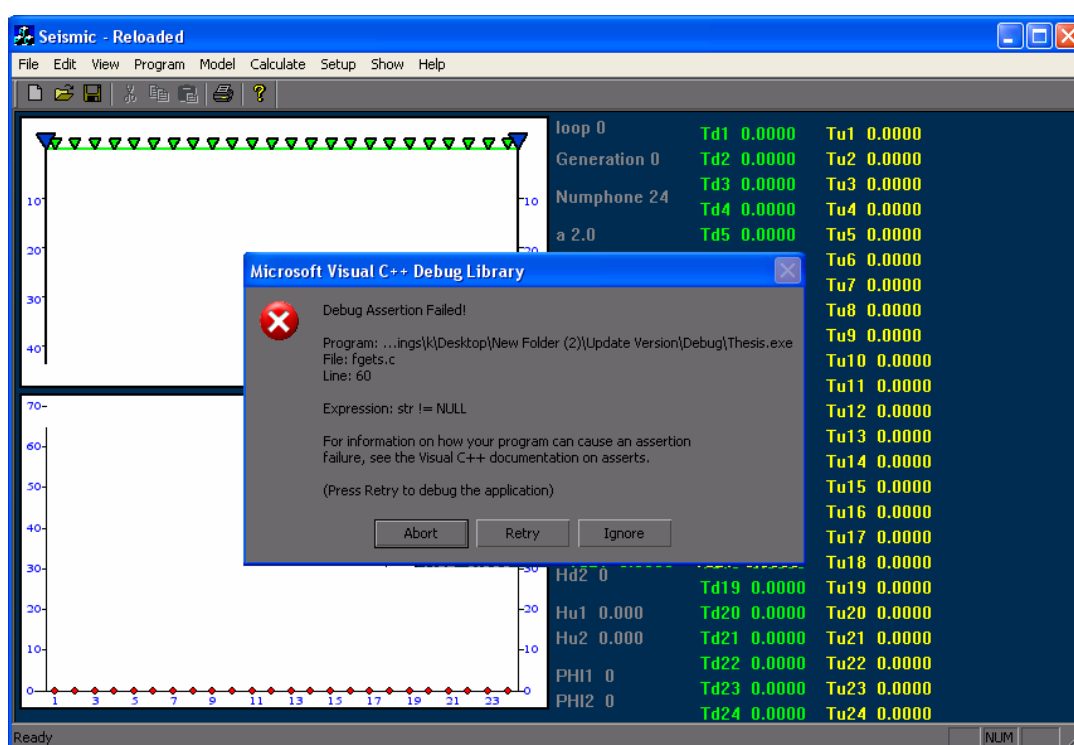


ภาคผนวก ก

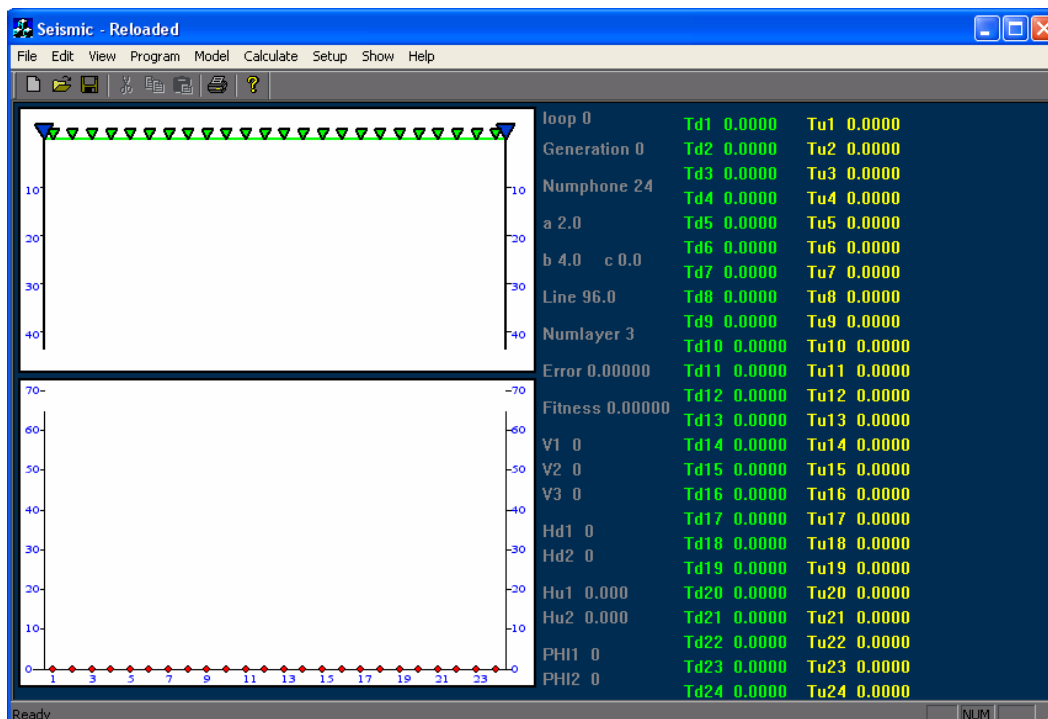
วิธีการใช้งานโปรแกรม

ก่อนที่จะทำการ Run โปรแกรมจะต้องเช็คให้แน่ใจก่อนว่ามี File Model.GEO ซึ่งเป็น Text File อยู่ใน Folder เดียวกับตัวโปรแกรม ไม่เช่นนั้นโปรแกรมจะแจ้งข้อความ Error ว่าไม่สามารถใช้งานได้ ดังรูป



โดยในตัว File นี้จะมีข้อมูลเวลาที่ได้จากโปรแกรม BMP (ในกรณีที่ทำกรสร้าง Model จำลองจากโปรแกรมนี้) หรือข้อมูลเวลาที่ได้จากพื้นที่จริง (กรณีที่น่าข้อมูลจริงมาทำการแปลงผล)

เมื่อ Run โปรแกรมแล้วจะเจอหน้าต่างของโปรแกรม ดังรูป (เมื่อ Run โปรแกรมขึ้นมาควรจะกด Calculate-> Reset ก่อน 1 ครั้งเพื่อให้โปรแกรมทำการล้างข้อมูลเก่าซึ่งอาจค้างอยู่ ก่อนที่จะทำงานใดๆ ต่อไป)



ที่แถบ Menu bar จะมีตัวเลือก Program, Model, Calculate, Setup และ Show ให้เลือก

โดยมีรายละเอียดการใช้งานของแต่ละตัวเลือกดังนี้

1. Program เป็นตัวเลือกว่าจะใช้โปรแกรมอะไรแบ่งเป็น

1.1 Seismic คือ โปรแกรม GASIP สำหรับใช้คำนวณหาแบบจำลองจากวิธีอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ โดยเมื่อเลือกโปรแกรมนี้อาจเลือกตัวเลือกในข้อ 3, 4 และ 5 ได้

1.2 Build Model คือ โปรแกรม BMP สำหรับใช้สร้างแบบจำลองเพื่อทดสอบโปรแกรม GASIP โดยเมื่อเลือกใช้โปรแกรมนี้อาจเลือกตัวเลือกในข้อ 2. ได้

2. Model ตัวเลือกนี้จะใช้ได้เมื่อเลือกโปรแกรม Build Model ในข้อ 1.2 เท่านั้น โดยสำหรับตัวเลือก นี้จะมีรายละเอียดดังนี้

2.1 Insert Parameter for Model เป็นการใส่รายละเอียดของแบบจำลอง ได้แก่

Parameter	Value	Unit
Number of layers	2	Layer
Number of Geophone	24	Chanall
Distance Between Near Source to G1	0	m
Distance Between Far Source to G1	0	m
Distance Between Geophone	1	m
Velocity of Layer 1	1000	m/s
Velocity of Layer 2	2000	m/s
Velocity of Layer 3	3000	m/s
Thickness of Layer 1	0	m
Thickness of Layer 2	0	m
Dip Angel of layer 1	0	Degree
Dip Angel of layer 2	0	Degree

- **Number of layers** บอกว่าแบบจำลองโครงสร้างที่ต้องการสร้างมีชั้นดินกี่ชั้น โดยจะเลือกได้แค่ 2 หรือ 3 ชั้น เท่านั้น
- **Number of Geophone** จำนวนของ Geophone ที่ใช้ มีค่าอยู่ในช่วง 1-24 Geophone
- **Distance Between Near Source and G1** ระยะห่างระหว่าง Shot Point จุดใกล้ และ Geophone ตัวที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 0-20 เมตร
- **Distance Between Far Source and G1** ระยะห่างระหว่าง Shot Point จุดไกล และ Geophone ตัวที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 0-100 เมตร โดยถ้ากำหนดเป็นค่าศูนย์แสดงว่าไม่มีการใช้ Shot Point จุดนี้

- **Distance Between Geophone** ระยะห่างระหว่างแต่ละ Geophone มีค่าอยู่ในช่วง 1-20 เมตร

- **Velocity of Layer 1** ความเร็วคลื่นในชั้นดินชั้นที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 100-8000 เมตรต่อวินาที

- **Velocity of Layer 2** ความเร็วคลื่นในชั้นดินชั้นที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 100-8000 เมตรต่อวินาที

- **Velocity of Layer 3** ความเร็วคลื่นในชั้นดินชั้นที่ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 100-8000 เมตรต่อวินาที

- **Thickness of Layer 1** ความหนาของดินชั้นที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 0-20 เมตร

- **Thickness of Layer 2** ความหนาของดินชั้นที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0-20 เมตร

- **Dip Angel of layer 1** มุมเอียงระหว่างรอยต่อของดินชั้นที่ 1 และ 2 มีค่าอยู่ในช่วง -15 -15 องศา

- **Dip Angel of layer 2** มุมเอียงระหว่างรอยต่อของดินชั้นที่ 2 และ 3 มีค่าอยู่ในช่วง -15 -15 องศา

2.2 Set Center Shot กำหนดว่าจะให้กราฟที่พล็อตระหว่างตำแหน่งของ Geophone แต่ละตัวและเวลา แสดงค่าเวลาที่ได้จาก Shot Point ที่อยู่กึ่งกลางแนวสำรวจ

- **Show** ให้แสดง

- **Not Show** ไม่ต้องแสดง

3. Calculate สำหรับตัวเลือกนี้จะเป็นส่วนของการสั่งทำงานหรือ หยุดโปรแกรม GASIP

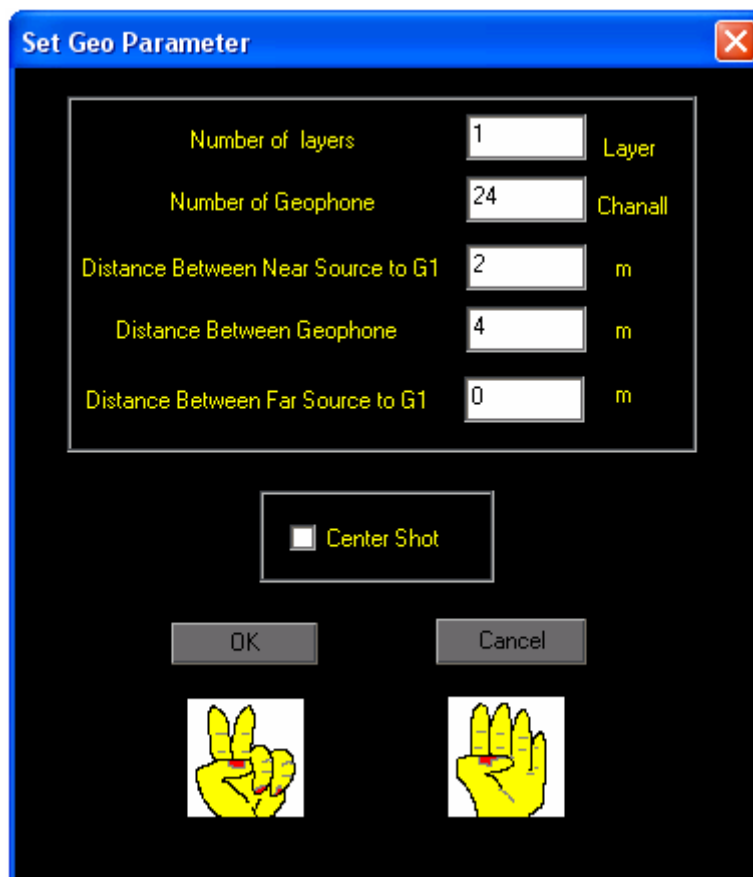
3.1 Start สั่งให้โปรแกรม GASIP เริ่มทำงาน

