

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม  
แบบพหุบุพการีสำหรับสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

MULTIPLE PARENTS GENETIC ALGORITHM OPTIMIZATION SCHEME  
FOR LINEAR ARRAY ANTENNA SYNTHESIS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-D-018-177

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม  
แบบพหุบุพการีสำหรับสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

MULTIPLE PARENTS GENETIC ALGORITHM OPTIMIZATION SCHEME  
FOR LINEAR ARRAY ANTENNA SYNTHESIS



T148657

สรายุทธ ทดนาที  
SARAYOOT TODNATEE

เลขที่  
เลขทะเบียน 148657  
วันเดือนปี 14 พ.ย. 2560

b. 00263211  
l. ....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-D-018-177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MULTIPLE PARENTS GENETIC ALGORITHM OPTIMIZATION SCHEME  
FOR LINEAR ARRAY ANTENNA SYNTHESIS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULLFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
DOCTOR OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2016  
KMITL-2016-EN-D-018-177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

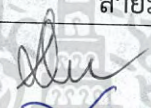
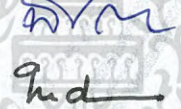

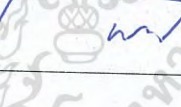

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบพหุบุพการี  
สำหรับสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น  
Thesis Title Multiple Parents Genetic Algorithm Optimization Scheme for Linear Array  
Antenna Synthesis  
นักศึกษา นายสรายุทธ ทดนาที  
รหัสประจำตัว 53600109  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพานิชย์  
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-D-018-177

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ศ.ดร.โมไนย ไกรฤกษ์		
ผศ.ดร.พิชญ์ สุพรรณกุล		
ผศ.ดร.ทับทิม อ่างแก้ว		
ผศ.ดร.ศรวัดน์ ชิวปรีชา		
รศ.ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพานิชย์		

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพุธที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2559 เวลา 15.00-17.00 น.  
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
คณะบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
วันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม
นักศึกษา	นายสรายุทธ ทดนาที่
รหัสนักศึกษา	53610109
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ชูวงศ์ พงศ์เจริญพาณิชย์

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ ได้นำเสนอวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม สำหรับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีโครงสร้างไม่คงที่ เป้าหมายของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำเสนอนี้ ต้องการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ที่มีระดับของสัญญาณลำคลื่นด้านข้างมีค่าน้อยกว่า -20 dB สำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้นำเสนอระเบียบวิธีการทำซ้ำ ในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น พร้อมกับระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ และจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นในเวลาเดียวกัน โดยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นจะใช้ระเบียบวิธีการทำซ้ำในการลดองค์ประกอบแถวลำดับของค่าสัมบูรณ์สัมประสิทธิ์การกระตุ้นสายอากาศที่มีค่าน้อยที่สุด ออกจากโครงสร้างของแถวลำดับ และทำการลดองค์ประกอบแถวลำดับต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดทำการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด (ระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างมีค่ามากกว่า -20 dB) กระบวนการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมจะทำการเพิ่มองค์ประกอบแถวลำดับเข้าสู่โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น แล้วทำการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นให้ได้ตามเป้าหมายการออกแบบ ผลของกระบวนการทำซ้ำด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนี้แสดงให้เห็นว่า สามารถสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีรูปแบบโครงสร้างไม่คงที่ เป็นไปตามเป้าหมายของการออกแบบ (ระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างมีค่าน้อยกว่า -20 dB)

Thesis Title	Multiple Parents Genetic Algorithm Optimization Scheme for Linear Array Antenna Synthesis
Student	Mr. Sarayoot Todnatee
Student ID	53610109
Degree	Doctor of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Chuwong Phongcharoenpanich

### ABSTRACT

This thesis has proposed the iterative generic algorithm (GA) optimization scheme to synthesize the radiation pattern of an aperiodic linear array antenna. The aim of the iterative optimization is to achieve a radiation pattern with a side lobe level of  $\leq -20$  dB. In the optimization, the proposed scheme iteratively optimizes the array range and the number of array elements, whereby the array element with the lowest absolute complex weight coefficient is first removed and then the second lowest and so on. The removal (the element reduction) is terminated once the SLL is greater than  $-20$  dB ( $> -20$  dB) and the elemental increment mechanism is triggered. The results indicate that the proposed iterative GA optimization scheme is applicable to the non-uniform linear array antenna and also is capable of synthesizing the radiation pattern with SLL  $\leq -20$  dB.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ชวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์ เป็นผู้ให้โอกาสในการศึกษากับข้าพเจ้า พร้อมทั้งชี้แนะและแนะนำแนวทางสิ่งที่เป็นประโยชน์ไม่ว่าจะเป็น การทำงานและการศึกษา อุดหนุนและดูแลลูกศิษย์อย่างข้าพเจ้าเป็นอย่างดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่าง มาก ขอขอบคุณ คุณพิชานันท์ วงศ์ศิริธร เพื่อนผู้ให้ความดูแลเอาใจใส่ข้าพเจ้าโดยไม่หวังสิ่งใดตอบแทน และติดตามงานของข้าพเจ้าอย่างใกล้ชิด โดยไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค ขอขอบคุณ คุณรัศมีทิพย์ แผนสมบูรณ์ คุณอานนท์ สกกลคณาพงษ์ ที่ดูแลข้าพเจ้าในช่วงเวลาสุดท้ายในการทำงาน พร้อมทั้งดูแลเป็นธุระจนสำเร็จ ลุล่วง และต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ห้องปฏิบัติการไร้สายทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้าด้วยดี เสมอมา

ขอขอบพระคุณครอบครัว กระต่ายนาคทุกท่านที่อดทนและดูแลข้าพเจ้าเสมือนลูกให้การ สนับสนุน และให้กำลังใจ ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมาโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณโสภิตา กระต่ายนาค ผู้ซึ่งให้ กำลังใจข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณคุณศศิธร ศรีสมสุข ที่ดูแลเอาใจใส่ข้าพเจ้าพร้อมทั้งคุณวชิรวิษณุ ทดนาที ผู้ซึ่งเป็น กำลังใจที่ดีในการต่อสู้กับอุปสรรคจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสงวน ทดนาที คุณแม่รำไพ ทดนาที บิดาและ มารดาผู้ให้การสนับสนุนให้กำลังใจ ผู้เสียสละทั้งปวงเพื่อข้าพเจ้า ผู้ที่ทำให้ข้าพเจ้าไม่เคยย่อท้อต่อ อุปสรรคทั้งปวง หากคุณงามความดีอันดีที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก็ขอมอบความดีทั้งหลายแด่ผู้มี พระคุณ ซึ่งเป็นที่รักยิ่งของข้าพเจ้าด้วยเทอญ

สรายุทธ ทดนาที

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญรูปภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 ความสำคัญของงานวิจัย.....	7
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขต.....	7
1.4 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์.....	8
บทที่ 2 หลักการของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดและสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น.....	9
2.1 บทนำ.....	9
2.2 หลักการของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด.....	9
2.2.1 การกำหนดปัญหา.....	10
2.2.2 รูปแบบของปัญหาที่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์.....	10
2.2.3 ทดสอบรูปแบบฟังก์ชันวัตถุประสงค์กับผลลัพธ์ของปัญหา.....	11
2.2.4 การนำผลลัพธ์หรือค่าคำตอบไปใช้งาน.....	11
2.3 ระเบียบวิธีเชิงวิวัฒนาการสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด.....	11
2.3.1 กระบวนการอย่างง่าย ในรูปแบบของกระบวนการเชิงวิวัฒนาการ.....	11
2.3.2 กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดผ่านการปรับโครงสร้าง.....	12
2.3.3 ระบบการปรับเปลี่ยนกับส่วนประกอบหลัก กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด.....	14
2.3.4 กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมเชิงวิวัฒนาการ ด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม.....	17
2.4 สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น.....	19
2.4.1 สายอากาศแถวลำดับด้วยองค์ประกอบแถวลำดับขนาดสองของไดโพล.....	19

## สารบัญญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แผนผังของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงวิวัฒนาการ.....	2
1.2 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับองค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นจำนวน $N$ .....	4
1.3 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสนามไฟฟ้า.....	5
2.1 กระบวนการเชิงวิวัฒนาการสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด.....	12
2.2 กระบวนการเชิงวิวัฒนาการของกลุ่มสมาชิกที่อยู่รูปพื้นที่จีโอโทปและฟีโนโทป.....	13
2.3 กระบวนการเลือกและการเปลี่ยนแปลงของปฏิสัมพันธ์ฟีโนโทปและจีโนโทป.....	14
2.4 กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมเชิงวิวัฒนาการของระบบการปรับเปลี่ยน.....	15
2.5 ระเบียบวิธีระบบการปรับเปลี่ยนเชิงวิวัฒนาการด้วยการทำซ้ำ.....	16
2.6 พื้นที่ของโครงสร้างสำหรับกระบวนการเชิงวิวัฒนาการด้วยระเบียบเชิงพันธุกรรม.....	17
2.7 แผนผังกระบวนการเชิงวิวัฒนาการกับระเบียบเชิงพันธุกรรม.....	19
2.8 โครงสร้างของสายอากาศโตโพลแถวลำดับเชิงเส้นถูกจัดเรียงตามแนวแกน $z$ .....	21
2.9 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับ ด้วยองค์ประกอบแถวลำดับขนาด $N$ วางตามแนวแกน $z$ กับสนามไฟฟ้าระยะไกล.....	23
2.10 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับ ด้วยองค์ประกอบแถวลำดับขนาด $N$ แบบคู่และแบบคี่.....	25
2.11 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ด้วยการกระตุ้นสี่ประสิทธิรูปแบบเดียว.....	27
2.12 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น กับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างเท่ากับ $-10\text{dB}$ .....	28
2.13 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น กับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างเท่ากับ $-20\text{dB}$ .....	28
2.14 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น กับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างเท่ากับ $-30\text{dB}$ .....	29
2.15 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น กับระเบียบวิธีการจำลองการอบเหนียว.....	29
2.16 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น กับระเบียบวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยอนุภาคกลุ่ม.....	30
2.17 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น กับระเบียบวิธีการทำซ้ำที่ลดองค์ประกอบแถวลำดับแบบกลุ่ม.....	30

## สารบัญญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.17 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของการสังเคราะห์สายอากาศแกลวลำดับเชิงเส้น กั้ระเบียบวิธีการทำซ้ำที่ลตองค้ประกอบแกลวลำดับแบบกลุ่ม.....	31
3.1 การออกแบบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด.....	33
3.2 ลักษณะของยีนในระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม.....	35
3.3 ลักษณะของโครโมโซมในระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม.....	36
3.4 กลุ่มสมาชิกของโครโมโซมในระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม.....	36
3.5 กระบวนการเลือกสมาชิกด้วยวงล้อหมุน.....	38
3.6 กระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้ 1 จุด.....	39
3.7 กระบวนการตัวปฏิบัติการแบบไขว้รูปแบบพหุพการี.....	40
3.8 กระบวนการตัวปฏิบัติการแบบไขว้หลายจุดตัด.....	41
3.9 กระบวนการตัวปฏิบัติการกลายพันธ์.....	42
3.10 แผนผังแสดงลำดับการทำงานของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม.....	43
4.1 การวิเคราะห์ตัวปฏิบัติการแบบไขว้ด้วยพหุพการีและหนึ่งจุดตัด.....	47
4.2 การวิเคราะห์ตัวปฏิบัติการแบบไขว้ด้วยพหุพการีและสองจุดตัด.....	48
4.3 การวิเคราะห์ตัวปฏิบัติการแบบไขว้ด้วยพหุพการีและจุดตัดเป็นจำนวน $N$ .....	48
4.4 เปรียบเทียบกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้แบบพหุพการีแบบหลายจุดตัด และแบบมาตรฐาน.....	50
4.5 เปรียบเทียบกระบวนการปฏิบัติการแบบกลายพันธ์กับการปรับสเต็ป.....	50
4.6 การเปรียบเทียบผลกระทบของฟังก์ชันต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 40 สมาชิก.....	51
4.7 การเปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 40 สมาชิก.....	52
4.8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 40 สมาชิก.....	52
4.9 การเปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 40 สมาชิก.....	53
4.10 การเปรียบเทียบผลกระทบของฟังก์ชันต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 80 สมาชิก.....	53
4.11 การเปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 80 สมาชิก.....	54
4.12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 80 สมาชิก.....	54

## สารบัญญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 การเปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 80 สมาชิก.....	55
4.14 การเปรียบเทียบผลกระทบของฟังก์ชันต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 120 สมาชิก.....	55
4.15 การเปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 120 สมาชิก.....	56
4.16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 120 สมาชิก.....	56
4.17 การเปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 120 สมาชิก.....	57
4.18 โครโมโซมของพารามิเตอร์ตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น.....	59
4.19 การเปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับ.....	60
4.20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับ.....	60
4.21 การเปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับ.....	61
4.22 การเปรียบเทียบแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุง แล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมรูปแบบมาตรฐาน.....	61
5.1 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น.....	64
5.2 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับปรับโครงสร้างการลดจำนวน.....	71
5.3 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับปรับโครงสร้างการเพิ่มจำนวน.....	71
5.4 แผนภาพลำดับการทำงานของกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม.....	71
5.5 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับพารามิเตอร์เริ่มต้น.....	72
5.6 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่ถูกเลือก.....	73
5.7 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับการปรับโครงสร้างในช่วง $H_1$ .....	73
5.8 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับการปรับโครงสร้างในช่วง $H_2$ .....	73
5.9 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่ถูกลด.....	74
5.10 แผนภาพลำดับการทำงานของกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม.....	74
6.1 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับระดับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้าง ที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 8 องค์ประกอบ.....	79

## สารบัญรูปร่างภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.2 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับจำนวนการคำนวณฟังก์ชันความเหมาะสม ที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 8 องค์ประกอบ.....	79
6.3 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 8 องค์ประกอบ.....	80
6.4 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ช่วงกว้างลำคลื่นเท่ากับ $[-10^\circ, 10^\circ]$ และระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างเท่ากับ $-20\text{dB}$ .....	81
6.5 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง ที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 14 องค์ประกอบ.....	83
6.6 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับจำนวนการคำนวณฟังก์ชันความเหมาะสม ที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 14 องค์ประกอบ.....	83
6.7 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 14 องค์ประกอบ.....	84
6.8 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ช่วงกว้างลำคลื่นเท่ากับ $[-5^\circ, 5^\circ]$ และระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างเท่ากับ $-20\text{dB}$ .....	85
6.9 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง ที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 12 องค์ประกอบ.....	88
6.10 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับจำนวนการคำนวณฟังก์ชันความ เหมาะสมที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 12 องค์ประกอบ.....	88
6.11 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 12 องค์ประกอบ.....	89
6.12 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ช่วงกว้างลำคลื่นเท่ากับ $[-10^\circ, 10^\circ]$ และระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างเท่ากับ $-20\text{dB}$ .....	89
6.13 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง ที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 16 องค์ประกอบ.....	92
6.14 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับจำนวนการคำนวณฟังก์ชันความ เหมาะสมที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 16 องค์ประกอบ.....	92

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.15 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 16 องค์ประกอบ.....	93
6.16 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ช่วงกว้างลำคลื่นเท่ากับ $[-5^\circ, 5^\circ]$ และระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างเท่ากับ $-20\text{dB}$ .....	94
6.16 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กับจำนวนพารามิเตอร์ตั้งต้นเท่ากับ 25 องค์ประกอบแถวลำดับ.....	96
6.17 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กับจำนวนพารามิเตอร์ตั้งต้นเท่ากับ 27 องค์ประกอบแถวลำดับ.....	96
6.18 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กับจำนวนพารามิเตอร์ตั้งต้นเท่ากับ 31 องค์ประกอบแถวลำดับ.....	96
6.19 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กับจำนวนพารามิเตอร์ตั้งต้นเท่ากับ 35 องค์ประกอบแถวลำดับ.....	97
6.20 เปรียบเทียบผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ด้วยกระบวนการทำซ้ำของการลดแบบกลุ่ม และกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม.....	98

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม.....	46
4.2 พารามิเตอร์ของกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้และแบบกลายพันธุ์.....	49
4.3 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแกลลุ่มลำดับเชิงเส้น.....	58
4.4 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสม สำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแกลลุ่มลำดับด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม.....	58
4.5 การเปรียบเทียบพารามิเตอร์จากการสังเคราะห์สายอากาศแกลลุ่มลำดับเชิงเส้น.....	62
6.1 พารามิเตอร์เริ่มต้นการสังเคราะห์ของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ของสายอากาศแกลลุ่มลำดับเชิงเส้นด้วยการบ้อนสัมพันธ์จำนวนจริง.....	77
6.2 การกำหนดค่าเริ่มต้นของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม	78
6.3 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแกลลุ่มลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนจริง.....	78
6.4 จำนวนการทำซ้ำในแต่ละรอบการทำงานต่อระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้าง สำหรับสายอากาศแกลลุ่มลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 8 องค์ประกอบ.....	80
6.5 สัมประสิทธิ์การกระตุ้นจำนวนจริงและตำแหน่งขององค์ประกอบแกลลุ่มลำดับเชิงเส้น ที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 8 องค์ประกอบ.....	81
6.6 พารามิเตอร์เริ่มต้นการสังเคราะห์ของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นช่วงกว้างลำคลื่นแคบ ของสายอากาศแกลลุ่มลำดับเชิงเส้นด้วยการบ้อนสัมพันธ์จำนวนจริง.....	82
6.7 จำนวนการทำซ้ำในแต่ละรอบการทำงานต่อระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างสำหรับ สายอากาศแกลลุ่มลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 14 องค์ประกอบ.....	84
6.8 สัมประสิทธิ์การกระตุ้นจำนวนจริงและตำแหน่งขององค์ประกอบแกลลุ่มลำดับเชิงเส้น ที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 14 องค์ประกอบ.....	85
6.9 พารามิเตอร์เริ่มต้นการสังเคราะห์ของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ของสายอากาศแกลลุ่มลำดับเชิงเส้นด้วยการบ้อนสัมพันธ์จำนวนเชิงซ้อน.....	86
6.10 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแกลลุ่มลำดับเชิงเส้น ด้วยจำนวนเชิงซ้อน.....	87
6.11 จำนวนการทำซ้ำในแต่ละรอบการทำงานต่อระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้าง สำหรับสายอากาศแกลลุ่มลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 12 องค์ประกอบ.....	90
6.12 สัมประสิทธิ์การกระตุ้นจำนวนเชิงซ้อนและตำแหน่งขององค์ประกอบแกลลุ่มลำดับเชิงเส้น ที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 12 องค์ประกอบ.....	90

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
6.13 พารามิเตอร์เริ่มต้นการสังเคราะห์ของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ช่วงกว้างลำคลื่นแคบของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ด้วยการป้อนสัมประสิทธิ์จำนวนเชิงซ้อน.....	91
6.14 จำนวนการทำซ้ำในแต่ละรอบการทำงานต่อระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้าง สำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 12 องค์ประกอบ.....	93
6.15 สัมประสิทธิ์การกระตุ้นจำนวนเชิงซ้อนและตำแหน่งขององค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้น ที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 16 องค์ประกอบ.....	94
6.16 พารามิเตอร์เริ่มต้นในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น สำหรับการเปรียบเทียบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด.....	97
6.17 เปรียบเทียบผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ด้วยกระบวนการทำซ้ำของการลดแบบกลุ่ม และกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม.....	98

# บทที่ 1

## บทนำ

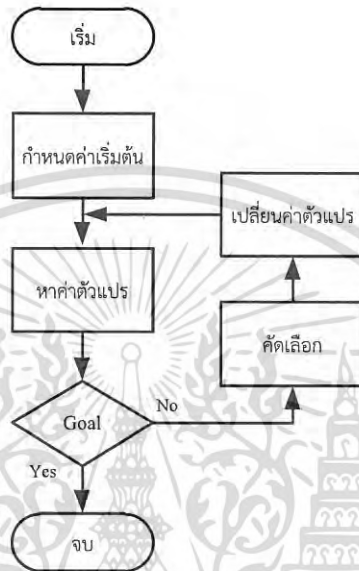
### 1.1 ความเป็นมาของปัญหา

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization method) เป็นระเบียบวิธีการหนึ่งสำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยอยู่ในรูปของฟังก์ชันของปัญหา ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมอย่างแพร่หลาย สำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมนั้น การแก้ปัญหาทางของฟังก์ชัน จะอยู่ในรูปแบบของการคำนวณหาจำนวนที่มากที่สุดหรือน้อยที่สุดของฟังก์ชัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณฟังก์ชันของปัญหา ซึ่งจะเป็นคำตอบของปัญหาที่ได้จากกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ปัจจุบันนี้ ได้มีการนำวิธีการทำกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด มาใช้อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็น ทางด้านวิทยาศาสตร์, วิศวกรรมศาสตร์, คณิตศาสตร์ และ เศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ในปัจจุบันนี้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดไม่ได้จำกัดอยู่แค่สาขาวิชาทางด้านวิศวกรรมเท่านั้น แต่กลายมาเป็นสิ่งสำคัญ และถือว่ามี ความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากการนำหลักการของ กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด มาช่วยในเรื่องของการลดต้นทุนการผลิต หรือการเพิ่มผลผลิต ในเรื่องเศรษฐศาสตร์ (Optimization method in Economics) ด้านวิศวกรรมการบินและอวกาศ มีการใช้หลักการของ กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เพื่อหาเส้นทางการบินจากโลกไปที่ดวงจันทร์และกลับลงมายังโลกอีกครั้งโดยใช้เชื้อเพลิงให้น้อยที่สุด หรือการหาโครงสร้างของเครื่องบินที่มวลน้อยที่สุด โดยเฉพาะกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในทางวิศวกรรมการสื่อสารไร้สาย และวิศวกรรมสายอากาศ ตัวอย่างของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมสายอากาศนั้นเป้าหมายของการออกแบบต้องการให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพของการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย สำหรับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมทางการเกษตรของระบบระบุลักษณะทางคลื่นความถี่วิทยุด้านความถี่ต่ำ[1][2] เป็นต้น

