

เจนนีติคัลกอริทึมและการประยุกต์ใช้

นุชรี เปรมชัยสวัสดิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงหลักการทำงานของเจนนีติคัลกอริทึม ซึ่งเป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานอยู่บนหลักการเลือกโดยธรรมชาติและธรรมชาติทางพันธุกรรม มีขั้นตอนการทำงานสามขั้นตอนคือ การผลิตประชากรรุ่นต่อไป การข้ามฟาก และการสลับตำแหน่งหรือการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพของเจนนีติคัลกอริทึม ได้แสดงให้เห็นจากการประยุกต์ใช้กับปัญหากล่องดำ

Genetic Algorithms and it's Applications

N. Premchaiswadi

Assistant Professor

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Abstract

This paper describes the process of genetic algorithms. These algorithms are search algorithms based on the mechanics of natural selection and natural genetics. They are composed of three operators: reproduction, crossover and mutation. The efficiency of the algorithm is shown by applying to solve the black box problem.

บทนำ

ในหลายระบบโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการระบบของขบวนการควบคุม เราไม่สามารถทราบค่าของตัวแปรที่ดีที่สุดได้ และยังไม่มียุติการโดยตรงที่จะได้มาซึ่งค่าเหล่านี้ เทคนิคต่างๆที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เช่น self tuning and adaptive control จะขึ้นอยู่กับกาหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใช้ในการควบคุม และประสิทธิภาพของระบบ กล่าวคือ สัญญาณข้อมูลเข้าจะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบ เทคนิคเหล่านี้ได้ถูกพัฒนาให้ดีขึ้นเรื่อยมา แต่ก็ยังไม่สามารถที่จะใช้ได้กับระบบที่มีความซับซ้อนมากๆ จึงได้มีการนำแนวความคิดเกี่ยวกับขบวนการวิวัฒนาการ (Evolution) มาใช้เพื่อทำการควบคุมแบบอัตโนมัติโดยที่ไม่มีความจำเป็นต้องทราบสภาวะแวดล้อมล่วงหน้า ในการค้นหาคำตอบโดยวิธีธรรมชาติจะหมายถึงขบวนการที่ทำการค้นหาคำตอบที่ต้องการจากกลุ่มของคำตอบที่อาจจะเป็นไปได้ทั้งหมด และจะถือว่าคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้ก็ต่อเมื่อคำตอบนั้นตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ วิธีการค้นหาคำตอบในลักษณะนี้เรียกว่า เจนเนติก อัลกอริทึม (Genetic algorithms)

เจนเนติก อัลกอริทึม

เจนเนติกอัลกอริทึม เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการค้นหาอย่างหนึ่งซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนการเลือกแบบธรรมชาติ หรือธรรมชาติของพันธุกรรม วิธีการนี้ได้มาจากหลักการทางธรรมชาติที่ว่า สัตว์ที่จะมีชีวิตต่อไปได้ต้องเป็นสัตว์ที่แข็งแรงที่สุดในกลุ่ม โดยการพิจารณาจากโครโมโซม (Chromosom) และ ยีน (Gene) ในแต่ละรุ่น (Generation) เจนเนติก อัลกอริทึม จะมีการทำงานประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ

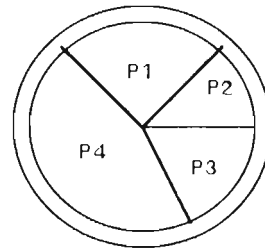
- 1) การผลิตประชากรรุ่นต่อไป (Reproduction)
- 2) การข้ามฝาก (Crossover)
- 3) การสลับตำแหน่งหรือเปลี่ยนแปลงค่า (Mutation) ดังแสดงในรูปที่ 1.



รูปที่ 1. ขั้นตอนการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม

การผลิตประชากรรุ่นต่อไป

เป็นขบวนการที่ทำการผลิตโครโมโซมในรุ่นต่อไปโดยการคัดลอกโครโมโซมตามค่าความเหมาะสม (Fitness value) โดยที่โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูง จะมีโอกาสที่จะให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นต่อไปได้มากกว่า ซึ่งการกระทำนี้ก็สอดคล้องตามหลักธรรมชาติ ในทางปฏิบัติการที่จะทราบว่าจะคัดลอกโครโมโซมได้ไปจำนวนเท่าใดนั้น ทำได้โดยการสร้างวงล้อลอตเตอรี่ โดยแบ่งวงล้อออกเป็นสัดส่วนตามความน่าจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 2.



รูปที่ 2. วงล้อลอตเตอรี่

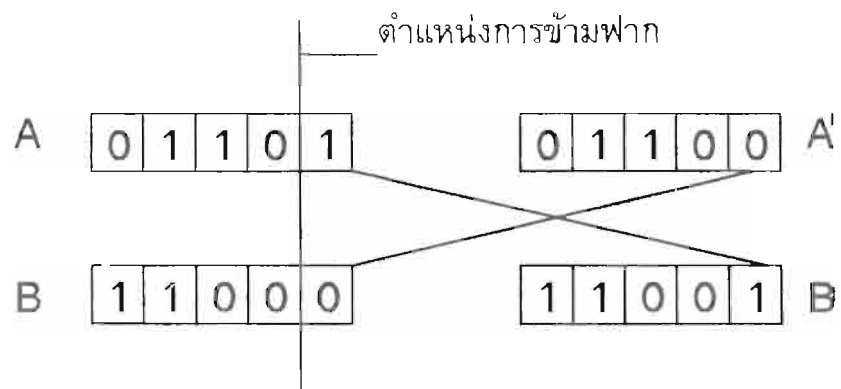
จากรูปที่ 2 เป็นตัวอย่างการสร้างวงล้อลอตเตอรี่ที่เกิดจากโครโมโซม 4 ตัว ซึ่งมีความน่าจะเป็นในการให้กำเนิดลูกในรุ่นต่อไปเท่ากับ P1, P2, P3 และ P4 ในการผลิตโครโมโซมรุ่นต่อไปนั้นทำได้โดยการหมุนวงล้อลอตเตอรี่นี้ โครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือกก็就会被คัดลอกไปเก็บไว้ใน mating pool

การข้ามฟาก

เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนยีน ระหว่างโครโมโซม 2 ตัว เพื่อให้ได้มาซึ่งโครโมโซมใหม่ซึ่งมีคุณลักษณะแตกต่างไปจากโครโมโซมของพ่อแม่ทั้ง 2 ในการทำการข้ามฟากนั้นจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้

- จับคู่ของโครโมโซมที่จะทำการข้ามฟาก โดยการสุ่มจาก mating pool
- เลือกตำแหน่งที่จะทำการข้ามฟาก โดยวิธีการสุ่ม ระหว่าง 1 ถึง ความยาวของโครโมโซม-1

เพื่อความเข้าใจลองพิจารณาโครโมโซม A กับ B ที่ได้จากการสุ่มเลือกจาก mating pool และหลังจากทำการเลือกตำแหน่งการข้ามฟากโดยวิธีการสุ่มจาก 1 ถึง 4 สมมุติว่าตำแหน่งที่ทำการข้ามฟากคือตำแหน่งที่ 4 ทำให้ได้ผลลัพธ์คือ A' และ B' ดังแสดงในรูปที่ 3

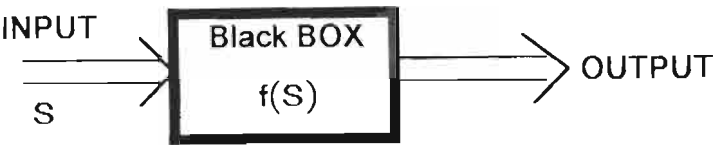


การสลับตำแหน่งหรือเปลี่ยนแปลงค่า

ถึงแม้ว่าในการทำการผลิตโครโมโซมรุ่นต่อไปและการข้ามฟากนั้นเห็นแนวโน้มว่าจะได้โครโมโซมรุ่นต่อไปที่มีคุณลักษณะที่ดีขึ้น แต่ในบางครั้งผลลัพธ์ที่ได้อาจทำให้แนวโน้มที่ดีสูญหายไป จึงต้องมีการสลับตำแหน่งหรือเปลี่ยนแปลงค่าเพื่อป้องกันการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น การเปลี่ยนค่าของยีนในโครโมโซม ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง ค่า 0 จะถูกเปลี่ยนเป็น 1 หรือ ค่า 1 จะถูกเปลี่ยนเป็น 0 เป็นต้น และตำแหน่งที่จะทำการเปลี่ยนค่านี้ได้มาจากการสุ่มหรืออาจทำได้โดยการสลับตำแหน่งของยีนภายในโครโมโซม โดยทั่วไปจะกำหนดค่าความน่าจะเป็น ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงนี้ไว้ค่าๆ

การนำเจนนีติคัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการนำหลักการของเจนนีติคัลกอริทึม ไปประยุกต์ใช้ในการหาค่าที่ดีที่สุด ที่จะป้อนเข้าไปในกล่องดำ (Black box) ซึ่งเราไม่ทราบฟังก์ชันภายในกล่องโขนี้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์คือ ข้อมูลออกที่มีค่ามากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปัญหากล่องดำ

สมมุติว่าในการป้อนข้อมูลเข้าสู่กล่องดำนี้ เป็นสวิตช์ที่สามารถเลือกการทำงานได้สองอย่างคือ เปิด หรือ ปิด (ON / OFF) จำนวน 5 ตัวด้วยกัน ทุกตำแหน่งของสวิตช์ทั้ง 5 นี้จะให้ผลลัพธ์ออกมาจากระบบ ซึ่งเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

Output = f(s)

โดยที่ S เป็นตำแหน่งของสวิตช์ทั้ง 5 ดังนั้นเราอาจจะพอสรุปวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหานี้ใหม่ได้ว่าการหาตำแหน่งของสวิตช์ทั้ง 5 ที่จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของข้อมูลออกมีค่ามากที่สุดนั่นเอง สำหรับวิธีการในการแก้ปัญหานี้โดยวิธีการทั่วไปที่ง่ายที่สุดคือ การทำแบบสุ่ม ทุกคำตอบที่เป็นไปได้ที่ละคำตอบ ในกรณีนี้ S จะวนไปได้ทั้งหมด 32 ค่า แล้วป้อนทุกค่าเข้าไปในกล่องดำเพื่อหาว่าค่าใดจะให้ค่าของผลลัพธ์ที่มีค่ามากที่สุด

สำหรับการแก้ปัญหานี้โดยใช้เจนนีติคัลกอริทึมจะมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการแทนค่าของตัวแปรในปัญหาด้วยรหัสที่มีความยาวที่ต้องการ ในที่นี้คือ S และเข้ารหัสของตัวแปร ในกรณีนี้แทนด้วยเลขฐานสองที่ไม่มีเครื่องหมาย 5 ตัว ซึ่งสามารถแทนค่าได้ตั้งแต่ 0(00000) ถึง 31(11111) กลุ่มของเลขฐานสองนี้แต่ละชุดก็ใช้แทนโครโมโซมแต่ละตัว และแต่ละบิตในโครโมโซมก็คือยีนแต่ละตัวในโครโมโซมนั้น
2. เลือกประชากรเริ่มต้นโดยการสุ่ม สมมุติให้มีจำนวนประชากรเริ่มต้นเท่ากับ 4 และ มีผลการสุ่มดังแสดงในรูปที่ 5.

