล้เคียงบางแห่งพบตามบริเวณใกล้ๆ กับหนองน้ำ หนองน้ำเหล่านี้อาจเป็นร่องน้ำหรือบึงไค้เก่าที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนทิศทางของลำน้ำ หรืออาจเป็นผลจากการยุบตัวของแผ่นดิน สำหรับที่ราบลุ่มระหว่างหุบเขาเกิดเป็นแอ่งที่ต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ ซึ่งน้ำจะไหลลงสู่ลำน้ำที่ต่ำกว่าเสมอ เมื่อฝนตกน้ำจะไหลลงสู่ลำน้ำที่ต่ำกว่าเสมอ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราบพื้นเล็ก ๆ ตอนส่วนล่างของหุบเขาบริเวณดังกล่าวทั้งหมดนี้ พื้นที่มีลักษณะราบเรียบ ดินเกิดจาก ตะกอนลำน้ำใหม่และค่อนข้างใหม่มีเนื้อละเอียด มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง เป็นดินลึก เนื้อดินมี ตั้งแต่ดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนแป้งถึงดินเหนียว การระบายน้ำปาน กลางถึงเลว ความสามารถในการอุ้มน้ำปานกลางถึงสูง การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ใช้ทำนา ในที่ ราบลุ่มริมน้ำและปลูกไม้ผลและพืชไร่บนสันดินริมน้ำ ได้แก่ พื้นที่บริเวณ อำเภอเมืองอุตรธานี อำเภอกุมภวาปี ตอนกลางของอำเภอบ้านฝาง และตอนกลางของอำเภอหนองวัวซอ

4.2 บริเวณพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (Terrace and low Terrace) เป็นพื้นที่ที่อยู่สูงขึ้นมาจาก บริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง เกิดจากตะกอนลำน้ำเก่าที่ถูกชะล้างและพัดพามาทับถมเป็นเวลานานมาแล้ว ดินส่วนใหญ่ยังคงเป็นดินนา มีหลายลักษณะด้วยกัน ที่ดินบริเวณต่ำสุดของพื้นที่นี้มีลักษณะเป็นดินลึกริมน้ำชื้นผ่านได้ช้า เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย หรือร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวในดินล่าง ความ อุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ ปฏิกริยาของดินเป็นกรด มีความเหมาะสมปานกลางถึงต่ำ ดินอีก ลักษณะหนึ่งเป็นดินเค็มในฤดูแล้งจะพบคราบเกลือตามผิวหน้าดิน เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดิน เหนียวปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงต่ำมาก เหมาะสมเล็กน้อยในการทำนา บางบริเวณมีความเค็ม จัดถูกปล่อยทิ้งรกร้างไว้ไม่สามารถทำการเกษตรใดๆ ได้ นอกจากนี้ยังพบดินค่อนข้างเป็นทราย น้ำซึม ผ่านได้เร็ว ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำถึงต่ำมาก เนื้อดินเป็นดินทรายทำให้เก็บความชุ่มชื้นได้ไม่ดีเท่า ที่ควร ได้แก่ พื้นที่บริเวณอำเภอหนองหาน อำเภอบ้านดุง อำเภอกุสุมาลย์ อำเภอทุ่งฝน อำเภอสร้างคอม อำเภอเพ็ญ กิ่งอำเภอพิบูลย์รักษ์ กิ่งอำเภอภูแก้ว อำเภอไชยวาน และทางใต้ของอำเภอบ้านฝาง

4.3 บริเวณพื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน (Middle Terrace and High Terrace) เป็นบริเวณที่อยู่สูงถัด จากพื้นที่บริเวณลูกคลื่นลอนลาด สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นลูกคลื่นลอนลาดสลับลาดชัน มีลักษณะเนื้อ ดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียวปนทราย การระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงต่ำ มี ความเหมาะสมปานกลางในการปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพด แต่ไม่เหมาะสมในการ ทำนา บางบริเวณที่สภาพพื้นที่เป็นป่าแดงหรือป่าเต็งรัง หรือป่าหยาบบางพื้นที่เริ่มมีปัญหาเกี่ยวกับการ กัดกร่อนหน้าดิน การปลูกพืชจะอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ได้แก่ พื้นที่บริเวณอำเภอวังสามหมอ อำเภอหนองแสง อำเภอศรีธาตุ และอำเภอโนนสะอาด

4.4 พื้นที่ที่เป็นเนินเขาและภูเขา หรือพื้นที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน (Hill and Mountain Area) สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่สูงและเทือกเขา เนื่องจากเป็นที่สูงจึงมีร่องรอยการกัดกร่อนหน้าดิน อยู่ทั่วไป บางแห่งมีดินทรายและหินปูนปะปนอยู่มาก ลักษณะดินมีทั้งเนื้อละเอียด และเนื้อหยาบ ส่วน ใหญ่จะเป็นหินดินดาน หินแกรนิต หินทราย นอกจากนั้นมีหินแอนดีไซต์ปะปนด้วย ส่วนที่เป็นที่ลาด ชันเชิงชันซึ่ง ได้แก่ พื้นที่ที่เป็นภูเขาและที่สูงชัน มีหินโคลงอยู่ทั่วไปเป็นดินดินไม่เหมาะสมต่อการ เกษตรกรรม ได้แก่ พื้นที่บริเวณอำเภอนายูง อำเภอน้ำโสม ทางเหนือของอำเภอวังสามหมอ ทางเหนือ

ของอำเภอศรีธาตุ ทางตะวันออกและตะวันตกของอำเภอหนองวัวซอ ทางตะวันออกเฉียงเหนือของ
อำเภอบ้านฝาง และทางตะวันตกของอำเภอหนองแสง

5. พืชชาติ และสภาพการใช้พื้นที่

พืชพันธุ์ในพื้นที่จังหวัดอุดรธานีส่วนใหญ่ประกอบด้วยนาข้าว ป่า พืชไร่ พื้นที่นาข้าว จะอยู่
บริเวณตอนบน ตอนกลาง และค่อนข้างไปทางใต้ของจังหวัด พืชไร่ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณทางใต้ ทางตะวันออก
ออกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัด ส่วนป่าจะเป็นป่าเบญจพรรณ และป่าโปร่งอยู่ทางทิศ
ตะวันออกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันตกของจังหวัด

5.1 ป่าไม้ สภาพป่าโดยทั่วไปของจังหวัดอุดรธานี เป็นป่าโปร่ง ไม้เบญจพรรณ มีพันธุ์ไม้
หลายชนิดส่วนใหญ่จะเป็นป่าสงวนแห่งชาติ จำนวน 21 ป่า รวมพื้นที่ประมาณ 3,120,266 ไร่ คิดเป็น
ร้อยละ 42.5 ของพื้นที่จังหวัดทั้งหมด แต่สภาพป่าถูกทำลายจนเหลือพื้นที่ที่เป็นป่าไม้จริงเพียง
1,175,625 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 16.04 ของพื้นที่จังหวัด บริเวณที่มีพื้นที่ป่า ไม้มาก ได้แก่ อำเภอนาหว้า อำเภอ
น้ำโสม อำเภอวังสามหมอ อำเภอศรีธาตุ อำเภอไชยวาน กิ่งอำเภอพิบูลย์รักษ์ อำเภอหนองแสง อำเภอ
โนนสะอาด อำเภอหนองวัวซอ อำเภอบ้านฝาง และอำเภอกุมภวาปี

5.2 พื้นที่พืชยืนต้นและไม้ผล จังหวัดอุดรธานีปี 2537 มีพื้นที่ใช้ประโยชน์ทางการกสิกรรม
ประมาณ 3,695,829 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 50.41 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด เป็นพื้นที่พืชยืนต้นและไม้ผล
เพียง 127,205 ไร่ หรือร้อยละ 3.44 ของพื้นที่กสิกรรมทั้งหมด ทั้งนี้เพราะเกษตรกรในจังหวัดอุดรธานี
ไม่นิยมปลูกพืชยืนต้น และไม้ผลเป็นพืชเศรษฐกิจ ซึ่งอาจเป็นเพราะสภาพดิน และสภาพภูมิอากาศไม่
เอื้ออำนวยต่อไม้เหล่านั้น เกษตรกรจึงนิยมปลูกพืชเศรษฐกิจด้านอื่นแทน เช่น ปลูกข้าวเจ้า ข้าวเหนียว
และพืชไร่สำหรับพื้นที่เป็นแหล่งปลูกพืชยืนต้นและไม้ผลมาก 5 อันดับแรก คือ อำเภอบ้านฝาง 21,744
ไร่ อำเภอเมือง 16,551 ไร่ อำเภอนาหว้า 16,384 ไร่ อำเภอบ้านดุง 11,537 ไร่ และอำเภอศรีธาตุ 10,550 ไร่

