

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรกรองอนาล็อก

วงจรกรอง คือ วงจรที่ใช้ปรับแต่งสเปกตรัมความถี่ของสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งวงจรเหล่านี้เป็นส่วนที่มีความจำเป็นอย่างมากในระบบสื่อสารและระบบควบคุมต่างๆ โดยวงจรกรองแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ วงจรกรองอนาล็อก และวงจรกรองดิจิทัล (Digital Filter) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะวงจรกรองอนาล็อกเท่านั้น สำหรับวงจรกรองอนาล็อก ในที่นี้หมายถึงวงจรกรองที่ประกอบด้วย ตัวต้านทาน (R) ตัวเหนี่ยวนำ (L) และตัวเก็บประจุ (C) โดยทั่วไปสามารถแบ่งชนิดตามลักษณะการทำงานของวงจรกรองได้ดังนี้

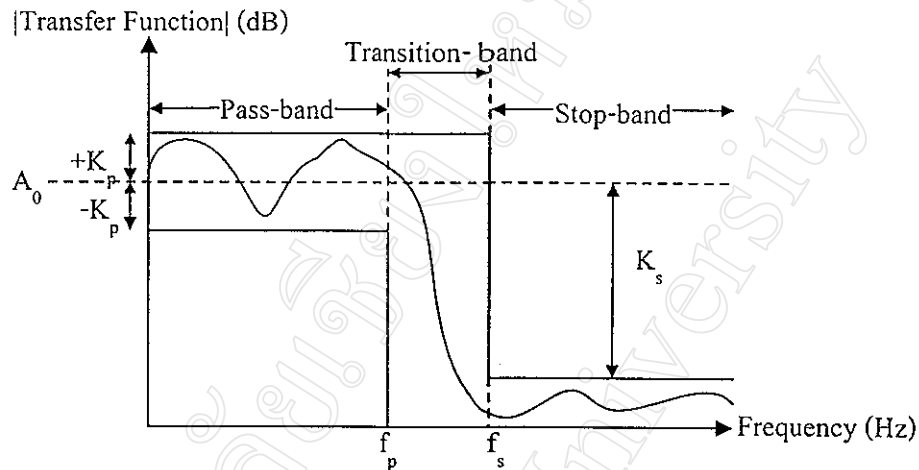
- วงจรกรองแบบผ่านต่ำ (Low-pass Filter)
- วงจรกรองแบบผ่านสูง (High-pass Filter)
- วงจรกรองแบบกำจัดแถบ (Band-elimination Filter)
- วงจรกรองแบบผ่านแถบ (Band-pass Filter)

2.1.1 วงจรกรองแบบผ่านต่ำ

วงจรกรองแบบผ่านต่ำ คือ วงจรกรองที่ยอมให้สัญญาณความถี่ต่ำทางด้านขาเข้าของวงจรสามารถผ่านไปยังด้านขาออกของวงจรได้ โดยให้มีอัตราการลดทอน (Attenuation) ของสัญญาณต่ำมาก และกำจัดสัญญาณที่มีความถี่สูงทางด้านขาเข้าของวงจรไม่ให้ผ่านออกไปยังด้านขาออกของวงจร โดยให้มีอัตราการลดทอนของสัญญาณสูงมาก

วงจรกรองแบบผ่านต่ำยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำสุด คือ สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ศูนย์ (กระแสตรง) จนถึงความถี่เท่ากับ f_c เฮิรตซ์ผ่านได้ โดยกำหนดให้มีอัตราการกระเพื่อมของสัญญาณไม่เกิน $\pm K_p$ เดซิเบล แต่จะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ f_s เฮิรตซ์ ขึ้นไปจนถึงความถี่อนันต์ผ่านไปได้ โดยกำหนดให้มีอัตราการลดทอนของสัญญาณสูงกว่า K_s เดซิเบล ซึ่ง f_s จะต้องเป็นความถี่ที่มีค่าสูงกว่าความถี่ f_c และระยะของช่วงความถี่ตั้งแต่ศูนย์เฮิรตซ์ถึง f_s เฮิรตซ์ จะเรียกว่า ช่วงความถี่ที่ยอมให้สัญญาณผ่านได้ (Pass-band) ระยะของช่วงความถี่ตั้งแต่ f_s เฮิรตซ์จนถึงความถี่อนันต์เรียกว่า ช่วงความถี่ที่ไม่ยอมให้สัญญาณผ่านได้ (Stop-band) และระยะของช่วงความถี่

ระหว่าง f_p เฮิร์ตซ์ถึง f_s เฮิร์ตซ์ เรียกว่า ช่วงความถี่ที่กำลังเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ (Transition-band) โดยความต้องการในการออกแบบวงจรกรองแบบผ่านต่ำแสดงดังรูปที่ 2.1



