บทที่ 3

ขั้นตอนวิธีพันธุการ

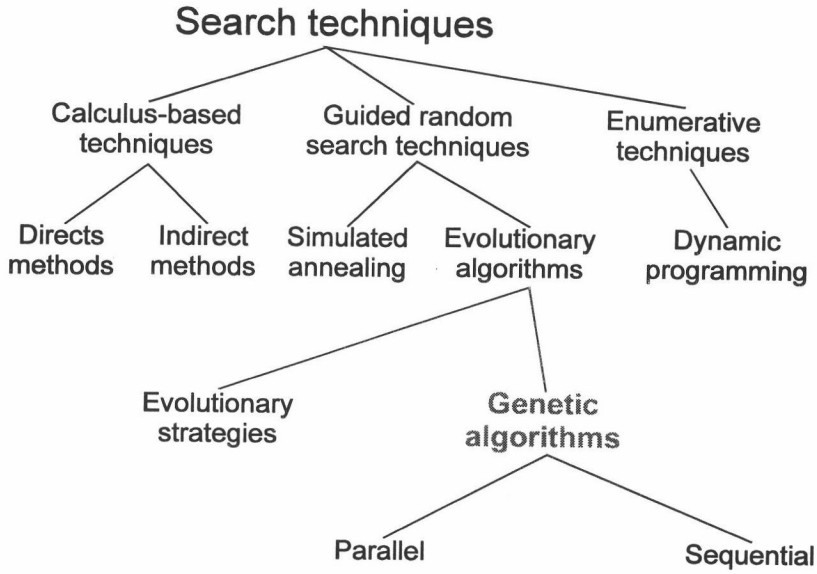
บทนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดของขั้นตอนวิธีพันธุการที่เป็นหลักการพื้นฐานของการโปรแกรมพันธุการ เพื่อความเข้าใจในวิธีการโปรแกรมพันธุการซึ่งใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ โดยเริ่มอธิบายในหลักการทั่วไปของขั้นตอนวิธีที่เลียนแบบขบวนการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตตามธรรม-ชาติ จากนั้นจะอธิบายรายละเอียดของขบวนการต่างๆตามขั้นตอนวิธีพันธุการ รวมทั้งคุณสมบัติพิเศษของขั้นตอนวิธีพันธุการ ลักษณะที่แตกต่างของขั้นตอนวิธีพันธุการจากวิธีการอื่นๆและสรุปท้ายบท

3.1 หลักการทั่ว ๆไป

ในเอกสารของ Treleaven, Ribeiro Filho และ Alippi (1994) ได้แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีพันธุการ เป็นรูปแบบหนึ่งของ เทคนิคการค้นหา(Search Techniques) ตามรูปที่ 3.1 ที่ใช้ในการค้นหาคำตอบจากบริเวณที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการแก้ปัญหานั้นๆ ให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดกับปัญหา โดยอาศัยข้อมูลบางอย่างในการช่วยสืบค้นหา ซึ่งข้อมูลที่ขั้นตอนวิธีพันธุการใช้คือกฎเกณฑ์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ของธรรมชาตินั้นเอง

ตามเอกสารของ Koza (1992) ได้กล่าวถึงขั้นตอนวิธีพันธุการดังต่อไปนี้

ในธรรมชาติ ขบวนการวิวัฒนาการจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อประกอบด้วยเงื่อนไข 4 ประการคือ หน่วยชีวิตนั้นต้องมีความสามารถในการสืบพันธุ์ได้, มีประชากรของหน่วยชีวิตนั้น, มีความหลากหลายของหน่วยชีวิต และความแตกต่างในการมีชีวิตรอดอยู่ในสภาพแวดล้อม ขึ้นอยู่กับลักษณะที่หลากหลายของหน่วยชีวิตนั้น



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภูมิของเทคนิคการค้นหาทั้งหมด