5.3 พื้นที่ไร่ พื้นที่ปลูกพืชไร่ในจังหวัดอุดรธานี มีประมาณ 1,322,101 ไร่ หรือประมาณร้อย
ละ 35.77 ของพื้นที่กสิกรรมทั้งจังหวัด ประชากรนิยมปลูกพืชไร่เศรษฐกิจ ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง
ข้าวโพด พื้นที่ไร่ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณ อำเภอกุมภวาปี อำเภอบ้านฝาง อำเภอน้ำโสม อำเภอนาหว้า อำเภอ
วังสามหมอ อำเภอศรีธาตุ และอำเภอโนนสะอาด

5.4 พื้นที่นา จังหวัดอุดรธานี มีการเพาะปลูกข้าวทุกอำเภอ ส่วนใหญ่ร้อยละ 70 จะปลูกข้าว
เหนียวและทำการเพาะปลูกได้เพียงครั้งเดียว มีพื้นที่ปลูกทั้งหมดประมาณ 2,219,070 ไร่ คิดเป็นร้อยละ
60.04 ของพื้นที่ทำการกสิกรรมทั้งหมด บริเวณที่มีพื้นที่นามาก ได้แก่ อำเภอเพ็ญ อำเภอบ้านฝาง อำเภอ
เมืองอำเภอกุมภวาปี อำเภอหนองหาน และอำเภอบ้านดุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ป่าหญ้า ป่าไผ่ และไร่ร้าง พื้นที่จังหวัดอุดรธานี มีป่าหญ้าเป็นจำนวนน้อยส่วนใหญ่จะอยู่ตามที่ราบลุ่มตอนกลางจังหวัด และเนินเขาทางตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัด
ป่าไผ่ มีอยู่ทั่วไปตามภูเขา เนินเขา และตามบริเวณริมฝั่งลำน้ำในพื้นที่ของจังหวัด
ไร่ร้าง เนื่องจากจังหวัดอุดรธานีมีการบุกรุกทำลายป่าในพื้นที่ป่าสงวนอย่างมายนั้น ไร่ร้างจึงมักจะพบในบริเวณพื้นที่ป่าสงวนทั่วไป

5.6 พื้นที่นาเกลือ ส่วนใหญ่อยู่บริเวณ อำเภอบ้านดุง เนื่องจากสภาพดินเป็นดินเค็มเหมาะแก่การประกอบอุตสาหกรรมทำเกลือสินเธาว์

6. วัสดุพื้นผิว

6.1 ลักษณะทางธรณีวิทยาของจังหวัดอุดรธานี พื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินชุดโคราช (Khorat Group) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างปลายยุคไตรแอสสิก (Triassic) จนถึงยุคครีเตเชียส (Cretaceous) หรือระหว่าง 135 - 225 ล้านปีมาแล้ว หินชุดนี้แบ่งออกเป็นหน่วย (Formation) ต่างๆ โดยเรียงลำดับจากหินที่มีอายุน้อยไปหา มาก ได้ดังนี้

- หินหน่วยหินเกลือและหินหน่วยโคกกรวด (Salt and Khok Kruat Formation) หินหน่วยเกลือ ซึ่งอยู่ชั้นบนสุดของหินโคราชประกอบด้วย หินทราย หินดินดาน หินทรายแป้ง และหินปูนก้อนเล็กๆ ในระหว่างพื้นที่ของหินหน่วยหินเกลือ และหินหน่วยโคกกรวด ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดมีพื้นที่เล็กๆ ของตะกอนลำน้ำและกรวด (Alluvium, Eluvium, Valley Fill and River Gravels) ซึ่งเกิดในยุคปัจจุบัน (Recent) และยุคควอเตอร์นารี (Quaternary) มีอายุ 2 - 3 ล้านปี ปะปนอยู่ด้วย แถบอำเภอกุมภวาปี
- หินหน่วยภูพาน และหินหน่วยพระวิหาร (Phu Phan and Phra Wihan Formation) หินหน่วยภูพานเป็นชุดที่อยู่ลึกถัดลงไปจากหินโคกกรวด ประกอบด้วย หินทรายเม็ดละเอียดและหินกรวดมนสีเทาปนเหลืองถึงสีชมพูปนเทา ได้ชั้นหินหน่วยภูพานเป็นหินหน่วยพระวิหาร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินทรายเม็ดละเอียดสีขาว นอกจากนั้นมีหินดินดานปนไมก้าสีน้ำตาลปนแดงเข้ม และหินทรายแป้งปนไมก้าสีแดงปนเทาอยู่บ้างเล็กน้อย หินหน่วยนี้มีลักษณะพิเศษจากหินหน่วยอื่น เนื่องจากเป็นหินที่คงทนต่อการสึกกร่อนได้ดี

- หินหน่วยภูกระดึง (Phu Kradung Formation) เป็นหินหน่วยที่อยู่ล่างสุดของหินชุดโคราช ประกอบด้วยหินดินดานปนไมก้าสีน้ำตาลเข้ม สีน้ำตาลปนเทา และสีแดงเป็นส่วนใหญ่ มีหินทรายแข็ง หินทรายปนไมก้า และหินกรวดมนปะปนอยู่บ้าง

6.2 ลักษณะของดิน ที่จังหวัดอุดรธานีสามารถแบ่งกลุ่มดินตามประเภทของ Great Soil Group ได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1) กลุ่มดินไร่ มีพื้นที่กระจายอยู่ทุกอำเภอ กลุ่มดินไร่ของจังหวัดสามารถแบ่งออกตามคุณสมบัติของดินได้ดังนี้

- กลุ่มดินไร่ทั่วไป มีพื้นที่มากกว่าครึ่งหนึ่งของดินไร่ทั้งหมด และครอบคลุมพื้นที่มากกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด ดินไร่กลุ่มนี้อยู่ในพื้นที่บริเวณอำเภอเพ็ญ อำเภอบ้านดุง อำเภอทุ่งฝน อำเภอหนองหาน อำเภอไชยวาน อำเภอวังสามภูมิ อำเภอโนนสะอาด อำเภอกุมภวาปี อำเภอเมือง อำเภอกุดจับ อำเภอหนองวัวซอ และอำเภอน้ำโสม
- กลุ่มดินไร่ดั้น มีพื้นที่ประมาณร้อยละ 20 ของพื้นที่จังหวัดกระจายอยู่ในทุกอำเภอ
- กลุ่มดินไร่ดี มีพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของพื้นที่จังหวัด บริเวณดินไร่ดีทั้งหมด อยู่ในพื้นที่อำเภอน้ำโสม
- กลุ่มดินไร่ทราย มีพื้นที่ประมาณร้อยละ 5 ของพื้นที่จังหวัดอยู่ในบริเวณอำเภอกุดจับ อำเภอเมือง อำเภอหนองหาน และอำเภอโนนสะอาด

2) กลุ่มดินนา มีพื้นที่กระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ของจังหวัด กลุ่มดินนาสามารถแยกออกตามคุณสมบัติของดินได้ ดังนี้

- กลุ่มดินนาทั่วไป มีพื้นที่ประมาณร้อยละ 15 ของพื้นที่ทั้งจังหวัดกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่จังหวัด
- กลุ่มดินนาดี มีพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด กลุ่มดินนาดีทั้งหมดอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำต่างๆ ในจังหวัด
- กลุ่มดินน่าน้ำเค็ม มีปริมาณเล็กน้อยอยู่ในบริเวณอำเภอเพ็ญ อำเภอหนองหาน อำเภอกุดจับ อำเภอบ้านผือ และอำเภอบ้านดุง

3) กลุ่มดินคละ ส่วนมากจะอยู่บริเวณทางทิศใต้ของจังหวัดแยกเป็นกลุ่มดินย่อยได้กลุ่มเดียว คือ กลุ่มดินไร่ทั่วไปคละกับดินนาทั่วไป ครอบคลุมอำเภอกุมภวาปี อำเภอศรีธาตุ อำเภอโนนสะอาด และบางส่วนของอำเภอบ้านผือ

4) พื้นที่ภูเขาและที่ราบสูง จังหวัดอุดรธานี มีพื้นที่ภูเขาและที่ราบสูง อยู่ทางทิศตะวันตก และบริเวณทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัด ได้แก่พื้นที่ของอำเภอน้ำโสม อำเภอนายูง อำเภอหนองวัวซอ อำเภอกุดจับ อำเภอบ้านฝาง อำเภอกุมภวาปี และอำเภอวังสามหมอ

6.3 ลักษณะดินทางกิจการทหาร ดินในทัศนะทางกิจการทหารใช้ระบบรวมการ (The Unified Solid Classification System : USCS.) โดยศึกษาชนิดดิน (Soil Types) รูปร่างและขนาดของเม็ดดิน (Particle Size) และกำลังความสามารถในการรับน้ำหนักของดินในแต่ละระดับความลึกของดิน (Rating Cone Index) หรือ RCI เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่า Vehicle Cone Index (VCI) ของยานพาหนะทางทหาร ที่มีตามอัตราของแต่ละหน่วย ว่าดินแต่ละชนิดที่ได้ทำการวิเคราะห์แล้วเหมาะสมกับยานพาหนะของทหารขนาดใด ในการวิเคราะห์ดินทางกิจการทหารนี้ใช้ระบบรวมการ (USCS.) และสำรวจภาคสนาม เล่มนี้ถูกจำกัดเฉพาะฤดูแล้งเท่านั้น ดังนั้นค่า RCI จึงเป็นค่าในฤดูแล้ง (Dry Season) ขนาดข้อมูล RCI ในฤดูฝน

จากการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างดินในระบบ USDA. (U.S. Department of Agriculture) กับระบบ USCS. (The Unified Soil Classification System) และสำรวจดินภาคสนาม สามารถจำแนกชนิดดินในระบบรวมการได้เป็น 5 ชนิดใหญ่ๆ สำหรับชนิดของดินของจังหวัดอุดรธานี มีดังนี้

ML = ดินตะกอนอินทรีย์วัตถุและทรายละเอียดมาก ปนหินดินตะกอน หรือทรายละเอียดปนดินเหนียว

CL = ดินเหนียวอินทรีย์วัตถุ ซึ่งมีลักษณะเหนียวน้อยถึงปานกลาง ดินเหนียวปนกรวด ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนดินตะกอนค่อนข้างไปทางดินเหนียว

CH = ดินเหนียวอินทรีย์วัตถุ ซึ่งมีลักษณะเหนียวมาก ดินเหนียวสมบูรณ์ (มีน้ำมาก)

SM = ทรายผสมดินตะกอน เป็นส่วนผสมของทรายและดินตะกอน

SC = ทรายผสมดินเหนียว เป็นส่วนผสมของทรายและดินเหนียว

ตารางที่ ก.1 แสดงชนิด/ประเภท/การรับน้ำหนักจราจร/รหัสของดินในฤดูแล้ง และดินอยู่ในสภาวะแห้ง

| ลำดับ | ชนิด | ประเภท | การรับน้ำหนักจราจร | | รหัส |
|-------|--|--------------|--------------------|----------|------|
| | | | 1 เทียว | 50 เทียว | |
| 1 | ดินเหนียวมาก | เนื้อละเอียด | 249 | 255 | CH |
| 2 | ดินเหนียวปานกลาง | เนื้อละเอียด | 136 | 219 | CL |
| 3 | ดินตะกอนอนินทรีย์วัตถุ และ ดินทรายละเอียดมาก (ทรายแป้ง) | เนื้อละเอียด | 135 | 218 | ML |
| 4 | ดินทรายผสมดินตะกอน (ทรายแป้ง) | เนื้อหยาบ | 152 | - | SM |
| 5 | ทรายผสมดินเหนียว | เนื้อหยาบ | 210 | - | SC |

หมายเหตุ : RCI (Rating Cone Index) คือ การจัดลำดับค่าดัชนีรูปกรวย หรือค่าความสามารถในการรับน้ำหนักของดินต่อยานพาหนะ

บันทึก : การนำค่า RCI ไปใช้ประโยชน์

- ค่า RCI ตามตารางได้วิเคราะห์ไว้สำหรับยานพาหนะล้อที่มีน้ำหนักน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 ตัน และยานพาหนะสายพานที่มีน้ำหนักน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 ตันเท่านั้น
- สำหรับดินเนื้อละเอียด ยานพาหนะวิ่งผ่าน ให้ใช้ค่า VCI (Vehicle Cone Index) ของยานพาหนะที่ใช้นั้นๆ ไปเทียบค่า RCI ในช่วง 1 เทียว แต่ถ้าต้องใช้ยานพาหนะวิ่งผ่านทับรอยเดิม 50 เทียว ไปเทียบกับค่า VCI_{50} ของยานพาหนะนั้นๆ
- สำหรับดินหยาบ ยานพาหนะที่ต้องวิ่งผ่าน 1 เทียวหรือ 50 เทียว ให้ใช้ค่า RCI ในช่วง 1 เทียว เท่านั้น ไปเทียบค่า VCI_1 ของยานพาหนะที่ใช้คำนวณกลยุทธ์
- การเทียบค่า ถ้าค่า VCI ของดินชนิดนั้นๆ มีค่ามากหรือเท่ากับค่า VCI ของยานพาหนะที่ใช้ ยานพาหนะนั้นสามารถวิ่งผ่านได้
- ค่า RCI ได้จากการคำนวณโดยใช้เครื่องมือ Soil Trafficability Test Set

7. สิ่งกีดขวางและสิ่งก้ำบัง

สิ่งกีดขวางและสิ่งก้ำบังตามธรรมชาติที่สำคัญทางทหาร ควรแก่การนำมาพิจารณาในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี แบ่งได้ดังนี้

7.1 ถิ่นธรรมชาติ ที่เป็นอุปสรรคในการปฏิบัติการทางทหารคงได้กล่าวมาแล้วว่า จังหวัดอุดรธานี มีเขตลุ่มน้ำที่สำคัญ 2 เขต คือ เขตลุ่มน้ำโขง ถิ่นน้ำที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำสงคราม ห้วยหลวง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้วยน้ำสวย ห้วยน้ำโมง และน้ำโสม กับเขตลุ่มน้ำชี ลำน้ำที่สำคัญได้แก่ ห้วยลำปาว ห้วยลำพันชาด ห้วยไพจานใหญ่ ห้วยสามพาด ห้วยน้ำซ้อย และห้วยกองสี ซึ่งลำน้ำเหล่านี้จะเป็นอุปสรรคในการปฏิบัติการทางทหารทั้งการรุกและการตั้งรับต่อทั้งฝ่ายราและฝ่ายตรงข้าม

7.2 ภูเขา เนินเขา และที่ราบลอนชัน ได้แก่ บริเวณพื้นที่ทางตะวันออกเฉียงใต้ ทางใต้ ทางตะวันตก และตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัด โดยเฉพาะทางตะวันตก และตะวันตกเฉียงเหนือ จะมีแนวเทือกเขาภูพานกันเป็นแนวแบ่งเขตการปกครองระหว่างจังหวัดอุดรธานีกับจังหวัดหนองบัวลำภู ตลอดแนวเหนือ - ใต้ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ด้วยยานพาหนะ และอาวุธหนัก จำกัดต่อเส้นทางเคลื่อนที่ การติดต่อสื่อสาร ขณะเดียวกันก็เป็นผลดีต่อการตรวจการณ์ และเป็นตำบลชุมเส้นทางเคลื่อนที่ได้

7.3 บริเวณป่าที่ขพันธุ์ไม้ต่างๆ เช่น ป่าโปร่ง ป่าไม้เขียวตลอดปี ป่าแคระ ป่าละเมาะ เป็นต้น ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการตรวจการณ์และการเคลื่อนที่นอกเส้นทาง แต่จะเอื้อประโยชน์ต่อการกำบังและซ่อนพรางทั้งทางภาคพื้นดิน และทางอากาศ



ภาคผนวก ข
บทความวิจัย

การหาเส้นทางที่เหมาะสมของยานพาหนะในภูมิประเทศ
โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์

**Find The Best Route for Military Wheels and Track Vehicles In
Terrain By Using AI.**

โดย พ.ต. กฤษณา วราทร และ รศ. ดร. บุญวัฒน์ อัครชู

จาก สาร NECTEC ปีที่ 6 ฉบับที่ 29 กรกฎาคม - สิงหาคม 2542 หน้า 45 - 54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาเส้นทางที่เหมาะสมของยานพาหนะในภูมิประเทศ โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์

Find The Best Route for Military Wheels and Track Vehicles In Terrain By Using AI.

กฤษฎา วราทร **

บุญวัฒน์ อัครชู *

ผลงานวิจัยนี้แสดงถึงวิธีการในการหาเส้นทางที่เหมาะสมของยานพาหนะทางทหารในภูมิประเทศทั้งยานยนต์ล้อและยานยนต์สายพาน โดยใช้ตัวแปรในแต่ละพื้นที่คำนวณโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หามูลค่าของแต่ละพื้นที่และใช้แขนงความรู้ทางปัญญาประดิษฐ์ เลือกเส้นทางที่เหมาะสมในภูมิประเทศและบนถนน โดยการเปรียบเทียบมูลค่า และเวลาที่ใช้ในการเดินทางช่วยในการตัดสินใจ จากผลการทดลองพบว่าโปรแกรมสามารถแสดงเส้นทางที่เหมาะสม และแสดงเวลาที่ใช้ในการเดินทางถึงจุดหมายปลายทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

THIS RESEARCH , GENERAL PURPOSE TO CALCULATE THE BEST ROUTE IN TERRAIN FOR MILITARY WHEELS AND TRACK VEHICLES. BY USING VALUABLES IN EACH ZONE CALCULATED COST OF ANY AREA BY COMPUTER THEN USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHM TO SELECT THE BEST ROUTE BY COMPARING COST AND TIME TO HELP THE DECISION. FROM THE EXAMINATION THE PROGRAM CAN EFFICIENCY DISPLAY THE BEST ROUTE AND TIME FROM START TO ENDING POINT.