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมในอดีตที่ผ่านมา นั้น มีไม่มากนักและการแก้ปัญหาฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ถูกนำมาใช้ในการประยุกต์ด้วยระเบียบวิธีต่างๆ ยกตัวอย่างระเบียบวิธีนิวตัน (Newton method) ระเบียบวิธีลากรางจ์ (Lagrange method) และระเบียบวิธีคอชี (Cauchy method) ซึ่งวิธีการเหล่านี้เป็นเทคนิคของกระบวนการคิดเชิงเลขในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม[3] การพัฒนาของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด มีความหลากหลายของระเบียบวิธีมากขึ้น และมีเทคนิคต่างๆ ที่ถูกนำมาใช้ในการประยุกต์สำหรับการแก้ปัญหาอื่นๆ มากมาย ในกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบใหม่ (Modern optimization method) ได้นำเสนอระเบียบวิธีที่เรียกว่า กระบวนการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary algorithms) [4][5] โดยกระบวนการเชิงวิวัฒนาการนั้นจะมีลักษณะการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (Evolution computation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์โดยวิธีการทำซ้ำ (Iterative method) กระบวนการเชิงวิวัฒนาการนั้นมีแนวความคิดของการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยแสดงดังรูปที่ 1.1 ซึ่งเป็นแผนผังแสดงถึงกระบวนการเชิงวิวัฒนาการในการหาค่าของพารามิเตอร์ สำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ด้วยการซ้ำจนกว่าคำตอบที่ได้จากการหาค่าฟังก์ชันของปัญหาหาค่าที่เหมาะสมที่สุด



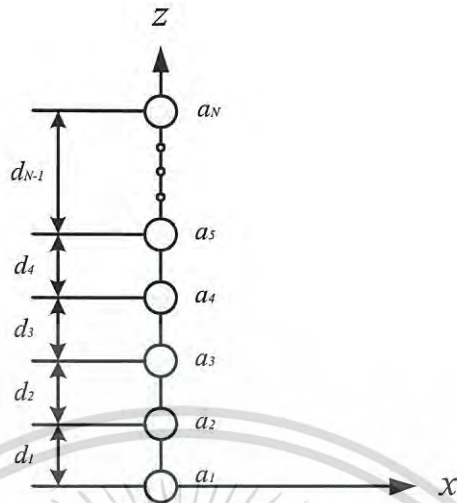
รูปที่ 1.1 แผนผังของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงวิวัฒนาการ

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมแบบใหม่ ซึ่งมีรูปการทำงานที่คล้ายคลึงธรรมชาติ โดยมีลักษณะโครงสร้างของระเบียบวิธีเชิงวิวัฒนาการ ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากว่ากระบวนการเชิงวิวัฒนาการนั้นสามารถหาคำตอบของฟังก์ชันปัญหาที่มีความซับซ้อนในเรื่องของโครงสร้างได้ดีกว่ากระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบเชิงเส้น (Linear programming) [6] โดยคำตอบที่ได้จากกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงวิวัฒนาการนั้นจะมีรูปแบบของคำตอบที่ครอบคลุม (Global solution) [7][8] ซึ่งเป็นข้อดีของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงวิวัฒนาการ อย่างไรก็ตาม คำตอบที่ได้จากกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแม้จะเป็นคำตอบที่ครอบคลุมของฟังก์ชัน แต่ก็นำมาซึ่งระยะเวลาในการคำนวณที่มีค่ามากกว่ากระบวนการที่เป็นแบบเชิงเส้น โดยช่วงระยะเวลาการคำนวณนั้นขึ้นกับการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงวิวัฒนาการ ระเบียบวิธีและเทคนิคต่างๆ ของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงวิวัฒนาการนั้นได้นำเสนอระเบียบวิธีเชิงธรรมชาติในรูปแบบต่างๆ โดยอาศัยกลไกที่มีความคล้ายคลึงการทำงานของธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการเคลื่อนที่แบบกลุ่มของอนุภาค (Particle swarm optimization) [9][10] โดยมีความเร่งของการเคลื่อนที่แบบกลุ่มและตัวเองในการจำลองของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสม ลักษณะการทำงานเป็นแบบการทำซ้ำเพื่อให้แต่ละจุดของอนุภาค

เกิดคำตอบที่รวมกลุ่มของฟังก์ชันความเหมาะสม ระเบียบวิธีในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดอีกรูปแบบ ในรูปแบบเชิงวิวัฒนาการในรูปแบบการหาค่าที่เหมาะสมในรูปแบบเวกเตอร์ค่าจริง (Real value vector) สำหรับพารามิเตอร์ที่นำมาหาค่าของฟังก์ชัน โดยใช้วิธีที่เรียกว่า กระบวนการหาผลต่างเชิงวิวัฒนาการ (Differential evolution) [11][12] ซึ่งใช้กระบวนการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ด้วยการกลายพันธุ์ของเวกเตอร์ค่าจริง (Mutation) กระบวนการทำซ้ำในรูปแบบเฟ้นสุ่ม (Stochastic systems) [13]-[16] โดยจำลองตัวเองที่นำธรรมชาติของการเย็นตัวของโลหะในการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ซึ่งอาศัยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลหะระเบียบวิธีนี้เรียกว่า การจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing) [13]-[16] กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมเชิงวิวัฒนาการที่มีความคล้ายคลึงธรรมชาติอีกแบบซึ่งเป็นการลอกเลียนแบบความเป็นมนุษย์ โดยอาศัยกลไกที่เรียกว่า โครโมโซมของกระบวนการในการถ่ายทอดคุณลักษณะของพารามิเตอร์ไปจากรุ่นสู่รุ่น ถูกนำมาใช้ในกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยมีการคัดเลือกและการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ที่นำมาหาค่าของฟังก์ชันนั้น โดยกระบวนการสุ่มเลือกด้วยความน่าจะเป็นเชิงสถิติ เรียกกระบวนการที่มีการถ่ายทอดพันธุกรรมโดยโครโมโซมนี้ว่า ระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) [17]-[21] ซึ่งกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่นำมาเสนอมาข้างต้นนั้นเป็นการประยุกต์ใช้กับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นซึ่งถูกนำมาใช้เป็นฟังก์ชันของปัญหาสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

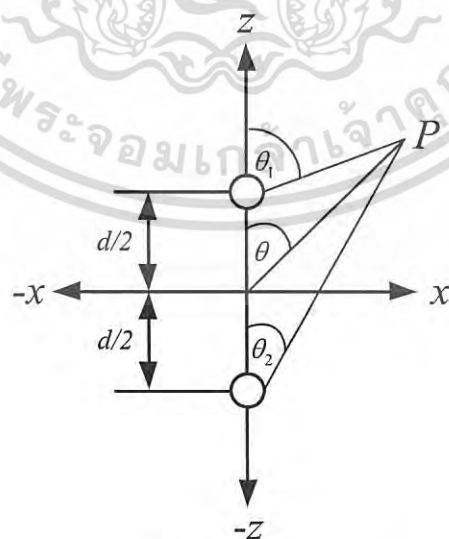
สำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นคือกระบวนการหาค่าฟังก์ชันของปัญหาที่เปลี่ยนแปลงไปตามพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดให้กับฟังก์ชัน ซึ่งค่าที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นค่าที่มากที่สุดหรือน้อยที่สุดขึ้นกับปัญหาที่เราทำการออกแบบในขั้นต้น สำหรับปัญหาที่จะถูกนำมาใช้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ในการประยุกต์ใช้นั้นถูกออกแบบมาสำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น โดยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมนั้นทำการคำนวณหาค่าของพารามิเตอร์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้ประกอบไปด้วย สัมประสิทธิ์การกระตุ้น (Excitation coefficients) และระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้น (Spacing) โดยที่พารามิเตอร์เหล่านี้เป็นส่วนประกอบของคำตอบที่จะนำมาสู่เป้าหมายในการออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นหรือที่เรียกว่า ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective function) โดยทั่วไปแล้วนั้น คุณลักษณะของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น มีอัตราการขยายที่สูง (High gain) มีช่วงกว้างลำคลื่นที่แคบ (Narrow beamwidth) มีประสิทธิภาพที่ดีในการติดต่อสื่อสารข้อมูล[22][23] รูปแบบโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น จะประกอบไปด้วยจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้น (Array elements) ซึ่งถูกวางอยู่ในแนวระนาบมีลักษณะการจัดวางเป็นเส้นตรง โดยแสดงดังรูปที่ 1.2 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่ประกอบไปด้วยจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นจำนวน  $N$ , โดยแต่ละองค์ประกอบแถวลำดับนั้น (Element array) จะประกอบไปด้วยสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



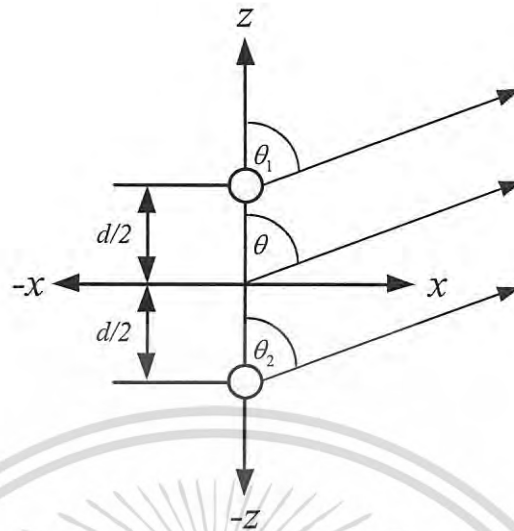
รูปที่ 1.2 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับองค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นจำนวน  $N$

ฟังก์ชันเป้าหมายสำหรับการออกแบบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นคือการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น (Synthesis radiation pattern) โดยเป็นไปตามที่กำหนด หรือเป้าหมายของการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นนั้นต้องการขนาดของลำคลื่นด้านข้างที่มีขนาดต่ำ ( $-20$  dB) อีกทั้งมีช่วงกว้างลำคลื่นที่แคบ และสามารถกำหนดขนาดของช่วงกว้างลำคลื่นที่เป็นไปตามที่ออกแบบได้ โดยการคำนวณหาแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นนั้นเป็นไปตามโครงสร้างของสายอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 1.3 โดยแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสนามไฟฟ้าที่ระยะของจุดสังเกต และโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสนามไฟฟ้าระยะไกล



(ก) สนามไฟฟ้าที่ระยะของจุดสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) สนามไฟฟ้าระยะไกล

รูปที่ 1.3 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสนามไฟฟ้า

การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นกับระดับของสัญญาณลาคี่นด้านข้างที่มีขนาดต่ำ (-20dB) การสังเคราะห์ด้วยวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ มีหลากหลายระเบียบวิธีการยกตัวอย่างเช่น วิธีการของดอล์ฟ-เชบิเชฟ (Dolph-Chebyshev) [22][23] ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณหาค่าของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นขององค์ประกอบแถวลำดับ ซึ่งสามารถคำนวณหาแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขด้วยวิธีตัวอย่างข้างต้นนั้นและระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์อื่น สามารถสังเคราะห์ได้เพียงสัมประสิทธิ์การกระตุ้นขององค์ประกอบแถวลำดับเท่านั้น จำเป็นจะต้องกำหนดค่าระยะห่างระหว่างองค์ประกอบซึ่งเป็นค่าคงที่ อีกทั้งยังต้องกำหนดค่าของจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณหาสัมประสิทธิ์การกระตุ้น กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมเชิงวิวัฒนาการนั้นเป็นการแก้ปัญหาในการคำนวณโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีความซับซ้อน (สัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับที่มีค่าไม่เท่ากัน) อีกทั้งจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นที่มีค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยที่เกิดจากการคำนวณของฟังก์ชันเป้าหมายในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ด้วยวิธีการที่เรียกว่าการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม นั่นคือสามารถคำนวณหาจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นที่มีจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมกับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น โดยกระบวนการทำซ้ำนั้นจะทำการปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนั้น ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับในเวลาเดียวกัน

เป้าหมายในการออกแบบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด คือการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นด้วยการปรับโครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีค่าเหมาะสมที่สุดโดยการเลือกให้มีจำนวนที่น้อยที่สุด [24]-[26] นั้นแสดงให้เห็นว่าเป้าหมายในการออกแบบสายอากาศแถวลำดับที่มีจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับน้อยนั้น มีความต้องการคุณลักษณะของสายอากาศที่มีขนาดโครงสร้างไม่ใหญ่มาก แต่ยังคงให้ประสิทธิภาพในการติดต่อสื่อสารให้เป็นไปตามปัญหาที่ออกแบบโดยการคำนวณหาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมสำหรับสายอากาศด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข [24]-[26] การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นด้วยจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีจำนวนไม่มากนักนั้น เป็นการแลกเปลี่ยนกัน (Trade-off) ของระดับสัญญาณลาคคลื่นด้านข้างและความกว้างลาคคลื่นหลัก ซึ่งถ้ามีความต้องการการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่มีระดับสัญญาณลาคคลื่นด้านข้างที่ต่ำและความกว้างลาคคลื่นหลักที่แคบ มีความจำเป็นต้องกำหนดโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบที่มีค่ามาก โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ด้วยวิธีการทำซ้ำของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้ว ที่ซึ่งระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมนั้นมีการทำงานของกระบวนการที่มีระยะเวลาของการคำนวณต่อรอบนั้น ใช้จำนวนครั้งในการคำนวณที่มีค่าค่อนข้างมาก สิ่งนั้นแสดงให้เห็นว่ากระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นเกิดการลู่เข้า (Convergence) [27]-[29] สู่อำนาจของคำตอบที่ซ้ำ การปรับปรุงระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่นำเสนอได้มีการปรับเปลี่ยนวิถีคิดของกระบวนการหาค่าของพารามิเตอร์ ซึ่งในระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นมีอยู่สองส่วนด้วยกันคือกระบวนการหาค่าดัดแปลงพารามิเตอร์แบบไขว้ (Crossover operator) [27]-[29] และกระบวนการดัดแปลงพารามิเตอร์แบบกลายพันธุ์ (Mutation operator) [27]-[29] โดยใช้แนวคิดแบบใหม่ในการสร้างหรือดัดแปลงพารามิเตอร์ที่สามารถหาพารามิเตอร์ที่ใช้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการคำนวณต่อรอบที่ใช้จำนวนน้อย ซึ่งได้มาของการลู่เข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมที่รวดเร็ว สำหรับงานวิจัยที่มีมาก่อนนั้น กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นนั้น ระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ด้วยการออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับจำนวนองค์ประกอบที่น้อยที่สุดที่เป็นไปได้ในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น A. H. Hussein และคณะ ได้ทำการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับการออกแบบจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่น้อยที่สุด [30] ข้อดีของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดลักษณะนี้คือสามารถกำหนดค่าขององค์ประกอบแถวลำดับเริ่มต้นที่น้อยที่สุดให้กับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้เลย ซึ่งข้อเสียคือจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับที่ถูกกำหนดนั้นอาจไม่ใช่จำนวนที่เหมาะสมที่สุดของการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ต่อมาการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับด้วยกระบวนการทำซ้ำ ซึ่งกระบวนการนี้ใช้วิธีลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่เป็นแบบกลุ่ม โดยถูกนำเสนอโดย L. Cen และคณะ[31]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของกระบวนการทำซ้ำการลดจำนวนองค์ประกอบแบบกลุ่มนั้นจะใช้จำนวนของการทำซ้ำในการลดจำนวนองค์ประกอบที่มีค่าน้อย แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการคำนวณของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดใช้เวลาที่น้อยเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่เหมาะสม ข้อเสียของระเบียบวิธีคิดนี้คือความละเอียดของการลดจำนวนนั้นอาจเป็นโครงสร้างที่หยาบ ซึ่งคำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมที่สุด

การออกแบบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่เหมาะสมที่สุด ด้วยระเบียบวิธีการทำซ้ำของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ทำการปรับปรุงแล้วนั้นถูกนำมาใช้ในการหาค่าของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ โดยกระบวนการทำซ้ำนั้นเป็นการปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นซึ่งมีผลกับการลดหรือเพิ่มจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับ โดยที่เป้าหมายในการออกแบบสายอากาศนั้นคือการได้มาซึ่งแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่มีขนาดลำคลื่นด้านข้างที่ต่ำและความกว้างลำคลื่นหลักที่แคบ

## 1.2 ความสำคัญของงานวิจัย

เนื่องจากการออกแบบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ถูกนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามีลักษณะของโครงสร้างที่มีความซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง งานด้านวิศวกรรมสายอากาศเพราะเป็นปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติของตัวสายอากาศและคุณลักษณะการแพร่กระจายคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างสายอากาศ ฉะนั้นโครงสร้างสายอากาศที่ซับซ้อนมากก็ยิ่งทำให้เกิดจำนวนตัวแปรที่ต้องการในการออกแบบที่มากตามไปด้วย เป็นเหตุให้การหาค่าพารามิเตอร์สายอากาศนั้นทำได้ยาก การออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ในปัจจุบันกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมอยู่สองแบบ คือแบบแรก เป็นกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่อาศัยการคำนวณที่มีหลักเฉพาะ ในการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าที่เหมาะสม แบบที่สองคือการอาศัยการหาค่าที่เหมาะสมด้วยความน่าจะเป็น ในการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าที่เหมาะสมกับกลุ่มตัวแปรอื่น ซึ่งแบบที่สองนี้มีข้อดีคือ สามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาที่มีความซับซ้อน มีจุดสูงสุดและต่ำสุดหลายจุด จากข้อดีนี้จึงเลือกระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อนำมาหาค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์สายอากาศ อีกทั้งกระบวนการทำซ้ำของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเป็นวิธีที่ใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมของจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นเพื่อให้ได้แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นนั้นเป็นไปตามจุดประสงค์ของการออกแบบ

## 1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขต

การออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ให้เป็นไปตามคุณลักษณะของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ต้องการ ความซับซ้อนและยุ่งยากขึ้นกับโครงสร้างของพารามิเตอร์สายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น การหาค่าพารามิเตอร์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่เหมาะสมที่สุดนั้น กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมนั้นประกอบไปด้วยสองส่วนด้วยกันคือ ส่วนแรก กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ส่วนที่สองพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของโครงสร้างสายอากาศด้วยจำนวนขององค์ประกอบเชิงเส้นที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบ

1. เพื่อศึกษากระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น
2. ออกแบบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบเชิงเส้นที่เหมาะสมที่สุด
3. สังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีขนาดลำคลื่นด้านข้างน้อยกว่าหรือเท่ากับ  $-20$  dB ที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับน้อยที่สุด
4. ออกแบบและปรับปรุงกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

#### 1.4 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมา ความสำคัญของปัญหาและวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยองค์ประกอบแถวลำดับที่เหมาะสมสูงสุด

บทที่ 2 ในบทนี้ได้นำเสนอทฤษฎีและหลักการของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม และโครงสร้างสายอากาศแบบแถวลำดับเชิงเส้น

บทที่ 3 หลักการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วด้วยหลักการแบบพหุบุพการี ของกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้ และการปรับขนาดสแต็ปของกระบวนการปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์

บทที่ 4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยตัวปฏิบัติการของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม แสดงผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่มีการปรับปรุงแล้วของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

บทที่ 5 การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

บทที่ 6 การจำลองหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

บทที่ 7 สรุปเนื้อหาทั้งหมดของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

## บทที่ 2

# หลักการของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด และสายอากาศแวลลำดับเชิงเส้น

### 2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการทั่วไปของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดและทฤษฎีของสายอากาศแวลลำดับเชิงเส้น ซึ่งกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นจะแสดงถึงกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดอย่างง่ายในการหาค่าของพารามิเตอร์ เพื่อนำไปสู่คำตอบที่เหมาะสม สำหรับทฤษฎีของสายอากาศแวลลำดับเชิงเส้น โดยแสดงการสังเคราะห์สายอากาศแวลลำดับเชิงเส้นที่มีการกระตุ้นของสัมประสิทธิ์ที่มีความแตกต่าง และการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแวลลำดับเชิงเส้นด้วยการกำหนดระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง

### 2.2 หลักการของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) จัดอยู่ในการวิจัยดำเนินการ (Operation research) ซึ่งถูกพัฒนามาแล้วเป็นเวลากว่า 30 ปี เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย และเป็นที่ยอมรับกันสำหรับความสำเร็จและผลประโยชน์ที่ได้ การนำเทคนิคต่างๆ มาใช้ นักวิชาการในสาขาวิชาซีพต่างๆ ได้พยายามอย่างยิ่งในการวิจัยปัญหาในสายงานที่เกี่ยวข้องเพื่อจะได้นำวิธีการต่างๆ มาพัฒนาปรับปรุงงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ประกอบกับความก้าวหน้าทางคอมพิวเตอร์มีมากขึ้น ทำให้สามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น แนวโน้มความสนใจและการนำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ จึงมีมากยิ่งขึ้นด้วยเช่นกัน กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยหลักการแล้วกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เป็นขบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างหนึ่ง ซึ่งจะให้ผลในเชิงปริมาณ (Results of quantity) เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นจำนวน หรือค่าของตัวเลขของปัญหาที่กำหนด ดังนั้นปัญหาที่นำมาเลือกใช้ในกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด จะอยู่ในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว จุดประสงค์ของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ เพื่อต้องการหาค่าสูงสุด (Maximum) หรือค่าต่ำสุด (Minimum) ของฟังก์ชันความเหมาะสมหรือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนด (Fitness function or Objective function) และฟังก์ชันความเหมาะสมหรือฟังก์ชันวัตถุประสงค์บางครั้ง อาจจะมีการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ที่เรียกว่า ข้อจำกัด (Constraints) ไว้ด้วยดังนั้น สิ่งที่สำคัญสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด คือการกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสมหรือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดข้อจำกัดเพื่อใช้ในการหาค่าต่ำสุดหรือสูงสุด ขั้นตอนของการใช้วิธีกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา วิธีการหาค่าที่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นปัญหาใด ๆ ก็ตามจะต้องมีวิธีการและขั้นตอนในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดดังต่อไปนี้