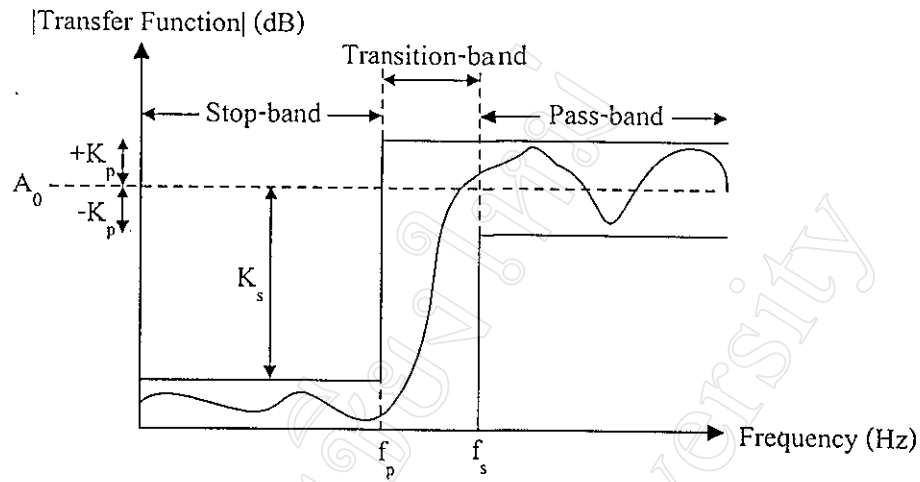
รูปที่ 2.1 ความต้องการในการออกแบบวงจรกรองแบบผ่านต่ำ

ที่มา: Lohn and Colombano [13]

2.1.2 วงจรกรองแบบผ่านสูง

วงจรกรองแบบผ่านสูง คือ วงจรกรองที่ยอมให้สัญญาณความถี่สูงทางด้านขาเข้าของวงจรสามารถผ่านไปยังด้านขาออกของวงจรได้ โดยให้มีอัตราการลดทอนของสัญญาณต่ำมาก และกำจัดสัญญาณที่มีความถี่ต่ำทางด้านขาเข้าของวงจรไม่ให้ผ่านออกไปยังด้านขาออกของวงจร โดยให้มีอัตราการลดทอนของสัญญาณสูงมาก

วงจรกรองแบบผ่านสูงยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ f_p เฮิร์ตซ์จนถึงความถี่อนันต์ผ่านได้ โดยกำหนดให้มีอัตราการกระเพื่อมของสัญญาณไม่เกิน $\pm K_p$ เดซิเบล แต่จะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ศูนย์เฮิร์ตซ์จนถึง f_s เฮิร์ตซ์ผ่านได้ โดยกำหนดให้มีอัตราการลดทอนของสัญญาณสูงกว่า K_s เดซิเบล และระยะของช่วงความถี่ตั้งแต่ศูนย์เฮิร์ตซ์ถึง f_p เฮิร์ตซ์จะเรียกว่า ช่วงความถี่ที่ไม่ยอมให้สัญญาณผ่านได้ ระยะของช่วงความถี่ตั้งแต่ f_p เฮิร์ตซ์จนถึงความถี่อนันต์เรียกว่า ช่วงความถี่ที่ยอมให้สัญญาณผ่านได้ และระยะของช่วงความถี่ระหว่าง f_s เฮิร์ตซ์ถึง f_p เฮิร์ตซ์เรียกว่า ช่วงความถี่ที่กำลังเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณตามลำดับ เช่นเดียวกันกับช่วงความถี่ทั้งสามของวงจรกรองแบบผ่านต่ำ โดยความต้องการในการออกแบบวงจรกรองแบบผ่านสูงแสดงดังรูปที่ 2.2

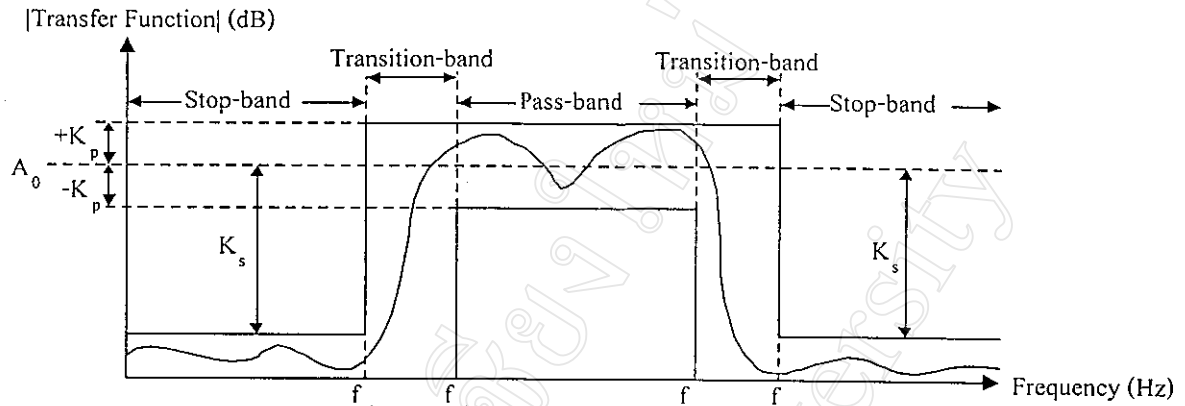


รูปที่ 2.2 ความต้องการในการออกแบบวงจรกรองแบบผ่านสูง

2.1.3 วงจรกรองแบบผ่านแถบ

วงจรกรองแบบผ่านแถบ คือ วงจรกรองที่ยอมให้สัญญาณเฉพาะในช่วงความถี่ที่กำหนดผ่านได้ โดยให้มีอัตราการลดทอนของสัญญาณต่ำมาก และกำจัดสัญญาณที่มีความถี่นอกเหนือจากช่วงความถี่ช่วงนั้นไม่ให้ผ่านออกไปยังด้านขาออกของวงจร โดยให้มีอัตราการลดทอนของสัญญาณสูงมาก