1 บทนำ

ในการวางแผนการรบ การวางแผนการเคลื่อนย้ายกำลังทหาร โดยใช้ยานพาหนะจากที่หมายหนึ่งไปยังอีกที่หมายหนึ่งโดยใช้เวลาน้อยที่สุดเป็นสิ่งสำคัญยิ่งต่อฝ่ายเราในการที่จะสามารถเอาชนะฝ่ายตรงข้ามได้ในปัจจุบันนี้กรรมวิธีการหาเส้นทางในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะในภูมิประเทศที่ใช้อยู่คือ การใช้แผนที่แสดงคุณสมบัติอย่างหนึ่งของพื้นที่ เช่น ความชันอยู่ในแผ่นหนึ่งความสามารถ

* รองศาสตราจารย์ ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

** นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

ในการรับน้ำหนักของดินอยู่ในอีกแผ่นหนึ่ง ฯลฯ และทำการคำนวณ โดยนำแผนที่ที่แสดงคุณสมบัติแต่ละอย่างมาทับทับให้อยู่ในพิกัดเดียวกัน ทำการคำนวณโดยใช้คนและเครื่องคำนวณ มีข้อเสียคือ ทำให้เกิดความล่าช้าและความผิดพลาดได้ง่าย บทความนี้เป็นการนำเสนอ วิธีการในการแก้ไขข้อเสียโดยนำเอาคอมพิวเตอร์มาคำนวณแทนคน ทำให้ได้ความรวดเร็วและความถูกต้องสูงขึ้น

2. ปัจจัยการหาเส้นทางของยานพาหนะทางทหาร

การหาเส้นทางของยานพาหนะทางทหาร จำเป็นต้องมีปัจจัยที่นำมาพิจารณาประกอบด้วยกัน ดังนี้ คุณสมบัติของยานพาหนะ ค่าความลาดชันของ

ภูมิประเทศ ค่าสัมประสิทธิ์ของพืชพันธุ์ไม้ที่ขึ้นปกคลุมดิน ค่าสัมประสิทธิ์ของดิน ความสามารถในการรับน้ำหน้ากคของดิน รวมทั้งมีปัจจัยย่อยที่นำมาพิจารณา เช่น เปอร์เซ็นต์การปิดบังท้องฟ้าของพืชพันธุ์ไม้จากการตรวจการณ์ทางอากาศ ลักษณะของวัสดุผิวพื้นท้องน้ำ แต่ในที่นี้มิได้นำมาพิจารณาว่าเนื่องจากไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของยานพาหนะมากนัก จากนั้นจึงนำปัจจัยทั้งหมดมาคำนวณหาความเร็วของยานพาหนะ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) โดยใช้สมการ

$$\text{ความเร็ว} = f(r_1, r_2, r_3, r_4, r_5) \dots\dots\dots (1)$$

โดยมีรายละเอียดของแต่ละค่าดังนี้

2.1 ค่าความเร็วต่อความชัน (r_1)

ค่าความเร็วต่อความชัน คือ ค่าคงที่ค่าหนึ่งที่สามารถคำนวณได้ จากการเปรียบเทียบความสามารถในการไต่ลาดของยานพาหนะในภูมิประเทศ กับ ค่าความลาดเฉลี่ยของภูมิประเทศ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$r_1 = (i - j) / (k/l) \dots\dots\dots (2)$$

โดยที่ i = ความสามารถในการไต่ลาดของยาน

พาหนะในภูมิประเทศ

j = ค่าความลาดเฉลี่ย

k = ความสามารถในการไต่ลาดของยาน

พาหนะบนถนน

l = ความเร็วสูงสุดบนถนน

โดยที่ค่า j คำนวณได้จาก

$$(\text{ค่าอาการลาดสูงสุด} + \text{ค่าอาการลาดต่ำสุด}) / 2 \dots (3)$$

ซึ่งค่าอาการลาดสูงสุด และค่าอาการลาดต่ำสุดนั้นขึ้นอยู่กับพื้นผิว โดยได้มีการสำรวจ และกำหนดเป็นรหัสต่างๆ ของแผนที่ ตัวแสดงค่าในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงอาการลาดของผิวพื้น [4]

| รหัสแผนที่ | อาการลาด |
|------------|----------|
| A | 0-3 % |
| B | 3-10 % |
| C | 10-20 % |
| D | 20-30 % |
| E | 30-45 % |
| F | >45% |
| G | 0-45% |
| W | - |

ส่วนค่าพารามิเตอร์ i , k และ l ในสมการที่ (2) นั้นหาได้จาก คุณสมบัติของยานพาหนะที่กำหนดให้ เช่น

รถถัง M60 มีความเร็วสูงสุดบนถนน 48 กม./ชม. ความสามารถในการไต่ลาดบนถนน = 60 % ความสามารถในการไต่ลาดในภูมิประเทศ = 45 % ความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน กรณีรถถังเคลื่อนที่ผ่าน 1 เที้ยว (VCI_1) = 20 ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินกรณีรถถังเคลื่อนที่ผ่าน 50 เที้ยว (VCI_{50}) = 48 ข้ำมคูหรือเครื่องกีดขวางได้กว้าง 2.59 เมตร

รถสายพาน M113 มีความเร็วสูงสุดบนถนน 48 กม./ชม. ความสามารถในการไต่ลาดบนถนน = 60% ความสามารถในการไต่ลาดในภูมิประเทศ = 45 % ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินกรณีรถถังเคลื่อนที่ผ่าน 1 เที้ยว (VCI_1) = 25 ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินกรณีรถถังเคลื่อนที่ผ่าน 50 เที้ยว (VCI_{50}) = 40 ข้ำมคูหรือเครื่องกีดขวางได้กว้าง 1.68 เมตร

รถยนต์บรรทุก 2 คันครึ่ง. M35 มีความเร็วสูงสุดบนถนน 56 กม./ชม. ความสามารถในการไต่ลาดบนถนน = 64 % ความสามารถในการไต่ลาดในภูมิประเทศ = 30 % ความสามารถในการรับน้ำหนักของคานรถเคลื่อนที่ผ่าน 1 เที้ยว (VCI_1) = 26 ความสามารถในการรับน้ำหนักของคานรถเคลื่อนที่ผ่าน 50 เที้ยว (VCI_{50}) = 59 ข้ำมคูหรือเครื่องกีดขวางได้กว้าง 0.55 เมตร

ตัวอย่างที่ 1

รถถึง M60. มี $i = 45\%$, $j = 15\%$, $k = 60\%$, $l = 48$ กม./ชม.

$$\text{แทนค่า } f_1 = (45-15) / (60/48) \\ = (45-15) / (1.25)$$

$$f_1 = 24 \text{ (เป็นค่าคงที่ไม่มีหน่วย)}$$

2.2 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของความชัน (f_2)

เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่ค่าความชันมีการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าบวก (มากกว่า 45 องศา) หรือค่าลบ (น้อยกว่า 45 องศา) ภายในระยะทางในภูมิประเทศ 1 กิโลเมตร โดยกำหนดให้มีค่าคงที่ที่ได้จากการทดลอง ตามรหัสแผนที่ในตารางที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

จากตารางที่ 1 แสดงอาการลาดของผิวพื้น
รหัสแผนที่

- A ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของความชัน = 1
- B ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของความชัน = 0.99
- C ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของความชัน = 0.98
- D ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของความชัน = 0.97
- E ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของความชัน = 0.96

เนื่องจากค่าที่กำหนดให้ไม่มีผลมากนักต่อการคำนวณดังนั้นในสมการนี้จึงกำหนดให้

$$f_2 = 1 \text{ (4)}$$

2.3 พืชพันธุ์ไม้ที่ปกคลุม (f_3)

มีค่าขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นที่ (Vr) ตามตารางที่ 1.2 ดังนั้น กำหนดให้

$$f_3 = Vr \text{ (5)}$$

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นผิว[4]

| รหัสพืชพันธุ์ไม้ | | Vr |
|------------------|-----------------------------|-----|
| A1 | เกษตรกรรม (พืชไร่) | 0.8 |
| B1 | ป่าละเมาะสูงน้อยกว่า 5 เมตร | 0.6 |
| C | ป่าสน, ป่าใบเขียว | 0.2 |
| D | ป่าผลัดใบ | 0.3 |
| E | ป่าผสม | 0.2 |
| F | สวนผลไม้ | 0.3 |
| G | ป่าหญ้า, ทุ่งหญ้า | 0.9 |
| H | ป่าถูกทำลาย | 0.9 |
| I | ที่หล่ม | 0.7 |
| J | ที่ลุ่ม | 0.2 |
| L | ไร่ร่อน | 0.4 |
| M | คันไผ่ | 0.5 |
| N | ที่ว่าง | 0.9 |
| W | พื้นน้ำเปิด | 0 |
| X | พื้นที่ก่อสร้างหนาแน่น | 0.3 |