3.2 Reset สั่งให้โปรแกรมลบผลที่มีอยู่ทั้งหมดเพื่อเริ่มทำงานใหม่

3.3 Stop หยุด โปรแกรม GASIP โดยสามารถหยุดชั่วคราวได้ และเมื่อกด Start อีกครั้ง จะเป็นการคำนวณต่อจากผลที่ได้ก่อนหน้านี้

4.Setup

4.1 Set Geo Parameter



Set Geo Parameter

Number of layers: 1 Layer

Number of Geophone: 24 Chanall



Distance Between Near Source to G1: 2 m

Distance Between Geophone: 4 m

Distance Between Far Source to G1: 0 m

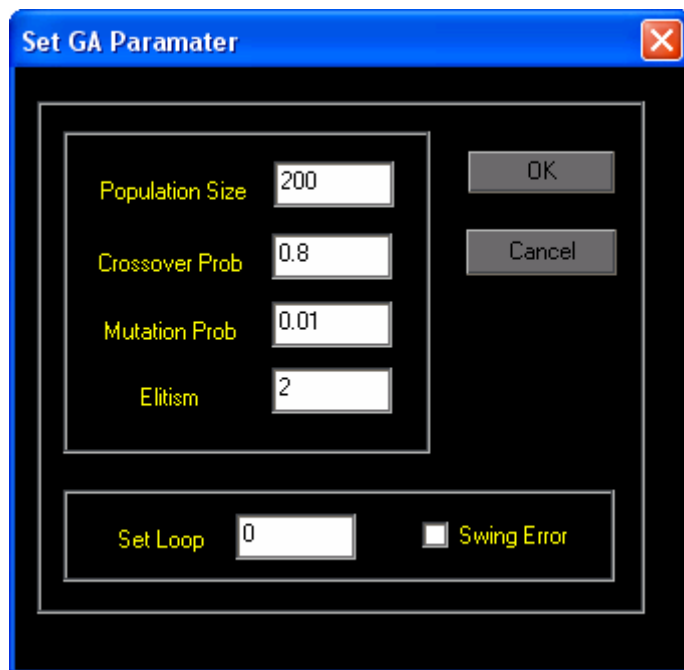
Center Shot

OK Cancel

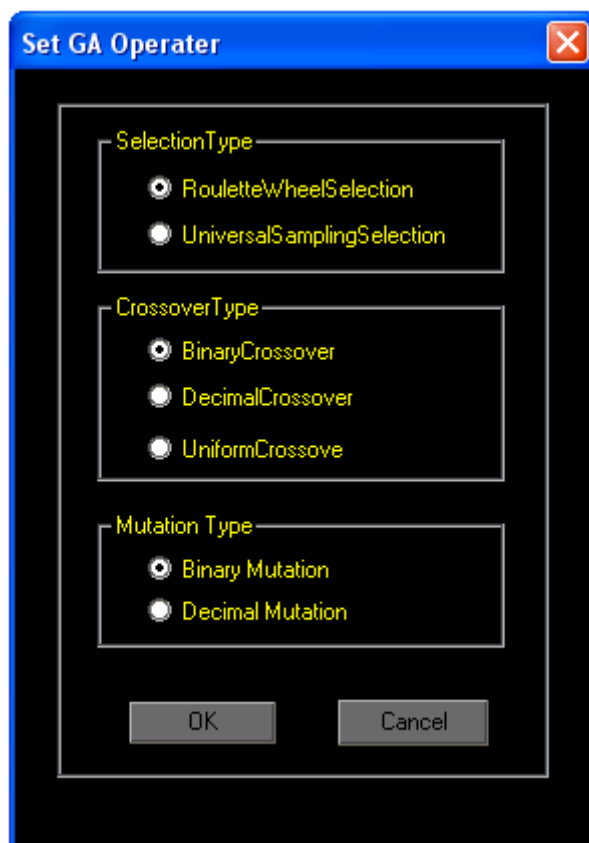
- **Number of layers** บอกว่าแบบจำลองโครงสร้างที่ต้องการสร้างมีชั้นดินกี่ชั้น โดยจะเลือกได้แค่ 2 หรือ 3 ชั้น เท่านั้น
- **Number of Geophone** จำนวนของ Geophone ที่ใช้ มีค่าอยู่ในช่วง 1-24 Geophone
- **Distance Between Near Source and G1** ระยะห่างระหว่าง Shot Point จุดใกล้ และ Geophone ตัวที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 0-20 เมตร
- **Distance Between Far Source and G1** ระยะห่างระหว่าง Shot Point จุดไกล และ Geophone ตัวที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 0-100 เมตร โดยถ้ากำหนดเป็นค่าศูนย์แสดงว่าไม่มีการใช้ Shot Point จุดนี้
- **Distance Between Geophone** ระยะห่างระหว่างแต่ละ Geophone มีค่าอยู่ในช่วง 1-20 เมตร
- **Center Shot** ถ้าเช็คถูกแสดงว่าใช้จุดยิง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางแนวสำรวจด้วย ถ้าไม่เช็คแสดงว่าไม่ใช่

4.2 Set GA Parameter เป็นการกำหนดค่า Parameter ของการคำนวณโดยวิธี อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์



- **Population Size** กำหนดจำนวนประชากรที่จะใช้ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 50- 1000 ตัว
- **Crossover Prob** กำหนดความน่าจะเป็นในการ Crossover โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0-1
- **Mutation Prob** กำหนดความน่าจะเป็นในการ Mutation โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0-1
- **Elitism** กำหนดจำนวนการเก็บรักษาประชากรที่มีคุณภาพดีไว้ (ได้แก่ตัวที่มีความเหมาะสมสูง) โดยจะต้องกำหนดเป็นเลขคู่เท่านั้น มีค่าอยู่ในช่วง 2-50
- **Set Loop** กำหนดจำนวนรอบในการคำนวณ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1-1 ล้านรอบ กรณีที่เซทเป็นเลขศูนย์แสดงว่าไม่กำหนดจำนวนรอบที่คำนวณ
- **Swing Error** ถ้าเซตถูกจะกำหนดให้มีการนำประชากรใหม่ที่เป็นผลมาจากกระบวนการ Crossover และ Mutation มาแทนที่ประชากรเดิมโดยทันทีไม่ต้องเทียบค่าความเหมาะสม

4.3 Set GA Operator เป็นการเลือกรูปแบบในการคำนวณของอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์



- **Selection Type** เลือกรูปแบบของการ Selection

Roulette Wheel Selection แบบ Roulette Wheel Selection

Universal Smpling Selection แบบ Universal Smpling Selection

- **Crossover Type** เลือกรูปแบบของการ Crossover

Binary Crossover แบบแปลงประชากรเป็นเลขฐานสองแล้วทำการ Crossover แบบ Binary Crossover

Decimal Crossover แบบไม่ต้องแปลงประชากรจะ Crossover โดยใช้เลขฐานสิบโดยตรง

Uniform Crossover แบบแปลงประชากรเป็นเลขฐานสองแล้วทำการ Crossover แบบ Unifrom Crossover

- **Mutation Type** เลือกรูปแบบของการ Mutation

Binary mutation แบบแปลงประชากรเป็นเลขฐานสองแล้วทำการ Mutation

Decimal Mutation แบบไม่ต้องแปลงประชากรจะ Mutation โดยใช้เลขฐานสิบโดยตรง

4.4 Set Geo Properties สำหรับตัวเลือกนี้จะเป็นการเซตคุณสมบัติของชั้นดินที่เราต้องการหาซึ่งเป็นการเซตขอบเขตของการคำนวณซึ่งจะทำให้โปรแกรมทำการคำนวณและดูเข้าสู่ผลลัพธ์เร็วยิ่งขึ้น

Set Geo Properties

Set Velocity

Property	Value	Unit
Minimum Velocity of Layer 1	100	m/s
Minimum Velocity of Layer 2	100	m/s
Minimum Velocity of Layer 3	100	m/s
Maximum Velocity of Layer 1	8000	m/s
Maximum Velocity of Layer 2	8000	m/s
Maximum Velocity of Layer 3	8000	m/s

Set Thickness

Property	Value	Unit
Minimum Thickness of Layer 1	0	m
Minimum Thickness of Layer 2	0	m
Maximum Thickness of Layer 1	20	m
Maximum Thickness of Layer 2	20	m

Set Dip Angle

Property	Value	Unit
Minimum Dip Angle of Layer 1	-15	Degree
Minimum Dip Angle of Layer 2	-15	Degree
Maximum Dip Angle of Layer 1	15	Degree
Maximum Dip Angle of Layer 2	15	Degree

OK Cancel

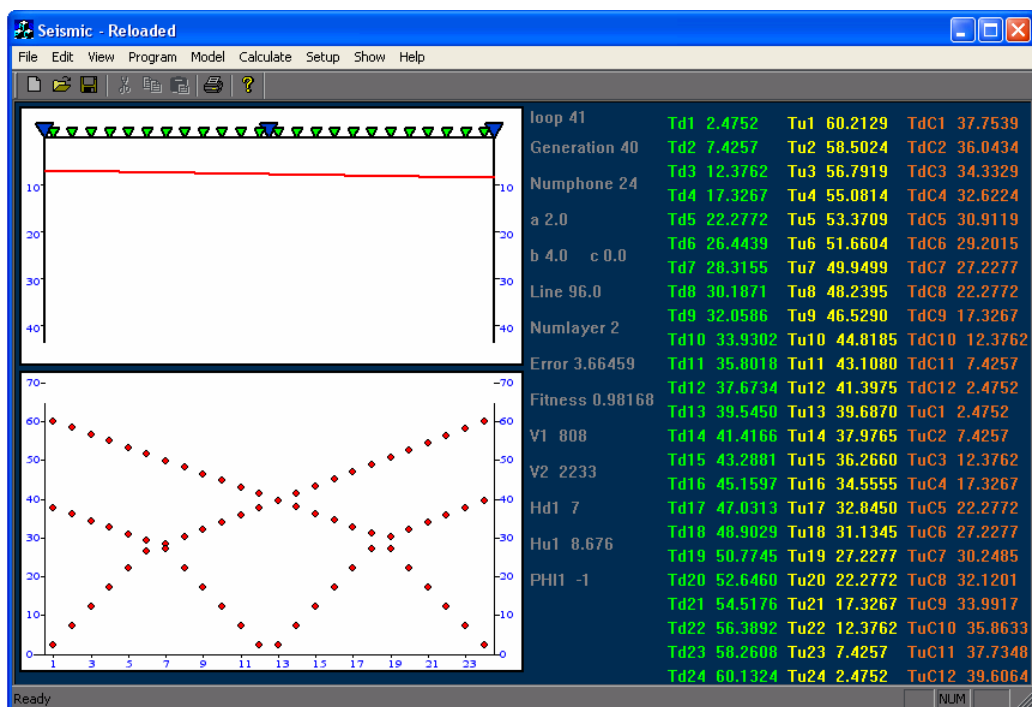
โดยค่าที่สามารถกำหนดได้คือ

- ความเร็วต่ำและสูงสุดของชั้นดินแต่ละชั้น
- ความตื้นและความลึกของชั้นดินแต่ละชั้น
- ค่ามุมเอียงของชั้นดินแต่ละชั้น

5.Show เป็นส่วนของการแสดงผลในการทำงานของโปรแกรม

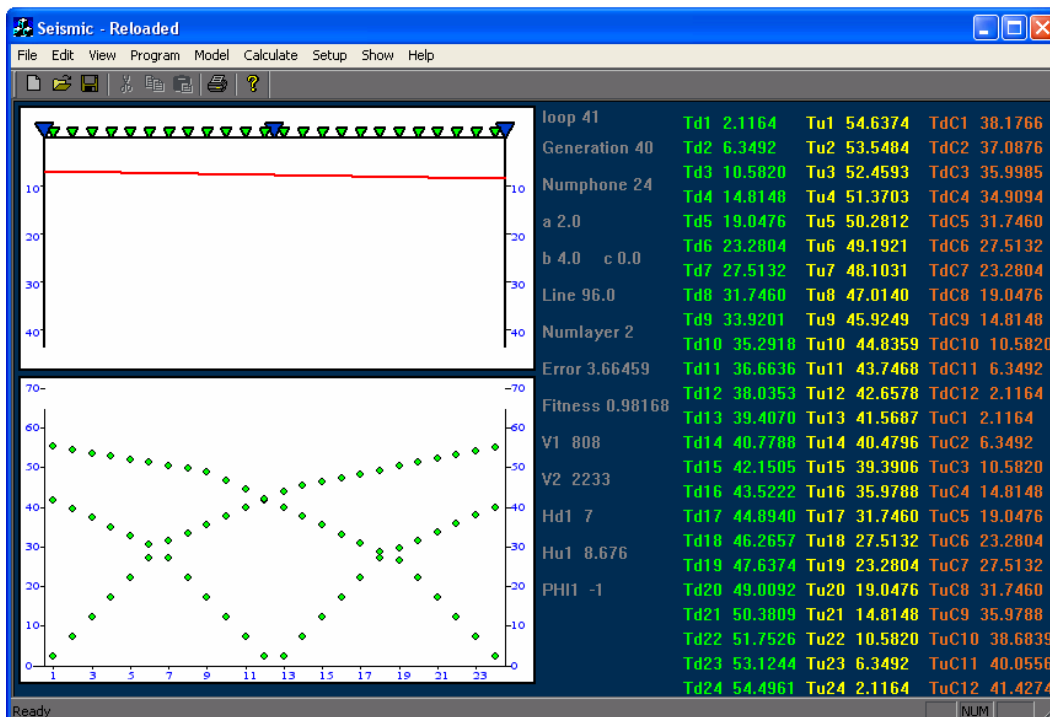
5.1 Show Graph แสดงกราฟเวลาที่ได้จากการคำนวณโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์

ศาสตร์

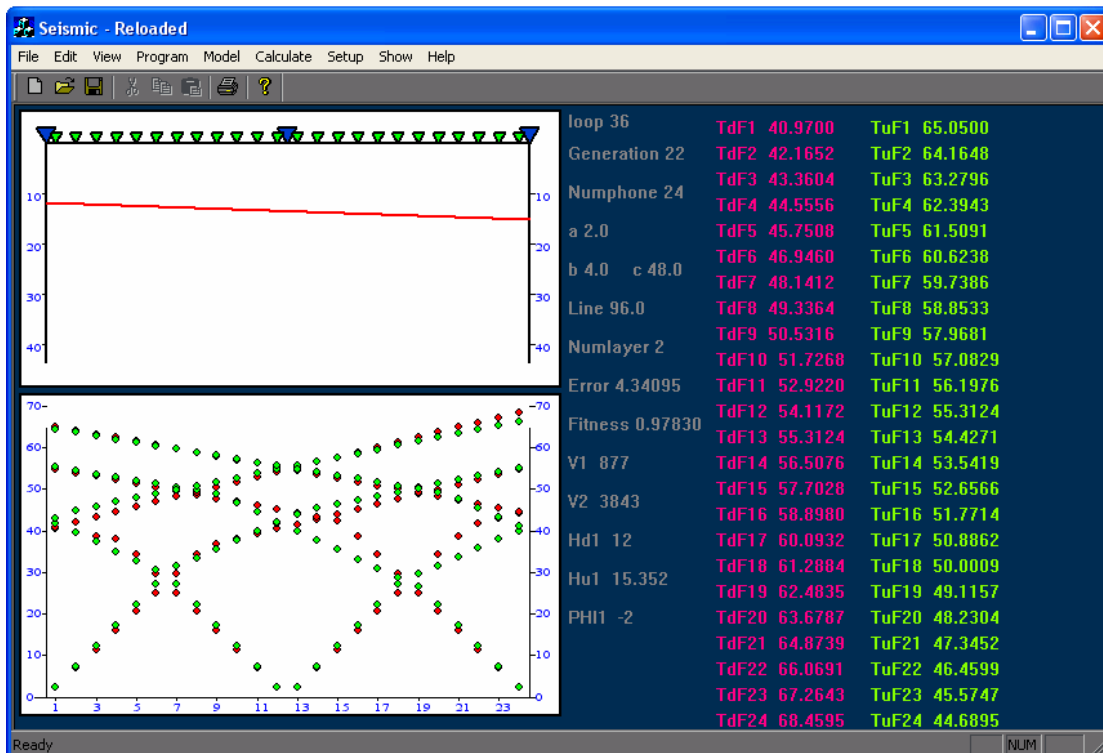


5.2 Show Real Graph แสดงกราฟเวลาที่ได้จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นหรือเวลาที่ได้จาก

การวัดจริงโดยจะอ่านข้อมูลมาจากไฟล์ Model.GEO



5.3 Show Compare แสดงกราฟเวลาจริงและเวลาที่คำนวณได้จาก GASIP มาเปรียบเทียบกัน



5.4 Show Some background Data แสดงให้เห็นข้อมูลของประชากรบางตัว

Station 1												
V1 231	V1 318	V1 330	V1 6965	V1 5943	V1 5392	V1 5120	V1 4673	V1 4135	V1 725	V1 3828	V1 3917	V1 509
V2 2925	V2 1097	V2 5742	V2 7676	V2 6235	V2 7239	V2 5411	V2 7688	V2 7222	V2 4583	V2 4815	V2 5898	V2 3369
Hd1 16	V3 2815	Hd1 14	Hd1 17	Hd1 3	Hd1 12	V3 5934	Hd1 26	Hd1 9	V3 8190	V3 5438	Hd1 30	Hd1 5
PHI1 -5	Hd1 4	PHI1 2	PHI1 -3	PHI1 -13	PHI1 -3	Hd1 20	PHI1 0	PHI1 -11	Hd1 1	Hd1 3	PHI1 9	PHI1 -12
	Hd2 19					Hd2 20			Hd2 0	Hd2 15		
	PHI1 -5					PHI1 -11			PHI1 -1	PHI1 -7		
	PHI2 -10					PHI2 -2			PHI2 -4	PHI2 -7		

