สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนายุทธวิธีการเล่นเกม Reversi โดยใช้ เจเนติกอัลกอริทึม

REVERSI GAME STRATEGY DEVELOPING USING GENETIC ALGORITHMS

T 037037

นาย สืบพงษ์ มนต์สา
นาย อดิศักดิ์ ฐิติประยูรวงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37037
วัน, เดือน, ปี 30 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนายุทธวิธีการเล่นเกม Reversi โดยใช้ เจเนติกอัลกอริทึม

REVERSI GAME STRATEGY DEVELOPING USING GENETIC ALGORITHMS

โดย

นาย สืบพงษ์ มนต์สา

นาย อดิศักดิ์ ฐิติประยูรวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ชม กิ้มปาน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนายุทธวิธีการเล่นเกม Reversi โดยใช้ เจเนติกอัลกอริทึม

REVERSI GAME STRATEGY DEVELOPING USING GENETIC ALGORITHMS

ผู้จัดทำ

1. นาย สืบพงษ์ มนต์สา รหัสประจำตัว 39014578
2. นาย อดิศักดิ์ ฐิติประยูรวงศ์ รหัสประจำตัว 39014638

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. ชม กิ้มปาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญภาพ VI
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1
1.3 องค์ประกอบและเนื้อหา 1
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม 4
2.1 การทดลองของเมนเดล 4
2.2 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม 6
2.3 การวิวัฒนาการ 10
2.4 เจเนติกอัลกอริทึม 11
2.5 ตัวอย่างการนำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้งาน 15
2.6 พันธุศาสตร์ทางชีววิทยา และ เจเนติกอัลกอริทึม 18
2.7 คุณสมบัติของเจเนติกอัลกอริทึม 19
บทที่ 3 การนำเสนอทางคณิตศาสตร์ และ การปรับปรุงเจเนติกอัลกอริทึม 21
3.1 การนำเสนอปัญหา 21
3.2 การเข้ารหัส 22
3.3 การคัดเลือก 22
3.4 การครอสโอเวอร์ 27
3.5 การรีโพรดักชัน 28
3.6 การสเกลลิง 30
3.7 สคีมา 31
บทที่ 4 วิธีการเล่นเกม Reversi 36
4.1 วิธีการเล่นเกม Reversi 36
4.2 ยุทธวิธีการเล่นเกม Reversi 38
บทที่ 5 การหาคำตอบและการเรียนรู้ 48
5.1 เสตทของปัญหา 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

5.2 โอเปอเรเตอร์ 50
5.3 กระบวนการหาคำตอบ 51
5.4 การหาคำตอบโดยใช้ ฮิวริสติก 54
5.5 การลดรูปปัญหา 56
5.6 การเล่นเกม 58
5.7 การเรียนรู้ 62
บทที่ 6 การเรียนรู้ของเกม Reversi โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม 68
6.1 การทำงานของโปรแกรม 68
6.2 การสร้างฟังก์ชันประเมินค่า 70
6.3 การสร้างฟังก์ชันความเหมาะสม 72
6.4 การใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการปรับยุทธวิธี 73
6.5 วิธีการทดลอง 74
6.6 ผลการทดลอง 76
บทที่ 7 บทสรุปและแนวทางการพัฒนาต่อ 82
7.1 สรุปผลการดำเนินงาน 82
7.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ 82
ภาคผนวก ก วิธีการใช้โปรแกรม GeneticReversi.EXE 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2-1 การทดลองของเมนเดล	5
รูปที่ 2-2 ผลจากการครอสถั่วในรุ่นพ่อแม่	5
รูปที่ 2-3 ผลจากการครอสของถั่วในรุ่นที่ 1	5
รูปที่ 2-4 ตำแหน่งบนโครโมโซม	15
รูปที่ 2-5 การครอสโอเวอร์และการมิวเตชัน	16
รูปที่ 2-6 ประชากรรุ่นที่ 1	17
รูปที่ 2-7 โครโมโซมในเมตติงพูล	18
รูปที่ 2-8 ประชากรในรุ่นที่ 2	18
รูปที่ 2-9 การเปรียบเทียบระหว่างพันธุศาสตร์ และ เจเนติกอัลกอริทึม	19
รูปที่ 3-1 การแบ่งส่วนวงล้อ	24
รูปที่ 3-2 การคัดเลือกแบบสุ่มแบบไม่กลับคืน	25
รูปที่ 3-3 การคัดเลือกแบบลำดับเชิงเส้น	26
รูปที่ 3-4 การครอสโอเวอร์แบบ 1 จุด	27
รูปที่ 3-5 การครอสโอเวอร์แบบ 2 จุด	27
รูปที่ 3-6 ยูนิฟอร์มครอสโอเวอร์	28
รูปที่ 3-7 การรีโพรดักชันแบบทั่วไป	28
รูปที่ 3-8 การรีโพรดักชันแบบรักษาสตริงที่ดีที่สุดไว้	28
รูปที่ 3-9 การรีโพรดักชันแบบรักษาสถานะคงที่แบบซ้ำ	29
รูปที่ 3-10 การแทนกลุ่มคำตอบของสคีมา	35
รูปที่ 4-1 ลักษณะกระดานตอนเริ่มเกม	37
รูปที่ 4-2 กระดานหลังจากที่หมากสีเหลืองลงที่ตำแหน่ง 6e	37
รูปที่ 4-3 กระดานหลังจากที่หมากสีดำลงที่ตำแหน่ง 6f	37
รูปที่ 4-4 ลักษณะที่หมากสีเหลืองจะต้องผ่าน	38
รูปที่ 4-5 กระดานในลักษณะที่จบเกม	38
รูปที่ 4-6 ยุทธวิธีแบบจำนวนหมากมากสุด	39
รูปที่ 4-7 หมากที่ไม่สามารถเปลี่ยนได้อีก	40
รูปที่ 4-8 ยุทธวิธีแบบแทรกกลาง	41
รูปที่ 4-9 ยุทธวิธีแบบโมบิลิตี (a)	41
รูปที่ 4-10 ยุทธวิธีแบบโมบิลิตี (b)	42
รูปที่ 4-11 ยุทธวิธีแบบฟรันเทียร์ (a)	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4-12 ยุทธวิธีแบบฟรันเทียร์ (b) 43
รูปที่ 4-13 ยุทธวิธีแบบฟรันเทียร์ (c) 44
รูปที่ 4-14 ยุทธวิธีแบบขอบไม่สมดุลย์ (a) 45
รูปที่ 4-15 ยุทธวิธีแบบขอบไม่สมดุลย์ (b) 45
รูปที่ 4-16 ยุทธวิธีแบบสโตนเนอร์แทรพ (a) 46
รูปที่ 4-17 ยุทธวิธีแบบสโตนเนอร์แทรพ (b) 46
รูปที่ 4-18 ยุทธวิธีแบบสโตนเนอร์แทรพ (c) 47
รูปที่ 5-1 ปัญหา 8-ปริศนา (a) 48
รูปที่ 5-2 ปัญหา 8-ปริศนา (b) 49
รูปที่ 5-3 แผนภาพต้นไม้สำหรับการตวงน้ำใส่เหยือก 52
รูปที่ 5-4 การหาคำตอบแบบทางลึก 53
รูปที่ 5-5 การหาคำตอบแบบทางกว้าง 54
รูปที่ 5-6 การหาคำตอบแบบเบสต์เฟิร์ส 55
รูปที่ 5-7 การหาคำตอบแบบไต่เขา 57
รูปที่ 5-8 แอนด์กราฟของ (3*5)+(4-7) 57
รูปที่ 5-9 การเลือกโอเปอเรเตอร์สำหรับการเล่นเกม 58
รูปที่ 5-10 แผนภาพต้นไม้ ของการหาคำตอบแบบมินิแมก (a) 59
รูปที่ 5-11 แผนภาพต้นไม้ ของการหาคำตอบแบบมินิแมก (b) 60
รูปที่ 5-12 ฟีเจอร์แบบเวดจ์ (Wedge) 63
รูปที่ 5-13 การหาค่าของ 5! (a) 64
รูปที่ 5-14 การหาค่าของ 5! (b) 65
รูปที่ 5-15 การเรียนรู้โดยการท่องจำในเกม 65
รูปที่ 5-16 การเล่นเกมครั้งต่อไป 66
รูปที่ 5-17 เปรียบเหมือนมีการมองล่วงหน้ามากขึ้น 66
รูปที่ 6-1 ส่วนประกอบของเกม Reversi 69
รูปที่ 6-2 การเข้ารหัสฟังก์ชันประเมินค่า 72
รูปที่ 6-3 การครอสโอเวอร์ให้กับฟังก์ชันประเมินค่า 74
รูปที่ 6-4 กราฟแสดงการเรียนรู้ (a) 76
รูปที่ 6-5 กราฟแสดงการเรียนรู้ (b) 77
รูปที่ 6-6 กราฟแสดงการเรียนรู้ (c) 78
รูปที่ 6-7 กราฟแสดงการเรียนรู้ (d) 79
รูปที่ 6-8 กราฟแสดงการเรียนรู้ (e) 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนายุทธวิธีการเล่นเกม Reversi โดยใช้ เจเนติกอัลกอริทึม

นาย สืบพงษ์ มนต์สา
นาย อดิศักดิ์ จิติประยูรวงศ์

ดร. ชม กิ้มปาน
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

เจเนติกอัลกอริทึม เป็นอัลกอริทึมในการหาคำตอบที่มีพื้นฐานมาจาก กระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ โดยมีหลักการว่าสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนั้น ย่อมมีโอกาสที่จะดำรงชีวิตเพื่อสืบทอดเผ่าพันธุ์ได้มาก อัลกอริทึมจะประกอบไปด้วย การคัดเลือก,การครอสโอเวอร์ และ การมิวเตชัน และเมื่อพิจารณาถึงกระบวนการทั้งสามนี้แล้ว ในระยะยาวจะกลายเป็นการวิวัฒนาการขึ้น

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการนำเจเนติกอัลกอริทึม ไปใช้ในการปรับปรุงยุทธวิธีการเล่นเกม Reversi โดยที่ยุทธวิธีในการเล่นเกมนั้นจะอยู่ในรูปของ ฟังก์ชันประเมินค่า โดยการจำลองให้กลุ่มของฟังก์ชันประเมินค่านั้นเป็นประชากร และนำเจเนติกอัลกอริทึม ไปปรับกลุ่มของฟังก์ชันประเมินค่าเหล่านั้น ซึ่งจะทำให้เกิดการวิวัฒนาการของฟังก์ชันประเมินค่า หรือ ยุทธวิธีในการเล่นเกม ไปสู่ยุทธวิธีในการเล่นเกมที่เหมาะสมและดีกว่าเดิมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REVERSI GAME DEVELOPING USING GENETIC ALGORITHMS

Seubpong Monsar

Adisak Thitiprayunwong

Dr. Chom Kimpan Adviser

1999

ABSTRACT

Genetic algorithms are search algorithm based on the natural selection. The concept of natural selection is the living things that fit with the surrounding will have a chance to survive. The algorithm are composed of selection,crossover and mutation. And when these process are considered in long run we call evolution.

In this thesis use genetic algorithm to develop the strategy to play Reversi game. We represent the strategy in the form of evaluate function. And group them as population and apply genetic algorithm to adapt these evaluate functions. And these group of the strategy will adapt to be better.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ ถ้าไม่ได้รับคำแนะนำจาก รศ.ดร. ชม กิ้มปาน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และเป็นอาจารย์ที่ยอมรับให้มีการทำปริญญานิพนธ์ที่เสนอขึ้นมาเองนี้ได้ ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณยิ่ง สำหรับทุกสิ่งทุกอย่างที่ได้จากอาจารย์ที่ปรึกษา นอกจากนี้ผู้ที่ต้องขอบพระคุณเป็นอย่างสูงอีกท่านหนึ่ง คือ อาจารย์ พิศิษฏ์ โภคารัตน์กุล ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาเอก โดยเป็นผู้แรกที่แนะนำให้รู้จักกับ เจเนติกอัลกอริทึม และเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำดี ๆ ในหลาย ๆ อย่างอีกท่านหนึ่ง

ขอขอบคุณเหล่าบรรดา เพื่อน ๆ ที่สละเวลามาช่วยในการทดสอบโปรแกรม รวมทั้งให้คำแนะนำและแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างโปรแกรม ช่วยในการหาจุดที่ผิดพลาดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในโปรแกรม และในท้ายที่สุดนี้ บุคคลที่จะลืมมิได้ คือ บิดา มารดา ที่ได้ให้กำเนิด คอยสั่งสอน และให้การศึกษา รวมทั้งสนับสนุนในกิจกรรมด้านต่าง ๆ นับเป็นพระคุณที่หาที่เปรียบมิได้ ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันนี้ การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้งานในชีวิตประจำวันนั้น นับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็น การคำนวณประเภทงานบัญชี งานทางวิศวกรรม งานทางวิทยาศาสตร์ ฯลฯ แต่ว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่นั้น จะทำงานตามคำสั่งของผู้ที่พัฒนาโปรแกรมนั้นขึ้นมา โดยที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น ไม่ได้มีความสามารถที่จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ของมันได้ด้วยตัวมันเอง ซึ่งนับว่าเป็นจุดที่น่าจะมีการพัฒนาเป็นอย่างมาก และนับว่าเป็นจุดอ่อนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน

จากจุดอ่อนตรงนี้จึงได้มีแนวความคิดที่ว่า ควรที่น่าจะมีการพัฒนาโปรแกรมประเภทที่ มีความสามารถที่จะปรับปรุงตัวมันเองได้ตามความเหมาะสม และเกมคอมพิวเตอร์นั้น สามารถที่จะเป็นตัวอย่างที่ดีในการพัฒนาโปรแกรมประเภทนี้ได้ และเกมที่ได้นำมาใช้ในปริญญานิพนธ์นี้ คือ เกม Reversi โดยอัลกอริทึมที่จะนำมาใช้สำหรับ ทำให้เกมสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมได้นั้น คือ เจเนติกอัลกอริทึม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี และหลักการของ เจเนติกอัลกอริทึม
2. นำแนวความคิดของ เจเนติกอัลกอริทึม มาประยุกต์ใช้ในการปรับเปลี่ยนยุทธวิธีในการเล่นเกม Reversi
3. พัฒนาโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมนั้นสามารถที่จะปรับเปลี่ยนยุทธวิธี สำหรับการเล่นเกม Reversi ได้ตามสถานการณ์

1.3 องค์ประกอบ และ เนื้อหา

เนื้อหาในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะประกอบไปด้วย จำนวนเนื้อหาทั้งหมด 7 บท ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การอธิบายแนวความคิดของเจเนติกอัลกอริทึม ไปจนถึง การนำเจเนติกอัลกอริทึมไปประยุกต์ใช้ สำหรับการเรียนรู้ในการเล่นเกม Reversi โดยสามารถที่จะแยกย่อยบทต่าง ๆ ได้ดังนี้

1.3.1 บทที่ 1 บทนำ

บทนี้จะเป็นบทที่รวบรวมถึง ความสำคัญ วัตถุประสงค์ของงานวิจัย และองค์ประกอบในเนื้อหาในบทต่าง ๆ ของปริญญานิพนธ์เล่มนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.7 บทที่7 บทสรุปและแนวทางการพัฒนาต่อ

บทนี้จะเป็นบทสรุปของงานวิจัยทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษา และพัฒนามา รวมถึงงานที่ยังไม่ได้ทำการวิจัย สิ่งที่ควรจะนำไปวิจัย หรือ พัฒนาต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม

เจเนติกอัลกอริทึมเป็นอัลกอริทึมที่มีพื้นฐานมาจากการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยอาศัยหลักของการวิวัฒนาการที่ว่าสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมมากเท่าใด ก็ย่อมมีความเหมาะสมที่จะดำรงอยู่เพื่อที่จะสืบทอดเผ่าพันธุ์ได้มากขึ้นเท่านั้น ตัวเจเนติกอัลกอริทึมนั้นจะเป็นการหาคำตอบโดยจะทำการแทนกลุ่มของคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปของประชากร และจะจำลองให้คำตอบหรือประชากรเหล่านั้นทำการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และทำการวิวัฒนาการไปเรื่อย ๆ จนได้เป็นคำตอบที่น่าพอใจ

2.1 การทดลองของเมนเดล

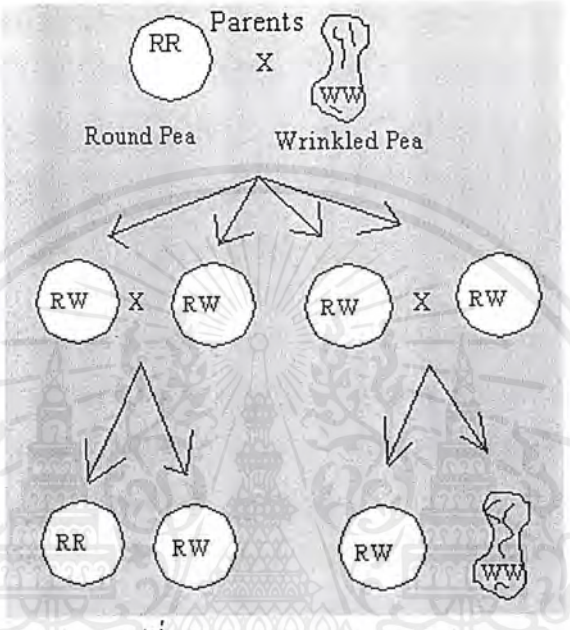
ในช่วงกลางทศวรรษที่ 19 นักบวชชาวออสเตรียชื่อ กรีเกอร์ เมนเดล (Gregor Mendel) ได้ทำการทดลองโดยการนำถั่ว 2 ชนิดมาทำการครอสกันโดยที่ถั่วสองชนิดนั้นเป็นพันธุ์แท้คนละพันธ์กัน โดยประกอบด้วยถั่วชนิดเตี้ยพันธุ์แท้และถั่วชนิดสูงพันธุ์แท้ เมื่อนำถั่วสองชนิดนั้นมาครอสกันแล้วจะได้ผลลัพธ์เป็นถั่วรุ่นลูกรุ่นแรกซึ่งเมนเดลได้สังเกตว่าถั่วที่ออกมานั้นจะเป็นชนิดพันธุ์สูงทั้งหมด และมีความสูงเท่ากับความสูงของต้นถั่วรุ่นพ่อแม่ที่เป็นพันธุ์สูง เมนเดลได้ลองทำการทดลองแบบเดียวกันนี้อีก แต่ว่าไม่ได้สนใจไปที่ความสูงแต่สนใจไปที่ลักษณะอื่นอีก 6 อย่าง ซึ่งก็ได้ผลลัพธ์ออกมาในทำนองเดียวกัน เช่น เมนเดลได้ทำการครอสถั่วที่มีฝักสีเขียวพันธุ์แท้เข้ากับถั่วที่มีฝักสีเหลืองพันธุ์แท้ ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาในรุ่นลูกนั้นจะได้เป็นถั่วที่มีฝักเป็นสีเขียวทั้งหมด

หลังจากที่เมนเดลได้ทำการทดลองข้างต้นแล้ว เมนเดลได้ทำการนำถั่วที่เป็นรุ่นลูกหรือรุ่นที่หนึ่งนั้นนำมาครอสกันเองอีกทีหนึ่งซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นรุ่นที่สองหรือรุ่นหลาน โดยทำการครอสออกมาหลาย ๆ ต้น แต่กลับพบว่าต้นถั่วในรุ่นหลานนั้นมีทั้งต้นที่มีลักษณะสูงและเตี้ยปะปนกันไปทั้ง ๆ ที่ถั่วในรุ่นลูกที่นำมาผสมกันนั้นมีแต่ชนิดสูงเท่านั้น นอกจากนี้เมนเดลยังสังเกตได้ว่าต้นถั่วที่ได้ออกมาในรุ่นหลานนั้นจะเป็นลักษณะสูงต่อลักษณะเตี้ยที่เป็นอัตราส่วน 3:1 นอกจากนี้เมนเดลยังได้ทำการทดลองแบบเดียวกันนี้ แต่คราวนี้สิ่งที่เขาสนใจไม่ได้เป็นความสูง แต่เป็นลักษณะของเมล็ดของถั่ว ที่เป็นแบบชนิดผิวเรียบ และชนิดผิวขรุขระ โดยดูรูปการทดลองได้ตามรูป 2-1

จากการทดลองข้างต้นนั้นเมนเดลได้ตั้งข้อสรุปขึ้นมาว่า ลักษณะที่แสดงออกมาของต้นถั่ว เช่น ความสูงนั้นจะถูกกำหนดด้วยคู่ของยูนิตซึ่งแต่ละยูนิตจะประกอบด้วยลักษณะของพ่อ และอีกยูนิตหนึ่งเป็นลักษณะของแม่ แต่ว่าลักษณะที่ต้นถั่วจะแสดงออกมานั้น จะแสดงในส่วนของยูนิตที่เป็นลักษณะเด่นส่วนลักษณะด้อยนั้นจะถูกข่มเอาไว้ไม่ได้แสดงออกมา ในเวลานั้นข้อสรุปที่เมนเดลตั้งขึ้นมานั้นเมนเดลใช้คำว่ายูนิต ซึ่งจริง ๆ แล้วยูนิตนั้นคือสิ่งที่เรียกว่ายีน (Gene)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อสรุปของเมนเดลนั้นสามารถอธิบายการทดลองข้างต้นได้ว่า ถั่วชนิดสูงพันธุ์แท้นั้นจะประกอบไปด้วยยีนที่มีลักษณะเป็น TT ซึ่งตัวอักษรตัวใหญ่นั้นหมายถึงลักษณะเด่น ส่วนตัว T สองตัวนั้นหมายถึงคู่ของยูนิต ส่วนถั่วชนิดเตี้ยพันธุ์แท้นั้นจะแทนด้วย tt ซึ่งเมื่อนำถั่วทั้งสองชนิดมาครอสกันจะได้ถั่วรุ่นลูกที่มีลักษณะของทั้งพ่อและแม่ประกอบกัน ดังในรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-1 การทดลองของเมนเดล

หลังจากที่ได้ถั่วในรุ่นลูกมาแล้ว ถั่วในรุ่นลูกนี้จะถูกเรียกว่าเฮทเทอโรไซโกต (Heterozygotes) ซึ่งหมายถึงถั่วรุ่นลูกที่เป็นแบบพันธุ์ทาง ซึ่งเมื่อนำถั่วในรุ่นลูกนี้มาครอสกันเองในรุ่นเดียวกันนั้น จะได้ต้นถั่วในรุ่นหลานที่มีลักษณะดังตารางที่ 2-3

T	T	
Tt	Tt	t
Tt	Tt	t

รูปที่ 2-2 ผลจากการครอสของถั่วในรุ่นพ่อแม่

T	t	
TT	Tt	T
Tt	tt	t

รูปที่ 2-3 ผลจากการครอสของถั่วในรุ่นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2-3 จะเห็นว่าถั่วในรุ่นหลานจะแสดงลักษณะด้อยออกมาได้ในกรณีเดียว คือ ถั่วที่ถูกกำหนดด้วยลักษณะแบบ tt ส่วนตัวอื่นนั้นจะแสดงลักษณะเด่นออกมาทั้งหมด ซึ่งถ้านับจำนวนของถั่วในตารางที่ 2-2 นั้นจะได้ว่าถั่วที่แสดงลักษณะสูงกับถั่วที่แสดงลักษณะเตี้ยนั้น จะได้เป็นอัตราส่วน 3:1 ซึ่งตรงกับผลการทดลองของเมนเดล จากผลของต้นถั่วที่ได้ออกมาในรุ่นหลานนั้น จะเห็นว่าลักษณะด้อยมีโอกาสที่จะถูกแสดงออกมาให้เห็น ซึ่งถ้าจะเปรียบเทียบกับมนุษย์แล้ว ก็เหมือนกับการแต่งงานกันในหมู่ญาติพี่น้อง ซึ่งจะทำให้เกิดโอกาสที่ว่าลูกที่ออกมานั้นจะมีลักษณะที่เป็นเด็กปัญญาอ่อนได้

การทดลองของเมนเดลทำให้ได้ความรู้ที่ว่า สิ่งมีชีวิตจะมีหน่วยเก็บลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นตัวกำหนดลักษณะทางภายนอกนั้นมีชื่อที่เรียกว่า ยีน (เมนเดลใช้คำว่า ยูนิต) และยังได้ความรู้ต่อ ๆ มาอีกว่ายีนจะเรียงตัวและประกอบกันเข้าเป็นโครโมโซม (Chromosome) และโครโมโซมจะอยู่เป็นคู่ ๆ แต่ในคู่โครโมโซมนั้นจะแตกต่างกันที่ค่าลักษณะของยีน ซึ่งจะเรียกค่าลักษณะของยีนนั้นว่าแอลลี (Allele) ซึ่งแบบต่าง ๆ ของยีนส์ที่มีแอลลีต่างกันในแต่ละตำแหน่งยีนเดียวกันเรียกว่า จีโนไทป์ (Genotype) ส่วนลักษณะภายนอกทางกายภาพที่แสดงออกมาให้เห็นนั้นเรียกว่าฟีโนไทป์ (Phenotype) และในแต่ละตำแหน่งของยีนนั้นจะเรียกว่าโลกัส (Locus)

2.2 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

หลังจากที่ได้เข้าใจถึงกลไกในการถ่ายทอด ลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่มายังรุ่นลูกแล้ว แต่ว่ายังไม่มีความกระจ่าง ในแง่ที่ว่าแล้วลักษณะทางพันธุกรรมนั้นถ่ายทอดไปยังรุ่นลูก โดยผ่านทางเซลล์สืบพันธุ์ได้อย่างไร ซึ่งในการทำความเข้าใจกระบวนการนี้นั้นจะต้องอาศัยความรู้ในเรื่องเซลล์ รวมถึงกระบวนการแบ่งตัวของเซลล์

การแบ่งตัวของเซลล์นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ การแบ่งตัวแบบไมโตซิส (Mitosis) และการแบ่งตัวแบบไมโอซิส (Meiosis) การแบ่งตัวแบบไมโตซิสนั้นเป็นการแบ่งตัวของเซลล์ เพื่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ส่วนการแบ่งตัวแบบไมโอซิสนั้น จะพบได้ในการแบ่งตัวของเซลล์สืบพันธุ์

2.2.1 การแบ่งตัวแบบไมโตซิส

การแบ่งตัวแบบไมโตซิสนั้นจะแบ่งออกเป็นเฟสต่าง ๆ ได้ 5 เฟสได้แก่ อินเตอร์เฟส (Interphase), โปรเฟส (Prophase),เมตาเฟส (Metaphase),แอนาเฟส (Anaphase) และ เทโลเฟส (Telophase) ซึ่งจริง ๆ แล้วการแบ่งตัวของเซลล์นั้น เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องแต่เพื่อความสะดวกแล้ว นักชีววิทยาจึงได้แบ่งกระบวนการแบ่งตัวแบบไมโตซิสเป็นแค่ 5 เฟสเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1 อินเตอร์เฟส

ที่เฟสนี้บางทีจะถูกเรียกว่าสภาวะนิ่ง (Resting stage) เนื่องมาจากว่าการสังเกตด้วยตาเปล่านั้นจะไม่สังเกตได้ว่ามีอะไรเกิดขึ้นกับเซลล์บ้าง แต่ด้วยการใช้เทคนิคพิเศษนักชีววิทยาพบว่าเซลล์มีการทำงานบางอย่างอยู่ เพียงแต่ว่าหยุดนิ่งเท่านั้น โดยที่ในเฟสนี้โครโมโซมกำลังจะทำการจำลองตัวมันขึ้นมาอีกแท่งหนึ่ง

2.2.1.2 โปรเฟส

ตอนเริ่มต้นของเฟสนี้จะสังเกตเห็นได้ว่า โครโมโซมได้จำลองตัวมันมาเรียบร้อยแล้ว โดยโครโมโซมจะมีลักษณะที่ติดอยู่กับโครโมโซมใหม่ที่จำลองขึ้นมา โดยยึดติดกันทางเซนโทรเมียร์ (Centromere) และเรียกโครโมโซมสองตัวนั้นที่ถูกเซนโทรเมียร์ยึดติดกันว่าซิสเตอร์โครมาติด (Sister chromotids) ซึ่งซิสเตอร์โครมาติดเหล่านี้จะมีลักษณะทางเคมีที่เหมือนกัน

กระบวนการหลายอย่างที่เกิดขึ้นตามมาในเฟสนี้ได้แก่ เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส (Nucleolus) จะแยกตัวออกจากกัน และเซนทริโอล (Centriole) จะจำลองตัวมันเองขึ้นมาอีกอันหนึ่งแล้วเคลื่อนที่ไปยังฝั่งตรงข้ามของเซลล์ โดยที่ระหว่างเซนทริโอลนั้นจะมีเส้นใยที่เรียกว่าสปินเดิลไฟเบอร์ (Spindle fiber) เชื่อมกันอยู่ เส้นใยนี้จะมีหน้าที่ที่จะคอยดึงเพื่อให้ซิสเตอร์โครมาติดแยกออกจากกันในเฟสต่อไป

2.2.1.3 เมตาเฟส

เมื่อโครโมโซมได้เคลื่อนตัวมาเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน และอยู่ในแนวของสปินเดิลไฟเบอร์แล้ว จะกล่าวได้ว่าการแบ่งตัวของเซลล์นั้นได้อยู่ในขั้นเมตาเฟสแล้ว

2.2.1.4 แอนาเฟส

ในเฟสนี้สปินเดิลไฟเบอร์จะแยกขาดออกจากกัน ซึ่งจะส่งผลให้ซิสเตอร์โครมาติดนั้นแยกออกจากกัน และเคลื่อนที่ไปยังด้านตรงกันข้ามของเซลล์ ซิสเตอร์โครมาติดที่แยกออกจากกันแล้วเคลื่อนที่ไปยังด้านตรงข้ามของเซลล์ ต่อไปจะกลายเป็นโครโมโซมของแต่ละเซลล์ที่แบ่งตัวเสร็จแล้ว

2.2.1.5 เทโลเฟส

เฟสนี้เป็นเฟสสุดท้ายของการแบ่งตัวแบบไมโตซิส โครโมโซมจะยังคงเคลื่อนที่ไปยังด้านตรงข้ามของเซลล์ต่อไปเรื่อย ๆ จะทำให้เกิดกลุ่มของโครโมโซมที่แยกออกเป็น 2 กลุ่ม โดยสองกลุ่มนี้จะมีลักษณะของโครโมโซมที่เหมือนกัน และแต่ละกลุ่มก็ยังมีลักษณะของโครโมโซมเหมือนตอนเริ่มต้นก่อนที่จะมีการแบ่งตัวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การแบ่งตัวแบบไมโอซิส

การแบ่งตัวแบบไมโอซิสนั้นเป็นการแบ่งตัวเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ของสิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ การแบ่งตัวแบบนี้จะทำให้เกิดจำนวนโครโมโซมในเซลล์นั้นลดไปครึ่งหนึ่ง การแบ่งตัวแบบไมโอซิสนั้นจะถูกแบ่งเป็นสองดิวิชัน ซึ่งในแต่ละดิวิชันนั้นก็จะแบ่งออกเป็นอีก 5 เฟส ซึ่งทั้ง 5 เฟสนั้นจะมีชื่อเหมือนกับ 5 เฟสในการแบ่งตัวแบบไมโตซิส ในการอธิบายแต่ละเฟสนั้นจะอธิบายโดยแยกแต่ละดิวิชันออกไป

2.2.2.1 ไมโอซิสในดิวิชันที่ 1

2.2.2.1.1 อินเตอร์เฟส 1

การทำงานในเฟสนี้จะเหมือนกับ อินเตอร์เฟสในกระบวนการแบ่งตัวแบบไมโตซิส คือ เซลล์จะดูเหมือนหยุดนิ่งแต่แท้จริงแล้วคือกำลังเตรียมการที่จะทำการจำลองตัวเอง

2.2.2.1.2 โปรเฟส 1

ที่เฟสนี้นั้นจัดเป็นเฟสที่ซับซ้อนและสำคัญที่สุด ในกระบวนการแบ่งตัวแบบไมโอซิส โครโมโซมจะเคลื่อนที่จนกระทั่งโครโมโซมอยู่รวมกับคู่ของมันเอง ซึ่งจะเรียกคู่โครโมโซมนั้นว่าเป็นโฮโมโลกัส (Homologous) กัน และจะเรียกโครโมโซมเดี่ยว ๆ นั้นว่าโฮโมล็อก (Homologs)

กระบวนการที่รวมคู่โครโมโซมที่เป็นโฮโมโลกัสกันไว้ด้วยกัน นั้นจะเรียกว่าซีนแนพซิส (Synapsis) เมื่อเซลล์ได้ทำกระบวนการซีนแนพซิสเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะเรียกคู่โครโมโซมนั้นว่าไบวาเลนต์ (Bivalent) และกระบวนการที่ตามมาหลังจากนี้ จะเหมือนกับโปรแฟสในการแบ่งตัวแบบไมโตซิส โดยแต่ละโครโมโซมจะทำการจำลองตัวมันเองขึ้นมา และหลังจากที่โครโมโซมทำการจำลองตัวเองเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะเรียกคู่โครโมโซมที่เป็นโฮโมโลกัสนั้นว่าเทแทรด (Tetrad) และโครโมโซมแต่ละอันในคู่นั้นว่าดายแอด (Dyads)

ในช่วงโปรเฟส 1 นั้น โครโมโซมจะมีโอกาสแลกเปลี่ยนส่วนบางส่วนซึ่งกันและกัน ซึ่งการแลกเปลี่ยนบางส่วนซึ่งกันและกันนั้นเรียกว่าการ ครอสโอเวอร์ (Crossover) การครอสโอเวอร์นั้นจะกระทำกับโครโมโซมของพ่อและแม่ ไม่ได้กระทำกับโครโมโซมที่จำลองขึ้นมา เนื่องจากยีนที่เรียงตัวอยู่กันบนโครโมโซมนั้นเรียงตัวกันอย่างไม่สม่ำเสมอและมีช่องว่าง ช่องว่างตรงนี้จะเป็นตำแหน่งที่แตกออกมาได้เวลาที่ทำการครอสโอเวอร์ ยีนที่อยู่หลังช่องว่างรอยแต่จะถูกย้ายไปอยู่กับอีกโครโมโซมทั้งหมด นอกจากนี้จะสามารถแตกอีกกีแห่งก็ได้ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการเชื่อมต่อกันของยีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1.3 เมตาเฟส 1

ในเฟสนี้นั้นเซลล์จะเรียงตัวอยู่ในแนวของสปินเดิลไฟเบอร์ เพื่อที่กำลังจะเตรียมพร้อมสำหรับการแยกโครโมโซมคู่ที่เป็นโฮโมโลกัสออกจากกัน

2.2.2.1.4 แอนาเฟส 1

ในเฟสนี้เส้นใยสปินเดิลไฟเบอร์จะแยกขาดออกจากกัน ซึ่งจะทำให้โครโมโซมที่เป็นโฮโมโลกัสกันนั้นแยกออกไปอยู่ด้านตรงกันข้ามกัน โดยที่ซิสเตอร์โครมาติดนั้นยังไม่ได้ถูกแยกจากกัน ซึ่งแตกต่างจากแอนาเฟสในกระบวนการแบ่งตัวแบบไมโตซิส ที่ว่าซิสเตอร์โครมาติดนั้นจะถูกแยกออกจากกันแล้ว

2.2.2.1.5 เทโลเฟส 1

ในเฟสนี้จะได้เซลล์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยแต่ละส่วนนั้นจะประกอบไปด้วยโครโมโซม ที่ไม่มีคู่ที่เป็นโฮโมโลกัสกัน

2.2.2.2 ไมโอซิสในดิวิชันที่ 2

2.2.2.2.1 อินเตอร์เฟส 2

ในสิ่งมีชีวิตทั่ว ๆ ไปรวมทั้งมนุษย์ อินเตอร์เฟส 2 จะไม่มีอะไรเกิดขึ้น ซึ่งสามารถที่จะข้ามไปยังเมตาเฟส 2 ได้เลย

2.2.2.2.2 โปรเฟส 2

กระบวนการในเฟสนี้จะเหมือนกับโปรเฟสในการแบ่งตัวแบบไมโตซิส คือ เซลล์จะเริ่มมีการสร้างสปินเดิลไฟเบอร์ขึ้นมา และเซนทริโอลหลังจากที่จำลองตัวมันเองแล้ว ก็จะเคลื่อนที่ไปยังคนละฝั่งกันของเซลล์

2.2.2.2.3 เมตาเฟส 2

ในเฟสนี้แต่ละดายแอดจะเคลื่อนที่ไปอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน และอยู่ในแนวเดียวกับสปินเดิลไฟเบอร์ด้วย

2.2.2.2.4 แอนาเฟส 2

ในแอนาเฟส 2 นี้สปินเดิลไฟเบอร์จะแยกออกจากกัน เป็นผลให้แต่ละซิสเตอร์โครมาติดของแต่ละดายแอด แยกตัวออกจากกันไปอยู่กันคนละฝั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2.5 เทโลเฟส 2

ที่เฟส นี้จะได้เซลล์ออกมาทั้งหมด 4 เซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์จะเป็นโครโมโซมที่อยู่กันอย่างเดี่ยว ไม่ได้อยู่เป็นคู่ในแบบที่เรียกว่าโฮโมโลกัส เซลล์แต่ละเซลล์ใน 4 เซลล์นี้จะมีลักษณะเป็นเซลล์สืบพันธุ์

2.3 การวิวัฒนาการ

ชาร์ล ดาร์วิน (Charl Darwin) เป็นผู้ที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นผู้ที่เสนอแนวความคิด เกี่ยวกับการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยในขณะที่เขาเดินทางโดยทางเรือไปยังที่ต่าง ๆ เขาได้สังเกตพบว่าสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในที่ต่าง ๆ จะมีลักษณะที่หลากหลาย และจะมีลักษณะโครงสร้างของตัวมันที่สามารถเข้ากับสิ่งแวดล้อมที่มันอยู่ได้ เช่น นกกระจอกที่อยู่บนเกาะที่เขาไปพบนั้น จะมีลักษณะทางโครงสร้างของจะงอยปากที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับอาหารที่นกแต่ละชนิดกิน นกที่มีลักษณะกินเมล็ดถั่วหรือเมล็ดพืชนั้น จะมีลักษณะจะงอยปากที่ใหญ่ ส่วนนกที่กินแมลงนั้นจะมีจะงอยปากที่เล็กลง จากสิ่งที่ดาร์วินสังเกตนั้นเขาได้ใช้เวลาในการครุ่นคิดว่า สิ่งมีชีวิตได้ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้อย่างไร และได้สร้างสมมติฐานขึ้นมาโดยมีด้วยกันอยู่ 5 ข้อ ที่จะนำมาใช้ในการอธิบายว่าสิ่งมีชีวิตนั้นปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างไร ได้แก่

1. สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในสปีชีส์เดียวกันจะมีความแตกต่างกันอยู่อย่างหลากหลาย
2. สิ่งที่แสดงออกถึงความหลากหลายนั้น สามารถถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่ไปสู่รุ่นลูกได้
3. ปัจจัยต่าง ๆ เช่น น้ำ,อาหาร,ที่หลบภัย มีอยู่จำกัด สิ่งมีชีวิตจึงต้องแข่งกันสำหรับปัจจัยที่มีอยู่อย่างจำกัดเหล่านี้
4. การคัดเลือกโดยธรรมชาติ เป็นผลที่ตามมาจาก 3 ข้อแรก เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ นั้นมีอยู่อย่างจำกัด สิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมและดีที่สุด จะสามารถที่จะอยู่รอดในสิ่งแวดล้อมนั้นได้ และสามารถที่จะสืบทอดลักษณะของมันต่อไปยังรุ่นลูกรุ่นหลานได้ ดาร์วินเรียกสิ่งที่เกิดขึ้นนี้ว่า การคัดเลือกโดยธรรมชาติ
5. ภายใต้การชี้นำของการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ทำให้สิ่งมีชีวิตต้องมีการปรับตัว และถ้าปรับตัวแล้วสามารถที่จะอยู่รอดได้ มันก็จะถ่ายทอดลักษณะนั้นต่อไปยังลูกหลานได้ และสิ่งมีชีวิตที่ไม่ซับซ้อนจะวิวัฒนาการไปสู่สิ่งมีชีวิตที่ซับซ้อนกว่า