2.4 สัมประสิทธิ์ความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน (f_4)

สัมประสิทธิ์ ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินมี 2 ชนิด คือ ของพื้นดินแข็ง และของพื้นดินเปื่อยโดยค่าของพื้นดินแข็ง เป็นการคำนวณความสามารถในการรับน้ำหนักของดินในฤดูกาลอื่นๆ ที่มีไช่ฤดูฝน และค่าพื้นดินเปื่อยเป็นการคำนวณในฤดูฝน โดยสามารถคำนวณได้จาก

$$f_d \text{ ของพื้นที่แห้ง} = (RCI_D - VCI_1) / (VCI_{50} - VCI_1) \dots\dots\dots (6)$$

$$f_d \text{ ของพื้นที่เปียก} = (RCI_W - VCI_1) / (VCI_{50} - VCI_1) \dots\dots\dots (7)$$

โดยที่

VCI_1 = ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่าน 1 เทียว

VCI_{50} = ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่าน 50 เทียว

RCI = ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินของยานพาหนะทุกชนิด

RCI_D = ค่า RCI ของพื้นดินแห้ง

RCI_W = ค่า RCI ของพื้นดินเปียก

ตารางที่ 3 แสดงค่า RCI [4]

| ชนิดของพื้นผิว | RCI | | |
|------------------------|------|------|-------|
| | รหัส | แห้ง | เปียก |
| กรวดชนิดดี | GW | 163 | 83 |
| กรวดชนิดเลว | GP | 160 | 81 |
| ทรายรับน้ำหนักชนิดดี | SW | 155 | 78 |
| ทรายผสมดินเหนียว | SC | 126 | 46 |
| ดินไมคา,ดินทรายละเอียด | MH | 114 | 8 |
| ดินเหนียวอินทรีย์วัตถุ | CH | 136 | 62 |
| หินโผล่เหนือดิน | R | 165 | 165 |
| พื้นน้ำเปิด | W | 0 | 0 |

จากเอกสารอ้างอิง ข้อ 4 กำหนดให้

- ถ้าค่า $f_d \leq 0$ ให้ $f_d = 0$ (พื้นที่นั้นผ่านไม่ได้)
- ถ้าค่า $f_d > 0$ ให้ $f_d = 1.0$

2.5 ปัจจัยความขรุขระของผิวดิน (f_2)

ได้จากตารางที่ 4 โดยหาค่าความขรุขระของดิน มีค่าอยู่ระหว่าง 1 - 6 ซึ่ง

- 1 หมายถึง ไม่มีผลต่อความขรุขระ
- 2 หมายถึง ดินแข็งเหมือนหินกระจายตามผิวพื้น
- 3 หมายถึง ทู่หินก้อนใหญ่ หินโผล่เหนือดินกระจุกกระจาย
- 4 หมายถึง ภูมิประเทศแบ่งเป็นลักษณะต่างๆกัน
- 5 หมายถึง หลุมขนาดใหญ่ พื้นที่น่ากลัว บ่อดิน
- 6 หมายถึง พื้นผิวดินที่มีสักร์การพังทลายสูง

ตารางที่ 4 ปัจจัยความขรุขระของผิวดิน (f_2) [4]

| ความขรุขระของดิน | ยานล้อใหญ่ | ยานล้อเล็ก | ยานสายพานขนาดเล็ก | ยานสายพานขนาดใหญ่และปานกลาง |
|------------------|------------|------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 0.9 | 0.8 | 0.85 | 0.9 |
| 3 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 5 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |

* ค่าปัจจัยความขรุขระของผิวดินมีค่าสูงสุดแสดงด้วย 0 แต่ค่า 1.0 มีผลกระทบน้อยที่สุดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่นอกเส้นทาง

2.6 การคำนวณหาความเร็วของยานพาหนะ

หลังจากนั้นจึงนำค่า $f_1 - f_5$ นำมาคำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ มีหน่วยเป็น (กม./ชม) โดยคำนวณได้จาก

$$\text{ความเร็ว (กม./ชม)} = f_1 * f_2 * f_3 * f_4 * f_5 \dots\dots\dots (8)$$

ตัวอย่างที่ 2 รถสายพาน M113 มีค่าความเร็วสูงสุดบนถนน 48 กม./ชม ความสามารถในการไต่ลาดบนถนน 60% ความสามารถในการไต่ลาดในภูมิประเทศ 45 % ความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน กรณีรถสายพานเคลื่อนที่ผ่าน 1 เที้ยว (VCI_1) = 25 ความสามารถในการรับน้ำหนัก ของดิน กรณีรถสายพาน เคลื่อนที่ผ่าน 50 เที้ยว (VCI_{50}) = 40 ข้ามคูหรือเครื่องกีดขวางได้กว้าง 1.68 เมตร

1. การคำนวณ หาค่า f_1 จากตารางที่ 1.1 กำหนดให้รถสายพาน M113 เคลื่อนที่ผ่านรหัสแผนที่จากสมการที่ 2

$$f_1 = (i - j) / (k/l)$$

โดย ค่าความลาดเฉลี่ย j หาได้จากสมการที่ 3 มีค่าเท่ากับ

$$= (20 + 10) / 2 = 15$$

แทนค่าในสมการที่ 2

$$f_1 = (45 - 15) / (60/48) = 24$$

2 คำนวณค่า f_2 จากข้อ 2.2 กำหนดให้มีค่า

$$f_2 = 1$$

3 คำนวณค่า f_3

จากสมการที่ 5 ให้ f_3 มีค่าขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นที่ (V_r) กำหนดให้รถสายพาน M113 เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ A1 เกษตรกรรม (พืชไร่) มี $V_r = 0.8$

จากสมการที่ 5 $f_3 = V_r$

$$\text{ดังนั้น } f_3 = 0.8$$

4. การคำนวณหาค่า f_4 กำหนดให้รถสายพาน M113 เคลื่อนที่ผ่านในฤดูร้อน (ใช้สมการที่ 6 ค่า f_4 ของพื้นที่)

กำหนดให้รถสายพานเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ผิวรหัส SW(ทรายรับน้ำหนักชนิดดี) จากตารางที่ 3 ได้ค่า RCL_p ของรหัสพื้นที่ผิว SW = 155

นำมาแทนค่าในสมการที่ 6

$$f_4 \text{ ของพื้นที่ } = (155 - 25) / (40 - 25) = 130 / 15 = 8.67$$

จากข้อ 2.4 ถ้า $f_4 > 0$ ให้ $f_4 = 1$

5. คำนวณค่า f_5 จากตารางที่ 4 กำหนดให้ รถสายพานเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ที่มีค่าความขรุขระของดินเท่ากับ 1 รถสายพาน M113 กำหนดเป็นรถสายพานขนาดใหญ่และปานกลาง ดังนั้น จะได้ค่าปัจจัยความขรุขระของดิน (f_5) มีค่าเท่ากับ 1

6. นำค่า $f_1 - f_5$ มาแทนค่าในสมการที่ 8 เพื่อหาความเร็ว

$$\text{ความเร็ว (กม./ชม)} = 24 * 1 * 0.8 * 1 * 1 = 19.2 \text{ กม./ชม}$$

นำความเร็วที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความสามารถในการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศ

| ค่า CCM | มูลค่า (Cost) | ความเร็ว (กม./ชม) | ความหมาย |
|---------|---------------|-------------------|---------------|
| 1 | 4 | >30 | ผ่านได้ดี |
| 2 | 3 | >15, <=30 | ผ่านจำกัด |
| 3 | 2 | >5, <=15 | ผ่านได้ช้า |
| 4 | 1 | >1.5, <=5 | ผ่านได้ช้ามาก |
| 5 | 0 | <=1.5 | ผ่านไม่ได้ |
| 6 | 0 | 0 | ผ่านไม่ได้ |

เพื่อระบุว่าพื้นที่นี้ยานพาหนะได้ผ่านได้หรือไม่ ถ้าผ่าน ได้ ผ่านได้ดีในระดับไหน

จากความเร็วที่คำนวณได้ 19.2 กม./ชม นำไปเปรียบเทียบกับตารางในช่องความเร็ว จะได้ค่า CCM = 2 แสดงว่า ยานพาหนะผ่านได้จำกัด ทำการคำนวณดังตัวอย่างที่ 2 จนครบทุกโซนแผนที่แล้วนำค่า CCM ที่ได้นี้ไปเก็บเป็นข้อมูล ค่า CCM ประกอบแต่ละโซนแผนที่เพื่อใช้เปรียบเทียบหาเส้นทางที่ดีที่

สุดตามข้อ 3 ต่อไป หลังจากที่ทำกรคำนวณค่า CCM ของทุกโซนแผนที่ดังรายละเอียดในข้อ 2 แล้ว ต่อไปเป็นการหาเส้นทางที่ดีที่สุด