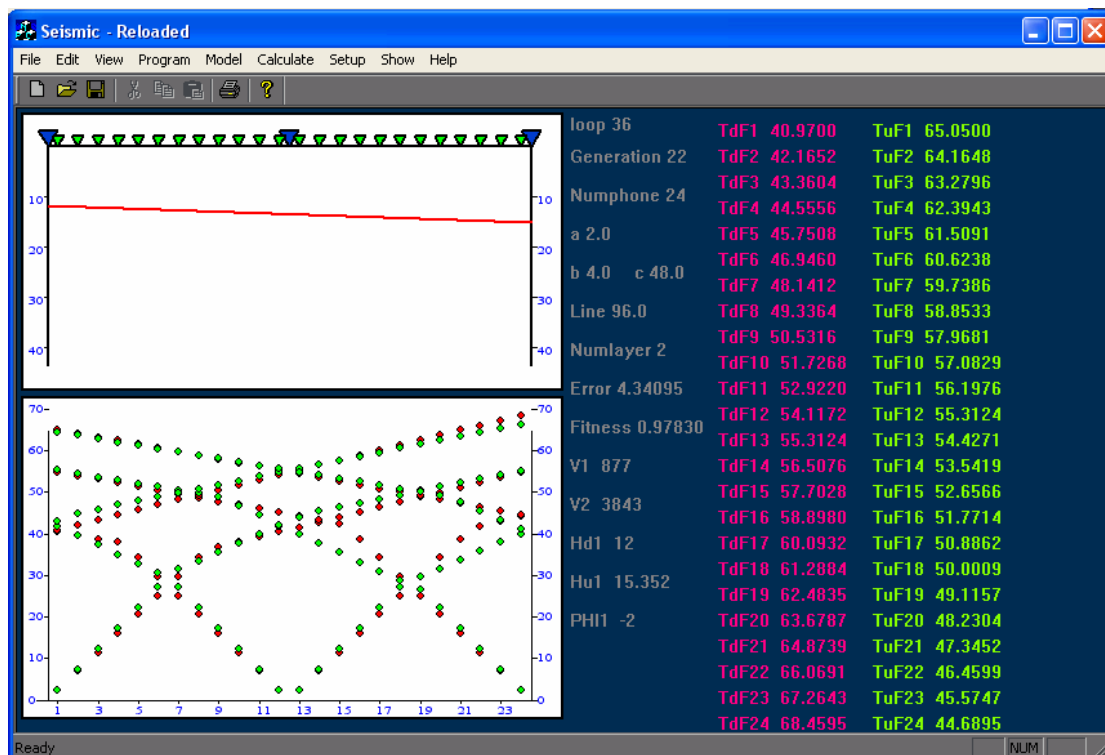
Station 2												
V1 3246	V1 3225	V1 1792	V1 762	V1 1750	V1 2785	V1 463	V1 2602	V1 2515	V1 2349	V1 782	V1 943	V1 1077
V2 3790	V2 3932	V2 5407	V2 902	V2 5420	V2 6948	V2 5706	V2 3427	V2 5757	V2 7306	V2 4489	V2 2370	V2 6102
V3 4814	Hd1 5	V3 7167	Hd1 1	V3 7909	Hd1 28	V3 7797	Hd1 12	V3 8191	Hd1 21	Hd1 18	V3 7797	V3 6886
Hd1 0	PHI1 -13	Hd1 8	PHI1 -2	Hd1 7	PHI1 -9	Hd1 3	PHI1 -13	Hd1 25	PHI1 -12	PHI1 -8	Hd1 27	Hd1 7
Hd2 19		Hd2 8		Hd2 18		Hd2 17		Hd2 4			Hd2 1	Hd2 18
PHI1 -6		PHI1 1		PHI1 -1		PHI1 -11		PHI1 -10			PHI1 -11	PHI1 -4
PHI2 -2		PHI2 0		PHI2 -15		PHI2 -1		PHI2 -15			PHI2 -13	PHI2 -15

Station 3												
V1 1431	V1 936	V1 1069	V1 255	V1 1408	V1 867	V1 1307	V1 719	V1 1079	V1 1000	V1 1042	V1 943	V1 877
V2 3032	V2 7609	V2 6409	V2 3886	V2 7859	V2 2629	V2 4840	V2 3828	V2 4847	V2 6404	V2 2349	V2 2069	V2 2304
Hd1 16	Hd1 7	V3 7163	Hd1 5	Hd1 18	V3 5213	V3 7343	V3 5182	V3 8191	V3 8191	Hd1 5	Hd1 5	Hd1 6
PHI1 8	PHI1 -5	Hd1 5	PHI1 1	PHI1 -4	Hd1 4	Hd1 21	Hd1 3	Hd1 21	Hd1 9	PHI1 -12	PHI1 -3	PHI1 -3
		Hd2 15			Hd2 9	Hd2 21	Hd2 15	Hd2 0	Hd2 7			
		PHI1 -10			PHI1 -3	PHI1 4	PHI1 -7	PHI1 6	PHI1 -10			
		PHI2 -9			PHI2 -10	PHI2 -1	PHI2 -7	PHI2 -2	PHI2 -6			

loop 41

5.5 Show Time Long Shot แสดงเวลาในกรณีที่ทำกรวัดแบบใช้ 5 จุดยิง

- Show แสดงเวลาที่ Geophone ใดๆ ได้จากจุดยิงที่ 4 และ 5
- Not Show ไม่แสดงเวลาที่ Geophone ใดๆ ได้จากจุดยิงที่ 4 และ 5 แต่จะกลับไปแสดงเวลาที่ได้จากจุดยิงที่ 1 และ 2 แทน ตามค่าที่กำหนดไว้เมื่อเริ่มแรก

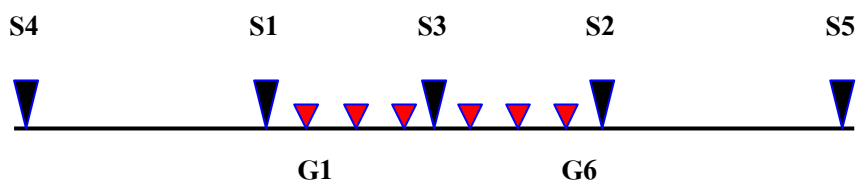


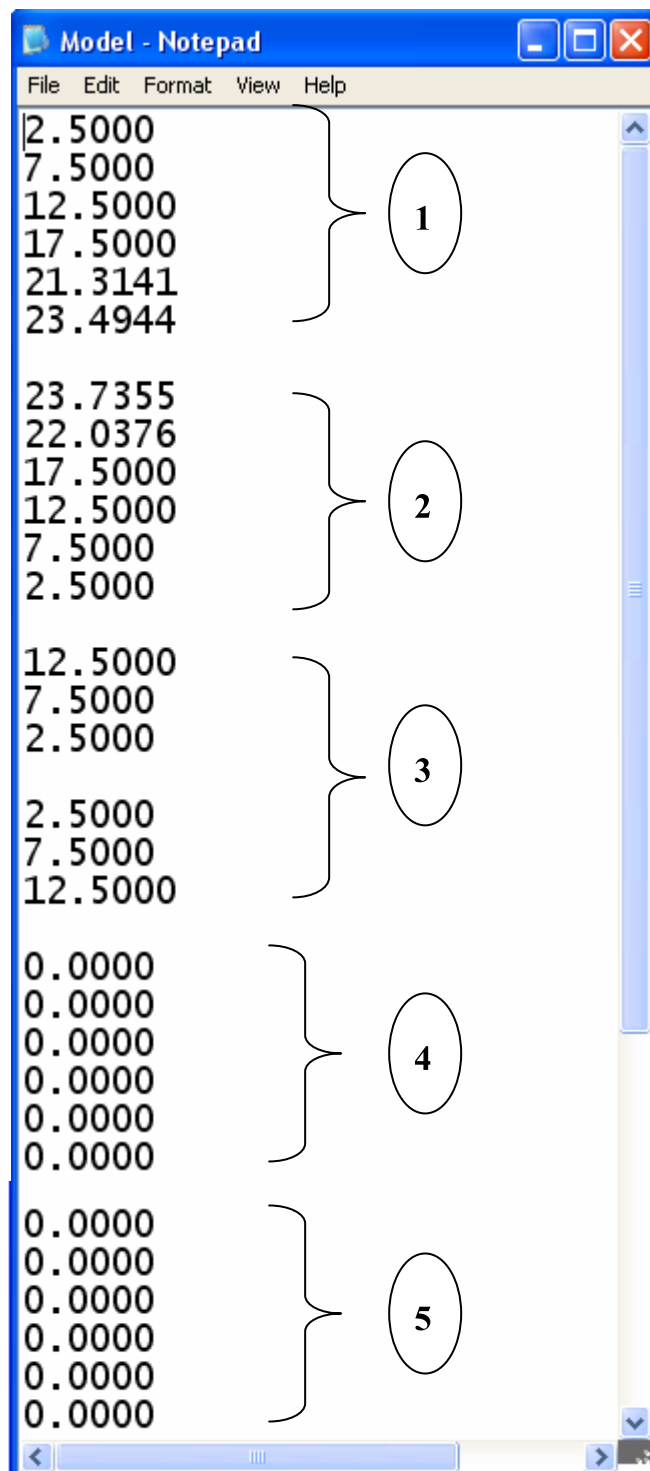
รายละเอียด File Model.GEO



Model.geo

วิธีการใส่ข้อมูลเวลาเพื่อที่จะนำมาคำนวณกับโปรแกรม GASIP แสดงผังรูป
โดยสมมติจุดกำเนิดคลื่นดังแสดงในภาพ และใช้ Geophone 6 ตัวในการสำรวจ



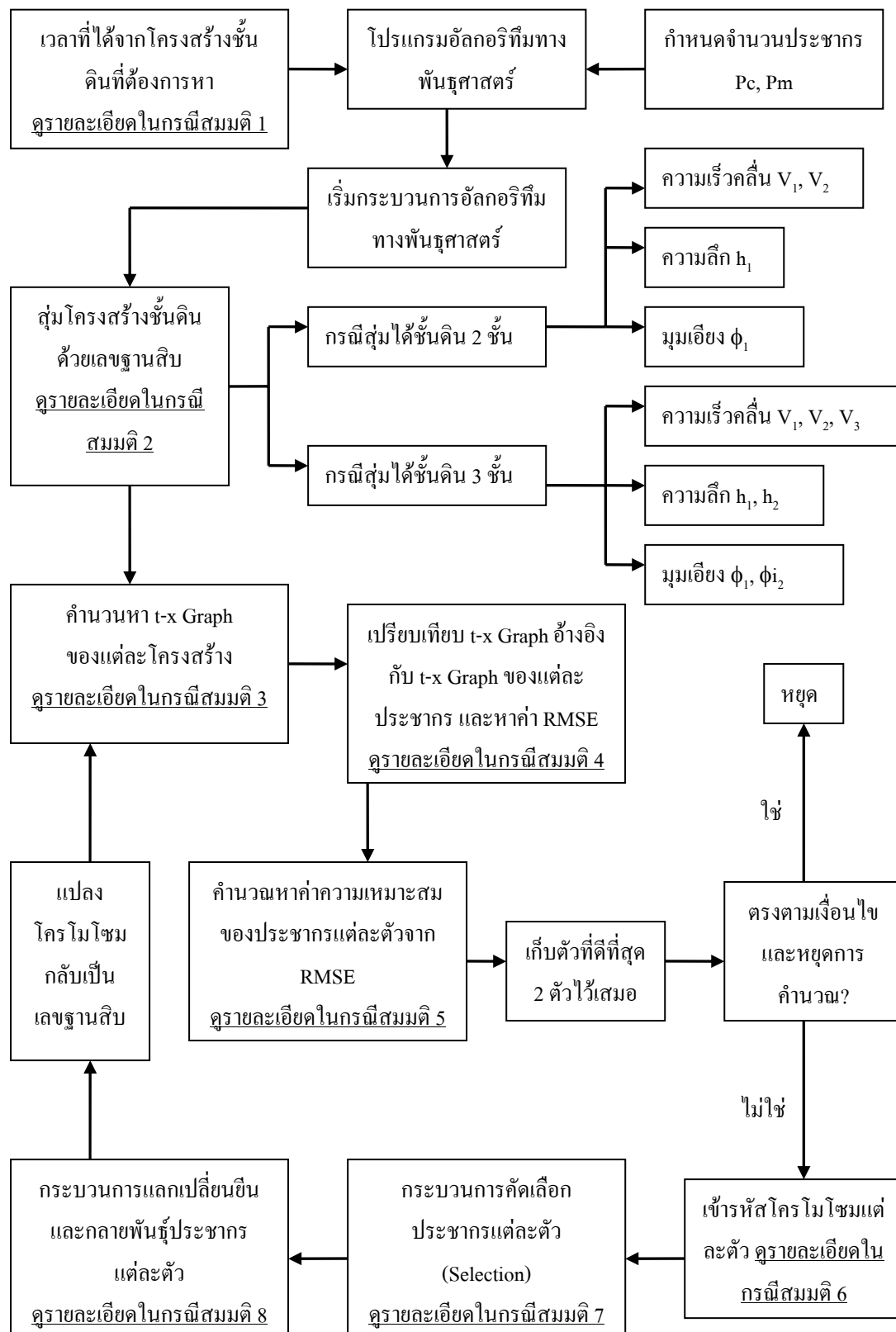


หมายเลขต่างๆ ที่อยู่ในวงรีแสดงถึงเวลาที่ได้รับจากแต่ละจุดกำเนิดคลื่น โดย
ระหว่างแต่ละจุดอิงให้เว้นบรรทัด 1 บรรทัด ยกเว้นจุดอิงกลาง(หมายเลข 3) ซึ่งจะเว้นบรรทัด
ระหว่างเวลาที่ได้จาก Geophone ด้านซ้ายและขวาด้วย