0	1	1	0	1
1	1	0	0	0
0	1	0	0	0
1	0	0	1	1

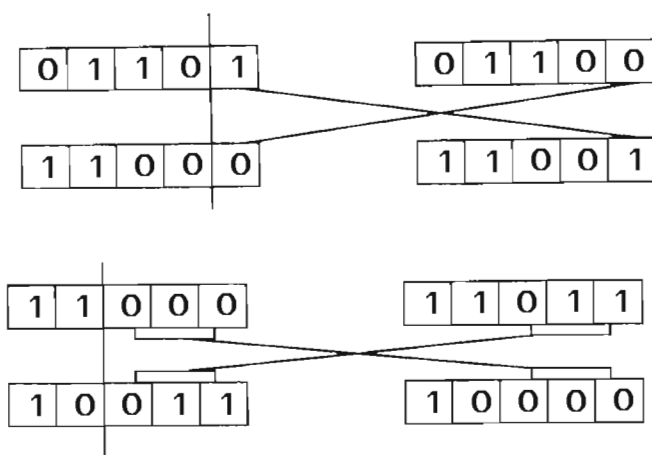
รูปที่ 5 โครโมโซมเริ่มต้น

3. ทำการคัดประชากรรุ่นต่อไปจากประชากรเริ่มต้นในข้อ2 โดยการพิจารณาจากค่าความเหมาะสม (Fitness value) ในกรณีนี้พิจารณาได้จากค่าของ $f(S)$ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่1 ค่าต่างๆของประชากรเริ่มต้น(รุ่นที่1)

ลำดับที่	S	$f(S)$	%	จน.ในmating spool
1	01101	169	14.4	1
2	11000	576	49.2	2
3	01000	64	5.5	0
4	10011	361	30.9	1

4. คัดลอกโครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือกไปใส่ไว้ใน mating spool ซึ่งได้แก่โครโมโซมลำดับที่ 1 และ 4 จำนวนอย่างละ 1 ตัว และลำดับที่ 2 อีก 2 ตัว ส่วนโครโมโซมลำดับที่ 3 ไม่ถูกคัดลอกไป เนื่องจากมีค่าความเหมาะสมต่ำ
5. ทำการจับคู่ของโครโมโซม โดยเลือกแบบสุ่มจาก mating spool แล้วทำการข้ามฟาก ดังแสดงในรูปที่ 6. ผลลัพธ์คือโครโมโซม 4 ตัวในรุ่นต่อไปซึ่งแสดงอยู่ทางด้านขวามือของรูปที่ 6.



รูปที่ 6 แสดงการข้ามฟาก

6. ทำการเปลี่ยนแปลงค่าที่บิตใดบิตหนึ่ง โดยสมมุติว่าความน่าจะเป็นมีค่าเท่ากับ 0.001 ดังนั้นในกรณีนี้จะมีจำนวน 20 บิต จึงมีโอกาสที่จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าจำนวนเท่ากับ $20 \times 0.001 = 0.02$ บิต ถือได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเกิดขึ้น
7. กลับไปทำซ้ำที่ขั้นตอนที่ 3-6 จนถึงจำนวนรุ่นที่ต้องการ

ตารางที่ 2 ประชากรรุ่นที่ 2 และค่าความเหมาะสม

ลำดับที่	S	f(S)
1	01100	144
2	11001	625
3	11011	729
4	10000	256

เมื่อเปรียบเทียบประชากรในรุ่นที่ 1 กับ รุ่นที่ 2 พบว่าค่าความเหมาะสมสูงสุดของแต่ละรุ่นเพิ่มขึ้นจาก 576 เป็น 729 และ ค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 293 เป็น 439 ในเพียงรุ่นเดียวเท่านั้น แสดงว่าประชากรรุ่นที่ 2 นี้มีค่าเข้าใกล้คำตอบที่ต้องการมากขึ้น

สรุป

เจเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการหาคำตอบ ซึ่งต่างไปจากวิธีการทั่วไปกล่าวคือ

- 1. เป็นขั้นตอนการที่แทนปัญหาด้วยการเข้ารหัส
- 2. ต้องการประชากรของคำตอบที่เริ่มไปได้ แทนที่จะเป็นคำตอบเดียว
- 3. เป็นการค้นหอย่างธรรมชาติ ไม่ได้กำหนดทิศทาง
- 4. ไม่ต้องการข่าวสารข้อมูลของระบบ

ด้วยความแตกต่างที่กล่าวมาแล้ว จึงทำให้มีความได้เปรียบในการที่จะนำมาใช้กับระบบที่มีความ
สลับซับซ้อน

บรรณานุกรม

1) David E. Goldberg, "*Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*", Addison Wesley, 1989

2) Yuval Davidor, "*Genetic Algorithms and Robotics - A Heuristic Strategy for Optimization*", World Scientific, 1991