3. การออกแบบอัลกอริทึม

ในการหาเส้นทางที่ดีที่สุด มีการใช้อัลกอริทึมที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน ในขั้นแรกเป็นการใช้อัลกอริทึมในการค้นหาหมายเลขโซนแผนที่ที่ยานพาหนะสามารถผ่านไปได้อย่างทั้งหมด คือโซนแผนที่ที่มีค่า CCM ไม่เท่ากับ 5 หรือ 6 โดยหาจำนวนโซนแผนที่ให้ได้เส้นทางต่างๆกันให้มากที่สุด จากนั้นจึงนำข้อมูลโซนแผนที่ทั้งหมดมาคำนวณในอัลกอริทึมการหาเส้นทางในภูมิประเทศ เพื่อหาเส้นทางโดยละเอียดเป็นพิคคที่แน่นอนออกมาบนแผนที่ และในกรณีที่มีถนน ใช้อัลกอริทึมการหาเส้นทางบนถนน และในภูมิประเทศ เพื่อให้เกิดความรวดเร็วขึ้น โดยให้ยานพาหนะวิ่งบนถนนเป็นหลัก ดังมีรายละเอียดของแต่ละอัลกอริทึมดังนี้

3.1 อัลกอริทึมการค้นหาโซนแผนที่ที่ยานพาหนะผ่านได้

1. จากโซนปัจจุบันตรวจสอบโซนติดกันโดยรอบว่ามีโซนเป้าหมายอยู่หรือไม่ ถ้ามีเก็บค่าโซนและออกจากโปรแกรม ถ้าไม่มีทำในข้อ 2

2. ตรวจสอบโซนติดกันโดยรอบทีละโซนว่าค่า CCM = 5 หรือไม่ ถ้า

2.1 เท่ากับ 5 ตรวจสอบว่ามีถนนผ่านโซนหรือไม่ ถ้าไม่มีให้เลื่อนไปพิจารณาโซนติดกัน โซนถัดไป ทำในข้อ 1

2.2 ไม่เท่ากับ 5 ตรวจสอบว่าโซนนั้น เคยถูกผ่านมาแล้วหรือยัง ถ้าเคยถูกผ่านมาแล้วให้พิจารณาโซนติดกันถัดไป ทำในข้อ 1 ถ้ายังทำในข้อ 3

3. ตรวจสอบว่าเดินเข้าเส้นทางเดิมหรือไม่

3.1 ถ้าเข้าเลื่อนไปพิจารณาโซนถัดไปทำในข้อ 1

3.2 ถ้าไม่เข้า ทำในข้อ 4

4. เก็บหมายเลขของโซนนั้น กรณีที่ไม่มีโซนใดผ่านการตรวจสอบ ให้ถอยกลับไปโซนก่อนหน้าหนึ่งโซน และเก็บค่าในข้อมูลเส้นทางที่ไม่สำเร็จทำในข้อ 1

5. นำโซนแผนที่ที่คัดเลือกมาเป็นโซนปัจจุบันทำในข้อ 3

6. ทำไปจนไม่มีเส้นทางที่ยังไม่ได้ตรวจสอบ

7. ออกจากโปรแกรม

3.2 อัลกอริทึมการหาเส้นทางในภูมิประเทศ (In Terrain)

นำเส้นทางที่ได้จากอัลกอริทึม 3.1 มาทีละเส้นทาง ทำการทดสอบว่าโซนถัดไปผ่านได้หรือไม่ ถ้าผ่านไม่ได้ให้ตรวจสอบว่ามีถนนผ่านภายในโซนหรือไม่ ถ้ามีให้คำนวณเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่บนถนน โดย

$$\text{เวลาที่ใช้ (บนถนน)} =$$

$$(60 \times \text{ระยะทาง}) / (\text{ความเร็ว}) = (\text{นาที}) \dots\dots\dots (9)$$

กรณีมีทางแยก ให้ตรวจสอบว่าต้องเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และทำการคำนวณเวลาที่ใช้จนถึงโซนถัดไป

กรณีที่โซนถัดไปเคลื่อนที่ผ่านได้และไม่มีถนนภายในโซน ให้คำนวณเวลาที่ใช้จากพิคค (x, y) ปัจจุบันไปยังพิคคของขอบโซนที่อยู่ติดกันถัดไป โดยใช้สมการ

$$\text{เวลาที่ใช้ (ในภูมิประเทศ)} =$$

$$(60 \times \text{ระยะทาง}) / (\text{ความเร็ว} \times \text{ค่า CCM}) = (\text{นาที}). (10)$$

ทำเรื่อยไปจนถึงโซนเป้าหมาย เมื่อทำครบทุกเส้นทางแล้ว ให้นำเวลาที่ใช้ในการเดินทางเปรียบเทียบ

เทียบกัน เลือกเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด แสดงลงบนแผนที่ดังรายละเอียดในไฟล์เวิร์คชีตที่ 1

3.3 อัลกอริทึมการหาเส้นทางบนถนนและในภูมิภาค (On Road)

นำเส้นทางจากอัลกอริทึม 3.1 มาที่ละเส้นทางถ้าเป็นโซนเริ่มต้นตรวจสอบว่ามีถนนต่อไปยังโซนถัดไปหรือไม่ ถ้ามีให้คำนวณค่าพิคกัทุกพิคกับนถนนภายในโซนโดย

$$\text{พิคกั } y = \text{ความชัน (พิคกั } x \text{ ปัจจุบัน - พิคกั } x \text{ ตั้งต้น) + พิคกัค่า } y \text{ ตั้งต้น} \dots (11)$$

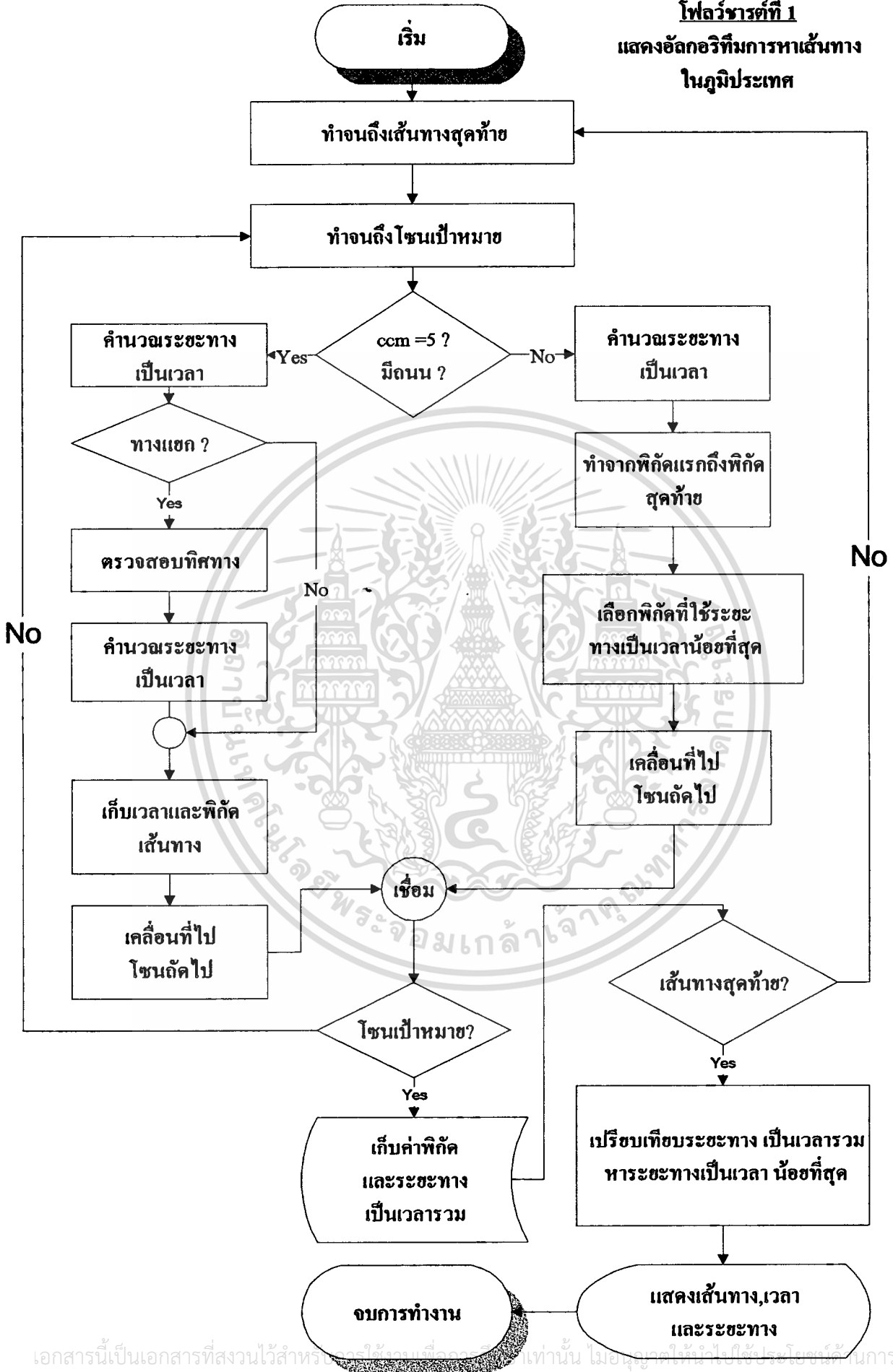
และ

$$\text{ความชัน} = \frac{(\text{ค่า } y \text{ ล้นสุด} - \text{ค่า } y \text{ ตั้งต้น})}{(\text{ค่า } x \text{ ล้นสุด} - \text{ค่า } x \text{ ตั้งต้น})} \dots (12)$$