สำหรับกรณีนี้แสดงนี้ ข้อมูลเวลา ณ หมายเลข 4 และ 5 เป็น ศูนย์ หมายความว่า
ไม่ได้มีจุดกำเนิดคลื่น ณ 2 จุดนี้

ภาคผนวก ข

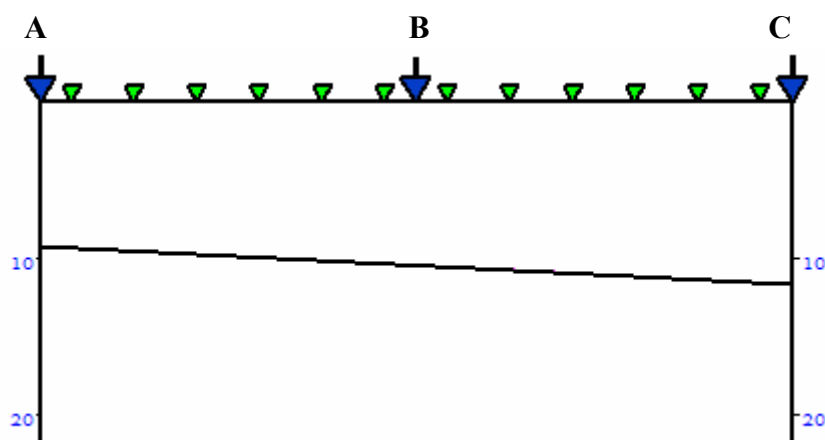
ผังขั้นตอนกระบวนการอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์



ภาคผนวก ค.

ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่ได้จากการใช้ RMSError และ % Error ในการคำนวณ

ตัวอย่างต่อไปนี้จะใช้แบบจำลองชั้นดินแบบที่ 2 ในการนำมาเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่ได้จากการใช้ค่า Error ทั้ง 2 แบบ



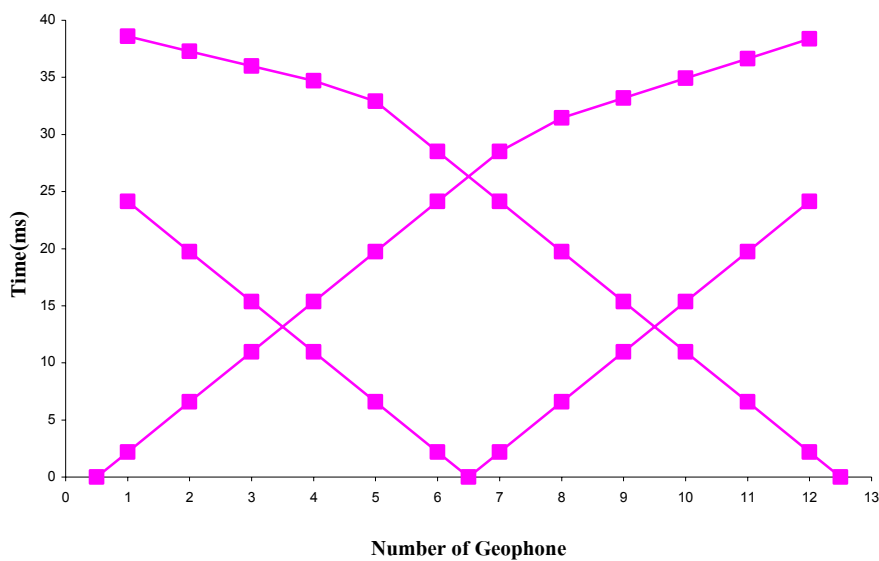
แบบจำลองชั้นดินแบบที่ 2 ชั้นดิน 2 ชั้นเรียบ เอียง ใช้ตัวรับคลื่น (Geophone) 12 ตัว แหล่งกำเนิดคลื่น 3 ตำแหน่ง ระยะห่างระหว่างตัวรับคลื่น 4 เมตร และระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดคลื่น A และ C ห่างจากตัวรับคลื่นที่ 1 และ 12 คือ 2 เมตรตามลำดับ

รายละเอียดตัวแปรต่างๆ

ความเร็วคลื่นของดินชั้นที่ 1 และ 2 คือ 912 และ 2,640 m/s ตามลำดับ

ความลึกของดินชั้นที่ 1 ที่จุดขึง A และ C คือ 9 และ 11.516 m ตามลำดับ

มุมเทของดินชั้นที่ 1 คือ -3 องศา



t-x graph ที่ได้จากแบบจำลองชั้นดินแบบที่ 2

ต่อไปจะเรียกแบบจำลองชั้นดินแบบที่ 2 นี้ว่า Master และเรียก t-x graph ที่ได้จากแบบจำลองชั้นดินแบบที่ 2 ว่า Master Graph

ทำการสร้างชั้นดินแบบต่างๆขึ้นมาเพื่อสร้าง t-x graph ของแต่ละแบบและนำมาเปรียบเทียบกับ Master Graph

ชั้นดินแบบที่ 1 รายละเอียดตัวแปรต่างๆ

ความเร็วคลื่นของดินชั้นที่ 1 และ 2 คือ 600 และ 2,640 m/s ตามลำดับ

ความลึกของดินชั้นที่ 1 ที่จุดยิง A และ C คือ 9 m

มุมเทของดินชั้นที่ 1 คือ -3 องศา

ชั้นดินแบบที่ 2 รายละเอียดตัวแปรต่างๆ

ความเร็วคลื่นของดินชั้นที่ 1 และ 2 คือ 912 และ 3,200 m/s ตามลำดับ

ความลึกของดินชั้นที่ 1 ที่จุดยิง A และ C คือ 9 m

มุมเทของดินชั้นที่ 1 คือ -3 องศา

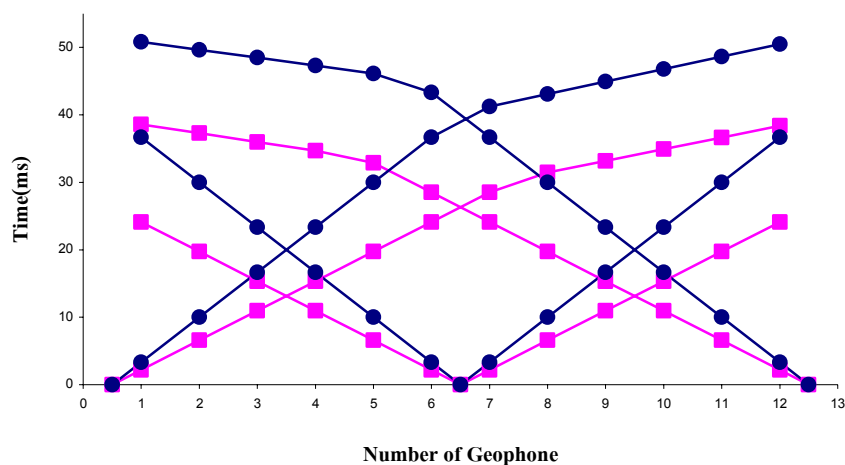
ชั้นดินแบบที่ 3 รายละเอียดตัวแปรต่างๆ

ความเร็วคลื่นของดินชั้นที่ 1 และ 2 คือ 912 และ 2,640 m/s ตามลำดับ

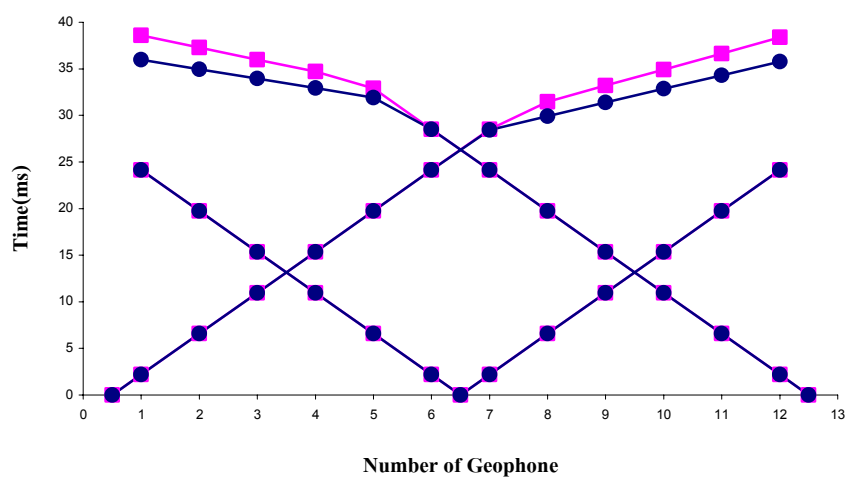
ความลึกของดินชั้นที่ 1 ที่จุดยง A และ C คือ 9 m
มุมเทของดินชั้นที่ 1 คือ 3 องศา

ชั้นดินแบบที่ 4 รายละเอียดตัวแปรต่างๆ

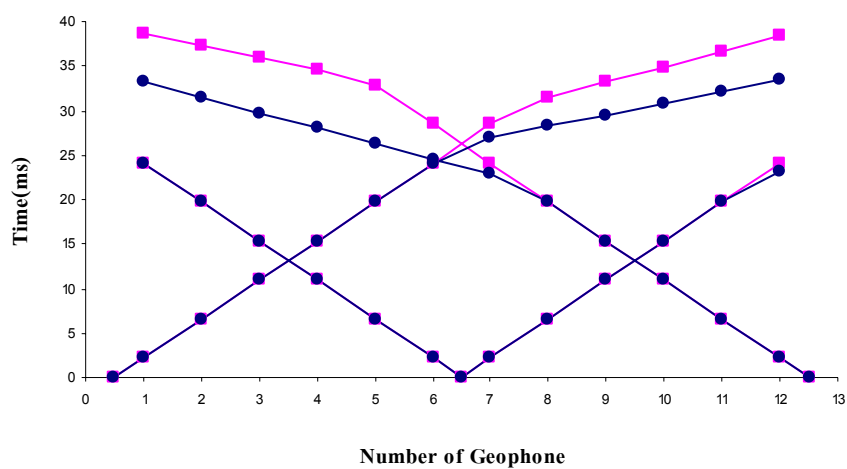
ความเร็วคลื่นของดินชั้นที่ 1 และ 2 คือ 1,200 และ 1,450 m/s ตามลำดับ
ความลึกของดินชั้นที่ 1 ที่จุดยง A และ C คือ 9 m
มุมเทของดินชั้นที่ 1 คือ 3 องศา



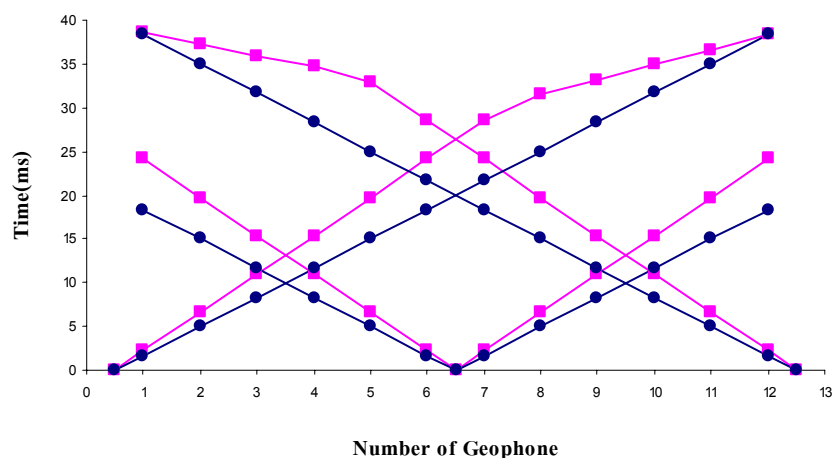
เปรียบเทียบระหว่าง Master Graph กับ t-x Graph ของชั้นดินแบบที่ 1



เปรียบเทียบระหว่าง Master Graph กับ t-x Graph ของชั้นดินแบบที่ 2



เปรียบเทียบระหว่าง Master Graph กับ t-x Graph ของชั้นดินแบบที่ 3



เปรียบเทียบระหว่าง Master Graph กับ t-x Graph ของชั้นดินแบบที่ 4

เมื่อนำกราฟทั้ง 2 มาทำการหาค่าความผิดพลาดของแต่ละแบบจะได้ผลดังนี้

แบบที่ 1 RMSError = 16.7447 % Error = 11.8714

แบบที่ 2 RMSError = 1.8873 % Error = 2.1719

แบบที่ 3 RMSError = 4.9713 % Error = 3.8045

แบบที่ 4 RMSError = 7.1645 % Error = 7.8221

จากผลการคำนวณค่าผิดพลาดที่ได้จะเห็นว่าแบบจำลองบางแบบเมื่อคำนวณค่าความผิดพลาดด้วย RMSError ค่าความผิดพลาดจะมากกว่าคำนวณด้วย % Error แต่ในขณะที่บางแบบเมื่อคำนวณค่าความผิดพลาดด้วย RMSError ค่าความผิดพลาดจะน้อยกว่าคำนวณด้วย % Error ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดด้วย RMSError แต่เพียงอย่างเดียวแบบจำลองบางแบบอาจจะมีค่าความเหมาะสมน้อยแต่ในขณะที่หากนำมาคำนวณด้วย % Error แบบจำลองนั้นอาจจะมีค่าความเหมาะสมมากก็เป็นได้ ดังนั้นจึงได้มีการทดสอบการคำนวณด้วย % Error เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับ RMSError ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

An Efficiency Comparison between Different Objective Functions in Genetic Algorithm Application for Seismic Refraction Interpretation

Chaiwat Lersviriyantakul¹, Pattara Aiyarak^{1*}, Warawutti Lohawijarn²

¹Innovation in Physics Research Unit, Department of Physics, Faculty of science,
Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

²Geophysics Research Unit, Department of Physics, Faculty of science,
Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

*E-mail: pattara.a@psu.ac.th

Abstract

The exploration of geophysics with seismic refraction technique is the method for determining underlying geological structure by velocity contrast of different rock type. The geological structure under the earth surface such as depth and dip angle is shown. The interpretation techniques such as intercept time methods were used for interpret seismic refraction data. The accuracy of this technique depends on skill and experience of interpreter. The Genetic Algorithm was applied for determining seismic refraction data. This paper addresses a possibility of a simple method of using Genetic Algorithms (GA) by using different of objective functions i.e. RMS Error and Percent Error. The studied subsurface structures are 2-layer and 3-layer earth models with horizontal and dipping planar interfaces. The results showed that there is statistically no difference between both objective functions.