วงจรกรองแบบผ่านแถบยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ f_{p1} เฮิรตซ์จนถึงความถี่ f_{p2} เฮิรตซ์ผ่านได้ โดยกำหนดให้มีอัตราการกระเพื่อมของสัญญาณไม่เกิน $\pm K_p$ เดซิเบล แต่จะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ศูนย์เฮิรตซ์จนถึง f_{s1} เฮิรตซ์ และสัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ f_{s2} เฮิรตซ์จนถึงความถี่อนันต์ผ่านได้ โดยกำหนดให้มีอัตราการลดทอนของสัญญาณสูงกว่า K_s เดซิเบลและระยะของช่วงความถี่ตั้งแต่ f_{p1} เฮิรตซ์ถึง f_{p2} เฮิรตซ์จะเรียกว่า ช่วงความถี่ที่ยอมให้สัญญาณผ่านได้ ระยะของช่วงความถี่ตั้งแต่ศูนย์เฮิรตซ์ถึง f_{s1} เฮิรตซ์ และช่วงความถี่ตั้งแต่ f_{s2} เฮิรตซ์ถึงความถี่อนันต์เรียกว่า ช่วงความถี่ที่ไม่ยอมให้สัญญาณผ่านได้ และระยะของช่วงความถี่ระหว่าง f_{s1} เฮิรตซ์ถึง f_{p1} เฮิรตซ์ และช่วงความถี่ระหว่าง f_{p2} เฮิรตซ์ถึง f_{s2} เฮิรตซ์ เรียกว่า ช่วงความถี่ที่กำลังเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณตามลำดับ โดยความต้องการในการออกแบบวงจรกรองแบบผ่านแถบแสดงดังรูปที่ 2.3

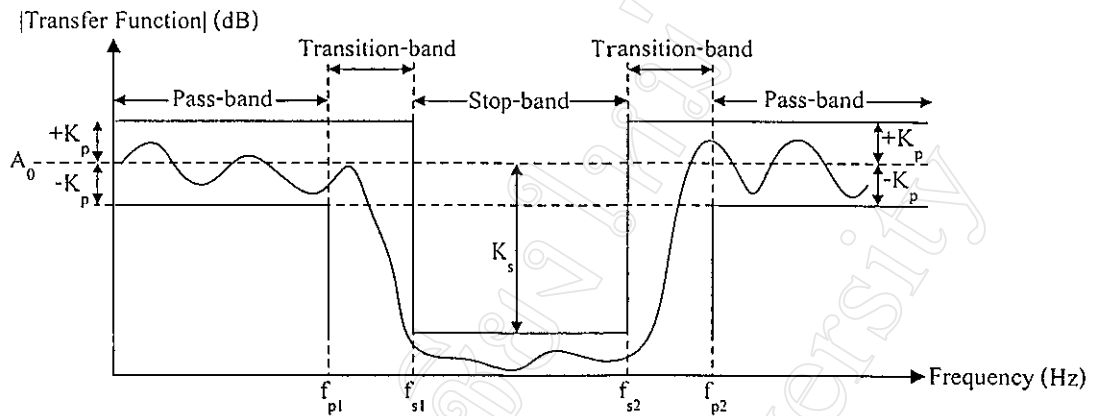


รูปที่ 2.3 ความต้องการในการออกแบบวงจรกรองแบบผ่านแถบ

2.1.4 วงจรกรองแบบก้ำจัดแถบ

วงจรกรองแบบก้ำจัดแถบ คือ วงจรกรองที่ไม่ยอมให้สัญญาณเฉพาะในช่วงความถี่ที่กำหนดผ่านได้ แต่จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่นอกเหนือจากที่กำหนดผ่านไปยังด้านขาออกของวงจรได้

ในทางปฏิบัติวงจรกรองแบบก้ำจัดแถบจะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ f_{s1} เฮิรตซ์จนถึงความถี่ f_{s2} เฮิรตซ์ผ่านได้ โดยกำหนดให้มีอัตราการลดทอนของสัญญาณมากกว่า K_s เดซิเบล แต่จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ศูนย์เฮิรตซ์จนถึง f_{p1} เฮิรตซ์ และสัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ f_{p2} เฮิรตซ์จนถึงความถี่อนันต์ผ่านได้ โดยกำหนดให้มีอัตราการกระเพื่อมของสัญญาณไม่เกิน $\pm K_p$ เดซิเบล และระยะของช่วงความถี่ตั้งแต่ศูนย์เฮิรตซ์ถึง f_{p1} เฮิรตซ์และช่วงความถี่ f_{p2} เฮิรตซ์ถึงความถี่อนันต์จะเรียกว่า ช่วงความถี่ที่ยอมให้สัญญาณผ่านได้ ระยะของช่วงความถี่ตั้งแต่ f_{s1} เฮิรตซ์ถึง f_{s2} เฮิรตซ์เรียกว่า ช่วงความถี่ที่ไม่ยอมให้สัญญาณผ่านได้ และระยะของช่วงความถี่ระหว่าง f_{p1} เฮิรตซ์ถึง f_{s1} เฮิรตซ์ และช่วงความถี่ระหว่าง f_{s2} เฮิรตซ์ถึง f_{p2} เฮิรตซ์เรียกว่า ช่วงความถี่ที่กำลังเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ ตามลำดับ โดยความต้องการในการออกแบบวงจรกรองแบบก้ำจัดแถบแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ความต้องการในการออกแบบวงจรกรองแบบก้ำจัดแถบ