หาจุดขึ้นถนนโดยใช้เวลาน้อยที่สุด คำนวณเวลาในการเคลื่อนที่บนถนนไปยังโซนถัดไปโดยใช้ สมการที่ 9 ถ้าไม่มีถนนให้ใช้อัลกอริทึมการหาเส้นทางในภูมิภาค กรณีเจอทางแยกให้ตรวจสอบว่าต้องเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด และคำนวณเวลาที่ใช้ไปยังโซนถัดไป

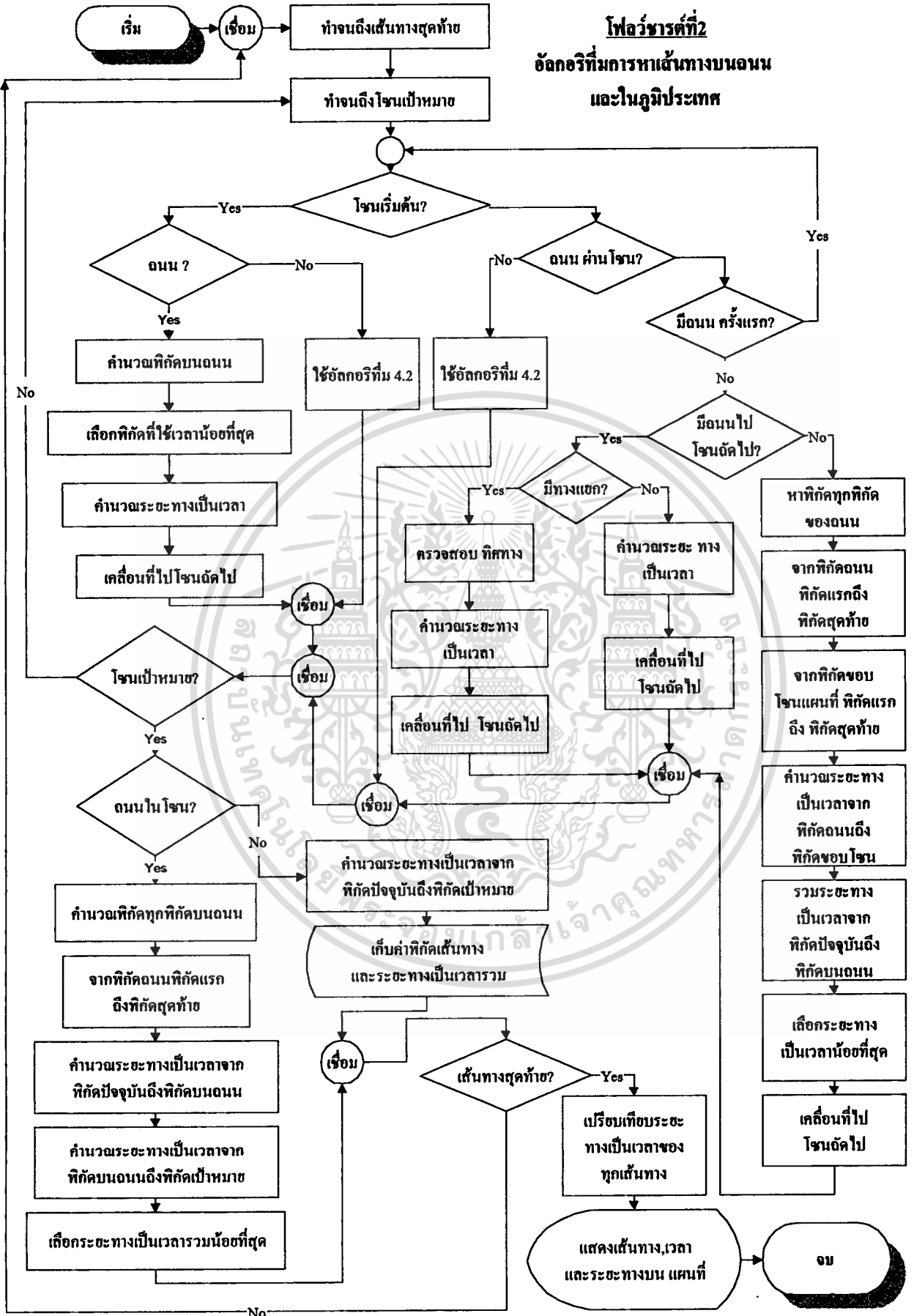
กรณีไม่มีถนนไปยังเป้าหมาย ให้คำนวณจุดลงถนนที่ใกล้เป้าหมายมากที่สุดโดยใช้ สมการที่ 9 และ 10 หลังจากนั้นจึงคำนวณเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในภูมิภาคต่อไป โดยใช้สมการที่ 10 ทำไปจนถึงโซนเป้าหมาย เมื่อทำครบทุกเส้นทางแล้วให้นำเวลาที่ใช้ในการเดินทางมาเปรียบเทียบกัน เลือกเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุดแสดงลงบนแผนที่ดังรายละเอียดในไฟล์เวิร์คชีตที่ 2

โฟลว์ชาร์ตที่ 1
แสดงอัลกอริทึมการหาเส้นทาง
ในภูมิภาค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะกรณีเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพลีชาร์ตที่ 2
อัลกอริทึมการหาเส้นทางบนถนน
และในภูมิประเทศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการทดลอง

จากการทดลองโดยใช้แผนที่รวมปัจจัยภูมิประเทศของจังหวัดอุดรธานี มาตราส่วน 1:250,000 โดยทำการคัดเลือกพื้นที่มาพิจารณาประมาณ 64 ตรกม. โดยทำการสร้างแผนที่ลงบนคอมพิวเตอร์ใช้มาตราส่วนขยาย 1:1 (เท่าของจริง) และทำการกำหนดพิกัด ที่แน่นอนลงไปให้ตรงกับพิกัดของแผนที่

ในด้านโปรแกรมใช้ภาษาซี ในการเขียนโปรแกรม โดยใช้คอมพิวเตอร์ CPU 80486 Dx2 Speed 40 MHz RAM 4 Mb โดยกำหนดข้อมูล Input ดังนี้

4.1 การทดลองที่ 1 (การหาเส้นทางในภูมิภาค)

1. ชนิดของยานพาหนะ = รถยนต์บรรทุก M.35
 2. ช่วงของเดือนที่คำนวณ = ฤดูฝน (ทล.- ตค.)
 3. เลือกตัวเลือก การหาเส้นทางในภูมิภาค
 4. เลือก โชนแผนที่โชนแรก = โชนหมายเลข 1
 5. ความเร็วเฉลี่ย 50 กม./ชม.
 6. พิกัดตั้งต้น (250,300) ในโชนหมายเลข 1 (มุมบนซ้าย)
 7. โชนแผนที่เป้าหมาย = โชนหมายเลข 25
 8. พิกัดปลายทาง (330,220) โชนหมายเลข 25 (มุมล่างขวา)
 9. Function การหาเส้นทางในภูมิภาค
 10. ผลการทดลองดัง ภาพที่ 1
- ข้อมูล Output จากการทดลองที่ 1

จากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์แสดงทางเดินที่คำนวณได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด แสดงด้วยเส้นสีแดง โดยมี

- เส้นทางเริ่มตั้งแต่โชนที่ 1 ผ่านโชน 7,12,15,17 มาขึ้นถนนโชน 22 วิ่งไปตามถนนผ่านโชน 22,18 16ข้ามสะพาน และลงถนนที่โชน 19 สิ้นสุดที่โชน 25
- เวลาที่ยานพาหนะใช้ทั้งหมด 23 นาที 5 วินาที
- ระยะทางรวม 13.66 กม.

4.2 การทดลองที่ 2 (การหาเส้นทางบนถนนและในภูมิภาค)

- ใช้ข้อมูล Input และตัวแปรต่าง ๆ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

- เลือก Function การหาเส้นทางบนถนนและในภูมิภาค

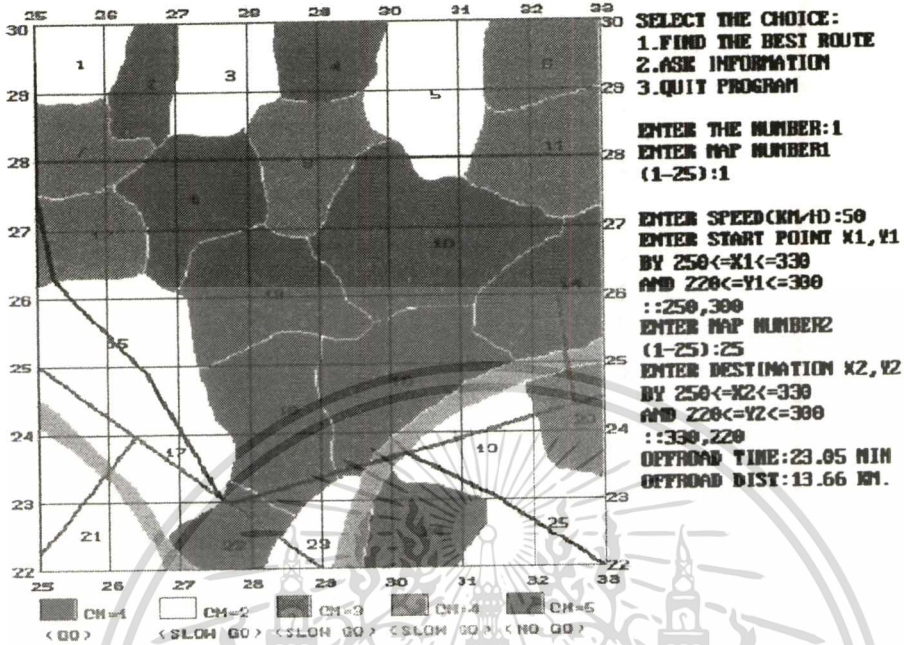
- ผลการทดลองดัง ภาพที่ 2

จากการทดลองที่ 2

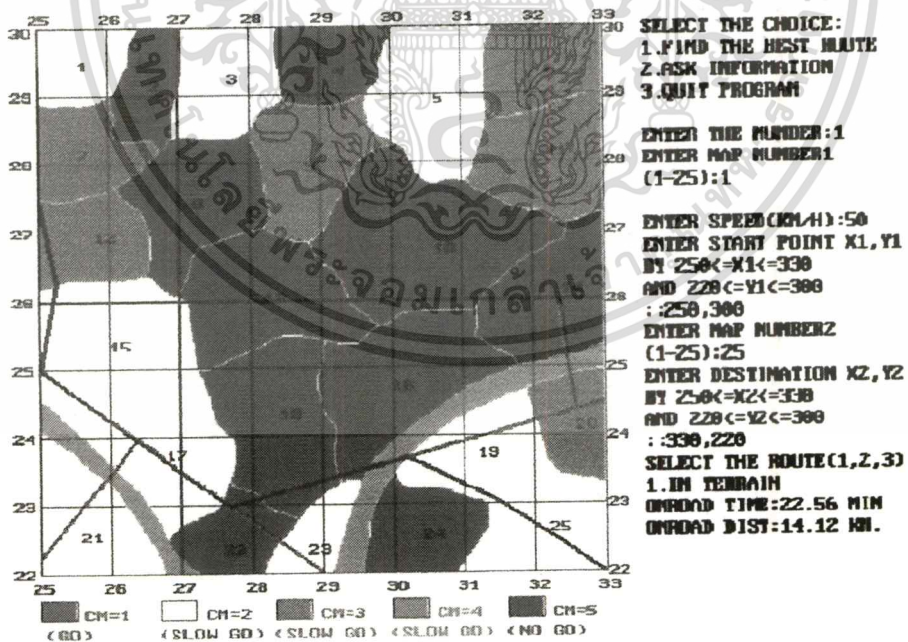
จากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์แสดงทางเดินที่คำนวณได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด แสดงด้วยเส้นสีชมพู โดยมี

- เส้นทางเริ่มตั้งแต่โชนที่ 1 ผ่านโชนที่ 7, 12 มาขึ้นถนนที่โชนที่ 15 วิ่งไปตามถนนผ่านโชนที่ 17,22,18,16ข้ามสะพานและลงถนนที่โชน19 และสิ้นสุดที่โชน 25
- เส้นทางบนถนนและในภูมิภาคใช้เวลา 22 นาที 56 วินาที
- เวลาที่ยานพาหนะใช้ทั้งหมด 22 นาที 56 วินาที
- ระยะทางรวม 14.12 กม.

จะเห็นว่าเส้นทางบนถนน จะใช้เวลาน้อยกว่าในภูมิภาค เพราะไม่ต้องนำค่า CCM มาคำนวณด้วย ดังในภาพ



ภาพที่ ข.1 แสดงการหาเส้นทางในภูมิประเทศ



ภาพที่ ข.2 แสดงการหาเส้นทางในภูมิประเทศและบนถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุป

การพัฒนาโปรแกรม สำหรับการหาเส้นทางที่เหมาะสมของยานพาหนะในภูมิประเทศ โดยการเปรียบเทียบมูลค่า (Cost) ในแต่ละส่วนของพื้นที่ และระยะทางไปยังเป้าหมายเป็นวิธีหนึ่งที่ก่อให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานได้จริง และจากการทดลองพบว่าโปรแกรมที่ออกแบบและพัฒนาสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี คือสามารถแสดงเส้นทางที่เหมาะสมและแสดงเวลาที่ยานพาหนะใช้ในการเดินทางไปถึงจุดหมายได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องโดยสามารถจำแนกประโยชน์ที่ได้รับออกได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. ใช้ข้อมูลรายละเอียดในโซนแผนที่ที่ต้องการ เช่น ข้อมูลความชัน พืชพันธุ์ไม้ที่ขึ้นปกคลุม ฯลฯ โดยใช้ตัวเลือกที่ 2 (รายละเอียดของโซนแผนที่) เพื่อใช้ประกอบการวางแผนการรบ
 2. หาเส้นทางเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ให้ไปถึงที่หมายเร็วที่สุด โดยอาจเลือกการเคลื่อนที่ในภูมิประเทศ (In Terrain) เพื่อการซ่อนพรางหรือการเคลื่อนที่บนถนน (On Road) เพื่อความรวดเร็วเพื่อประกอบการวางแผนการเข้าตี
 3. ทำให้การส่งกำลังบำรุงทำได้โดยเร็วที่สุดและทันเวลา
 4. เพิ่มความรวดเร็วและความถูกต้องในการสั่งการเพราะสามารถส่งแผนที่ดิจิทัล ไปตามข่ายการสื่อสาร ให้นักขอรองรับทราบโดยทันที
- และจากการทดลองพบว่ายังมีส่วนที่น่าสนใจในการพัฒนาโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพได้ดังนี้

1. เพิ่มชนิดของยานพาหนะได้มากขึ้นตามการใช้งาน และข้อจำกัดของยานพาหนะ เช่น ความจุของถังน้ำมัน, ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
2. พัฒนาการแสดงผลบนจอภาพให้เอื้ออำนวยต่อผู้ใช้งานมากขึ้น เช่น ความง่าย ความชัดเจน ภาษาที่ใช้
3. เพิ่มความสามารถอื่น ๆ เช่น
 - วัตรระยะทางบนแผนที่ได้
 - วัตรมุมภาค มุมทิศได้

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงโดยได้รับความร่วมมือและเอื้อเฟื้อข้อมูลจาก สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด และกรมแผนที่ดิน จึงขอขอบพระคุณอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

1. Peter F. Fisher, "A. Primer Of Geographic Search Using Artificial Intelligence," Computer And Geoscience Vol.16, No.6, 1990,pp 751-775
2. Herbert Shcilpt, "The Search For Solutions: Artificial Intelligence Using C.," 1991,pp 19-70
3. E Laine Rich & Kevin Knight Artificial Intelligence, pp 63-103
4. Defense Mapping School ,” Procedural Guide For Preparation Of Cross Country Movement (Ccm) Overlay,”1984,pp 1-18
5. แผนที่แสดงลักษณะภูมิศาสตร์ และธรณีวิทยา กองภูมิศาสตร์ กรมแผนที่ทหาร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล : พันโทกฤษฏา วราทร

อายุ : 34 ปี

สถานที่เกิด : จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา :

2527 สำเร็จชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนอัสสัมชัญ บางรัก กรุงเทพมหานคร

2532 สำเร็จการศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก

ประวัติการทำงาน :

2532 นายทหารซ่อมบำรุง กองพันซ่อมบำรุง กองพลทหารราบที่ 9 จังหวัดกาญจนบุรี

2534 ผู้บังคับกองร้อย กองพันนักเรียน โรงเรียนทหารสรรพาวุธ กรุงเทพมหานคร

2541 หัวหน้าแผนกแผน กองส่งกำลัง กรมสรรพาวุธทหารบก กรุงเทพมหานคร

2544 - ปัจจุบัน หัวหน้าแผนก กรมวิธีข้อมูล กองควบคุมสิ่งอุปกรณ์ กรมสรรพาวุธ
ทหารบก กรุงเทพมหานคร