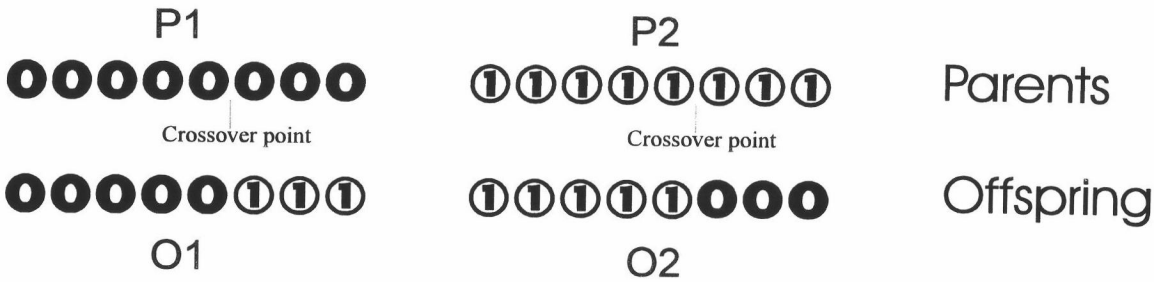
ความหลากหลายที่แตกต่างกันนั้นจะอยู่ในรูปของโครโมโซมของแต่ละหน่วยชีวิตในประชากร ลักษณะที่แตกต่างกันของโครโมโซมถูกถ่ายทอดเป็นความแตกต่างทางโครงสร้างและพฤติกรรมของหน่วยชีวิตในสภาพแวดล้อมของหน่วยชีวิตนั้นๆ ลักษณะที่แตกต่างกันดังกล่าวจะมีผลต่อความแตกต่างของอัตราการมีชีวิตรอดและอัตราการสืบพันธุ์ หน่วยชีวิตที่มีความสามารถในการทำงานที่ดีกว่าภายใต้สภาพแวดล้อมของหน่วยชีวิตนั้นๆ จะมีอัตราการมีชีวิตรอดและอัตราการสืบพันธุ์ที่สูง ในขณะเดียวกัน หน่วยชีวิตที่ความสามารถในการทำงานต่ำ ก็จะมีอัตราการมีชีวิตรอดและอัตราการสืบพันธุ์ที่ต่ำด้วย นี้เป็นหลักการของการมีชีวิตรอดจากความเหมาะ และการคัดเลือกในธรรมชาติ (natural selection) ของ ชาลส์ ดาร์วิน(Charles Darwin) เมื่อเวลาล่วงเลยไปหลายๆรุ่นของการวิวัฒนาการ ประชากรทั้งหมดที่ประกอบด้วยหน่วยชีวิตที่มีโครโมโซมที่แตกต่างกันจะมีการถ่ายทอดโครงสร้างและพฤติกรรมที่ทำให้หน่วยชีวิตนั้นสามารถทำงานของตนเองในสภาพแวดล้อมของตนได้ดีขึ้น และสามารถมีชีวิตรอดและสามารถทำการสืบพันธุ์ต่อไป จากลักษณะที่แตกต่างกันของหน่วยชีวิตในประชากรถูกเปลี่ยนแปลงไปนั้นเป็นเพราะขบวนการคัดเลือกในธรรมชาติ ซึ่งพิจารณาจากความเหมาะ(fitness) จึงอาจกล่าวได้ว่า ประชากรถูกวิวัฒนาการตามความเหมาะนั้นเอง

ตามเอกสารของ สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล(2537)ได้กล่าวถึงโครโมโซมที่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรม ดังต่อไปนี้