### 2.2.1 การกำหนดปัญหา

การกำหนดปัญหาให้กับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งเป็นขอบเขตของปัญหาโดยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจะต้องทำการหาค่าที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในกรณีบางครั้งขอบเขตของปัญหาที่มีขนาดความกว้างหรือไม่ชัดเจน จะทำให้การแก้ไขปัญหานั้นเป็นไปได้ยากและกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดอาจลู่เข้าสู่คำตอบที่เป็นแบบท้องถิ่น (local minimal) ก่อนจะเข้าสู่คำตอบที่แท้จริงเสียก่อน สำหรับการกำหนดปัญหาของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นมีการกำหนดปัญหาในสำหรับเป้าหมายในการออกแบบอยู่สองลักษณะ คือเป้าหมายที่มีลักษณะเดี่ยว (Single object optimization) และเป้าหมายที่มีหลายลักษณะ (Multi objective optimization) เป้าหมายที่มีลักษณะเดียวนั้น จะปรากฏคำตอบของเป้าหมายที่มีค่าต่ำสุดหรือสูงสุดขึ้นอยู่กับการออกแบบ ส่วนเป้าหมายที่มีหลายลักษณะนั้น อาจจะมีคำตอบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่คล้องเกี่ยวกัน หรืออาจตรงกันข้ามกันของคำตอบเป้าหมายก็ได้

### 2.2.2 รูปแบบของปัญหากับฟังก์ชันวัตถุประสงค์

รูปแบบของปัญหาสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้น ถูกจัดอยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ ซึ่งโครงสร้างของการจัดรูปแบบของปัญหาให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันวัตถุประสงค์นั้น เป็นฟังก์ชันที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการออกแบบ (Design variable) ที่ต้องการทราบค่าส่งผลให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์นั้นส่งผลให้ค่าที่เกิดจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์นั้นมีผลต่อการตัดสินใจ ซึ่งจะมีรูปแบบของค่าที่ต่ำสุดหรือสูงสุด (Maximize, Minimize) ขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบ โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีขอบข่ายหรือเงื่อนไขบังคับ (Constraint) เป็นส่วนประกอบในการตัดสินใจ ซึ่งกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสามารถเขียนในรูปแบบของสมการได้ดังนี้

$$\text{minimum or maximum } f(x) \quad (2.1)$$

$$\text{subject to } f(x) = \text{Condition} \quad (2.2)$$

$$\min \leq x \leq \max \quad x = 1, 2, \dots, N \quad (2.3)$$

โดยที่ กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นต้องการหาค่าที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดหรือมากที่สุด โดยเป้าหมายในการออกแบบสำหรับขอบข่ายบังคับต้องการให้ฟังก์ชันมีค่าเท่ากับศูนย์ และขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการทราบค่ามีค่าตั้งแต่ค่าที่มากที่สุดถึงจำนวนที่น้อยที่สุด และสุดท้ายคือองค์ประกอบของฟังก์ชันมีค่าตั้งแต่  $[1, N]$

### 2.2.3 ทดสอบรูปแบบฟังก์ชันวัตถุประสงค์กับผลลัพธ์ของปัญหา

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์อยู่ในรูปแบบการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นไปตามปัญหาที่ได้รับ การออกแบบ อาจมีข้อบกพร่องที่ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ออกแบบนั้นไม่ใช่ตัวแทนของปัญหา อย่างแท้จริง โดยอาจมีผลต่อผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงมีการ ทดสอบฟังก์ชันของปัญหาที่กำหนดขึ้นทำการเปรียบเทียบกับปัญหาจริงเพื่อใช้ในการตรวจสอบว่ามี ความสอดคล้องกันหรือไม่ และอาจตรวจสอบข้อมูลในอดีตมาทดสอบรูปแบบของปัญหาเพื่อนำเอา ผลลัพธ์ไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้ในขณะนั้นที่เกิดขึ้น โดยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดต้อง คำนึงถึงข้อจำกัดของแต่ละวิธีว่าเหมาะสมกับปัญหา หรือสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ และเมื่อได้ผล ลลัพธ์แล้วต้องคำนึงถึงพฤติกรรมของผลลัพธ์ที่จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อตัวแปรในการออกแบบของปัญหา เปลี่ยนแปลงไป นั่นคือจะต้องมีการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity) ซึ่งการวิเคราะห์ความไวนี้มีความ สำคัญมาก เพราะถ้าตัวแปรในการออกแบบของปัญหาที่ศึกษา ไม่อาจประมาณค่าได้แน่นอน จะต้องหาค่าผลลัพธ์ที่เหมาะสมจากค่าต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้เคียง

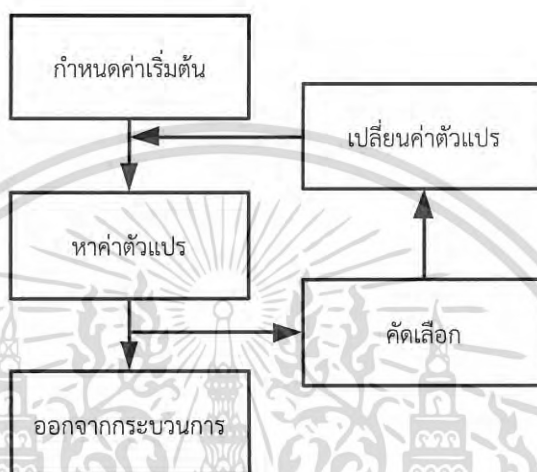
### 2.2.4 การนำผลลัพธ์หรือคำตอบไปใช้งาน

จะต้องทำการแปลผล ที่ได้จากผลลัพธ์ให้ถ่ายทอดการนำไปใช้งานได้ และเมื่อนำไปใช้งานแล้ว ควรทำการประเมินผลการใช้งานเพื่อนำข้อบกพร่องที่ได้มาปรับปรุงและแก้ไข ให้เป็นไปตามความ ต้องการต่อไป เพราะในบางครั้งผลลัพธ์ที่ได้ไม่สามารถทำให้เป็นจริงตามที่เรารต้องการได้หรือไม่ สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ

## 2.3 ระเบียบวิธีเชิงวิวัฒนาการสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

กระบวนการเชิงวิวัฒนาการเป็นรูปแบบของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) ซึ่งหมายถึงความฉลาดเทียมที่สร้างขึ้นให้กับสิ่งที่ไม่มีชีวิต เป็นส่วนประกอบหนึ่งของวิทยาการทาง คอมพิวเตอร์ โดยมีการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิด การกระทำ การให้เหตุผล การปรับตัว หรือแม้ กระทั่งการอนุมาน ของกระบวนการคิดในรูปแบบเชิงวิวัฒนาการ กระบวนการเชิงวิวัฒนาการสำหรับ การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเป็นรูปแบบเทคนิควิธีการ คำนวณเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary computation) [4] โดยให้คอมพิวเตอร์สร้างโปรแกรมที่ตัวเองตัวการได้ด้วยตัวเองโดยอาศัยกลไก ทางธรรมชาติ ในการคัดเลือกและถ่ายทอดทางพันธุกรรมด้วยวิธีการต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น การเลือก สมาชิก (Recombination) กระบวนการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์แบบไขว้ (Crossover) และ กระบวนการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์แบบกลายพันธุ์ (Mutation) แนวคิดเหล่านี้ได้กลายมาเป็นการ คำนวณเชิงตัวเลข (Numerical computation) เพื่อใช้ในการปรับปรุงพารามิเตอร์ที่ต้องการหา ตาม ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สิ่งเหล่านี้เป็นการใช้วิธีการคำนวณเชิงวิวัฒนาการนั้นใช้สำหรับแก้ปัญหาที่มี ความซับซ้อนด้วยกรรมวิธีที่เลียนแบบธรรมชาติ ในส่วนนี้จะอธิบายถึงหลักการเชิงวิวัฒนาการสำหรับ กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาตัวอย่างของระเบียบวิธีการของระบบการดัดแปลง

(Adaptive System) ดังรูปที่ 2.1 นั้นแสดงถึงกระบวนการเชิงวิวัฒนาการสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยแผนผังการทำงานของกระบวนการเชิงวิวัฒนาการนั้นจะมีลักษณะการทำงานที่เป็นแบบการทำซ้ำให้เกิดสมาชิกใหม่ ซึ่งนำสมาชิกที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่นั้นเป็นโครงสร้างที่ถูกนำมาใช้เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของฟังก์ชันเป้าหมายของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยสมาชิกใหม่ที่เกิดขึ้นก็จะถูกแทนที่ เราเรียกสมาชิกใหม่ที่ถูกแทนที่นั้นเป็นรุ่น (New generation)



รูปที่ 2.1 กระบวนการเชิงวิวัฒนาการสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

### 2.3.1 กระบวนการอย่างง่าย ในรูปแบบของกระบวนการเชิงวิวัฒนาการ

รูปแบบของการโมเดลเพื่อทำการค้นหาสำหรับกระบวนการเชิงวิวัฒนาการจะใช้วิธีเลียนแบบกระบวนการทางธรรมชาติ ซึ่งสามารถอธิบายหลักการอย่างง่ายสำหรับคุณลักษณะของกระบวนการเชิงวิวัฒนาการ (Lewontin 1970; Wisser 1994) [36][37] โดยคุณลักษณะของกระบวนการเชิงวิวัฒนาการสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแสดงดังนี้คือ

#### 2.3.1.1 การปรับเปลี่ยน (Variability) ในแต่ละโครงสร้างของตัวแปรที่จะใช้

การดัดแปลงนั้นมีคุณลักษณะที่เฉพาะ สิ่งนี้เรียกว่า สมาชิกสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสม ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำการพิจารณา สำหรับการที่ใช้สำหรับการปรับเปลี่ยนกลุ่มสมาชิกในการหาค่าที่เหมาะสม

#### 2.3.1.2 ความแตกต่างของฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Differential fitness)

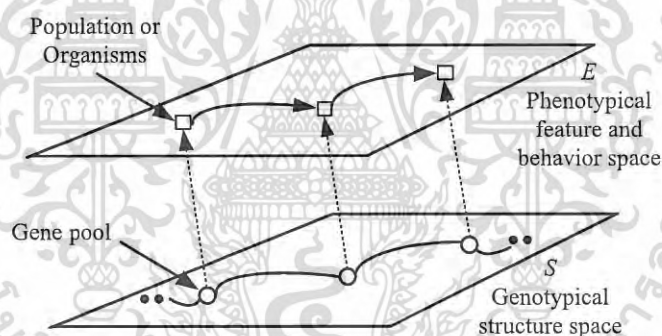
การหาค่าที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มสมาชิก ด้วยกระบวนการการปรับเปลี่ยนสมาชิกของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะใช้การสร้างสมาชิกใหม่ในการแทนที่สมาชิกเดิมที่ใช้คุณลักษณะของฟังก์ชัน

ค่าความเหมาะสมที่มีความแตกต่างกันเป็นสถานะที่ถูกนำมาใช้ในการคัดเลือกสมาชิกที่จะใช้แทนที่สำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมในกลุ่มสมาชิกต้นไป

### 2.3.1.3 การสืบทอดของค่าฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness inheritance)

สมาชิกที่ได้จากกระบวนการสร้างสมาชิก (Reproduction) ฟังก์ชันค่าความเหมาะสมของสมาชิกที่มีค่าที่เหมาะสมนั้นจะถูกนำมาเก็บในกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมในรอบถัดไป ซึ่งเรียกว่าการสืบทอดของสมาชิกที่มีค่าฟังก์ชันค่าความเหมาะสมมีคุณสมบัติเด่น ก็มีความน่าจะเป็นสูงที่จะถูกนำมาเป็นสมาชิกต้นแบบสำหรับการปรับเปลี่ยนสมาชิกเพื่อให้เกิดการพัฒนาซึ่งฟังก์ชันค่าความเหมาะสมที่ต้องการ

กระบวนการเชิงวิวัฒนาการโดยการกำหนดกลุ่มสมาชิกในธรรมชาติ สามารถสร้างรูปแบบเป็นสองระดับของกระบวนการ คือ การเลือกฟีโนไทป์ (Phenotypical selection) และการปรับเปลี่ยนของจีโนไทป์ (Genotypical variation) รูปที่ 2.2 แสดงถึงแบบแผนโครงสร้างการแยกกันระหว่างคุณลักษณะของพื้นที่ของฟีโนไทป์ ( $E$ ) และพื้นที่ของจีโนไทป์ ( $S$ ) โครงสร้างของตัวแปรแต่ละจุดที่อยู่ในพื้นที่ของ  $S$  เป็นตัวกำหนดที่อยู่ในยีนพูล (Gene pool) และทุกจุดของ  $E$  เป็นตัวแทนของสมาชิกที่อยู่ในกลุ่มสมาชิก



รูปที่ 2.2 กระบวนการเชิงวิวัฒนาการของกลุ่มสมาชิกที่อยู่บนพื้นที่จีโนไทป์และฟีโนไทป์

การแยกส่วนของกระบวนการเลือกและการเปลี่ยนแปลง ในเรื่องของปฏิกริยาระหว่างสองพื้นที่สามารถอธิบายดังรูปที่ 2.3

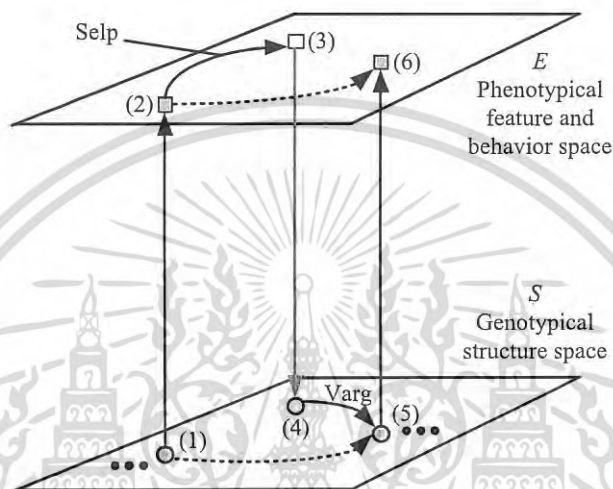
### 2.3.1.4 การแสดงผล (Expression) เป็นส่วนของการแสดงในเรื่องของสมาชิก

รายบุคคลที่ตำแหน่งยีนพูล ซึ่งอยู่ในส่วนที่ (1) และผลของกลุ่มสมาชิกที่เป็นพารามิเตอร์จริง

### 2.3.1.5 การคำนวณหาค่าและการคัดเลือก (Evaluation and selection)

สำหรับในการคำนวณนั้นขึ้นกับค่าความเหมาะสมของสมาชิกที่เป็นพารามิเตอร์จริง ในส่วนของผลการคัดเลือก จะทำการคัดเลือกจากค่าความเหมาะสมที่ได้จากการคำนวณมาเป็นสมาชิกต้นแบบสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

2.3.1.6 การเปลี่ยนแปลง (Variation) ส่วนของฟีโนไทป์ที่ถูกสร้างขึ้นใหม่จะอยู่บนพื้นที่ของจีโนไทป์ในตำแหน่งที่ (4) สมาชิกเหล่านั้นมีความสามารถสร้างสมาชิกใหม่ผ่านในเรื่องของกระบวนการเชิงพันธุกรรมเพื่อสร้างสมาชิกใหม่ กระบวนการการกลายพันธุ์และกระบวนการสร้างสมาชิกใหม่ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของยีนพูลที่ถูกเลือกโดยอยู่ในส่วนที่ (5) สุดท้ายแล้ว จุดที่ถูกเลือกในพื้นที่ของจีโนไทป์ที่เกิดจากกระบวนการสร้างสมาชิกใหม่ก็จะมีความสัมพันธ์ ดังที่แสดงในจุดที่ (6)



รูปที่ 2.3 กระบวนการเลือกและการเปลี่ยนแปลงของปฏิสัมพันธ์ฟีโนไทป์และจีโนไทป์

### 2.3.2 กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดผ่านการปรับโครงสร้าง

กระบวนการเชิงวิวัฒนาการ จะอยู่ในรูปแบบของกระบวนการทำซ้ำ การเลือกและการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง ในหลักของธรรมชาตินั้น การดัดแปลงของตัวสมาชิกขึ้นอยู่กับข้อกำหนดขอบเขตของสภาพแวดล้อม โดยที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการเชิงวิวัฒนาการ จะใช้การทำซ้ำในการคัดเลือก หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสมาชิก และทำการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของกระบวนการในการปรับเปลี่ยนสมาชิกที่ถูกนำมาหาค่าที่เหมาะสมด้วยการปรับเปลี่ยนกระบวนการดัดแปลงสมาชิกซึ่งถูกนำมาพิจารณาในการหาค่าที่เหมาะสม [38]

2.3.2.1 สภาพแวดล้อม (Environment) คือ พื้นที่ขอบเขตที่ถูกจำกัดโดยที่องค์ประกอบที่ถูกเปลี่ยนแปลงและจะถูกฝังอยู่ในพื้นที่ของสภาพแวดล้อมนี้

2.3.2.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของการปรับเปลี่ยน (Structure as adaptive component) คือโครงสร้างจริงซึ่งอาจเป็นพารามิเตอร์ที่ถูกพิจารณาแยกออกจากพื้นที่ของสภาพแวดล้อม ในทางธรรมชาตินั้น อาจเป็นหน่วยของห่วงโซ่โปรตีน หรือเซลล์ ถ้าเป็นในหน่วยของคณิตศาสตร์นั้น อยู่ในรูปของเวกเตอร์ หรือตัวเลขซึ่งเป็นโครงสร้างข้อมูลสำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์

2.3.3 ระบบการปรับเปลี่ยนกับส่วนประกอบหลักกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

2.3.3.1 สภาพแวดล้อม (Environment :  $E$ ) แสดงถึงขอบเขตของระบบจะใช้ในการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง

2.3.3.2 โครงสร้าง (Structure :  $S$ ) แสดงถึงขอบเขตของโครงสร้างในการปรับเปลี่ยนที่มีผลกระทบกับจีโนไทป์ ในส่วนของฟีโนไทป์ จะอยู่ในรูปของ  $\pi(S)$  ซึ่ง  $\pi : S \rightarrow E$  โดยที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างพื้นที่ของฟีโนไทป์และจีโนไทป์

2.3.3.3 ตัวปฏิบัติการ (Operator :  $\Omega$ ) คือเซต ของตัวปฏิบัติการในการปรับเปลี่ยนโครงสร้างซึ่งถูกแสดงดังนี้

$$\Omega = \{\omega : S^m \rightarrow S^n\} \text{ with } m, n \in \{1, \dots, |S|\} \tag{2.4}$$

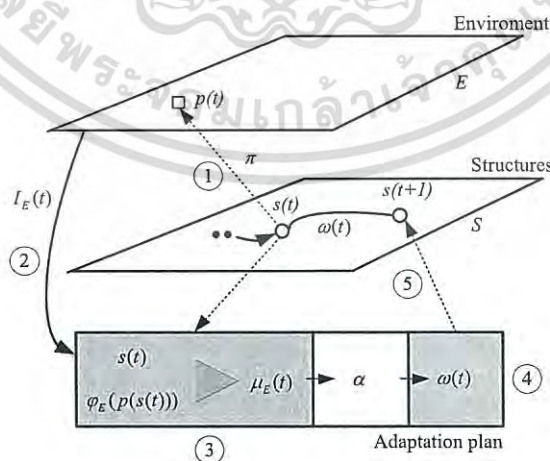
โดยที่  $\omega$  คือพื้นที่ของเซตที่มีขนาด  $m$  ซึ่งมีขอบเขตความเป็นไปได้ที่  $n$

2.3.3.4 ค่าความพึงพอใจ (Evaluation function :  $\mu_E(s)$ ) สำหรับในแต่ละโครงสร้างสมาชิกจะถูกแทนด้วย  $s \in S$  การหาค่าของฟังก์ชันจะถูกแสดงด้วย  $\mu_E(S)$  ค่าของฟังก์ชันที่ถูกคำนวณหาค่าที่เหมาะสมนั้นจะมีผลกระทบของโครงสร้างสภาพแวดล้อมที่อยู่ในส่วนของฟีโนไทป์ ( $\pi(S)$ ) ซึ่งจะส่งผลกระทบเป็นสัญญาณให้กับฟีโนไทป์โดยถูกแสดง  $\varphi(\pi(S)) \in I_E$

2.3.3.5 ระเบียบวิธีของการปรับเปลี่ยน (Adaptation algorithm :  $\alpha$ )

ระเบียบวิธีจะใช้การหาค่าของโครงสร้าง  $S$  ซึ่งถูกปรับเปลี่ยนโดยตัวปฏิบัติการ  $\omega \in \Omega$  โดยจะเปลี่ยนไปตามสัญญาณของโครงสร้างสภาพแวดล้อม  $I_E$

สิ่งนี้คือรูปแบบทั่วไปซึ่งใช้ในการออกแบบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ไม่ว่าจะเป็วิธีแบบอื่น สำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมนั้นก็จะมีการป้อนกลับของฟังก์ชันค่าความเหมาะสมเพื่อเป็นสถานะในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสม ซึ่งถูกนำมาใช้ในการปรับโครงสร้างโดยแสดงดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมเชิงวิวัฒนาการของระบบการปรับเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปฏิบัติการกระบวนการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมแบบขั้นต่อขั้นสำหรับการพิจารณาการปรับเปลี่ยนโครงสร้างในรูปแบบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมเชิงวิวัฒนาการอย่างง่ายในแบบของขั้นต่อขั้น โดยในระบบของการเปลี่ยนแปลงนั้นทำการสมมติเพียง  $t, t+1, t+2...$  ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของ  $s(t)$  และมีการปรับเปลี่ยนโดย  $s(t+1)$

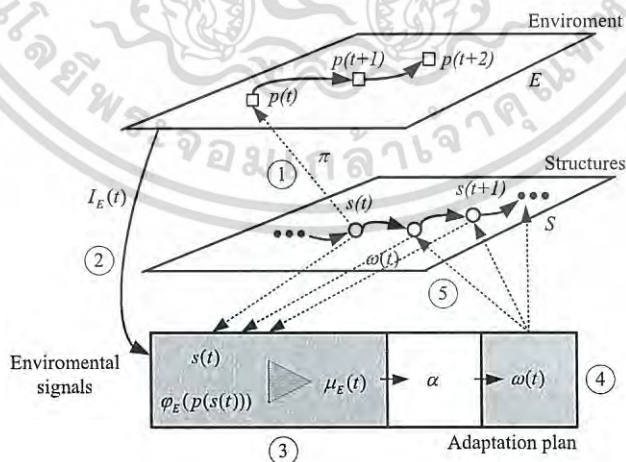
ขั้นตอนที่ 1 (Expression) โครงสร้างของ  $s(t) \in S$  จะทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบของฟิโนไทป์  $p(t) = \pi(s(t))$  โดยใช้การความสัมพันธ์การเปลี่ยนโครงสร้างระหว่างฟิโนไทป์และจีโนไทป์  $\pi : S \rightarrow E$