2.2 เจนเนติกอัลกอริทึม

เจนเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการหาคำตอบที่เลียนแบบการคัดเลือกเพื่อความอยู่รอดและการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ โดยเริ่มจากการสร้างชุดคำตอบปัญหาเริ่มต้นแบบสุ่ม ที่เรียกว่า ประชากร (Population) และประชากรแต่ละตัวจะเรียกว่า โครโมโซม (Chromosome) ซึ่งโดยปกติแล้วโครโมโซมจะเป็นลักษณะของรหัสต่างๆ ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่แทนค่ารหัสภายในโครโมโซมเรียกว่า ยีนส์ (Genes) และโครโมโซมเหล่านี้จะถูกทำให้ผ่านการวิวัฒนาการไปในแต่ละรุ่น (Generation) ทำให้ได้โครโมโซมที่มีลักษณะดีขึ้น จนได้เป็นคำตอบตามต้องการในที่สุด

โครโมโซมที่ดี คือ โครโมโซมที่เหมาะสมที่จะเป็นคำตอบของปัญหา เช่น หากกำหนดฟังก์ชันการหาค่าความเหมาะสมให้ค่าศูนย์ คือค่าคำตอบที่ดีที่สุด และค่าจำนวนจริงบวกมากเป็นคำตอบที่แย่ลงตามลำดับ จะเห็นได้ว่า โครโมโซมที่ดี คือโครโมโซมที่มีค่าเป็นจำนวนจริงบวกที่เข้าใกล้ค่าศูนย์นั่นเอง และหากโครโมโซมมีความเหมาะสมเท่ากับศูนย์ก็คือ โครโมโซมที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นเป้าหมายของการค้นหาคำตอบเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดของเจนเนติกอัลกอริทึมนั่นเอง

โครโมโซมต่างๆของประชากรจะถูกถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของแต่ละตัวไปสู่โครโมโซมรุ่นลูก โดยผ่านกระบวนการทางเจนเนติกอัลกอริทึม 2 แบบ ได้แก่ การครอสโอเวอร์ (Crossover) และการมิวเตชัน (Mutation) ซึ่งกระบวนการทั้งสองนี้จะช่วยทำให้โครโมโซมรุ่นลูกที่ได้มีลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งอาจได้ทั้งโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมดีขึ้นหรือแย่ลง โดยโครโมโซมรุ่นลูกเหล่านี้ จะถูกนำไปผ่านการคัดเลือก (Selection) ทำให้โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมดีมีโอกาสอยู่รอดไปเป็นประชากรในรุ่นถัดไปและ โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมแย่จะมีโอกาสถูกกำจัดออกไป เมื่อผ่านขบวนการวิวัฒนาการของเจนเนติก

อัลกอริทึมไปเรื่อยๆ จึงได้โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมดีขึ้น จนได้เป็นโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่เป็นคำตอบของการแก้ปัญหาในที่สุด

2.2.1 การเข้ารหัสโครโมโซม

การเข้ารหัสโครโมโซม (Chromosome Representation) คือการเข้ารหัสจากคำตอบของปัญหา ไปเป็นรหัสที่สามารถใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการแก้ไขปัญหานั้นๆ ได้ โดยประชากรแต่ละตัวจะเรียกว่า โครโมโซม (Chromosome) โดยในโครโมโซมประกอบด้วยยีนส์ (Genes) ต่างๆ ซึ่งถูกเข้ารหัสโดยแทนด้วยชุดของตัวเลขที่มีลักษณะเป็นสาย (String) โครโมโซมเหล่านี้มีรูปแบบของการจัดเรียงของยีนส์ภายในที่ต่างกันออกไป ทำให้มีค่าความเหมาะสมแตกต่างกันไป ทั้งนี้การกำหนดฟังก์ชันในการหาค่าความเหมาะสมขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบในการประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาดังกล่าว

การเข้ารหัสของโครโมโซม สามารถทำได้หลายวิธี ตามแนวคิดของผู้ออกแบบ และลักษณะของปัญหาที่ต้องการแก้ปัญหานั้นๆ เช่น การเข้ารหัสของโครโมโซมที่แทนด้วยเลขฐานสอง การเข้ารหัสของโครโมโซมที่แทนด้วยเลขจำนวนเต็ม การเข้ารหัสของโครโมโซมที่แทนด้วยเลขจำนวนจริง และการเข้ารหัสของโครโมโซมที่แทนด้วยสัญลักษณ์ของตัวอักษรใดๆ เป็นต้น โดยตัวอย่างการเข้ารหัสของโครโมโซมที่แทนด้วยเลขฐานสอง แสดงได้ดังนี้

0 1 1 1 0 1 1 0 0 1

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการเข้ารหัสของโครโมโซมที่แทนด้วยเลขฐานสอง

การเข้ารหัสที่ดีนั้นมีความสำคัญมากที่จะทำให้การค้นหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึมสามารถหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยหลักการสำคัญในการเข้ารหัสที่ถูกต้องมีดังนี้