Keywords: Genetic Algorithms, Seismic Refraction, Velocity Inversion, Travel Time Inversion.

1. Introduction

Seismic refraction technique is a method for determining underlying geological rock structure, such as thickness of layer, faults and anomalous velocity zone under the earth. The analyzed seismic data sets are composed of the travel times of the first arriving seismic waves from source, which can be explosive or manmade source, to an array of receivers i.e. geophones, on the surface. The waves from seismic source propagate pass the layer of earth to receivers (geophone). From travel time data, we can determine earth parameters such as velocity thickness and dip of geological structure. Presently, there are many interpretation methods to determine geological structure from travel time data (Palmer, 2001), e.g. intercept time method, wavefront reconstructure method, matrix inversion, and homographic inversion. These problems are usually

highly-dimensional, multi-modal and non-linear. However, these methods require experienced geologists or geophysicists.

Genetic Algorithms (GA) were designed to work on non-linear, multi-modal and sometimes poorly understood problems. (Holland, 1975). It is based on natural selection and evolution. The GA is started by random initial population and keeping good individuals to the next generation. After that, other individuals will be operated by three operators, i.e. selection, crossover and mutation. In each generation, every individual in the population is assigned a fitness value according to its performance. Fitted individuals have more chances to produce offspring in subsequent generations. Genetic algorithm is normally to solve traveling-salesman problem, faults matching and etc.

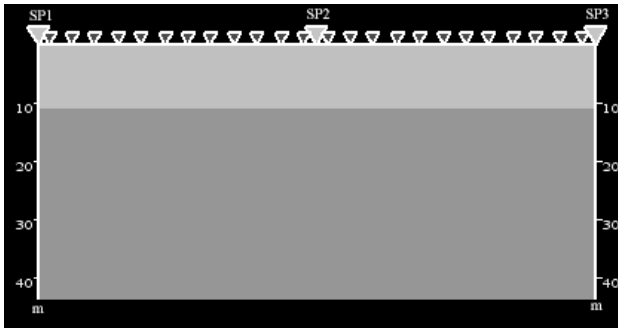
In this paper, we will apply genetic algorithm to interpret seismic data of simple model, 2-layer earth models and 3-layer earth models with horizontal and dipping planar interface. Travel time of seismic wave was considered as a search problem. From the observed data, we can generate model consisting of velocity, depth and dip angle. Afterward a model from the observed data is found by comparing travel time between observed model and generated model. The results from the comparison are so-called errors and will be determined by an objective function. The performances between two objective functions will be statistically tested. The difference in both functions is the method to calculate the errors.

2. Methodology

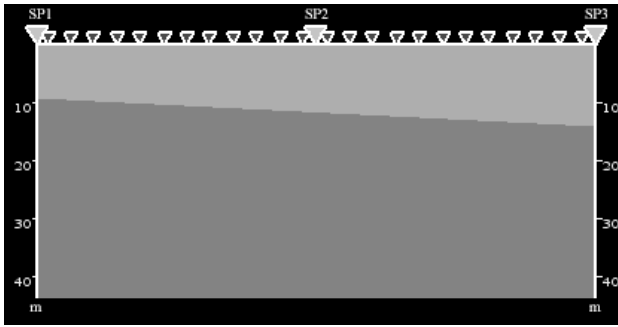
2.1 Seismic refraction design

In this paper, we would like to determine geological structure from seismic refraction data with Genetic Algorithms. The confinement in this paper is interpreting 2-3-layer planar dipping interfaces by using different of objective functions. The unknown parameters in our problem are velocities depths and dip angle of

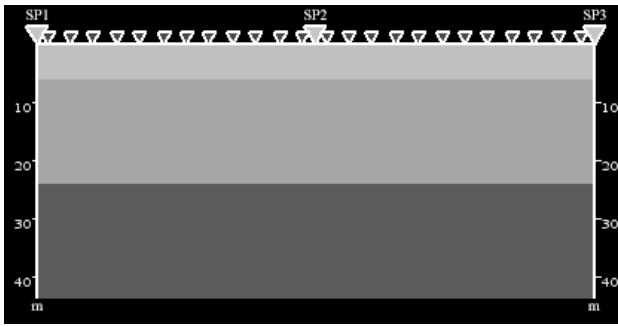
layers. In 2-layer case, 4 parameters (v_1, v_2, h_1, ϕ_1) will be used to explain geological structure and in 3-layer case, 7 parameters ($v_1, v_2, v_3, h_1, h_2, \phi_1, \phi_2$) will be used to explain. Five models from synthetic data were synthesized as shown in Figure 1. The models have different parameters. The travel time data of each model was calculated from 3-shot location to an array of 24 receivers.



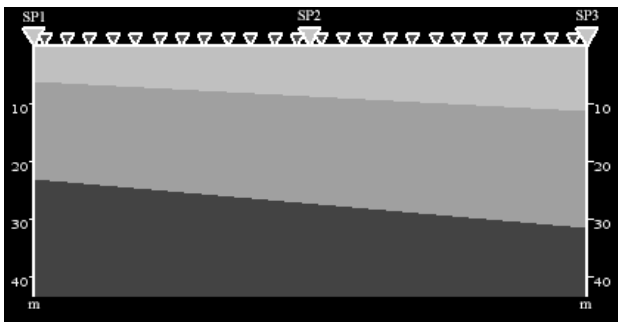
(a)



(b)

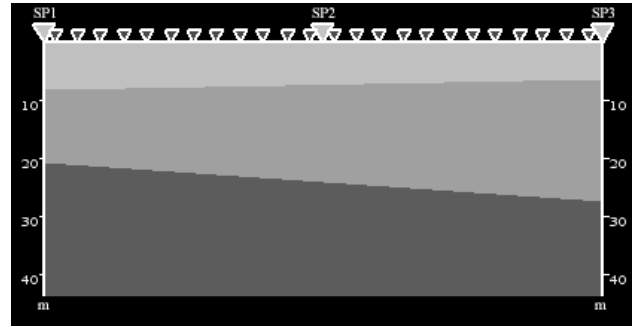


(c)



(d)

Figure 1: Five models from synthesis data. (a) and (b) 2-layer model without and with dipping, respectively (c) and (d) 3-layer model without dipping and with parallel dipping, respectively.



(e)

Figure 1 (cont): Five models from synthesis data. (e) 3-layer model with non-parallel dipping.

2.2 Genetic Algorithm design

We used Genetic Algorithms to reconstruct the models and determine the travel-time data of seismic wave from a source to each geophone. Initially, the layers of rock are divided randomly into two or three layers. A population consisting of velocities of rock (100 to 8000m/s), depths layers (0 to 20m) and dip angle (-15 to 15degree) was randomly generated by Genetic Algorithms. Each parameter is encoded in one dimensional array of binary string called chromosome. For velocity data 13-bit binary string was used, this can handle velocity range from 100 to 8000 m/sec, two 5-bit binary strings were used for depth and dip angle parameters which represent depth from 0 to 20 meters and dip angle from -15 to +15 degree. The total number of possible models is more than two billions. On each model, travel-time data was estimated and compared with the actual travel time data of the model. This process was used to find the error. The error between the calculated travel times and the observed travel times is given by 2 functions. Figure 2 shows the diagram of calculated error section using error differences function.

$$RMSError = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_i^{cal} - t_i^{obs})^2} \quad (1)$$

$$PercentError = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{t_i^{cal} - t_i^{obs}}{t_i^{obs}} \right| \times 100 \quad (2)$$

where

n is the number of observations (receivers e.g. geophones).

i is each observation.

t_i^{obs} and t_i^{cal} is the observed and calculated travel times, respectively.

The objective function is a main source to provide the mechanism for evaluating the status of each

chromosome. This is an important link between the Genetic Algorithm and the problem. We will test these objective functions for comparing the result. If the estimated travel-time data approach the travel-time data of model, it will be kept for the next generation, i.e. this individual has the highest fitness value. Individuals that are not selected will be passed to the crossover and mutation processes for the next generation.

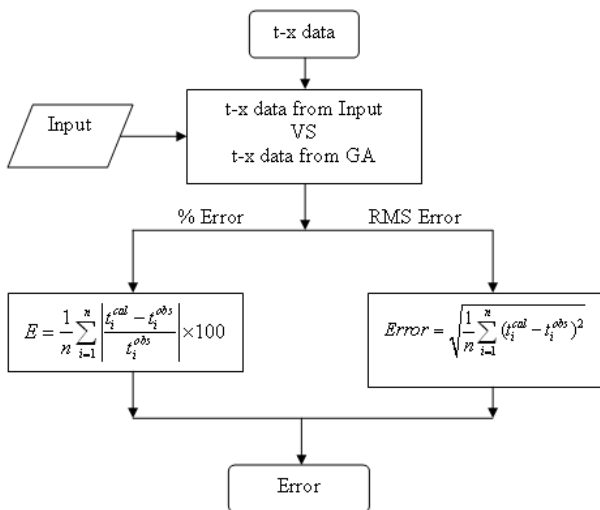


Figure 2: Diagram of calculated error section using error differences function.

3. Results

We divided the test of the different error functions into two parts. The first part is for testing the two-layer structure models and another one is for testing the three-layer structure models. In each case, we converted the RMS Error into Percent Error and vice versa in order to compare the result in the same mode. A statistical method, i.e. t-test, was used to compare the results from two graphs. In the case of testing two-layer structure models, 10,000 generations was run for each objective function. To determine a better function, results using fewer generations is better. The results were shown in Figure 3 and 4.

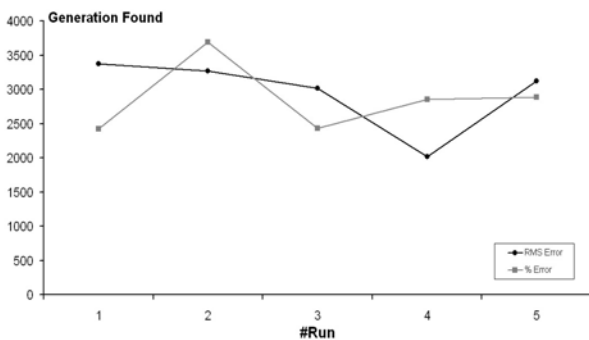


Figure 3: Generation found versus Run Number of Model 1

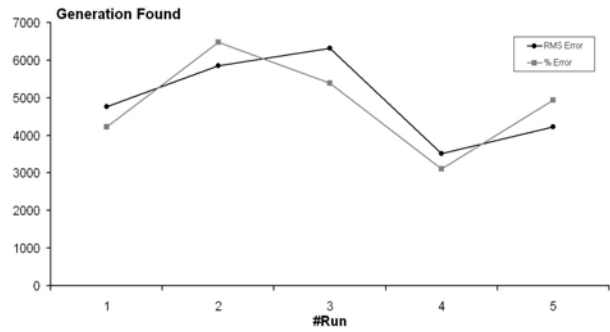


Figure 4: Generation found versus Run Number of Model 2

From Figure 3 and 4, using statistical method, we determine $\alpha = 0.05$ and $df = 4$ for testing the difference of two graphs. The t-test has critical points at ± 2.776 and its values in Figure 3 and 4 are 0.312 and 0.137, respectively. These values were located in the critical point range. This indicates that the results from the objective functions are not significantly different.

In the three layer structure models, we cannot find the optimum results within 10,000 generations. Therefore, we stopped running the model at 10,000 generations and used the errors of each objective function for comparing the results. The better objective function is determined by the magnitude of errors within 10,000 generations. The result was shown in Figure 5-7

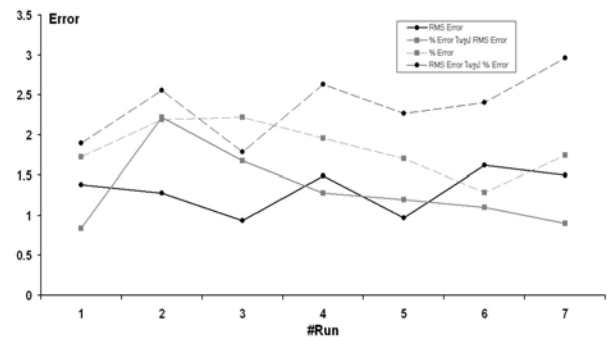


Figure 5: Error versus Run Number of Model 3

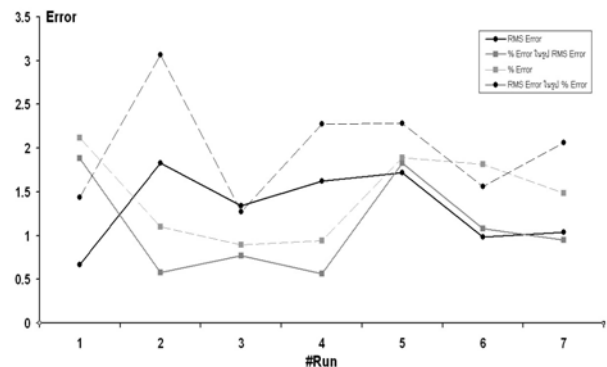


Figure 6: Error versus Run Number of Model 4

From Figure 5 and 6, we have two pairs of graphs for comparing the differences of objective functions. One graph was converted from the RMS Error into Percent Error and vice versa in another graph. Using statistical method, we determined $\alpha = 0.05$ and $df = 6$ for testing the differences of two graphs. The t-test has critical points at ± 2.447 . The t-test values of Figure 5 are 0.024 and 2.244, respectively and for Figure 6, they are 0.709 and 1.492, respectively. These values were located in the critical point range. This, agrees with the previous results in Figure 3 and 4, means that the results from the objective functions are not significantly different.

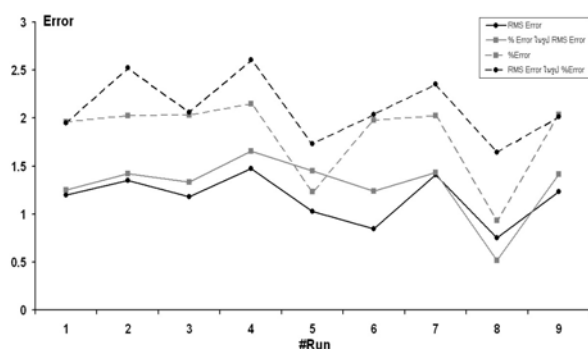


Figure 7: Error versus Run Number of Model 5

From Figure 7, we have two pairs of graphs for comparing the differences of objective functions. Errors from different graphs were converted into the same unit, i.e. converted into RMS Errors and Percent Errors depending on the base results. We determined $\alpha = 0.05$ and $df = 6$ for testing the differences in two graphs. The t-test has critical points at ± 2.306 . Its values in Figure 7 are 0.675 and 1.168, respectively. Again, the data showed that there is not significantly different in using two different objective functions.

For the last test, the comparison between two objective functions in Genetic Algorithm calculation is discussed. Both results from different objective functions look in the same fashion and are shown in Figure 8. The final results are indistinguishable.

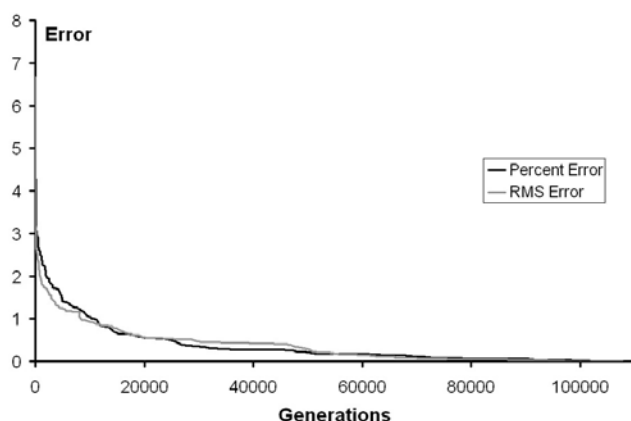


Figure 8: Error versus generations for each objective function. (200 pop, $P_c=0.2$, $P_m=0.01$)

4. Conclusions

The results indicated that with both objective functions, Genetic Algorithms can be used for interpretation of seismic refraction data. The statistical results showed that there is insignificantly different in using these two different objective functions, i.e. RMS Error and Percent Error.

Acknowledgments

We express special thank to Mr. Pitipol Meemak for consultation about the program and to Development and Promotion of Science and Technology Talents (DPST) project for financial support.

References

- [1] Palmer, "A new direction for shallow refraction seismology; integrating amplitudes and traveltimes with the refraction convolution section", *Geophysics Prospecting*, Vol.49, 2001, pp. 657-673.
- [2] J.H. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor. 1975.

ภาคผนวก (จ)

An Application of Genetic Algorithms in Seismic Refraction Interpretation

Chaiwat Lersviriyantakul¹, Pattara Aiyarak^{1*}, Warawutti Lohawijarn²

¹Innovation in Physics Research Unit, Department of Physics, Faculty of science, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

²Geophysics Research Unit, Department of Physics, Faculty of science, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

*E-mail: pattara.a@psu.ac.th

Abstract

Seismic refraction technique is one of conventional geophysical method in determining underlying geological structure by making used velocity contrast between rock types. The geological structure such as depth and dip of earth layers will be determined. This paper will address a possibility of using Genetic Algorithm (GA) for interpretation of seismic refraction data. The studied subsurface structures are 2-layer and 3-layer earth models with horizontal and dipping planar interface. Given a set of observed data, initial population consisting of 200 earth model will be randomly generated by GA. Corresponding arrival time data will be calculated and compared with observed data. Two best fitted structures will be kept and the remaining will be fed into genetic operator to produce new offspring. The procedure will be repeated until the convergence criterion is met.

The present result showed that it is possibility to apply GA for interpretation of seismic refraction data.

Keywords: Genetic Algorithms, Seismic Refraction, Velocity Inversion, Travel Time Inversion.

การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ในการแปลความคลื่นไหวสะเทือน

ด้านการหักเห

บทคัดย่อ

การสำรวจโดยวิธีการใช้คลื่นไหวสะเทือนด้านการหักเหเป็นเทคนิคหนึ่งทางด้านธรณีฟิสิกส์ ซึ่งใช้สำหรับหาโครงสร้างชั้น ดิน-หินใต้พื้นโลก โดยอาศัยค่าความแตกต่างกันของความเร็วคลื่นในชั้น ดิน – หิน จะสามารถหาค่าความลึกและมุมเอียงของชั้นดินออกมาได้ ปกติการแปลความทางด้านนี้จะใช้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านธรณีฟิสิกส์ในการแปลความซึ่งบางครั้งเสียเวลามาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเทคนิคทางคอมพิวเตอร์ซึ่งเรียกว่าอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์มาใช้ในการแปลความข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนด้านการหักเห กรณีศึกษาคือ พื้นดิน

เรียบขนานหรือเอียง 2-3 ชั้น จากการใช้อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ในการแปลความโดยกำหนดจำนวนประชากร 200 พบว่าอัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์สามารถนำมาแปลความข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนด้านการหักเหได้

1. Introduction

Seismic refraction technique is a method for determining underlying geological rock structure, such as thickness of layer, faults and anomalous velocity zone under the earth. The analyzed seismic data sets are composed of the travel times of the first arriving seismic waves from source, which can be explosive or manmade source, to an array of receivers i.e. geophones, on the surface. The waves from seismic source propagate pass the layer of earth to receivers (geophone). From travel time data, we can determine earth parameters such as velocity thickness and dip of geological structure. Presently, there are many interpretation methods to determine geological structure from travel time data (Palmer, 2001), e.g. intercept time method, wavefront reconstructure method, matrix inversion, and homographic inversion. These problems are usually highly-dimensional, multi-modal and non-linear. However, these methods require experienced geologists or geophysicists.

Genetic Algorithms (GA) were designed to work on non-linear, multi-modal and sometimes poorly understood problems. (Holland, 1975). It is based on natural selection and evolution. The GA is started by random initial population and keeping good individuals to the next generation. After that, other individuals will be operated by three operators, i.e. selection, crossover and mutation. In each generation, every individual in the population is assigned a fitness value according to its performance. Fitted individuals have more chances to produce offspring in subsequent generations. Genetic algorithm, is normally to solve traveling-sellman problem, faults matching and etc.

In this paper, we will apply genetic algorithm to interpret seismic data of simple model, 2-layer earths model and 3-layer earth models with horizontal and dipping planar interface. Travel time of seismic wave was considered as a search problem. From the observed data, we can generate model consisting of velocity, depth and dip angle. Afterward a model form the observed data is found by comparing travel time between observed model and generated model.

2. Seismic Refraction Data

In seismic refraction survey geological structure can be approximated as layers of constant velocity separated by planar dipping interfaces. The travel time of seismic wave from a source to a geophone is given below (Stephen, 1976).

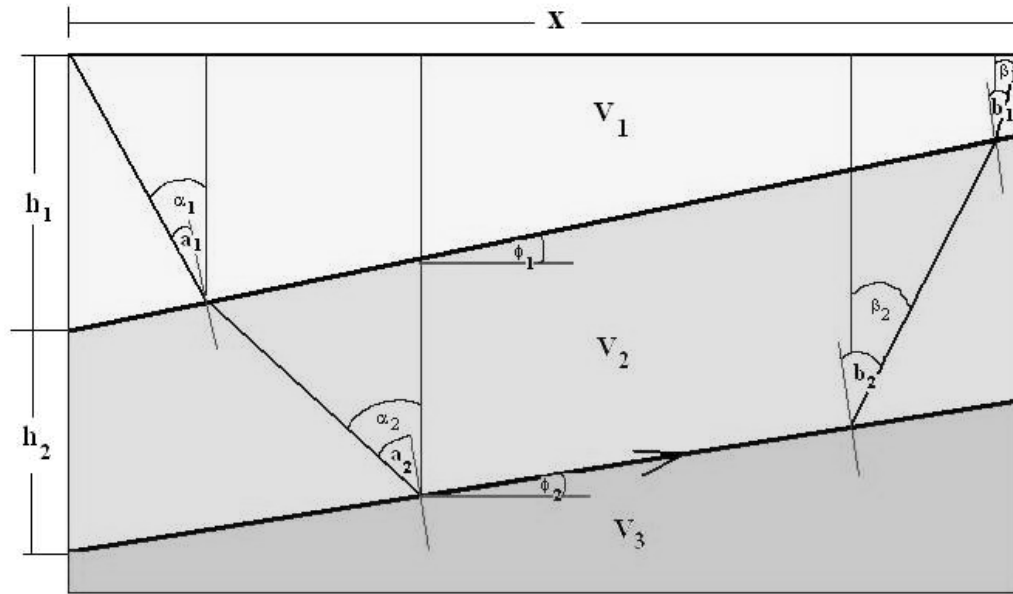


Figure 1: Model for calculating layers of rock

- Direct wave

Direct wave is the waves which propagate in layer 1 to geophones. The travel time data of direct wave can determine from equation 1. The direction of direct wave was shown in Figure 1.

$$t(k) = \frac{x}{V_1} \quad (1)$$

- Refracted wave

Refracted wave is the wave which incident at interface with critical angle and propagate a long interface with velocity of the underlying layer. The travel time data from refracted wave can determine from equation 2 and 3. The direction of direct wave was shown in Figure 1.

$$t_d(k) = \frac{x \sin \beta_1}{V_1} + \sum_{i=1}^{k-1} \frac{H_i}{V_i} (\cos \alpha_i + \cos \beta_i) \quad (2)$$

$$t_u(k) = \frac{x \sin \alpha_1}{V_1} + \sum_{i=1}^{k-1} \frac{H_i}{V_i} (\cos \alpha_i + \cos \beta_i) \quad (3)$$

$$\alpha_i = a_i + \phi_i \quad (4)$$

$$\beta_i = b_i - \phi_i \quad (5)$$

where

k designates the interface along which wave is refracted

H_i is the vertical thickness of the i th layer below the source

V_i is the velocity of the i th layer

α_i and β_i is the angle with respect to the vertical made by the downgoing and upgoing ray in the i th layer, respectively.

ϕ_i is the dip angle of each layer

and b_i are the angle of downgoing and upgoing ray in the i th layer, respectively with respect to the normal line.

x is distance

3. Genetic Algorithms

The Genetic Algorithm is a searching process based on the laws of natural selection and genetics (Coley, 1999). The mechanisms of a genetic algorithm have their roots in theory of evolution. Genetic Algorithm is typically black-box methods that use fitness information. They do not require gradient information or other internal knowledge of the problem. Genetic Algorithm is population-based search techniques that maintain populations of potential solution during searches.

To apply a genetic algorithm to a given problem, solutions of this problem must be encoded to chromosomes. The population is composed of a group of chromosomes from which candidates can be selected for the solution of the problem. Each chromosome is comprise of a number of subcomponents called genes. In order to evaluate each potential solution, Genetic Algorithm needs an objective function that assigns a fitness value to a particular solution. A particular group of chromosomes is selected from the population to generate offspring by defined genetic operations. The fitness of the offspring is evaluated in a similar fashion to their parents. The chromosomes in the current population are then replaced by their offspring.

A simple Genetic Algorithm usually consists of three operations: selection or reproduction, genetic operation and replacement (Coley, 1999).

3.1 Selection

A Genetic Algorithms works by promoting the propagation of fit individuals from one generation to the next generation. An individual with high fitness will take a large proportion of the desired new population while an individual with low fitness will be given a small proportion of the same new population. Two techniques for selection are Roulette Wheel Sampling Selection and Stochastic Universal Sampling Selection (Hartmut, 2004). In this paper, we used Stochastic Universal Sampling Selection in Genetic Algorithms for calculation.

3.2 Crossover

The crossover operator randomly chooses a point in the chromosome, then flips a coin to do crossover. There are many techniques of crossover such as 1D n-point crossover and 2D n-point crossover (Li et al., 1995), uniform crossover and real value crossover. However in this paper, 1D n-point crossover for will be used Genetic Algorithms.

3.3 Mutation

The mutation operator makes random changes on individuals of a new generation. It allows the new generation to jump outside a local minimum. Two

common types of mutation are binary mutation and decimal mutation. In this paper, binary mutation will be used for calculation in Genetic Algorithms.

A Genetic Algorithm cycle is repeated for a fixed number of generations or until no more improvement is observed. The best chromosome is generated during the search is the final result of the Genetic Algorithm.

4. Methodology

4.1 Genetic Algorithm design

In this paper, we would like to determine geological structure from seismic refraction data with Genetic Algorithm. The confinement in this paper is interpreting 2-3 layer planar dipping interface. The unknown parameters in our problem are velocities depths and dip angle of layers. In 2-layer case, 4 parameters (v_1, v_2, h_1, ϕ_1) will be used to explain geological structure and in 3-layer case, 7 parameter ($v_1, v_2, v_3, h_1, h_2, \phi_1, \phi_2$) will be used to explain.

Each parameter is encoded in one dimensional array of binary string called chromosome. For velocity data 13 bit binary string was used, this can handle velocity range from 100 to 8000 m/sec, two 5 bit binary strings were used for depth and dip angle parameters which represent depth from 0 to 20 meters and dip angle from -15 to +15 degrees.

An optimal velocity, depth and dip angle model to fit synthetic seismic data sets are to be found. The error (in Genetic Algorithm call objective function) between the calculated travel times and the observed travel times is given by the function:

$$Error = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_i^{cal} - t_i^{obs})^2} \quad (6)$$

where

n is the number of observations (receivers e.g. geophone).

i is each observation.

t^{obs} and t^{cal} is the observed and calculated travel times, respectively.

The objective function is a main source to provide the mechanism for evaluating the status of each chromosome. This is an important link between the Genetic Algorithm and the problem. The diagram of Genetic Algorithm process was shown in Figure 2-8.