"สิ่งมีชีวิตหรือเซลล์พวกยูคาริโอท จะมีเยื้อหุ้มนิวเคลียส และออร์แกเนลภายในเซลแยกจากส่วนของไซโทพลาสซึม ซึ่งพวกโปรคาริโอทไม่มี ส่วนที่มีความสำคัญและเป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานของเซลล์คือส่วนของสารพันธุกรรมที่อยู่ภายในนิวเคลียส ในกลุ่มเซลล์พวกโปรคาริโอทแม้ว่าจะไม่มีเยื้อหุ้มแยกส่วนนิวเคลียสออกจากไซโทพลาสซึม แต่ก็มีสารพันธุกรรมเช่นเดียวกัน สารพันธุกรรมนี้ คือ ดีเอ็นเอ(ยกเว้นไวรัสบางชนิดมีสารพันธุกรรมเป็นอาร์เอ็นเอ) ซึ่งมักอยู่รวมกับโปรตีนหลายชนิด เป็นโครงสร้างที่เรียกว่า โครโมโซม ซึ่งอาจจะมีโครงสร้างเป็นสายยาว(linear) หรือเป็นวงแหวน(circular) ก็ได้ โครโมโซมในเซลล์ของยูคาริโอท เช่น คน ที่เห็นเป็นแท่งในระยะเมตาเฟสนั้นเกิดจากการพันเกลียวซ้อนของดีเอ็นเอกับโปรตีนหลายระดับ ส่วนของดีเอ็นเอเองมีองค์ประกอบย่อยคือนิวคลีโอไทด์ซึ่งมีเพียง 4 ชนิด ส่วนที่แตกต่างกันของนิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดคือเบสที่เป็นส่วนประกอบได้แก่ อะดีนีน(A) กัวนีน(G) ไซโตซีน(C) และ ไทมีน(T) การเรียงตัวของเบสทั้ง 4 ชนิดในสายดีเอ็นเอก่อให้เกิดเป็นรหัสสำหรับเก็บข้อมูลข่าวสารของสิ่งมีชีวิตที่เป็นเจ้าของ คล้ายกับตัวพยัญชนะที่ใช้ในภาษาใดภาษาหนึ่ง เมื่อนำมาผสมอักษรเรียงกันจะอ่านได้เรื่องราวที่สื่อความหมายอย่างหนึ่ง เช่นเดียวกับที่ดีเอ็นเอเป็นตัวกำหนดให้มีการถอดรหัสเป็นอาร์เอ็นเอ และแปลรหัสเป็นโพลีเพพไทด์ชนิดหนึ่งนั้นเอง บางครั้งพยัญชนะที่นำมาเรียงต่อกันก็ไม่สามารถอ่านเป็นคำหรือสื่อความหมายได้ เปรียบเทียบได้กับดีเอ็นเอส่วนที่ไม่มีการถอดรหัส หรือไม่ได้กำหนดการสร้างโพลีเพพไทด์ใด"

โมเลกุลของดีเอ็นเอไม่เพียงแต่บรรจุลักษณะของหน่วยชีวิตที่เป็นเจ้าของ ยิ่งกว่านั้นในแต่ละอักขระที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์พื้นฐานเป็นพันหรือมากกว่านั้นในแต่ละดีเอ็นเอที่ถูกถ่ายทอดโดยการใช้รหัสทางพันธุกรรมที่จะสร้างโครงสร้างและควบคุมพฤติกรรมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ลักษณะโครงสร้างและพฤติกรรมจะสร้างความสามารถในการการทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมของมัน เพื่อที่จะทำให้มีชีวิตรอดและทำการสืบพันธุ์ในอัตราที่ต่างกัน โครโมโซมของลูกหลานซึ่งประกอบด้วยอักขระของนิวคลีโอไทด์พื้นฐานของพ่อและแม่ จะได้รับการถ่ายทอดความสามารถของพ่อแม่ผ่านไปยังลูกหลานด้วย และบางครั้งบางคราวก็จะเกิดการกลายพันธุ์(mutation)ของโครโมโซมอีกด้วย

ในช่วงเวลาปี 1960 John Holland (1975) นักวิจัยของมหาวิทยาลัยมิชิแกน เป็นคนแรกที่เสนอแนวคิดที่นำขบวนการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต มาใช้ในงานปัญญาประดิษฐ์ โดยมีความคิดว่าปัญหาใดๆสามารถใช้ลักษณะทางพันธุกรรม เพื่อใช้ในการค้นหาคำตอบได้ โดยเรียกวิธีการดังกล่าวว่า ขั้นตอนวิธีพันธุการ