ขั้นตอนที่ 2 (Interaction with environment) ผลกระทบที่เกิดขึ้นของ  $p(t)$  จะทำให้สภาพแวดล้อมนั้นส่งค่าของสัญญาณกลับมา  $I_E(t)$  ซึ่งสัญญาณที่ถูกส่งออกมาเป็นสัญญาณอ้างอิงที่ได้จาก  $p(t)$  ดังนั้นความสัมพันธ์ของ  $p(t)$  และ  $I_E(t)$  แสดงได้โดย  $\varphi_E(p(t)) = I_E, p(t) \in I_E(t)$

ขั้นตอนที่ 3 (Evaluation) ในการหาค่าของฟังก์ชันแสดงได้โดย  $\mu_E$  สามารถอธิบายการหาค่าของฟังก์ชันได้โดย  $\mu_E(s(t)) = \mu_E(p(t), \varphi_E(p(t)))$

ขั้นตอนที่ 4 (Selection) กระบวนการเลือกนั้นขึ้นกับค่าของฟังก์ชันที่เหมาะสม  $\mu_E(s(t))$  สำหรับรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบ  $\alpha$  โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงนั้นจะใช้ตัวปฏิบัติการ  $\omega \in \Omega$  เพื่อจะทำการดัดแปลงโครงสร้างของ  $s(t)$

ขั้นตอนที่ 4 (Variation) การนำค่าของ  $\omega$  มาประยุกต์ใช้ในส่วนของ  $s(t)$  โดยรูปแบบของการปรับเปลี่ยนคือ  $s(t+1) = \omega(s(t))$  ทำการทำซ้ำกระบวนการที่มีการปรับเปลี่ยนซึ่งผลจะอยู่ในลักษณะเชิงวิวัฒนาการซึ่งถูกแสดงดังรูปที่ 2.5

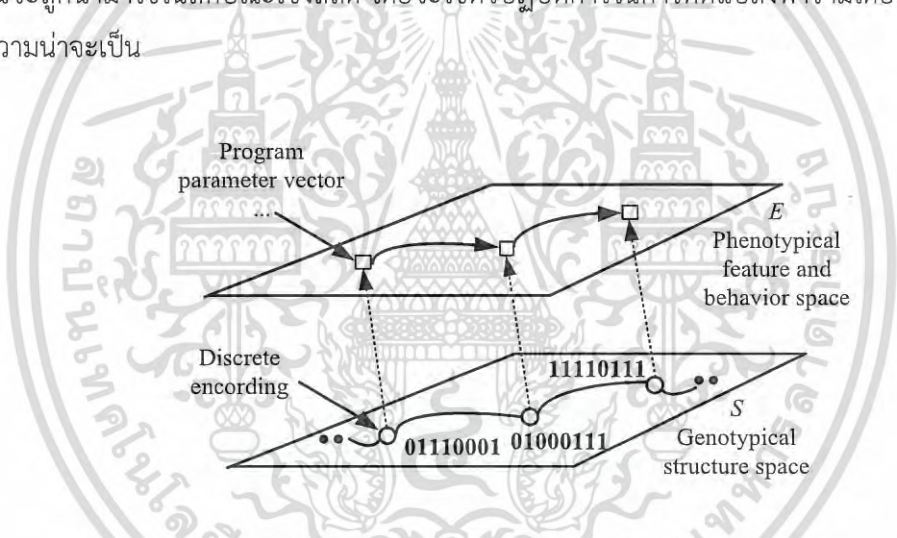


รูปที่ 2.5 ระเบียบวิธีระบบการปรับเปลี่ยนเชิงวิวัฒนาการด้วยการทำซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมเชิงวิวัฒนาการด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

สำหรับระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม เป็นเครื่องมือในการช่วยคำนวณอย่างหนึ่ง ที่ใช้สำหรับการหาค่าที่เหมาะสม ซึ่งเป็นรูปแบบการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง ที่มีรูปแบบการทำซ้ำ โดยมีกระบวนการในการคัดเลือก (Selection) ตัวปฏิบัติการในการเปลี่ยนโครงสร้างที่เรียกว่า ปฏิบัติการทางพันธุกรรม (Genetic operator) และการแทนที่ (Replacement) ซึ่งใช้รูปแบบโครงสร้างในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยลักษณะที่เหมือนกันกระบวนการเชิงวิวัฒนาการ ซึ่งมีรูปแบบของการเลือก การทำซ้ำและการเปลี่ยนโครงสร้างดังข้างต้น โดยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นก็จะมีเซตของสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นการเข้ารหัสในรูปแบบของเวกเตอร์ตัวเลขเป็นลักษณะการจัดเรียงกันของโครโมโซมในรูปแบบเลขฐานสอง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งมีตัวปฏิบัติการทางสายพันธ์นั้นเป็นตัวปรับเปลี่ยนโครงสร้างของจีโนไทป์ โดยตัวปฏิบัติการทางสายพันธ์นั้นจะประกอบไปด้วยกระบวนการตัดแปลงแบบไขว้ (Crossover) และการกลายพันธ์ (Mutation) ซึ่งตัวปฏิบัติการทางสายพันธ์เหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในลักษณะเชิงสถิติ โดยจะใช้ตัวปฏิบัติการในการตัดแปลงพารามิเตอร์เหล่านี้ด้วยความน่าจะเป็น



รูปที่ 2.6 พื้นที่ของโครงสร้างสำหรับกระบวนการเชิงวิวัฒนาการด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

ระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมีตัวปฏิบัติการที่ใช้ในกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดอยู่สามส่วนหลักคือ ในส่วนแรก กระบวนการคัดเลือกสมาชิก (Selection operator) โดยใช้น่าจะเป็นที่ถูกคัดเลือกจากค่าที่เหมาะสมจากฟังก์ชันความเหมาะสมของกระบวนการ ต่อมา กระบวนการที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในเชิงพันธุกรรม (Genetic operator) และตัวปฏิบัติการสุดท้ายคือกระบวนการแทนที่ (Replacement) ของกระบวนการที่ยังคงส่วนของสมาชิกที่มีค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมที่สูงนำมาเป็นต้นแบบสำหรับการคำนวณหาในรุ่นต่อไป

กระบวนการคัดเลือกสมาชิก (Selection operator) กระบวนการคัดเลือกของกระบวนการอาศัยการจัดลำดับของสมาชิกที่มีค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมตามลำดับ แล้วทำการคัดเลือกสมาชิกจากความน่าจะเป็นที่ถูกเลือกดังแสดงต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sigma_{prop}(s) = \frac{\eta(s)}{\eta_{\Sigma}(P)} \quad (2.5)$$

โดย  $\eta(s)$  คือค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมแต่ละสมาชิกและ  $\eta_{\Sigma}(s)$  คือผลรวมของฟังก์ชันความเหมาะสมของกลุ่มสมาชิกทั้งหมด

กระบวนการที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในเชิงพันธุกรรม (Genetic operator) คือตัวปฏิบัติการที่ใช้เปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ซึ่งมีอยู่สองตัวปฏิบัติ คือตัวปฏิบัติการแบบไขว้ (Crossover operator) และตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ (Mutation operator) ซึ่งกระบวนการที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์นี้ใช้ความน่าจะเป็นเชิงสถิติในการหาค่าโดยทั่วไปแล้วความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติแบบไขว้และตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.8 และ 0.2 ตามลำดับ[27]-[29]

กระบวนการแทนที่ (Replacement) การแทนที่สำหรับกลุ่มสมาชิกที่ติดันด้วยจำนวนของสมาชิกที่ดีที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนทั่วไปของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม และการเชื่อมโยงเข้ากับระบบในระบบเพื่อทำการค้นหา คำตอบที่ต้องการ คำตอบของระบบที่ต้องการให้ ระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม ทำการค้นหาจะอยู่ในรูปของโครโมโซมในกลุ่มของ ดังนั้นระบบจะสามารถรู้ได้ว่าคำตอบที่มีอยู่ใน ระเบียบวิธีการถ่ายทอดทางพันธุกรรม ณ เวลาหนึ่งๆ นั้นดีหรือไม่ดีอย่างไรด้วยการประเมินค่าของโครโมโซม ระบบจะมีการเชื่อมต่อกับระเบียบวิธีถ่ายทอดพันธุกรรม ผ่านฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการใช้ในการประเมินค่าของโครโมโซมซึ่งจะมีรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

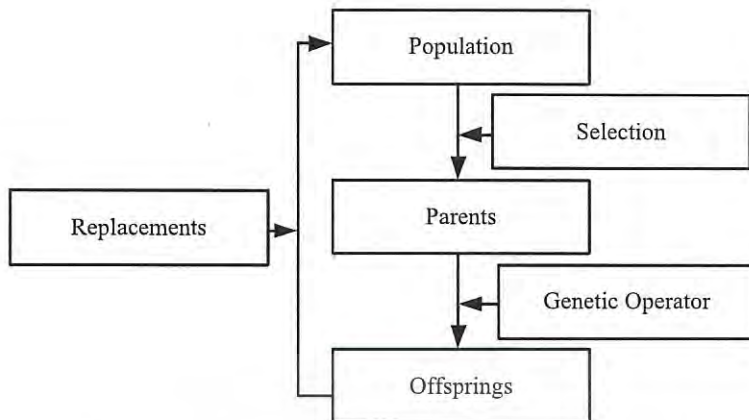
กลุ่มสมาชิก (population) ประกอบไปด้วยเซตของพารามิเตอร์ ที่ถูกจัดเรียงลำดับ ซึ่งเป็นตัวแทนของคำตอบในระบบที่ต้องการค้นหา

สมาชิกต้นแบบ (parents) กลุ่มสมาชิกที่ถูกคัดเลือกเพื่อเป็นตัวแทนในระบบการปรับเปลี่ยนในรุ่นถัดไป (next generation)

สมาชิกใหม่ (offspring) เป็นสมาชิกกลุ่มใหม่ ที่ได้รับการปรับเปลี่ยนจากระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมและถูกแทนที่เป็นสมาชิกในขั้นตอนถัดไป

สำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้กระบวนการเชิงวิวัฒนาการด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมการหาค่าพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดให้โดยปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ดี และอีกทั้งยังสามารถหาคำตอบของปัญหาที่ครอบคลุม (Global solution) พื้นที่ของการหาค่าของคำตอบ ข้อต่อของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการเชิงวิวัฒนาการนั้นก็คือ การหาคำตอบของปัญหาแบบครอบคลุมนั้นจะใช้เวลาในการค้นหาคำตอบนั้นเป็นไปได้ช้า ใช้เวลานานกว่าจะได้ซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้น กระบวนการค้นหาคำตอบแบบครอบคลุมนั้นจึงมีการปรับปรุงเพื่อสามารถค้นหาคำตอบแบบครอบคลุมในเวลาที่สั้น เพื่อลดเวลาในการทำงานของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แผนผังกระบวนการเชิงวิวัฒนาการกับระเบียบเชิงพันธุกรรม

## 2.4 สายอากาศแฉลวลำดับเชิงเส้น

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับสายอากาศแฉลวลำดับเชิงเส้น เป็นการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีการที่ใช้หาค่าที่เหมาะสมที่สุด สำหรับสายอากาศแฉลวลำดับเชิงเส้นนั้น โครงสร้างสายอากาศจะเป็นลักษณะแฉลวเรียงตามจำนวนองค์ประกอบแฉลวลำดับเป็นเส้นตรง การใช้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับสายอากาศแฉลวลำดับเชิงเส้นนั้น จะถูกใช้หาพารามิเตอร์ของสายอากาศแฉลวลำดับ ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของสายอากาศแฉลวลำดับเชิงเส้นและการใช้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการออกแบบโครงสร้างสายอากาศแฉลวลำดับเชิงเส้นด้วยกระบวนการเชิงวิวัฒนาการ

### 2.4.1 สายอากาศแฉลวลำดับด้วยองค์ประกอบแฉลวลำดับขนาดสองของไดโพล

เมื่อทำการพิจารณาสายอากาศแบบ ไดโพลที่มีขนาดเล็กที่มีความยาวขนาด  $l$  ( $l \ll \lambda$ ) โดยมีจุดสังเกต  $P$  ดังแสดงในรูปที่ 2.2 (ก) ในที่นี้จะสมมติว่า สายอากาศแบบไดโพลที่มีขนาดเล็กนั้น สององค์ประกอบถูกวางอยู่ในตำแหน่งแนวขนานอยู่บนแนวแกน  $z$  สนามไฟฟ้ารวมที่แพร่กระจายโดยสายอากาศไดโพลที่มีขนาดเล็กสององค์ประกอบนั้นไม่มีการคล้องเกี่ยวของสนามไฟฟ้าระหว่างองค์ประกอบแฉลวลำดับทั้งสอง ดังแสดงต่อไปนี้

$$E_t = E_1 + E_2 = \hat{a}_\theta j\eta \frac{kI_0 l}{4\pi} \left\{ \frac{e^{-j[kr_1 - (\beta/2)]}}{r_1} \cos \theta_1 + \frac{e^{-j[kr_2 + (\beta/2)]}}{r_2} \cos \theta_2 \right\} \quad (2.6)$$

โดยที่  $\beta$  คือค่าความต่างเฟสของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นระหว่างองค์ประกอบแฉลวลำดับ ดังรูปที่ 2.2 (ข) เมื่อจุดสังเกตของสนามไฟฟ้ามีระยะที่ไกลมากสมมติของจุดสังเกตจากสนามไฟฟ้าระยะไกล

$$\theta_1 \cong \theta_2 \cong \theta \quad (2.7)$$

$$r_1 \cong r - \frac{d}{2} \cos \theta \quad (2.8)$$

$$r_1 \cong r + \frac{d}{2} \cos \theta \quad (2.9)$$

$$r_1 \cong r_2 \cong r \quad (2.10)$$

จากสมการที่ 2.6 สามารถลดรูปของสมการเมื่อจุดสังเกตของสนามไฟฟ้าระยะไกล ดังนี้

$$E_t = \hat{a}_\theta j\eta \frac{kI_0 l}{4\pi r} \cos \theta \left[ e^{+j(k \cos \theta + \beta)l/2} + e^{-j(k \cos \theta + \beta)l/2} \right] \quad (2.11)$$

$$E_t = \hat{a}_\theta j\eta \frac{kI_0 l}{4\pi r} \cos \theta 2 \cos \left[ \frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right] \quad (2.12)$$

สมการที่ 2.11 และ 2.12 นั้นเป็นสนามไฟฟ้ารวมของสายอากาศไดโพลที่มีขนาดเล็ก ( $l \ll \lambda$ ) มีการจัดวางเป็นลักษณะแถวลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของสายอากาศเพียงอันเดียว ที่ถูกคูณเข้ากับองค์ประกอบแถวลำดับ จากสมการที่ 2.12 ที่แสดงสนามไฟฟ้ารวมของสายอากาศแถวลำดับ สามารถแยกองค์ประกอบแถวลำดับ ได้ดังนี้

$$AF = 2 \cos \left[ \frac{1}{2} kd \cos \theta + \beta \right] \quad (2.13)$$

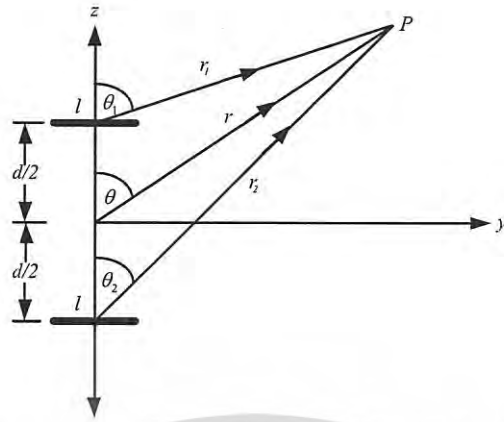
องค์ประกอบแถวลำดับจากสมการที่ 2.13 ของที่ปรับโครงสร้างข้อมูลเพื่อลดความซับซ้อน (Normalization) ซึ่งถูกแสดงดังนี้

$$(AF)_n = \cos \left[ \frac{1}{2} kd \cos \theta + \beta \right] \quad (2.14)$$

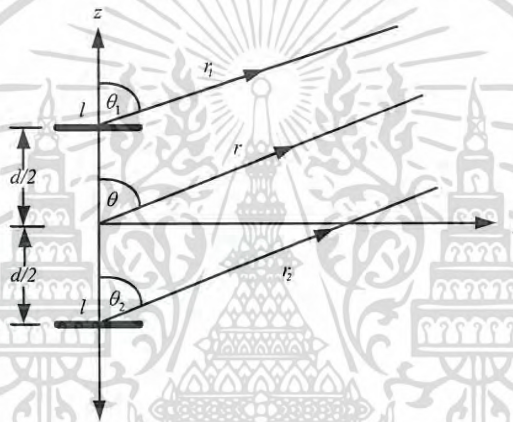
เราสามารถเขียนโครงสร้างของฟังก์ชันองค์ประกอบของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นขององค์ประกอบแถวลำดับรูปแบบเดียว โดยมีจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับขนาดสอง สามารถหาสนามไฟฟ้ารวมได้จาก สนามขององค์ประกอบเดียวที่จุดสังเกต (single element at reference point) คูณกับองค์ประกอบแถวลำดับ (array factor) สิ่งนี้เรียกว่าการคูณกันของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น สำหรับสายอากาศแถวลำดับ[22][23]

$$E(\text{total}) = [E(\text{single element at reference point})] \times [\text{array factor}] \quad (2.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) โครงสร้างของสายอากาศแฉกลำดับเชิงเส้นกับสนามไฟฟ้าที่จุดสังเกต  $P$



(ข) โครงสร้างของสายอากาศแฉกลำดับเชิงเส้นกับสนามระยะไกล  
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของสายอากาศไดโพลแฉกลำดับเชิงเส้นถูกจัดเรียงตามแนวแกน  $z$

#### 2.4.2 สายอากาศแฉกลำดับเชิงเส้นด้วยองค์ประกอบเชิงเส้นจำนวน $N$

จากการพิจารณาสายอากาศของแฉกลำดับเชิงเส้น สามารถคำนวณหาสนามไฟฟ้ารวมของสายอากาศแฉกลำดับข้างต้นนั้นเราสามารถแยกองค์ประกอบแฉกลำดับ และสายอากาศองค์ประกอบเดี่ยวที่จุดสังเกต สำหรับการคำนวณสายอากาศแฉกลำดับได้ โดยองค์ประกอบแฉกลำดับที่มีค่าของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นรูปแบบเดียว (Uniform amplitude excitation coefficient) เราสามารถหาค่าขององค์ประกอบแฉกลำดับด้วยองค์ประกอบแฉกลำดับที่มีค่าเท่ากับ  $N$  แสดงในสมการดังนี้

$$AF = 1 + e^{+j(kd \cos \theta + \beta)} + e^{+j2(kd \cos \theta + \beta)} + \dots + e^{j(N-1)(kd \cos \theta + \beta)} \quad (2.16)$$

$$AF = \sum_{n=1}^N e^{j(n-1)(kd \cos \theta + \beta)} \quad (2.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 2.17 สามารถลดรูปของสมการซึ่งถูกเขียนแทนด้วย

$$AF = \sum_{n=1}^N e^{j(n-1)\psi} \quad (2.18)$$

โดยที่  $\psi = kd \cos \theta + \beta$  ค่าการคำนวณขององค์ประกอบแถวลำดับ แสดงถึงผลรวมของจำนวน องค์ประกอบแถวลำดับที่อยู่ในรูปของเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential form) ด้วยจำนวน องค์ประกอบแถวลำดับขนาด  $N$

จากสมการที่ 2.18 องค์ประกอบแถวลำดับเราสามารถจัดรูปแบบให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันไซน์ดังนี้

$$(AF)e^{j\psi} = e^{j\psi} + e^{j2\psi} + e^{j3\psi} + \dots + e^{j(N-1)\psi} + e^{jN\psi} \quad (2.19)$$

$$AF(e^{j\psi} - 1) = (-1 + e^{jN\psi}) \quad (2.20)$$

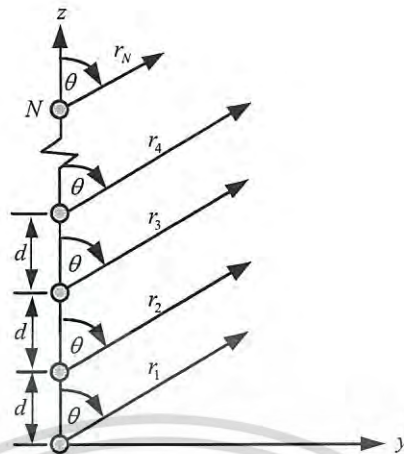
$$AF \left[ \frac{e^{jN\psi} - 1}{e^{j\psi} - 1} \right] = e^{j[(N-1)/2]\psi} \left[ \frac{e^{j(N/2)\psi} - e^{-j(N/2)\psi}}{e^{j(1/2)\psi} - e^{-j(1/2)\psi}} \right] \quad (2.21)$$

$$AF = \left[ \frac{\sin\left(\frac{N}{2}\psi\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}\psi\right)} \right] \quad (2.22)$$

จากสมการที่ 2.22 ทำการปรับโครงสร้างสมการเพื่อลดความซับซ้อน ซึ่งแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$(AF)_n = \frac{1}{N} \left[ \frac{\sin\left(\frac{N}{2}\psi\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}\psi\right)} \right] \quad (2.23)$$

องค์ประกอบแถวลำดับ ดังแสดงข้างต้นเกิดจาก ผลรวมขององค์ประกอบแถวลำดับในแต่ละ องค์ประกอบที่อยู่ในรูปของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งเป็นผลรวมขนาดขององค์ประกอบแถวลำดับ ด้วยจำนวน  $N$  โครงสร้างขององค์ประกอบแถวลำดับด้วยจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับขนาด  $N$  ซึ่งถูกแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับ ด้วยองค์ประกอบแถวลำดับขนาด  $N$  วางตามแนวแกน  $z$  กับสนามไฟฟ้าระยะไกล

### 2.4.3 สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยองค์ประกอบเชิงเส้นจำนวน $N$ และสัมประสิทธิ์การกระตุ้นไม่เป็นรูปแบบเดียว