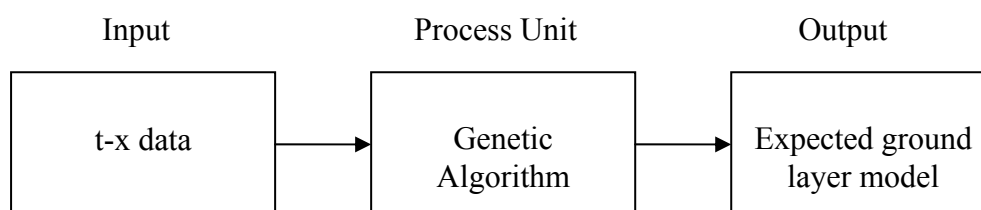


Figure.2 Processing data input by Genetic Algorithm

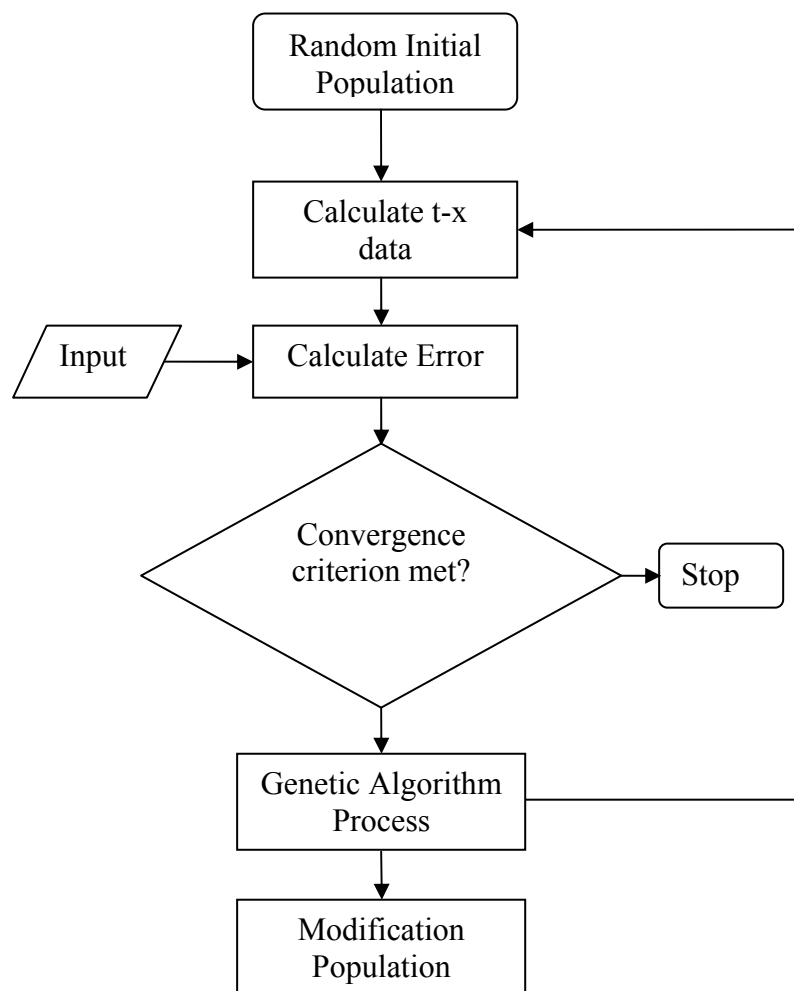


Figure.3 Genetic Algorithm process flowchart

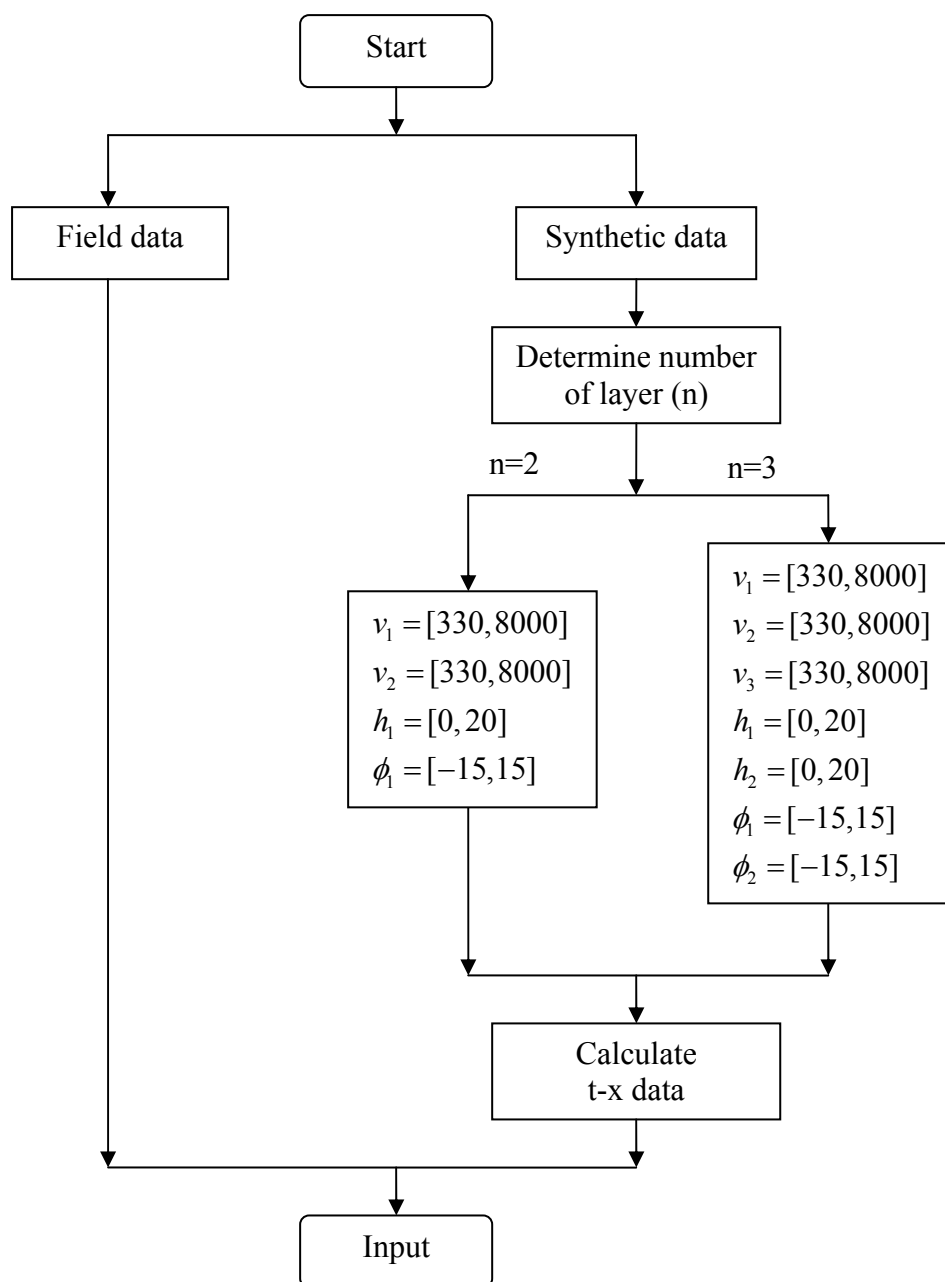


Figure.4 Diagram of input section

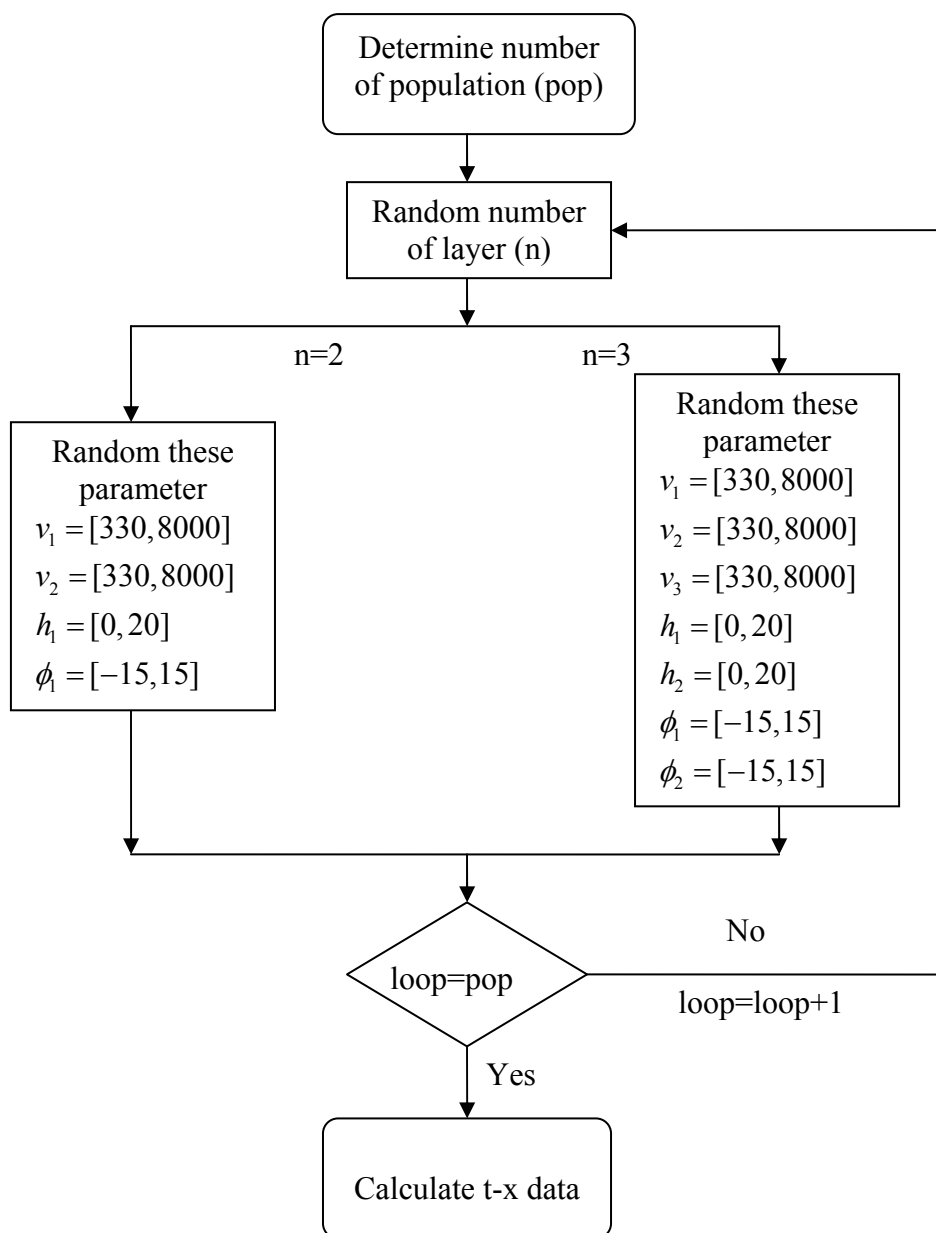


Figure.5 Diagram of random initial population section

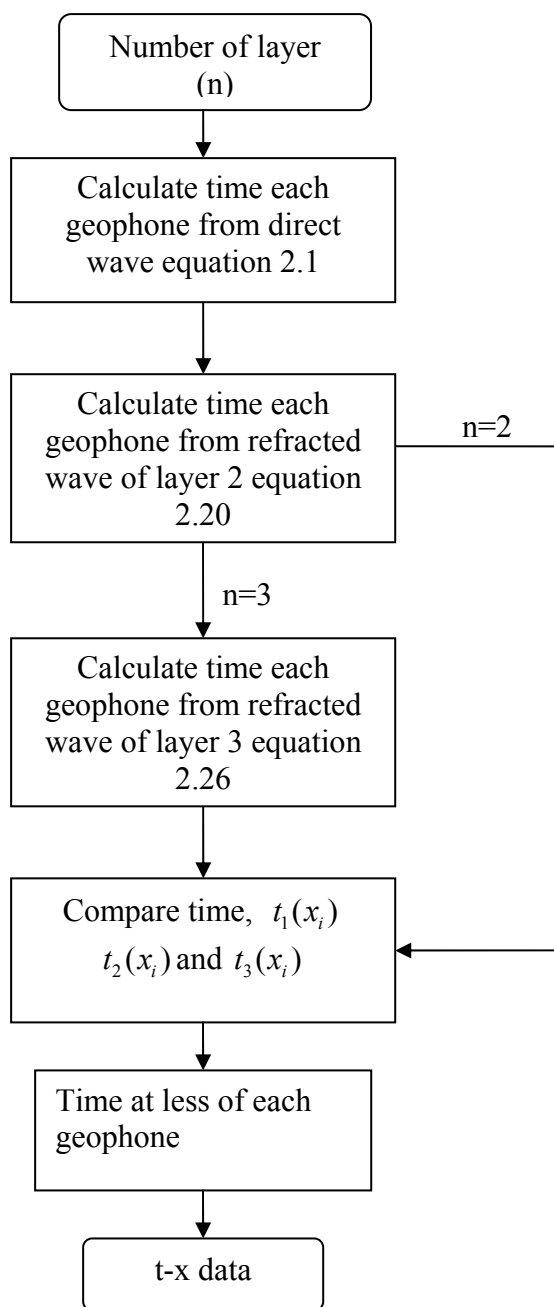


Figure.6 Diagram of calculate t-x data section

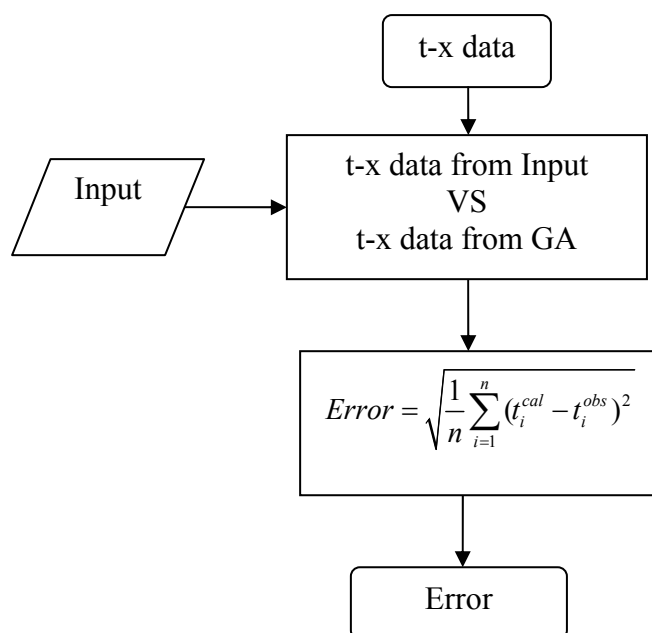


Figure.7 Diagram of calculate error section

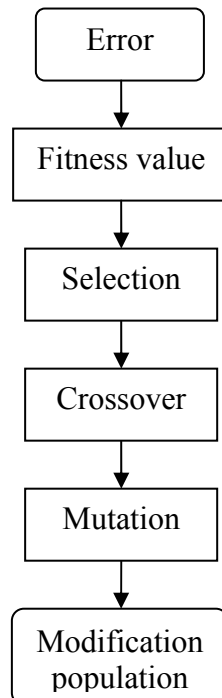


Figure.8 Diagram of Genetic Algorithm Process section

4.2 Genetic Algorithm tested

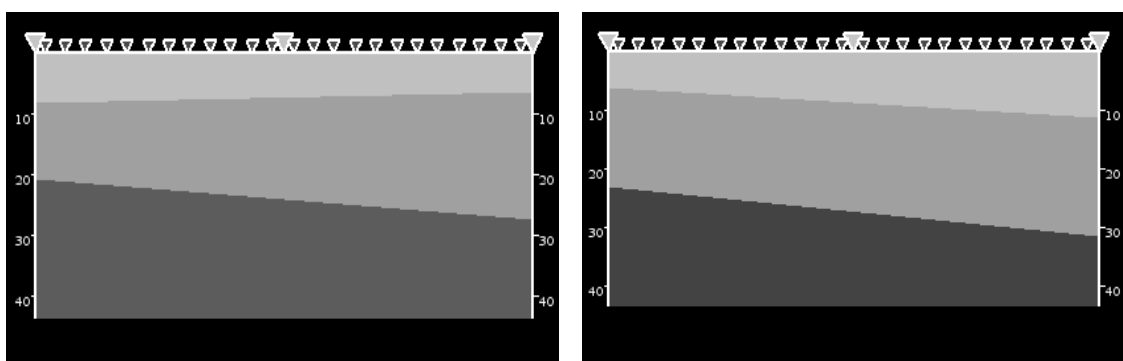
We tested Genetic Algorithms by two synthetic model data sets shown in Figure 2. The travel time data of each structure model was calculated from 3 shot location to an array of 12 or 24 receivers. Finally, Genetic Algorithms was tested with one real field data and the result was compared with the Seismic Interpretation Program (SIP). We used Genetic Algorithms to reconstruct the structure models and determined the travel-time data of seismic wave from a source to each geophone. Initially, the layers of rock are divided randomly into two or three layers. A population consisting of velocities of rock (100-8000 m/s), depths layers (0-20 m) and dip angle (-15 -15 degree) was randomly generated by Genetic Algorithms. The total number of possible models is more than two billions. On each model, travel-time data was estimated and compared with the actual travel time data of the model. If the estimated travel-time data approach the travel-time data of model, it will be kept for the next generation, i.e. this individual has the highest fitness value. Individuals that are not selected will be passed to the crossover and mutation processes for the next generation.

5. Results

5.1 Synthesis data model

For test Genetic Algorithm, two synthesis data models, of 3-layer dipping interface were generated. For the First model, the parameter were $v_1=810$, $v_2=1840$, $v_3=4500$, $h_1=8$, $h_2=13$, $\phi_1=1$ and $\phi_2=-4$ (Figure9 a). In the second model, its parameter were $v_1=610$, $v_2=1904$, $v_3=5500$, $h_1=6$, $h_2=17$, $\phi_1=-3$ and $\phi_2=-5$ (Figure9 b).

Different probabilities of crossover and mutation and different population sizes were tested on this synthetic data set. The best model is found when using crossover probability (Pc), mutation probability (Pm) and a population size were 0.8, 0.01 and 200 respectively. With these conditions the first and the second models of 100% fit were obtained at 81,394 and 103,147 generation Figure 10.



(a)

(b)

Figure 9: The two synthetic models :

(a) Model 1 ($v_1=810$, $v_2=1840$, $v_3=4500$, $h_1=8$, $h_2=13$, $\phi_1=1$, $\phi_2=-4$)

(b) Model 2 ($v_1=610$, $v_2=1904$, $v_3=5500$, $h_1=6$, $h_2=17$, $\phi_1=-3$, $\phi_2=-5$)

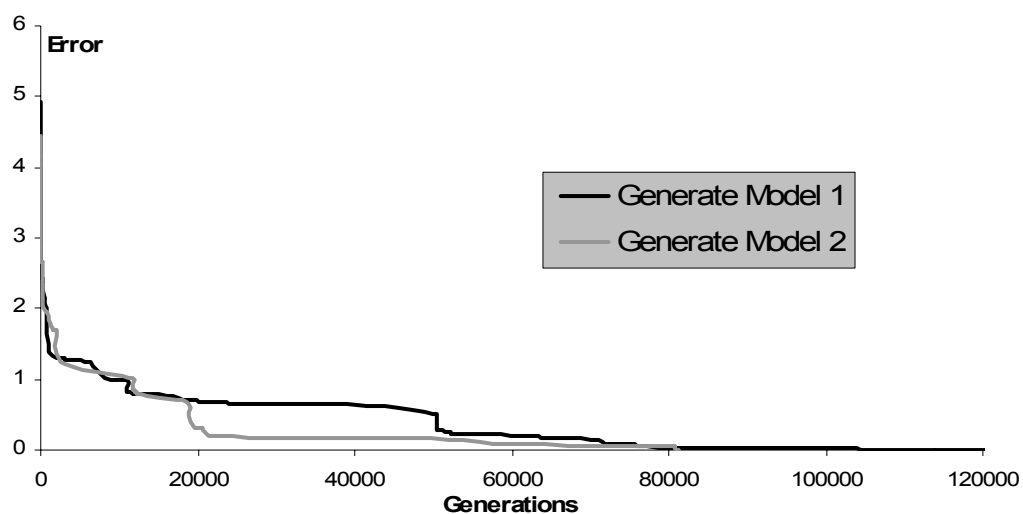
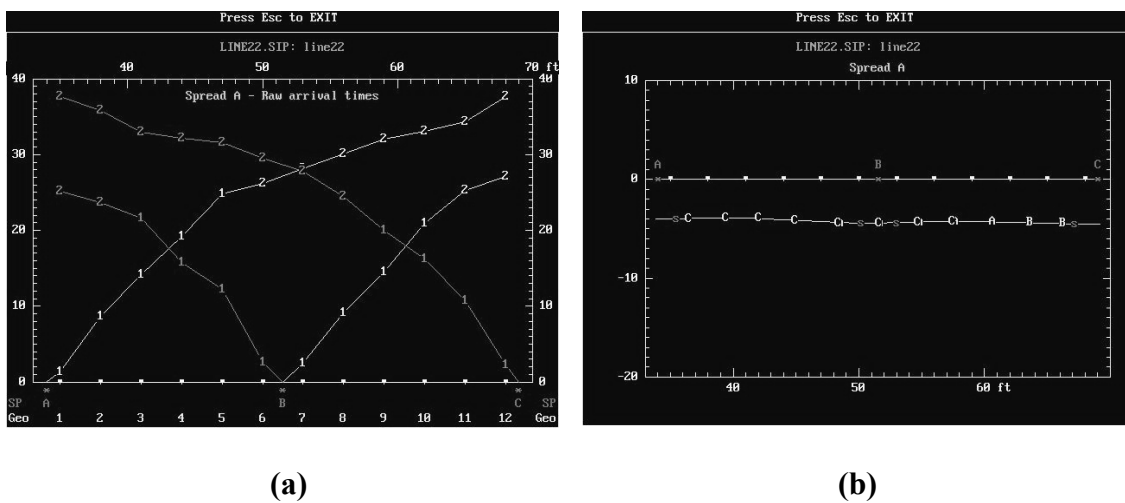


Figure 10: Error versus generations for 200 population of each model ($P_c=0.2, P_m=0.01$)

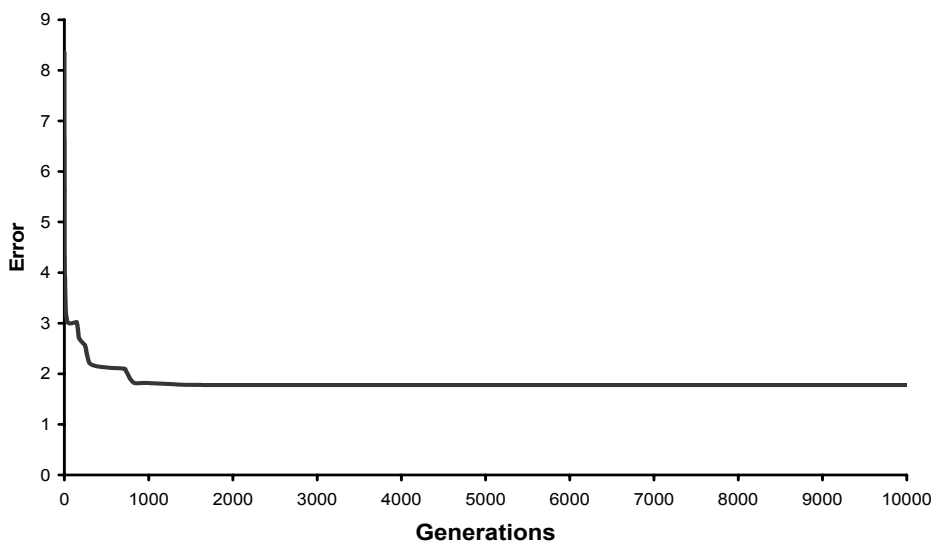
5.2 Real data model

The field data was obtained from a field work in Prince of Songkla University, with 12 receivers and 3 shot points, as shown in Figure 11(a). Seismic Interpretation Program (SIP) was used for interpreting the field data and its resulted model was shown in Figure 11(b). The error and best model obtained from the Genetic Algorithms are shown in Figures 12 and 13, respectively. From the SIP model the velocities of layer 1 and layer 2 at 499 and 1645 m/s, respectively. The depth to the interface at shot point A and C are 4.0 and 4.5 m, respectively. The model estimated from Genetic Algorithms method gave velocities of layer 1 and layer 2 of 473 and 1733 m/s, respectively and depth below shot point A and C of 4.0 and 4.6 m, respectively.

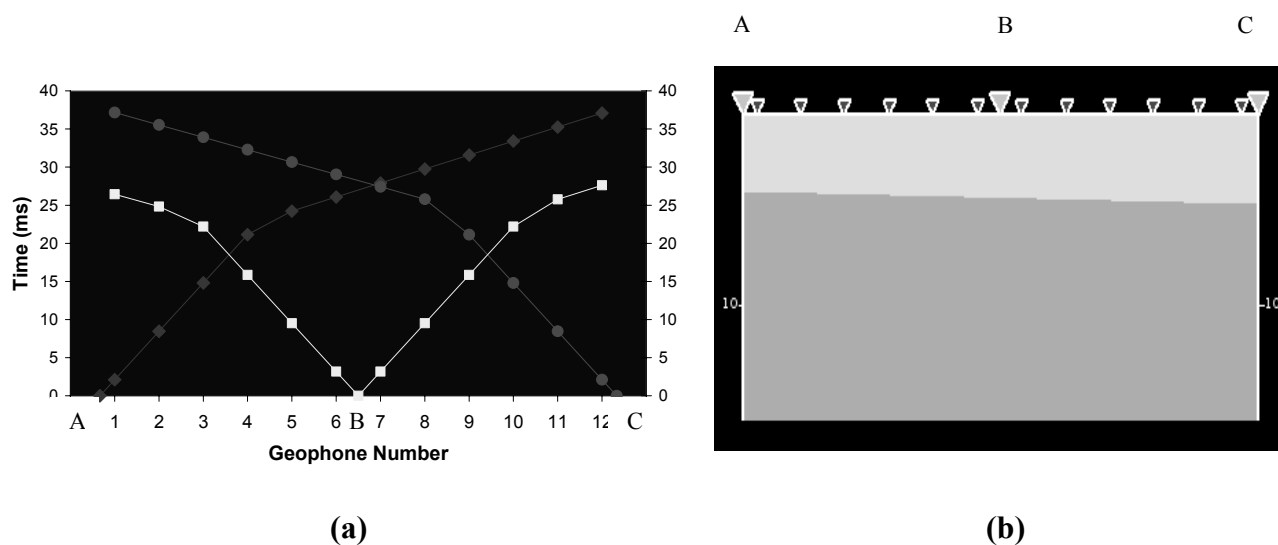
From this result, the Genetic Algorithm can use for interpretation the seismic data such as SIP. But SIP can determine the depth below each geophone.



**Figure 11: (a) Show travel time data form work filed with SIP
(b) Interpreted Model from SIP**



**Figure 12: Error versus generations for 200 population of real model
($P_c=0.2$, $P_m=0.01$)**



**Figure 13: (a) Show travel time data form GA calculating
(b) Interpreted Model from GA program calculating.**

6. Conclusions

The results indicate that Genetic Algorithms can be used for interpretation of seismic refraction data. Although the model used for testing Genetic Algorithm in this paper is a basic model comparing with SIP model but we can modify Genetic Algorithm to handle irregular interface such as an idea of wave front reconstructure instead of travel time equation which is used in this paper.

Acknowledgments

We express special thank to Mr. Pitipol Meemak for consultation about the program and to Development and Promotion of Science and Technology Talents (DPST) project for financial support.

References

- Boschetti F., Dentith M. C., and List R. D. 1996, Inversion of seismic refraction data using genetic algorithms: *Geophysics*, november-december 1715-1727.
- Coley, D.A., 1999, *An Introduction to Genetic Algorithms for Scientists and Engineers*. Singapore : World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Holland J.H., 1975, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, Universit of Michigan Press, Ann Arbor.
- Hartmut P., 2004, *GEATbx Introduction Evolutionary Algorithms: Overview, Methods and Operators*.
- Li L, Louis, S. J., and Brune, J. N. 1995, Application of genetic algorithm to 2D velocity of seismic refraction data: Processding of the third golden west international conference on intelligent systems, Kluwer academic Press 467-474
- Louis, S.J., Chen Q and Pullammanappallil S. 1999 , Seismic velocity inversion with genetic algorithms: *Proceedings of the 1999 Congress*, July 855-861
- Palmer 2001, A new direction for shallow refraction seismology; integrating amplitudes and traveltimes with the refraction convolution section, *Geophysics Prospecting* 49, 657-673
- Stephen H. J., 1976, Interpretation of split-spread refraction data in terms of plane dipping layers: *Geophysics*, v.41, .418-424.

Chaiwat Lersviriyantakul¹, Pattara Aiyarak^{1*}, Warawutti Lohawijarn²

¹Innovation in Physics Research Unit, Department of Physics, Faculty of science, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

²Geophysics Research Unit, Department of Physics, Faculty of science, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

* Corresponding E-mail: pattara.a@psu.ac.th

ชัยวัฒน์ เลิศวิริยะนันท์กุล¹, พัชร อัยรักษ์^{1*}, วรวุฒิ โลหะวิจารณ์

¹หน่วยวิจัยนวัตกรรมทางฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

²หน่วยวิจัยธรณีฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112