สี่ข้อแรกของสมมติฐานของดาร์วินนั้นปัจจุบันนี้ก็ยังได้รับการยอมรับอยู่ แต่ว่าคำกล่าวในข้อที่ 5 ที่ว่าสิ่งมีชีวิตที่ไม่ซับซ้อนจะวิวัตนาการไปสู่สิ่งมีชีวิตที่ซับซ้อนกว่า ปัจจุบันยังไม่มีการที่จะพิสูจน์ออกมาให้เห็นเด่นชัดได้ เพราะถ้าจะพิสูจน์แล้วจะต้องใช้เวลาที่นานมาก เราเรียกการวิวัฒนาการจากสิ่งมีชีวิตที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าไปสู่สิ่งมีชีวิตที่ซับซ้อนมากกว่านั้นว่า แมคโครอีโวลูชัน (Macroevolution) หรือการสร้างสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่ขึ้นมา ส่วนการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตที่ยังเป็นสปีชีส์เดิม เพื่อให้มีการเข้ากับสิ่งแวดล้อมที่มัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ได้ ปัจจุบันได้รับการยอมรับแล้ว เพราะว่าสามารถที่จะทำการทดลองได้ในห้องปฏิบัติการ เราเรียกการวิวัฒนาการแบบนี้ว่า ไมโครอีโวลูชัน (Microevolution)

ในช่วงก่อนที่จะมีการปฏิวัติอุตสาหกรรมในประเทศอังกฤษนั้น จะมีไลเคน (Lichen) เกาะอยู่ที่เปลือกต้นไม้ซึ่งไลเคนนี้จะมีสีน้ำตาล แมลงที่อาศัยอยู่ตามเปลือกไม้นั้นก็จะมีสีน้ำตาลไปด้วย ประโยชน์ที่ได้จากการที่แมลงมีสีกลมกลืนกับเปลือกไม้ก็คือว่า นกที่กินแมลงเป็นอาหารนั้นจะมองเห็นแมลงได้ยากลำบาก ทำให้แมลงมีโอกาสที่จะดำรงชีวิตอยู่ได้ดี แต่เมื่ออังกฤษเข้าสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมแล้ว เขม่าควันที่ออกมาจากโรงงานจะทำให้ไลเคนตาย และเปลือกไม้มีลักษณะเป็นสีดำแทนที่จะเป็นสีน้ำตาล และมีจำนวนเปอร์เซนต์ของแมลงที่มีสีดำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ตรงจุดนี้จะเห็นว่าแมลงนั้นมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มันอยู่ เพื่อที่จะได้หลบจากการถูกนกจับกินเป็นอาหาร เราเรียกการปรับตัวของแมลงแบบนี้ว่าไมโครอีโวลูชัน เพราะแมลงจากสีน้ำตาลไปเป็นสีดำนั้นไม่ได้ทำให้แมลงมีโครงสร้างที่ซับซ้อนขึ้น และแมลงนั้นก็ยังคงอยู่ในสปีชีส์เดียวกันอยู่

สมมติฐานของดาร์วินนั้น ไม่สามารถที่จะนำมาอธิบายได้ว่า สิ่งมีชีวิตวิวัฒนาการไปสู่สิ่งมีชีวิตที่ซับซ้อนกว่าได้อย่างไร ซึ่งทฤษฎีที่จะนำมาอธิบายการวิวัฒนาการ ไปสู่สิ่งมีชีวิตที่ซับซ้อนกว่านั้นอยู่นอกเนื้อหาออกไป แต่เนื้อหาที่สำคัญจะอยู่ตรงที่ว่า เจเนติกอัลกอริทึมจะนำแนวคิดในเรื่องของ ไมโครอีโวลูชันไปใช้ในการแก้ปัญหา

2.4 เจเนติกอัลกอริทึม

John Holland เป็นผู้ที่เริ่มสนใจทฤษฎีการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ และมองเห็นว่าทฤษฎีการวิวัฒนาการนั้นน่าที่จะนำมาประยุกต์ใช้ ในการแก้ปัญหาประเภทการหาคำตอบที่ดีที่สุด และประยุกต์ใช้กับพวกแมชชีนเลิร์นนิง (Machine learning) ได้ เขาจึงได้ทำการวิจัยโดยการให้คอมพิวเตอร์แก้ปัญหาต่าง ๆ โดยทำการจำลองการวิวัฒนาการของคำตอบไปเรื่อย ๆ จนได้ผลเป็นที่น่าพอใจ จึงได้สรุปวิธีการในการแก้ปัญหาแบบนี้ออกมาแล้วให้ชื่อว่า เจเนติกอัลกอริทึม

เจเนติกอัลกอริทึมนั้น จะจำลองคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปโครโมโซม และจะสร้างกลุ่มของคำตอบของปัญหาขึ้นมาก่อน โดยกลุ่มของปัญหาหรือโครโมโซมนั้นจะถูกเรียกว่า ประชากร (Population) และจะนำคำตอบของปัญหาเหล่านั้นไปหาค่าความเหมาะสม ค่าความเหมาะสมนั้นเป็นสิ่งที่สะท้อนว่าคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่เหมาะสมหรือไม่ ซึ่งการหาค่าความเหมาะสมในเจเนติกอัลกอริทึมนั้น สามารถที่จะเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตได้ว่า การหาค่าความเหมาะสมของคำตอบนั้น เหมือนกับการวัดว่าสิ่งมีชีวิตนั้น มีลักษณะที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมมากหรือน้อยเพียงใด

หลังจากที่ได้กำหนด ค่าความเหมาะสมให้แต่ละโครโมโซมแล้ว โครโมโซมเหล่านั้นจะถูกคัดเลือกเพื่อที่จะนำไปสร้างประชากรรุ่นถัดไป หลักในการคัดเลือกของเจเนติกอัลกอริทึมมีอยู่ว่า จำนวนโครโมโซมที่จะถูกเลือกไปสร้างเป็นประชากรรุ่นถัดไปนั้น จะถูกถ่วงน้ำหนักด้วยค่าความเหมาะสมของโครโมโซมนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับหลักธรรมชาติที่ว่า สิ่งมีชีวิตที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมมาก ก็ย่อมมีความสามารถที่จะดำรงชีวิตอยู่ เพื่อสืบทอดเผ่าพันธุ์ของมันต่อไปได้มาก

เมื่อได้คัดเลือกโครโมโซม ที่จะนำมาสร้างเป็นประชากรรุ่นถัดไปได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการครอสโอเวอร์ การครอสโอเวอร์นั้นทำขึ้นเพื่อให้มีการถ่ายทอดลักษณะ ที่เชื่อว่าดีต่อไปยังประชากรรุ่นถัดไป การครอสโอเวอร์ในเจเนติกอัลกอริทึมจะทำให้ โครโมโซมหรือคำตอบมีความหลากหลายมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการนำไปสู่คำตอบใหม่ ๆ ที่มีแนวโน้มว่าดีขึ้น ถ้าเปรียบเทียบกับธรรมชาติ การครอสโอเวอร์ก็จะทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ในประชากรนั้น

การมิวเตชัน (Mutation) หรือการผ่าเหล่า คือการเปลี่ยนแปลงลักษณะของยีนไปจากเดิม ซึ่งเป็นต้นเหตุที่จะทำให้เกิดลักษณะที่แปลกขึ้นมา และถือเป็นการให้โอกาสแก่ธรรมชาติ ในการที่จะสร้างสายพันธุ์ใหม่ขึ้นมา ถ้าเกิดว่า สายพันธุ์ใหม่ที่สร้างขึ้นมานั้นดีพอที่จะดำรงอยู่ต่อ มันก็จะถูกเลือกเพื่อนำไปสร้างเป็นประชากรในรุ่นต่อไป แต่ถ้าไม่เหมาะสมมันก็จะตายลงไป ถ้าเปรียบกับเจเนติกอัลกอริทึมแล้ว การมิวเตชันจะเป็นสิ่งที่ช่วยทำให้ค้นพบคำตอบใหม่ ๆ ที่ยังไม่ค้นพบ หรือว่าอาจจะค้นพบได้ด้วยการครอสโอเวอร์ แต่ต้องใช้เวลาที่นาน

2.4.1 โครโมโซมและการเข้ารหัส

จุดเริ่มต้นในการจำลองแบบธรรมชาติของเจเนติกอัลกอริทึมก็คือ การมองคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปของโครโมโซม ซึ่งโครโมโซมจะประกอบไปด้วยยีนที่มีค่าต่าง ๆ และมีการเรียงตัวในรูปแบบลำดับต่าง ๆ ซึ่งเมื่อนำไปแปลความหมายแล้ว จะให้ค่าคำตอบของปัญหาหนึ่ง ๆ

เราจะเรียกรูปแบบของยีน ที่เรียงตัวกันอยู่บนโครโมโซมว่า จีโนไทป์ (Genotype) และจีโนไทป์นั้นแสดงถึงคำตอบของปัญหา ที่ถูกเข้ารหัสว่าเป็นอย่างไร คำตอบนั้นก็คือฟีโนไทป์ (Phenotype) ในการกำหนดรูปแบบของโครโมโซมในเจเนติกอัลกอริทึมนั้น ควรจะกำหนดให้มันสามารถที่จะแทน คำตอบได้ครอบคลุมทั้งหมดทุกคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหานั้น

อีกสิ่งหนึ่งที่จะต้องสร้างขึ้นมาในการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึมก็คือ การเข้ารหัส (Encoding) ซึ่งการเข้ารหัสก็คือ วิธีการแปลงที่จะแปลงโครโมโซมไปสู่คำตอบตอบ ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปแล้วการเข้ารหัสนั้นมักจะใช้การเข้ารหัสแบบฐานสอง และเปรียบเทียบยีนว่าเป็นบิต ถ้าจะเปรียบเทียบกับธรรมชาติแล้ว การเข้ารหัสก็คือการแปลงจากโครโมโซม ไปสู่ลักษณะที่แสดงออกมาของสิ่งมีชีวิต เช่น สีผิว,สีผม,ความสูง ฯลฯ

เมื่อกล่าวถึงโครโมโซมและการเข้ารหัสแล้ว มีอีกสิ่งหนึ่งที่ควรจะต้องขยายความ คือ เจเนติกอัลกอริทึมนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องรู้ถึงความหมายในเข้ารหัสของโครโมโซมนั้นเลย ตัวอัลกอริทึมต้องการรู้แค่เพียงว่าค่าความเหมาะสมโครโมโซมนั้นเป็นเท่าใดก็เพียงพอแล้ว และการทำงานของกระบวนการทางเจเนติกอัลกอริทึมนั้น อันประกอบด้วย การคัดเลือก (Selection),การครอสโอเวอร์,การมิวเตชัน ก็ยังคงทำงานได้โดยที่ไม่จำเป็นต้องรู้ความหมายเลยว่าโครโมโซมนั้นมีความหมายเป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การคัดเลือก

การคัดเลือกในธรรมชาตินั้น หมายถึง การบีบบังคับของธรรมชาติต่อสิ่งมีชีวิตว่าจะให้สิ่งมีชีวิตนั้นอยู่หรือตาย ถ้าสิ่งมีชีวิตนั้นสามารถที่จะอยู่รอดได้ มันก็สามารถที่จะมีโอกาสที่จะถ่ายทอดลักษณะที่ทำให้มันสามารถอยู่รอดในสิ่งแวดล้อมนั้นไปยังรุ่นลูกรุ่นหลานได้ แต่ถ้าสิ่งมีชีวิตนั้นไม่สามารถที่จะอยู่รอดในสิ่งแวดล้อมนั้นได้ มันก็จะตายลงไป และจะไม่มีลักษณะที่จะสืบทอดไปยังรุ่นลูกรุ่นหลาน การคัดเลือกของธรรมชาตินั้น จะแตกต่างจากการคัดเลือกในเจเนติกอัลกอริทึมตรงที่ว่า การคัดเลือกโดยธรรมชาติจะไม่มีการวัดค่าความเหมาะสมเป็นตัวเลขออกมาอย่างเด่นชัด เช่น เราไม่สามารถที่จะไปกำหนดได้ว่า สิ่งมีชีวิตชนิดนี้มีค่าความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในขณะนั้นเป็นเท่าไหร่ ซึ่งแตกต่างจากเจเนติกอัลกอริทึม เพราะว่าเราจะต้องหาค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม หรือ ค่าความเหมาะสมของคำตอบออกมาให้ได้เสียก่อน เพื่อที่จะได้นำค่าความเหมาะสมนั้นไปใช้ในการคัดเลือกจำนวนโครโมโซม ที่จะนำไปทำเป็นประชากรรุ่นถัดไป ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมนั้นสามารถหาได้จากฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness function)

การคัดเลือกในเจเนติกอัลกอริทึมนั้น จะถูกอธิบายด้วยหลักของความน่าจะเป็น ซึ่งมีแนวคิดอยู่ว่าถ้าโครโมโซมหรือคำตอบนั้นมีค่าความเหมาะสมสูง ค่าความน่าจะเป็นที่มันจะต้องถูกคัดเลือก ไปทำเป็นประชากรรุ่นถัดไปก็จะต้องสูงด้วย วิธีการอย่างง่ายสุดในการสร้างค่าความน่าจะเป็น ของแต่ละโครโมโซมเลยก็คือ นำค่าความเหมาะสมของโครโมโซมนั้น หารด้วยผลรวมของค่าความเหมาะสมของทุกโครโมโซมในประชากรรุ่นนั้น ซึ่งจะเห็นว่า ค่าผลรวมของค่าความเหมาะสมของทุกโครโมโซมนั้นจะมีค่าคงที่ สำหรับประชากรรุ่นนั้น แต่ถ้าค่าความเหมาะสมของโครโมโซมนั้นมาก ก็จะทำให้ค่าความน่าจะเป็น ที่จะถูกเลือกนั้นมากตามไปด้วย ซึ่งจะเห็นว่าตรงกับแนวคิดข้างต้น

2.4.3 การครอสโอเวอร์

ในเจเนติกอัลกอริทึม การครอสโอเวอร์นั้นจะเป็นการถ่ายทอดลักษณะบางส่วน ของคู่ของคำตอบในประชากรก่อนหน้านั้นมายังประชากรในรุ่นต่อไป การครอสโอเวอร์จะเป็นการสร้างคำตอบใหม่ และจะให้แนวคิดในเรื่องของการวิวัฒนาการ (Evolution) แต่แนวคิดของการคัดเลือกจะสะท้อนถึงคำว่าการดำรงอยู่ (Survival) การจำลองแบบการครอสโอเวอร์นั้นทำได้โดย เลือกตำแหน่งบนโครโมโซมขึ้นมาก่อนโดยตำแหน่งนั้นจะเป็นตำแหน่งที่ทำการครอสโอเวอร์ หลังจากนั้นให้เลือกคู่โครโมโซมที่จะนำมาครอสโอเวอร์เมื่อได้แล้วให้แลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซม ที่อยู่หลังตำแหน่งของการครอสโอเวอร์ซึ่งกันและกัน ตัวอย่าง เช่น กำหนดให้โครโมโซมประกอบด้วยสัญลักษณ์ 10 ตัวในเซต {A,B,C,D,E,a,b,c,d,e} และให้โครโมโซมมีความยาวเท่ากับ 5 โดยจะให้โครโมโซมตัวแรกมีลักษณะเป็น ABCDE และตัวที่ 2 มีลักษณะเป็น abcde ถ้ากำหนดให้ตำแหน่งที่ทำการครอสคือตำแหน่งที่ 3 เมื่อนำโครโมโซมทั้งสองแบบนี้มาครอสกันแล้ว จะได้ผลลัพธ์เป็น ABCde และ abcDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การมิวเตชัน

ถึงแม้ว่าการครอสโอเวอร์นั้น จะทำให้มีการสร้างคำตอบใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นมาก็ตาม แต่การครอสโอเวอร์ก็ยังคงมีข้อด้อยตรงที่ว่า การครอสโอเวอร์ไม่ได้ทำให้เกิดการค้นพบแอลลีใหม่ ๆ ที่ยังไม่เคยพบ แต่การครอสโอเวอร์นั้นเป็นแค่การ สลับสับเปลี่ยนรูปแบบการเรียงของแอลลีที่มีอยู่ก่อนแล้วเท่านั้น ตัวอย่าง เช่น สมมติว่าโครโมโซมประกอบด้วยตัวอักขระภายใน {A,B,C,D,E,a,b,c,d,e} และแต่ละบิตในแต่ละโครโมโซมในประชากรรุ่นนั้นไม่มีอักขระ E ปรากฏอยู่เลย โดยปราศจากการมิวเตชันแล้ว ไม่ว่าจะทำการครอสโอเวอร์อย่างไรก็ตาม แอลลี E ก็ไม่สามารถที่จะปรากฏออกมาได้เลย ถ้าบังเอิญว่าคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหานั้น จำเป็นที่จะต้องมีแอลลี E ปรากฏอยู่ด้วย คำตอบที่ได้ออกมานั้นก็จะยังไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่ถ้าเราทำการเพิ่มการมิวเตชันเข้าไป จะทำให้มีโอกาสที่จะพบคำตอบที่ดีที่สุดได้มากขึ้น

ประโยชน์ของการมิวเตชันอีกอย่างหนึ่งก็คือ ในขณะที่ประชากรได้ดำเนินการไปเรื่อย ๆ หลาย ๆ รุ่นแล้ว ลักษณะของประชากรจะมีลักษณะที่ลู่เข้า (Converge) ความหลากหลายในประชากรนั้นก็จะน้อยลง แต่ถ้ามากการมิวเตชันเกิดขึ้น จะช่วยเพิ่มทำให้มีความหลากหลายมากขึ้น และจะเพิ่มโอกาสที่จะค้นพบคำตอบใหม่ ๆ ที่ดีขึ้นก็ได้ การมิวเตชันนั้นทำได้โดยการเปลี่ยนแอลลี ของบิตที่ถูกมิวเตชันให้เป็นค่าอื่น เช่น โครโมโซมมีลักษณะ ABCDE และกำหนดให้ตำแหน่งที่ทำการมิวเตชันอยู่ที่ตำแหน่งที่ 4 ซึ่งจะทำให้แอลลีในตำแหน่งบิตที่ 4 นั้นถูกเปลี่ยน ในที่นี้กำหนดให้การมิวเตชันนั้นเปลี่ยนจากตัวอักขระตัวใหญ่ เป็นอักขระตัวเล็กซึ่งจะทำให้ได้โครโมโซมที่ผ่านการมิวเตชันแล้วมีลักษณะเป็น ABCdE

2.4.5 ขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึม

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเจเนติกอัลกอริทึมนั้น ประกอบด้วยกระบวนการหลักได้แก่ การคัดเลือก , การครอสโอเวอร์ และการมิวเตชัน แต่กระบวนการทั้ง 3 นี้เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนจากประชากรรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่งที่เป็นรุ่นถัดไปเท่านั้นเอง ในการที่จะนำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหานั้น ไม่ได้ทำกันเพียงแค่ 1 รุ่นหรือ 2 รุ่น แต่ว่าจะทำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้คำตอบที่พอใจ ซึ่งพอที่จะสรุปเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดังนี้ โดยที่กำหนดให้ว่ามีวิธีการเข้ารหัส และวิธีการหาค่าความเหมาะสมเรียบร้อยแล้ว

1) กำหนดประชากรของโครโมโซมเริ่มต้น
2) คำนวณค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม ในประชากรรุ่นนั้น
3) นำโครโมโซมในประชากรรุ่นนั้นไปผ่านกระบวนการทางเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งจะทำให้ได้ประชากรรุ่นใหม่
4) คำนวณค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม ในประชากรรุ่นใหม่
5) ให้นำประชากรรุ่นใหม่ที่ได้นั้นไปแทนในประชากรเดิมที่มีอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ตรวจสอบเงื่อนไขว่าคำตอบที่ได้เป็นที่น่าพอใจหรือยัง ถ้าเป็นที่น่าพอใจแล้วก็ให้นำค่าโครโมโซมที่ดีที่สุดไปใช้งาน แต่ถ้ายังไม่เป็นที่น่าพอใจก็ให้ย้อนไปทำขั้นตอนที่ 3

2.5 ตัวอย่างการนำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้งาน

ในตัวอย่างนี้จะเป็นการนำเจเนติกอัลกอริทึม ไปใช้กับปัญหาในเรื่องของการผสมเหล้าคอกเทล ซึ่งปัญหานี้ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งานจริง แต่ว่าเหมาะสมสำหรับจะเป็นตัวอย่างของการแก้ปัญหา โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมเท่านั้น ส่วนปัญหาจริง ๆ นั้นจะนำมายกตัวอย่างในบทต่อ ๆ ไป

ปัญหามีอยู่ว่ามีเหล้าอยู่ 5 ชนิดซึ่งแต่ละชนิดเป็นสมาชิกของ {A,B,C,D,E} จะต้องหาว่าต้องผสมเหล้าให้เป็นคอกเทลอย่างไร จึงจะทำให้ได้กำไรในการขายคอกเทลต่อวันนั้นสูงที่สุด โดยกำหนดให้ผสมเหล้ากันในอัตราส่วน 1:1 และจำนวนเหล้าที่นำมาผสมนั้นจะไม่เกิน 5 ชนิดนี้ ในโจทย์ปัญหานี้ฟังก์ชันความเหมาะสม คือ กำไรที่ขายคอกเทลได้ในวันนั้น

2.5.1 การเข้ารหัสของปัญหา

จะเห็นว่ามีเหล้าที่จะนำมาผสมกันได้มากสุดอยู่ 5 ชนิด ดังนั้นในการเข้ารหัสโครโมโซมจะให้โครโมโซมมีความยาวเท่ากับ 5 และค่าแอลลีในแต่ละบิตที่เป็นไปได้นั้นจะเป็นค่าที่อยู่ใน {0,1} ซึ่งตำแหน่งบิตแต่ละตำแหน่ง (โลกัส) บนโครโมโซมนั้นจะมีความหมาย ที่จะสื่อถึงว่าจะนำเหล้าชนิดนั้นมาผสมหรือไม่ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าแอลลีที่ตำแหน่งนั้น (รูป 2-4)

A	B	C	D	E

รูป 2-4 ตำแหน่งบนโครโมโซม

ค่าบิต (แอลลี) ที่แต่ละตำแหน่ง A-E นั้นจะมีค่าได้คือเป็น 0 หรือ 1 ถ้าเกิดว่าค่าที่ตำแหน่ง A เป็น 1 ก็หมายความว่า ในการทำคอกเทลจะต้องนำเหล้า A มาผสมด้วย 1 ส่วน แต่ถ้าเป็น 0 ก็จะหมายความว่าไม่ต้องนำเหล้าชนิด A มาผสม ทำในทำนองเดียวกันนี้กับบิตที่ตำแหน่งอื่น ๆ เช่น โครโมโซม 10110 จะมีความหมายคือ คอกเทลที่เกิดจากการนำเหล้า A,C และ D มาผสมกันในอัตราส่วนที่เท่ากัน หรือจะเขียนอยู่ในรูปของเซตได้เป็น {A,C,D}

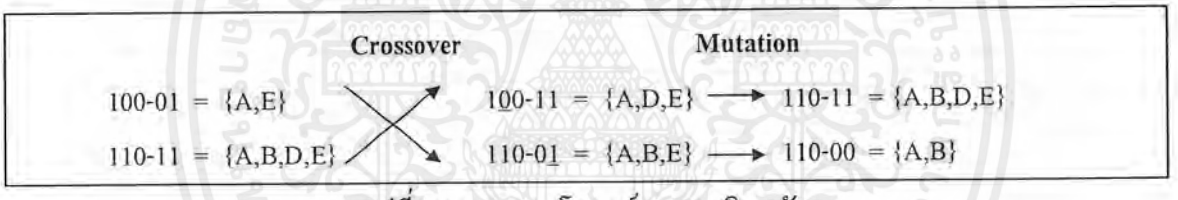
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหา

ฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหานี้ คือ กำไรที่ได้จากการนำคอกเทลชนิดนั้นไปขายในวันนั้น ซึ่งฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหานี้ ไม่สามารถที่จะหาได้ออกมาในรูปของสมการคณิตศาสตร์ จึงต้องหาโดยการลองนำเหล้าชนิดนั้นไปขายจริง ๆ ความหมายที่ว่า ไม่สามารถที่จะหาฟังก์ชันความเหมาะสมมาในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้นั้น หมายความว่า ไม่มีสมการทางคณิตศาสตร์ที่จะบอกว่า ถ้าผสมเหล้าแบบนี้แล้วจะได้กำไรเท่าไหร่ เพราะกำไรที่ได้นั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนแก้วของคอกเทลที่ลูกค้าจะสั่ง ขึ้นอยู่กับความชอบของลูกค้าในคอกเทลชนิดนั้น

2.5.3 การครอสโอเวอร์และการมิวเตชัน

การทำการครอสโอเวอร์ในปัญหานี้นั้น จะใช้การครอสโอเวอร์แบบจุดเดียว (1-Point crossover) ซึ่งจะทำการสุ่มตำแหน่ง ที่จะทำการครอสมาแค่ตำแหน่งเดียวแล้วจึงทำการครอสกัน ส่วนการมิวเตชันนั้นจะทำโดยสุ่มตำแหน่งที่จะถูกมิวเตชันขึ้นมาก่อน ถ้าค่าบิตที่ตำแหน่งนั้นเป็น 1 ก็ให้กลับบิตนั้นเป็น 0 ถ้าบิตนั้นเป็น 0 ก็ให้กลับบิตนั้นเป็น 1 (รูป 2-5) ในรูป - หมายถึง ตำแหน่งที่ทำการครอสโอเวอร์ และบิตที่ขีดเส้นใต้หมายถึง ตำแหน่งที่ทำการมิวเตชัน



รูปที่ 2-5 การครอสโอเวอร์และการมิวเตชัน

2.5.4 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

ด้วยการใช้เจเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการแก้ปัญหานั้น จะต้องสร้างประชากรของคำตอบเริ่มต้นขึ้นมาก่อน ซึ่งในปัญหานี้ก็คือกลุ่มของวิธีการผสมคอกเทล ในที่นี้จะกำหนดให้จำนวนสมาชิกในประชากรมีค่าเท่ากับ 6 หลังจากที่ได้ประชากรเริ่มต้นแล้ว จะต้องนำวิธีการแบบต่าง ๆ ไปทำการหาค่าความเหมาะสม ซึ่งในที่นี้ก็คือกำไรที่ได้จากการขาย เราจะสามารถหาค่าความเหมาะสมได้ ก็ต่อเมื่อสิ้นสุดการขายในแต่ละวันแล้ว หรือพูดได้ง่าย ๆ ว่าการหาค่าความเหมาะสมในแต่ละวิธีนั้น จะต้องใช้เวลา 1 วัน ดังนั้นจำนวนวันที่จะใช้ในการหาค่าความเหมาะสมของประชากรได้หมด จะต้องใช้เวลา 6 วัน เมื่อหาความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมได้หมดแล้ว ก็ให้นำประชากรเหล่านั้น ไปผ่านกระบวนการทางเจเนติกอัลกอริทึม เพื่อให้สร้างประชากรรุ่นต่อ ๆ ไป และให้เก็บวิธีการผสมเหล้าที่ดีที่สุดไว้เพื่อนำไปใช้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.5.4.1 กำหนดประชากรของโครโมโซมเริ่มต้น

การสร้างประชากรเริ่มต้นนั้น ทำโดยการสร้างวิธีการผสมเหล้าขึ้นมา 6 อย่างก่อน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะรวมการหาค่าความเหมาะสมของแต่ละวิธีไปด้วยกันเลย (รูป 2-6) ในรูปนี้จะนำเสนอค่าที่เรียกว่าค่าความคาดหวัง ซึ่งเป็นค่า ที่บอกว่าโครโมโซมตัวนั้นมีแนวโน้มว่า จะถูกคัดเลือกไปทำเป็นประชากรรุ่นต่อไปได้กี่ตัว ค่าความคาดหวังนี้หาได้จากนำค่าความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือก ของโครโมโซมนั้นคูณกับจำนวนประชากร ประชากรที่ถูกเลือกไปทำเป็นประชากรรุ่นต่อไปนั้น จะถูกนำไปไว้ในส่วนที่เรียกว่า เมตติงพูล (Mating pool)

No.	โครโมโซม	ความหมาย	ความเหมาะสม (กำไร)	P_{Select}	ค่าคาดหวัง
1)	10100	{A,C}	10	0.11	0.66
2)	11011	{A,B,D,E}	25	0.27	1.66
3)	11111	{A,B,C,D,E}	5	0.055	0.33
4)	10000	{A}	7	0.077	0.466
5)	10001	{A,D}	13	0.144	0.86
6)	11100	{A,B,C}	30	0.33	2

รูปที่ 2-6 ประชากรรุ่นที่ 1

การครอสโอเวอร์และการมิวเตชัน จะกระทำกับโครโมโซมที่อยู่ในเมตติงพูล โดยการครอสโอเวอร์จะทำการเลือกคู่โครโมโซมขึ้นมาก่อนแล้วจึงนำมาครอสกัน (รูปที่ 2-7) ในรูปนั้นจะแสดงถึงโครโมโซมในเมตติงพูล และจะแสดงตำแหน่งที่ทำการครอส และการมิวเตชันออกมาให้ดูด้วยกันเลย และหลังจากที่นำโครโมโซมในเมตติงพูลมาครอสโอเวอร์และมิวเตชันแล้ว จะได้ประชาการรุ่นถัดไป คือ ประชากรรุ่นที่ 2 (รูปที่ 2-8)

No.	โครโมโซม	ความหมาย	ความเหมาะสม (กำไร)	คู่ครอสโอเวอร์
1)	1010-0	{A,C}	10	(1,3)
2)	1-1011	{A,B,D,E}	25	(2,6)
3)	1101-1	{A,B,D,E}	25	(3,1)
4)	100-01	{A,D}	13	(4,5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37037

5)	111-00	{A,B,C}	30	(5,4)
6)	1-1100	{A,B,C}	30	(6,2)

รูปที่ 2-7 โครโมโซมในเมตติงพูล

No.	โครโมโซม	ความหมาย	ความเหมาะสม (กำไร)	P_{select}	ค่าคาดหวัง
1)	10111	{A,C,D,E}	20	0.136	0.816
2)	11101	{A,B,C,E}	35	0.238	1.428
3)	11010	{A,B,D}	50	0.340	2.04
4)	10000	{A}	7	0.047	0.285
5)	11001	{A,B,E}	10	0.068	0.408
6)	11011	{A,B,D,E}	25	0.17	1.02

รูปที่ 2-8 ประชากรในรุ่นที่ 2

ในการสร้างประชากรเพื่อหาคำตอบในรุ่นถัด ๆ ไปนั้น จะทำได้ด้วยวิธีการเดียวกันนี้ คือ นำประชากรรุ่นที่ 2 ไปทำการคัดเลือก ครอสโอเวอร์ และมิวเตชัน แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเป็นประชากรรุ่นที่ 3 ให้ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ ไปจนกว่าจะได้คำตอบ (กำไร) เป็นที่น่าพอใจ

2.6 พันธุศาสตร์ทางชีววิทยา และ เจเนติกอัลกอริทึม

เพื่อเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างทางพันธุศาสตร์ กับ เจเนติกอัลกอริทึม สามารถที่จะกล่าวโดยสรุปได้คือ ในทางพันธุศาสตร์ โครโมโซมจะประกอบไปด้วยหน่วยเก็บลักษณะ หรือที่เรียกว่า ยีน ซึ่งค่าที่ยีนจะเป็นได้นั้นจะถูกเรียกว่า แอลลี และแต่ละแบบของชุดยีนจะเรียกว่าจีโนไทป์ ซึ่งจีโนไทป์นี้จะสัมพันธ์กับลักษณะภายนอกที่แสดงออกมา ลักษณะภายนอกที่แสดงออกมานี้เรียกว่าฟีโนไทป์

ในทางเจเนติกอัลกอริทึมนั้นโครโมโซมจะเปรียบได้กับสตริง (String) ซึ่งสามารถที่จะเรียกเป็นโครโมโซมก็ได้ และสตริงจะประกอบไปด้วยค่าบิตต่าง ๆ ที่เรียงต่อกัน ค่าบิตที่เป็นไปได้นั้นจะถูกเปรียบเทียบได้กับแอลลี ส่วนคำว่าบิตนั้นเปรียบเทียบได้กับคำว่ายีน จากที่กล่าวมาทั้งหมดพอที่จะสรุปเปรียบเทียบระหว่างพันธุศาสตร์ทางชีววิทยาและเจเนติกอัลกอริทึมได้ดังรูปที่ 2-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Natural Genetic	Genetic Algorithm
Chromosome	String
Gene	Bit
Allele	Character value,Bit value
Locus	String position
Genotype	Structure
Phenotype	A decode structure

รูปที่ 2-9 การเปรียบเทียบระหว่างพันธุศาสตร์ และ เจเนติกอัลกอริทึม

2.7 คุณสมบัติของเจเนติกอัลกอริทึม

จากที่ได้กล่าวถึงการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึมมาแล้ว พอที่จะนำมาสรุปได้ถึงลักษณะการทำงานและคุณสมบัติของเจเนติกอัลกอริทึมได้ดังนี้

1. เจเนติกอัลกอริทึมเป็นการหาคำตอบแบบขนานและแบบโกลบอล (Global)
2. มีการหาคำตอบโดยอยู่บนพื้นฐานของความน่าจะเป็น แต่ค่าความน่าจะเป็นนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความเหมาะสมของคำตอบนั้น ๆ
3. มีการแทนคำตอบของปัญหาด้วยการเข้ารหัส
4. มีการสร้างกลุ่มของคำตอบใหม่ ๆ โดยนำคำตอบเก่า ๆ ก่อนหน้านั้นมาทำการปรับปรุง
5. เหมาะกับปัญหาที่มีโดเมนกว้าง
6. เหมาะกับปัญหาที่ไม่ทราบความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาต์พุท

เจเนติกอัลกอริทึมเป็นการหาคำตอบแบบขนานนั้น ในบทนี้นั้นจะยังมองเห็นได้อย่างไม่เด่นชัด ซึ่งจะต้องอธิบายถึงทฤษฎี สคีมา (Schema theorem) เสียก่อน ซึ่งจะอธิบายในบทต่อไป แต่ความหมายที่ว่าเป็นการหาคำตอบแบบโกลบอลนั้น หมายถึง เจเนติกอัลกอริทึมมีความสามารถที่จะพบคำตอบที่ดีที่สุดได้ ถ้าเกิดว่าโครโมโซมหรือสตริงที่นำมาเข้ารหัสนั้น สามารถแทนทุกคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด หรือคำตอบที่ดีที่สุดนั้นอยู่ในช่วงที่การเข้ารหัสนั้นสามารถแทนได้

เจเนติกอัลกอริทึมมีการหาคำตอบอยู่บนพื้นฐานของความน่าจะเป็น หมายถึง ในการสร้างคำตอบใหม่ ๆ ขึ้นมานั้นจะนำคำตอบเก่ามาใช้ด้วย ซึ่งปริมาณของคำตอบเก่าที่จะถูกนำมาใช้สร้างคำตอบใหม่นั้นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของคำตอบนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการแทนคำตอบของปัญหาด้วยการเข้ารหัส ในการหาคำตอบนั้นเจเนติกอัลกอริทึมจะไม่ดำเนินการกับคำตอบโดยตรง แต่จะดำเนินการกับคำตอบที่ถูกนำมาเข้ารหัสแล้ว การดำเนินการนี้ประกอบไปด้วยการคัดเลือก การครอสโอเวอร์ และการมิวเตชัน

เหมาะกับปัญหาที่มีโดเมนกว้าง คำว่าโดเมนกว้างหมายถึงว่าคำตอบที่เป็นไปได้นั้นมีมากมาย อย่างในตัวอย่างในเรื่องการผสมคอกเทลนั้น ถ้าเกิดสมมติว่ามีเหล้าทั้งหมด 20 ชนิด คำตอบของปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะมากกว่า 1 ล้านคำตอบ การจะลองทำหมดทุกคำตอบจึงไม่ใช่สิ่งที่ดี แต่ถ้าใช้เจเนติกอัลกอริทึมแล้วจะช่วยให้เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่มีปริมาณมากนั้นลดลงได้ ส่วนความหมายที่ว่าเหมาะกับปัญหาที่ไม่ทราบความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาต์พุท หมายความว่า ไม่มีสมการที่จะบอกได้ว่าเอาต์พุทและอินพุทสัมพันธ์กันอย่างไร ตัวอย่างของปัญหาที่ทราบความสัมพันธ์ของอินพุทและเอาต์พุท เช่น การหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $Y = X^2$ ถึงแม้ว่าจะไม่ทราบความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาต์พุท แต่เจเนติกอัลกอริทึมก็สามารถแก้ปัญหาได้ขอเพียงทราบว่า ให้อินพุทเข้าไปเท่านี้แล้วจะต้องออกมาเป็นเท่าไหร่ก็เพียงพอแล้ว คือมองเสมือนกับว่าตัวปัญหานั้นเป็นเพียงกล่องดำกล่องหนึ่ง ที่เราไม่รู้การทำงานภายในของมัน แต่รู้เพียงว่าถ้าป้อนอินพุทให้ไปเท่านี้ แล้วจะต้องได้เอาต์พุทออกเท่าไหร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การนำเสนอทางคณิตศาสตร์ และการปรับปรุง เจเนติกอัลกอริทึม

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึง เจเนติกอัลกอริทึม ในรูปแบบมุมมองทางคณิตศาสตร์ และอธิบายถึงการปรับปรุงเจเนติกอัลกอริทึม เช่น การปรับปรุงขั้นตอนในการคัดเลือก ขั้นตอนการครอสโอเวอร์ โดยจะอธิบายถึงวิธีการคัดเลือกและการครอสโอเวอร์แบบต่าง ๆ รวมถึงการนำเสนอทฤษฎี สคีมา ซึ่งจะนำมาใช้ในการอธิบาย การทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม ว่าทำไมเจเนติกอัลกอริทึมถึงทำงานได้ และอธิบายความหมายที่ว่า เจเนติกอัลกอริทึมเป็นอัลกอริทึมที่มีลักษณะเป็นแบบขนาน

3.1 การนำเสนอปัญหา

ในเบื้องต้นเลย เจเนติกอัลกอริทึม ที่ Holland สร้างขึ้นมานั้น สร้างขึ้นมาเพื่อที่จะนำมาใช้ในระบบที่สามารถที่จะปรับตัวเองได้ โดยตัวอัลกอริทึมนั้นแตกต่างจากอัลกอริทึมในการหาคำตอบ แบบอื่น ๆ ตรงที่ตัวมันเองเป็นอัลกอริทึมในการหาคำตอบที่ไม่ต้องการข้อมูลอื่นมาช่วย เช่น ในการหาคำตอบโดวิธีการเกรเดียน (Gradient) นั้น ถ้าเราต้องการจะหาค่าสูงสุดของฟังก์ชันนั้น วิธีนี้เราจะต้องทราบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาต์พุทเป็นอย่างไร แต่ตัวเจเนติกอัลกอริทึมนั้นจะไม่ต้องการข้อมูลนี้ ในการหาคำตอบด้วยวิธีอื่น ๆ นั้นอาจจะที่รับประกันได้ว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่บางปัญหานั้นการที่จะได้คำตอบที่ดีที่สุดมานั้น จะต้องเสียเวลาไปในการหาคำตอบนานมากจนไม่อาจยอมรับได้ แต่เจเนติกอัลกอริทึมถึงแม้ว่าจะไม่รับประกันว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดออกมา แต่ตัวอัลกอริทึมนั้น ก็สามารถที่จะมีโอกาสที่จะได้ค่าที่ดีที่สุดก็ได้ และอยู่ในช่วงเวลาที่ยอมรับได้

ในการจัดการปัญหาในเรื่องของการหาค่าที่ดีที่สุดนั้น จะนำเสนอปัญหาให้อยู่ในรูปของฟังก์ชัน โดยกำหนดให้ D เป็นดีสครีตโดเมนที่มีจำนวนจำกัด (Finite discrete domain) และฟังก์ชัน $g : D \rightarrow R$ และ R เป็นค่าที่เป็นไปได้ของปัญหาซึ่งโดยทั่วไปแล้ว R จะเป็นเซตของจำนวนจริง ปัญหามักจะอยู่ในรูปที่ว่า ให้หาค่า $x \in D$ ที่ทำให้ $g(x) \in R$ มีค่าสูงสุด โดย x จะอยู่ในรูปของเวกเตอร์ซึ่งจะมีกี่มิตินั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนพารามิเตอร์ของปัญหานั้น ๆ

ในกระบวนการแก้ปัญหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึมนั้น จะต้องดำเนินการเข้ารหัสโดยที่จะทำการแปลงจาก คำตอบของปัญหาจริง ๆ ให้อยู่ในรูปของรหัส โดยที่การแปลงรหัสนั้นสามารถมองอยู่ในรูปของฟังก์ชัน โดยฟังก์ชันนี้จะทำการแปลงจากโดเมนของปัญหาจริง ๆ ให้ไปอยู่ในรูปของสตริง $d : S^l \rightarrow D$ โดยที่ S^l นั้นเป็นเซตของสตริงที่มีความยาว l ซึ่งจะทำให้แต่ละค่าของ $x \in D$ จะสอดคล้องกันกับ $s \in S^l$ และ s สามารถเขียนได้อยู่ในรูป $(a_1,...,a_L)$ และ $a_i \in S$