- การเข้ารหัสโครโมโซมและการถอดรหัสเป็นคำตอบของปัญหาควรมีความสัมพันธ์แบบ 1 ต่อ 1 นั่นคือ รหัสของโครโมโซมใดๆ ควรแทนคำตอบได้เพียง 1 คำตอบเท่านั้น และไม่ควรมีโครโมโซม 2 ตัวใดที่สามารถถอดรหัสได้คำตอบที่เหมือนกันทุกประการ ซึ่งการเข้ารหัสและถอดรหัส ที่มีความสัมพันธ์ไม่เป็นแบบ 1 ต่อ 1 นั้น เรียกว่า ความซ้ำซ้อนของการถอดรหัสและความซ้ำซ้อนของโครโมโซม ตามลำดับ

- โครโมโซมรุ่นลูกที่เกิดจากการมีวเตชันหรือครอสโอเวอร์ของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ควรเป็นโครโมโซมที่สามารถถอดรหัสเป็นคำตอบได้ เนื่องจากหากมีโครโมโซมรุ่นลูกที่เกิดจากการมีวเตชันหรือครอสโอเวอร์เป็นโครโมโซมที่ไม่สามารถถอดรหัสเป็นคำตอบได้ (Illegal Chromosome) จะต้องมีกระบวนการพิเศษที่เพิ่มเข้าไปเพื่อกำจัดโครโมโซมที่ผิดพลาดเหล่านี้ออกไป ซึ่งทำให้การทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึมช้าลงได้

2.2.2 ฟังก์ชันจุดประสงค์และฟังก์ชันค่าความเหมาะสม

ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) คือ ฟังก์ชันที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดว่าโครโมโซมแต่ละตัวนั้นสมควรที่จะเป็นคำตอบของปัญหามากเพียงใด สำหรับฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function) จะถูกใช้ในขั้นตอนการเลือกเท่านั้น โดยฟังก์ชันค่าความเหมาะสมสามารถหาได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์นั่นเอง ดังนั้นในบางงานวิจัยจึงนิยมใช้ฟังก์ชันจุดประสงค์เป็นฟังก์ชันค่าความเหมาะสมด้วย แต่จุดสำคัญที่แตกต่างกันระหว่างค่าฟังก์ชันจุดประสงค์และฟังก์ชันค่าความเหมาะสม คือ ฟังก์ชันจุดประสงค์จะใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบว่าโครโมโซมแต่ละตัวเป็นคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ ดังนั้นในทุกรอบของการทำงานจึงต้องใช้ค่าฟังก์ชันจุดประสงค์เดียวกันเท่านั้น เพื่อที่จะทำให้สามารถเปรียบเทียบได้ว่า โครโมโซมในประชากรรุ่นใหม่ดีกว่าหรือแย่กว่าในประชากรรุ่นก่อน แต่ฟังก์ชันค่าความเหมาะสมเป็นเพียงฟังก์ชันที่จะใช้กำหนดโอกาสในการถูกเลือกในขั้นตอนการเลือกเท่านั้น เช่น อาจกำหนดให้ความกดดันในการเลือกโครโมโซมไปเป็นประชากรรุ่นต่อไปในรุ่นแรกมีความกดดันต่ำเพื่อให้โครโมโซมที่ยังมีค่าฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ไม่ดีพอ ยังสามารถอยู่รอดในประชากรรุ่นถัดไปได้ เพราะในบางครั้งอาจมีส่วนที่ดีแฝงอยู่ในตัวโครโมโซมเหล่านั้นได้ และจะเพิ่มความกดดันในการเลือกเมื่อผ่านจำนวนรอบการทำงานมากขึ้น [3] จึงสามารถเปลี่ยนรูปแบบหรือค่าพารามิเตอร์บางตัวในฟังก์ชันค่าความเหมาะสมได้ ดังนั้นฟังก์ชันค่าความเหมาะสมในแต่ละรุ่นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องมีค่าเท่ากัน ตัวอย่างการแก้ปัญหา เช่น ต้องการหาค่า x ที่ทำให้ค่า y ในสมการที่ (2.1) มีค่ามากที่สุด

$$y = 21.5 + x_1 \sin(4\pi x_1) + x_2 \sin(20\pi x_2) \quad (2.1)$$

สมการนี้ คือ ฟังก์ชันจุดประสงค์นั่นเอง โดยมีค่า x_1 และ x_2 เป็นตัวแปรอิสระ และค่า y เป็นตัวแปรตาม โดยคำตอบของปัญหาที่ต้องการคือ ต้องการทราบค่า x_1 และ x_2 ที่ทำให้ค่า y มีค่ามากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่า ถ้าค่า y มีค่ามาก ก็จะเป็นคำตอบที่ดี และค่า y น้อย จะเป็นคำตอบที่ไม่ดีนั่นเอง

สำหรับการหาค่าความเหมาะสมนั้น อาจกำหนดให้ใช้ฟังก์ชันดังสมการ (2.2)

$$\text{Fitness} = (21.5 + x_1 \sin(4\pi x_1) + x_2 \sin(20\pi x_2))^{generation/10} \quad (2.2)$$

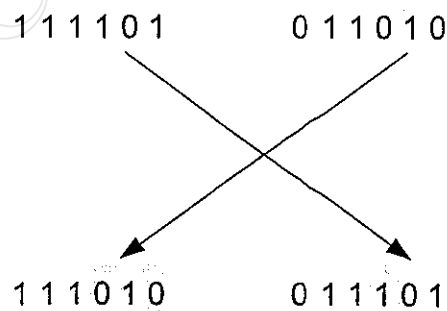
เมื่อ Fitness คือ ค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม

generation คือ จำนวนรุ่นการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม

จากสมการ (2.2) จะเห็นว่า ในรุ่นแรกๆ ค่าความเหมาะสมจะถูกยกกำลังด้วยค่า $generation/10$ หรือก็คือการถอดรากที่ $generation/10$ ซึ่งจะทำให้ค่าความเหมาะสมถูกปรับให้มีค่าเข้าใกล้ค่า 1 เช่น รากที่ 2 ของ 0.01 เท่ากับ 0.1 และรากที่สองของ 100 มีค่าเท่ากับ 10 เป็นต้น และเมื่อถึงจำนวนรอบที่ 10 ฟังก์ชันค่าความเหมาะสมจะมีค่าเหมือนกับฟังก์ชันจุดประสงค์ และเมื่อจำนวนรอบการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึมมากขึ้น จะเพิ่มความกดดันในการเลือกให้สูงขึ้น

2.2.3 การครอสโอเวอร์

การครอสโอเวอร์ (Crossover) เป็นขบวนการที่ใช้แลกเปลี่ยนลักษณะของยีนส์ภายในโครโมโซมรุ่นพ่อแม่สองตัว ซึ่งจะทำให้ได้รุ่นลูกที่ได้ยีนส์มาจากโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ตนเอง โดยตัวอย่างของการครอสโอเวอร์อย่างง่าย คือ การครอสโอเวอร์โดยใช้วิธีสุ่มเลือกจุดที่ต้องการครอสโอเวอร์ (One-point Crossover) จากนั้น จึงนำยีนส์ของรุ่นพ่อแม่ 2 ตัว สลับกันระหว่างจุดครอสโอเวอร์ทั้งสองด้านนี้ ซึ่งจะทำให้ได้โครโมโซมรุ่นลูกจำนวน 2 ตัวเช่นเดิม ตัวอย่างการ ครอสโอเวอร์ แสดงได้ดังรูปที่ 2.6



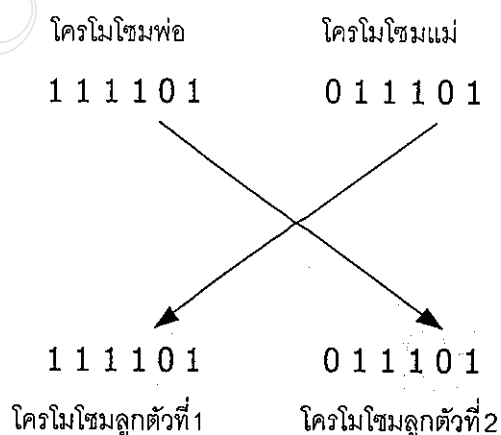
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการครอส โอเวอร์อย่างง่าย

โดยการครอสโอเวอร์มีขั้นตอนดังนี้

- สุ่มโครโมโซมจากประชากรรุ่นพ่อแม่จำนวนสองตัว เพื่อนำมาใช้ในการครอสโอเวอร์
- สุ่มจุดที่จะทำการครอสโอเวอร์ เช่น จากตัวอย่างในรูปที่ 2.6 ซึ่งโครโมโซมถูกแทนด้วยเลขฐานสองจำนวน 6 บิต (Bit) ดังนั้น ค่าของจุดที่จะสุ่มเพื่อใช้ในการครอสโอเวอร์ คือ 1 ถึง 5
- สลับยีนส์ของโครโมโซมพ่อแม่ที่แทนด้วยเลขฐานสองในตำแหน่งบิตหลังจุดครอสโอเวอร์ เช่น ในรูปที่ 2.6 จุดครอสโอเวอร์ที่สุ่มได้คือ ตำแหน่งที่ 3 ดังนั้น จึงสลับยีนส์ในตำแหน่งบิตที่ 4 5 และ 6 ของโครโมโซมพ่อแม่ ทำให้ได้โครโมโซมรุ่นลูกตัวที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

การครอสโอเวอร์มีข้อดีคือ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนยีนส์ต่างๆภายในโครโมโซม ซึ่งอาจมียีนส์ดี (ยีนส์ที่ทำให้โครโมโซมมีค่าความเหมาะสมที่ดี) ปะปนอยู่ในโครโมโซมต่างๆ ดังนั้นเมื่อโครโมโซมเหล่านี้ ถูกนำมาครอสโอเวอร์ จะทำให้มีโอกาสที่ยีนส์เหล่านี้ถูกแลกเปลี่ยนกัน ทำให้ได้รุ่นลูกที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีขึ้นนั่นเอง

สำหรับข้อจำกัดของการครอสโอเวอร์ที่ควรระวังคือ หากโครโมโซมที่ถูกเลือกมาครอสโอเวอร์นั้น มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ จะทำให้รุ่นลูกที่ได้จากการครอสโอเวอร์ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากโครโมโซมรุ่นพ่อแม่เลย ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดการวิวัฒนาการขึ้น นอกจากนี้การครอสโอเวอร์ควรคำนึงถึงลักษณะของยีนส์ภายในโครโมโซมในรุ่นลูกด้วย คือ โครโมโซมรุ่นลูกที่ได้จากการครอสโอเวอร์ ไม่ควรได้เป็นโครโมโซมที่ไม่สามารถหาค่าได้ (Illegal Chromosome) ซึ่งหากมีโครโมโซมรุ่นลูกเหล่านี้เกิดขึ้นในประชากรแล้ว ทำให้ต้องเสียเวลาในการค้นหาโครโมโซมเหล่านี้เพื่อกำจัดให้หมดไปจากประชากร ซึ่งจะทำให้ใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้น โดยตัวอย่างการครอสโอเวอร์ของโครโมโซมพ่อแม่ที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการแสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การครอสโอเวอร์ของโครโมโซมพ่อแม่ที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ

2.2.4 การมิวเตชัน

การมิวเตชัน (Mutation) เป็นการเลียนแบบการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตทางธรรมชาติในอีกรูปแบบหนึ่ง โดยมีแนวคิดคล้ายกับการกลายพันธุ์ กล่าวคือ การมิวเตชันจะสุ่มโครโมโซมจากประชากรรุ่นพ่อแม่ขึ้นมา จากนั้นจึงเปลี่ยนแปลงค่าของยีนส์ ณ ตำแหน่งหนึ่งๆ ภายในโครโมโซมที่ถูกเลือกมานั้น เป็นผลให้โครโมโซมตัวนี้มีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ได้เป็นโครโมโซมรุ่นลูก ซึ่งมีค่าความเหมาะสมที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

โครโมโซมรุ่นพ่อแม่

1 0 1 1 0 1



1 0 1 0 0 1

โครโมโซมรุ่นลูก

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการมิวเตชัน

ดังจะเห็นได้ว่า การมิวเตชันนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นลูกที่มีลักษณะ ผิดแปลกไปจากโครโมโซมเดิมในรุ่นพ่อแม่ ซึ่งจะมีเพิ่มโอกาสให้เจนเนติกอัลกอริทึมสามารถ ค้นหาคำตอบที่แปลกใหม่ได้นั่นเอง

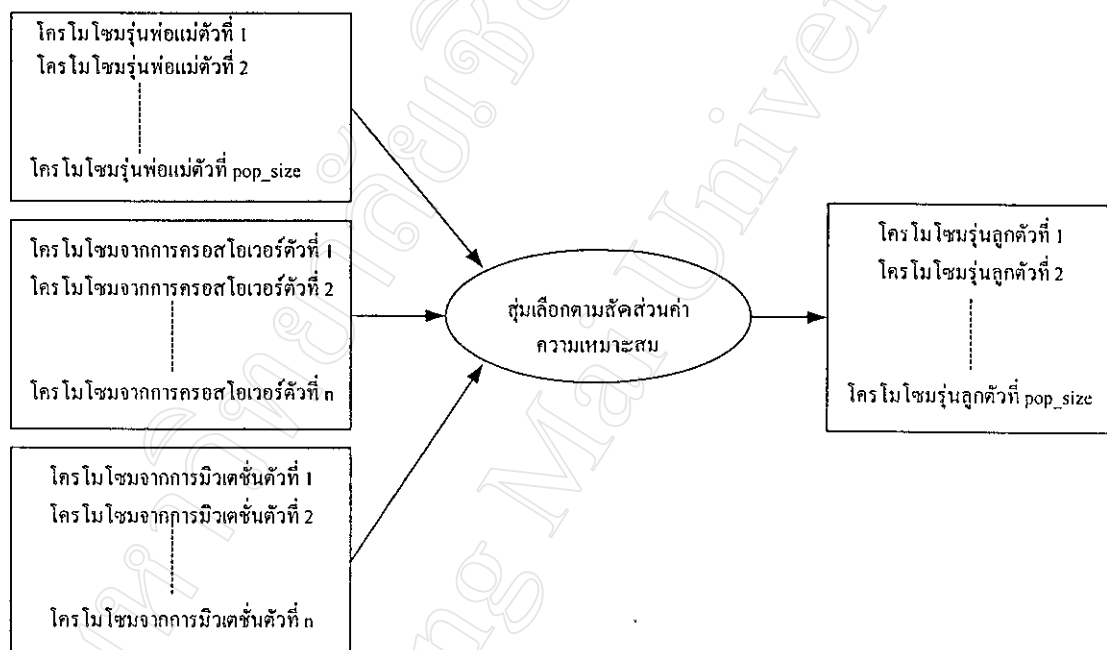
2.2.5 การเลือก

เมื่อได้โครโมโซมรุ่นลูกจากการครอสโอเวอร์และมิวเตชันแล้ว ต่อไปจึงใช้การคัดเลือก (Selection) เพื่อหาโครโมโซมที่จะเป็นประชากรในรุ่นถัดไป โดยจะอาศัยหลักของกฎการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต คือ โครโมโซมใดที่มีค่าความเหมาะสมที่ดี จะมีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกไปเป็นประชากรในรุ่นต่อไปได้มาก และในทำนองเดียวกันโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมแย่ จะมีโอกาสที่จะถูกกำจัดออกไปจากประชากรในรุ่นต่อไปในที่สุด

วิธีการเลือกที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ การเลือกแบบหมุนกงล้อ (Roulette Wheel Selection) ซึ่งเปรียบได้กับการหมุนกงล้อ โดยกงล้อจะถูกแบ่งออกเป็นช่องต่างๆ ซึ่งคือ โครโมโซมต่างๆ ที่จะถูกเลือก โดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดี จะมีช่องหรือโอกาสที่จะถูกเลือกได้มาก จากนั้นจึงหมุนกงล้อ เพื่อสุ่มว่า เมื่อกงล้อหยุดจะชี้หรือเลือกไปยังโครโมโซมใด และเมื่อหมุนกงล้อครบตามจำนวนประชากร ก็จะได้โครโมโซมที่เป็นประชากรในรุ่นถัดไป ซึ่งการเลือก