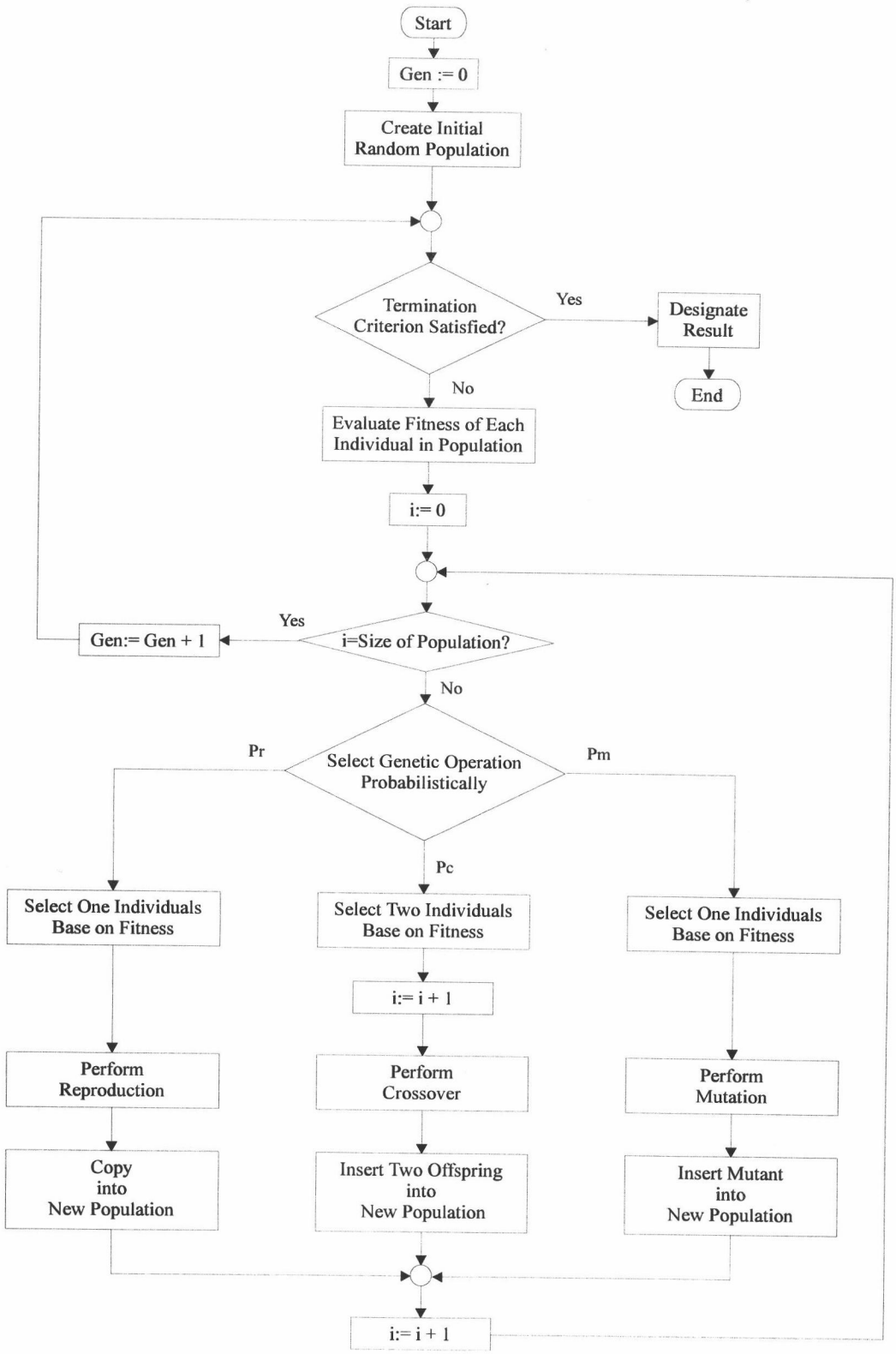


รูปที่ 3.2 แสดงการผสมพันธุ์แบบสลับไขว้ของคู่สายอักขระ

รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะการกลายพันธุ์ของสายอักขระ

ขั้นตอนวิธีพันธุการนั้น เป็นวิธีที่จำลองขบวนการวิวัฒนาการของดาร์วิน และขบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของขบวนการทางพันธุกรรมของสายโครโมโซม

Holland ได้แสดงให้เห็นวิธีการนำเอาสายอักขระที่ใช้แทนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตในการแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้ โดยกำหนดจำนวนของสายอักขระในประชากร ซึ่งแต่ละสายอักขระจะแทนแนวทางในการแก้ปัญหานั้นๆ เมื่อประชากรทั้งหมดของสายอักขระถูกทดสอบโดยการแก้ปัญหานั้นแล้ว แต่ละตัวจะได้ค่าของความเหมาะในการแก้ปัญหานั้นๆ จากนั้นประชากรของสายอักขระที่มีค่าความเหมาะมากที่สุดจะถูกคัดเลือก และนำไปปฏิบัติการตามขั้นตอนของขั้นตอนวิธีพันธุการ ตามสัดส่วนที่ได้กำหนดไว้ นั้นคือ บางส่วนจะถูก *กำเนิดใหม่* (Reproduce) เป็นวิธีการคัดลอกลักษณะของสายพันธุ์เดิมมาทั้งหมด, บางส่วนนำไป *ผสมพันธุ์* (Recombine, Crossover) ตามรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็นวิธีการรวมเอาลักษณะของสายพันธุ์เดิม 2 สายพันธุ์มาแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน ได้สายพันธุ์ที่มีลักษณะที่แตกต่างจากเดิม และ บางส่วนจะถูก *กลายพันธุ์* (Mutate) เป็นวิธีการสุ่มเพื่อเปลี่ยนแปลงบิตบางบิตของสายอักขระ เพื่อเปลี่ยนแปลงลักษณะบางอย่างของสายพันธุ์ ตามรูปที่ 3.3 ซึ่งจะมีอัตราการกลายพันธุ์เกิดขึ้นไม่บ่อยนัก ด้วยวิธีการดังกล่าวจะสามารถสร้างประชากรของสายพันธุ์ใหม่(ซึ่งแทนด้วยสายอักขระ) ซึ่งเป็นลูกหลานที่จะใช้ในการทดสอบเพื่อแก้ปัญหานั้นๆอีกครั้ง



รูปที่ 3.4 แสดงแผนภูมิสายงานของขั้นตอนวิธีพันธุการ

3.2 <u>รายละเอียดของขั้นตอนวิธีพันธุการ</u>

ขบวนการของขั้นตอนวิธีพันธุการ โดยใช้สายอักขระที่จำกัดความยาวในการค้นหาวิธีการแก้ปัญหา มีขั้นตอนตามรูปที่ 3.4 โดยมีขั้นตอนดังนี้

(ก) สร้างประชากรเริ่มต้น ที่เป็นสายอักขระที่จำกัดความยาว โดยอาศัยการสุ่ม

(ข) ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้ ซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงเป้าหมายที่ได้ตั้งเงื่อนไขไว้

- ทำการประเมินค่าความเหมาะของแต่ละสายอักขระ ในประชากรทั้งหมด และให้ค่าความเหมาะที่สอดคล้องกับวิธีที่จะใช้แก้ปัญหาที่กำหนดไว้

- สร้างประชากรของโปรแกรมขึ้นใหม่ บนพื้นฐานของค่าความเหมาะของแต่ละสายอักขระที่ได้จากการปฏิบัติการ และค่าความน่าจะเป็นของแต่ละขบวนการทางพันธุการ ซึ่งประกอบด้วย 3 กระบวนการคือ

การกำเนิดใหม่ มีค่าความน่าจะเป็น P_c โดยทำการคัดลอกสายอักขระเดิมไปใช้ในประชากรใหม่

การผสมพันธุ์ มีค่าความน่าจะเป็น P_r โดยทำการสร้างสายอักขระใหม่ขึ้นมาโดยอาศัยการแลกเปลี่ยนของสองสายอักขระที่สุ่มเลือก เพื่อสร้างเป็นสองสายอักขระใหม่ที่นำไปใช้ในประชากรใหม่

การกลายพันธุ์ มีค่าความน่าจะเป็น P_m โดยการสลับค่าของสายอักขระในตำแหน่งของบิตที่ถูกสุ่มเลือกทำให้เกิดสายอักขระใหม่ขึ้นมาในประชากรใหม่

(ค) คัดเลือกสายอักขระที่ดีที่สุดในประชากรทั้งหมด ที่สามารถเข้าถึงเป้าหมายที่ตั้งเงื่อนไขไว้ภายในเวลาที่กำหนด สายอักขระที่ได้จะเป็นคำตอบ หรือใกล้เคียงกับคำตอบของปัญหาที่ได้กำหนดไว้

3.3 <u>คุณสมบัติพิเศษ</u>

Roetzheim (1994) ได้เสนอแนวคิดของขั้นตอนวิธีพันธุการที่มีลักษณะพิเศษดังต่อไปนี้

ปัญหาที่มักจะพบในธรรมชาติและในการแก้ไขปัญหาด้วยขั้นตอนวิธีพันธุการคือเมื่อลักษณะนิสัย(trait)บางอย่างถูกใช้งานในช่วงเวลาหนึ่งแล้วหยุดใช้งานไป และนำมาใช้งานในตอนหลัง ซึ่งในบางครั้งช่วงเวลาที่หยุดใช้งานเป็นช่วงเวลายาวนานมาก จนถูกระบุว่าเป็นกฎที่

ไม่มีประโยชน์และถูกทำลายไป เมื่อถึงเวลาที่ต้องใช้งานจริงแล้วไม่สามารถทำงานได้เพราะกฎได้ถูกทำลายไปแล้ว เป็นการสูญเสียลักษณะนิสัยที่ดีของระบบไปโดยไม่จำเป็น

วิธีการแก้ไขนั้นใช้วิธีตามธรรมชาติที่เรียกว่า ยีนด้อย (recessive genes) ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญคือ ในธรรมชาติลักษณะทางพันธุกรรมมีทั้งลักษณะเด่นและลักษณะด้อย ปรกติแล้วเมื่อมีการจับคู่ระหว่างทั้งสองลักษณะจะได้เป็นลักษณะเด่นถึง 3/4 ({bB,Bb,BB} : ถ้า 'B' เป็นคุณลักษณะเด่นและ 'b' เป็นคุณลักษณะด้อย) ในขณะที่จะได้เป็นลักษณะด้อยเพียง 1/4 ({bb}) เหตุใดธรรมชาติจึงมีการแบ่งคุณลักษณะเด่นและด้อยไว้ด้วย เป็นไปได้ที่คุณลักษณะด้อยถูกใช้เก็บคุณลักษณะนิสัยที่ไม่ได้ถูกนำมาใช้มาเป็นเวลานาน ซึ่งแม้จะไม่เป็นคุณลักษณะที่ถูกในงานแต่ยังปรากฏหลงเหลืออยู่ เพื่อในอนาคตสิ่งต่างๆเปลี่ยนไปก็จะสามารถนำมาใช้งานได้อีกครั้ง ในขั้นตอนวิธีพันธุการสามารถทำได้โดย คัดลอกกฎต่างๆเป็น 2 กฎที่เหมือนกัน โดยมีเขต(field) บ่งบอกว่ากฎข้อใดเป็นลักษณะเด่นและลักษณะด้อย เวลาที่เลือกใช้กฎต่างๆให้เลือกเป็นคู่และเลือกใช้เฉพาะกฎที่มีลักษณะเด่น ในกรณีที่เป็นกฎที่มีลักษณะเด่นหรือลักษณะด้อยทั้งคู่ ให้ใช้วิธีสุ่มเลือกใช้ ส่วนในช่วงที่มีการผสมพันธุ์จะใช้การสุ่มเลือกในแต่ละคู่ของคู่พ่อและแม่ ซึ่งจะได้ลูกหลานที่มีคุณลักษณะเด่นและด้อยผสมกัน

3.4 <u>ลักษณะที่แตกต่างของขั้นตอนวิธีพันธุการจากวิธีการอื่นๆ</u>

ตามเอกสารของ Goldberg (1989) ได้แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีพันธุการมีข้อแตกต่างจากวิธีการทำให้เหมาะที่สุดอื่นๆ และขบวนการค้นหาอื่นๆ ในหลายๆทางดังนี้

ขั้นตอนวิธีพันธุการเป็นการทำงานกับการเข้ารหัสอักขระที่มีความยาวจำกัดกับเซตของพารามิเตอร์ของปัญหา ไม่ได้เป็นการทำงานกับตัวพารามิเตอร์โดยตรง เช่นในการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$, ในช่วงของค่าจำนวนเต็ม [0, 31] โดยทั่วๆไปจะพิจารณาโดยการแทนค่า x ในสมการ แต่ขั้นตอนวิธีพันธุการจะพยายามหาวิธีเข้ารหัสพารามิเตอร์ x ให้อยู่ในรูปของอักขระที่มีความยาวจำกัด ซึ่งวิธีการเข้ารหัสมีได้มากมายหลายวิธี

ขั้นตอนวิธีพันธุการมีขบวนการค้นหาจากประชากรในหลายๆจุดของปัญหา ไม่ได้ค้นหาจากจุดๆเดียว เช่นในปัญหาที่มีพารามิเตอร์หลายๆตัว ในฟังก์ชัน f ที่แทนสมการทางคณิตศาสตร์ของ $f(s_1,s_2,s_3,s_4,s_5) = f$ โดยที่ s เป็นสวิตช์เปิดปิดมีค่าเป็น 0 และ 1 เพื่อหาค่า f ที่มีค่ามากที่สุด โดยวิธีทั่วๆไปพิจารณาโดยการตรวจค่า f โดยการเปลี่ยนค่าแต่ละสวิตช์ แต่ขั้นตอนวิธีพันธุการจะใช้วิธีเข้ารหัสพารามิเตอร์ s ให้อยู่ในรูปของอักขระที่มีความยาว 5 ซึ่งเป็นการค้นหาในหลายๆจุดเข้าไปหาจุดสูงสุด

ขั้นตอนวิธีพันธุการใช้การให้ค่าตอบแทนตามจุดประสงค์ของการแก้ปัญหาในการค้นหา ไม่ได้ใช้ข้อมูลจากฐานความรู้อื่นๆ ขั้นตอนวิธีพันธุการเป็นการค้นหาแบบคนตาบอดทำการค้นหาไปในทางที่ดีขึ้นไปเท่านั้นโดยอาศัยการวัดค่าตอบแทนที่ได้

ขั้นตอนวิธีพันธุการใช้กฎของการเปลี่ยนสถานะโดยอาศัยความน่าจะเป็นในการนำทางการค้นหา ไม่ได้ใช้กฎของการเปลี่ยนสถานะที่กำหนดขึ้นมาก่อนอย่างตายตัว ขั้นตอนวิธีพันธุการใช้การตัดสินใจโดยวิธีการสุ่มในทุกๆการปฏิบัติการในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมกับปัญหา

3.5 สรุปท้ายบท

ขั้นตอนวิธีพันธุการเป็นวิธีที่เลียนแบบขบวนการวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของขบวนการทางพันธุกรรมของสายโครโมโซม โดยใช้สายอักขระแทนสายโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต เพื่อแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้ ขบวนการทำงานเริ่มด้วยการสร้างประชากรของสายอักขระด้วยวิธีการสุ่ม จากนั้นสายอักขระทั้งหมดจะถูกทดสอบและกำหนดค่าของความเหมาะในการแก้ปัญหานั้นๆ สายอักขระที่มีค่าความเหมาะสูงจะถูกคัดเลือก ซึ่งจะถูกนำไปปฏิบัติการตามขั้นตอนของขั้นตอนวิธีพันธุการ เพื่อสร้างประชากรของสายพันธุ์ใหม่ในรุ่นถัดมา ซึ่งเป็นลูกหลานที่มีความเหมาะสมต่อการแก้ปัญหามากขึ้นตามเวลาของขบวนการวิวัฒนาการ

คุณสมบัติพิเศษ และลักษณะที่แตกต่างจากวิธีการอื่นๆของขั้นตอนวิธีพันธุการ (ใช้การเข้ารหัส, ค้นหาจากประชากร, ค้นหาแบบคนตาบอด และใช้ตัวปฏิบัติการแบบสุ่ม) ทำให้การทำงานของขั้นตอนวิธีพันธุการมีประสิทธิภาพและผลลัพธ์ที่ได้เปรียบกว่าการใช้วิธีการอื่นๆที่ใช้วิธีการแบบธรรมดา