สิ่งที่จะต้องนำมาประกอบอีกอย่างหนึ่งก็คือ ฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness function) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่เป็นตัวบอกว่าคำตอบของปัญหา ที่ถูกเข้ารหัสแล้วนั้นเป็นคำตอบที่ดีเพียงใด สามารถแสดงได้คือ f:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$S' \rightarrow R$ ซึ่ง f สามารถเขียนอยู่ในรูปแบบคอมโพสิตฟังก์ชันของ g และ d ได้อยู่ในรูป $f(s) = k\, g(d(s))$ เมื่อ $k \in R^+$ ซึ่งจะเห็นว่าค่า x ที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับปัญหานั้น ก็จะได้ค่า s ที่ดีที่สุดด้วยเมื่อเทียบกับฟังก์ชันความเหมาะสม

3.2 การเข้ารหัส

ก่อนที่จะเลือกวิธีการเข้ารหัสนั้น เริ่มแรกจะต้องทำการกำหนดว่า ค่าในแต่ละบิต (แอลลี) นั้นเป็นอะไรได้บ้าง ซึ่งก็คือการกำหนดค่าของ S นั่นเอง ในกรณีของการเข้ารหัสแบบเลขฐานสองนั้น $S = \{0,1\}$ และ S' ก็คือเซตของสตริงทั้งหมดที่เป็นไปได้ ซึ่งมีจำนวนสมาชิกเท่ากับ 2^l โดยเราจะเรียก S' ว่าเป็นเสิร์ชสเปซ (Search space) ของปัญหา สำหรับความต้องการที่จะทำการแปลงจากไบนารีสตริง s_i ไปเป็น x_i โดยที่ $A \le x_i \le B$ สามารถแสดงได้อยู่ในรูป

$$\sum_{n=1}^{l} a_n 2^{n-1} = M \qquad (1)$$

$$x_i = A + M\frac{B-A}{2^L - 1} \qquad (2)$$

$$2^{l-1} \le (B-A)10^m \le 2^l \qquad (3)$$

โดยในสมการที่ (1) และ (2) นั้นจะเห็นว่า การเข้ารหัสแบบไบนารีนั้น ไม่จำเป็นที่ว่ารหัสนั้นจะต้องแทนจำนวนเต็ม ซึ่งค่าความละเอียดของรหัส ที่จะแทนค่าพารามิเตอร์ของปัญหานั้น จะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับ ความยาวของสตริงและค่า B กับ A และถ้าต้องให้การเข้ารหัสมีความละเอียดเท่ากับ m โดย m หมายถึงจำนวนตำแหน่งของทศนิยมที่ต้องการ แล้วความยาวของสตริงจะต้องมีคุณสมบัติดัง (3)

3.3 การคัดเลือก

การคัดเลือก หมายถึง การนำสตริงมาไว้ในเมตติงพูล (Mating pool) โดยจำนวนสตริงที่จะนำมานั้นจะเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสมของสตริงนั้น การคัดเลือกนั้นจะกระทำกับประชากรในรุ่นก่อนหน้านั้น โดยขั้นต้นจะต้องสร้างประชากรขึ้นมาก่อน ซึ่งสามารแสดงประชากรได้ในรูปของ เซตของสตริงโดยมีพารามิเตอร์ t ซึ่งเป็นตัวบอกลำดับรุ่นของประชากรนั้น

กำหนดให้ $P(t) \in (S')^N$ ซึ่ง N หมายถึงจำนวนสตริงในประชากรที่ t โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว N จะมีค่าเท่ากันสำหรับทุก ๆ ค่าของ t และ $(S')^N$ คือเซตของรูปแบบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของ $P(t)$ และกำหนดให้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นในการถูกเลือก $p_s : S' \rightarrow [0,1]$ เป็นฟังก์ชันที่จะบอกว่าสตริง s_i มีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกเป็นเท่าใด ค่า $p_s(s_i)$ จะมีวิธีการหาที่แตกต่างกันไป โดยส่วนใหญ่แล้วจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ หา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าความเหมาะสมของสตริงนั้น และหาจากค่าลำดับ (Rank) ของความเหมาะสมของสตริงนั้น นอกจากนี้แล้วยังมีอีกค่าหนึ่งคือ ค่าความคาดหวัง (Expected value) ค่านี้เป็นค่าที่ใช้ในการประมาณว่าสตริง s_i จะถูกคัดเลือกไปไว้ในเมตติงพูลเป็นจำนวนกี่ตัว ถ้ากำหนดให้ η'_i แทนค่าความคาดหวังของ s_i ใน **P(t)** ก็จะได้ว่า $\eta'_i = Np_s(s_i)$ คุณลักษณะที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของ $p_s(s_i)$ คือ ที่ t หนึ่ง ๆ $\sum_{i=1}^{N} p_s(s_i) = 1$

3.3.1 การคัดเลือกโดยสัดส่วนความเหมาะสม

วิธีการคัดเลือกโดยวิธีนี้นั้น จะนำค่าความเหมาะสมของแต่ละสตริงมาใช้โดยตรง เพื่อช่วยในการหาค่าความน่าจะเป็นในการถูกเลือก โดยค่าความน่าจะเป็นนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการ (4) ซึ่งจะสังเกตได้ว่าค่า ความน่าจะเป็นในการถูกเลือกนั้นจะมาก ถ้าค่าความเหมาะสมของสตริงนั้นมาก เมื่อเทียบกับผลรวมของค่าความเหมาะสมของสตริงทั้งหมดในประชากรนั้น

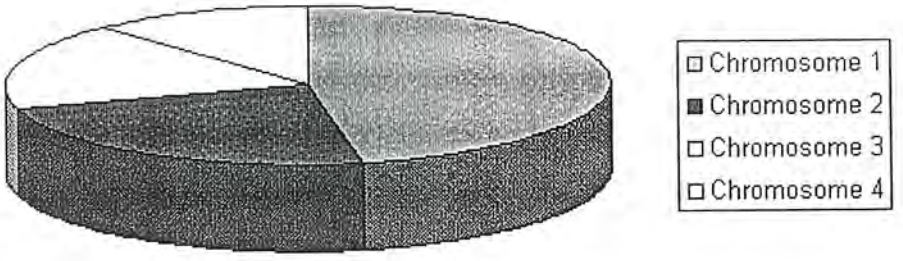
$$p_s(s_i^t) = \frac{f(s_i^t)}{\sum_{j=1}^{n} f(s_j^t)} \qquad (4)$$

วิธีการคัดเลือกแบบใช้ความสัดส่วนความเหมาะสมนั้น สามารถที่จะแบ่งย่อย ๆ ต่อไปได้อีกหลายวิธี แต่ละวิธีจะมีการคำนวณค่าความน่าจะเป็น ในการถูกเลือกเหมือนกัน แต่วิธีที่จะนำค่าความน่าจะเป็นนี้ไปใช้จะแตกต่างกัน

3.3.1.1 การสุ่มแบบคืนกลับ (Stochastic sampling with replacement)

วิธีนี้จะรู้จักดีในอีกชื่อหนึ่งที่เรียกว่าการหมุนวงล้อ หลักการคัดเลือกวิธีนี้จะมีอยู่ว่า เราจะแบ่งวงล้อวงกลมออกเป็นส่วน ๆ โดยมีจำนวนส่วนเท่ากับจำนวนสตริงในประชากรนั้น โดยแต่ละส่วนที่แบ่งนั้นจะกินมุมรอบจุดศูนย์กลางที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับค่าความเหมาะสม สตริงใดที่มีค่าความเหมาะสมสูง ก็จะมีมุมรอบจุดศูนย์กลางที่มาก เมื่อแบ่งวงล้อออกเป็นส่วน ๆ ได้แล้วก็จะทำการหมุนวงล้อนั้น ในตอนที่วงล้อหยุดหมุนจะมีตัวชี้อยู่หนึ่งตัวอยู่นอกวงล้อ ถ้าเกิดว่าตอนที่วงล้อหยุดหมุนแล้วตัวชี้ชี้อยู่ที่ส่วนของสตริงใด สตริงตัวนั้นก็จะถูกนำไปไว้ในเมตติงพูล การทำงานจะทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าจะได้จำนวนสตริงในเมตติงพูล เท่ากับจำนวนสตริงในประชากร ดูตัวอย่างในรูปที่ 3-1 กำหนดให้มีจำนวนประชากรเท่ากับ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-1 การแบ่งส่วนวงล้อ

การคัดเลือกวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายแต่มักจะมีประสิทธิภาพที่ไม่ดี เพราะว่าจำนวนสตริงที่ถูกเลือกมาไว้ในเมตติงพูลนั้นอาจจะมีค่าแตกต่างจากค่าความคาดหวังมากเกินไป เราจะเรียกลักษณะที่ว่าจำนวนสตริงที่คัดเลือกได้จริง แตกต่างจากค่าความคาดหวังมาก ๆ ว่ามีสัญญาณรบกวน (Noise) ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าการคัดเลือกวิธีนี้นั้นจะขึ้นอยู่กับการสุ่มมากเกินไป (ต้องหมุนวงล้อหลายครั้ง)

3.3.1.2 การสุ่มทศนิยมแบบไม่คืนกลับ (Remainder stochastic sampling without replacement)

วิธีการคัดเลือกแบบนี้นั้นจะต้องทำการคำนวณค่าความคาดหวัง ของสตริงแต่ละตัวออกมาเสียก่อน และขั้นตอนต่อไปคือจะนำค่าความคาดหวังมาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นจำนวนเต็มหน้าจุดทศนิยม และส่วนหลังจุดทศนิยม สตริงจะถูกนำไปไว้ในเมตติงพูลเป็นจำนวนเท่ากับ ส่วนที่เป็นจำนวนเต็มหน้าจุดทศนิยม และส่วนหลังจุดทศนิยมนั้นจะถูกนำไปทำเป็นค่าความน่าจะเป็น ในการที่สตริงนั้นจะถูกคัดเลือกเข้าไปไว้อีก 1 ตัว ให้ดูตัวอย่างประกอบ (รูปที่ 3-2) ซึ่งมีจำนวนสตริงในประชากรเท่ากับ 21

สตริง	ค่าความคาดหวัง	ค่าสุ่ม	จำนวนตัวในเมตติงพูล
1001011010	2.00	-	2
1011011001	1.9	0.93	2
1111000011	1.8	0.65	2
1010101010	1.7	0.02	1
0010110011	1.6	0.51	2
1111111111	1.5	0.20	1
1000000000	1.4	0.93	2
1111000001	1.3	0.20	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0000000001	1.2	0.37	1
1010101010	1.1	0.79	1
1100110011	1.0	-	1
1101101101	0.9	0.28	1
1000011010	0.8	0.13	0
1000101101	0.7	0.70	1
1110111011	0.6	0.80	1
1101110011	0.5	0.51	1
1100000000	0.4	0.76	1
0001001110	0.3	0.45	0
0011011011	0.2	0.61	0
1111110000	0.1	0.07	0
0111101110	0.0	-	0

รูปที่ 3-2 การคัดเลือกแบบสุ่มแบบไม่คืนกลับ

จากรูปที่ 3-2 นั้นค่าสุ่มหมายถึงตัวเลขที่สุ่มออกมา และสตริงนั้นจะถูกคัดเลือกไปอีก 1 ตัวถ้าค่าสุ่มนั้นมีค่ามากกว่า 1 ลบด้วยค่าหลังจุดทศนิยม เช่น ถ้าค่าสุ่มเท่ากับ 0.51 และค่าความคาดหวังเท่ากับ 1.6 สตริงนั้นจะถูกคัดลอกไปก่อน 1 ตัว และเนื่องจากค่าสุ่มมีค่ามากกว่า 0.4 (1-0.6) จึงทำให้ต้องคัดเลือกไปอีก 1 ตัว ซึ่งจะรวมเป็น 2 ตัว และถ้านำตัวเลขทั้งหมดในคอลัมน์จำนวนตัวในเมตติงพูล มารวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับ 21 ซึ่งเท่ากับจำนวนสตริงในประชากร

3.3.1.3 การสุ่มทศนิยมแบบคืนกลับ (Remainder stochastic sampling with replacement)

ในขั้นแรกสตริงในเมตติงพูลจะถูกคัดเลือกไปไว้ในเมตติงพูล เป็นจำนวนเท่ากับตัวเลขส่วนหน้าจุดทศนิยม ส่วนตัวเลขหลังจุดทศนิยมนั้นจะถูกนำไปถ่วงน้ำหนัก เพื่อนำไปทำการหมุนวงล้อ และจะทำการหมุนวงล้อไปจนกว่า จะได้จำนวนสตริงในเมตติงพูลเท่ากับจำนวนสตริงในประชากร

3.3.1.4 ดีเทอร์มินิสติกแซมปลิง (Deterministic sampling)

วิธีการนี้จะเหมือนกับวิธีการสุ่มทศนิยมแบบไม่คืนกลับตรงที่ สตริงจะถูกเลือกไปไว้ในเมตติงพูลเป็นจำนวนเท่ากับ ตัวเลขหน้าจุดทศนิยมของค่าความคาดหวังก่อนเป็นอันดับแรก และสตริงจะถูกเรียงใหม่โดยใช้ตัวเลขหลังจุดทศนิยมเป็นตัวเรียง และจะเรียงจากมากไปน้อย เมื่อเรียงแล้วสตริงจะถูกเลือกไปไว้ในเมตติงพูลทีละตัว จนกว่าจะได้จำนวนสตริง ในเมตติงพูลเป็นจำนวนเท่ากับ จำนวนสตริงในประชากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การคัดเลือกโดยใช้ลำดับของค่าความเหมาะสม

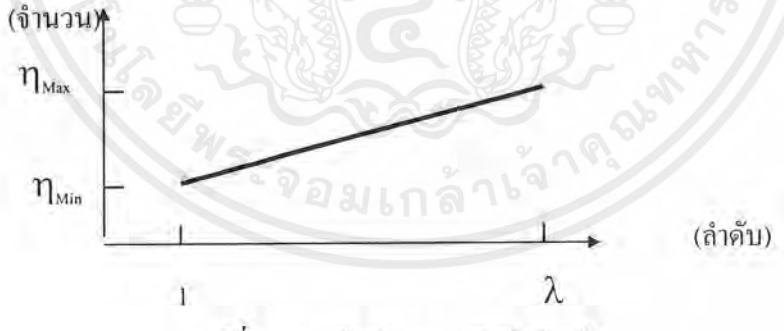
วิธีการคัดเลือกโดยการนำค่าความเหมาะสมมาใช้โดยตรงนั้น บางทีแล้วอาจจะให้ผลที่ไม่ดีเพราะ ถ้าเกิดว่าในประชากรรุ่นหนึ่ง ๆ ถ้าเกิดว่ามีสตริงตัวใดที่มีค่าความเหมาะสมสูงกว่าค่าเฉลี่ยมาก ๆ สตริงตัวนั้นจะถูกคัดเลือกไปในปริมาณที่มากไป และจะมีผลทำให้ความหลากหลายในประชากรนั้นลดลง ซึ่งจะทำให้มีโอกาสที่จะทำให้ได้คำตอบที่ออกมานั้นยังไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด

วิธีการแก้ปัญหานี้ได้มาจากแนวคิดที่ว่า ไม่ควรจะนำค่าความเหมาะสมมาใช้โดยตรง แต่ว่าจะนำสตริงมาเรียงลำดับตามค่าความเหมาะสม และจำนวนสตริงที่จะถูกคัดเลือกไปนั้นจะขึ้นอยู่กับลำดับของสตริงแทน ซึ่งจะเห็นว่าเป็นการนำค่าความเหมาะสมของสตริงมาใช้โดยอ้อม ๆ

3.3.2.1 ลำดับแบบเชิงเส้น (Linear ranking)

การคัดเลือกด้วยวิธีนี้จะมีลักษณะคือ จำนวนสตริงที่จะถูกคัดเลือกไปไว้ในเมตติงพูลนั้น จะมีความสัมพันธ์กับลำดับของสตริงนั้นในรูปลักษณะเชิงเส้น (รูป 3-3) η_{Max} คือจำนวนสตริงที่จะถูกคัดเลือกไปของตัวที่มีค่าความเหมาะสมมากที่สุด และ η_{Min} เป็นจำนวนสตริงที่จะถูกคัดเลือกไปของตัวที่มีค่าความเหมาะสมน้อยสุด โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว η_{Max} จะมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 2 และ η_{Min} จะเท่ากับ $2-\eta_{Max}$ และถ้ากำหนดให้ λ คือจำนวนสตริงในประชากร แล้วจะหาค่าความน่าจะเป็นในการถูกเลือกได้ดัง (5)

$$p_s(s_i') = \frac{1}{\lambda}(\eta_{\max} - \eta_{\min})\frac{i-1}{\lambda-1} \qquad (5)$$



รูปที่ 3-3 การคัดเลือกแบบลำดับเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การครอสโอเวอร์

การครอสโอเวอร์จะทำโดยการสุ่มสตริง ที่อยู่ในเมตติงพูลขึ้นมาทีละคู่ แล้วทำการสร้างสตริงใหม่จากสตริงคู่ที่สุ่มมานั้น สตริงใหม่ที่เกิดขึ้นนั้นจะมีข้อมูลจากทั้งส่วนของพ่อ และสตริงแม่ การครอสโอเวอร์สามารถที่จะแยกได้เป็นแบบต่าง ๆ คือ

3.4.1 การครอสโอเวอร์แบบ 1 จุด (1 point crossover)

การครอสโอเวอร์แบบนี้นั้นเป็นแบบที่นำเสนอโดย Holland ซึ่งจะประกอบไปด้วยการสุ่มค่าตำแหน่งบนสตริงขึ้นมา 1 จุด และสตริงที่สุ่มขึ้นมานั้นจะทำการแลกเปลี่ยนส่วนของสตริง ที่อยู่หลังจุดที่จะทำการครอสโอเวอร์นั้น (รูป 3-4) โดย - จะแทนตำแหน่งที่ทำการครอสโอเวอร์

Parent1	100-1011
Parent2	010-0110
Offspring1	100-0110
Offspring2	010-1011

รูปที่ 3-4 การครอสโอเวอร์ 1 จุด

3.4.1 การครอสโอเวอร์แบบ 2 จุด (2 point crossover)

การครอสโอเวอร์แบบนี้นั้น จะทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ขึ้นมา 2 จุด และสตริงของพ่อและแม่นั้นจะแลกเปลี่ยนกันตรงเฉพาะส่วนที่อยู่ระหว่างจุด 2 จุดที่ทำการครอสนั้น (รูป 3-5)

Parent1	10-010-11
Parent2	01-001-10
Offspring1	10-001-11
Offspring2	01-010-10

รูปที่ 3-5 การครอสโอเวอร์ 2 จุด

3.4.1 ยูนิฟอร์มครอสโอเวอร์ (Uniform crossover)

การครอสโอเวอร์แบบนี้จะกระทำไปที่ทุก ๆ บิต โดยจะทำการสุ่มเหมือนกับการโยนเหรียญ ถ้าที่ตำแหน่งนั้นเกิดสุ่มแล้วเหรียญออกหัว ก็ให้ทำการแลกบิตนั้นของพ่อแม่ให้แก่กันและกัน แต่ถ้าเหรียญออกก้อยก็ไม่ต้องทำอะไร ให้ทำอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ สำหรับทุก ๆ บิตในสตริงนั้น ในตัวอย่าง (รูปที่ 3-6) จะแทนการโยนเหรียญแล้วออกหัวด้วย 1 ส่วนก้อยด้วย 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parent1	1001011
Parent2	0100110
สุ่ม	0110101
Offspring1	1101110
Offspring2	0000011

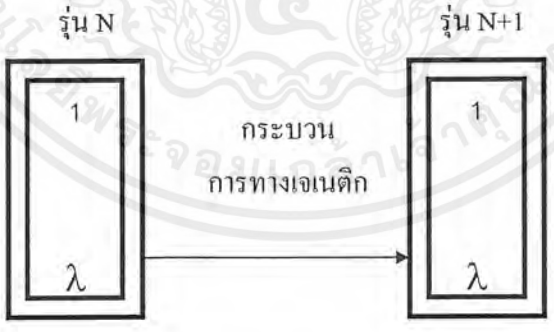
รูปที่ 3-6 ยูนิฟอร์มครอสโอเวอร์

3.5 การรีโพรดักชัน (Reproduction)

การรีโพรดักชันหมายถึง กระบวนการเปลี่ยนจากประชากรรุ่นหนึ่ง ไปสู่ประชากรอีกรุ่นหนึ่ง ในเรื่องเทคนิคของการรีโพรดักชันนั้นจะพูดถึง วิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการถ่ายทอดจากประชากรรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง การรีโพรดักชันแบ่งได้เป็นแบบต่าง ๆ คือ

3.5.1 การรีโพรดักชันแบบทั่ว ๆ ไป

การทำงานของเจเนติกอัลกอริทึมในยุคแรก ๆ นั้น จะนำประชากรรุ่นเก่ามาผ่านกระบวนการทางเจเนติกอัลกอริทึม แล้วก็จะได้ประชากรรุ่นใหม่เลยโดยที่คำตอบที่ดีในประชากรรุ่นเก่านั้น อาจจะสูญเสียไปก็ได้ และประชากรในรุ่นใหม่นั้นอาจจะดีไม่พอเหมือนกับในประชากรรุ่นเก่า การรีโพรดักชันแบบนี้สามารถแสดงให้ดูได้ดังรูป 3-7

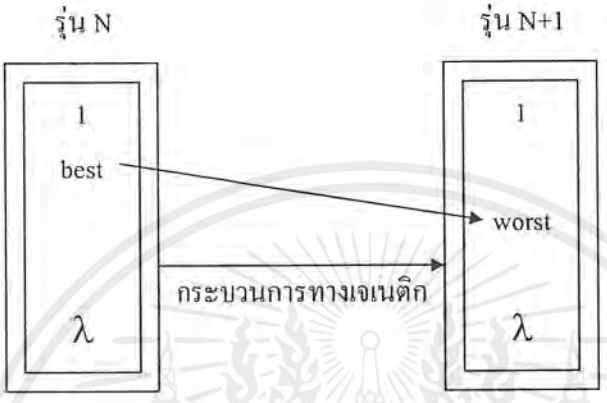


รูปที่ 3-7 การรีโพรดักชันแบบทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การรีโพรดักชันโดยรักษาสตริงที่ดีที่สุด (Elitism)

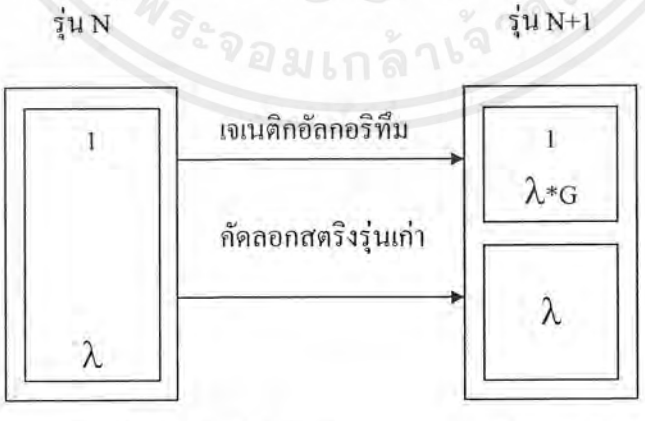
เป็นการปรับปรุงการรีโพรดักชันแบบทั่วไป ด้วยการรักษาสตริงที่ดีที่สุดในรุ่นเก่า แล้วนำมาใส่ไว้ในรุ่นใหม่อีกทีหนึ่ง ซึ่งจะทำให้คำตอบที่ดีนั้นไม่มีการถูกทำลายลงไป (รูป 3-8) โดยสตริงตัวที่ดีที่สุดในรุ่นเก่านั้นจะถูกนำมาแทนที่สตริงตัวที่แย่สุดในรุ่นใหม่



รูปที่ 3-8 การรีโพรดักชันแบบรักษาสตริงที่ดีที่สุด

3.5.3 การรีโพรดักชันแบบสถานะคงที่แบบซ้ำ (Steady state with duplicate)

โดยการกำหนดอัตราการสร้างสตริงรุ่นใหม่ (Generation gap : G) โดยที่ G มากกว่า 0 และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 สำหรับค่า G ที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับแต่ละปัญหา ซึ่งจำนวนสตริงที่จะถูกสร้างขึ้นในประชากรรุ่นต่อไปนั้นมีค่าเท่ากับ λ*G เมื่อ λ คือจำนวนสตริงในประชากร และถ้า G เท่ากับ 1 ก็จะเป็นการรีโพรดักชันแบบทั่วไป และสตริงที่เหลือจะถูกคัดลอกกลุ่มสตริงที่ดีในรุ่นเก่ามา ตามลำดับของความเหมาะสม ซึ่งจะทำให้คำตอบหรือสตริงที่ดี ๆ ในรุ่นเก่านั้นมีโอกาสที่จะเป็นสตริงต้นแบบได้มากขึ้น (รูป 3-9)



รูปที่ 3-9 การรีโพรดักชันแบบสถานะคงที่แบบซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การสเกลลิง (Scaling)

การหาคำตอบของเจเนติกอัลกอริทึมนั้น เมื่อได้ดำเนินไปเรื่อย ๆ หลาย ๆ รุ่นแล้ว ลักษณะของสตริงในประชากรจะเริ่มมีความเหมาะสมที่ใกล้เคียงกัน เราจะเรียกลักษณะเช่นนี้ว่าการลู่เข้า การลู่เข้านี้บางครั้งก็ไม่ใช่สิ่งที่ดีนัก เพราะว่าคำตอบที่ดีที่สุดนั้นอาจจะยังไม่ปรากฏออกมา และเนื่องจากการลู่เข้าจะทำให้สตริงในประชากรมีความเหมาะสมที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเป็นเช่นนี้แล้วจึงทำให้การหาคำตอบของเจเนติกอัลกอริทึมในประชาการรุ่นหลัง ๆ นั้น ไม่แตกต่างไปจากการหาคำตอบแบบสุ่ม (Random search) เพื่อที่จะแก้ปัญหานี้จึงต้องทำการสเกลลิงค่าความเหมาะสมของแต่ละสตริง การสเกลลิงนี้จะทำให้สามารถดึงความแตกต่าง ของสตริงออกมาได้มากขึ้น หรือทำให้ความแตกต่างในระหว่างสตริงนั้นเด่นชัดขึ้นมา เมื่อทำสเกลลิงแล้วเราจึงจะนำสตริงนั้นไปทำการคัดเลือกต่อไป โดยทั่ว ๆ ไปแล้วการสเกลลิงมีหลายวิธีได้แก่

3.6.1 การสเกลลิงแบบหน้าต่าง (Window scaling)

การสเกลลิงแบบนี้จะนำค่าความเหมาะสมของแต่ละสตริงในประชากรนั้น มาทำการลบด้วยค่าความเหมาะสมต่ำสุดในประชากรนั้น หรือลบกับค่าความเหมาะสมต่ำสุดในประชากร W รุ่นที่ผ่านมา เช่น ถ้า W เท่ากับ 10 ก็หมายถึงค่าความเหมาะสมต่ำสุดใน 10 รุ่นที่ผ่านมา เราจะเรียก W นี้ว่าขนาดหน้าต่าง (Window size) โดยทั่ว ๆ ไปแล้วค่า W จะอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10

3.6.2 การสเกลลิงแบบเชิงเส้น (Linear scaling)

เป็นวิธีการสเกลค่าความเหมาะสมโดยกำหนดให้ สตริงที่ได้รับการสเกลลิงแล้วกับสตริงที่ยังไม่ได้รับการสเกลนั้นจะอยู่ในรูปของสมการเชิงเส้น โดยที่จะมีข้อแม้ว่าค่าความเหมาะสมเฉลี่ยของสตริงที่ทำการสเกลลิงแล้ว กับสตริงที่ยังไม่ได้รับการสเกลลิงนั้นจะต้องมีค่าเท่ากัน กำหนดให้ F เป็นค่าความเหมาะสมที่สเกลแล้ว และ F_{avg} เป็นค่าความเหมาะสมเฉลี่ยของสตริงที่สเกลแล้ว และยังมีคุณสมบัติของการสเกลแบบนี้อีกอย่างหนึ่งคือ F_{bes} จะมีค่าเท่ากับ $C_{mult} f_{avg}$ เมื่อ F_{best} คือค่าความเหมาะสมสูงสุดของสตริงที่ทำการสเกลแล้ว และ C_{mult} คือค่าที่แสดงถึงว่า F_{best} เป็นกี่เท่าของ f_{avg} เมื่อได้ดังนี้แล้วจะได้ว่า $F = af+b$ ซึ่งสามารถหาค่า a และ b ได้จากสมการ (6) และ (7) ตามลำดับ

$$a = \frac{(C_{mult} - 1).f_{avg}}{f_{best} - f_{avg}} \qquad (6)$$

$$b = \frac{f_{avg}.(f_{best} - C_{mult} f_{avg})}{f_{best} - f_{avg}} \qquad (7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การสเกลลิงแบบตัดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Sigma truncation scaling)

เนื่องจากการสเกลลิงแบบเชิงเส้นนั้น อาจทำให้เกิดค่าความเหมาะสมที่เป็นลบในรุ่นหลัง ๆ ดังนั้นจึงสามารถแก้ไขได้โดยตัดสตริงที่มีค่าความเหมาะสมแตกต่าง จากสตริงส่วนใหญ่ทิ้งไป ซึ่งสามารถพิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) โดยการสเกลจะมีสูตรคือ $F = f-(f_{avg}- c\sigma)$ เมื่อ c เป็นจำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำหนด

3.7 สคีมา (Schema)

ในการที่จะอธิบายการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึมนั้น Holland ได้เสนอสตริงที่สามารถนำไปแทนไบนารีสตริงหลาย ๆ ตัวขึ้นมา โดยให้ชื่อสตริงนั้นว่า สคีมา ถ้าเป็นพหูพจน์ก็เรียกว่าสคีมาตา (Schemata) การนำเสนอของสคีมานั้นจะต้องสร้างตัวอักขระตัวใหม่ขึ้นมา โดยที่อักขระตัวนั้นสามารถที่จะแทนได้ทั้ง 0 และ 1 ซึ่งจะให้เป็น * เช่น สตริง 100**110 สามารถแทนไบนารีสตริงได้ทั้งหมด {10000110,10001110,10010110,10011110} ซึ่งจะเห็นว่าสคีมา 1 ตัวนั้นสามารถที่จะแทนสตริงได้หลาย ๆ ตัว สคีมาจะเป็นตัวแทนของการสุ่มสตริง และถ้าให้ $S = \{0,1\}$ จะได้สคีมา (H) อยู่ในเซต $(S \cup \{*\})'$ เราจะเรียก * ว่า don't care สคีมาจะมีคุณลักษณะที่สำคัญอยู่ 2 อย่าง คือ ความยาวสคีมา (Length) และออเดอร์สคีมา (Order)

3.7.1 ความยาวสคีมา

ตามที่ได้ทราบแล้วว่าสคีมาประกอบมาจากอักขระใน {1,0,*} ในการหาความยาวสคีมาก็คือเราจะต้องหาตำแหน่งแรกในสตริงที่ไม่ใช่ * และตำแหน่งสุดท้ายในสตริงที่ไม่ใช่ * แล้วนำตำแหน่งสุดท้ายลบด้วยตำแหน่งแรก เช่น สตริง 1*0001010**** จะเห็นว่าตำแหน่งแรกที่ไม่ใช่ * คือ 1 และตำแหน่งสุดท้ายที่ไม่ใช่ * คือ 10 (ตัวที่ขีดเส้นใต้) จะทำให้ได้ว่าความยาวของสคีมานี้เท่ากับ 10-1 = 9 ถ้าให้ H แทนสคีมา $\delta(H)$ ก็จะหมายถึงความยาวของสคีมา

3.7.2 ออเดอร์สคีมา

ออเดอร์ของสคีมาจะใช้สัญลักษณ์ $O(H)$ ในการแทน เราสามารถที่จะหาออเดอร์ของสคีมาได้จากการนับจำนวนบิตในสตริงที่ไม่ได้เป็น * เช่น สตริง 1000*1**10 จะมีออเดอร์เท่ากับ 7 เพราะว่ามีจำนวนบิตที่เป็น 0 กับ 1 อยู่ 7 ตำแหน่ง ออเดอร์ของสคีมานั้นจะเป็นค่าที่บอกของความจำเพาะเจาะจง ของสตริงที่สคีมานั้นแทนอยู่ เช่น สคีมา 011*1** และ 0****** สคีมาตัวแรกนั้นจะจำเพาะเจาะจงมากกว่าสคีมาตัวที่ 2 เพราะว่าออเดอร์ของสคีมาตัวแรกมากกว่าออเดอร์ของสคีมาตัวที่ 2 และจะสังเกตเห็นว่าจำนวนสตริงที่อยู่ในสคีมาตัวแรกนั้น จะน้อยกว่าสตริงที่อยู่ในสคีมาตัวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 ทฤษฎีสคีมา (Schema theorem)

ทฤษฎีสคีมานี้จะนำมาใช้ในการอธิบาย การเปลี่ยนแปลงจำนวนสตริงในแต่ละสคีมาในประชากรรุ่นนั้น ไปยังประชากรในรุ่นถัดไป โดยในตัวทฤษฎีจะเพิ่มสัญลักษณ์ใหม่ขึ้นมาคือ ***m(H)*** จะแทนจำนวนสตริงที่อยู่ในสคีมานั้น และ ***m(H,t)*** แทนจำนวนสตริงที่อยู่ในสคีมา H ในประชากรรุ่นที่ t ในประชากรหนึ่ง ๆ นั้น เมื่อเราพิจารณาเพียงแค่การคัดเลือก และเป็นการคัดเลือกแบบใช้สัดส่วนค่าความเหมาะสมจะได้ว่า จำนวนสตริงในสคีมา H ที่จะถูกเลือกไปไว้ในเมตติงพูลจะมีค่าดังในสมการ (8)

$$m(H,t+pool) = m(H,t)\frac{f(H)}{f_{avg}} \tag{8}$$

โดยในสมการที่ (8) นั้น ***f(H)*** คือค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมของสตริงในสคีมา H และ f_{avg} คือค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมของสตริงทั้งหมดในประชากรรุ่นที่ t ซึ่งค่าของ ***f(H)*** หาได้จากสมการ (9) และหาค่า f_{avg} หาได้จากสมการ (10) เมื่อ n คือจำนวนสตริงในประชากร

$$f(H) = \frac{\sum_{s_j^t \in H} f(s_i)}{m(H,t)} \tag{9}$$

$$f_{avg} = \frac{\sum_{j=1}^{n} f(s_j^t)}{n} \tag{10}$$

จะเห็นว่าสมการ (8) นั้นอยู่ในรูปของสมการดิฟเฟอเรนต์อีเควชัน ซึ่งสามารถที่จะกำหนดให้ ***f(H)*** มีค่าเท่ากับ $f_{avg} + c f_{avg}$ เมื่อ c เป็นค่าคงที่ เมื่อแก้สมการ (8) ออกมาแล้วนั้นจะทำให้ได้ดังสมการที่ (11) และจะเห็นอีกว่าสมการ (11) นั้นค่าของจำนวนสตริงในสคีมา H ที่จะถูกคัดเลือกไปไว้ในเมตติงพูลนั้นจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ขึ้นอยู่กับค่า c และค่า c ก็จะขึ้นอยู่กับค่า ***f(H)*** และ f_{avg} อีกทีหนึ่ง ถ้าค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมของสคีมา H มากกว่าค่าเฉลี่ยค่าความเหมาะสมของสตริงทั้งหมดในประชากร จำนวนสตริงของสคีมา H ในเมตติงพูลก็จะเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกัน ถ้าค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมของสคีมา H น้อยกว่าค่าเฉลี่ยค่าความเหมาะสมของสตริงในประชากร ก็จะทำให้จำนวนสตริงของสคีมา H ในเมตติงพูลจะลดลง และมีลักษณะที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในรูปแบบของเอ็กโปเนนเชียล

$$m(H,t+pool) = m(H,0)(1+c)^t \tag{11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการที่จะคำนวณค่าของ ***m(H, t+1)*** นั้นจะต้องมีผลของการครอสโอเวอร์ และการมิวเตชันมาคิดด้วยโดยจะต้องนำไปกระทำกับสตริงในเมตติงพูล ซึ่งสามารถที่จะเขียนสมการของ ***m(H, t+1)*** โดยผ่านการครอสโอเวอร์แบบ 1 จุดได้เป็นสมการ (12)

$$m(H,t+1) = (1-p_c)m(H,t)\frac{f(H,t)}{f_{avg}} + p_c[m(H,t)\frac{f(H,t)}{f_{avg}}(1-losses) + gain] \quad (12)$$

จากสมการ (12) จะเห็นว่า นอกจากจำนวนสตริงในสคีมา H จะเพิ่มเนื่องจากการคัดเลือกแล้วยังเพิ่มมาจากการครอสกันของอีกสคีมาหนึ่ง ซึ่งจะเรียกสตริงในสคีมา H ที่ได้มาจากการครอสโอเวอร์ของสคีมาอื่นว่า gain ตัวอย่างเช่น ถ้าสคีมา H คือ 11***** สคีมา H นี้สามารถที่จะเกิดมาจากการครอสกันของสตริง 1-000000 และ 0-100000 โดยตำแหน่งที่ทำการครอสนั้นคือตำแหน่ง - และจะเห็นว่าทั้งสตริง 1000000 และ 0100000 ต่างก็ไม่ได้อยู่ในสคีมา H จากตัวอย่างที่กล่าวมานี้เป็นตัวอย่างของ gain

นอกจาก ***m(H, t+1)*** จะขึ้นอยู่กับ gain แล้วยังขึ้นอยู่กับค่า losses อีก ซึ่งค่านี้หมายถึงความน่าจะเป็นที่ว่าสตริงในสคีมา H ครอสกันแล้วจะเสียรูปไปอยู่ในสคีมาอื่น ซึ่งไม่จำเป็นเสมอไปที่สคีมา H จะต้องเสียรูปไปเมื่อผ่านการครอสโอเวอร์ หรือกล่าวในอีกนัยหนึ่งก็คือว่า สคีมา H อาจจะเสียรูปไปหรือไม่ก็ได้เมื่อนำมาผ่านการ ครอสโอเวอร์ ตัวอย่างเช่นสตริง 1110101 ที่อยู่ในสคีมา 11***** เมื่อนำมาครอสกันกับ สตริง 1000000 ที่ตำแหน่งระหว่างบิตที่ 1 และบิตที่ 2 ผลที่ได้ออกมาก็ยังคงมีสตริงใหม่ที่อยู่ในสคีมา H และเพื่อความสะดวกแล้วจะถือว่าการครอสโอเวอร์ของสคีมา H นั้นจะทำให้เสียรูปไปเสมอ และไม่สนใจสตริงที่มาจาก gain จึงทำให้ปรับสมการที่ (12) เป็นอสมการที่ (13) โดยจะเป็นอสมการที่ประมาณค่าขอบเขตล่างของ ***m(H,t+1)*** เท่านั้น

ในอสมการที่ (13) นั้นเราจะตัดค่า gain ออกไป แล้วเปลี่ยนจากคำว่า losses เป็น disruptions แทน ซึ่ง disruptions นี้จะเป็นความน่าจะเป็นที่ถือว่าครอสแล้วสคีมาจะต้องเสียรูปแน่นอน โดยวิธีการหาความน่าจะเป็นที่ว่าครอสโอเวอร์แล้วจะเสียรูปไปจะต้องนำค่า ความยาวสคีมา มาใช้ในการพิจารณาโดยสามารถหาค่า disruptions ได้ดังสมการ (14) และสามารถเขียนอสมการ (13) ได้เป็น (15) และจัดรูปอสมการ (15) ใหม่ได้เป็นอสมการ (16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$m(H,t+1) \geq (1-p_c)m(H,t)\frac{f(H,t)}{f_{avg}} + p_c[m(H,t)\frac{f(H,t)}{f_{avg}}(1-disruption\ s)] \quad (13)$$

$$disruption\ s = \frac{\delta(H)}{l-1} \quad (14)$$

$$m(H,t+1) \geq (1-p_c)m(H,t)\frac{f(H,t)}{f_{avg}} + p_c[m(H,t)\frac{f(H,t)}{f_{avg}}(1-\frac{\delta(H)}{l-1})] \quad (15)$$

$$m(H,t+1) \geq m(H,t)\frac{f(H,t)}{f_{avg}}(1-p_c\frac{\delta(H)}{l-1}) \quad (16)$$