แบบกลื่อนี้ เรียกว่า เป็นการเลือกแบบสุ่มตาม สัดส่วนของค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมนั่นเอง

การเลือกแบบนี้จะสุ่มเลือกโครโมโซมจากโครโมโซมของประชากรในรุ่นพ่อแม่ และโครโมโซมรุ่นลูกที่ได้จากการมีวเตชันและครอส โอเวอร์ ซึ่งเหตุผลที่ไม่ได้สุ่มเลือกเฉพาะโครโมโซมจากรุ่นลูกโดยตรงเพื่อเป็นการป้องกันการสูญหาย (สูญพันธุ์) ของโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีในประชากรรุ่นพ่อแม่ด้วย ตัวอย่างในการเลือกโครโมโซมไปเป็นประชากรรุ่นถัดไปแสดงดังรูปที่ 2.9

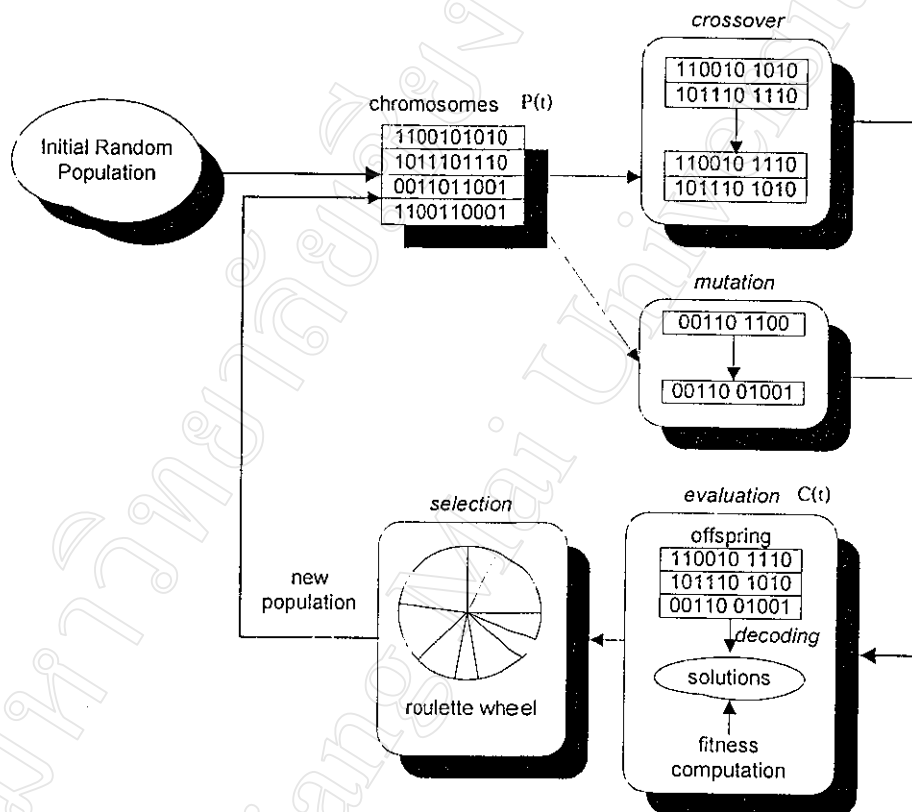


รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการเลือกโครโมโซมไปเป็นประชากรในรุ่นถัดไป

2.2.6 โครงสร้างการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม

การทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึมจะเริ่มต้นจากการสุ่มประชากรเริ่มต้นขึ้นเป็นประชากรในรุ่นพ่อแม่รุ่นแรก จากนั้นจึงนำประชากรเหล่านี้มาหาค่าความเหมาะสมก่อนและเก็บค่าคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมดีที่สุดไว้เป็นคำตอบของปัญหา จากนั้นจึงนำประชากรรุ่นพ่อแม่นี้ มาผ่านกระบวนการครอส โอเวอร์และมิวเตชัน ซึ่งจะทำได้โครโมโซมรุ่นลูกเกิดขึ้น จากนั้นจึงนำโครโมโซมรุ่นลูกที่ได้นี้ รวมทั้งโครโมโซมของประชากรในรุ่นพ่อแม่ทั้งหมด มาผ่านการเลือกตามสัดส่วนของค่าความเหมาะสม โดยโครโมโซมตัวใดที่มีค่าความเหมาะสมดี จะมีโอกาสถูกคัดเลือกไปเป็นประชากรในรุ่นถัดไปได้มากกว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมแย่ ซึ่งมีโอกาสที่โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมดีจะถูกคัดเลือกไปเป็นประชากรในรุ่นถัดไปได้มาก

กว่า 1 ครั้ง และในทำนองเดียวกัน โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมแย่อาจจะไม่ถูกเลือกไปเป็นประชากรรุ่นถัดไปได้ ทั้งหมดนี้เรียกว่าเป็นการวนทำงานครบ 1 รอบ (Epoch) จากนั้นจึงนำประชากรรุ่นใหม่ที่ได้นี้ไปวนหาค่าความเหมาะสม ผ่านขบวนการครอสโอเวอร์และมิวเตชัน และการเลือกต่อไป จนกว่าจะพบโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมดีที่สุดจึงหยุดการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม โดยโครงสร้างการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึมแสดงได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 โครงสร้างการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม