สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(10)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	6
2. ทฤษฎีคลื่นไหวสะเทือนด้านการหักเห	7
2.1 หลักการของฮอยเกนส์	7
2.2 หลักการของเฟอร์แมท	8
2.3 กฎการสะท้อนและการหักเหของคลื่น	8
2.4 รูปแบบ ทางเดินรังสีหักเหเชิงเรขาคณิตของระนาบ	10
3. ทฤษฎีอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์	22
3.1 บทนำ	22
3.2 อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์อย่างง่าย	24
4. วิธีการวิจัย	33
4.1 วัสดุและอุปกรณ์	34
4.2 การเข้ารหัสโครโมโซมของโครงสร้างของชั้นดินได้แก่ ความเร็ว ความลึก และมุมเอียง ด้วยหลักการของอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์	34
4.3 หาฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) เพื่อใช้ในการคำนวณค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ของประชากร	35
4.4 เขียนโปรแกรมประมวลผลอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm for Seismic Interpretation Program; GASIP) ด้วยภาษา C++	36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 เขียนโปรแกรมสร้างแบบจำลองชั้นดิน(Build Model Program; BMP) ด้วยภาษา C++ 36

4.6 ทำการทดลองโดยใช้โปรแกรม GASIP หาโครงสร้างชั้นดินที่จำลองขึ้นจากโปรแกรม BMP 36

4.7 ออกภาคสนามเพื่อหาข้อมูลโครงสร้างของชั้นดินจริงและนำข้อมูลที่ออกภาคสนามมาทดสอบกับโปรแกรม GASIP 42

4.8 แปลความข้อมูลที่ได้จากภาคสนามด้วยโปรแกรม Seismic Interpretation Program (SIP) และทดสอบโปรแกรม SIP ด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม BMP 42

4.9 ตัวอย่างขั้นตอนการหาโครงสร้างชั้นดินโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ 42

5. ผลและการอภิปรายผล 68

5.1 การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ในการหาค่าตัวแปรจากกราฟความเร็วคลื่นและตำแหน่งของตัวรับคลื่นโดยพิจารณาหาภาวะที่เหมาะสมในการคำนวณด้วยอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ 68

5.2 การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ในการหาโครงสร้างชั้นดินจากแบบจำลอง ซึ่งสร้างจากโปรแกรม BMP ทั้ง 5 แบบ โดยใช้ค่าความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนยีน 0.8 และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ 0.01 ทำการคำนวณจนกว่าจะเจอตัวที่ดีที่สุดหรือค่ารากที่สองของความผิดพลาด (RMSE) ไม่เกิน 0.5 โดยกำหนดให้ใช้ตัวรับคลื่น 24 ตัว วางห่างกันตัวละ 4 เมตร แหล่งกำเนิดคลื่น 5 จุด คือ หัวท้ายห่างจากตัวรับคลื่น 2 เมตร และตรงกลางระหว่างตัวรับคลื่นตัวที่ 6 และ 7 ใช้ ประชากร 200 ตัว 84

5.3 การทดสอบโปรแกรม SIP ในการแปลความโครงสร้างจากแบบจำลองซึ่งสร้างจากโปรแกรม BMP โดยกำหนดให้ใช้ ตัวรับคลื่น 24 ตัว วางห่างกันตัวละ 4 เมตร 90

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.4 การใช้ โปรแกรม SIP ในการแปลความโครงสร้างชั้นดินจากภาคสนาม 3 แนวสำรวจ 97

5.5 การใช้โปรแกรม GASIP ประยุกต์ใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ในการหาโครงสร้างชั้นดินจากภาคสนาม 102

5.6 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้ค่าความผิดพลาดในการคำนวณที่แตกต่างกันระหว่าง RMSError และ % Error 110

6. บทสรุป 115

6.1 สรุป 115

6.2 ข้อเสนอแนะ 118

บรรณานุกรม 119

ภาคผนวก 122

(ก)วิธีการใช้งานโปรแกรม 123

(ข)ผังขั้นตอนกระบวนการอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ 137

(ค)ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่ได้จากการใช้ RMSError และ % Error ในการคำนวณ 138

(ง)Manuscripts The 2nd Regional AROB 143

(จ)Manuscripts Songklanakarin J. Sci. Technol 147

ประวัติผู้เขียน 162

รายการตาราง

ตาราง หน้า

3.1 การเปรียบเทียบระหว่างคำศัพท์เฉพาะทางชีววิทยาและศัพท์ทาง
คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ 23

4.1 เวลาที่ Geophone แต่ละตัวบันทึกได้ จากการทดสอบหาโครงสร้าง
ชั้นดินจากแบบจำลอง 50

5.1 เวลาที่วัดได้จากแนวสำรวจจริงที่แต่ละตัวรับคลื่น และเวลาจากแบบจำลองที่
GA คำนวณได้ที่แต่ละตัวรับคลื่น ของแนวสำรวจที่ 1 บริเวณหลังสนามฟุตบอล 103

5.2 เวลาที่วัดได้จากแนวสำรวจจริงที่แต่ละตัวรับคลื่น และเวลาจากแบบจำลองที่
GA คำนวณได้ที่แต่ละตัวรับคลื่น ของแนวสำรวจที่ 2 บริเวณหลังสนามฟุตบอล 105

5.3 เวลาที่วัดได้จากแนวสำรวจจริงที่แต่ละตัวรับคลื่น ของแนวสำรวจที่ 3
บริเวณริมอ่างเก็บน้ำ 107

5.4 เวลาจากแบบจำลองที่ GA คำนวณได้ที่แต่ละตัวรับคลื่น ของแนวสำรวจ
ที่ 3 บริเวณริมอ่างเก็บน้ำ 108

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 การใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์มาจับคู่รอยเลื่อนของชั้นดิน	3
1.2 โมเดลสังเคราะห์ Basin Model และ Bbox Model	4
1.3 Basin Model ที่ได้จากการประมวลผลด้วย SA และ ประมวลผลด้วย GA	4
1.4 Bbox Model ที่ได้จากการประมวลผลด้วย SA และ ประมวลผลด้วย GA	4
1.5 โมเดลสังเคราะห์และโมเดลที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีอัลกอริทึมทางพันธุ ศาสตร์	5
1.6 โมเดลสังเคราะห์และโมเดลที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์	5
2.1 หน้าคลื่นที่เดินทางออกเป็นรูปวงกลม และทางเดินคลื่น (raypath) ซึ่งลากตั้งฉากกับหน้าคลื่น	8
2.2 การหักเหของทางเดินคลื่นเมื่อผ่านผิวรอยต่อระหว่างตัวกลางใดๆ ซึ่งเป็นไปตามกฎของสเนลล์	9
2.3 เส้นทางเดินของคลื่นชนิดต่างๆ เมื่อผ่านชั้นตัวกลางและวิ่งเข้าสู้ตัวรับคลื่น	9
2.4 การเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหไปสู่ตัวรับคลื่นที่ผิวดิน กรณี 2 ชั้นขนาน	11
2.5 แสดงกราฟระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของคลื่นกรณี 2 ชั้นขนาน	11
2.6 แสดงการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหไปสู่ตัวรับคลื่นที่ผิวดิน กรณี 3 ชั้นขนาน	14
2.7 กราฟระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของคลื่นกรณี 3 ชั้น	14
2.8 การเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหไปสู่ตัวรับคลื่นที่ผิวดิน กรณี 2 ชั้นเอียง	16
2.9 กราฟระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของคลื่นกรณี 2 ชั้น เอียง	16
2.10 การเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหไปสู่ตัวรับคลื่นที่ผิวดิน กรณี 3 ชั้นเอียง	17
3.1 แสดงส่วนประกอบของโครโมโซม	23
3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนกระบวนการของอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์	25
3.3 โครโมโซมที่เข้ารหัสเป็นเลขฐานสอง	26

3.4 การคัดเลือกแบบ Roulette Wheel Selection 28

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า
3.5 การคัดเลือกแบบ Stochastic Universal Sampling Selection 29
3.6 การแลกเปลี่ยนยีนแบบ 1 จุด 30
3.7 การแลกเปลี่ยนยีนแบบ 2 จุด 30
3.8 การแลกเปลี่ยนยีนแบบ Uniform 31
3.9 การกลายพันธุ์ของประชากร 32
4.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการหาโครงสร้างชั้นดินโดยกระบวนการของ
อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ 41
4.2 แสดงแนวสำรวจ 2 แนวสำรวจ บริเวณหลังสนามฟุตบอล
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 43
4.3 แสดงแนวสำรวจ 1 แนวสำรวจ บริเวณริมอ่างเก็บน้ำ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 43
4.4 การนำข้อมูลเข้าเพื่อแปลความโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ 44
4.5 ผังขั้นตอนการทำงานของการแปลความข้อมูลโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ 44
4.6 ผังขั้นตอนการทำงานของส่วน Input ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในกรณีสมมติ 1 45
4.7 ผังขั้นตอนการทำงานของส่วน Random Initial Population 46
4.8 ผังขั้นตอนการทำงานของส่วน Calculate t-x data 47
4.9 ผังขั้นตอนการทำงานของส่วน Calculate Error 48
4.10 ผังขั้นตอนการทำงานของส่วน Genetic Algorithm Process 48
4.11 กราฟเวลา (t-x Graph) ที่แต่ละตัวรับคลื่นบันทึกได้จากการทดสอบ
หาโครงสร้างชั้นดินจากแบบจำลอง 51
4.12 ตัวอย่างคุณสมบัติของประชากรแต่ละตัวที่ถูกสุ่มขึ้นมาได้ 52
4.13โครงสร้างชั้นดินของประชากรตัวที่ 1 53
4.14 t-x Graph ของประชากรตัวที่ 1 53
4.15 โครงสร้างชั้นดินของประชากรตัวที่ 2 54
4.16 t-x Graph ของประชากรที่ 2 54

4.17โครงสร้างชั้นดินของประชากรตัวที่ 3 55

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า
4.18 t-x Graph ของประชากรตัวที่ 3 55
4.19 เปรียบเทียบ t-x Graph อ้างอิง กับ t-x Graph ของประชากรตัวที่ 1 ซึ่งมีค่า RMS Error เท่ากับ 5.9540 56
4.20 เปรียบเทียบ t-x Graph อ้างอิง กับ t-x Graph ของประชากรตัวที่ 2 ซึ่งมีค่า RMS Error เท่ากับ 15.9681 56
4.21 เปรียบเทียบ t-x Graph อ้างอิง กับ t-x Graph ของประชากรตัวที่ 10 ซึ่งมีค่า RMS Error เท่ากับ 19.0517 57
4.22 เปรียบเทียบ t-x Graph อ้างอิง กับ t-x Graph ของประชากรตัวที่ 41 ซึ่งมีค่า RMS Error เท่ากับ 31.1126 57
4.23 ค่าความเหมาะสมของแต่ละประชากรบนวงล้อคัดเลือก ตัวเลขแทนประชากรแต่ละตัว ในที่นี้จะเห็นว่าประชากรตัวที่ 1 และ 42 ไม่นำมาอยู่บนวงล้อเนื่องจากทั้ง 2 ตัวได้ถูกนำผ่านเข้าไปสู่การคำนวณรุ่นถัดไปแล้ว 61
4.24 ประชากรที่ถูกสุ่มได้จากการหมุนวงล้อด้วยมุมคงที่ (ตามตำแหน่งของลูกศรชี้) จะเห็นว่าหากประชากรตัวใดมีพื้นที่ในวงล้อใหญ่ก็มีโอกาสมากที่จะถูกเลือก 61
4.25 เปรียบเทียบ t-x Graph อ้างอิง กับ t-x Graph ของประชากรตัวที่ 2 ใหม่ ซึ่งมีค่า RMS Error เท่ากับ 19.9926 65
4.26 โครงสร้างชั้นดินของประชากรตัวที่ 2 ใหม่ 66
4.27 เปรียบเทียบ t-x Graph อ้างอิง กับ t-x Graph ของประชากรตัวที่ 50 ใหม่ ซึ่งมีค่า RMS Error เท่ากับ 1.9762 66
4.28โครงสร้างชั้นดินของประชากรตัวที่ 50 ใหม่ 67
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) กรณี ชั้นดิน 2 ชั้นเรียบ ขนานกัน 12 Geophone ประชากร 50 ตัว 69
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) กรณี ชั้นดิน 2 ชั้น

เรียบ ไม่ขนานกัน 12 Geophone ประชากร 50 ตัว 70

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) กรณี ชั้นดิน 2 ชั้น เรียบ ขนานกัน 24 Geophone ประชากร 50 ตัว 72
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) กรณี ชั้นดิน 2 ชั้น เรียบ ไม่ขนานกัน 24 Geophone ประชากร 50 ตัว 73
5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) กรณี ชั้นดิน 3 ชั้น เรียบ ขนานกัน 24 Geophone ประชากร 50 ตัว 74
5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) กรณี ชั้นดิน 3 ชั้น เรียบ ขนานกัน 24 Geophone ประชากร 200 ตัว 76
5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) กรณี ชั้นดิน 3 ชั้น เรียบ ไม่ขนานกัน แบบที่ 1 24 Geophone ประชากร 200 ตัว 77
5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) กรณี ชั้นดิน 3 ชั้น เรียบ ไม่ขนานกัน แบบที่ 2 24 Geophone ประชากร 200 ตัว 78
5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) กรณี ชั้นดิน 3 ชั้น เรียบ ขนานกัน 24 Geophone ประชากร 500 ตัว 80
5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) กรณี ชั้นดิน 3 ชั้น เรียบ ไม่ขนานกัน แบบที่ 1 24 Geophone ประชากร 500 ตัว 81

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่า RMSE กับค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c) และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) กรณี ชั้นดิน 3 ชั้น เรียบ ไม่ขนานกันแบบที่ 2 24 Geophone ประชากร 500 ตัว 82

5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย RMSE กับจำนวนจุดของกรแลกเปลี่ยนยีน 83

5.11 โครงสร้างชั้นดินที่ได้จากการคำนวณโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ โดยพบที่รอบการคำนวณ 2,019 โครงสร้างที่พบมีพารามิเตอร์ต่างๆ เหมือนกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น 100 % 85

5.12 กราฟระหว่าง RMSE และ Generations ของโครงสร้างชั้นดินที่พบจากแบบจำลองที่ 1 85

5.13 โครงสร้างชั้นดินที่ได้จากการคำนวณโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ โดยพบที่รอบการคำนวณ 4,221 โครงสร้างที่พบมีพารามิเตอร์ต่างๆ เหมือนกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น 100 % 86

5.14 กราฟระหว่าง RMSE และ Generations ของโครงสร้างชั้นดินที่พบจากแบบจำลองที่ 2 86

5.15 โครงสร้างชั้นดินที่ดีที่สุด ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ โดยพบที่รอบการคำนวณ 70,552 โครงสร้างที่พบมีพารามิเตอร์ต่างๆ เหมือนกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น 100 % 87

5.16 กราฟระหว่าง RMSE และ Generations ของโครงสร้างชั้นดินที่พบจากแบบจำลองที่ 3 87

5.17 โครงสร้างชั้นดินที่ดีที่สุด ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ โดยพบที่รอบการคำนวณ 81,394 โครงสร้างที่พบมีพารามิเตอร์ต่างๆ เหมือนกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น 100 % 88

5.18 กราฟระหว่าง RMSE และ Generations ของโครงสร้างชั้นดินที่พบจากแบบจำลองที่ 4 88

5.19 โครงสร้างชั้นดินที่ดีที่สุด ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ โดยพบที่รอบการคำนวณ 103,147 โครงสร้างที่พบมีพารามิเตอร์ต่างๆ เหมือนกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น 100 % 89

5.20 กราฟระหว่าง RMSE และ Generations ของโครงสร้างชั้นดินที่พบจากแบบจำลองที่ 5 89

5.21 กราฟเปรียบเทียบค่าระหว่าง RMSE และ Generations ของโครงสร้างชั้นดินที่

พบจากแบบจำลองทั้ง 5 แบบ 90

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า
5.22 กราฟแสดงหมายเลข Geophone และเวลาที่วัดได้ของแต่ละตัว จากแบบจำลองที่ 3 ซึ่งทำการแปลความจาก โปรแกรม SIP โดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่น 3 จุด 91
5.23 แบบจำลองที่ได้จากการแปลความโดยใช้โปรแกรม SIP 91
5.24 กราฟแสดงหมายเลข Geophone และเวลาที่วัดได้ของแต่ละตัว จากแบบจำลอง 92
5.25 แบบจำลองที่ได้จากการแปลความโดยใช้โปรแกรม SIP 92
5.26 กราฟแสดงหมายเลข Geophone และเวลาที่วัดได้ของแต่ละตัว จากแบบจำลองที่ 4 ซึ่งทำการแปลความจาก โปรแกรม SIP โดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่น 3 จุด 93
5.27 แบบจำลองที่ได้จากการแปลความโดยใช้โปรแกรม SIP 93
5.28 กราฟแสดงหมายเลข Geophone และเวลาที่วัดได้ของแต่ละตัว จากแบบจำลองที่ 4 ซึ่งทำการแปลความจาก โปรแกรม SIP 94
5.29 แบบจำลองที่ได้จากการแปลความโดยใช้โปรแกรม SIP 94
5.30 กราฟแสดงหมายเลข Geophone และเวลาที่วัดได้ของแต่ละตัว จากแบบจำลองที่ 4 ซึ่งทำการแปลความจาก โปรแกรม SIP โดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่น 3 จุด 95
5.31 แบบจำลองที่ได้จากการแปลความโดยใช้โปรแกรม SIP 95
5.32 กราฟแสดงหมายเลข Geophone และเวลาที่วัดได้ของแต่ละตัว จากแบบจำลองที่ 4 ซึ่งทำการแปลความจาก โปรแกรม SIP โดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่น 5 จุด 96
5.33 แบบจำลองที่ได้จากการแปลความโดยใช้โปรแกรม SIP 96
5.34 กราฟแสดงหมายเลข Geophone และเวลาที่วัดได้ของแต่ละตัว จากแนวสำรวจที่ 1 98
5.35 แบบจำลองที่ได้จากการแปลความโดยใช้โปรแกรม SIP ของแนวสำรวจที่ 1 98
5.36 กราฟแสดงหมายเลข Geophone และเวลาที่วัดได้ของแต่ละตัว จากแนวสำรวจที่ 2 99
5.37 แบบจำลองที่ได้จากการแปลความโดยใช้โปรแกรม SIP ของแนวสำรวจที่ 2 100
5.38 กราฟแสดงหมายเลข Geophone และเวลาที่วัดได้ของแต่ละตัว จากแนวสำรวจที่ 3 101
5.39 แบบจำลองที่ได้จากการแปลความโดยใช้โปรแกรม SIP ของแนวสำรวจที่ 3 101
5.40 แสดงการวางจุดกำเนิดคลื่น (Shot Point) และตัวรับคลื่น (Geophone) ของ

แนวสำรวจบริเวณหลังสนามฟุตบอล 102

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า
5.41 กราฟแสดงเวลาระหว่างเวลาที่วัดได้จากภาคสนามจริงกับเวลาที่คำนวณได้จากแบบจำลองของแนวสำรวจที่ 1 104
5.42 โครงสร้างชั้นดินของแนวสำรวจที่ 1 ที่ได้จากการคำนวณด้วยอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ 104
5.43 กราฟแสดงเวลาระหว่างเวลาที่วัดได้จากภาคสนามจริงกับเวลาที่คำนวณได้จากแบบจำลองของแนวสำรวจที่ 2 106
5.44 โครงสร้างชั้นดินของแนวสำรวจที่ 2 ที่ได้จากการคำนวณด้วยอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ 106
5.45 แสดงการวางจุดกำเนิดคลื่น (Shot Point) และตัวรับคลื่น (Geophone) ของแนวสำรวจบริเวณบริเวณริมอ่างเก็บน้ำ 107
5.46 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาที่วัดได้จากภาคสนามจริงกับเวลาที่คำนวณได้จากแบบจำลองของแนวสำรวจที่ 3 109
5.47 โครงสร้างชั้นดินของแนวสำรวจที่ 3 ที่ได้จากการคำนวณด้วยอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ 110
5.48 กราฟแสดงรอบที่เจอโครงสร้างชั้นดินจากแบบจำลองที่ 1 ในการคำนวณแต่ละครั้ง 111
5.49 กราฟแสดงรอบที่เจอโครงสร้างชั้นดินจากแบบจำลองที่ 2ในการคำนวณแต่ละครั้ง 111
5.50 เปรียบเทียบค่า Error ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่า Error แต่ละแบบจากโครงสร้างชั้นดินจากแบบจำลองที่ 3 112
5.51 เปรียบเทียบค่า Error ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่า Error แต่ละแบบจากโครงสร้างชั้นดินจากแบบจำลองที่ 4 112
5.52 เปรียบเทียบค่า Error ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่า Error แต่ละแบบจากโครงสร้างชั้นดินจากแบบจำลองที่ 5 113