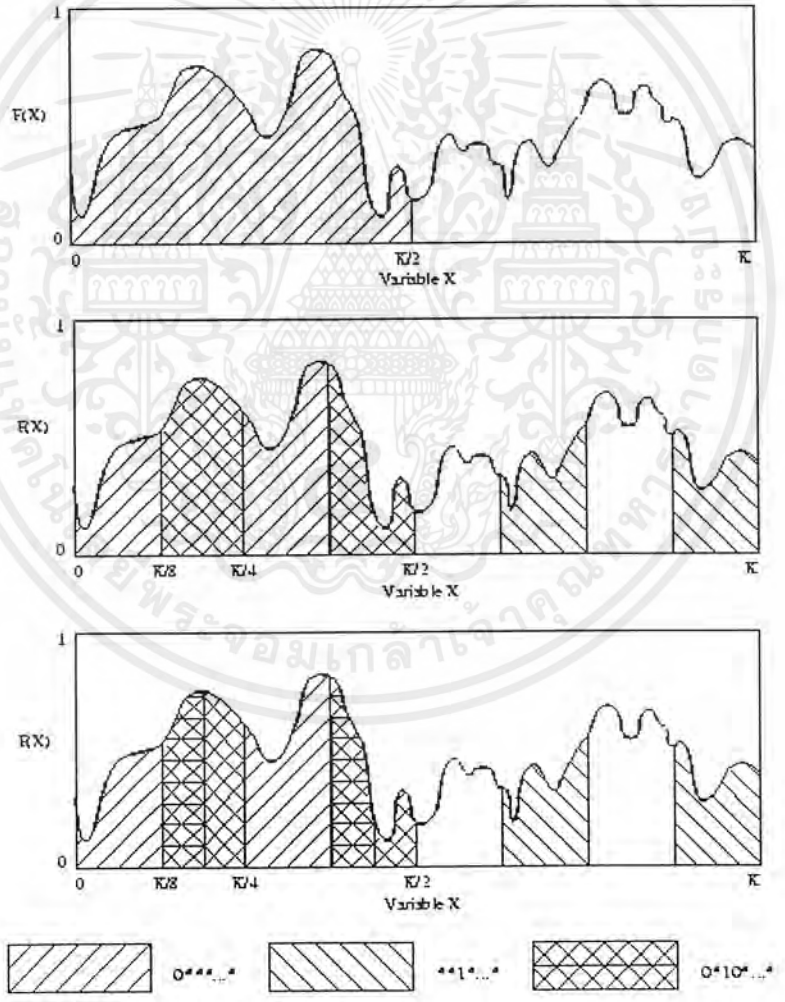
ขั้นต่อไปจะต้องนำการมิวเตชันมาคิดด้วย ซึ่งสคีมาจะเสียรูปไปเมื่อตำแหน่งที่ทำการมิวเตชันนั้นเป็นตำแหน่งที่ไม่ได้มีค่าเป็น * ซึ่งจะต้องนำค่าออเดอร์ของสคีมามาคิด ความน่าจะเป็นที่บิตใด ๆ จะถูกมิวเตชันจะมีค่าเท่ากับ p_m ดังนั้น 1- p_m ก็จะหมายถึงความน่าจะเป็นที่บิตนั้นไม่ได้ถูกมิวเตชัน เนื่องจากเหตุการณ์ที่แต่ละบิตจะถูกมิวเตชันหรือไม่นั้นเป็นอิสระ (Independence) ต่อกัน ดังนั้นความน่าจะเป็นที่สคีมานั้นไม่ผิดรูปเนื่องจากการมิวเตชันจะเป็น $(1-p_m)^{O(H)}$ ซึ่งสามารถประมาณค่าได้เป็น $1-O(H)p_m$ และจะได้อสมการของ $m(H,t+1)$ ที่ผ่านการ ครอสโอเวอร์และการมิวเตชันแล้ว และตัดบางเทอมที่มีค่าน้อยออกไปแล้วจะได้ดัง (17)

$$m(H,t+1) \geq m(H,t)\frac{f(H,t)}{f_{avg}}(1-p_c\frac{\delta(H)}{l-1}-O(H)p_m) \quad (17)$$

ในประชากรรุ่นหนึ่ง ๆ นั้น มีจำนวนสคีมาที่นำมาแทนสตริงในประชากรนั้น อยู่มากมาย และแต่ละสคีมาจะมีลักษณะการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสตริงในสคีมานั้นดังในสมการ (17) หลาย ๆ สคีมาพร้อม ๆ กันไป ซึ่งทำให้ดูเหมือนกับว่าแต่ละสคีมามีการเปลี่ยนแปลงจำนวนสตริงที่อยู่ในสคีมานั้น พร้อม ๆ กันไป ทำให้ดูเหมือนกับว่าเป็นการทำงานแบบขนาน ซึ่งสิ่งนี้คือคุณสมบัติอย่างหนึ่งของเจเนติกอัลกอริทึม และจะเรียกคุณสมบัตินี้ว่าเป็นการขนานแบบเป็นนัย (Implicit parallelism) และจากสมการที่ (17) ยังบอกได้อีกว่าสคีมาที่มีลักษณะความยาวสคีมาสั้น มีออเดอร์ต่ำ และมีค่าความเหมาะสมของสคีมานั้น เกินกว่าค่าเฉลี่ยของค่าความเหมาะสมในประชากรนั้น จะทำให้มีการเพิ่มจำนวนสตริงในตัวมัน จากประชากรรุ่นหนึ่งไม่สู่อีกรุ่นหนึ่งในลักษณะของเอ็กโปเนนเชียล และจะเรียกข้อสรุปนี้ว่า ทฤษฎีสคีมา ซึ่งเป็นทฤษฎีเบื้องต้นที่สำคัญของเจเนติกอัลกอริทึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอีกมุมมองหนึ่งของสคีมา คือการมองให้อยู่ในรูปของ ฟังก์ชัน 1 ตัวแปร โดยสคีมาจะแทนกลุ่มคำตอบหรืออินพุทที่เป็นไปได้ของฟังก์ชัน เช่น ถ้าต้องการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชันในรูป 3-10 สคีมา 0****...** จะคลุมครึ่งแรกของคำตอบ และ 1****...** จะคลุมครึ่งหลังของคำตอบ และโดยเฉลี่ยแล้วสคีมา 0****...** จะมีค่าเฉลี่ยที่ดีกว่าสคีมา 1****...* ในกราฟรูปที่ 2 นั้นจะแสดงถึงสคีมา **1**...** และ 0*1*...** และกราฟที่ 3 จะเป็นสคีมา 0*10**...** ซึ่งจะเห็นว่าสคีมาที่มีออเดอร์ต่ำกว่าอีกสคีมาหนึ่ง ก็จะแทนจำนวนคำตอบได้น้อยกว่า และจากกราฟค่าสูงสุดที่เป็นแบบโลคอลจะไม่มีผลต่อการหาคำตอบ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าตัวเจเนติกอัลกอริทึมจะต้องได้คำตอบที่เป็นแบบโกลบอลเสมอไป และถ้าจะกล่าวในอีกมุมมองหนึ่งแล้วก็พอที่จะกล่าวได้ว่า เจเนติกอัลกอริทึมนั้น จะหาคำตอบแบบขนานโดยจะสุ่มกลุ่มของคำตอบขึ้นมาหลาย ๆ แบบมาพร้อม ๆ กัน และพัฒนากลุ่มคำตอบใหม่นั้นไปสู่คำตอบใหม่ โดยที่แนวโน้มของจำนวนคำตอบในกลุ่มที่สุ่มนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความเหมาะสมเฉลี่ยของคำตอบที่สุ่มขึ้นมานั้น



รูปที่ 3-10 การแทนกลุ่มคำตอบของสคีมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการเล่นเกม Reversi

เกม Reversi หรืออีกชื่อหนึ่งคือ Othello เป็นเกมที่ต้องเล่นระหว่างผู้เล่น 2 คน โดยผู้เล่น 2 คนนั้นจะผลัดกันเล่นคนละตา ตัวเกมจะมีลักษณะเป็นหมากกระดานขนาด 64 บล็อค ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการเล่นเกมรวมไปถึงยุทธวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการเล่นเกม ซึ่งยุทธวิธีการในการเล่นเกมเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้เล่นเกมนี้ ต้นกำเนิดของเกม Reversi นี้ยังไม่เป็นที่แน่นอนว่ากำเนิดมาจากที่ใด ในหนังสือบางเล่มนั้นกล่าวว่ากำเนิดที่ในประเทศอังกฤษในช่วงปี 1880 แต่บางที่ก็กล่าวว่ามีกำเนิดมาก่อนหน้านั้นในประเทศจีน โดยที่ตัวเกมนั้นมีชื่อว่า Fan Mien แต่ว่าชื่อที่ได้รับความนิยมที่สุดนั้นคือชื่อ Othello

4.1 วิธีการเล่นเกม Reversi

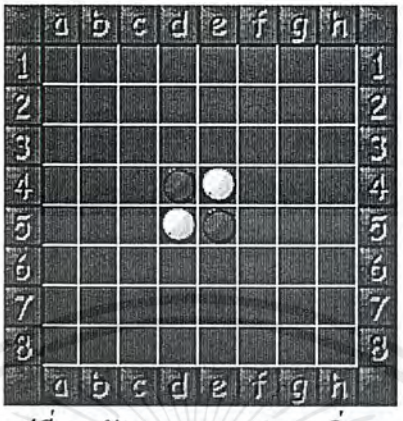
เกม Reversi จะเป็นเกมหมากกระดานขนาด 8 คูณ 8 บล็อค และจะมีผู้เล่นสองฝ่ายโดยแต่ละฝ่ายจะมีตัวหมากคนละสี ผู้เล่นสองฝ่ายจะผลัดกันวางหมากบนกระดานคนละตา และหมากของฝ่ายตรงข้ามจะถูกเปลี่ยนสีเป็นสีของหมากที่ลงไปก็ต่อเมื่อ มีหมากของฝ่ายตรงข้ามอยู่ระหว่างหมากของเราที่ลงไปและหมากของเราตำแหน่งใดก็ได้ ถ้าในกรณีที่เล่นเกมแล้วฝ่ายใดไม่สามารถที่จะลงหมากได้ ฝ่ายนั้นจะต้องผ่านเพื่อให้ฝ่ายตรงข้ามเล่นต่อ แต่ถ้าทั้งสองฝ่ายไม่สามารถที่จะวางหมากได้จะถือว่าเกมยุติ และจะตัดสินแพ้ชนะระหว่างผู้เล่นทั้งสองฝ่าย โดยดูจากจำนวนหมากบนกระดาน ฝ่ายที่มีจำนวนหมากมากกว่าอีกฝ่ายหนึ่งจะเป็นผู้ชนะ แต่ถ้าจำนวนหมากของทั้ง 2 ฝ่ายบนกระดานเท่ากันจะถือว่าเกมเสมอกัน

ลักษณะของกระดานในการเริ่มต้นเกมจะมีลักษณะดังรูป 4-1 โดยจะให้ฝ่ายใดเป็นผู้เริ่มเล่นก่อนก็ได้ ในกรณีนี้จะให้ผู้เล่นสีเหลืองเป็นผู้เล่นก่อน โดยผู้เล่นสีเหลืองจะเล่นที่ตำแหน่ง 6e ซึ่งจะเห็นว่าหมากสีดำที่ตำแหน่ง 5e จะเป็นหมากที่อยู่ระหว่างหมากสีเหลืองที่ลงไปก่อนหน้านั้น ดังนั้นลักษณะของกระดานต่อไปหมากสีดำที่ตำแหน่ง 5e จะต้องเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และจะมีลักษณะกระดานใหม่เป็นดังรูปที่ 4-2 และเกมตาต่อไปจะเป็นของผู้เล่นหมากสีดำ ในการเล่นเกมนี้นั้นหมากที่จะถูกเปลี่ยนสีจะนับเฉพาะแค่หมากที่อยู่ระหว่างหมากที่เราเพิ่งจะลงไปและหมากของเราในตำแหน่งอื่นก่อนหน้านั้นเท่านั้น โดยจะพิจารณาทุกทิศทั้ง 8 ทิศทาง

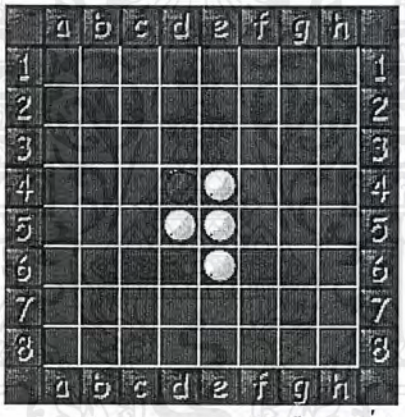
เมื่อถึงตาผู้เล่นหมากสีดำ จะมีตำแหน่งที่ผู้เล่นสีดำจะลงได้คือตำแหน่ง 6d,6f และ 4f การที่จะดูว่าตำแหน่งใดลงได้หรือไม่นั้น ให้ดูว่าถ้าลงหมากไปที่ตำแหน่งนั้นแล้วสามารถที่จะเปลี่ยนหมากของฝ่ายตรงข้ามให้มาเป็นหมากของเราได้หรือไม่ ถ้าสามารถเปลี่ยนได้ก็ถือว่าลงได้แต่ในทางกลับกัน ถ้าลงไม่ได้ก็ถือว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

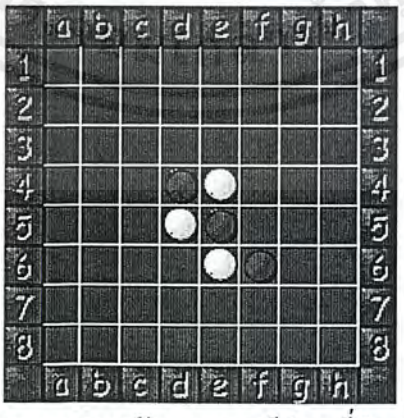
ผู้เล่นไม่สามารถที่จะวางหมากที่ตำแหน่งนั้นได้ จากรูปที่ 4-2 นี้กำหนดให้ผู้เล่นหมากสีดำทำการวางหมากที่ตำแหน่ง 6f ซึ่งจะได้กระดานต่อไปเป็นดังรูป 4-3



รูปที่ 4-1 ลักษณะกระดานตอนเริ่มเกม

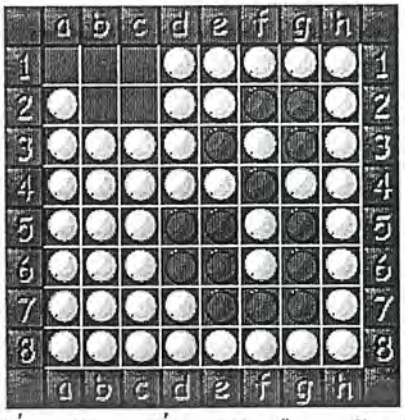


รูปที่ 4-2 กระดานหลังจากหมากสีเหลืองลงที่ตำแหน่ง 6e



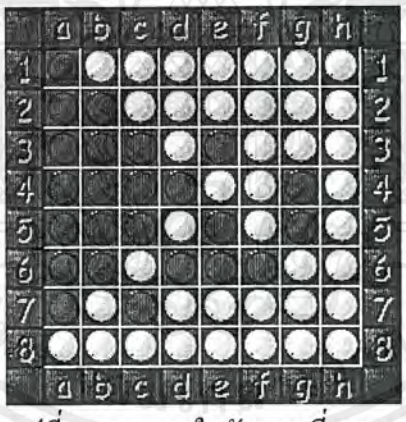
รูปที่ 4-3 กระดานหลังจากหมากสีดำลงที่ตำแหน่ง 6f

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-4 ลักษณะที่หมากสีเหลืองจะต้องผ่าน

ถ้าเกิดตัวอย่างในรูปที่ 4-4 นั้นเป็นตาเดินสำหรับผู้เล่นสีเหลือง จะเห็นว่า ผู้เล่นหมากสีเหลืองต้องผ่านเพราะไม่มีตำแหน่งสำหรับให้ผู้เล่นสีเหลืองลงได้ แต่ว่าผู้เล่นหมากสีดำยังสามารถเล่นได้ ดังนั้นผู้ที่เล่นต่อไปจะต้องเป็นผู้เล่นหมากสีดำ ส่วนกรณีรูปที่ 4-5 นั้นเป็นลักษณะกระดานที่ไม่สามารถเล่นได้ทั้งสองฝ่าย ซึ่งจะเรียกลักษณะแบบนี้ว่าเป็นการสิ้นสุดเกม และเมื่อนับจำนวนหมากของผู้เล่นแล้วจะพบว่าผู้เล่นสีเหลืองเป็นฝ่ายชนะ เพราะหมากสีเหลืองมีมากกว่าหมากสีดำ



รูปที่ 4-5 กระดานในลักษณะที่จบเกม

4.2 ยุทธวิธีการเล่นเกม Reversi

หลังจากที่ได้เรียนรู้ถึงกติกาของเกม Reversi แล้ว การเล่นเกมเพื่อที่จะเล่นให้ได้ผลชนะนั้น จำเป็นที่จะต้องรู้ถึงวิธีการหรือยุทธวิธีการต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการเล่น โดยยุทธวิธีก็คือลักษณะของการวางหมาก โดยในการเล่นเกมเราจะใช้ยุทธวิธีหลาย ๆ แบบมาประกอบกันในการเล่น และยุทธวิธีในแต่ละแบบนั้นก็จะมีความสำคัญไม่เท่ากัน ยุทธวิธีหลาย ๆ แบบนั้นประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

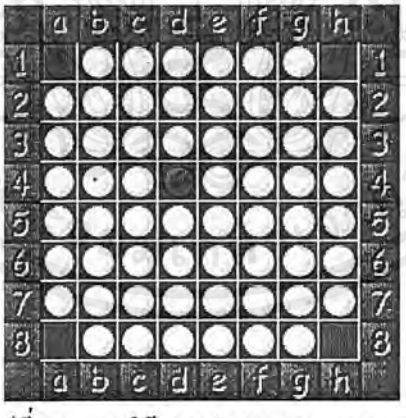
4.2.1 ยุทธวิธีแบบจำนวนหมากมากสุด (Maximum disc strategy)

วิธีการนี้จะเป็นการเลือกวางหมากตรงที่วางหมากไปแล้ว และหลังจากที่วางหมากไปแล้วจะมีหมากของเรามากที่สุด ยุทธวิธีแบบนี้นั้นจัดเป็นวิธีการที่ยังไม่ดีเพราะว่า การที่มีจำนวนหมากมาก ๆ ในแต่ละตาเดินนั้นไม่ได้รับประกันว่าเมื่อจบเกมแล้วจะต้องชนะเสมอไป

ดูตัวอย่างในรูป 4-6 จะเห็นว่าตาที่เหลือนั้นเหลืองไม่สามารถที่จะวางหมากได้ แต่ว่าสีดำนั้นสามารถลงได้ 2 ที่คือ 1a และ 8h และผู้เล่นสีเหลืองจะเป็นผู้ที่เล่นต่อฝ่ายเดียวจนจบเกม ซึ่งเมื่อท้ายที่สุดแล้วผู้เล่นหมากสีดำจะมีจำนวนหมาก 40 ตัว และสีเหลือง 24 ตัว ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่ใช่วิธีที่ดีที่จะนำมาใช้ในการเล่นเกม แต่วิธีที่ดีคือควรจะเลือกวางหมากที่ตำแหน่ง ที่จะทำให้มีหมากที่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นของฝ่ายตรงข้ามได้อีกให้ได้มากที่สุด

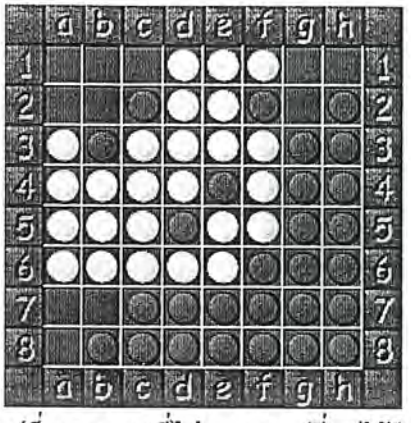
4.2.2 ยุทธวิธีแบบหมากที่ไม่สามารถเปลี่ยนได้อีก (Stable disc strategy)

หมากที่ไม่สามารถเปลี่ยนได้อีก หมายถึง หมากที่ไม่ว่าจะทำอย่างไรก็ตามแล้ว จะไม่สามารถถูกกลับเป็นของฝ่ายตรงข้ามได้อีก ตัวอย่างของหมากแบบนี้ คือ หมากที่วางอยู่ที่ตำแหน่งมุมทั้งสี่ของกระดาน เพราะว่าหมากที่มุมของกระดานนั้นไม่สามารถที่จะอยู่ระหว่างหมากของคู่ต่อสู้ได้เลย ไม่ว่าคู่ต่อสู้จะทำอย่างไรก็ตาม ด้วยเหตุนี้ตำแหน่งที่มุมของกระดาน จึงถือว่าเป็นตำแหน่งที่มีความสำคัญมาก และนอกจากนั้นแล้วหมากที่มีสีเดียวกับหมากที่มุม และอยู่ติดกับหมากที่ไม่สามารถเปลี่ยนได้อีกในแนวตรงเดียวกัน ก็จะเป็นหมากที่ไม่สามารถเปลี่ยนได้อีกดูตัวอย่างในรูป 4-7



รูปที่ 4-6 ยุทธวิธีแบบจำนวนหมากมากสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-7 หมากที่ไม่สามารถเปลี่ยนได้อีก

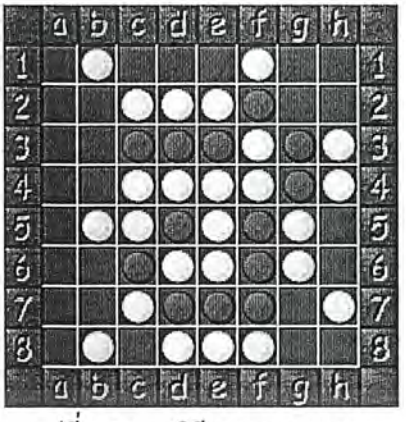
จากรูปที่ 4-7 จะเห็นว่ามีหมากสีดำอยู่ที่ตำแหน่งมุม 8h ซึ่งจะทำให้หมากตัวนั้นเป็นหมากที่ไม่สามารถเปลี่ยนได้อีก ซึ่งจะส่งผลให้มีหมากสีดำที่อยู่ติดกับหมากที่ไม่สามารถเปลี่ยนได้อีก เป็นหมากที่ไม่สามารถเปลี่ยนสีได้อีกไปด้วย โดยในรูปนี้จะได้ว่ามีหมากสีดำที่ไม่สามารถเปลี่ยนสีได้อีกอยู่ 23 ตัว โดยจะทำให้รับประกันได้ว่าเมื่อสิ้นสุดเกมแล้ว ผู้เล่นสีดำจะมีหมากอย่างน้อย 23 ตัว ผู้เล่นที่จะใช้ยุทธวิธีแบบนี้จะต้องลงวางหมากที่จะทำให้ได้หมากของตัวเองที่ไม่สามารถเปลี่ยนสีได้ ให้มีจำนวนมากสุด

4.2.3 ยุทธวิธีแบบแทรกกลาง (Wedge strategy)

ยุทธวิธีแบบนี้จะเป็นยุทธวิธีที่จะให้ได้ตำแหน่งมุมกระดานมาครอบครอง เพราะเราได้รู้มาแล้วว่าตำแหน่งมุมกระดานเป็นตำแหน่งที่สำคัญ โดยพิจารณากระดานในรูปที่ 4-8 สมมติว่าเป็นตาของผู้เล่นหมากสีดำ ถ้าเกิดผู้เล่นหมากสีดำลงที่ตำแหน่ง 8c จะทำให้ในตาต่อไปของผู้เล่นหมากสีดำนั้น สามารถที่จะเล่นตรงตำแหน่งมุมกระดานที่ตำแหน่ง 8a ได้ เราจะเรียกสถานการณ์แบบนี้ว่า ตำแหน่งหมากของผู้เล่นหมากสีดำ ที่ตำแหน่ง 8c นั้นว่าเวดจ์ (Wedge)

พิจารณาการวางหมากของผู้เล่นหมากสีดำที่ตำแหน่ง 6h จะเห็นว่าหมากที่ตำแหน่งนี้ไม่ใช่เวดจ์ เพราะว่าเมื่อถึงตาต่อไปผู้เล่นหมากสีเหลืองจะต้องปกป้องตำแหน่งมุม โดยการที่ผู้เล่นหมากสีเหลืองก็จะลงหมากตรงตำแหน่ง 5h แต่ถ้าจากรูป 4-8 นั้นถ้าผู้เล่นหมากสีดำลงหมากที่ตำแหน่ง 1c ในตาต่อไปผู้เล่นหมากสีเหลืองจะต้องปกป้องมุมโดยการลงหมากสีเหลืองที่ตำแหน่ง 1d ซึ่งจะทำให้ในตาต่อไปนั้นหมากสีดำสามารถลงเล่นที่ตำแหน่ง 1e ได้ และหมากที่ตำแหน่ง 1e นั้นก็จะเป็นเวดจ์ และจากตัวอย่างจะเห็นว่าที่ตำแหน่งขอบของกระดาน ถ้ามีช่องว่างอยู่ระหว่างหมากของฝ่ายตรงข้ามเป็นจำนวนคี่แล้ว เรามีโอกาสที่จะทำให้หมากของเราเป็นเวดจ์ตรงที่ขอบกระดานนั้นได้มาก ในการเล่นที่จะนำยุทธวิธีนี้มาใช้ด้วย จะต้องพยายามทำให้หมากของตัวเองเป็นเวดจ์ให้ได้

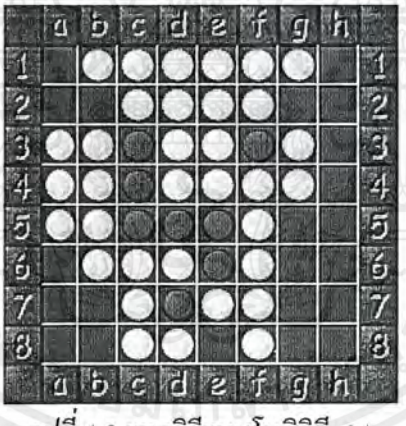
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-8 ยุทธวิธีแบบแทรกกลาง

4.2.4 ยุทธวิธีแบบโมบิลิตี (Mobility strategy)

ความหมายของคำว่าโมบิลิตี คือ จำนวนตำแหน่งที่เราหรือฝ่ายตรงข้ามสามารถวางหมากได้ ถ้าต้องการหาโมบิลิตีเทียบกับฝ่ายตรงข้ามก็จะ หมายถึง จำนวนตำแหน่งที่ฝ่ายตรงข้ามสามารถวางหมากได้ ถ้ากล่าวว่าการวางหมากของผู้เล่นฝ่ายนั้นมีโมบิลิตีสูงก็จะหมายความว่า มีจำนวนตำแหน่งที่จะให้ผู้เล่นนั้นเลือกเล่นได้เป็นจำนวนมาก



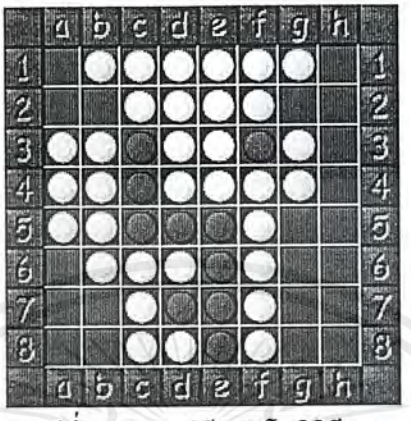
รูปที่ 4-9 ยุทธวิธีแบบโมบิลิตี (a)

พิจารณาในรูป 4-9 สมมติว่าเป็นตาที่ผู้เล่นสีดำจะต้องเล่น ผู้เล่นสีดำจะต้องวางหมากไปในตำแหน่งที่ทำให้ผู้เล่นฝ่ายตรงข้ามมีโมบิลิตีที่ต่ำ ถ้าเกิดว่าผู้เล่นหมากสีดำนั้นวางหมากที่ตำแหน่ง 8e จะทำให้ตาต่อไปผู้เล่นสีเหลืองมีทางเลือกที่จะวางหมากได้อยู่ 2 ที่ ให้ดูรูปที่ 4-10 ประกอบ

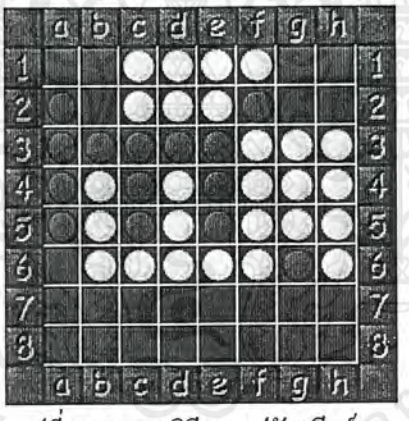
ผู้เล่นหมากสีเหลืองนั้นสามารถที่จะวางหมากได้ 2 ที่คือที่ตำแหน่ง 2b และ 2g ซึ่งทั้งสองตำแหน่งนี้จะเห็นว่าเป็นตำแหน่งที่ไม่ดี เพราะว่าในตาต่อไปจะทำให้ผู้เล่นหมากสีดำได้ตำแหน่งมุมไป เช่น ถ้าเกิดผู้เล่นหมากสีเหลืองวางหมากที่ตำแหน่ง 2b จะทำให้ตาต่อไปนั้นผู้เล่นหมากสีดำวางหมากที่ตำแหน่ง 1a จากที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวมานี้ทำให้รู้เพิ่มเติมอีกว่าตำแหน่ง ที่อยู่ติดกับตำแหน่งมุมนั้นเป็นตำแหน่งที่ไม่ดี เพราะว่าเป็นตำแหน่งที่เปิดโอกาสให้ผู้เล่นฝ่ายตรงข้ามได้ตำแหน่งมุมไป เราจะเรียกตำแหน่งที่อยู่ใน {2a,1b,2h,1g,7a,8b,7h,8g} นี้ว่า ตำแหน่ง C-สแควร์ (C-square) และตำแหน่งที่อยู่ใน {2b,2g,7b,7g} ว่า X-สแควร์ (X-square)

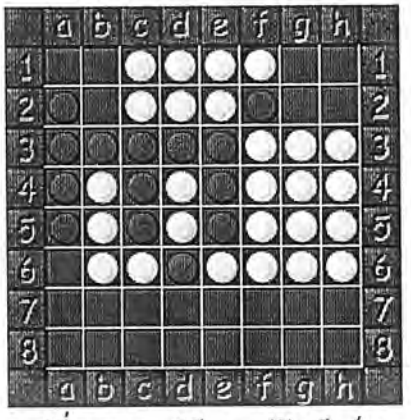


รูปที่ 4-10 ยุทธวิธีแบบโมบิลิตี (b)



รูปที่ 4-11 ยุทธวิธีแบบฟรันเทียร์ (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-12 ยุทธวิธีแบบฟรันเทียร์ (b)

4.2.5 ยุทธวิธีแบบฟรันเทียร์ (Frontier strategy)

ในการวางหมากแต่ละครั้งนั้น อย่างน้อยแล้วตำแหน่งนั้นจะต้องอยู่ติดกับหมากของฝ่ายตรงข้าม และในการวางหมากแต่ละครั้ง จะต้องมีการเปลี่ยนหมากของฝ่ายตรงข้ามให้เป็นของเราอย่างน้อย 1 ตัว จากหลักการตรงนี้เราจะนำมาใช้ในการสร้างยุทธวิธีแบบที่เรียกว่า ฟรันเทียร์ ยุทธวิธีแบบนี้จะมีแนวคิดคล้าย ๆ กับยุทธวิธีแบบโมบิลิตี โดยขั้นแรกจะต้องให้คำจำกัดความของคำว่าหมากแบบฟรันเทียร์เสียก่อน หมากแบบฟรันเทียร์ หมายถึง หมากที่อยู่ติดกับตำแหน่งว่างบนกระดาน ในการเล่นยุทธวิธีนี้จะต้องพยายามลดจำนวนหมากที่เป็นฟรันเทียร์ของเราให้เหลือน้อยที่สุด และควรจะให้มีหมากที่เป็นฟรันเทียร์ของคู่ต่อสู้ในปริมาณที่มาก

พิจารณารูปที่ 4-11 สมมติว่าเป็นตาที่ผู้เล่นฝ่ายหมากสีดำจะต้องเล่น ถ้าเกิดว่าผู้เล่นหมากสีดำวางหมากไปที่ตำแหน่ง 6a และในตาต่อไปผู้เล่นหมากสีเหลือง วางหมากที่ตำแหน่ง 1g แล้วจะเห็นว่าตาต่อไปนั้นผู้เล่นหมากสีดำจะเหลือตำแหน่งที่จะเล่นได้อยู่ไม่กี่ตำแหน่ง ถึงแม้ว่าจะมีหมากสีดำอยู่บนกระดานเป็นจำนวนมากก็ตาม โดยผู้เล่นหมากสีดำจะเหลือตำแหน่งที่เล่นได้คือ 1b,2g และ 2h เท่านั้น โดยแต่ละตำแหน่งนั้นจัดเป็นตำแหน่งที่ไม่ดี เพราะจะเปิดโอกาสในการได้มุมของฝ่ายตรงข้าม

พิจารณาในรูป 4-12 การวางหมากของผู้เล่นสีดำที่ตำแหน่ง 6a นั้นจัดว่าพอที่จะสมเหตุสมผลในการเล่นเพราะว่า ไม่ได้ทำให้เกิดหมากของผู้เล่นสีดำที่เป็นฟรันเทียร์เกิดขึ้นมามาก แต่อย่างไรก็ตามการวางหมากที่ตำแหน่ง 7e ก็น่าจะเหมาะสมกว่าถ้าพิจารณาจาก จำนวนหมากแบบฟรันเทียร์ของผู้เล่นสีดำ

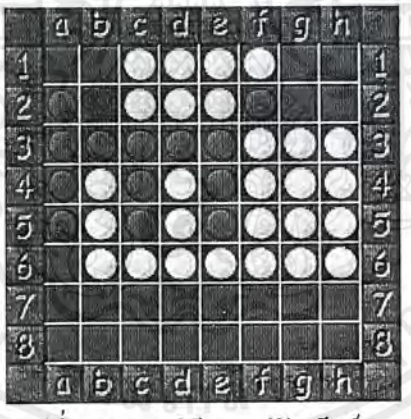
เมื่อลองมาพิจารณารูป 4-13 แล้วจะกลับกันกับรูปที่ 4-11 ในแง่ที่ว่าการวางหมากของผู้เล่นสีดำ ที่ตำแหน่ง 6a นั้นถือว่าเป็นการวางหมากที่ดีเพราะว่าจะทำให้ จำนวนหมากที่เป็นฟรันเทียร์ของผู้เล่นสีเหลืองไม่เปลี่ยนแปลง และยังบีบให้ผู้เล่นหมากสีเหลืองมีทางเลือกอยู่ 2 ที่ได้แก่ 2b และ 1g และถ้าผู้เล่นหมากสีเหลืองวางหมากที่ตำแหน่ง 1g ตาต่อไปผู้เล่นหมากสีดำก็ยังสามารถวางหมากได้ที่ตำแหน่ง 7a ซึ่งจะทำให้ผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล่นหมากสีเหลืองเหลือตำแหน่งที่ลงได้คือที่ตำแหน่ง 2b เท่านั้น และจะทำให้ผู้เล่นหมากสีดำได้ตำแหน่งมุมไปครอง

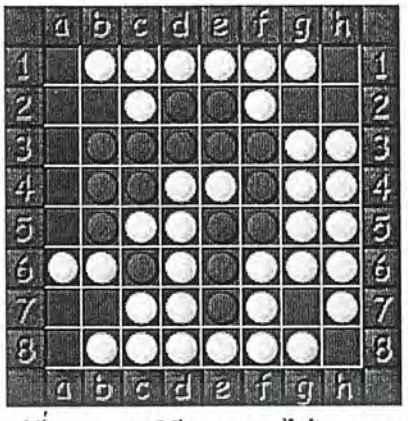
4.2.6 ยุทธวิธีแบบขอบไม่สมดุล (Unbalanced edges)

ยุทธวิธีแบบนี้เป็นอีกวิธีหนึ่ง ที่มักจะใช้เพื่อที่จะให้ได้ตำแหน่งมุมมาครอบครอง โดยความหมายของคำว่าขอบไม่สมดุล หมายถึง ลักษณะการวางหมากอย่างในรูปที่ 4-14 โดยพิจารณาหมากสีเหลืองที่อยู่ในแนวขอบด้านขวาทั้งหมด โดยจะเรียงกันอยู่ 5 ตัว ถ้าเกิดสมมติว่าเป็นตาที่ผู้เล่นหมากสีดำจะต้องเล่น จะดูเหมือนกับว่าผู้เล่นหมากสีเหลืองจะคุมเกมไว้ได้หมดแล้ว แต่ถ้าเกิดพิจารณาดี ๆ แล้วจะเห็นว่าถ้าผู้เล่นหมากสีดำวางหมากที่ตำแหน่ง 2g ก็จะเป็นการเปิดมุม 1h ให้กับผู้เล่นสีเหลือง แต่ผลที่ตามมาแล้วกลับกลายเป็นว่าดำจะกลายเป็นผู้ที่มีสิทธ์ชนะมากกว่า ให้สังเกตดูจากรูป 4-15 เมื่อผู้เล่นหมากสีเหลืองได้มุม 1h ไปแล้วผู้เล่นหมากสีดำจะวางหมากที่ตำแหน่ง 2h และจะทำให้ในตาต่อ ๆ ไปนั้นผู้เล่นหมากสีดำจะได้มุม 8h และ 8a ไปครอง การที่จะเล่นยุทธวิธีนี้จะเห็นว่าตำแหน่ง X-สแควร์ ไม่ได้เป็นตำแหน่งที่เลวร้ายเสมอไป แต่ว่าจะขึ้นอยู่กับการเรียงตัวของหมากบนกระดานนั้นว่าเป็นอย่างไร ผู้ที่จะเล่นยุทธวิธีนี้นั้นจะต้องหลอกล่อให้คู่ต่อสู้ให้วางหมากที่เป็นแบบขอบไม่สมดุลให้ได้

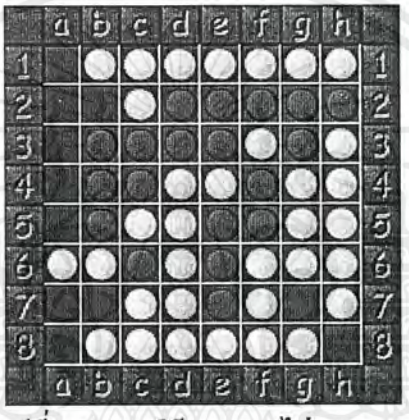


รูปที่ 4-13 ยุทธวิธีแบบฟรันเทียร์ (c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-14 ยุทธวิธีแบบขอบไม่สมดุล (a)

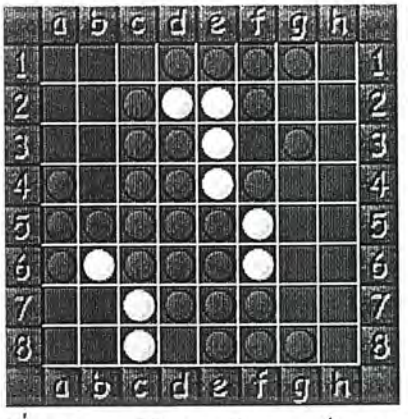


รูปที่ 4-15 ยุทธวิธีแบบของไม่สมดุล (b)

4.2.7 ยุทธวิธีแบบสโตนเนอร์แทรพ (Stoner traps)

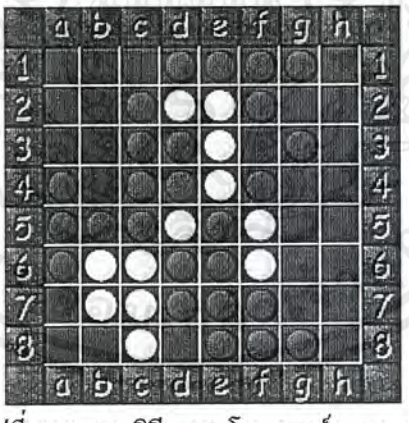
ยุทธวิธีแบบนี้จะเป็นยุทธวิธีเพื่อที่จะให้ได้ตำแหน่งมุมมาเช่นกัน และจะต้องอาศัยการวางหมากตรงตำแหน่ง X-สแควร์ด้วย ลักษณะของการเรียงตัวของหมากก่อนที่จะเล่นยุทธวิธีนี้จะมีลักษณะดังรูปที่ 4-16 โดยในที่นี้ผู้เล่นหมากสีเหลืองจะเป็นผู้เล่นยุทธวิธีนี้ โดยลักษณะการวางตัวของหมากนั้นดูได้ดังขอบด้านล่างสุด จะสังเกตเห็นว่ามีช่องว่างอยู่ 1 ช่องระหว่างหมากสีเหลือง และหมากสีดำที่เรียงติดกันอยู่ 3 ตัว และหมากสีดำที่เรียงติดกันนั้นอยู่ติดกับตำแหน่งมุมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



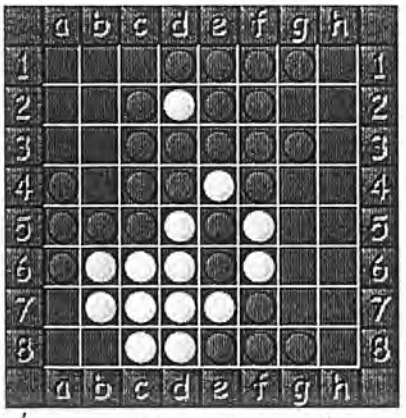
รูปที่ 4-16 ยุทธวิธีแบบสโตนเนอร์แทรพ (a)

สมมติว่าคราวนี้เป็นตาของผู้เล่นหมากสีเหลือง ผู้เล่นหมากสีเหลืองจะวางหมากที่ตำแหน่ง 7b ซึ่งจะทำให้หมากที่อยู่ในแนวทแยงระหว่างมุม 8a ถึง 1h นั้นเป็นสีเหลืองทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ตาต่อไปนั้นผู้เล่นหมากสีดำยังไม่สามารถที่จะกินตำแหน่งมุม 8a ได้ ให้ดูรูป 4-17 ประกอบ และเมื่อถึงตาต่อไปจากรูปที่ 4-17 ผู้เล่นฝ่ายสีดำจะเป็นผู้เล่นบ้าง ผู้เล่นสีดำจะต้องพยายามที่จะทำให้มีหมากสีดำอย่างน้อย 1 ตัว ในแนวทแยง 8a ถึง 1e เพื่อที่จะได้วางหมากในตำแหน่งมุม 8a ได้ในตาต่อไป ผู้เล่นหมากสีดำจึงวางหมากไปที่ตำแหน่ง 3f และเมื่อถึงตาผู้เล่นหมากสีเหลืองบ้างเขาจะวางหมากที่ตำแหน่ง 8d ทำให้ได้ลักษณะของกระดานในรูป 4-18 ซึ่งในตอนนี้เรียกได้ว่าผู้เล่นหมากสีดำได้ติดกับดักของผู้เล่นหมากสีเหลืองแล้ว



รูปที่ 4-17 ยุทธวิธีแบบสโตนเนอร์แทรพ (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-18 ยุทธวิธีแบบสโตนเนอร์แทรพ (c)

ในขั้นแรกสำหรับผู้เล่นที่ยังไม่มีประสบการณ์แล้วอาจจะคิดว่า จากกระดานในรูป 4-18 ถ้าปล่อยเอาไว้แล้วหมากสีเหลืองจะกินมุม 8h ได้ในตาต่อไป ผู้เล่นหมากสีดำจึงทำการวางหมากที่ตำแหน่ง 8b ซึ่งจะทำให้หมากในแนวของด้านล่างตั้งแต่ 8b ถึง 8g นั้นเป็นหมากสีดำทั้งหมด แต่ในขณะเดียวกันผู้เล่นหมากสีดำก็ลืมดูไปว่า การวางหมากอย่างนั้นก็ทำให้หมากที่ตำแหน่ง 7b กลายเป็นสีดำ และในตาต่อไปฝ่ายหมากสีเหลืองเล่นก็จะได้ตำแหน่งมุม 8a ไป และยังจะครอบครองมุมต่อไปยังมุมตำแหน่ง 8h อีกด้วย

ถ้าหากว่าจากรูปที่ 4-18 นั้นถ้าเกิดว่าผู้เล่นหมากสีดำวางหมากที่ตำแหน่ง 8a แทน ในตาต่อไปแล้วผู้เล่นสีเหลืองก็จะวางหมากในตำแหน่ง 8h แทน ซึ่งจะเห็นว่าถ้าเกิดว่าเราติดกับดักยุทธวิธีแบบนี้แล้ว จะทำให้ผู้เล่นฝ่ายตรงข้ามอย่างไรก็จะได้มุมไปอย่างน้อย 1 มุม

หลังจากที่ได้กล่าวถึงยุทธวิธีที่สามารถนำมาใช้ในการเล่นเกมแล้ว ยุทธวิธีเหล่านี้นั้นจะถูกนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อ เพื่อที่จะให้คอมพิวเตอร์สามารถที่จะเล่นเกมได้ อย่างมีหลักการมากยิ่งขึ้น จริง ๆ แล้ว ยุทธวิธีต่าง ๆ นั้นยังมีมากกว่านี้ ซึ่งแล้วแต่ที่มีผู้คิดขึ้นมา และความสำคัญของแต่ละยุทธวิธีนั้นก็ไม่เท่ากัน แต่โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ยุทธวิธีที่มีตำแหน่งมุมกระดานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยนั้น มักจะมีความสำคัญมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

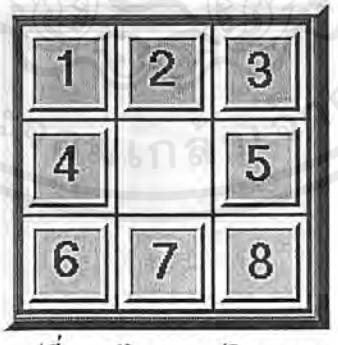
บทที่ 5

การหาคำตอบและการเรียนรู้

ความคิดที่จะให้คอมพิวเตอร์ทำการเล่นเกมนั้น ได้ถือกำเนิดขึ้นมานานแล้วโดยเกิดขึ้นมาพร้อม ๆ กับการมีคอมพิวเตอร์ วิธีการที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเล่นเกมได้ และเล่นได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องอาศัยกระบวนการที่เรียกว่าการหาคำตอบ (Search) และสิ่งหนึ่งที่จะช่วยในกระบวนการหาคำตอบก็คือ การมองไปที่ปัญหาแล้วนำเสนอปัญหาให้อยู่ในรูปสเตท (State) รวมทั้งโอเปอเรเตอร์ที่เป็นไปได้ของปัญหา โดยสิ่งที่เราจะได้จากกระบวนการหาคำตอบ คือ ขั้นตอนหรือลำดับของโอเปอเรเตอร์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนจากสเตทเริ่มต้น (Start state) ของปัญหาไปยังสเตทเป้าหมาย (Goal state) ที่เราต้องการ

5.1 สเตทของปัญหา

สเตทของปัญหา หมายถึง รายละเอียดหรือสิ่งต่าง ๆ ที่เราดึงมาจากปัญหา เพื่อที่จะนำมาแทนปัญหา และเราจะนำสเตทเหล่านั้นมาใช้ในการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น ปัญหาที่มีชื่อว่า 8-ปริศนา (8-puzzle) เป็นปัญหาในเรื่องของการเรียงตัวเลข โดยตอนแรกจะมีตัวเลขตั้งแต่ 1-8 วางเรียงกันอยู่บนกระดานขนาด 3 คูณ 3 บล็อค ดังนั้นจะมีอยู่ 1 บล็อคที่ไม่ได้ถูกกำหนดไว้ด้วยตัวเลข ซึ่งที่ตำแหน่งนั้นจะเป็นบล็อคที่ว่าง (พิจารณารูปที่ 5-1) โดยสิ่งที่เราสามารถจะกระทำได้ก็คือ การเลื่อนตัวเลขไปทางซ้ายทางขวาขึ้นบนหรือลงล่าง โดยที่ว่าด้านที่เราจะเลื่อนตัวเลขไปนั้นจะต้องติดกับบล็อคที่ว่างอยู่ ปัญหาคือเราจะต้องเลื่อนตัวเลขไปอย่างไรบ้าง เพื่อที่จะทำให้การเรียงของตัวเลขในรูปที่ 5-1 นั้นเปลี่ยนไปเป็นรูปที่ 5-2



รูปที่ 5-1 ปัญหา 8-ปริศนา (a)

ในปัญหานี้สเตทก็คือรูปแบบการเรียงตัวของตัวเลขบนกระดาน หรือถ้าจะมองให้อยู่ในรูปของโครงสร้างข้อมูลก็คือการนำเอาอาเรย์ (Array) มาสร้างเป็นสเตท จากตรงนี้จะเห็นว่ารายละเอียดที่เราดึงมาจากปัญหาเพื่อมาสร้างเป็นสเตทนั้นก็คือ การเรียงตัวของตัวเลขนั่นเอง ในการสร้างสเตทของปัญหานั้นถ้าเกิดว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราดึงรายละเอียดของปัญหาออกมาได้มาก และรายละเอียดนั้นเป็นสิ่งที่ตรงประเด็นก็จะช่วยทำให้ กระบวนการหาคำตอบกระทำได้ง่ายยิ่งขึ้น

รูปที่ 5-2 ปัญหา 8-ปริศนา (b)

ในบางปัญหานั้นสเตทของปัญหา ไม่ได้ถูกแสดงออกมาให้เห็นได้อย่างเด่นชัด อย่างในเรื่องของปัญหา 8-ปริศนานั้น เราจะเห็นสเตทได้อยู่ในรูปกระดานด้วยธรรมชาติของตัวมันเอง แต่อย่างในเรื่องของปัญหาการตวงน้ำใส่เหยือก (Water jug problem) สเตทค่อนข้างจะมองได้ยากขึ้นมาอีกเล็กน้อย ตัวปัญหามีอยู่ว่ามีเหยือกอยู่ 2 ใบโดยเหยือกแต่ละใบจะมีความจุ 3 และ 4 แกลอน และในเหยือกแต่ละใบนั้นจะไม่มีเสกลใด ๆ บอกว่าขณะนั้นน้ำในเหยือกมีปริมาณเท่าไหร่ และสิ่งที่เราทำได้ก็คือการเติมน้ำจากก๊อกเพื่อใส่เหยือกนั้น หรือการเทน้ำออกจากเหยือก หรือเทน้ำจากเหยือกหนึ่งไปยังอีกเหยือกหนึ่ง สิ่งที่ปัญหาต้องการก็คือจะต้องกระทำอย่างไรถึงจะทำให้เหยือกทั้งสองใบที่ไม่มีน้ำอยู่ กลายเป็นเหยือกที่มีความจุ 4 แกลอนนั้นมีน้ำอยู่ภายในเป็นปริมาณ 2 แกลอน และเหยือกที่มีความจุ 3 แกลอนเป็นเหยือกที่ไม่มีน้ำอยู่

เราจะเห็นว่าปัญหาเรื่องการตวงน้ำใส่เหยือกนั้น รายละเอียดของปัญหาก็คือปริมาณน้ำที่อยู่ในเหยือกแต่ละใบ ถ้าเรากำหนดให้ X แทนปริมาณน้ำที่อยู่ในเหยือกที่มีความจุ 4 แกลอน และ Y คือปริมาณน้ำในเหยือกที่มีความจุ 3 แกลอน เมื่อเราดึง X และ Y ออกมาได้แล้วสิ่งที่จะทำต่อไปคือการนำรายละเอียดย่อย ๆ นั้นมาประกอบกัน ตัวอย่างหนึ่งก็คือ การมองสเตทในรูปของคู่ลำดับ (X,Y) เช่น (1,2) ก็จะหมายความว่าในขณะนี้ที่เหยือก 4 และ 3 แกลอนจะมีน้ำอยู่ 1 และ 2 แกลอนตามลำดับ ดังนั้นปัญหานี้ก็คือการหาวิธีการ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสเตทจาก (0,0) ไปเป็นสเตท (2,0) ให้ได้

เมื่อกล่าวถึงคำว่าสเตทแล้ว ยังมีอีกสองสิ่งที่จะต้องกล่าวถึงด้วย คือ สเตทเริ่มต้นและสเตทเป้าหมาย สเตทเริ่มต้น คือ สเตทที่เป็นจุดเริ่มของกระบวนการหาคำตอบ ส่วนสเตทเป้าหมายนั้นเป็นสเตทสุดท้ายที่เราต้องการจะไปให้ถึง อย่างในตัวอย่างของปัญหาการตวงน้ำใส่เหยือกนั้น สเตทเริ่มต้นคือสภาวะที่ไม่มีน้ำในเหยือกทั้งสองใบหรือแทนได้เป็น (0,0) ส่วนสเตทเป้าหมายก็คือ (2,0)

ในบางปัญหานั้นสเตทเป้าหมาย ไม่ได้ถูกกำหนดให้อยู่ในรูปของสเตทอย่างชัดเจน เช่น ปัญหาเรื่องสี่เหลี่ยมแสนกล (Magic square) โดยตัวปัญหาจะมีกระดานสี่เหลี่ยมขนาด 5 คูณ 5 อยู่และมีตัวเลขตั้งแต่ 1-25 ปัญหาอยู่ที่ว่าจะต้องนำตัวเลข 1-25 นั้นไปใส่ในแต่ละบล็อคอย่างไร ถึงจะทำให้ผลรวมของตัวเลขในแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละบล็อคในแต่ละแถว ในแต่ละหลักและที่อยู่ในแนวทแยงมุมมีค่าเท่ากัน ในปัญหานี้นั้นสเตทเริ่มต้นของปัญหาคือกระดานขนาด 5 คูณ 5 ที่ยังไม่มีการใส่หมายเลขลงไปให้แต่ละบล็อค ส่วนคำตอบที่ต้องการออกมานั้นคือสเตทเป้าหมายที่แสดงออกมาให้เห็นอย่างชัดเจน ไม่ใช่ทางเดินจากสเตทเริ่มต้นไปยังสเตทเป้าหมาย แต่อย่างไรก็ตามการที่จะไปยังสเตทเป้าหมายได้นั้น เราต้องทราบก่อนว่าทางเดินที่จะไปยังสเตทเป้าหมายนั้นเป็นอย่างไร เราถึงจะรู้ได้ว่าสเตทเป้าหมายมีรูปลักษณะอย่างไร

5.2 โอเปอเรเตอร์ (Operator)

หลังจากที่เราได้กล่าวถึงสเตท ซึ่งเป็นการนำเสนอไปในทางที่เป็นโครงสร้างของข้อมูล ส่วนโอเปอเรเตอร์นั้นจะเน้นไปในเรื่องของฟังก์ชัน โดยในการที่จะให้เกิดการเปลี่ยนสเตทจากสเตทเริ่มต้น ไปยังสเตทเป้าหมายได้นั้น เราจะต้องนำสเตทไปผ่านฟังก์ชันเพื่อไปยังอีกสเตทหนึ่ง หรือพูดง่าย ๆ ก็คือโอเปอเรเตอร์ก็คือ ฟังก์ชันที่มีโดเมน (Domain) และเรนจ์ (Range) เป็นเซตของสเตท โอเปอเรเตอร์ในปัญหา 8-ปริศนานั้นก็คือการเลื่อนตัวเลขขึ้นลงหรือว่าซ้ายขวา ส่วนในปัญหาเรื่องการตวงน้ำใส่เหยือกนั้น โอเปอเรเตอร์ก็คือ การเทน้ำออก การกรอกน้ำใส่เหยือก และการเทน้ำจากเหยือกหนึ่งไปยังอีกเหยือกหนึ่ง โดยพอที่จะแสดงถึงโอเปอเรเตอร์ของปัญหานี้ได้ดังนี้

1. $(X,Y \mid X < 4) \longrightarrow (4,Y)$; เติมน้ำใส่เหยือกที่มีความจุ 4 แกลอน
2. $(X,Y \mid Y < 3) \longrightarrow (X,3)$; เติมน้ำใส่เหยือกที่มีความจุ 3 แกลอนจนเต็ม
3. $(X,Y \mid X > 0) \longrightarrow (X-D,Y)$; เทน้ำจากเหยือก 4 แกลอนทิ้งเป็นปริมาณ D
4. $(X,Y \mid Y>0) \longrightarrow (X,Y-D)$; เทน้ำจากเหยือก 3 แกลอนทิ้งเป็นปริมาณ D
5. $(X,Y \mid X>0) \longrightarrow (0,Y)$; เทน้ำจากเหยือก 4 แกลอนทิ้งจนหมด
6. $(X,Y \mid Y>0) \longrightarrow (X,0)$; เทน้ำจากเหยือก 3 แกลอนทิ้งจนหมด
7. $(X,Y \mid X+Y >= 4$ และ $Y > 0) \longrightarrow (4,Y-(4-X))$
   ; เทน้ำจากเหยือก 3 แกลอนไปยังเหยือก 4 แกลอนจนเต็ม
8. $(X,Y \mid X+Y >= 3$ และ $X > 0) \longrightarrow (X-(3-Y),3)$
   ; เทน้ำจากเหยือก 4 แกลอนไปยังเหยือก 3 แกลอนจนเต็ม
9. $(X,Y \mid X+Y <= 4$ และ $Y > 0) \longrightarrow (X+Y,0)$
   ; เทน้ำทั้งหมดจากเหยือก 3 แกลอนไปยังเหยือก 4 แกลอน
10. $(X,Y \mid X+Y <= 3$ และ $X>0) \longrightarrow (0,X+Y)$
    ; เทน้ำทั้งหมดจากเหยือก 4 แกลอนไปยังเหยือก 3 แกลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่เราจะทำการแปลงจากสเตทหนึ่งไปยังอีกสเตทหนึ่งนั้น โดยผ่านทางโอเปอเรเตอร์นั้นใช่ว่าทุกโอเปอเรเตอร์จะกระทำกับสเตทใด ๆ ก็ได้ การนำโอเปอเรเตอร์เข้าไปกระทำกับสเตทได้หรือไม่นั้นนั้น ต้องขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของโอเปอเรเตอร์นั้นด้วย เช่น การที่จะใช้โอเปอเรเตอร์หมายเลข 1 ในเรื่องปัญหาตวงน้ำใส่เหยือกนั้น ปริมาณน้ำในเหยือก 4 แกลอนจะต้องน้อยกว่า 4 ถึงจะนำโอเปอเรเตอร์นี้เข้าไปกระทำได้

5.3 กระบวนการหาคำตอบ (Searching)

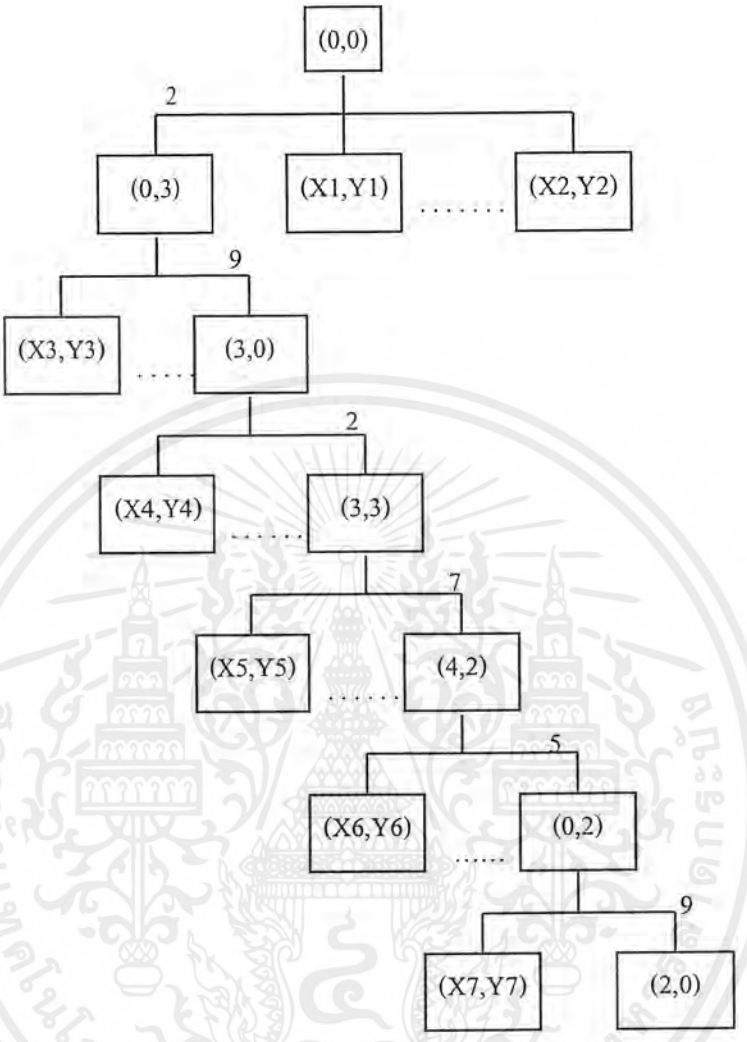
การหาคำตอบ หมายถึง การหาทางเดินจากสเตทเริ่มต้นไปยังสเตทเป้าหมาย หรือ ลำดับของโอเปอเรเตอร์ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนจากสเตทเริ่มต้นไปยังสเตทเป้าหมาย สิ่งที่เราจะนำมาช่วยในการหาคำตอบนั้น คือ แผนภาพต้นไม้ (Tree) ซึ่งจะแสดงออกมาให้เราเห็นว่าสเตทมีการเปลี่ยนไปเป็นสเตทไหน เปลี่ยนไปด้วยโอเปอเรเตอร์อะไรบ้าง และมีลำดับอย่างไร พิจารณาแผนภาพต้นไม้ของปัญหาเรื่องการตวงน้ำใส่เหยือก ในรูปที่ 5-3 สเตทเริ่มต้นจะเป็นโหนดราก (Root node) ของแผนภาพต้นไม้ และเราจะทำการแปลงจากสเตทเริ่มต้นไปยังสเตทอื่นโดยนำไปกระทำกับโอเปอเรเตอร์ที่สามารถกระทำได้ทั้งหมด เราจะเรียกการนำโอเปอเรเตอร์มากระทำกับโหนดนั้น ได้เป็นโหนดใหม่นี้ว่าการขยาย (Expand) โหนด โดยในรูปที่ 5-3 นั้นจะแสดงแค่บางโอเปอเรเตอร์ที่จะนำไปสู่สเตทเป้าหมายเท่านั้น และไม่ได้แสดงโหนดที่ได้จากการขยายให้เห็นทั้งหมด

จากรูป 5-3 จะเห็นว่าวิธีการหาคำตอบนั้นจะมีลักษณะ คือ จะทำการขยายโหนดเริ่มต้นออกมาก่อนแล้วทำการทดสอบว่า โหนดที่ได้จากการขยายนั้นใช่โหนดเป้าหมายหรือไม่ ถ้าใช่ก็จบแต่ถ้าไม่ใช่ก็จะทำการเลือกโหนดที่ได้จากการขยายมา 1 โหนด แล้วนำโหนดที่เลือกมานั้นมาทำการขยายต่อ แล้วทำการทดสอบว่าใช่สเตทหรือโหนดเป้าหมายหรือไม่ โดยจะทำอย่างนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบสเตทเป้าหมาย วิธีการหาคำตอบนั้นยังสามารถแบ่งแยกย่อยได้อีกหลายวิธี โดยใช้เกณฑ์ลำดับของโหนดที่เรานำมาทำการขยาย ซึ่งจะแบ่งได้เป็นการหาคำตอบแบบทางลึก (Depth-first search) และการหาคำตอบแบบทางกว้าง (Breadth-first search) แต่จะมีการหาคำตอบอีกอย่างหนึ่ง ที่จะนำข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหามาช่วยในการเลือกโหนดที่เราจะทำการขยายต่อไป เราจะเรียกการหาคำตอบลักษณะนี้ว่า การหาคำตอบแบบฮิวริสติก

5.3.1 การหาคำตอบแบบทางลึก (Depth-first search)

การหาคำตอบแบบทางลึกนั้นจะมีลักษณะดังรูปที่ 5-4 โดยสังเกตว่าความลึกของแผนภาพต้นไม้นั้นจะค่อย ๆ ลึกลงเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบสเตทเป้าหมาย ลำดับของสเตทที่เราเลือกมีทำการขยายนั้นจะมีลำดับคือ A,B,E และ H (ในที่นี้สมมติว่า H คือสเตทเป้าหมาย) และจะสังเกตว่าโหนด E นั้นจะถูกทำการขยายก่อนโหนด C ซึ่งตรงนี้จะตรงกันข้ามกับการหาคำตอบแบบทางกว้าง

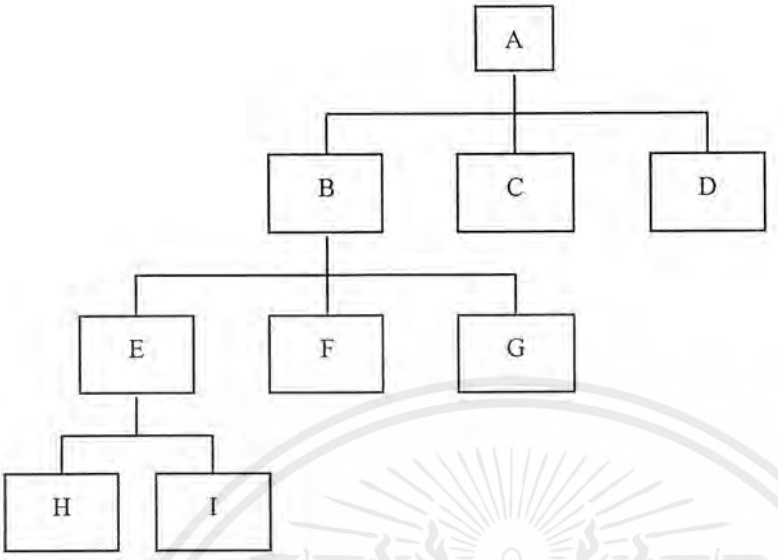
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-3 แผนภาพต้นไม้สำหรับปัญหาการตวงน้ำใส่เหยือก

การหาคำตอบแบบทางลึกนั้นเราสามารถที่จะกำหนดเพิ่มเติมขึ้นมา โดยกำหนดให้ถ้าเกิดว่าการค้นหานั้นลึกลงไปจนเกินระดับความลึกค่าหนึ่งแล้ว จึงค่อยทำการย้อนรอย (Backtrack) เพื่อมาหาทางเลือกใหม่ ๆ ก็ได้ การหาคำตอบแบบทางลึกนั้นจะมีข้อเสีย คือ ถ้าเกิดสมมติว่าสเตทเป้าหมายอยู่ที่โหนด D การหาคำตอบนั้นจะต้องเสียเวลานานกว่าทางกว้าง โดยสมมติว่ามีการทำการย้อนรอย กระบวนการหาคำตอบแบบทางลึกนั้นจะต้องผ่านที่โหนด A,B,E,H,I,F,G,C และถึงจะมาที่ D และคุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งของการหาคำตอบแบบนี้ก็คือ คำตอบที่ได้นั้นอาจจะไม่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



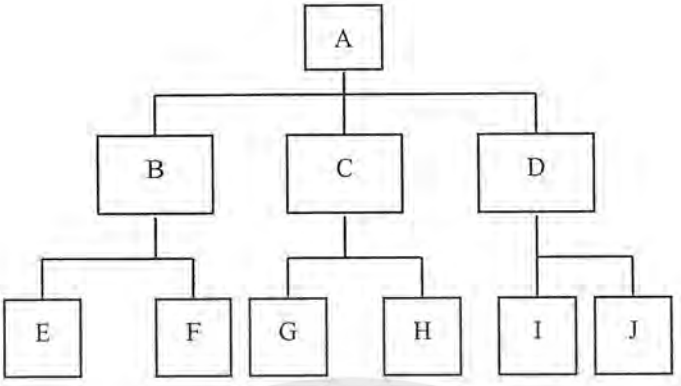
รูปที่ 5-4 การหาคำตอบแบบทางลึก

5.3.2 การหาคำตอบแบบทางกว้าง (Breadth-first search)

วิธีการหาคำตอบแบบนี้นั้นจะตรงกันข้ามกับการหาคำตอบแบบทางลึก โดยทุกโหนดในระดับชั้นเดียวกันจะถูกขยายออกจนหมดเสียก่อน แล้วจึงจะไปทำการขยายโหนดที่ความลึกอื่นต่อไป ให้พิจารณารูปที่ 5-5 โดยให้สังเกตทิศทางของโหนดที่ทำการขยาย จะเห็นว่าลำดับการขยายโหนดนั้นจะเลื่อนออกทางด้านกว้าง โดยจะมีลำดับของโหนดที่เข้าไปทำการตรวจสอบ คือ A,B,C,D,E,F,G,H,I และ J ถ้าสมมติว่าสเตทเป้าหมายอยู่ที่โหนด D แล้วจะเห็นว่า การหาคำตอบแบบทางกว้างนั้นจะพบคำตอบได้เร็วกว่าการหาคำตอบแบบทางลึก คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของการหาคำตอบแบบทางกว้าง คือ คำตอบที่ได้ออกมานั้นจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ดีที่สุดในที่นี้วัดจากระยะทางจากสเตทเริ่มต้นไปยังสเตทเป้าหมาย เพราะว่าลำดับของการทดสอบแต่ละโหนดนั้น จะค่อย ๆ เคลื่อนไปทีละชั้น ดังนั้นชั้นแรกที่เจอคำตอบก็จะเป็น ระยะทางที่สั้นที่สุดไปโดยธรรมชาติของตัวมันเอง

แต่ข้อเสียสำหรับการหาคำตอบแบบทางกว้างก็มี คือ ถ้าเกิดคำตอบนั้นอยู่ในชั้นที่ลึกมาก ๆ แล้ว การหาคำตอบจะต้องใช้เวลานานมาก และยิ่งถ้าเกิดว่าแต่ละสเตทนั้นมีจำนวนโอเปอเรเตอร์ ที่จะมากระทำกับมันมาก ๆ แล้วก็จะทำให้การหาคำตอบนั้น ต้องใช้ทั้งเวลาที่มากและหน่วยความจำที่มากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-5 การหาคำตอบแบบทางกว้าง

5.4 การหาคำตอบโดยใช้ฮิวริสติก (Heuristic search)

ในการหาคำตอบแบบทางลึกและทางกว้างนั้น เราได้นำรายละเอียดของปัญหา เพื่อนำมาสร้างเป็นสเตท และโอเปอเรเตอร์ แต่ว่าไม่ได้นำข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา มาช่วยใช้ในการเลือกทางที่จะไปยังสเตทต่อไปเลย หากลองพิจารณาเรื่องการหาคำตอบแบบทางลึกและทางกว้าง เราจะไม่มีเหตุผลเลยที่ทำไมเราถึงไปทำการขยายที่โหนดนี้ก่อน แต่ในวิธีการแบบใช้ฮิวริสติกการหาคำตอบนั้น จะมีเหตุผลในการเคลื่อนที่ไปยังสเตทอื่น คือจะไปยังสเตทที่ใกล้กับสเตทเป้าหมายมากที่สุด

หากพิจารณาในรูปที่ 5-5 ถ้าเกิดสเตทเป้าหมายนั้นอยู่ที่โหนด J และใช้วิธีการหาคำตอบแบบทางลึกและมีการทำการย้อนรอยแล้ว ลำดับของโหนดที่เข้าไปทำการทดสอบนั้นจะเป็น A,B,E,F,C,G,H,D,I และ J จะเห็นถ้าเกิดเรามีอะไรสักอย่าง ที่คอยบอกเราให้ทำการเลือกโหนดหรือสเตทถัดไป ที่จะทำให้เราไปยังสเตทเป้าหมายได้เร็วขึ้น มันก็น่าที่จะดีกว่าการหาคำตอบแบบทางลึกและทางกว้าง และเราจะเรียกสิ่งที่ช่วยในการเลือกสเตทที่เราจะไปต่อไปนั้นว่า ฮิวริสติกฟังก์ชัน (Heuristic function) สมมติว่าจากรูปที่ 5-5 นั้นถ้าเรามีการสร้างฮิวริสติกฟังก์ชันที่ดี ๆ เราอาจจะมีลำดับของโหนด ที่ผ่านเพื่อจะไปถึงสเตทเป้าหมายได้เป็น A,D และ J เลยก็ได้ ซึ่งจะเห็นว่าจะเร็วกว่าการหาคำตอบแบบทางลึกและแบบทางกว้าง

การใช้ฮิวริสติกฟังก์ชันมาช่วยในการหาคำตอบนั้น ไม่จำเป็นที่ว่าคำตอบที่ได้ออกมานั้นจะต้องเป็นคำตอบที่ดีที่สุด เพราะในบางปัญหานั้นคำตอบที่ดีที่สุดนั้นไม่ใช่เรื่องสำคัญ แต่สิ่งที่สำคัญคือเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ ถึงแม้ว่าการหาคำตอบแบบทางกว้างนั้นจะได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่ก็อาจจะใช้เวลาที่นาน ดังนั้นจุดประสงค์หลักของฮิวริสติกฟังก์ชัน คือ การลดเวลาในการหาคำตอบของปัญหา

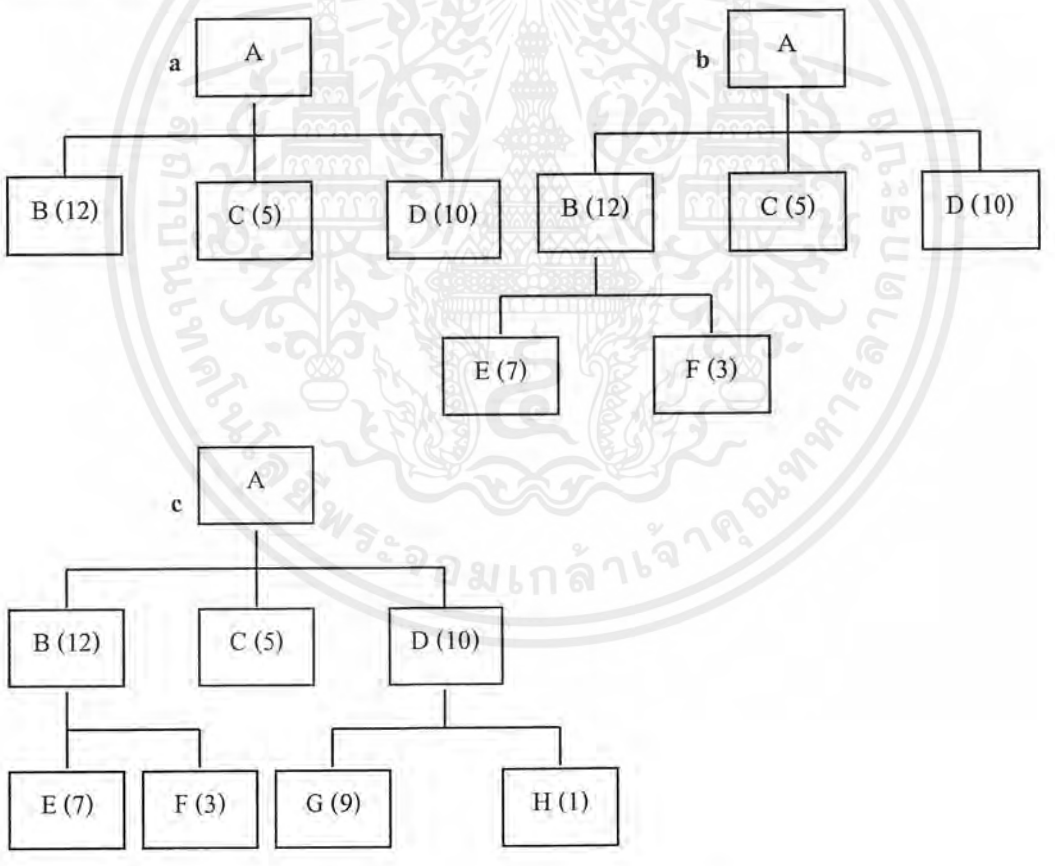
ฮิวริสติกฟังก์ชันนั้นเป็นฟังก์ชันที่มีโดเมนเป็นเซตของสเตท และมีเรนจ์เป็นเซตของจำนวนจริง โดยค่าจำนวนจริงนั้นจะสื่อถึงว่า สเตทนั้นอยู่ห่างจากสเตทเป้าหมายมากน้อยเพียงใด โดยทั่ว ๆ ไปแล้วการเลือกสเตทที่จะไปต่อไปนั้น เราจะเลือกไปยังสเตทที่อยู่ใกล้สเตทเป้าหมายมากที่สุด ฮิวริสติกฟังก์ชันนั้นจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันไปตามลักษณะของแต่ละปัญหา หรือแม้กระทั่งปัญหาเดียวกัน ฮิวริสติกฟังก์ชันนั้นจะแตกต่างกันก็ได้ ฮิวริสติกฟังก์ชันที่ดีนั้นจะมีลักษณะคือ ระยะระหว่างสเตทเริ่มต้นและสเตทเป้าหมาย จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าของระยะทางที่สั้นที่สุด ตัวอย่างหนึ่งของฮิวริสติกฟังก์ชันในปัญหา 8-ปริศนาคือ จำนวนบล็อคที่อยู่ตรงตามตำแหน่งของมัน อย่างในรูปที่ 5-1 และ 5-2 นั้น ถ้าเกิดว่ารูปที่ 5-2 นั้นเป็นสเตทเป้าหมายแล้ว จะมีบล็อคที่อยู่ตรงตำแหน่งของมัน คือบล็อคหมายเลข 3,5 และ 6 ซึ่งจะทำให้มีค่าฮิวริสติกฟังก์ชันเท่ากับ 3

5.4.1 การหาคำตอบแบบเบสต์เฟิร์ส (Best-first search)

การหาคำตอบด้วยวิธีการแบบนี้นั้น จะเลือกสเตทที่อยู่ใกล้สเตทเป้าหมายที่สุดมาทำการขยายต่อ โดยการเปรียบเทียบนั้นจะเปรียบเทียบจากกลุ่มของสเตท ที่เป็นผลมาจากการขยายก่อนหน้านั้นและยังไม่ได้ถูกขยายต่อ ลักษณะการหาคำตอบแบบเบสต์เฟิร์สนั้น จะมีลักษณะของการหาคำตอบแบบทางขวางและทางลึกผสมกันอยู่ เพราะบางทีทิศทางของการหาคำตอบจะไปทางด้านข้าง แต่บางทีก็จะไปทางด้านลึกโดยขึ้นอยู่กับค่าฮิวริสติกฟังก์ชันของแต่ละโหนด



รูปที่ 5-6 การหาคำตอบแบบเบสต์เฟิร์ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 5-6 นั้นถ้าเกิดกำหนดให้ค่าในแต่ละโหนด หมายถึง ค่าของฮิวริสติกฟังก์ชัน และตัวเลขที่มีค่ามากก็จะหมายถึงว่าเป็นสเตทที่ใกล้สเตทเป้าหมายมาก เช่น ถ้าเปรียบเทียบระหว่างสเตท G และ H จะได้ว่าสเตท G นั้นมีค่าใกล้สเตทเป้าหมายมากกว่าสเตท H ในขั้นแรกเลยเราจะทำการขยายสเตทเริ่มต้นออกมาก่อน ซึ่งในรูปจะหลังจากที่ขยายออกมาแล้วจะได้เป็นสเตท B,C และ D ซึ่งจะเห็นว่าโหนด B นั้นเป็นโหนดที่อยู่ใกล้สเตทเป้าหมายมากที่สุดดังนั้นจึงเลือกโหนด B มาทำการขยาย ซึ่งจะได้เป็นโหนด E และ F เมื่อได้ดังนี้แล้วโหนดที่เราจะเลือกนำมาทำการขยายนั้นจะถูกเลือกมาจากกลุ่ม E,F,C และ D ซึ่งจะเห็นว่าโหนด D นั้นจะต้องถูกเลือกมาทำการขยายต่อ ซึ่งเมื่อขยายแล้วจะได้โหนด G และ H และจะเลือกโหนดมาทำการขยายต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะพบสเตทเป้าหมาย จากในตัวอย่างนี้นั้นโหนดที่จะถูกนำมาทำการขยายต่อคือโหนด G

5.4.2 การหาคำตอบแบบวิธีการไต่เขา (Hill climbing search)

การหาคำตอบแบบนี้นั้น จะมีทิศทางของการเคลื่อนที่ไปยังสเตทถัดไป โดยมีหลักการคือจะเคลื่อนที่ไปยังสเตทที่ดีกว่าที่อยู่ในปัจจุบัน โดยลักษณะของการหาคำตอบจะคล้าย ๆ กับการหาคำตอบแบบทางลึก ตรงที่ว่าความลึกของแผนภาพต้นไม้นั้นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ในชีวิตประจำวันของคนเรานั้นก็ใช้วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีนี้อยู่เหมือนกัน เช่น สมมติว่าขณะนี้ในห้องเปิดเครื่องปรับอากาศอยู่ โดยมีอุณหภูมิ 20°C และในห้องนั้นมีเทอร์มอมิเตอร์อยู่ด้วย

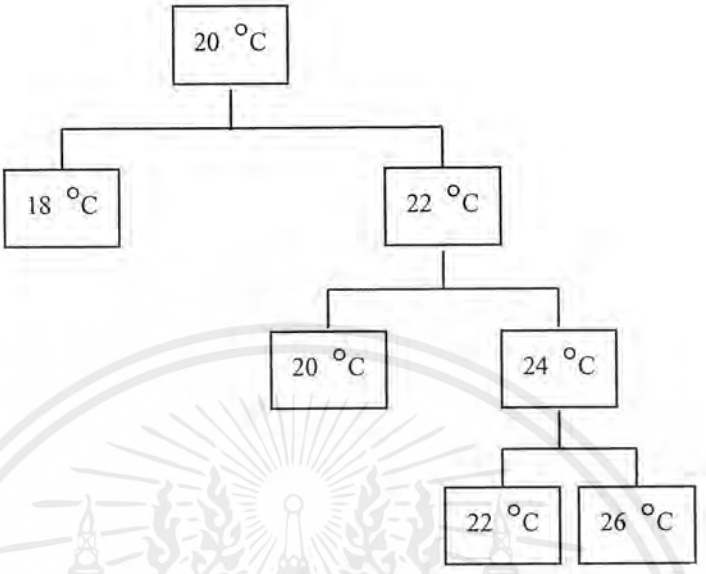
ปัญหาของเราคือว่าอากาศตอนนี้นั้นหนาวเกินไป และเราต้องการให้อุณหภูมิในห้องนั้นประมาณ 26 °C ดังนั้นเราจะต้องปรับแอร์อย่างไร เพราะเราไม่ทราบว่า จะต้องปรับโวลุ่มแอร์ไปทางไหน วิธีการก็คือเราจะต้องเลือกหมุนโวลุ่มไปในทางใดทางหนึ่งก่อน แล้วถ้าหมุนไปแล้วนั้นพบว่าอุณหภูมิสูงขึ้นก็แสดงว่าเราได้มาถูกทางแล้ว และให้หมุนต่อไปโดยไปในทางที่ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นต่อ ให้ทำเช่นนี้ไปจนกว่าอุณหภูมิจะถึง 26 °C จากที่ยกตัวอย่างมานี้ พอที่จะแสดงเป็นแผนภาพต้นไม้ให้ดูได้ดังรูปที่ 5-7

5.5 การลดรูปปัญหา (Problem reduction)

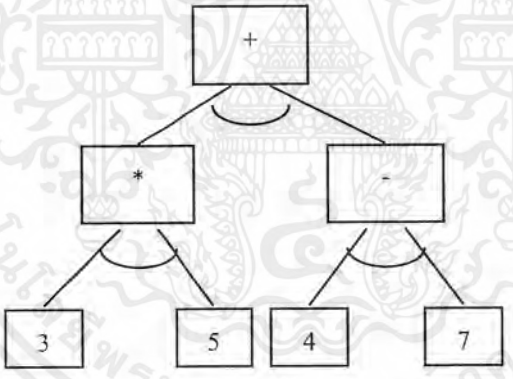
หลังจากที่ได้อธิบายการหาคำตอบหลาย ๆ แบบไปแล้วนั้น จะสังเกตได้ว่าปัญหาจะถูกแก้ได้โดยใช้เพียงแค่ทางเดินจากสเตทเริ่มต้นไปยังสเตทเป้าหมายเพียงแค่ 1 ทางเท่านั้นก็ได้ แต่ในบางปัญหานั้นปัญหาสามารถที่จะแยกย่อยออกเป็นปัญหาย่อย ๆ ได้ และใช้วิธีการแก้ปัญหาย่อย ๆ นั้นให้เสร็จก่อน แล้วจึงนำคำตอบของปัญหาย่อย ๆ นั้นมาประกอบกับเป็นคำตอบของปัญหาใหญ่ ๆ เราจะเรียกการแก้ปัญหาในลักษณะนี้ว่าการลดรูปของปัญหา หรือการแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อย ๆ ตัวอย่างของปัญหาที่มีลักษณะดังนี้ เช่น การอินทริเกรต ปัญหาหอคอยแห่งฮานอย (Tower of Hanoi) และ การหาคำตอบของนิพจน์ (3*5)+(4-7) ในตัวอย่างของปัญหาเรื่องการหาค่าของ (3*5)+(4-7) นั้นอาจจะยังมองเห็นภาพไม่ชัด แต่เราจะเห็นว่าเราจะหาค่าของนิพจน์นี้ได้ก็ต่อเมื่อ เราต้องสามารถหาค่าของ (3*5) และ (4-7) ให้ได้เสียก่อน แล้วจึงค่อยนำสองเทอมหลังมาบวกกัน สิ่งที่เราจะช่วยนำมาใช้แสดงวิธีการลดรูปของปัญหานั้น ก็ยังคงเป็นแผนภาพต้นไม้ แต่ว่าจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะพิเศษขึ้นมาอย่างหนึ่ง คือ จะเป็นแผนภาพที่มีลักษณะที่เรียกว่าแอนด์กราฟ (And graph) พิจารณารูป 5-8 ประกอบ



รูปที่ 5-7 การหาคำตอบแบบไต่เขา



*รูปที่ 5-8 แอนด์กราฟของ (3*5)+(4-7)*

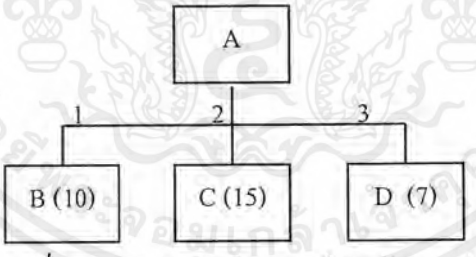
จะเห็นว่าตรงโอเปอเรเตอร์ของแอนด์กราฟนั้น จะเชื่อมต่อกันด้วยส่วนโค้งของวงกลมซึ่งหมายถึงว่าเป็นแอนด์กราฟ ในรูปนี้สเตทเป้าหมายก็คือโหนดที่แทนด้วยตัวเลขนั่นเอง การแก้ปัญหาด้วยวิธีการลดรูปปัญหานั้นไม่ใช่ว่าจะใช้ได้กับทุกปัญหา แต่จะต้องเลือกพิจารณาปัญหาเป็นราย ๆ ไป และขึ้นอยู่กับว่าเราสามารถที่จะมองปัญหานั้นออกด้วยหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การเล่นเกม (Game playing)

การเล่นเกมในเนื้อหาที่จะอธิบายนี้นั้นจะหมายถึง เกมที่มีผู้เล่น 2 ฝ่ายโดยจะผลัดกันเล่นคนละตา เช่น หมากรุก,Reversi,โกะ ฯลฯ ซึ่งปัญหาที่เราต้องการจะหาคำตอบของสำหรับการเล่นเกมก็คือ ทำอย่างไรคอมพิวเตอร์ถึงจะเป็นฝ่ายชนะ วิธีการหาคำตอบนั้นก็ทำได้โดยอาศัยการสร้างสเตท และแผนภูมิต้นไม้เหมือนกับการหาคำตอบแบบทั่ว ๆ ไป แต่จะใช้อัลกอริทึมแบบเก่าไม่ได้แล้วเพราะว่าเป็นเกมที่เล่น 2 ฝ่าย ซึ่งจะทำให้เราไม่สามารถที่จะคาดเดาได้ว่าฝ่ายตรงข้ามนั้นจะเล่นอย่างไร

วิธีการโดยทั่ว ๆ ไปที่ใช้ในการหาวิธีการเดินหมากในเกมหมากรุก รวมทั้งเกมที่แบ่งผู้เล่นเป็น 2 ฝ่าย นั้นขั้นแรกจะต้องหาว่าจากสเตทเริ่มต้นนั้น สามารถไปยังสเตทต่อไปที่จะเป็นตาสำหรับคู่ต่อสู้ได้อย่างไรบ้าง และเลือกโอเปอเรเตอร์ที่จะทำให้ ลักษณะการเรียงตัวของหมากบนกระดานดีที่สุดสำหรับคอมพิวเตอร์ ความหมายของคำว่าดีที่สุดสำหรับคอมพิวเตอร์นั้น หมายถึง ในมุมมองของคอมพิวเตอร์ หรือในทางกลับกันก็จะเป็นกระดานที่แย่ที่สุดของฝ่ายตรงข้าม และความหมายของคำว่าดีนั้น คือ เป็นลักษณะการเรียงตัวของหมากที่จะทำให้คอมพิวเตอร์นั้นเป็นฝ่ายชนะ ดังนั้นเราจะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าการเล่นของเรา จะชนะหรือไม่จนกว่าจะจบเกม การที่เราจะทำการหาคำตอบไปเรื่อย ๆ จนจบเกมนั้นก็เป็นไปไม่ได้ เพราะจะต้องใช้แผนภาพต้นไม้ที่มีขนาดที่ใหญ่มากไม่มีหน่วยความจำที่เพียงพอ หรือถึงแม้ว่าจะมีหน่วยความจำที่เพียงพอแต่ก็จะใช้เวลานานจนยอมรับไม่ได้ ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหาก็คือเราจะกำหนดระดับความลึกของการหาคำตอบไว้ค่าหนึ่ง และเมื่อการหาคำตอบถึงระดับนี้แล้ว ก็จะมีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับวัดว่าสเตทนั้นมีโอกาสที่จะชนะมากน้อยเพียงใด โดยไม่จำเป็นต้องทำการหาคำตอบไปจนจบเกม



รูปที่ 5-9 การเลือกโอเปอเรเตอร์สำหรับการเล่นเกม

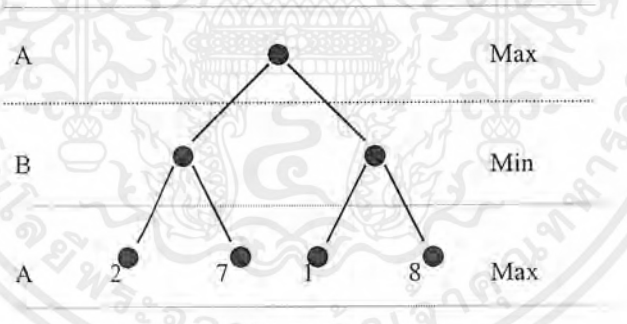
สมมติว่าที่โหนด A นั้นเป็นตาที่คอมพิวเตอร์เป็นผู้เล่น คอมพิวเตอร์จะต้องทำการตัดสินใจว่าจะเลือกโอเปอเรเตอร์ใดในกลุ่ม 1,2 และ 3 โดยวิธีการตัดสินใจก็คือคอมพิวเตอร์จะทำการสร้างสเตทที่เป็นไปได้ทั้งหมด จากสเตท A และพิจารณาว่าสเตทที่เกิดจากโอเปอเรเตอร์ใดที่ดีที่สุด โดยสิ่งที่เราจะนำมาวัดว่าสเตทนี้ดีเพียงใดนั้นว่า ฟังก์ชันประเมินค่า (Evaluate function) โดยในตัวอย่างรูป 5-9 นั้นจะเห็นว่าสเตท C นั้นทำให้คอมพิวเตอร์มีโอกาสที่จะชนะมากสุด ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงเลือกเล่นที่โอเปอเรเตอร์ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 5-9 นั้นเป็นการสร้างสเตทถัดไปที่เป็นไปได้แค่เพียง 1 ชั้น ซึ่งจัดว่ายังไม่มีประสิทธิภาพสำหรับการเล่นเกมจริง ๆ เราจะเรียกการสร้างสเตทถัดไปที่เป็นไปได้นั้นว่า การมองล่วงหน้า (Look ahead) การมองล่วงหน้านั้นสามารถที่จะเปรียบเทียบได้กับ การคาดคะเนการเดินหมากของฝ่ายตรงข้าม ในบางสถานการณ์นั้นฝ่ายตรงข้ามนั้นอาจจะสร้างกับดัก ที่ทำให้ดูคล้ายกับว่าเป็นสถานการณ์ที่ดีสำหรับเรา แต่ถ้าเรามองล่วงหน้าไปอีก 1 ชั้นเราสามารถที่จะเห็นได้ว่าสถานการณ์นั้นไม่ดีแล้ว เราจึงพอที่จะสรุปได้ว่าการเพิ่มการมองล่วงหน้านั้น สามารถที่จะช่วยให้การเล่นเกมของเรานั้นรัดกุมมากยิ่งขึ้น จากตัวอย่างที่กล่าวมานี้เป็นแนวคิดของการหาคำตอบสำหรับการเล่นเกม ที่เรียกว่าการหาคำตอบแบบ มินิแมก (Minimax search)

5.6.1 การหาคำตอบแบบมินิแมก (Minimax search)

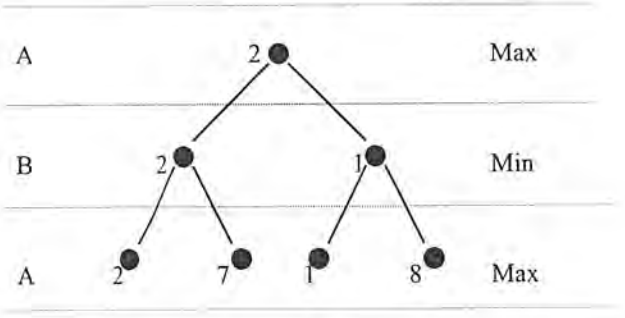
ในการหาคำตอบแบบมินิแมกนั้นเราจะทำการแบ่ง ชั้นต่าง ๆ ของแผนภาพต้นไม้ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นของฝ่ายเรา และส่วนที่เป็นของฝ่ายตรงข้าม ส่วนที่เป็นของฝ่ายเรานั้นก็จะหมายความว่า ในขณะนั้นเป็นตาที่เราจะต้องเล่นเกม ถ้าชั้นของฝ่ายตรงข้ามก็จะหมายถึงว่าเป็นตาที่ฝ่ายตรงข้ามจะต้องเป็นผู้เล่นเกม ดังนั้นเกมประเภทเล่น 2 ฝ่ายนั้น แผนภาพต้นไม้จะต้องมีสองชั้นสลับกันไป พิจารณารูปที่ 5-10 ประกอบ ในชั้นแรกหรือที่โหนดรากของแผนภาพต้นไม้นั้น จะเป็นชั้นของผู้เล่นที่จะต้องเลือกเดินไปในทางที่ทำให้ ค่าฟังก์ชันประเมินค่ามีค่าสูงสุด และในชั้นถัดไปก็จะเป็นชั้นของผู้เล่นฝ่ายตรงข้าม ที่จะต้องเลือกเดินไปในทางที่ทำให้ค่าของฟังก์ชันประเมินค่าน้อยสุด



รูปที่ 5-10 แผนภาพต้นไม้ของมินิแมก (ก)

ในรูปที่ 5-10 นั้นผู้เล่น A จะต้องเป็นคนเลือกที่จะเล่น ซึ่งจะเห็นว่าที่ชั้นล่างสุดของแผนภาพต้นไม้นั้น ค่าของฟังก์ชันประเมินค่ามากสุดมีค่าเท่ากับ 8 ทำให้ผู้เล่น A ที่โหนดรากนั้นจะเลือกเล่นที่โอเปอเรเตอร์ที่ 2 แต่สิ่งหนึ่งที่จะต้องไม่ลืมก็คือ ในชั้นของผู้เล่น B หรือตาที่ผู้เล่น B เป็นคนเล่นนั้น ผู้เล่น B ก็จะไม่ยอมให้ผู้เล่น A ได้สถานการณ์ของเกมที่ดีไป ดังนั้นผู้เล่น B จะต้องเลือกเล่นที่โอเปอเรเตอร์ที่ทำให้ผู้เล่น A ได้ค่าฟังก์ชันประเมินค่าน้อยสุด ซึ่งเมื่อพิจารณาแผนภาพต้นไม้ใหม่นั้นจะได้ดังรูปที่ 5-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-11 แผนภาพต้นไม้ของมินิแมก (b)

ในรูปที่ 5-11 จะอธิบายได้ว่า ค่าของฟังก์ชันประเมินค่านั้นจะมีวิธีการหาที่ไม่เหมือนกันในแต่ละชั้น โดยในชั้นที่มีความลึกเท่ากับค่าที่กำหนด ค่าของฟังก์ชันประเมินค่าหาได้จากฟังก์ชันประเมินค่าโดยตรง แต่ถ้าในชั้นบนขึ้นไปนั้นจะต้องหาจากค่าฟังก์ชันประเมินค่าของชั้นล่าง และขึ้นอยู่กับว่าในชั้นนั้นเป็นชั้นของ ผู้เล่นฝ่ายใด ถ้าเป็นชั้นของผู้เล่นฝ่ายตรงข้าม ค่าฟังก์ชันประเมินค่าก็จะมีค่าเท่ากับ ค่าฟังก์ชันประเมินค่าที่น้อยสุดของโหนดลูกของมัน และในทางกลับกันค่าฟังก์ชันประเมินค่าที่ชั้นของเรานั้น สามารถที่จะหาได้จากค่าฟังก์ชันประเมินค่าที่มากที่สุดของโหนดลูกของมัน เช่น ในชั้นของผู้เล่น B โหนดแรกนั้นจะมีค่าของฟังก์ชันประเมินค่าเท่ากับ Min[2,7] = 2 และในโหนดที่ 2 นั้นจะมีค่าเท่ากับ Min[1,8] = 1 และในส่วนของผู้เล่น A ที่โหนดรากนั้นจะมีค่าของ ฟังก์ชันประเมินค่าเท่ากับ Max[2,1] หรือ Max[Min[2,7] , Min[1,8]] ซึ่งจะเท่ากับ 2 ดังนั้นผู้เล่น A ควรจะต้องเลือกที่โอเปอเรเตอร์แรก จะเห็นว่าผู้เล่น A นั้นจะไม่ได้ค่าฟังก์ชันประเมินค่าที่ดีที่สุด แต่จะรับประกันว่าถ้าผู้เล่น A เลือกโอเปอเรเตอร์แรกแล้ว ไม่ว่าผู้เล่น B จะเดินอย่างไรค่าฟังก์ชันประเมินค่าต่ำสุดที่ผู้เล่น A จะได้นั้นจะเท่ากับ 2

จากตัวอย่างในรูป 5-11 นั้นพอที่จะอธิบายได้ว่า การหาคำตอบสำหรับปัญหาประเภทเกมนั้นจะประกอบไปด้วย การกำหนดค่าความลึกของการขยายโหนด การสร้างฟังก์ชันประเมินค่า และการส่งค่าฟังก์ชันประเมินค่ากลับคืนมาที่โหนดแม่ หลังจากที่ได้ทำการขยายโหนดไปถึงที่ความลึกที่กำหนดได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะทำการประเมินค่าความดีของหมากบนกระดาน เมื่อวัดค่าได้แล้วก็จะส่งค่าคืนกลับไปที่โหนดแม่ โดยโหนดแม่จะทำหน้าที่เก็บค่ามากสุดหรือน้อยสุดที่ส่งมีจากโหนดลูก โดยขึ้นอยู่กับว่าโหนดแม่นั้นอยู่ที่ในระดับชั้นใด ซึ่งจะเห็นว่าวิธีการหาคำตอบแบบนี้นั้น จะมีลักษณะของแอนด์กราฟอยู่ด้วย และเราจะเรียกลักษณะกระบวนการแบบนี้ว่า การหาคำตอบแบบมินิแมก (Minimax search) ซึ่งตัวอัลกอริทึมนั้นจะมีลักษณะที่มีการเรียกใช้ตัวเอง (Recursive) ไปจนถึงที่ความลึกที่กำหนด แล้วจะย้อนรอยกลับมาที่โหนดแม่เพื่อนำค่าที่ส่งกลับมาเอาไปใช้ โดยพอที่จะสรุปเป็นซูโดโค้ดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function MINIMAX(N) is
begin
        if N is a leaf then
                return the estimated score of this leaf
        else
                Let N1, N2, .., Nm be the successors of N;
                if N is a Min node then
                        return min{MINIMAX(N1), .., MINIMAX(Nm)}
                else
                        return max{MINIMAX(N1), .., MINIMAX(Nm)}
end MINIMAX ;
```

5.6.2 ฟังก์ชันประเมินค่า (Evaluate function)

การหาคำตอบแบบมินิแมกนั้น จะประกอบไปด้วยส่วนหลักสองส่วนคือ การมองล่วงหน้า และฟังก์ชันประเมินค่า ซึ่งสองสิ่งนี้จะเป็นตัวที่ชี้ว่า คอมพิวเตอร์นั้นสามารถที่จะเล่นเกมได้ดีเพียงใด แต่ในหัวข้อนี้จะเน้นไปที่ตัวฟังก์ชันประเมินค่า

การที่จะบอกว่า การเรียงตัวของหมากบนกระดานนั้นเป็นลักษณะที่ดีนั้น หรือว่าการเรียวตัวแบบนี้ดีกว่าอีกแบบหนึ่ง การบอกแค่เพียงคำว่าดีนั้นดูจะเป็นสิ่งที่คลุมเครือ ดังนั้นเราจะต้องมีสิ่งที่จะมาเป็นตัววัดระดับของความดีออกมาว่ามีค่าเท่าไหร่ ซึ่งหน้าที่ในการวัดระดับความดีนั้นคือ ฟังก์ชันประเมินค่า มุมมองในเชิงคณิตศาสตร์ของฟังก์ชันประเมินค่านั้น จะมีลักษณะของสมการพหุนาม โดยจะอยู่ในรูปผลบวกของสัมประสิทธิ์คูณกับตัวแปรดังในสมการ 1

$$E = W_1X_1+W_2X_2+W_3X_3+\ldots+W_NX_N \qquad (1)$$

ค่าของ W_1 ถึง W_N นั้นคือค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งค่านี้จะเป็นสิ่งที่บอกว่า เราจะให้ความสำคัญกับตัวแปรที่มันคูณอยู่นั้นมากน้อยเพียงใด ส่วนค่า X_1 ถึง X_N นั้นเราจะเรียกว่าลักษณะเด่น (Feature) หรือ ฟีเจอร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่เราจะดึงมาใช้สำหรับการพิจารณา หรือเป็นสิ่งที่เราสนใจในการที่จะบอกว่า การเรียงตัวของหมากแบบไหนดีหรือไม่ดี ถ้าฟีเจอร์อย่างไหนที่ดีแล้ว ค่าของสัมประสิทธิ์ที่คูณอยู่ข้างหน้ามัน ก็จะต้องมีค่าสูงตามไปด้วย ส่วนฟีเจอร์ไหนที่ไม่สำคัญค่าสัมประสิทธิ์ก็จะต้องน้อยตามไป

ความหมายของฟีเจอร์นั้นสามารถเปรียบเทียบได้กับ การจดจำรูปร่างหน้าตาของมนุษย์ ในการที่เราจะจำใบหน้าใครสักคนนั้น เราไม่ได้จดจำไปทุกอณูของใบหน้า ของคนคนนั้นว่าเป็นอย่างไร แต่เราจะจดจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงว่าผมของเขาสีอะไร จมูกโด่งแค่ไหน ผิวสีอะไร ฯลฯ ซึ่งเราจะเรียกสิ่งที่ใช้ในจดจำนี้ว่าฟีเจอร์ ดังนั้นจึงกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ฟีเจอร์ก็คือการพิจารณาสิ่งที่เราสนใจในระดับสูง แต่ถ้าจะเปรียบเทียบกับหมากกระดานแล้ว ฟีเจอร์หนึ่งที่สำคัญก็คือโมบิลิตี และผลต่างระหว่างจำนวนหมากของเรากับหมากของคู่ต่อสู้

การสร้างฟังก์ชันประเมินค่านั้น ไม่ได้มีรูปแบบที่ตายตัวว่าค่าสัมประสิทธิ์จะต้องเป็นเท่าไหร่ ซึ่งเป็นหน้าที่ที่เราจะต้องหาออกมาให้ได้ว่ามีค่าเป็นอย่างไร และเราจะดึงฟีเจอร์อะไรออกมาบ้าง ถ้ามีโปรแกรมเกมอยู่ 2 โปรแกรมที่เล่นเกมเดียวกัน แล้วเรานำเอา 2 โปรแกรมนั้นมาแข่งกันเอง ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าให้โปรแกรม 2 โปรแกรมนั้นมีการมองล่วงหน้าในระดับที่เท่ากัน ด้วยเงื่อนไขอย่างนี้แล้วสิ่งที่จะเป็นตัวบอกว่าเกมใดจะเก่งกว่ากันแล้ว ก็จะเป็นหน้าที่ของตัวฟังก์ชันประเมินค่า

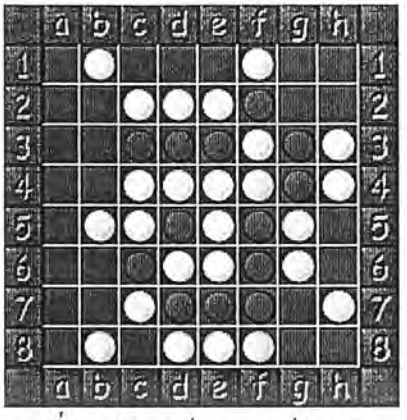
ในการที่จะสร้างเกมที่มีความสามารถมาก ๆ นั้น เราควรที่จะให้ความสำคัญกับฟังก์ชันประเมินค่ามากกว่า การให้ความสำคัญไปที่จำนวนชั้นของการมองล่วงหน้า เพราะการมองล่วงหน้าไปมาก ๆ นั้นสิ่งที่จะสูญเสียไปก็คือเวลา ซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการที่จะสูญเสียไป และถึงแม้ว่าเราจะสร้างให้มีการมองล่วงหน้ามาก ๆ แต่ฟังก์ชันประเมินค่าไม่ดีก็ใช่ว่าเกมนั้นจะดีได้ แต่ถ้าการมองล่วงหน้าไม่ต้องมากนัก แต่ฟังก์ชันประเมินค่ามีประสิทธิภาพพอ เกมนั้นก็สามารถที่จะเป็นเกมที่ดีได้ ในการเล่นเกมของมนุษย์เรานั้น มนุษย์เราจะให้ความสำคัญไปที่ฟังก์ชันประเมินค่ามากกว่าการมองล่วงหน้า เพราะมนุษย์เรานั้นอย่างเก่งแล้วก็จะมองล่วงหน้าไปได้ประมาณ 2 ตาเดินเท่านั้น

ในการออกแบบฟีเจอร์นั้นถ้าเราออกแบบดี ๆ แล้ว เราสามารถที่จะลดการมองล่วงหน้าไปได้มาก และบางครั้งฟีเจอร์นั้น จะมีการมองล่วงหน้าอยู่ในตัวของมันเองอยู่แล้ว เช่น ในเกม Reversi หรือ โอเทลโล นั้นฟีเจอร์หนึ่งที่เราจะนำมาใช้คือ การเรียงตัวของหมากบนกระดานนั้นเรียงตัวในลักษณะที่เรียกว่า เวดจ์ (Wedge) ดังในรูปที่ 5-12 ซึ่ง เวดจ์ นั้นเป็นฟีเจอร์ที่ไม่ดี ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ที่มาคูณอยู่ข้างหน้ามันนั้นควรจะน้อย ๆ และความหมายที่ฟีเจอร์นี้มีการมองล่วงหน้าอยู่ในตัวก็เพราะว่า ถ้าตาต่อไปแล้วคู่ต่อสู้ (หมากสีดำ) ลงที่ตำแหน่ง (8,C) แล้วจะทำให้ผู้เล่นอีกฝั่งนั้นต้องเสียมุมไป เราสามารถที่จะรู้ล่วงหน้าได้ก่อนเลยว่ายังไงก็ต้องเสียมุมไป โดยที่ยังไม่ต้องเสียมุมไปจริง ๆ

5.7 การเรียนรู้ (Learning)

คอมพิวเตอร์นั้นไม่สามารถที่จะเรียกได้ว่ามีความฉลาดเลย ถ้าเกิดว่าไม่สามารถที่จะเรียนรู้ในการทำสิ่งใหม่ ๆ หรือปรับเปลี่ยนพฤติกรรมให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่ แทนที่เราจะให้คอมพิวเตอร์ทำสิ่งที่เราบอกให้ทำเท่านั้น แต่คอมพิวเตอร์จะต้องสามารถที่จะแก้ปัญหาสิ่งที่ไม่เคยแก้มาก่อนได้ เราจะเรียกการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่คอมพิวเตอร์แสดงออกมานั้น โดยพฤติกรรมนั้นสามารถทำให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมใหม่ ๆ หรือ มีความสามารถที่ดีกว่าเดิมนั้นว่า การเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-12 ฟีเจอร์แบบเวดจ์ (Wedge)

ตัวอย่างหนึ่งของการเรียนรู้ คือ การที่คอมพิวเตอร์สามารถที่จะเล่นเกม โดยที่ว่าคอมพิวเตอร์สามารถที่จะปรับปรุงความสามารถในการเล่นเกมนั้นได้ ถ้าเกิดว่าคอมพิวเตอร์เล่นเกมนั้นแล้วแพ้ คอมพิวเตอร์ก็ควรที่จะปรับปรุงตัวมันเองไม่ให้แพ้อยู่อย่างนั้นตลอดไป คอมพิวเตอร์ควรจะต้องมีวิธีการหรืออัลกอริทึม ที่จะใช้ในการปรับเปลี่ยนความรู้ หรือ กฎ ที่คอมพิวเตอร์มีอยู่ก่อนหน้านั้นให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่ให้ได้

อัลกอริทึมการเรียนรู้ที่จะกล่าวถึงนั้น ที่สำคัญจะมีอยู่ 2 แบบคือ การเรียนรู้โดยการท่องจำ (Rote learning) และ การเรียนรู้โดยการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ (Parameter adjust) โดยการเรียนรู้โดยการท่องจำนั้นจะต้องอาศัยหน่วยความจำมาช่วยในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ส่วนการเรียนรู้โดยปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์นั้น จะใช้วิธีการปรับค่าสัมประสิทธิ์ ที่อยู่หน้าฟีเจอร์ต่าง ๆ ซึ่งก็จะทำให้ค่าความสำคัญของฟีเจอร์นั้นเปลี่ยนไป มีผลทำให้พฤติกรรมของโปรแกรมนั้นเปลี่ยนไปด้วย

5.7.1 การเรียนรู้โดยการท่องจำ (Rote learning)

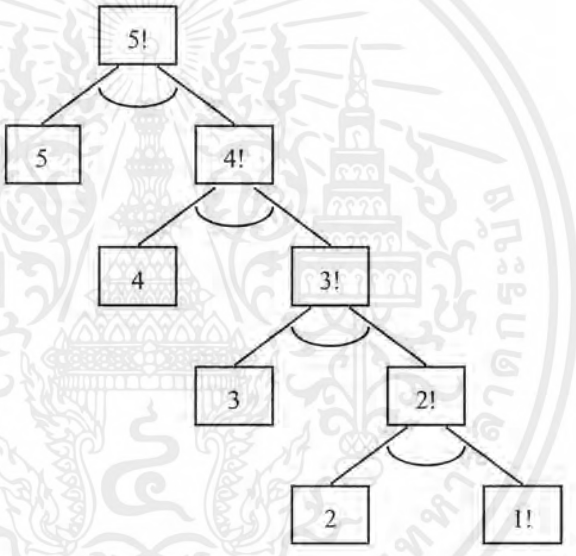
การเรียนรู้แบบนี้นั้นเป็นการเรียนรู้แบบที่ง่ายที่สุด เป็นการเรียนรู้ที่อาศัยหน่วยเก็บข้อมูล หรือหน่วยความจำ โดยข้อมูลที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำนั้น สามารถที่จะนำมาใช้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของคอมพิวเตอร์ได้ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมนั้นอาจจะหมายถึง เวลาที่ใช้ในการคำนวณ เช่น การคำนวณหาค่าแฟกตอเรียล (Factorial) จะมีลักษณะการแก้ปัญหาแบบใช้วิธีการลดรูปปัญหา เช่น การหาค่าแฟกตอเรียลของ 5 หรือ 5! สามารถหาได้จาก 5*4! หรือสามารถเขียนอยู่ในรูปทั่ว ๆ ไปแบบเรียกใช้ตัวเองได้เป็น

```
if (N = 1) or (N=0) then Fact(N) = 1
else Fact(N) = N*Fact(N-1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่จะหาค่า N! ได้นั้นต้องหาค่า (N-1)! ให้ได้ก่อน และในทำนองเดียวกันการที่จะหาค่า (N-1)! ได้นั้นก็ต้องหาค่าของ (N-2)! ให้ได้เสียก่อน โดยจะต้องหาไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงจุดสิ้นสุดของการเรียกใช้ตัวเอง จากการหาค่าของ 5! นั้นสามารถที่จะเขียนเป็น แผนภาพต้นไม้ได้เป็นรูปที่ 5-13 ซึ่งเป็น แอนด์กราฟที่เชื่อมต่อกันด้วยการคูณ และเมื่อมีการคำนวณถึงจุดที่สิ้นสุดแล้ว จะมีการส่งค่ากลับขึ้นมาดังรูปที่ 5-14

ถ้าเกิดว่าเราต้องการหาค่าของ 6! สิ่งที่เราต้องทำก็คือ การหาค่าของ 6*5! และหาค่าของ 5! ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5*4! เช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ ซึ่งเราจะเห็นว่าถ้าเราจะหาค่า 6! นั้นเราต้องหาค่าของ 5! ด้วย แต่ว่าก่อนหน้านั้นเรารู้แล้วว่า 5! นั้นมีค่าเท่ากับ 120 (รูป 5-14) จะเห็นว่าการที่เราจำค่า 5! ได้นั้นจะช่วยทำให้เราไม่ต้องทำการคำนวณ หาค่าของ 5! อีก ซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาอย่างมาก การที่เราจะจำค่าของ 5! ได้นั้นเราจะต้องมีหน่วยความจำเพื่อใช้สำหรับการจดจำ



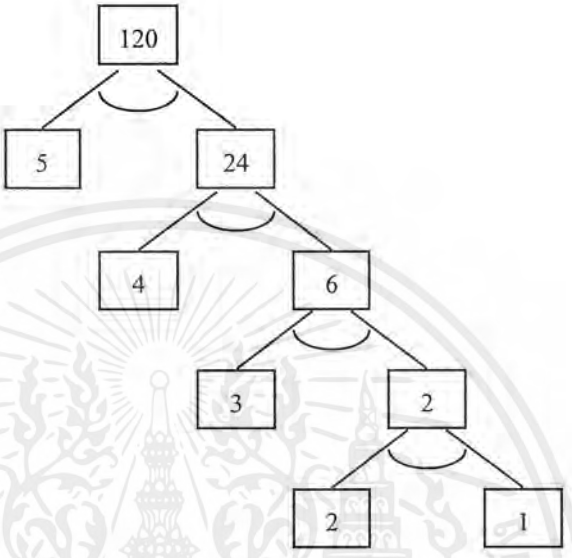
รูปที่ 5-13 การหาค่าของ 5! (a)

ในชีวิตประจำวันของคนเรานั้น มีการเรียนรู้ประเภทนี้อยู่มากมายโดยที่เราไม่รู้ตัว เช่น การจดจำคำศัพท์ ในขั้นแรกเลยสมมติว่าเรายังไม่ทราบว่า ant นั้นแปลว่าอะไร เราจะต้องทำการเปิดพจนานุกรมก่อน ซึ่งเราจะได้คำตอบว่าแปลว่ามด ในครั้งต่อมาถ้าเราพบคำว่า ant อีกนั้นเราไม่จำเป็นที่ต้องเปิดพจนานุกรมอีก เพราะว่าเราได้จดจำมันไว้แล้ว ซึ่งจะเห็นว่าการจดจำนั้นช่วยในการลดเวลา ที่เราจะต้องสูญเสียไปสำหรับการเปิดพจนานุกรม

การประยุกต์ใช้การเรียนรูปแบบนี้ กับการเล่นเกมนั้น จะใช้ในการจดจำค่าฟังก์ชันประเมินค่าของกระดานในตัวเกม ในการทำงานครั้งแรกคอมพิวเตอร์ จะทำการหาค่าฟังก์ชันประเมินค่าว่ามีค่าเป็นอย่างไร และจะจดจำมันไว้ และเมื่อถึงในการเล่นครั้งถัดไป หรือ ในตาถัดไป ถ้าในขณะที่คอมพิวเตอร์ทำการหาคำ

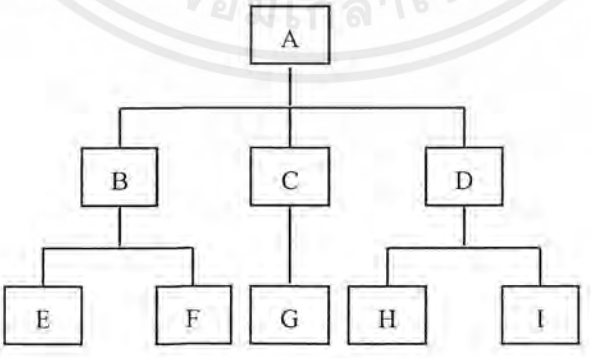
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอบแบบมินิแมกจนถึงความลึกที่กำหนดนั้น มันจะทำการเปรียบเทียบว่าเคยจำค่าฟังก์ชันประเมินค่าของกระดานไว้หรือยัง ถ้ายังก็จะทำการคำนวณจากฟังก์ชันประเมินค่า แต่ถ้าเคยจำไว้แล้วก็จะทำการนำค่าที่เคยจำไว้แล้วนั้นมาใช้งาน พิจารณารูป 5-15 ประกอบ



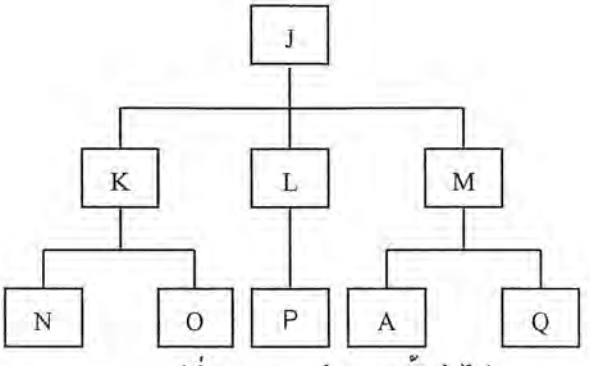
รูปที่ 5-14 การหาค่าของ 5! (b)

สมมติว่าในรูปที่ 5-15 นั้นต้องการที่จะหาค่าของฟังก์ชันประเมินค่าของ A ซึ่งได้ทราบมาแล้วว่าการหาค่าฟังก์ชันประเมินค่า ถ้าโหนดนั้นไม่ได้อยู่ในระดับความลึกที่กำหนด การหาค่าฟังก์ชันประเมินค่าของ A จะมีค่าเท่ากับค่ามากสุดของโหนดลูกของ A (A อยู่ในชั้น Max) สมมติว่ามีค่าเท่ากับ 10 ในการเล่นครั้งต่อไปดังในรูป5-16 ถ้าเกิดว่าพบลักษณะของกระดานที่เป็นแบบ A อีก คอมพิวเตอร์ก็จะนำค่า 10 นี้มาใช้ ซึ่งข้อดีคือจะเหมือนกับว่าคอมพิวเตอร์ได้ทำการมองไปล่วงหน้าอีกมากขึ้น ดังในรูปที่ 5-17



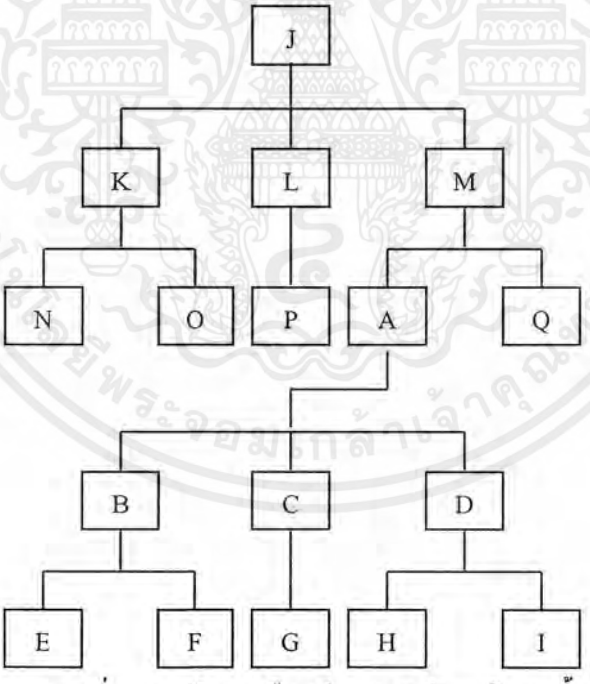
รูปที่ 5-15 การเรียนรู้โดยท่องจำในเกม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-16 การเล่นเกมครั้งต่อไป

ในการใช้งานจริง ๆ นั้นการเรียนรู้แบบนี้จะมีขนาดหน่วยความจำ ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ และหน่วยความจำที่ใช้ในการให้คอมพิวเตอร์จำกระดานทั้งกระดานนั้น จะมีขนาดใหญ่ ดังนั้นในการใช้งานจริง ๆ นั้นจะต้องคำนึงถึงตรงนี้ และจะต้องคำนึงถึงวิธีการในการเข้าถึงหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลด้วย หรืออาจจะไม่เก็บเป็นกระดานทั้งกระดานก็ได้ แต่อาจจะเก็บแค่เฉพาะค่าของฟีเจอร์เท่านั้น



รูปที่ 5-17 เปรียบเหมือนมีการมองล่วงหน้ามากขึ้น

5.7.2 การเรียนรู้โดยปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ (Learning by parameter adjust)

การเรียนรู้ด้วยวิธีนี้นั้นจะใช้กันมากในเกม โดยเฉพาะเกมประเภทที่พฤติกรรมของตัวเกม จะเป็นอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับฟังก์ชันประเมินค่า หลักการของการเรียนรู้วิธีนี้คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่คูณอยู่กับฟีเจอร์จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกปรับเปลี่ยนค่าไป โดยฟีเจอร์ที่ดีในสภาวะนั้น ๆ จะถูกทำให้เด่นขึ้นมา การทำให้เด่นขึ้นมานั้นคือการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ที่คูณอยู่ข้างหน้ามัน ถ้าในขณะนั้นฟีเจอร์นั้นไม่ดีค่าสัมประสิทธิ์จะต้องลดลง

ในการเล่นเกมนั้น ยุทธวิธีที่แสดงออกมาที่ตัวเกมนั้น จะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันประเมินค่าว่ามีลักษณะอย่างไร ไม่มีฟังก์ชันประเมินค่าแบบใดแบบหนึ่งที่ดีที่สุด แต่ว่าจะดีแค่ในขณะใดขณะหนึ่งเท่านั้น ดังนั้น การสร้างโปรแกรมที่ทำให้มีการปรับเปลี่ยนฟังก์ชันประเมินค่าได้นั้น โดยการปรับเปลี่ยนนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ก็คือการปรับเปลี่ยนยุทธวิธี วิธีการในการปรับเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์นั้น ว่าควรจะเปลี่ยนไปในทิศทางใด เปลี่ยนไปเป็นค่าใหม่เท่าใดนั้น มีอยู่หลายวิธีแต่วิธีที่ใช้ในที่นี้นั้นจะใช้ เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic algorithm) ซึ่งจะได้อธิบายในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การเรียนรู้ของเกม Reversi โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

ในบทนี้จะกล่าวถึงการนำเจเนติกอัลกอริทึม ไปใช้ในการปรับปรุงยุทธวิธีในการเล่นเกม โดยจะนำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการปรับเปลี่ยน ค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันประเมินค่า โดยที่ในการเล่นเกมแต่ละครั้งนั้น ตัวเกมจะใช้ฟังก์ชันประเมินค่าที่แตกต่างกัน และเมื่อเล่นจนจบเกมแล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณเพื่อหาค่าความเหมาะสมของแต่ละยุทธวิธีที่เล่นนั้น และจะนำค่าความเหมาะสมนั้น มาใช้ในการปรับเปลี่ยนยุทธวิธีสำหรับการเล่นเกมครั้งต่อ ๆ ไป

6.1 การทำงานของโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมนั้นจะแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนที่ 1 ได้แก่ ตัวที่ใช้เป็นผู้ฝึก ส่วนอีกส่วนหนึ่งเป็นผู้เรียนรู้ โดยที่ผู้ฝึกนั้นจะมีลักษณะฟังก์ชันประเมินค่าที่คงที่ แต่ฟังก์ชันประเมินค่าของผู้เรียนรู้นั้นจะเปลี่ยนไปไม่เหมือนเดิมในการเล่นแต่ละครั้ง

สิ่งที่เราจะต้อง ทำก็คือ การให้ส่วนผู้ฝึกและส่วนเรียนรู้นั้นทำการเล่นเกมด้วยกัน โดยเมื่อเล่นจบตาหนึ่งแล้วตัวโปรแกรม จะต้องทำการประเมินว่ายุทธวิธีที่ผู้เรียนรู้นั้น ใช้ดีเพียงใดแล้วจะทำการบันทึกค่าเอาไว้ โดยที่จะให้ผู้ฝึกกับผู้เรียนรู้เล่นเกมกันไป เป็นจำนวนครั้งเท่ากับจำนวนประชากรที่เราจะกำหนดให้ เมื่อทั้งสองฝ่ายเล่นเกมกันไปได้จำนวนครั้งเท่ากับจำนวนประชากรแล้ว มันจะทำการปรับเปลี่ยนยุทธวิธี โดยการนำไปผ่านกระบวนการทางเจเนติกอัลกอริทึม ได้แก่ การคัดเลือก,การครอสโอเวอร์ และ การมิวเตชัน จากที่กล่าวมานี้สามารถที่จะแยกตัวโปรแกรมได้เป็นส่วน ๆ ได้แก่ ส่วนเก็บยุทธวิธี,ส่วนปรับยุทธวิธี และ ส่วนประเมินค่าความเหมาะสม

6.1.1 ส่วนเก็บยุทธวิธี

ส่วนเก็บยุทธวิธีจะเก็บยุทธวิธีต่าง ๆ ที่ฝ่ายเรียนรู้จะต้องนำมาใช้ โดยจะเก็บหรือนำเสนออยู่ในรูปของฟังก์ชันประเมินค่า แต่จะเก็บแค่เฉพาะสัมประสิทธิ์เท่านั้น และในส่วนนี้นั้นจะต้องมองฟังก์ชันประเมินค่า ให้อยู่ในรูปของสตริงหรือโครโมโซมด้วย เนื่องมาจากว่าเราจะต้องนำส่วนนี้ไปผ่านกระบวนการทางเจเนติกอัลกอริทึม โดยจำนวนยุทธวิธีในส่วนเก็บยุทธวิธีนี้นั้นจะมีจำนวนเท่ากับ จำนวนประชากรหรือจำนวนสตริง เราสามารถที่จะมองส่วนเก็บยุทธวิธีนี้ ว่าเป็นส่วนที่ใช้ในการเก็บความรู้ของเกมก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2 ส่วนปรับยุทธวิธี

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ทำให้เกมเกิดการเรียนรู้ไปสู่วิธีการเล่นใหม่ ๆ ซึ่งส่วนปรับยุทธวิธีนี้นั้นจะต้องทำงานภายหลังจากที่ ยุทธวิธีที่อยู่ในส่วนเก็บยุทธวิธีได้ถูกประเมินค่าจนครบหมดแล้ว ซึ่งส่วนปรับยุทธวิธีนี้ที่จะทำหน้าที่ทางเจเนติกโอเปอเรเตอร์ และเมื่อส่วนปรับยุทธวิธีได้ทำการปรับยุทธวิธีจนเรียบร้อยแล้ว มันจะทำการเก็บยุทธวิธีใหม่ทั้งหมดกลับเข้าไปยัง ส่วนเก็บยุทธวิธีอีกครั้งหนึ่ง เพื่อใช้สำหรับการประเมินค่าความเหมาะสมต่อไป

6.1.3 ส่วนประเมินค่าความเหมาะสม

ยุทธวิธีต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปสตริงหรือโครโมโซมนั้น ยังไม่ได้ถูกทำการวัดหรือประเมินค่าว่ามันมีความเหมาะสมเท่าใด ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถทำให้ยุทธวิธีต่าง ๆ เกิดการปรับปรุงได้นั้น เราจะต้องทำการประเมินค่าออกมาให้ได้ก่อนว่า ยุทธวิธีนั้นมีค่าความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งหน้าที่ในการพิจารณาว่ายุทธวิธีแบบใดมีค่าความเหมาะสมเท่าใด ก็จะเป็นหน้าที่ของส่วนประเมินค่าความเหมาะสมนี้เอง

ส่วนทำการประเมินค่าความเหมาะสมนั้น จะนำยุทธวิธีที่อยู่ในส่วนเก็บยุทธวิธีเพื่อนำไปให้กับส่วนเรียนรู้ใช้ในการเล่น โดยจะให้ไปเล่นแข่งกับส่วนฝึกสอน ซึ่งฝ่ายฝึกสอนจะมียุทธวิธีการเล่นที่คงที่ตลอดไป และหลังจากที่ฝ่ายผู้เรียนรู้กับฝ่ายผู้เล่น เล่นเกมจนจบตาแล้ว เราก็สามารถที่จะประเมินได้ว่าความเหมาะสมที่ฝ่ายเรียนรู้นำมาเล่นนั้นมีค่าเท่าใด แล้วจึงจะทำการบันทึกค่าความเหมาะสมกลับไปที่ ส่วนเก็บยุทธวิธี อีกทีหนึ่ง ซึ่งส่วนประเมินค่าความเหมาะสมนั้น จะต้องทำการประเมินค่าความเหมาะสม ให้มีจำนวนครั้งเท่ากับจำนวนประชากรที่อยู่ในส่วนเก็บยุทธวิธี ซึ่งหลังจากที่ประเมินค่าความเหมาะสมจนครบแล้ว ก็จะโอนการทำงานให้กับส่วนปรับยุทธวิธีต่อไป จากที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นพอที่จะอธิบาย ภาพรวมของเกมได้ดังในรูปที่ 6-1

รูปที่ 6-1 ส่วนประกอบของเกม Reversi

ในส่วนที่ทำการประเมินค่าความเหมาะสมนั้น จะเป็นส่วนที่ต้องยุ่งเกี่ยวกับกฎกติกาในการเล่นเกม Reversi แต่ในส่วนของการปรับค่ายุทธวิธีนั้นจะต้องยุ่งเกี่ยวกับ โอเปอเรเตอร์ทางเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งจะแยกส่วนกันทำงาน แต่ว่าจะสัมพันธ์กันในลักษณะที่ส่วนประเมินค่าความเหมาะสม จะมีหน้าที่ทำการหาค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเหมาะสมให้กับแต่ละสตริง (ยุทธวิธี) เท่านั้นเอง จากที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น ยังมีอีกแบบหนึ่งที่ยังมองได้ก็คือ ในส่วนประเมินค่าความเหมาะสมนี้ ยังประกอบไปด้วยส่วนผู้ฝึก และส่วนเรียนรู้ ซึ่งทั้งสองส่วนนี้ที่จะช่วยในการหาค่าความเหมาะสม ลักษณะการทำงานของเกมนั้นสามารถที่จะแสดงได้ดังนี้

1. กำหนดค่า I ให้มีค่าเท่ากับ 0
2. I = I+1
3. นำยุทธวิธีตัวที่ I มาจากส่วนเก็บยุทธวิธี
4. นำยุทธวิธีตัวที่ I นั้นไปหาค่าความเหมาะสม โดยให้นำไปเล่นกับตัวฝึกสอน
5. คำนวณค่าความเหมาะสมของยุทธวิธีตัวที่ I โดยดูจากผลแพ้ชนะ
6. เก็บค่าความเหมาะสมนั้นไปยังยุทธวิธีตัวที่ I ที่อยู่ในส่วนเก็บยุทธวิธี
7. I มีค่าเท่ากับจำนวนประชากรหรือยัง ถ้าเท่าให้ไปที่ข้อ 8 ถ้ายังให้ไปที่ข้อ 2
8. เรียกส่วนปรับยุทธวิธีให้ทำงาน
9. กระโดดกลับไปที่งานที่ข้อ 1 ต่อไป

6.2 การสร้างฟังก์ชันประเมินค่า

ในหัวข้อนี้จะทำการอธิบายว่า ฟังก์ชันประเมินค่าที่ใช้ในตัวเกม Reversi ในที่นี้นั้น ประกอบไปด้วยฟีเจอร์อะไรบ้าง มีค่าสัมประสิทธิ์ตั้งแต่เท่าใดถึงเท่าใด และจะใช้การเข้ารหัสในลักษณะใด เพื่อที่จะทำการแปลงจากฟังก์ชันประเมินค่า ให้ไปสู่สตริงหรือโครโมโซม

ในที่นี้จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันประเมินค่า ที่เก็บอยู่ในส่วนเก็บยุทธวิธี ของแต่ละฟีเจอร์นั้นมีค่าเป็นจำนวนเต็ม ที่อยู่ในช่วง [-31,31] และจะให้มีการเข้ารหัสที่อยู่ในรูปเลขฐาน 2 โดยที่บิตนัยสำคัญสูงสุดจะเป็นบิตเครื่องหมาย โดยถ้าบิตนั้นมีค่าเป็น 1 ก็หมายถึงเครื่องหมายลบ แต่ถ้ามีค่าเป็น 0 ก็จะมีเครื่องหมายเป็นบวก ซึ่งก็จะหมายความว่าเราจะต้องใช้จำนวนบิตทั้งหมด 6 บิต ในการแทนค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละฟีเจอร์ และความยาวของสตริงนั้นจะมีค่าเท่าใดนั้น ก็ขึ้นอยู่กับว่าฟังก์ชันประเมินค่านั้นมีกี่ฟีเจอร์

สิ่งที่เก็บอยู่ในส่วนประเมินค่านั้นก็คือ ฟังก์ชันประเมินค่าหรือสตริง เพียงแต่ว่าการมองว่าเป็นสตริงนั้นเป็นการมองในแง่ของ เจเนติกอัลกอริทึม แต่การมองเป็นฟังก์ชันประเมินค่านั้น เป็นการมองของเราเองซึ่งก็คือ เราได้ถอดรหัสสตริงนั้นออกมาแล้ว ฟังก์ชันประเมินค่าในที่นี้นั้นสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{Evaluate}(P) = {} & W_1*\text{Corner}(P)+W_2*\text{Corner}(\text{Inverse}(P))+W_3*\text{CXSquare}(P)+W_4*\text{CXSquare}(\text{Inverse}(P))+\\ & W_5*\text{Frontier}(P)+W_6*\text{Frontier}(\text{Inverse}(P))+W_7*\text{Mobility}(P)+W_8*\text{Mobility}(\text{Inverse}(P))+\\ & W_9*(\text{NumDisc}(P)-\text{NumDisc}(\text{Inverse}(P)))\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าจำนวนสัมประสิทธิ์ที่มีทั้งหมดนั้นเท่ากับ 9 และสัมประสิทธิ์แต่ละตัวจะใช้จำนวนบิตทั้งหมดเท่ากับ 6 บิต ดังนั้นความยาวของสตริงจะต้องเท่ากับ 54 บิต ซึ่งฟีเจอร์แต่ละอันนั้นจะมีความหมายและวิธีการหาที่แตกต่างกันไปดังนี้

Corner ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าตำแหน่งมุมกระดานนั้นเป็นตำแหน่งที่สำคัญ ดังนั้นเราจะต้องนำตำแหน่งมุมมาสร้างเป็นฟีเจอร์ด้วย โดยวิธีการหาค่าของ Corner นั้นจะแบ่งออกอีกว่าเป็นของผู้เล่นคนใด เช่น ถ้าต้องการหาค่า Corner ของผู้เล่น P1 ก็จะทำการนับค่าที่ตำแหน่งมุมทั้งสี่มุม ว่ามีหมากของผู้เล่น P1 อยู่ทั้งหมดกี่ตัว ในการหาค่าฟังก์ชันประเมินค่านั้น เราจะเห็นว่ามีฟังก์ชัน Inverse เข้ามาด้วย ซึ่งฟังก์ชันนี้นั้นเป็นการแปลงจากผู้เล่นหนึ่งเป็นฝ่ายตรงข้าม สาเหตุที่ต้องมีฟังก์ชัน Inverse นี้นั้นเพราะว่าเราจำเป็นที่จะต้องนำค่าฟีเจอร์ที่เทียบกับผู้เล่นฝ่ายตรงข้ามมาคิดด้วย

CXSquare นั้นเป็นตำแหน่งที่อยู่ติดกับตำแหน่งมุม วิธีการหาก็ทำได้โดยการนับจำนวนหมากที่อยู่ติดกับตำแหน่งมุมว่ามีอยู่กี่ตัว และจะต้องพิจารณาด้วยว่าเป็นการหาเทียบกับผู้เล่นฝ่ายใด ซึ่งวิธีในการหาโดยเทียบกับผู้เล่นฝ่ายใดนั้นจะเหมือนกับ Corner คือจะนับแค่เฉพาะหมากที่เราต้องการจะเทียบเท่านั้น

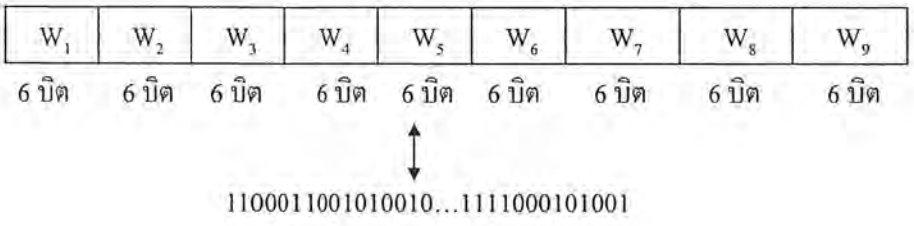
Frontier จะเป็นฟีเจอร์หนึ่งที่จัดว่าสำคัญมากในเกม Reversi ในการหาค่าฟีเจอร์นี้นั้นจะทำการนับจำนวนหมากที่มีลักษณะเป็น Frontier ที่อยู่บนกระดาน โดยจะต้องเทียบกับผู้เล่นด้วย ลักษณะของหมากที่เป็นแบบ Frontier นั้นคือ หมากที่อยู่ติดกับตำแหน่งว่างบนกระดาน

Mobility ก็เป็นอีกฟีเจอร์หนึ่งที่สำคัญเช่นกัน ความหมายของคำว่า Mobility นั้นหมายถึง โอกาสที่ผู้เล่นจะสามารถเล่นได้ ซึ่งวิธีการหา คือ การนับจำนวนตำแหน่งที่ผู้เล่นคนนั้นสามารถจะเล่นได้ ในทางปฏิบัติแล้วค่า Mobility สูงสำหรับผู้เล่นคนนั้น นั้นจะหมายถึง ผู้เล่นคนนั้นมีทางที่จะเล่นได้สูง

ส่วนฟีเจอร์ตัวสุดท้ายนั้นคือ NumDisc ซึ่งจะทำการนับจำนวนหมากของผู้เล่นแต่ละคน ที่มีอยู่บนกระดาน แล้วจะทำการเทียบว่าหมากของเรามีมากกว่าฝ่ายตรงข้ามเท่าใด โดยจะนำค่าผลต่างนั้นไปคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ค่าเดียวกัน ซึ่งจะเห็นว่าสัมประสิทธิ์ของ NumDisc ของผู้เล่นแต่ละฝ่ายนั้นจะมีค่าเท่ากัน

เมื่อกล่าวถึงการสร้างฟังก์ชันประเมินค่าแล้ว ต่อไปก็จะต้องกล่าวถึง การแปลงจากฟังก์ชันประเมินค่าให้เป็นสตริง หรือก็คือการเข้ารหัส โดยเราจะได้แล้วว่าจะต้องใช้สตริงที่มีความยาว 54 บิต โดยสัมประสิทธิ์แต่ละตัวจะใช้ 6 บิต และมีการเข้ารหัสแบบเลขฐานสอง โดยมีบิตนัยสำคัญสูงสุดเป็นบิตเครื่องหมาย เช่น 101001 จะมีค่าเท่ากับ -9 แต่ถ้าเป็น 001001 ก็จะมีค่าเท่ากับ 9 โดยการเรียงของสัมประสิทธิ์จะให้เรียงจาก W_1 ไปถึง W_9 ตามลำดับจาก ซ้ายไปขวา โดยบิตที่อยู่ทางซ้ายสุดของแต่ละฟีเจอร์นั้น จะเป็นบิตที่นัยสำคัญสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-2 การเข้ารหัสฟังก์ชันประเมินค่า

ในการสร้างฟังก์ชันประเมินค่า อาจจะมีวิธีการอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งอาจจะมีฟีเจอร์ที่มากกว่านี้ เช่น อาจจะดึงเอาลักษณะของการเรียงหมากที่เรียกว่า เวดจ์ มาสร้างเป็นฟีเจอร์ด้วยก็ได้ แต่ว่าในที่นี้ไม่ได้นำมาใช้ แต่หลักการที่จะสร้างฟีเจอร์นั้นก็มีอยู่ว่า เราจะต้องดึงฟีเจอร์ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของตัวเกมจริง ๆ มาใช้ทำเป็นฟังก์ชันประเมินค่า และอีกอย่างหนึ่งที่ควรจะพัฒนาต่อได้คือ การทำให้ฟังก์ชันประเมินค่ามีลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น

6.3 การสร้างฟังก์ชันความเหมาะสม

ฟังก์ชันความเหมาะสมนั้น จะเป็นส่วนที่รับผิดชอบโดย ส่วนประเมินค่าความเหมาะสม ฟังก์ชันความเหมาะสมนั้นจะเป็นตัวที่บอกว่า ยุทธวิธีที่ฝ่ายเรียนรู้ใช้ในการเล่นกับผู้ฝึกนั้นดีเพียงใด ซึ่งต่างจากฟังก์ชันประเมินค่า เพราะฟังก์ชันประเมินค่าจะเป็นตัวที่บอกว่า การเรียงตัวของหมากในกระดาน ณ ขณะนั้นดีมากน้อยเพียงใด

ฟังก์ชันประเมินค่านั้นจะถูกคำนวณทุก ๆ ครั้งที่จะต้องทำการวางหมาก แต่ฟังก์ชันความเหมาะสมนั้นจะดูไปที่ตอนท้ายเกม โดยจะนำกระดานตอนที่จบเกมแล้วมาคิด โดยมันจะดูจากจำนวนหมากของเรากับของคู่ต่อสู้แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ถ้าจำนวนหมากของเรามากกว่าของคู่ต่อสู้มาก ก็หมายความว่ายุทธวิธีที่เราใช้เล่นนั้นมีค่าความเหมาะสมมาก แต่ถ้าจำนวนหมากของคู่ต่อสู้มีมากกว่าของเรา ก็แสดงว่ายุทธวิธีนั้นเป็นยุทธวิธีที่มีค่าความเหมาะสมต่ำ

สาเหตุที่นำผลต่างของจำนวนหมากของคู่ต่อสู้ และของเรามาเป็นตัวคิดหาฟังก์ชันความเหมาะสมนั้น เนื่องมาจาก การตัดสินการแพ้ชนะของเกม Reversi ที่ว่า เมื่อจบเกมแล้วจำนวนหมากของฝ่ายใด มีเหลือมากกว่าอีกฝ่ายหนึ่ง ฝ่ายที่มีจำนวนหมากมากกว่าก็จะเป็นฝ่ายชนะ ดังนั้นวิธีการที่เราจะทำการออกแบบค่าฟังก์ชันความเหมาะสมนั้น ก็จะต้องให้สอดคล้องกับหลักความเป็นจริงด้วย และสอดคล้องกับกฎกติกาของเกมด้วย ถ้าจะนำเสนอในรูปของฟังก์ชันแล้ว สามารถที่จะแสดงฟังก์ชันความเหมาะสมได้ดังนี้

Fitness(Board,P) = NumDisc(Board,P)-NumDisc(Board,Inverse(P))+64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันความเหมาะสมนั้นจะรับอินพุทเข้ามาเป็น รูปแบบการเรียงหมากบนกระดาน Board และจะมีพารามิเตอร์ P ที่เป็นตัวบอกว่าจะหาค่าความเหมาะสมเทียบกับฝ่ายใด ส่วน NumDisc(P) จะเป็นจำนวนหมากของผู้เล่น P ที่มีอยู่ในกระดาน ซึ่งค่า NumDisc นั้นจะมีค่าได้อยู่ในช่วง [0,64] เพราะว่าจำนวนหมากบนกระดานที่มีได้มากที่สุดจะเป็น 64 ซึ่งจะทำให้ได้ว่าค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมจะต้องมีค่าอยู่ในช่วง [0,128] เพราะค่าของ NumDisc(P)-NumDisc(Inverse(P)) นั้นจะมีค่าอยู่ในช่วง [-64,64] จะมีค่าเป็น -64 ในกรณีที่ NumDisc(P) มีค่าเท่ากับ 0 และ NumDisc(Inverse(P)) มีค่าเท่ากับ 64 และ NumDisc(P)-NumDisc(Inverse(P)) จะมีค่าเท่ากับ 64 เมื่อ NumDisc(P) มีค่าเท่ากับ 64 และ NumDisc(Inverse(P)) มีค่าเท่ากับ 0 เนื่องจากเราไม่ต้องการที่จะให้ค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมมีค่าน้อยกว่า 0 ดังนั้นเราจึงต้องทำการบวกเข้าไปด้วย 64 ซึ่งจะทำให้ฟังก์ชันความเหมาะสมมีค่าอยู่ในช่วง [0,128]

การตีความหมายของฟังก์ชันความเหมาะสมนั้น สามารถที่จะตีความได้ว่า ถ้าเกิดค่าความเหมาะสมมีค่าน้อยกว่า 64 ก็หมายความว่า ผู้เล่นคนนั้นเป็นฝ่ายที่เล่นแพ้ แต่ถ้ามากกว่า 64 ก็จะหมายความว่าผู้เล่นที่คิดเทียบนั้น เป็นฝ่ายชนะ แต่ถ้าเท่ากับ 64 หมายถึงเป็นเกมเสมอ การเล่นเกม Reversi นั้นเราจะตัดสินกันที่จำนวนหมากตอนท้ายเกม และจะมีแค่แพ้หรือชนะเท่านั้น จึงมีคำถามเกิดขึ้นว่าทำไมถึงไม่ทำให้ฟังก์ชันความเหมาะสมนั้น มีแค่สองค่า ซึ่งคำตอบก็คือเราต้องการที่จะให้มีความสามารถที่จะแยกแยะ ได้ว่ายุทธวิธีนั้นดีมากน้อยเพียงใด ไม่ใช่ว่าต้องการแค่แพ้หรือชนะ แต่จะต้องแยกแยะได้ว่าแพ้มากแพ้น้อยอย่างไร หรือชนะมากน้อยอย่างไร

6.4 การใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการปรับยุทธวิธี

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงว่าจะนำเจเนติกอัลกอริทึม ไปใช้ในการปรับเปลี่ยนยุทธวิธี ที่อยู่ในส่วนเก็บยุทธวิธีได้อย่างไร โดยจะต้องกล่าวถึงว่าใช้การคัดเลือกแบบไหน ครอสโอเวอร์แบบไหน จำนวนประชากรเท่าใด แต่ว่าค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่าใดนั้น จะปรับเปลี่ยนไปตามแต่ผลการทดลอง และค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชันนั้น ก็จะปรับเปลี่ยนไปตามการทดลองเช่นกัน

ในการทดลองนี้นั้นจะใช้จำนวนประชากรคงที่ โดยให้มีค่าเท่ากับ 30 ซึ่งจะหมายความว่า ในส่วนเก็บยุทธวิธีนั้นจะมีสตริงหรือยุทธวิธีทั้งหมดอยู่ 30 ยุทธวิธี และเลือกการครอสโอเวอร์แบบ 1 จุด (1-Point) และเลือกการคัดเลือกแบบจำลองการหมุนวงล้อ (Roulette wheel)

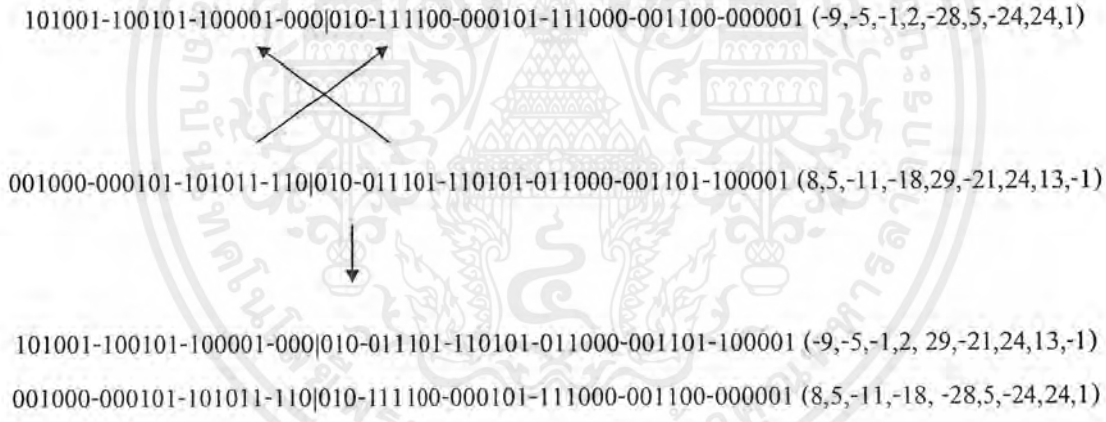
การนำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการปรับยุทธวิธีนั้น จะถูกรับผิดชอบโดยส่วนปรับยุทธวิธี ซึ่งส่วนนี้จะถูกเรียกทำงานเมื่อได้หาค่าความเหมาะสม ให้กับยุทธวิธีทั้งหมดที่อยู่ในส่วนเก็บยุทธวิธี เป็นที่เรียบร้อยแล้ว หรือกล่าวในอีกแบบหนึ่งได้ว่า ส่วนนี้จะถูกเรียกใช้เมื่อให้ผู้ฝึกและผู้เรียนรู้เล่นเกมตั้งแต่ต้นจนจบ เป็นจำนวนทั้งหมด 30 ครั้ง การคัดเลือกนั้นจะเป็นการสร้างโอกาสให้กับยุทธวิธีที่ดี เพื่อที่จะได้ถูกนำมาสร้างเป็นคำตอบใหม่ ๆ ส่วนการครอสโอเวอร์และการมิวเตชันนั้น จะเป็นการสร้างคำตอบใหม่ ๆ หลังจากที่ได้ทำการครอสโอเวอร์แล้ว จะเกิดเป็นยุทธวิธีใหม่ ๆ ขึ้นมา ซึ่งก็หมายความว่าจะได้เป็นฟังก์ชันประเมินค่าใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ๆ ขึ้นมาด้วย เพื่อที่จะมองเห็นภาพผลของการครอสโอเวอร์ (ไม่รวมมิวเตชัน) ที่จะมีต่อยุทธวิธีในส่วนเก็บยุทธวิธีนั้น สามารถที่จะแสดงได้ดังในรูปที่ 6-3

ในรูปที่ 6-3 นั้นแสดงแค่การเลือกยุทธวิธีขึ้นมาคู่หนึ่งเท่านั้น ซึ่งจริง ๆ แล้วจะต้องทำทั้งหมด 15 คู่ โดยที่ในรูปนั้นค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันประเมินค่า นั้นจะถูกคั่นด้วยเครื่องหมาย - เพื่อที่จะให้ดูได้ง่าย และตำแหน่งที่ทำการครอสนั้นจะแทนด้วยเครื่องหมาย | ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลังจากที่เราทำการครอสโอเวอร์แล้ว จะเกิดยุทธวิธีแบบใหม่ขึ้นมา เราสามารถที่จะแสดงค่า (8,5,-11,-18, -28,5,-24,24,1) ให้เป็นฟังก์ชันประเมินค่าได้ดังนี้

Evaluate(P) = 8Corner(P)+5Corner(Inverse(P))-11CXSquare(P)-18CXSquare(Inverse(P))+
-28Frontier(P)+5Frontier(Inverse(P))-24Mobility(P)+24Mobility(Inverse(P))+
(NumDisc(P)-NumDisc(Inverse(P)))



รูปที่ 6-3 การครอสโอเวอร์ให้กับฟังก์ชันประเมินค่า

6.5 วิธีการทดลอง

การทดลองนั้นจะเริ่มจากเขียนโปรแกรมขึ้นมา 2 ฝ่าย ซึ่งทั้งสองฝ่ายนั้นก็จะมีการหาคำตอบแบบมินิแมกเหมือนกัน โดยสองฝ่ายนั้นจะแบ่งเป็น ฝ่ายเรียนรู้ และฝ่ายฝึกสอน ฝ่ายฝึกสอนนั้นจะมีค่าฟังก์ชันประเมินค่าที่คงที่ ส่วนฝ่ายฝึกสอนนั้นจะมีฟังก์ชันประเมินค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับยุทธวิธีที่อยู่ในส่วนเก็บยุทธวิธี ในการเริ่มเล่นเกมนั้นเราจะให้ฝ่ายผู้เรียนรู้เป็นฝ่ายเล่นก่อน และฝ่ายฝึกสอนนั้นจะมีฟังก์ชันประเมินค่าเป็นดังนี้

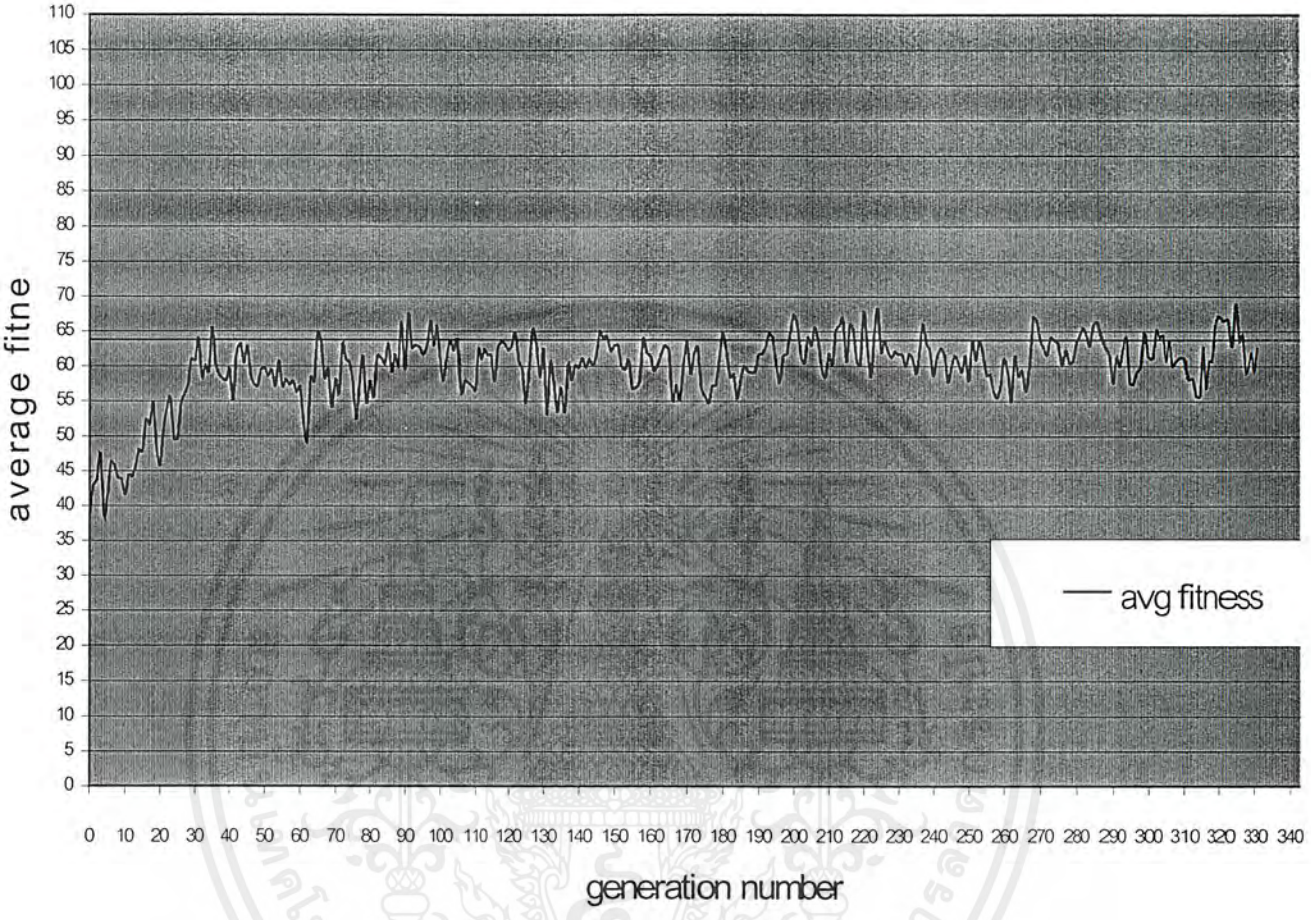
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Evaluate(P) = 50Corner(P)-70Corner(Inverse(P))+40CXSquare(P)-40CXSquare(Inverse(P))+
-18Fontier(P)+50Fontier(Inverse(P))+80Mobility(P)-80Mobility(Inverse(P))+
10(NumDisc(P)-NumDisc(Inverse(P)))

ในตอนเริ่มต้นการสร้างยุทธวิธีเริ่มต้นนั้น เราจะใช้วิธีในการสุ่มขึ้นมา และจะให้เกมเล่นกันไปเรื่อย ๆ โดยที่เมื่อเล่นกันจนครบ 30 เกมแล้ว ก็จะทำการบันทึกสถิติคะแนนสูงสุดและต่ำสุดในเจเนอเรชันนั้น และจะบันทึกค่าเฉลี่ยไว้ด้วย และการทดลองจะทำการปรับเปลี่ยนค่าความน่าจะเป็นต่าง ๆ ด้วย และยังจะแสดงให้เห็นการเปรียบเทียบระหว่าง การปรับเปลี่ยนยุทธวิธีโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม กับการปรับเปลี่ยนยุทธวิธีแบบสุ่มว่าแตกต่างกันอย่างไรอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6 ผลการทดลอง



รูปที่ 6-4 กราฟแสดงการเรียนรู้ (a)

PopSize = 30

PCross = 0.35

PMute = 0.005

CrossType = One point

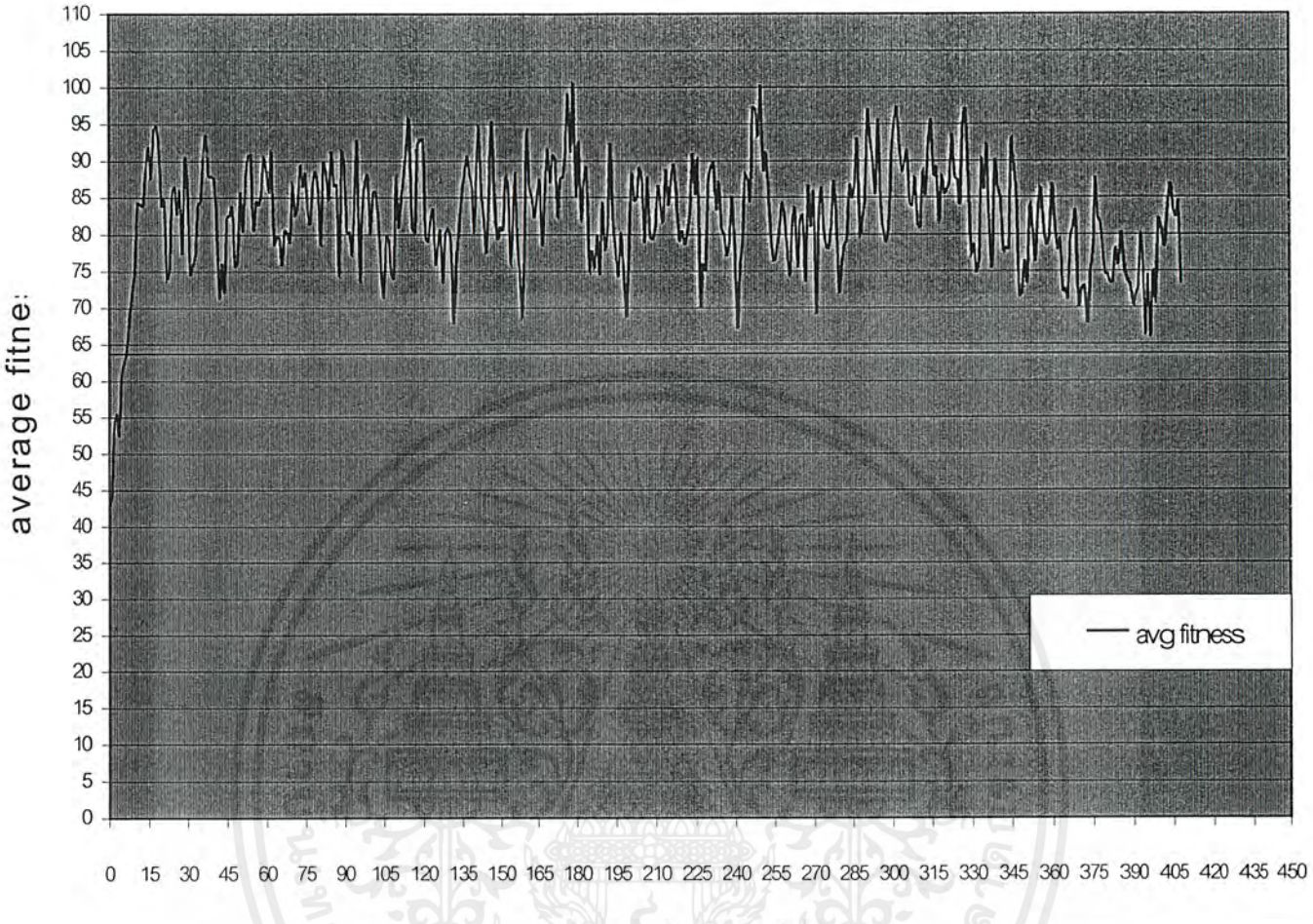
FirstPlayer = Black

Eval = (500,400,-180,800,100) (-700,-400,500,-800,1)

White depth = 3

Black depth = 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-5 กราฟแสดงการเรียนรู้ (b)

PopSize = 30

PCross = 0.35

PMute = 0.007

CrossType = One point

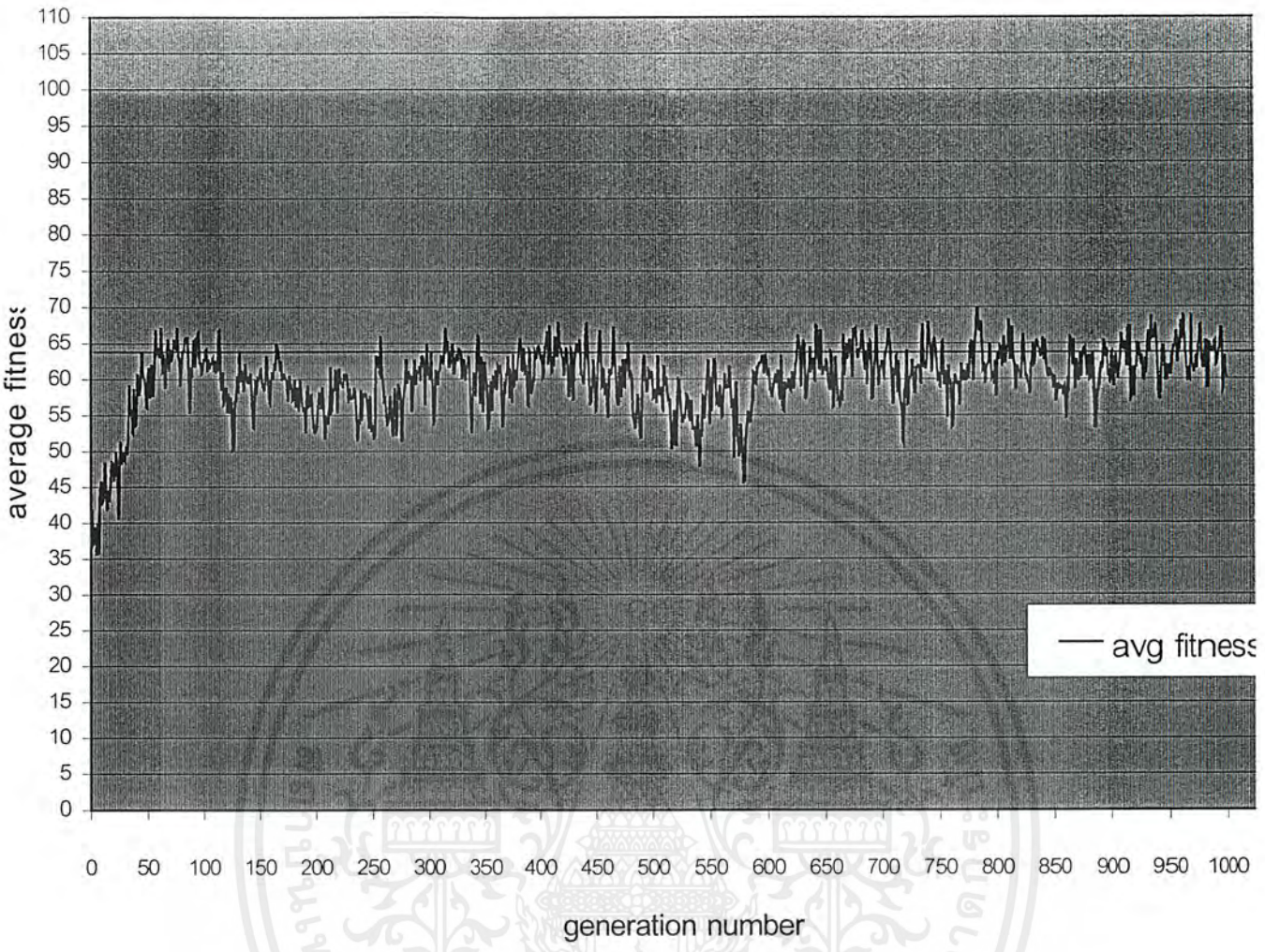
FirstPlayer = Black

Eval = (500,400,-180,800,100) (-700,-400,500,-800,1)

White depth = 3

Black depth = 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-6 กราฟแสดงการเรียนรู้ (c)

PopSize = 30

PCross = 0.45

PMute = 0.003

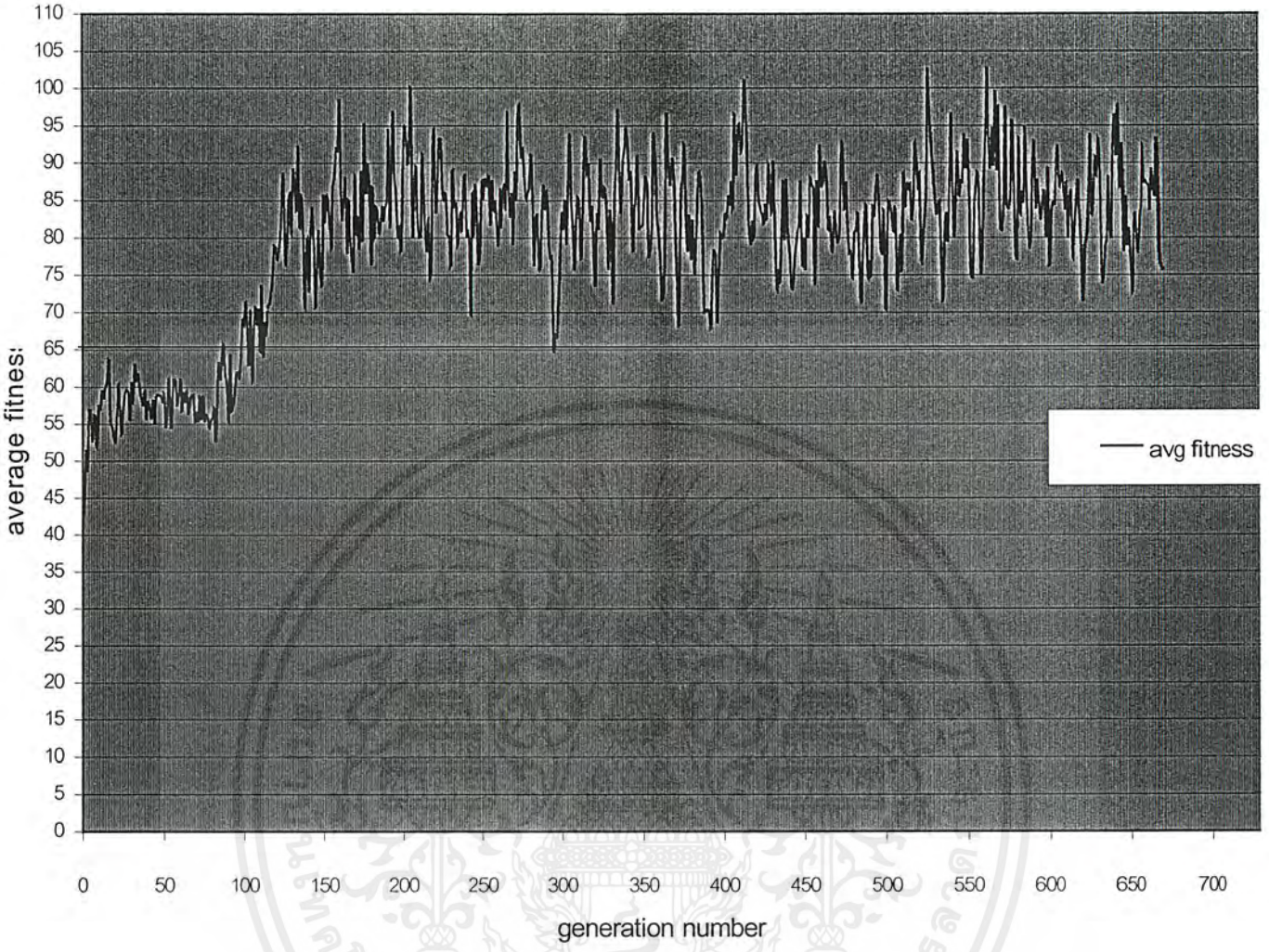
CrossType = One point

FirstPlayer = Black

Eval = (500,400,-180,800,100) (-700,-400,500,-800,1)

White depth = 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-7 กราฟแสดงการเรียนรู้ (d)

PopSize = 30

PCross = 0.25

PMute = 0.003

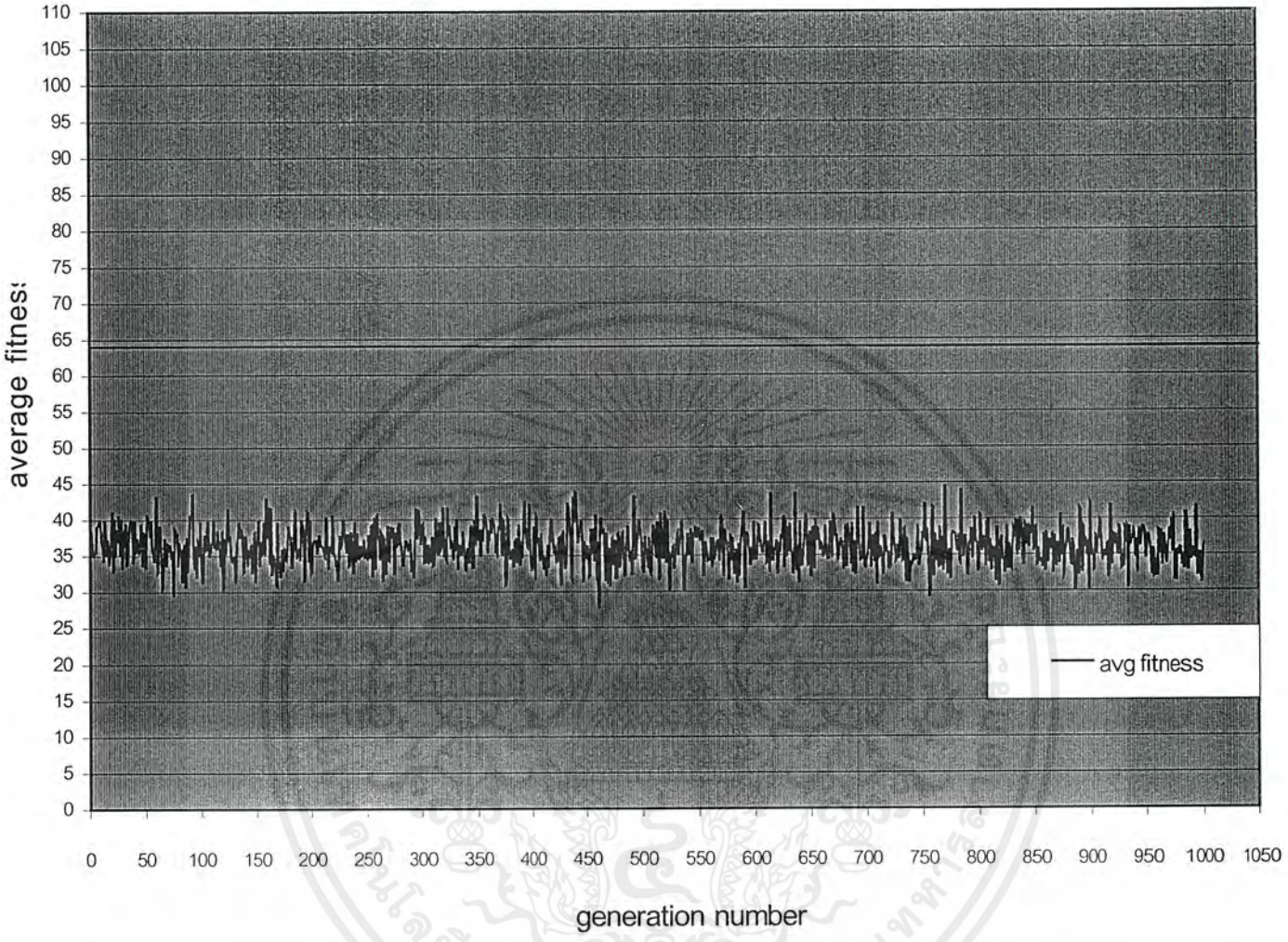
CrossType = One point

FirstPlayer = Black

Eval = (500,400,-180,800,100) (-700,-400,500,-800,1)

White depth = 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-8 กราฟแสดงการเรียนรู้ (e)

PopSize = 30

PMute = 0.75

FirstPlayer = Black

Eval = (500,400,-180,800,100) (-700,-400,500,-800,1)

White depth = 3

Black depth = 2

Random search

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปกราฟทั้งหมดนั้นจะเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง หมายเลขเจเนอเรชัน และ ในแกนตั้งนั้นจะเป็นค่าของ ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมของขนาดประชากรเท่ากับ 30 โดยในกราฟ 4 รูปแรกนั้นจะใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการเรียนรู้ ส่วนในกราฟรูปสุดท้ายนั้นเป็นการหาคำตอบแบบสุ่ม คือจะตัดการคัดเลือกออกไปและไม่มีการ ครอสโอเวอร์ และจะให้ความน่าจะเป็นของการมิวเตชันมีค่าเท่ากับ 0.75 ซึ่งค่านี้นั้น จะทำให้การหาคำตอบนั้นมีลักษณะที่เป็นแบบสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

บทสรุปและแนวทางการพัฒนาต่อ

7.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากที่ได้ทำการศึกษาถึง การนำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ ในการพัฒนาการเรียนรู้ในการเล่นเกม Reversi นั้นนับว่าได้ผลที่ออกมาเป็นที่น่าพอใจ โดยที่เจเนติกอัลกอริทึมนั้นสามารถที่จะถูกนำไปใช้ สำหรับการปรับปรุงยุทธวิธีที่ใช้ในการเล่นเกมได้ โดยจะเห็นได้ว่าโปรแกรมจะเริ่มจากการเล่นที่ส่วนใหญ่จะแพ้ แต่เมื่อได้ให้โปรแกรมทำการเล่นไปเรื่อย ๆ หลาย ๆ เจเนอเรชัน จะเห็นได้ว่าจำนวนครั้งที่โปรแกรมเล่นชนะใน 1 เจเนอเรชันนั้นมากขึ้น

นอกจากความรู้ที่ได้ว่า เจเนติกอัลกอริทึมสามารถที่จะใช้ในการปรับปรุง ยุทธวิธีในการเล่นเกม Reversi แล้ว ยังมองเห็นแนวทางที่จะนำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในงานแขนงอื่น เช่น ปัญหาที่ต้องการการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ หรือ ในเกมประเภทหมากกระดานชนิดอื่น ๆ เช่น หมากรุก, โกะ (GO) เป็นต้น

7.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ

7.2.1 ทำการสร้างฟังก์ชันความเหมาะสมใหม่

ฟังก์ชันความเหมาะสมที่ใช้อยู่นั้น จะมีลักษณะที่สนใจแค่เฉพาะกระดานในขณะที่เล่นเกมเสร็จแล้วเท่านั้น แต่ไม่ได้สนใจว่าในขณะที่กำลังเล่นเกมอยู่นั้นเป็นอย่างไร เช่น ควรที่นำค่าว่าฝ่ายตรงข้ามต้องทำการผ่านเป็นจำนวนกี่ครั้งมาคิดด้วย หรือ การนำลักษณะการเรียงตัวของหมากบนกระดาน ตอนที่เกมสิ้นสุดแล้วมาคิดด้วย

7.2.2 เปลี่ยนพารามิเตอร์ทางเจเนติกอัลกอริทึม

ในการทดลองที่ทำมานี้ ใช้การคัดเลือกแบบการหมุนวงล้อ และใช้การครอสโอเวอร์แบบ 1 จุด (1-Point) โดยที่ไม่ได้ทดลองว่า ถ้าเปลี่ยนเป็นการคัดเลือกแบบอื่น หรือ การครอสโอเวอร์แบบอื่นแล้วผลจะเป็นอย่างไร รวมทั้งวิธีการที่ใช้ในการเข้ารหัส จะใช้การเข้ารหัสแบบเลขฐานสอง ซึ่งอาจจะเปลี่ยนเป็นการเข้ารหัสแบบรหัสเกรย์แทนได้

7.2.3 เปลี่ยนฟังก์ชันประเมินค่าใหม่

ในการทดลองนั้นจะแบ่งเป็นฝ่ายผู้ฝึก และฝ่ายเรียนรู้ ซึ่งทั้งฝ่ายผู้ฝึกและผู้เรียนรู้นั้น จะมีฟังก์ชันประเมินค่าที่เหมือนกัน เหมือนกันในที่นี้หมายถึง ฟีเจอร์ที่ใช้และจำนวนฟีเจอร์จะเหมือนกัน แต่จะต่างกันตรงที่สัมประสิทธิ์ที่คูณอยู่กับฟีเจอร์เหล่านั้น ถ้าจะปรับปรุงตรงส่วนนี้นั้นควรจะให้ ฟังก์ชันประเมินค่าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งฝ่ายเรียนรู้และฝ่ายฝึกสอนนั้นแตกต่างกัน โดยที่แตกต่างทั้งฟีเจอร์ที่ใช้ จำนวนฟีเจอร์ที่นำมาคิด และค่าสัมประสิทธิ์ที่คูณอยู่กับแต่ละฟีเจอร์

7.2.4 ให้มีการเรียนรู้โดยสร้างฟีเจอร์ขึ้นมาเอง

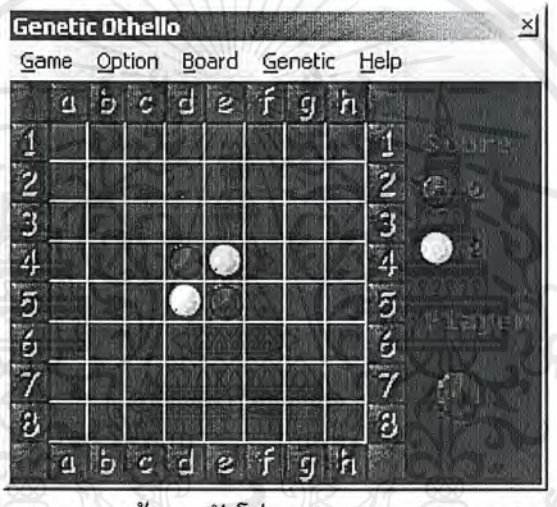
หัวข้อนี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจที่สุด เพราะเกมจะถือว่าเรียนรู้ได้จริง ๆ ควรจะต้องมีการสร้างฟีเจอร์ขึ้นมาได้ด้วยตัวเอง ซึ่งที่ทำการทดลองอยู่นั้นเป็นเพียงแค่การปรับค่าสัมประสิทธิ์ ที่คูณอยู่กับฟีเจอร์ที่กำหนดให้มาตั้งแต่แรกแล้วเท่านั้น ไม่ได้มีการสร้างฟีเจอร์เพิ่มเติมเข้ามาเลย ถ้าจะปรับปรุงแล้วเกมจะต้องมีความสามารถที่จะรู้ได้ว่า ฟีเจอร์แบบไหนเป็นสิ่งที่ดี แล้วตัวเกมจะต้องทำการนำฟีเจอร์นั้น เข้ามาใช้ในการสร้างฟังก์ชันประเมินค่าให้ได้ด้วยตัวเอง ซึ่งแนวทางที่ทำนั้นควรจะอยู่ในเรื่องของ เจเนติกโปรแกรมมิง ถ้าหากจะเปรียบเทียบกับการวิวัฒนาการแล้ว การปรับเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันประเมินค่า โดยเจเนติกอัลกอริทึมนั้นจะมีลักษณะที่เหมือนกับ การวิวัฒนาการแบบไมโครอีโวลูชัน และการปรับเปลี่ยนฟังก์ชันประเมินค่าโดยการทำการเพิ่มหรือลดฟีเจอร์นั้น ก็เปรียบเทียบได้กับแมคโครอีโวลูชัน เพราะมีการวิวัฒนาการของฟังก์ชันประเมินค่า ไปในรูปแบบที่ซับซ้อนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการใช้โปรแกรม GeneticReversi.EXE

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่อธิบายถึงโปรแกรมเกม Reversi ว่ามีวิธีการใช้ฟังก์ชันต่างๆในโปรแกรมอย่างไรบ้าง ซึ่งฟังก์ชันการทำงานต่างๆสามารถดูได้จากส่วนนี้ เพื่อความสะดวกในการใช้โปรแกรม และเพื่อการนำโปรแกรมเกม Reversi นี้ไปพัฒนาต่อไป



รูปที่ A-1 แสดงหน้าจอหลักโปรแกรม GeneticReversi

เมื่อทำการเปิดโปรแกรมเกม GeneticReversi ขึ้นมา จะปรากฏหน้าจอของโปรแกรมดังรูปที่ A-1 ซึ่งจากหน้าจอจะแสดงถึงตำแหน่งของตัวหมากบนกระดาน จำนวนตัวหมากของผู้เล่นแต่ละคน และฟังก์ชันการทำงานหลักๆของโปรแกรม ซึ่งจะมีฟังก์ชันย่อย ๆ อยู่ภายใน โดยฟังก์ชันหลักนั้นจะมีดังนี้

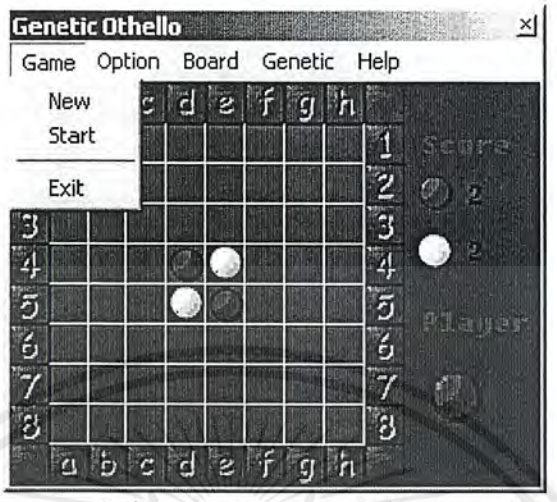
ก.1 ฟังก์ชัน Game - เป็นฟังก์ชันเกี่ยวกับโปรแกรมเกม GeneticReversi ซึ่งจะมีฟังก์ชันย่อยดังนี้

ก.1.1 New - เป็นฟังก์ชันสำหรับการสร้างเกมใหม่ขึ้นมา เมื่อเล่นจบเกมแล้ว

ก.1.2 Start - เป็นฟังก์ชันสำหรับใช้เริ่มเล่นเกม เมื่อเรากำหนดข้อกำหนดต่างๆของเกมเรียบร้อยแล้ว และต้องการที่จะเล่นเกมนั้น ให้กดเลือกที่นี่

ก.1.3 Exit - เป็นฟังก์ชันสำหรับใช้ออกจากโปรแกรมเกม GeneticReversi นี้

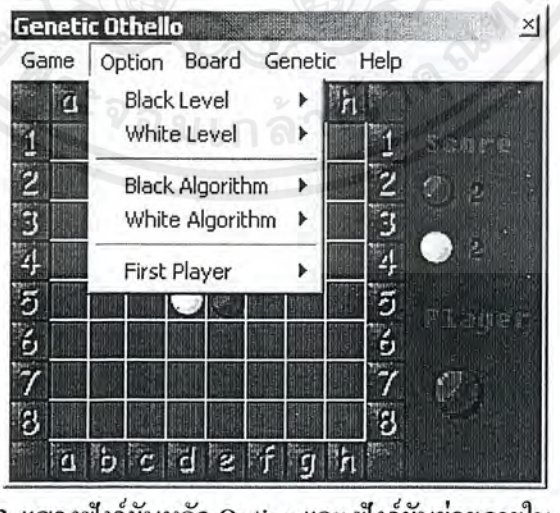
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ A-2 แสดงฟังก์ชันหลัก Game และฟังก์ชันย่อยภายใน

ก.1.4 วิธีการใช้ฟังก์ชัน Game เมื่อเปิดโปรแกรมเกมขึ้นมาสามารถที่จะกดเลือกที่ฟังก์ชัน Start ได้เลย เมื่อทำการเล่นเกมจนจบหนึ่งกระดานแล้ว ถ้าต้องการที่จะเล่นต่อให้กดเลือกที่ฟังก์ชัน New เพื่อให้โปรแกรมสร้างเกมใหม่ขึ้นมา แล้วกดเลือกที่ฟังก์ชัน Start อีกทีเพื่อเริ่มเล่นเกม แต่ถ้าต้องการที่จะออกจากโปรแกรมเกม GeneticReversi ให้กดเลือกที่ฟังก์ชัน Exit ได้ตลอดเวลา

ก.2 ฟังก์ชัน Option - เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการกำหนดข้อกำหนดต่างๆในการเล่นเกมแต่ละครั้ง ซึ่งจะมีฟังก์ชันย่อยดังนี้



รูปที่ A-3 แสดงฟังก์ชันหลัก Option และ ฟังก์ชันย่อยภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2.1 Black Level - เป็นฟังก์ชันสำหรับเลือกระดับการเล่นของฝ่ายสีดำ ซึ่งฟังก์ชันนี้จะไม่มีผล ถ้าเลือกให้ฝ่ายสีดำเป็นการเล่นโดยบุคคล ฟังก์ชันนี้มีระดับการเล่นให้เลือกอยู่ 3 ระดับคือ Easy , Medium และ Expert

ก.2.2 White Level - เป็นฟังก์ชันสำหรับเลือกระดับการเล่นของฝ่ายสีขาว ซึ่งฟังก์ชันนี้จะไม่มีผล ถ้าเลือกให้สีฝ่ายขาวเป็นการเล่นโดยบุคคล ฟังก์ชันนี้มีระดับการเล่นให้เลือกอยู่ 3 ระดับคือ Easy , Medium และ Expert

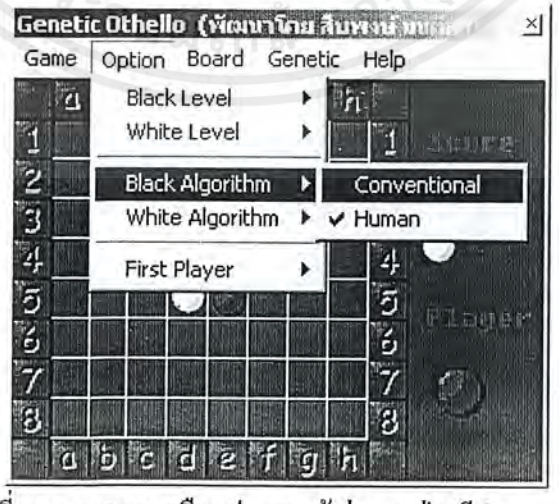
ก.2.3 Black Algorithm - เป็นฟังก์ชันสำหรับการเลือกว่าจะให้ฝ่ายสีดำเล่นโดยใคร โดยมีให้เลือกอยู่ 2 แบบคือ Conventional (คอมพิวเตอร์) และ Human (บุคคล)

ก.2.4 White Algorithm - เป็นฟังก์ชันสำหรับการเลือกว่าจะให้ฝ่ายสีขาวเล่นโดยใคร โดยมีให้เลือกอยู่ 2 แบบคือ Conventional (คอมพิวเตอร์) และ Human (บุคคล)

ก.2.5 First Player - เป็นฟังก์ชันสำหรับการเลือกว่าจะให้ผู้ใดเป็นผู้ที่เริ่มเล่นเกมก่อนเป็นคนแรก ซึ่งจะมีให้เลือกระหว่างฝ่ายสีขาวและฝ่ายสีดำ

ก.2.6 วิธีการใช้ฟังก์ชัน ก่อนที่จะเริ่มเล่นเกม GeneticReversi นี้ ควรจะมีการกำหนดระดับการเล่นให้เหมาะสมก่อน เพื่อให้การเล่นมีความสนุกมากขึ้น โดยการกำหนดข้อกำหนดต่างๆนั้นต้องกำหนดก่อนที่จะเริ่มเล่น โดยสามารถเลือกได้ทั้งการเล่นกัน 2 บุคคล หรือเล่นกับคอมพิวเตอร์ โดยเลือกที่ Black Algorithm หรือ White Algorithm ถ้าต้องการเล่นกัน 2 บุคคล ให้เลือกที่ Human ทั้ง Black Algorithm และ White Algorithm

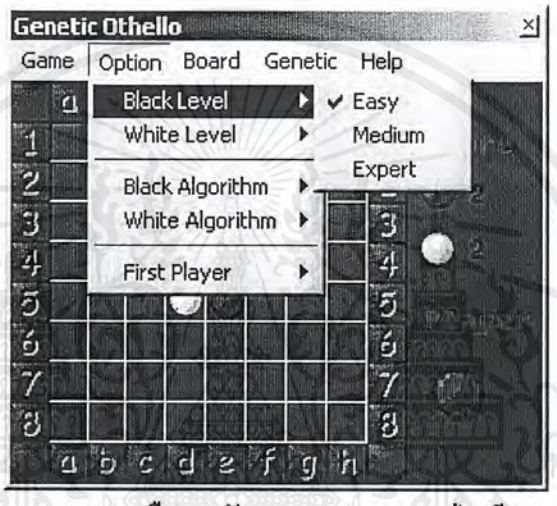
ถ้าต้องการที่จะเล่นกับคอมพิวเตอร์ให้เลือกที่ Conventional โดยถ้าต้องการให้ฝ่ายสีดำเป็นคอมพิวเตอร์ให้เลือกBlack Algorithm เป็น Conventional แต่ถ้าต้องการให้ฝ่ายสีขาวเป็นคอมพิวเตอร์ให้เลือก White Algorithm เป็น Conventional



รูปที่ A-4 แสดงการเลือกประเภทผู้เล่นของฝ่ายสีดำ

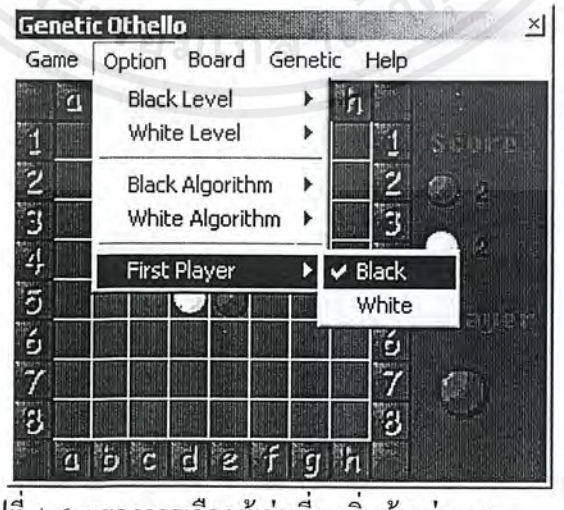
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่เลือกเล่นกับคอมพิวเตอร์ต้องมากำหนดระดับความสามารถของคอมพิวเตอร์ด้วย โดยเลือกที่ Black Level ในกรณีที่เลือกให้ฝ่ายสีดำเป็นคอมพิวเตอร์ หรือเลือกที่ White Level ในกรณีที่เลือกให้ฝ่ายสีขาวเป็นคอมพิวเตอร์ โดยระดับความสามารถของคอมพิวเตอร์นั้นจะมีให้เลือกอยู่ 3 ระดับคือ Easy , Medium และ Expert



รูปที่ A-5 แสดงการเลือกระดับความสามารถของฝ่ายสีดำ

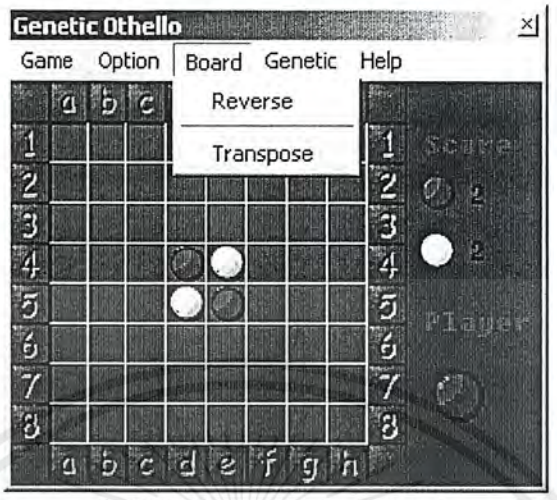
สำหรับการเลือกว่าจะให้ฝ่ายใดเป็นผู้เริ่มนั้น ให้เลือกที่ First Player โดยถ้าต้องการให้ฝ่ายสีดำเป็นฝ่ายเริ่มให้เลือก Black แต่ถ้าต้องการให้ฝ่ายสีขาวเป็นฝ่ายเริ่มก่อนให้เลือก White



รูปที่ A-6 แสดงการเลือกผู้เล่นที่จะเริ่มต้นเล่นเกม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 ฟังก์ชัน Board - เป็นฟังก์ชันสำหรับการปรับเปลี่ยนมุมมองในการเล่นเกม ซึ่งจะมีฟังก์ชันอยู่ดังนี้

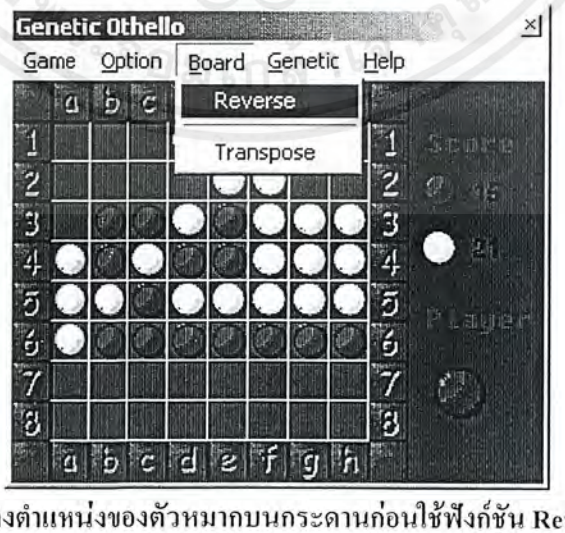


รูปที่ A-7 แสดงฟังก์ชันหลัก Board และฟังก์ชันย่อยภายใน

ก.3.1 Reverse - เป็นฟังก์ชันที่ปรับเปลี่ยนมุมมองของกระดานโดยเปลี่ยนสีของตัวหมากบนกระดานเป็นสีตรงกันข้าม หรือสีของคู่แข่งนั้นเอง

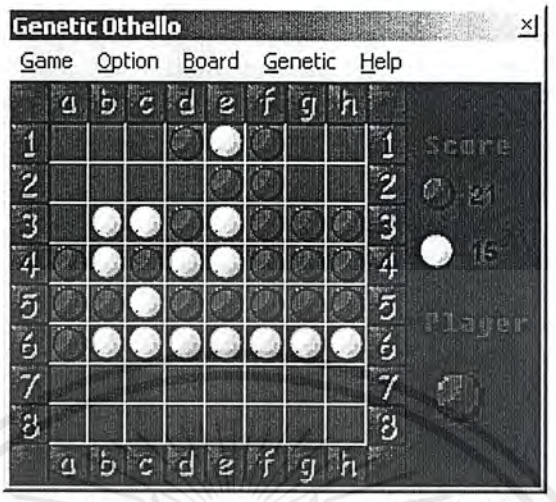
ก.3.2 Transpose - เป็นฟังก์ชันสำหรับเปลี่ยนมุมมองของตัวหมากบนกระดานโดยเปลี่ยนตำแหน่งของตัวหมากบนกระดาน โดยใช้หลักการ Transpose

ก.3.3 วิธีการใช้ฟังก์ชัน Board ฟังก์ชันนี้มีไว้เพื่อปรับเปลี่ยนมุมมองในการเล่นเกมเท่านั้น ไม่ได้มีผลกระทบต่อวิธีการเล่น หรือความสามารถในการเล่นแต่อย่างใด ฟังก์ชัน Reverse นั้นใช้ในการเปลี่ยนสีของตัวหมากบนกระดานให้เป็นสีตรงกันข้ามหรือสีของคู่แข่งนั้นเอง



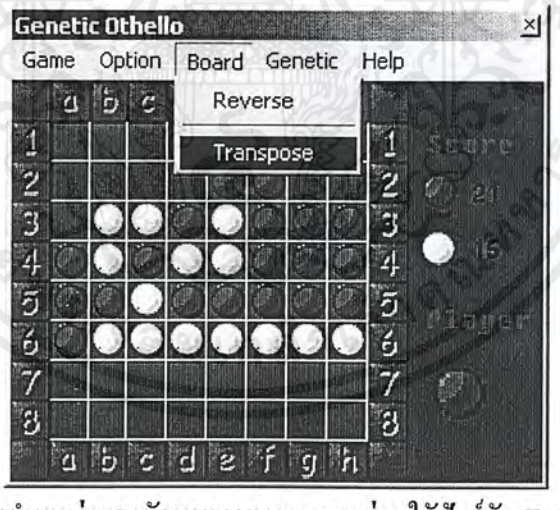
รูปที่ A-8 แสดงตำแหน่งของตัวหมากบนกระดานก่อนใช้ฟังก์ชัน Reverse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



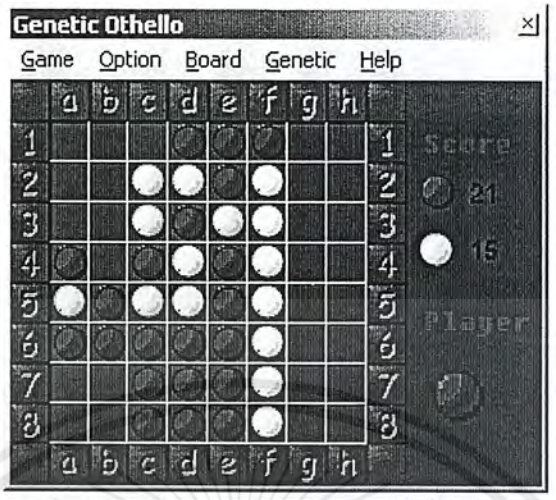
รูปที่ A-9 แสดงตำแหน่งของตัวหมากบนกระดานหลังใช้ฟังก์ชัน Reverse

ฟังก์ชัน Transpose เป็นฟังก์ชันที่ใช้ปรับเปลี่ยนตำแหน่งของตัวหมากบนกระดาน โดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ แสดงในรูปที่ A-10 และ รูปที่ A-11



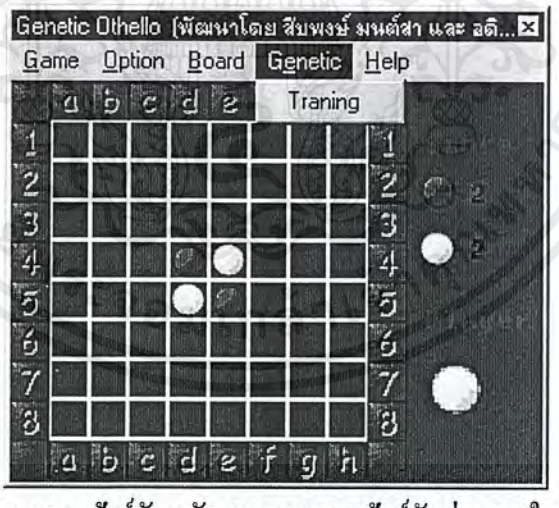
รูปที่ A-10 แสดงตำแหน่งของตัวหมากบนกระดานก่อนใช้ฟังก์ชัน Transpose

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ A-11 แสดงตำแหน่งของตัวหมากบนกระดานหลังใช้ฟังก์ชัน Transpose

ก.4 ฟังก์ชัน Genetic - เป็นฟังก์ชันสำหรับช่วยในการทำกระบวนการทางเจเนติกให้กับโปรแกรมเกม GeneticReversi ซึ่งมีฟังก์ชันย่อยดังนี้



รูปที่ A-12 แสดงฟังก์ชันหลัก Genetic และฟังก์ชันย่อยภายใน

ก.4.1 Training - เป็นฟังก์ชันสำหรับการเรียนรู้ของโปรแกรมเกม GeneticReversi โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งฟังก์ชันนี้โปรแกรมจะทำงานเองอัตโนมัติ และจะหยุดการทำงานเมื่อทำการเรียนรู้ครบตามที่กำหนดไว้ การเรียนรู้ของโปรแกรมนี้สามารถที่จะตรวจสอบได้จากหน้าต่างที่ปรากฏอยู่ข้างๆ ซึ่งจะแสดงค่าตัวแปรต่างๆในการเรียนรู้ของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5.1 Tutorials - เป็นฟังก์ชันสำหรับแนะแนวทางและความรู้เกี่ยวกับยุทธวิธีในการเล่นเกม GeneticReversi ซึ่งจะมีอยู่หลายรูปแบบ สำหรับผู้เล่นใหม่ควรที่จะศึกษาส่วนตรงนี้ก่อนเพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับเกม GeneticReversi และยุทธวิธีในการเล่นเกม เพื่อความได้เปรียบในการเล่น

ก.5.2 About - เป็นฟังก์ชันแนะนำโปรแกรมเกม GeneticReversi และวิธีการใช้ฟังก์ชันต่างๆของโปรแกรมเกมนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Pai,A.C., Foundation of Genetics A Science for Society,2nd ed. McGraw-Hill,Singapore

[2] Emanuel Falkenauer,Genetic Algorithms and Grouping Problem,John Wiley & Sons,New York 1998

[3] Goldberg,D.E.,Genetic Algorithms in Search,Optimization,and Machine Learning,Addison Wesley,Masachusettes,1989

[4] G. Winter and J. Periaux and M. Galan and P. Cuesta , Genetic Algorithms in Engineering and Computer Science, John Wiley & Sons, 1995 ,p.217

[5] Darrel Whitley,A Genetic Algorithm Tutorials,Computer Science Department,Colorado State University Fort Collins

[6] Kanchanee Vongpaporn,Automatic school Timetable Scheduling Using Genetic Algorithm,KMIT'L 1998, p. 63

[7] http://www.vog.ru/othello/strategy.asp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้