องค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นกับการพิจารณา โครงสร้างในรูปแบบของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่ไม่เป็นแบบเดียว เราสามารถพิจารณาโครงสร้างของแถวลำดับเชิงเส้นได้สองรูปแบบ จำนวนแบบคู่และจำนวนแบบคี่ องค์ประกอบแถวลำดับด้วยองค์ประกอบแถวลำดับเป็นไอโซทรอปิก (Isotropic) แบบคู่ (even) โดยมีขนาด  $2M$  ( $M$  คือจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับซึ่งเป็นจำนวนจริง) ถูกวางอยู่บนแนวแกน  $z$  ที่มีรูปแบบสมมาตร ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.10 (ก) ระยะห่างระหว่างแถวลำดับมีค่าเท่ากับ  $d$  โดยที่ องค์ประกอบแถวลำดับของ  $M$  ถูกวางอยู่ในแต่ละด้านของจุดเริ่ม องค์ประกอบแถวลำดับ สำหรับโครงสร้างในรูปแบบของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่ไม่เป็นแบบเดียว สามารถเขียนได้โดย

$$\begin{aligned}
 (AF)_{2M} &= a_1 e^{+j(1/2)kd \cos \theta} + a_2 e^{+j(3/2)kd \cos \theta} + \dots \\
 &\quad + a_M e^{+j[(2M-1)/2]kd \cos \theta} \\
 &\quad + a_1 e^{-j(1/2)kd \cos \theta} + a_2 e^{-j(3/2)kd \cos \theta} + \dots \\
 &\quad + a_M e^{-j[(2M-1)/2]kd \cos \theta} \\
 (AF)_{2M} &= 2 \sum_{n=1}^M a_n \cos \left[ \frac{(2n-1)}{2} kd \cos \theta \right] \quad (2.24)
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 2.24 ปรับโครงสร้างของสมการเพื่อลดความซับซ้อน แสดงดังนี้

$$(AF)_{2M} = \sum_{n=1}^M a_n \cos \left[ \frac{(2n-1)}{2} kd \cos \theta \right] \quad (2.25)$$

ถ้าองค์ประกอบแถวลำดับด้วยองค์ประกอบแถวลำดับเป็นไอโซทรอปิก (Isotropic) มีขนาดเป็นจำนวนคี่ (odd) โดยมีขนาดองค์ประกอบแถวลำดับที่  $2M+1$  ( $M$  คือจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับซึ่งเป็นจำนวนจริง) ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.10 (ข) องค์ประกอบของแถวลำดับสามารถเขียนได้ แสดงดังนี้

$$\begin{aligned} (AF)_{2M+1} &= 2a_1 + a_2 e^{+jkd \cos \theta} + a_3 e^{+j2kd \cos \theta} + \dots + a_{M+1} e^{+jMkd \cos \theta} \\ &\quad + a_2 e^{-jkd \cos \theta} + a_3 e^{-j2kd \cos \theta} + \dots + a_{M+1} e^{-jMkd \cos \theta} \\ (AF)_{2M+1} &= 2 \sum_{n=1}^{M+1} a_n \cos [(n-1)kd \cos \theta] \end{aligned} \quad (2.26)$$

จากสมการที่ 2.26 ปรับโครงสร้างของสมการเพื่อลดความซับซ้อน เพื่อลดรูปสมการ โดยที่สัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่จุดกึ่งกลางมีค่าเท่ากับ  $2a_1$  แสดงดังนี้

$$(AF)_{2M+1} = \sum_{n=1}^{M+1} a_n \cos [(n-1)kd \cos \theta] \quad (2.27)$$

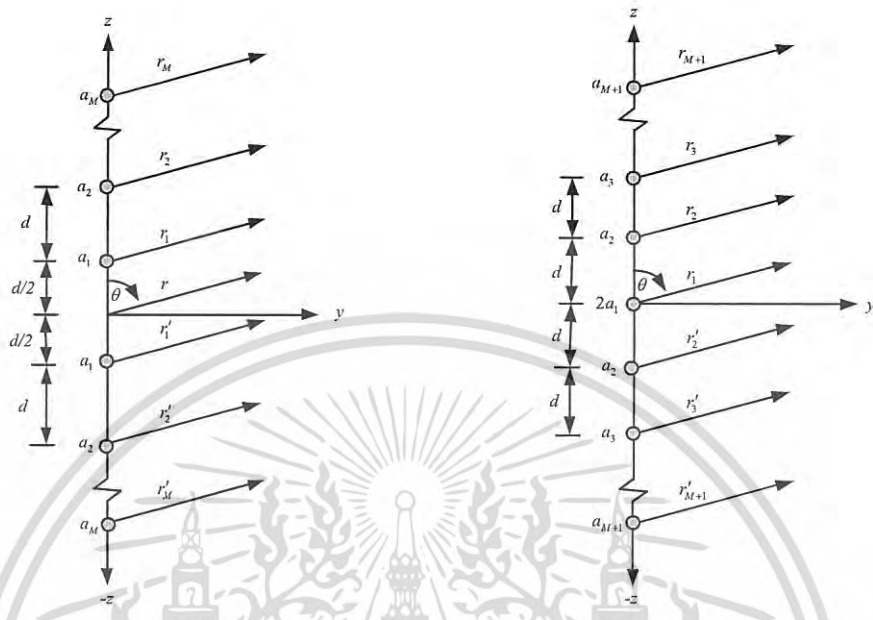
เราสามารถลดรูปของสมการที่ 2.25 และ 2.27 ซึ่งเป็นผลรวมของสมการแถวลำดับเชิงเส้นที่อยู่ในรูปของจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับแบบคี่กับคู่ ตามลำดับ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$(AF)_{2M} (even) = \sum_{n=1}^M a_n \cos [(2n-1)u] \quad (2.28)$$

$$(AF)_{2M+1} (odd) = \sum_{n=1}^{M+1} a_n \cos [2(n-1)u] \quad (2.29)$$

$$u = \frac{\pi d}{\lambda} \cos \theta \quad (2.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น สมมาตรแบบคู่  
 (ข) โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น สมมาตรแบบคี่  
 รูปที่ 2.10 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับ ด้วยองค์ประกอบแถวลำดับขนาด  $N$  แบบคู่ และแบบคี่

2.4.4 สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยองค์ประกอบเชิงเส้นจำนวน  $N$  สัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบไม่เป็นรูปแบบเดียว

โครงสร้างขององค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นซึ่งมีระยะห่างระหว่างองค์ประกอบไม่เท่ากัน และมีโครงสร้างขององค์ประกอบแถวลำดับแบบไม่สมมาตร การพิจารณาองค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นลักษณะโครงสร้างตั้งนี้ด้วยจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับจำนวน  $N$  ดังแสดงในรูปที่ 2.6 องค์ประกอบแถวลำดับสามารถแสดงได้ดังนี้

$$AF = w_0 e^{jkz_0 \cos \theta} + w_1 e^{jkz_1 \cos \theta} + w_2 e^{jkz_2 \cos \theta} + \dots + w_{(N-1)} e^{jkz_{N-1} \cos \theta} \quad (2.31)$$

$$AF = \sum_{n=0}^{N-1} w_n e^{jkz_n \cos \theta} \quad (2.32)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $z_n$  คือตำแหน่งขององค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้น ซึ่งสามารถพิจารณาได้จาก ผลรวมของระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับที่มีขนาด  $n$  เราสามารถพิจารณาหาค่าที่ตำแหน่งของ  $z_n$  แสดงดังนี้

$$z_0 = 0 \quad (2.33)$$

$$z_n = d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n \quad (2.34)$$

$$z_n = \begin{cases} \sum_{i=1}^n d_i & : n \geq 1 \\ 0 & : n = 0 \end{cases} \quad (2.35)$$

$$w_n = a_n e^{j\psi_n} \quad (2.36)$$

จากสมการที่ 2.35 และ 2.36 ถูกแทนค่าในสมการที่ 2.32 สามารถคำนวณหาค่าขององค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นจำนวน  $N$  สัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบไม่เป็นรูปแบบเดียว แสดงดังนี้

$$AF = \sum_{n=0}^{N-1} (a_n e^{j\psi_n}) \cdot e^{jk \left( \sum_{i=0}^n d_i \cos \theta \right)} \quad (2.37)$$

ทำการจัดรูปแบบของสมการ 2.37 แสดงดังนี้

$$AF = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{j \left( k \sum_{i=0}^n d_i \cos \theta + \psi_n \right)} \quad (2.38)$$

องค์ประกอบของแถวลำดับเชิงเส้นจำนวน  $N$  ขององค์ประกอบแถวลำดับ อีกทั้งสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบที่ไม่เป็นรูปแบบเดียว ผลขององค์ประกอบแถวลำดับนั้นเกิดจากผลรวมของแต่ละตำแหน่งองค์ประกอบแถวลำดับที่ถูกจัดวางอยู่ตามแนวแกน  $z$  ตั้งแต่ตำแหน่งเริ่มต้นจนถึงตำแหน่งสุดท้าย และผลรวมนั้นอยู่ในฟังก์ชันของเอกซโพเนนเชียล

## 2.5 การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นกับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

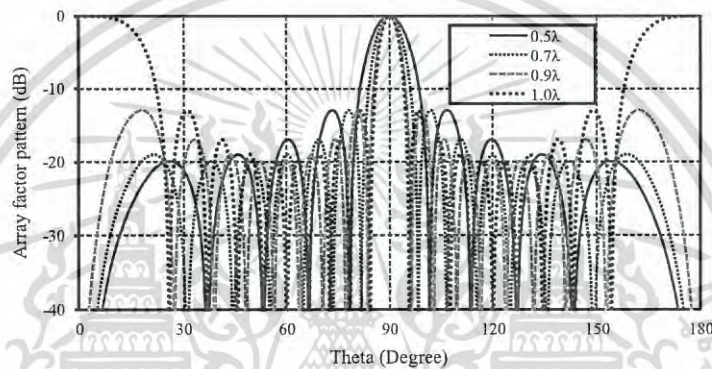
แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นสำหรับสายอากาศแถวลำดับเส้น เป็นเป้าหมายสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศที่มีรูปแบบการควบคุมลำคลื่นหลักและระดับของสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง การออกแบบนั้นทำการป้อนสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับให้กับสายอากาศ ทำการพิจารณาการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ดังต่อไปนี้

### 2.5.1 สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสัมประสิทธิ์การกระตุ้นรูปแบบเดียว

สายอากาศที่มีสัมประสิทธิ์การกระตุ้นในรูปแบบเดียวนั้น จะกำหนดให้ในแต่ละองค์ประกอบแถวลำดับมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากันทุกองค์ประกอบ โดยทำการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นด้วยการกำหนดค่าของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นรูปแบบเดียวแสดงดังนี้

$$AF = \sum_{n=1}^N a_n e^{j(n-1)(kd \cos \theta)} \quad (2.39)$$

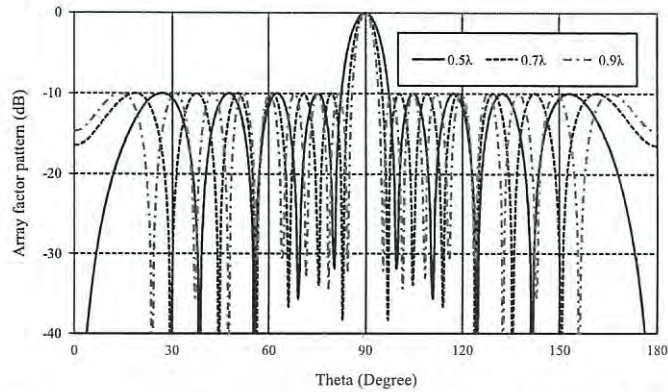
จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับ ( $N$ ) มีค่าเท่ากับ 10 จำนวน สัมประสิทธิ์การกระตุ้น ( $a_n$ ) มีค่าเท่ากับ 1.0 ระยะห่างระหว่างองค์ประกอบ ( $d_n$ ) มีค่าเท่ากับ  $0.5\lambda$ ,  $0.7\lambda$ ,  $0.9\lambda$  และ  $1.0\lambda$  แสดงแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยการกระตุ้นสัมประสิทธิ์แบบเดียวดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยการกระตุ้นสัมประสิทธิ์รูปแบบเดียว

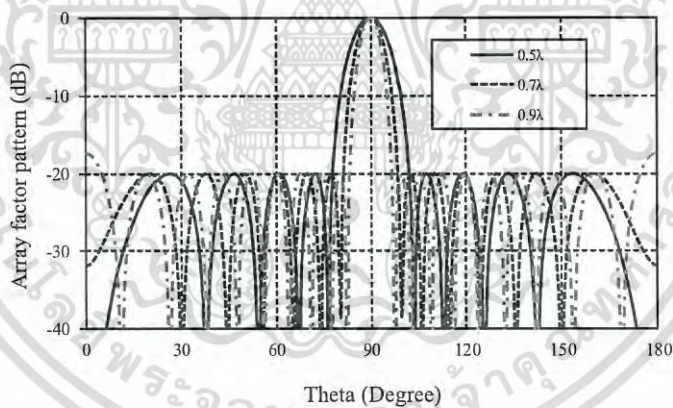
### 2.5.2 สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสัมประสิทธิ์การกระตุ้นหลายแบบ

สัมประสิทธิ์การกระตุ้นโดยระเบียบวิธีดอล์ฟ ทีเชบเชฟ (Dolph-Tshebysheff) [22][23] ในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นกับระดับของสัญญาณลาคี่นที่ถูกกำหนด การปรับขนาดของระดับลาคี่นด้านข้างของสายอากาศแถวลำดับด้วยการป้อนสัมประสิทธิ์องค์ประกอบแถวลำดับที่มีความแตกต่าง ของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีขนาดจำนวนเท่ากับ 10 องค์ประกอบ ที่ระดับของลาคี่นด้านข้างมีค่าเท่ากับ  $-10\text{dB}$  พร้อมทั้งการเปลี่ยนระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับที่มีค่าเท่ากับ  $0.5\lambda$ ,  $0.7\lambda$  และ  $0.9\lambda$  ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.12



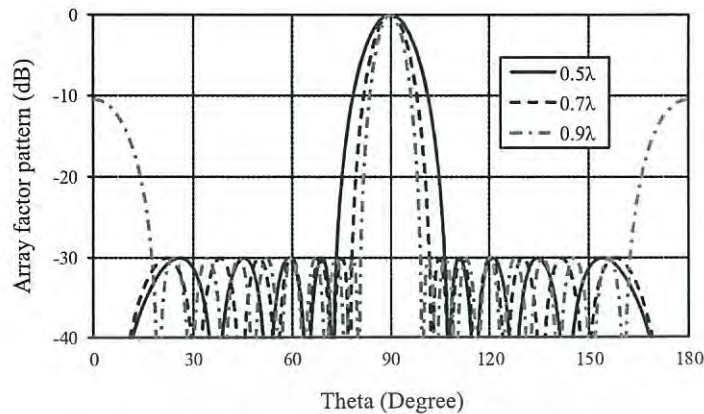
รูปที่ 2.12 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสัญญาณลาคลื่นด้านข้าง เท่ากับ  $-10$  dB

การวิเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยองค์ประกอบแถวลำดับขนาดจำนวน 10 องค์ประกอบ ที่ระดับลาคลื่นด้านข้างมีค่าเท่ากับ  $-20$  dB พร้อมทั้งการเปลี่ยนระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถว ลำดับที่มีค่าเท่ากับ  $0.5\lambda$ ,  $0.7\lambda$  และ  $0.9\lambda$  ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสัญญาณลาคลื่นด้านข้าง เท่ากับ  $-20$  dB

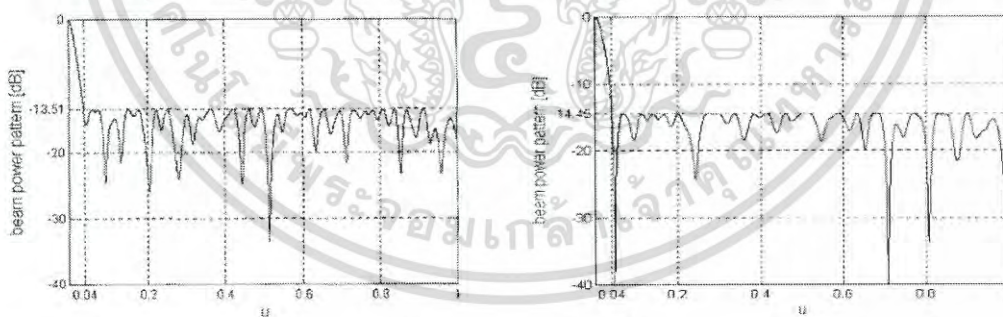
การวิเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยองค์ประกอบแถวลำดับขนาดจำนวน 10 องค์ประกอบ ที่ระดับลาคลื่นด้านข้างมีค่าเท่ากับ  $-30$  dB พร้อมทั้งการเปลี่ยนระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถว ลำดับที่มีค่าเท่ากับ  $0.5\lambda$ ,  $0.7\lambda$  และ  $0.9\lambda$  ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสัญญาณลาคี่ด้านข้าง เท่ากับ  $-30$  dB

## 2.6 งานวิจัยที่มีมาก่อน

สำหรับงานวิจัยที่มีมาก่อนในงานของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ในปี 1996 [14] และ 1999 [13] กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการที่เรียกว่า ระเบียบวิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulate annealing) โดยเป้าหมายของการออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีระยะระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับไม่เท่ากัน (Unequally) คือต้องการระดับของสัญญาณลาคี่ด้านข้างที่มีระดับต่ำที่สุดโดยการออกแบบที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 25 องค์ประกอบด้วย



(ก) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

กับ  $SLL -13.51$ dB [14]

(ข) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

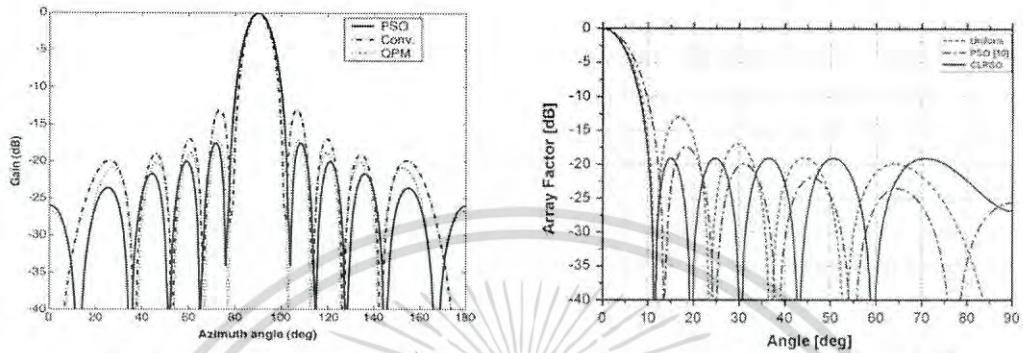
กับ  $SLL -14.45$ dB [13]

รูปที่ 2.15 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับระเบียบวิธีการจำลองการอบเหนียว

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีอนุภาคกลุ่ม (Particle swarm optimization : PSO) ในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในปี 2005 [9] และ 2010 [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยระเบียบวิธีแบบมาตรฐาน (PSO) และที่ปรับปรุงแล้ว (Comprehensive learning PSO) ตามลำดับ โดยทำการปรับระยะห่างระหว่างองค์ประกอบและการป้อนสัมประสิทธิ์การกระตุ้น เป้าหมายในการออกแบบคือต้องการปราบปราม (Suppression) ระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้าง

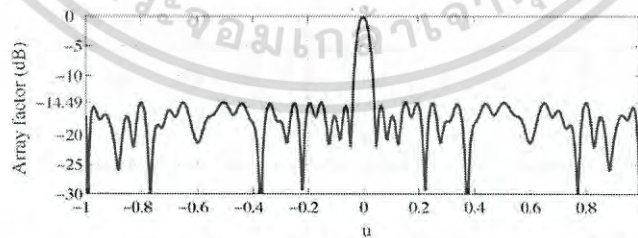


(ก) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น  
กับระเบียบวิธี PSO [9]

(ข) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น  
กับระเบียบวิธี CLPSO [10]

รูปที่ 2.16 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วย  
องค์ประกอบ 10 จำนวนกับระเบียบวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยอนุภาคกลุ่ม

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบแบบแผนการทำซ้ำ (Iterative scheme) ในปี 2010 [31] เพื่อทำการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นในกรณีที่มีสัมประสิทธิ์การกระตุ้นมี  
ค่าน้อยในแบบกลุ่ม (Cluster minimal) สำหรับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่มีขนาด  
ลำคลื่นที่แคบและระดับของสัญญาณคลื่นด้านข้างที่น้อยที่สุด โดยระเบียบแบบแผนการทำซ้ำนี้  
สามารถคำนวณหาจำนวนองค์ประกอบที่น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 19 องค์ประกอบแถวลำดับด้วยระดับ  
สัญญาณลำคลื่นด้านข้างเท่ากับ -14.49dB

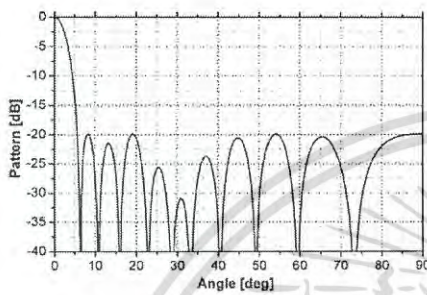


รูปที่ 2.17 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับระเบียบ  
วิธีการทำซ้ำที่ลดองค์ประกอบแถวลำดับแบบกลุ่ม [31]

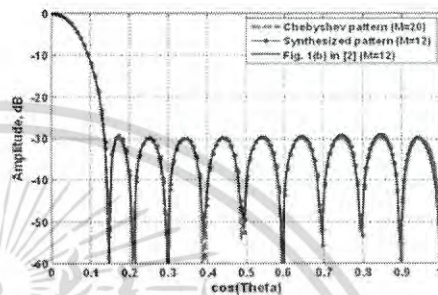
ในปี 2011 ได้มีการนำเสนอกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่เรียกว่า ระเบียบวิธีผลต่างเชิง  
วิวัฒนาการ (Differential evolution) [12] โดยออกแบบระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างที่ -20 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของระเบียบวิธีการผสมกันระหว่างระเบียบวิธีสืบทอดพันธุกรรม (Genetic algorithm) และวิธีการโมเมนต์ (Moment of method : MM) [30] โดยทำการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่เปรียบเทียบกับแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นระเบียบวิธีเชบีเชฟ (Chebyshev pattern) แต่ใช้จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่น้อยกว่าด้วยการปรับระยะห่างระหว่างองค์ประกอบและการป้อนสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่มีความแตกต่างกัน



(ก) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น  
กับองค์ประกอบที่ 17 จำนวน [12]



(ข) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น  
กับองค์ประกอบที่ 12 จำนวน [30]

รูปที่ 2.18 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับระเบียบวิธีผลต่างเชิงวิวัฒนาการและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

## 2.7 บทสรุป

ในบทนี้ได้นำเสนอกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ในเรื่องของหลักการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาในทางวิศวกรรม หลักการของกระบวนการเชิงวิวัฒนาการสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด อีกทั้งกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการเชิงวิวัฒนาการด้วยระเบียบวิธีถ่ายทอดพันธุกรรม และการวิเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยวิธีการปรับระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ อีกทั้งการป้อนสัมประสิทธิ์การกระตุ้นสำหรับองค์ประกอบแถวลำดับเพื่อให้ได้มาซึ่งแบบรูปการแพร่กระจายขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศ

## บทที่ 3

# หลักการของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบพหุบุพการี

### 3.1 บทนำ

บทนี้จะนำเสนอเกี่ยวกับทฤษฎีการหาค่าที่เหมาะสมด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมซึ่งเป็นแนวความคิดในเชิงธรรมชาติในการหาค่าที่เหมาะสมที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของสายอากาศแกลวลำดับเชิงเส้น ซึ่งได้นำเสนอหลักการแนวความคิดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่ใช้แก้ปัญหาของพารามิเตอร์จำนวนจริงและความสามารถในการค้นหาที่เหมาะสมโดยการเปลี่ยนแปลงค่าการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์พร้อมทั้งได้นำเสนอเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลจากการกำหนดค่าของสมาชิกของกระบวนการว่ามีผลอย่างไรกับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสม ซึ่งใช้กระบวนการคิดนี้หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของโครงสร้างสายอากาศแกลวลำดับเชิงเส้น โดยการวิเคราะห์โครงสร้างของสายอากาศจากฟังก์ชันค่าความเหมาะสมของสายอากาศแกลวลำดับเชิงเส้นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์สายอากาศด้วยกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมของสมาชิกที่ถูกกำหนดขึ้น และสรุปความสามารถในการหาค่าความเหมาะสมที่สุดโดยการเปรียบเทียบกับกระบวนการหาค่าความเหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม โดยการกำหนดขอบเขตของพารามิเตอร์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการ ว่ามีความเหมาะสมเท่าใดเมื่อนำมาประยุกต์ใช้งานในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสายอากาศแกลวลำดับเชิงเส้น ซึ่งปัจจุบันกระบวนการหาค่าความเหมาะสมเริ่มนิยมนำมาใช้งานในด้านการออกแบบทางวิศวกรรมมากขึ้น เนื่องจากมีความสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่พัฒนามากขึ้นทำให้สามารถนำกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมนั้นมาประยุกต์ใช้งานอย่างมากมาย

### 3.2 การออกแบบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

สำหรับประเภทของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมนั้น มีอยู่สองประเภทใหญ่อยู่ด้วยกันคือ กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมแบบดั้งเดิม (Traditional Optimization Algorithms) และ กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมแบบใหม่ (Modern Optimization Algorithms) ซึ่งในส่วนของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมแบบดั้งเดิมนั้นเป็นกระบวนการที่ใช้หลักการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลของการหาอนุพันธ์หรือกระบวนการที่มีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ตายตัวไม่สามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้เช่น วิธีการตัดขอบเขต (Region-Elimination Methods) หรือ วิธีการประมาณค่าจากจุด (Point-Estimation Methods) หรือ วิธีการแบบเกรเดียนต์ (Gradient-based Method) และอื่น ๆ และใน

ส่วนของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบใหม่นั้นจะเป็นระเบียบวิธีการต่างในเชิงธรรมชาติ หรือเรียกอีกอย่างว่ากระบวนการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary algorithms) เช่นระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้น เป้าหมายของการออกแบบรูปแบบการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้น มีความสัมพันธ์ต่อการออกแบบกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการหาที่เหมาะสม ซึ่งการประยุกต์ใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์รูปแบบใดรูปแบบหนึ่งนั้น เป็นไปได้ยากในทางวิศวกรรม เพราะปัญหาทางวิศวกรรมนั้นเป็นปัญหาที่มีการเปลี่ยนแปลงไปไม่มีรูปแบบตายตัว ขึ้นอยู่กับปัญหาที่ต้องการออกแบบ จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคที่แตกต่างในการแก้ปัญหา ในหัวข้อนี้จึงนำเสนอลำดับการออกแบบกระบวนการทางคณิตศาสตร์เบื้องต้นเพื่อในการออกแบบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดให้เหมาะกับปัญหาทางวิศวกรรม



รูปที่ 3.1 การออกแบบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

จากรูปที่ 3.1 อันดับแรกที่ต้องทำการออกแบบคือการเลือกตัวแปร (Variables) ที่ต้องการหาค่าที่เหมาะสมจากปัญหาที่ต้องการออกแบบ ค่าเหล่านี้เป็นค่าที่จะถูกเปลี่ยนแปลงระหว่างทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าที่เหมาะสม ซึ่งค่าตัวแปรแต่ละตัวมีความสำคัญกับการออกแบบไม่เท่ากันบางตัวมีผลกระทบมากกับปัญหาแบบหนึ่งแต่มีผลกระทบน้อยกับปัญหาอีกแบบหนึ่ง ดังนั้นจึงควรทำการกำหนดตัวแปรที่ต้องการออกแบบให้เหมาะสมก่อน

อันดับที่สองคือการศึกษาเกี่ยวกับข้อบังคับหรือข้อจำกัดที่จะใช้ในการออกแบบ ซึ่งสิ่งนี้จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการออกแบบตัวแปรและค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ทำการออกแบบด้วย เช่น เมื่อเราต้องการสายอากาศแบบบ่วงที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กสูงแต่ยังคงต้องการขนาดของสายอากาศเท่าเดิม ฉะนั้นขนาดของสายอากาศคือข้อบังคับของปัญหานี้

อันดับที่สามคือการกำหนดวัตถุประสงค์ หรือ ฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness function) ซึ่งเป็นพจน์ที่บอกถึงวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสม โดยทั่วไปพจน์นี้จะถูกแทนที่ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นผลมาจากค่าตัวแปรที่ทำการออกแบบ ถูกแบ่งออกเป็นสองชนิดคือ การค้นหาค่าความเหมาะสมที่มีค่ามากที่สุด และการค้นหาค่าความเหมาะสมที่มีค่าน้อยที่สุด

อันดับที่สี่คือการกำหนดช่วงของตัวแปรที่ต้องการหาค่าที่เหมาะสม ซึ่งกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมบางกระบวนการนั้นอาจไม่ต้องการข้อมูลนี้ หลังจากที่เราทราบแล้วว่าต้องการหาค่าที่เหมาะสมของอะไร มีวัตถุประสงค์อย่างไร ต่อไปก็เป็นการเลือกกระบวนการคิดหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาที่ต้องการ แล้วจึงดำเนินการหาค่าที่เหมาะสมตามกระบวนการ

### 3.3 ระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบพหุพการี

ระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นกระบวนการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่มีความแข็งแรงและใช้หลักการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงคุณสมบัติทางสถิติของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันร่วมกับแนวคิดของการสุ่มและเป็นกระบวนการแบบวิทยาการศึกษาลำบาก (Heuristic) หมายถึง วิธีการแก้ปัญหาที่ดูเหมือนว่าจะไม่มีแนวทางหรือกฎเกณฑ์ที่ชัดเจนตายตัว เช่น ในเกมหมากรุก ซึ่งมีแต่การทดลองหรือคาดเดาหลาย ๆ ทางให้ตัดสินใจเลือกทางที่คิดว่าจะได้ผลดีที่สุด ซึ่งมักจะใช้ผลจากประสบการณ์ที่ผ่านมา เพื่อใช้แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนหรือปัญหาที่มีความสัมพันธ์กันได้อย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการคิดนี้ถูกนำเสนอโดย Professor John Holland จากมหาวิทยาลัยมิชิแกน ในปี ค.ศ.1975 หลังจากนั้นกระบวนการนี้ก็ถูกพัฒนาและเริ่มเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย [27]-[29]

#### 3.3.1 หลักการของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบพหุพการี

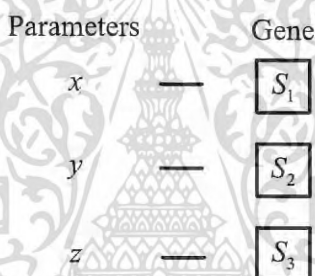
ในการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม ในการแก้ไขปัญหานั้น สิ่งแรกที่ต้องทำการคือการเข้ารหัสตัวแปรที่ต้องการออกแบบ (Design variable) เพื่อให้ได้ออกมาเป็นโครงสร้างรหัสแบบแถว ซึ่งปัจจุบันการเข้ารหัสที่ใช้กันในระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม มีอยู่หลายแบบ โดยในหลักการของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่ายนั้น ใช้รหัสแบบไบนารีที่มีเฉพาะค่า “0” และ “1” ซึ่งเป็นที่นิยมใช้

กันทั่วไป ส่วนความยาวของรหัสนั้นจะถูกกำหนดขึ้นโดยขึ้นอยู่กับความละเอียดและปริมาณของค่าตัวแปรที่ต้องการ ถ้าหากความยาวของรหัสนั้นยังมีความยาวมากก็จะมีค่าความละเอียดและปริมาณของค่าตัวแปรมากขึ้น แต่สำหรับระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วจะทำการเข้ารหัสตัวแปรในรูปแบบค่าจริง (Real number) โดยทำการเข้ารหัสในการจัดเรียงตัวแปร ยกตัวอย่างของตัวแปรในรูปแบบค่าจริงซึ่งอยู่ในเขตขอบที่ต้องการทราบค่าในระหว่างค่าที่มากที่สุดถึงค่าน้อยที่สุด โดยตัวแปร ( $x$ ) ที่ต้องการทราบค่าสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$x = \{x \mid R_{\min} \leq x \leq R_{\max}\} : [R_{\min}, R_{\max}] \in \mathbb{R} \quad (3.1)$$

โดยที่  $R_{\min}$  และ  $R_{\max}$  เป็นขอบเขตของตัวแปรซึ่งเป็นสมาชิกของจำนวนจริง

**3.3.1.1 ยีน (Genes)** ในระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมียีนเป็นบล็อกการทำงานพื้นฐาน โดยทั่วไปยีนจะเป็นรหัสที่ใช้แทนค่าพารามิเตอร์หรือค่าตัวแปรแต่ละตัวในกระบวนการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะของยีนในระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

**3.3.1.2 โครโมโซม (Chromosome)** สำหรับระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนั้น ลักษณะของโครงสร้างโครโมโซมอยู่ในรูปของการจัดเรียงลำดับของยีน ซึ่งอธิบายโครงสร้างของพารามิเตอร์และการพัฒนาของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งอยู่บนพื้นฐานทางธรรมชาติ ซึ่งลักษณะของโครงสร้างของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมจะอธิบายในลักษณะของเวกเตอร์ซึ่งมีจำนวนขององค์ประกอบเวกเตอร์เป็นจำนวน  $N$  และสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

$$s = (s_1, \dots, s_N) \text{ with } 1 \leq i \leq N \quad (3.2)$$

ซึ่ง  $s$  คือตัวแปรเดี่ยวโครโมโซมตามมาตรฐานของระเบียบวิธีสืบทอดทางพันธุกรรม โดยที่  $s_i$  คือพารามิเตอร์ที่เรียงลำดับของยีนในแต่ละโครโมโซม ซึ่งในลักษณะของโครโมโซมที่ถูกใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพียงชุดเดียว แสดงรูปแบบของโครโมโซมโดยรูปที่ 3.3

$$S_1 \quad S_2 \quad S_3 \quad \dots \quad S_N$$

รูปที่ 3.3 ลักษณะของโครโมโซมในระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

### 3.3.1.3 กลุ่มสมาชิก (Population) กลุ่มสมาชิกคือ กลุ่มของโครโมโซม

ที่อยู่ในกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมหรือที่ได้จากกระบวนการที่ผ่านมา ของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมจากการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ ในกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นจะใช้โครโมโซมที่เป็นกลุ่มของสมาชิกในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ครอบคลุม (Global solution) ซึ่งแสดงสมการของกลุ่มสมาชิกโครโมโซมในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

$$s = (s_{i,j}, \dots, s_{N,M}) \text{ with } 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq M \quad (3.3)$$

โดยที่  $i$  และ  $j$  เป็นจำนวนของสมาชิกที่มีจำนวนทั้งหมดเป็น  $N$  และ  $M$  แสดงรูปแบบของกลุ่มสมาชิกในรูปแบบโครโมโซมโดยรูปที่ 3.4

$$\begin{array}{ccccccc}
 s_{11} & s_{12} & s_{13} & \dots & s_{1N} \\
 s_{21} & s_{22} & s_{23} & \dots & s_{2N} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 s_{M1} & s_{M2} & s_{M3} & \dots & s_{MN}
 \end{array}$$

รูปที่ 3.4 กลุ่มสมาชิกของโครโมโซมในระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

### 3.3.1.4 จำนวนครั้งการทำงาน (Generation number) ในการทำงานแต่ละ

วงรอบนั้น จะเรียกการทำงานแบบนี้ว่า จำนวนครั้งการทำงาน ซึ่งในหนึ่งวงรอบการทำงานจะคำนวณสมาชิกให้หมดทั้งกลุ่มสมาชิกที่มีอยู่ โดยสมาชิกที่คำนวณการเลือกครั้งต่อไป จะประกอบด้วยกระบวนการคัดเลือกเอกสมาชิกภายในกลุ่มสมาชิก และนำไปแทนที่สมาชิกเดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อใช้ในวงรอบต่อไปของการทำงาน

### 3.3.1.5 สมาชิกต้นแบบ (Parents) สมาชิกต้นแบบ คือสมาชิกที่ถูกเลือกมาโดย

การกำหนดขึ้นและกระบวนการเลือกสมาชิก เพื่อเป็นสมาชิกต้นแบบในการหาสมาชิกใหม่ ซึ่งจะเป็นสมาชิกที่มีค่าความเหมาะสมเพื่อนำมาสร้างสมาชิกใหม่ในวงรอบการทำงานถัดไป

### 3.3.1.6 สมาชิกใหม่ (Offspring) สมาชิกใหม่ คือสมาชิกที่ถูกสร้างมาจากกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมาชิกต้นแบบด้วยกระบวนการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปร โดยสมาชิกใหม่นั้นจะถูกกระบวนการคัดเลือกสมาชิกนั้นใช้ในการนำมาเป็นสมาชิกต้นแบบในวงรอบการทำงานต่อไป

**3.3.1.7 ฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness function)** ฟังก์ชันความเหมาะสม คือ ค่าที่บ่งบอกถึงความเหมาะสมของชุดตัวแปรหรือสมาชิก ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ว่า จะต้องการให้เป็นอะไร โดยฟังก์ชันค่าความเหมาะสมนั้น เป็นการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของตัวแปรที่ต้องการทราบค่า ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยค่าที่มากที่สุด หรือการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยค่าที่น้อยที่สุด ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$F(x) = \frac{1}{1 + f(x)} \quad (3.4)$$

$$F(x) = f(x) \quad (3.5)$$

ด้วยฟังก์ชันความเหมาะสมของสมการที่ 3.4 และ 3.5 นั้นเป็นฟังก์ชันความเหมาะสมสำหรับการหาค่าของฟังก์ชันที่น้อยที่สุด และมากที่สุด ตามลำดับ เนื่องจากฟังก์ชันความเหมาะสมนั้นเป็นตัวบ่งบอกว่าค่าตัวแปรใดนั้นเหมาะสมหรือไม่ ดังนั้น ในการกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสมจึงเปรียบเสมือนการกำหนดความต้องการในการออกแบบของปัญหาที่จะใช้ในการหาค่าของตัวแปรที่มีค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

### 3.3.2 ตัวปฏิบัติการของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

**3.3.2.1 กระบวนการเลือกสมาชิก (Selection operator)** กระบวนการเลือกสมาชิกเป็นตัวปฏิบัติการที่ทำการเลือกสมาชิกที่มีค่าความเหมาะสมที่ติดออกจากกลุ่มสมาชิกทั้งหมด ด้วยเหตุนี้จึงมีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า Selection Operator การเลือกสมาชิกนี้จะอาศัยการเลือกแบบสุ่ม โดยอาศัยค่าความน่าจะเป็นที่คำนวณจากฟังก์ชันความเหมาะสม แสดงดังต่อไปนี้ [27]-[29]

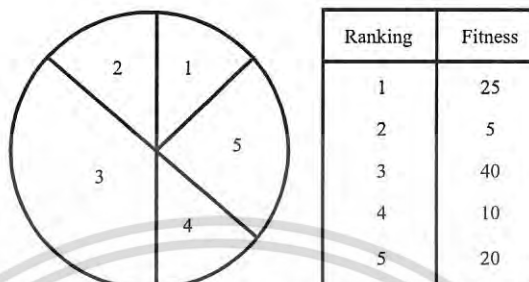
$$P_i = \frac{F_i}{\sum_{j=1}^n F_j} \quad (3.6)$$

เมื่อค่า  $n$  คือจำนวนสมาชิกในกลุ่มสมาชิก จากกรณีการเลือกสมาชิกด้วยหลักการนี้สามารถที่จะสร้างโดยการจำลองแบบการทำงานเป็นวงล้อหมุน (Roulette-Wheel) ขึ้นมาและให้ความยาวเส้นโค้งรอบวงล้อเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสมของสมาชิกนั้น ๆ ในขณะที่ทำการเลือกค่านั้นวงจะทำการหมุนจำนวน  $n$  ครั้งแต่ละครั้งก็จะเลือกสมาชิกโดยใช้ตัวชี้ที่ชี้บริเวณของสมาชิกที่วงล้อหยุดหมุน

$$\bar{F} = \sum_{i=1}^n F_i / n \quad (3.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อค่า  $F$  คือค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ยของสมาชิกทั้งหมด จากรูปที่ 3.5 แสดงวงล้อของตัวแปร 5 ตัวแปรที่มีค่าความเหมาะสมต่างกันซึ่งตัวแปรตัวที่ 3 มีค่าความเหมาะสมสูงสุด ฉะนั้นจึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าความเป็นไปได้ที่วงล้อจะเลือกได้ตัวแปรที่ 3 นั้นมีมากกว่าตัวแปรตัวอื่นๆ

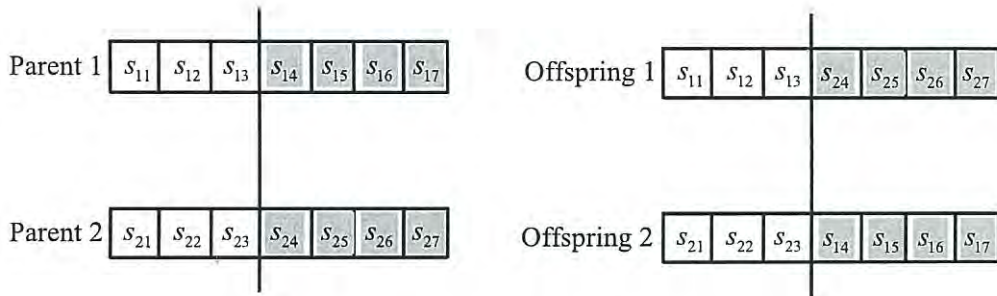


รูปที่ 3.5 กระบวนการเลือกสมาชิกด้วยวงล้อหมุน

จากรูปที่ 3.5 หลักการของวงล้อหมุนจะทำการแทนค่า ความน่าจะเป็นที่คำนวณได้จากสมการที่ 3.6 ของสมาชิกแต่ละตัวจาก  $P_{i-1}$  ถึง  $P_i$  ซึ่งสมาชิกตัวแรกจะถูกแทนที่ด้วยค่าความน่าจะเป็นจาก 0 ถึง  $P_1$  ดังนั้นความน่าจะเป็นของสมาชิกตัวใด ๆ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 จากนั้นจึงทำการเลือกสมาชิก  $n$  ตัวด้วยการสุ่ม  $n$  ครั้ง ดังนั้นสมาชิกที่ถูกเลือกแบบสุ่มด้วยสัดส่วนของค่าความน่าจะเป็น (Cumulative Probability ที่คำนวณจากค่า ความเหมาะสม) จะถูกคัดลอกลงใน Mating Pool สำหรับวิธีการนี้สมาชิกที่มีค่าความเหมาะสมสูงจะถูกแทนที่ด้วยช่วงที่กว้างจึงทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะถูกคัดลอกลง Mating Pool มาก ในขณะที่สมาชิกที่มีค่าความเหมาะสมต่ำนั้นจะถูกแทนที่ด้วยช่วงแคบ ๆ จึงทำให้ความเป็นไปได้ที่จะถูกคัดลอกลง Mating Pool นั้นก็น้อยเช่นกัน

เมื่อผ่านกระบวนการเลือกสมาชิก ก็จะได้จำนวนสมาชิกที่มีค่าความเหมาะสมสูงอยู่ใน Mating Pool จากนั้นสิ่งสำคัญต่อมาคือการสร้างสมาชิกใหม่ด้วยตัวปฏิบัติการ Crossover และ ตัวปฏิบัติการ Mutation ต่อไป

**3.3.2.2 กระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้ (Crossover operator)** ตัวปฏิบัติการแบบไขว้จะทำการสุ่มเลือกสมาชิกสองตัวที่อยู่ใน Mating Pool และทำการแบ่งสมาชิกของทั้งสองออกเป็นสองส่วนแล้วจึงนำมาสลับที่กัน จากหลักการกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้ 1 จุด นั้นจะทำการเลือกจุดแบ่งภายในสมาชิกเพียงหนึ่งจุด แล้วนำมาสลับที่กับสมาชิกกลุ่มที่สองที่ถูกแบ่งไว้เช่นกัน แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 กระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้ 1 จุด

สมาชิกสองตัวที่ได้จากการเลือกแบบสุ่มมาจาก Mating Pool นั้นเรียกว่าสมาชิกต้นแบบ (Parent) และผลที่ได้จากการกระทำของกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้ เรียกว่าสมาชิกใหม่ (Offspring) หลักการของกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้ นี้มีแนวคิดที่ว่าหากนำสมาชิกที่มีค่าความเหมาะสมสูงมาสลับที่กันเพื่อสร้างสมาชิกใหม่ก็จะได้สมาชิกที่มีค่าความเหมาะสมสูงเช่นกัน อย่างไรก็ตามก็ไม่สามารถรู้ได้ว่าสมาชิกใหม่นั้นจะมีค่าความเหมาะสมสูงหรือไม่ แต่ถ้าหากสมาชิกใหม่ที่สร้างขึ้นนั้นมีค่าความเหมาะสมน้อย ในวงรอบการทำงานถัดไปจะถูกตัดออกด้วยกระบวนการเลือกสมาชิก โดยอัตโนมัติและสมาชิกที่มีค่าความเหมาะสมสูงก็จะถูกนำกลับมาไว้ใน Mating Pool เช่นเดิมจึงไม่จำเป็นต้องสนใจว่าสมาชิกใหม่ที่ได้นั้นจะมีค่าความเหมาะสมดีหรือไม่

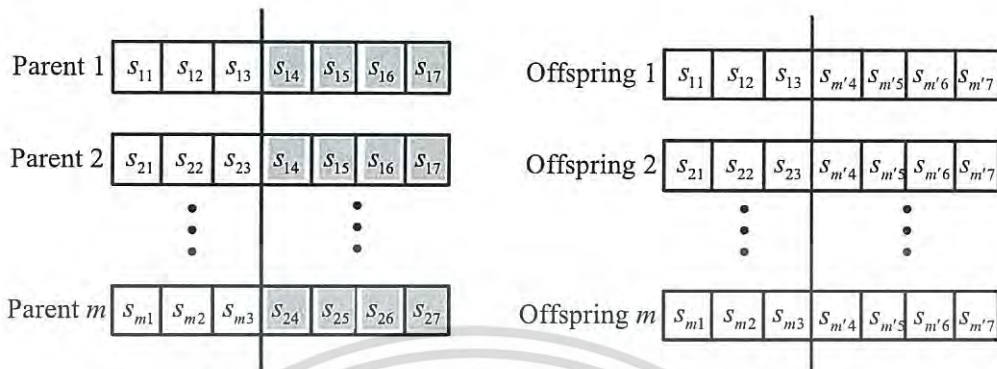
3.3.2.3 กระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้แบบพหุบุพการี (Multiple parents crossover operator) การสร้างสมาชิกใหม่ของตัวแปรด้วยตัวปฏิบัติการแบบไขว้แบบพหุบุพการี คือ การใช้โครโมโซมสำหรับการจัดการสร้างสมาชิกใหม่ตั้งแต่สองโครโมโซมขึ้นไป ซึ่งระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้ว ใช้เทคนิควิธีการสร้างสมาชิกใหม่ด้วยกระบวนการตัวปฏิบัติการแบบไขว้หลายโครโมโซมด้วยจำนวนเต็ม ซึ่งการตัดแปลงตัวแปรด้วยตัวปฏิบัติการแบบไขว้หลายโครโมโซมแสดงดังต่อไปนี้

$$s_{rec}^m = \begin{cases} s_{i,j}^m & \text{if } \chi < p_c \\ s_{ij} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.8)$$

โดยที่  $s_{i,j}^m$  และ  $s_{i,j}$  ตัวแปรที่จัดเรียงลำดับแบบโครโมโซม ด้วยจำนวนของโครโมโซมมีค่าเท่ากับ  $m$  และ ตัวแปรที่ถูกจัดเรียงลำดับแบบโครโมโซมปกติ อีกทั้ง  $p_c$  คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ทำด้วยตัวปฏิบัติการแบบไขว้ สำหรับสมาชิกใหม่ที่ถูกสร้างมาจากกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้แบบพหุบุพการีแสดงดังสมการที่ แบบพหุบุพการีแสดงดังสมการที่ 3.9 และแสดงดังรูปที่ 3.7

$$s_{i,j}^{m'} = (s_{1,j}, \dots, s_{1,N}) \circ (s_{2,j}, \dots, s_{2,N}) \circ \dots \circ (s_{m,j}, \dots, s_{m,N}) \quad (3.9)$$

โดย  $m'$  คือพารามิเตอร์ของโครโมโซมที่จะเกิดขึ้นด้วยความน่าจะเป็นของจำนวนสมาชิกต้นแบบทั้งหมด



รูปที่ 3.7 กระบวนการตัวปฏิบัติการแบบไขว้รูปแบบพหุพหุการ

**3.3.2.4 กระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้แบบหลายจุดตัด (Multi section crossover operator)** ในการสร้างสมาชิกใหม่ด้วยตัวปฏิบัติการแบบไขว้ รูปแบบทั่วไปในการสร้างนั้น คือการเลือกจุดตัด (Mark point) ของโครโมโซมที่ถูกเลือกเพื่อทำการสร้างสมาชิกใหม่ด้วยตัวปฏิบัติการแบบไขว้ ซึ่งแสดงการตัดแปลงด้วยตัวปฏิบัติการแบบไขว้หลายจุดตัด ดังนี้

$$u = (u_1, \dots, u_n) \tag{3.10}$$

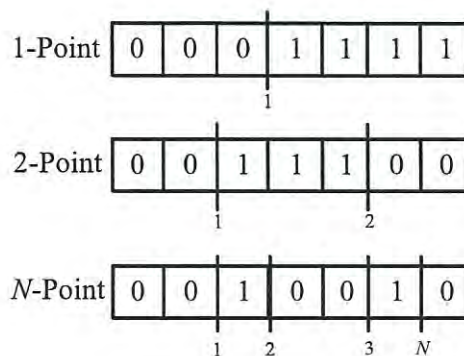
โดยที่  $u$  นั้นคือ จุดตัดของโครโมโซมซึ่งมีขนาดจำนวน  $n$  และแสดงการกำหนดจุดตัดของตัวปฏิบัติการตัดแปลงตัวแปรแบบไขว้แบบหลายจุดตัดดังนี้

$$u_{rec} = \begin{cases} u_i = 1 & \text{Mark point} \\ u_i = 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{3.11}$$

โดยที่  $i \in [1, N]$  ซึ่ง  $N$  คือความยาวของโครโมโซม เมื่อเกิดจุดตัดของกระบวนการสร้างสมาชิกใหม่ตัวแปรแบบไขว้นั้นเกิดขึ้น โดยในการปรับปรุงระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมจะทำการเลือกกระบวนการตัดแบบหลายจุดตัดด้วยการสุ่มเลือกอยู่ทั้งหมด 3 ระเบียบวิธี คือ 1-Point, 2-Point และ N-Point

$$P_{sec} = \begin{cases} \text{1-point} & : \Theta = 1 \\ \text{2-point} & : \Theta = 2 \\ \text{N-point} & : \Theta = 3 \end{cases} \tag{3.12}$$

โดย  $\Theta$  คือการสุ่มตัวเลขด้วยความน่าจะเป็นรูปแบบเดียว (Uniform random number) ซึ่งมีขอบเขตการสุ่มคือ  $\Theta \in [1, 3]$



รูปที่ 3.8 กระบวนการตัวปฏิบัติการแบบไขว้หลายจุดตัด

3.3.2.4 กระบวนการปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์แบบปรับสแต็ปด้วยตัวเอง (Self-adaptation mutation operator) การสร้างสมาชิกใหม่ด้วยตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ในรูปแบบการปรับขนาดสแต็ปด้วยตัวเอง จะใช้การปรับเปลี่ยนตัวแปรของโครโมโซมภายในตัวเองซึ่งการสร้างสมาชิกใหม่ด้วยตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์นั้นแสดงดังรูปที่ 3.9 และสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

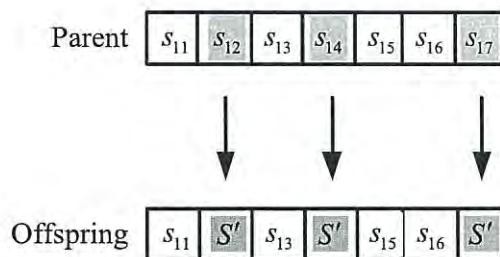
$$s'_{ij} = \begin{cases} s_{ij}^{\min} + [(s_{ij}^{\max} - s_{ij}^{\min}) \cdot \Theta] \cdot \Lambda & \text{if } \chi \leq p_m \\ s_{ij} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.9)$$

โดยที่  $s_{ij}^{\min}$  และ  $s_{ij}^{\max}$  เป็นค่าที่น้อยที่สุดและมากที่สุดสำหรับขอบเขตของตัวแปรที่ใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด อีกทั้ง  $\Theta$  การสุ่มตัวเลขด้วยความน่าจะเป็นรูปแบบเดียว (Uniform random number)  $\Lambda$  คือขนาดสแต็ปที่สามารถปรับค่าได้สำหรับตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ (Adaptation factor) และ  $p_m$  คือค่าความน่าจะเป็นของกระบวนการสร้างสมาชิกใหม่แบบกลายพันธุ์ การปรับขนาดของสแต็ปด้วยตัวเองของตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์นั้น สามารถหาค่าได้โดยการคูณกับองค์ประกอบของขนาดสแต็ป (Adaptation factor) ซึ่งขึ้นกับค่าการเปลี่ยนแปลงของคำตอบที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม ดังนั้นเราสามารถเขียนรูปแบบการปรับองค์ประกอบขนาดสแต็ปได้ดังนี้

$$\Lambda = \begin{cases} 0.6 \cdot \Lambda & \text{if } (fit_{average} - fit_{best}) \leq e \\ \Lambda & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.10)$$

โดยที่  $fit_{average}$  และ  $fit_{best}$  คือค่าฟังก์ชันความเหมาะสมเฉลี่ยและฟังก์ชันความเหมาะสมที่ดีที่สุดในแต่ละรอบการคำนวณตามลำดับ อีกทั้ง  $e$  คือค่าคงที่ของความแตกต่างระหว่างฟังก์ชันความเหมาะสมที่เกิดจากค่าเฉลี่ยและฟังก์ชันความเหมาะสมที่ดีที่สุดในแต่ละรอบการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



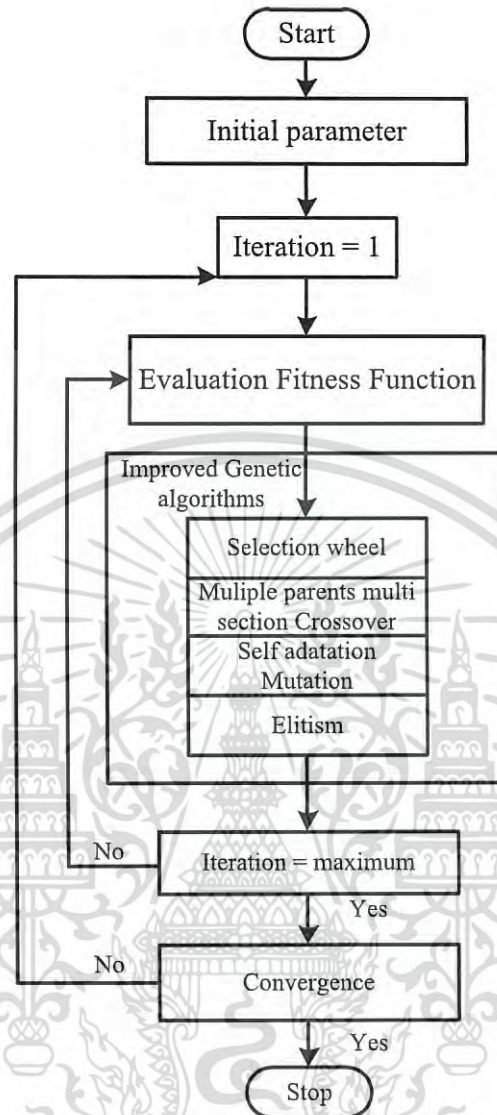
รูปที่ 3.9 กระบวนการตัวปฏิบัติการกลายพันธุ์

### 3.3.3 ลำดับการทำงานของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

หลักการการทำงานของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมถูกนำมาใช้งานในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ที่ต้องการทราบค่าโดยใช้ค่าที่ได้จากฟังก์ชันความเหมาะสมที่ได้จากการคำนวณของปัญหาที่ทำการออกแบบ เพื่อใช้ในการจำลองหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งประกอบด้วยตัวปฏิบัติการ 4 ตัวคือ การเลือกสมาชิก Crossover Mutation และ Elitism แสดงดังรูปที่ 3.10 มีลำดับการทำงานดังนี้

1. เริ่มต้นด้วยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม คือ ค่าความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการแบบไขว้ ค่าความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ จำนวนสมาชิกและฟังก์ชันความเหมาะสม
2. ในวงรอบการทำงานครั้งแรกของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม จะเริ่มทำการกำหนดค่าสมาชิกในกลุ่มของสมาชิกโดยการสุ่ม แล้วคำนวณค่าความเหมาะสมของกลุ่มสมาชิก โดยมาจากฟังก์ชันความเหมาะสมที่ออกแบบกับปัญหา
3. นำค่าความเหมาะสมของสมาชิกแต่ละตัวนำมาสร้างกลไกการเลือกสมาชิกด้วยตัวปฏิบัติการการเลือกสมาชิก
4. นำสมาชิกที่ถูกเลือกมาเก็บไว้ภายใน Mating Pool
5. ทำการสร้างสมาชิกใหม่ที่มีค่าความเหมาะสมสูงขึ้นด้วย ตัวปฏิบัติการแบบไขว้และ ตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์โดยใช้สมาชิกต้นแบบจาก Mating Pool
6. คำนวณค่าความเหมาะสมของสมาชิกทั้งหมดแล้วทำการเรียงลำดับค่าความเหมาะสมจากค่ามากไปหาน้อย
7. ทำกระบวนการ Elitism คือการเก็บสมาชิกที่มีค่าความเหมาะสมสูงไว้ภายใน Mating Pool เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบให้กับการสร้างสมาชิกใหม่ว่าเป็นสมาชิกที่ดีกว่าเดิมหรือไม่
8. ทำการตรวจสอบค่าความเหมาะสมของสมาชิกว่าได้ตรงตามต้องการแล้วหรือไม่ หากได้ค่าที่ตรงตามต้องการแล้วก็สามารถที่จะหยุดการทำงานได้ แต่ถ้าหากยังไม่ได้ค่าความเหมาะสมที่ตรงตามความต้องการก็ให้กลับไปทำงานในขั้นตอนที่ 3 ใหม่เรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ค่าความเหมาะสมตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แผนผังแสดงลำดับการทำงานของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

เงื่อนไขของการหยุดการทำงานของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม เมื่อไม่พบค่าความเหมาะสมตามที่ต้องการ

1. ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การการลู่เข้าของค่าความเหมาะสมว่าลู่เข้าค่าใดค่าหนึ่งหรือไม่ โดยสามารถกำหนดให้อยู่ในช่วง 70% ถึง 100% ก็สามารถสรุปได้ว่านั่นคือค่าความเหมาะสมค่านั้นเป็นค่าที่ดีที่สุด
2. กำหนดจำนวนครั้งของวงรอบการทำงานหากกระบวนการค้นหานั้นไม่พบค่าความเหมาะสมที่ต้องการและไม่ลู่เข้าค่าใดค่าหนึ่งก็จะสามารถที่จะหยุดการทำงานได้เมื่อทำไปจนถึงวงรอบที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 บทสรุป

ในบทนี้ได้นำเสนอทฤษฎีและหลักการการออกแบบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด และหลักการของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้ว ด้วยวิธีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ที่ต้องการทราบค่าหรือหลักการสร้างสมาชิกใหม่ด้วยวิธีการแบบใหม่ ที่เรียกว่า กระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้แบบพหุบุพการีและกระบวนการแบบไขว้หลายจุดตัด อีกทั้งกระบวนการตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธ์ที่สามารถปรับสแต็ปด้วยตัวเอง ด้วยหลักการและแนวคิดที่ถูกสร้างมาเพื่อการคำนวณของกระบวนการนั้นที่ทำให้จำนวนรอบที่น้อยในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ในการสร้างสมาชิกใหม่ของกระบวนการส่งผลให้สามารถหาค่าที่เหมาะสมได้อย่างรวดเร็วจึงทำให้เงื่อนไขของการหยุดทำงานของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นรวดเร็วตามมาด้วยจึงทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการค้นหาค่าที่เหมาะสมนั้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



## บทที่ 4

# การวิเคราะห์ประสิทธิภาพกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ด้วยตัวปฏิบัติการของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

### 4.1 บทนำ

ในบทนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมว่ามีผลอย่างไรกับกระบวนการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยปัญหาที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนี้ คือฟังก์ชันทดสอบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดและการนำกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนำมาประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ

### 4.2 ฟังก์ชันค่าความเหมาะสมกับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

การทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ฟังก์ชันค่าความเหมาะสมเป็นกระบวนการทดสอบผลของการหาค้นหาค่าตอบและระยะเวลาในการหาค่าตอบ สำหรับการทดสอบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนี้ จะทำการคำนวณหาผลของคำตอบ (Quantity solution) ด้วยฟังก์ชันค่าความเหมาะสมแบบทรงกลม (Sphere function) [39] และสำหรับในเรื่องของเวลาในการหาค่าตอบ (Time complexity) ของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจะถูกทดสอบด้วยจำนวนรอบของการคำนวณฟังก์ชันค่าความเหมาะสม

#### 4.2.1 ฟังก์ชันทดสอบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมแบบทรงกลม (Sphere function)

สำหรับฟังก์ชันการทดสอบแบบทรงกลม มีโครงสร้างของฟังก์ชันที่มีจำนวนของคำตอบของฟังก์ชันที่น้อยที่สุดแบบท้องถิ่น (Local minimal) เป็นไปตามจำนวนของพารามิเตอร์ที่กำหนด และมีคำตอบของฟังก์ชันที่แบบครอบคลุม (Global solution) มีค่าเดียว สามารถอธิบายฟังก์ชันทดสอบแบบทรงกลมด้วยสมการที่ 4.1

$$f(x) = \sum_{i=1}^N x_i^2 \quad (4.1)$$

$$\text{ค่าที่น้อยที่สุดของฟังก์ชัน } f(x_1, \dots, x_n) = f(0, \dots, 0) \quad (4.2)$$

$$\text{ขอบเขตของการค้นหาอยู่ในช่วง } -\infty \leq x_i \leq \infty, 1 \leq i \leq N \quad (4.3)$$

โดยจำนวนของ  $N$  คือจำนวนของ local minimal ซึ่งค่าของพารามิเตอร์ที่ทำให้ฟังก์ชันมีค่าเท่ากับ  $x = 0$  และโดยทั่วไปแล้วขอบเขตของการค้นหาช่วงของพารามิเตอร์อยู่ในช่วง  $x \in [-5.12, 5.12]$  [39]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 พารามิเตอร์ของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

ระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดพารามิเตอร์ที่กำหนดสำหรับตัวปฏิบัติการ 4 กระบวนการคือ

1. ตัวปฏิบัติการเลือกสมาชิก (Selection operator) ในที่นี่ได้ใช้กระบวนการการเลือกค่าแบบหมุนวงล้อ (Selection Wheel)

2. ตัวปฏิบัติการแบบไขว้ (Crossover) มีค่าพารามิเตอร์ที่ต้องทำการกำหนดค่าคือ ค่าความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการ ใช้เป็นตัวตัดสินว่ากลุ่มสมาชิกที่ถูกเลือกมาจะถูกกระทำด้วยตัวปฏิบัติการนี้หรือไม่

3. ตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ (Mutation) ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่ต้องทำการกำหนดค่าคือ ค่าความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการกลายพันธุ์ ใช้เป็นตัวตัดสินว่ากลุ่มสมาชิกที่ถูกเลือกมาจะถูกกระทำด้วยตัวปฏิบัติการนี้หรือไม่

4. ตัวปฏิบัติการ Elitism คือจำนวนของกลุ่มสมาชิกที่มีค่าความเหมาะสมที่สุดที่ต้องการคงค่าไว้ใน Mating Pool

การศึกษาเบื้องต้นจากบทความและงานวิจัย [27]-[29] พบว่าสิ่งที่มีผลกระทบต่อกระบวนการค้นหาค่าพารามิเตอร์คือ ค่าความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการแบบไขว้ ค่าความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ และอีกอย่างหนึ่งที่มีผลกระทบต่อกระบวนการค้นหาค่าพารามิเตอร์คือ จำนวนของสมาชิก ถึงแม้จะไม่ใช้ตัวปฏิบัติการแต่ก็มีผลทำให้กระบวนการค้นหาค่าพารามิเตอร์เกิดความผิดพลาดหรือล่าช้าได้

### 4.4 การวิเคราะห์ตัวปฏิบัติการของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสม

ประสิทธิภาพของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด การวิเคราะห์ผลที่ทำให้เกิดการลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีในการค้นหาสำหรับระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ทำการปรับปรุงแล้ว การกำหนดค่าเริ่มต้นของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพนั้น พารามิเตอร์ที่เริ่มต้นของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธี

เชิงพันธุกรรม

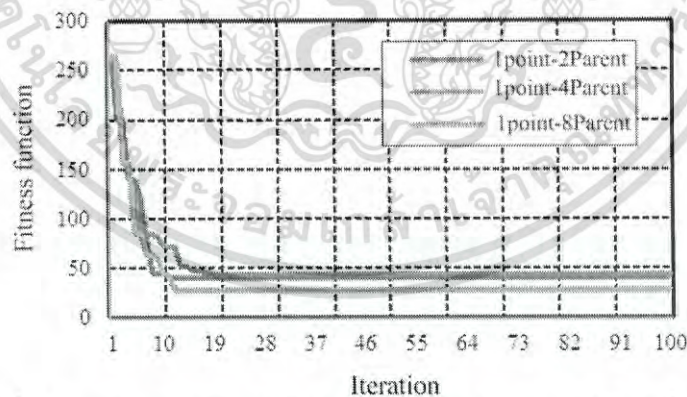
พารามิเตอร์สำหรับระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม	ค่าเริ่มต้น
ขอบเขตฟังก์ชันทดสอบแบบทรงกลม	[-5.12, 5.12]
จำนวน local minimal ของฟังก์ชัน	10
กลุ่มสมาชิก	80
ความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการแบบไขว้	0.8
ความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์	0.04
จำนวนที่มากที่สุดของรอบการทำงาน	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.1 การวิเคราะห์ตัวปฏิบัติการแบบไขว้ด้วยพหุบุพการีและหลายจุดตัด

การวิเคราะห์ตัวปฏิบัติการแบบไขว้ด้วยพหุบุพการีและหลายจุดตัดนั้นแสดงให้เห็นถึงการทำซ้ำของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในรูปแบบของการค้นหาคำตอบรอบการคำนวณ ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นสามกรณีและมีสามเงื่อนไขในการกำหนดค่า คือการแบ่งจุดตัดออกเป็นสามรูปแบบ รูปแบบแรกคือ มีจุดตัดหนึ่งจุดที่เกิดจากการสุ่มเลือกและมีเงื่อนไขสามเงื่อนไขการกำหนดสมาชิกต้นแบบมีจำนวน 2 สมาชิก 4 สมาชิก และ 8 สมาชิก ต่อมารูปแบบที่สองคือ มีจุดตัดสองจุดที่เกิดจากการสุ่มเลือกและมีเงื่อนไขสามเงื่อนไขการกำหนดสมาชิกต้นแบบมีจำนวน 2 สมาชิก 4 สมาชิก และ 8 สมาชิก เช่นกันและรูปแบบสุดท้าย มีจุดตัดเป็นจำนวน  $N$  จุดที่เกิดจากการสุ่มเลือกและมีเงื่อนไขสามเงื่อนไขการกำหนดสมาชิกต้นแบบเช่นกัน มีจำนวน 2 สมาชิก 4 สมาชิก และ 8 สมาชิก ตามลำดับ

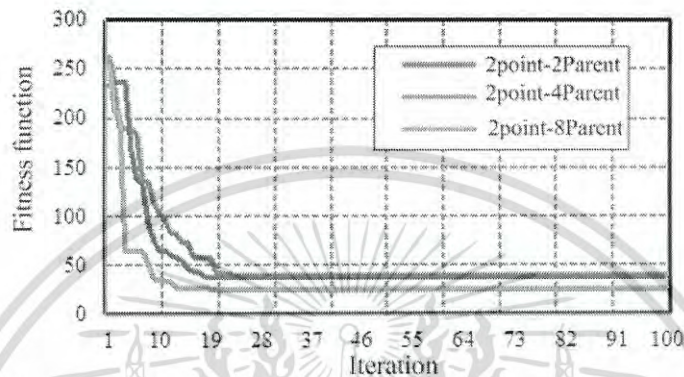
กรณีที่ 1 ตัวปฏิบัติการแบบไขว้แบบหนึ่งจุดตัดทำการกำหนดจำนวนสมาชิกต้นแบบมีค่าเท่ากับจำนวน 2 สมาชิก 4 สมาชิก และ 8 สมาชิก ผลที่เกิดขึ้นนั้นแสดงให้เห็นว่าการหาค่าของฟังก์ชันของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมีความใกล้เคียงกันของการหาค่าของคำตอบที่ได้จากฟังก์ชันค่าความเหมาะสม โดยการลู่เข้าสู่คำตอบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแสดงให้เห็นว่าที่จำนวนของสมาชิกต้นแบบที่มีค่าเท่ากับ 8 สมาชิกสามารถหาค่าตอบของฟังก์ชันค่าความเหมาะสมได้ดีที่สุดแต่การลู่เข้าสู่คำตอบของกระบวนการนั้นจำนวนสมาชิกที่มีค่าเท่ากับ 4 สมาชิกนั้นลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีกว่า สำหรับจำนวนสมาชิกที่มีค่าเท่ากับ 2 สมาชิก (แบบดั้งเดิม) หาค่าของคำตอบได้ใกล้เคียงกับจำนวนสมาชิกเท่ากับ 4 สมาชิกแต่ลู่เข้าสู่คำตอบน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การวิเคราะห์ตัวปฏิบัติการแบบไขว้ด้วยพหุบุพการีและหนึ่งจุดตัด

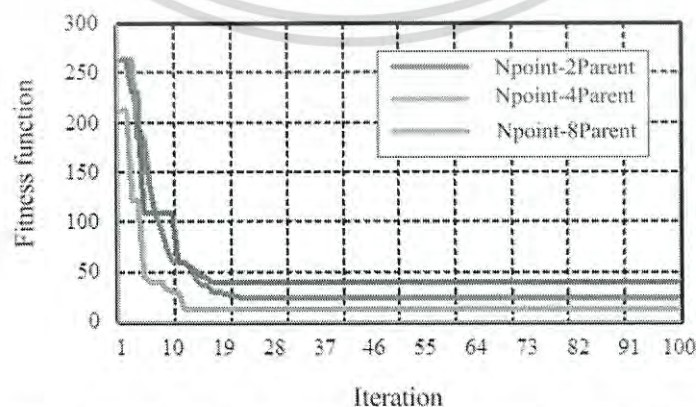
กรณีที่ 2 ตัวปฏิบัติการแบบไขว้แบบหนึ่งจุดตัดทำการกำหนดจำนวนสมาชิกต้นแบบมีค่าเท่ากับจำนวน 2 สมาชิก 4 สมาชิก และ 8 สมาชิก ผลที่เกิดขึ้นนั้นแสดงให้เห็นว่าการหาค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับจำนวนสมาชิกที่มีค่าเท่ากับ 8 สมาชิกนั้น

สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ดีกว่าอีกสองจำนวนขั้นต้น และการลู่เข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมนั้นสามารถคำนวณได้ดีกว่าจำนวนสมาชิกต้นแบบทั้ง 2 และ 4 สมาชิก และสำหรับการเปรียบเทียบระหว่าง 2 และ 4 สมาชิกในการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นแสดงให้เห็นว่าสามารถคำนวณได้เท่ากับ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ตัวปฏิบัติการแบบไขว้ด้วยพหุพการีและสองจุดตัด

กรณีที่ 3 ตัวปฏิบัติการแบบไขว้ด้วยจุดตัดจำนวน  $N$  ทำการกำหนดจำนวนสมาชิกต้นแบบมีค่าเท่ากับจำนวน 2 สมาชิก 4 สมาชิก และ 8 สมาชิก ผลที่เกิดขึ้นนั้นแสดงให้เห็นว่าการหาค่าของฟังก์ชันของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมีความใกล้เคียงกันของการหาค่าของคำตอบที่ได้จากฟังก์ชันค่าความเหมาะสม โดยการลู่เข้าสู่คำตอบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแสดงให้เห็นว่าที่จำนวนของสมาชิกต้นแบบที่มีค่าเท่ากับ 8 สมาชิกสามารถหาค่าตอบของฟังก์ชันค่าความเหมาะสมได้ดีที่สุดแต่การลู่เข้าสู่คำตอบของกระบวนการนั้นจำนวนสมาชิกที่มีค่าเท่ากับ 4 สมาชิกนั้นลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีกว่า สำหรับจำนวนสมาชิกที่มีค่าเท่ากับ 2 สมาชิก หาค่าของคำตอบได้ใกล้เคียงกับจำนวนสมาชิกเท่ากับ 4 สมาชิกแต่ลู่เข้าสู่คำตอบน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.3

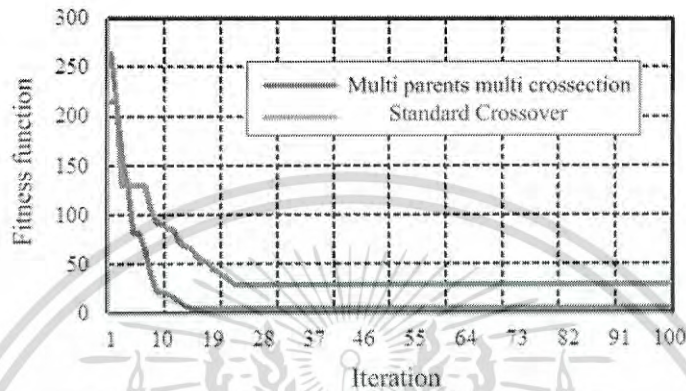


รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ตัวปฏิบัติการแบบไขว้ด้วยพหุพการีและจุดตัดเป็นจำนวน  $N$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

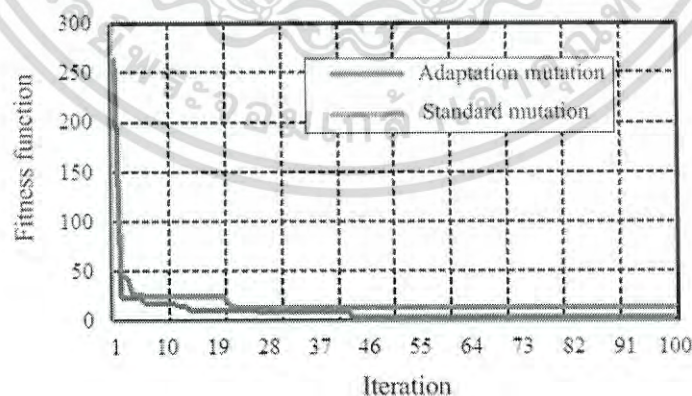


จากรูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบของกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้ด้วยพหุพหุการีแบบหลายจุดตัดและกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้มาตรฐาน จากรูปนั้นแสดงให้เห็นว่าผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด สามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ดีกว่าในแบบมาตรฐานด้วยการคำนวณต่อรอบการทำซ้ำที่น้อยกว่า



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้แบบพหุพหุการีแบบหลายจุดตัดและแบบมาตรฐาน

สำหรับกระบวนการปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ด้วยการปรับขนาดสแต็ปและแบบมาตรฐานจากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าผลของกระบวนการกลายพันธุ์ที่มีการปรับขนาดสแต็ปนั้นสามารถคำนวณหาค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมได้ดีกว่ากระบวนการกลายพันธุ์แบบมาตรฐาน แม้ว่ากระบวนการกลายพันธุ์ที่มีการปรับขนาดสแต็ปนั้นสามารถหาค่าของฟังก์ชันได้ดีกว่าแต่ก็ไม่ได้มีความแตกต่างกันมาก



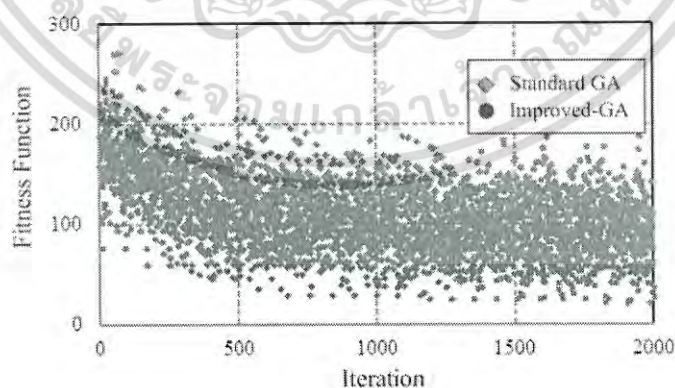
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบกระบวนการปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์กับการปรับสแต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 การวิเคราะห์ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสม

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดจากจำนวนสมาชิกซึ่งจะทำการศึกษาโดยทำการปรับเปลี่ยนจำนวนสมาชิกตั้งแต่ 40 ถึง 120 และทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ เป็นค่าคงที่คือ ค่าความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการแบบไขว้เท่ากับ 80% และค่าความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการกลายพันธุ์เท่ากับ 4% และด้วยการคำนวณหาค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมทั้งหมดเป็นจำนวน 2000 ครั้ง แล้วทำการตรวจสอบดูในเรื่องของการปรับเปลี่ยนจำนวนของกลุ่มสมาชิก ซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในเรื่องของการคำนวณหาค่าความเหมาะสมต่อรอบการทำซ้ำ โดยการวิเคราะห์ผลกระทบนั้นจะใช้ฟังก์ชันการทดสอบแบบทรงกลมด้วยจำนวน  $N$  มีค่าเท่ากับ 20 ด้วยขอบเขตของการหาค่าของพารามิเตอร์มีค่าเท่ากับ  $x \in [-5.12, 5.12]$

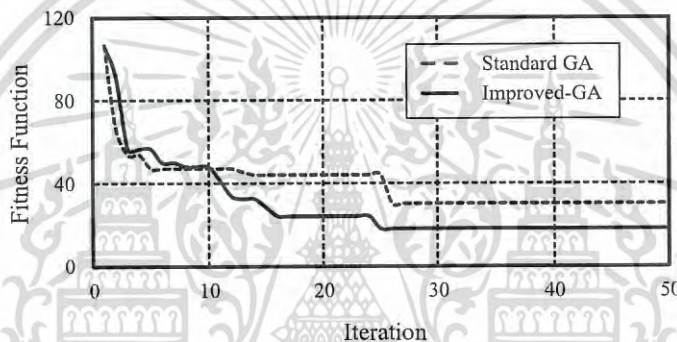
ระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ทำการปรับปรุงแล้วกับระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบมาตรฐานได้นำมาเปรียบเทียบกับผลของการวิเคราะห์ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ด้วยการปรับจำนวนของกลุ่มสมาชิกให้มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีจำนวนของการปรับมีค่าตั้งแต่ 40 ถึง 120 สมาชิก เมื่อกลุ่มของสมาชิกที่มีขนาดใหญ่แสดงให้เห็นถึงการคำนวณที่ต้องใช้เวลาที่มีค่ามากตามมาด้วย สำหรับในการวิเคราะห์ผลกระทบในส่วนนี้จะทำการแบ่งออกเป็นสามกรณี คือกรณีผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกลุ่มสมาชิกที่มีค่าเท่ากับ 40 สมาชิก กรณีที่ต่อมาผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกลุ่มสมาชิกที่มีค่าเท่ากับ 80 สมาชิก กรณีสุดท้าย ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกลุ่มสมาชิกที่มีค่าเท่ากับ 120 สมาชิก ซึ่งทำการเปรียบเทียบในเรื่องของผลกระทบภาพรวม ค่าที่ดีที่สุดของฟังก์ชันที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสามารถหาได้ ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสามารถหาได้ และสุดท้ายคือค่าที่แย่ที่สุดของฟังก์ชันที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสามารถหาได้



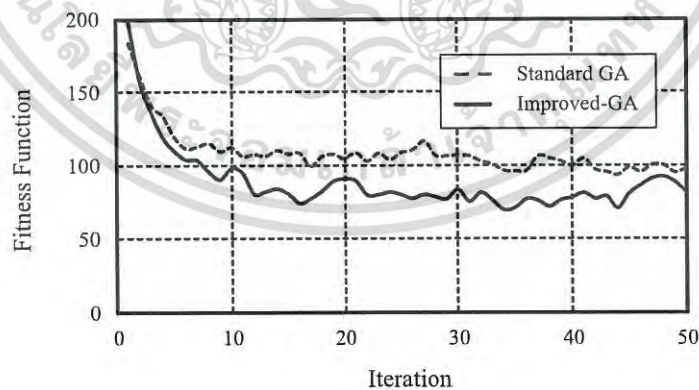
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบผลกระทบของฟังก์ชันต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 40 สมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีนี้ที่ 1 การวิเคราะห์ผลกระทบต่อจำนวนกลุ่มสมาชิกมีค่าเท่ากับ 40 สมาชิก ทำการเปรียบเทียบระหว่างระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบมาตรฐาน โดยผลกระทบจากการหาค่าที่เหมาะสมจากฟังก์ชันความเหมาะสม (Sphere function) ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.6 จากรูปที่ 4.7 รูปที่ 4.8 และ รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ถูกปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบมาตรฐานด้วยฟังก์ชันค่าความเหมาะสมที่สุดต่อจำนวนรอบการทำงานของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ผลของการเปรียบเทียบในรูปที่ 4.7 มีค่าเท่ากับจำนวนรอบที่ 25 ด้วยค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมเท่ากับ 17.98 และมีจำนวนรอบการคำนวณเท่ากับ 26 รอบด้วยค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมเท่ากับ 30.19 ด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมาตรฐาน ตามลำดับ

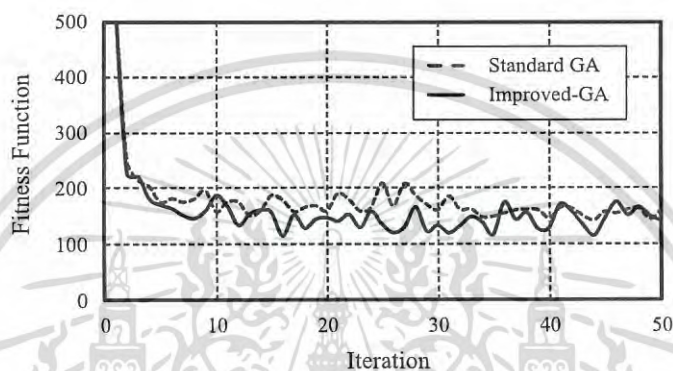


รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 40 สมาชิก



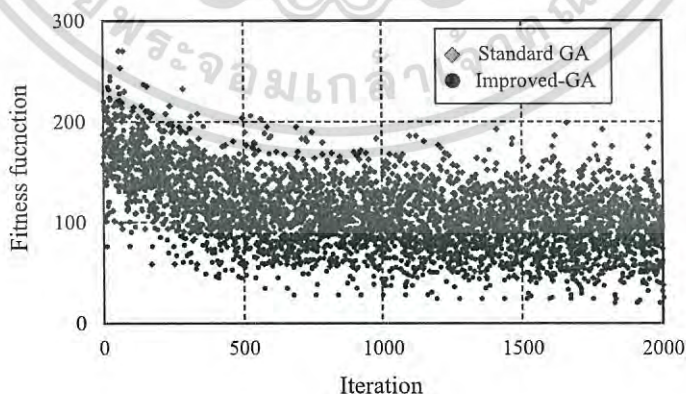
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 40 สมาชิก

ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในรูปที่ 4.8 ด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมาตรฐานแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละรอบของการทำงานนั้นระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วดีกว่าในการทำซ้ำแต่ละรอบการทำงาน และสุดท้ายรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ถูกปรับปรุงแล้วและแบบมาตรฐานจากผลที่ได้จากการคำนวณนั้นนั้นแสดงให้เห็นว่าผลของค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกรอบการคำนวณ



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 40 สมาชิก

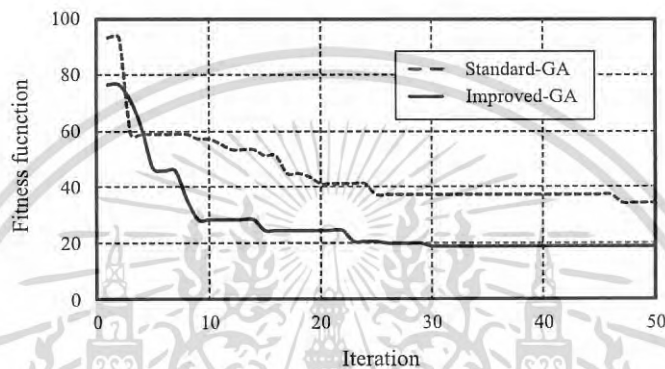
กรณีที่ 2 การวิเคราะห์ผลกระทบกับจำนวนกลุ่มสมาชิกมีค่าเท่ากับ 80 สมาชิก ทำการเปรียบเทียบระหว่างระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบมาตรฐาน โดยผลกระทบจากการหาค่าที่เหมาะสมจากฟังก์ชันความเหมาะสม (Sphere function) ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบผลกระทบของฟังก์ชันต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 80 สมาชิก

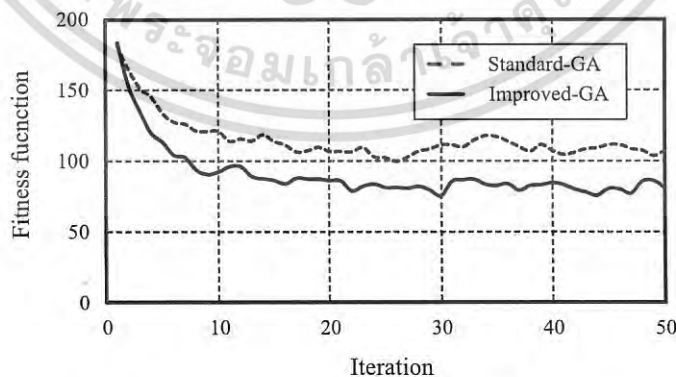
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.11 รูปที่ 4.12 และ รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ถูกปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบมาตรฐานด้วยฟังก์ชันค่าความเหมาะสมที่สุดต่อจำนวนรอบการทำงานของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ผลของการเปรียบเทียบในรูปที่ 4.11 มีค่าเท่ากับจำนวนรอบที่ 30 ด้วยค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมเท่ากับ 18.88 และมีจำนวนรอบการคำนวณเท่ากับ 48 รอบด้วยค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมเท่ากับ 34.33 ด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมาตรฐาน ตามลำดับ



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 80 สมาชิก

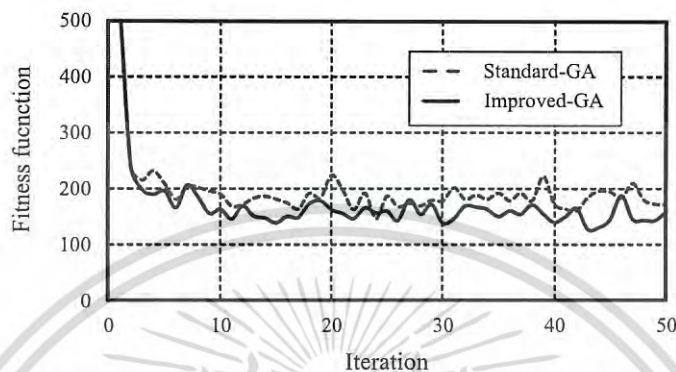
ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในรูปที่ 4.12 ด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมาตรฐานแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละรอบของการทำงานนั้นระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วดีกว่าในการทำซ้ำแต่ละรอบการทำงาน



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 80 สมาชิก

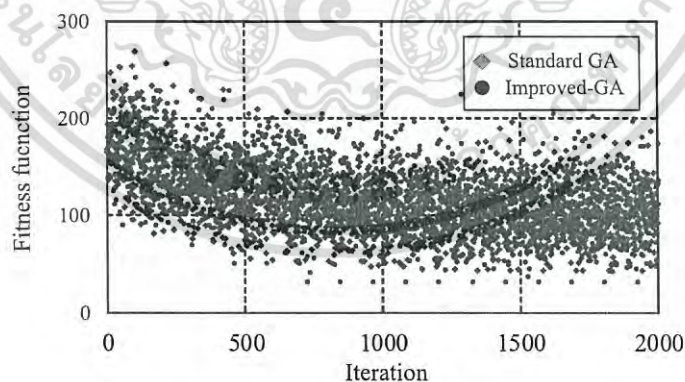
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดท้ายรูปที่ 4.13 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ถูกปรับปรุงแล้วและแบบมาตรฐานจากผลที่ได้จากการคำนวณนั้นนั้น แสดงให้เห็นว่าผลของค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกกรอบการคำนวณ



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 80 สมาชิก

กรณีที่ 3 การวิเคราะห์ผลกระทบกับจำนวนกลุ่มสมาชิกมีค่าเท่ากับ 120 สมาชิก ทำการเปรียบเทียบระหว่างระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบมาตรฐาน โดยผลกระทบจากการหาค่าที่เหมาะสมจากฟังก์ชันความเหมาะสม (Sphere function) ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.14

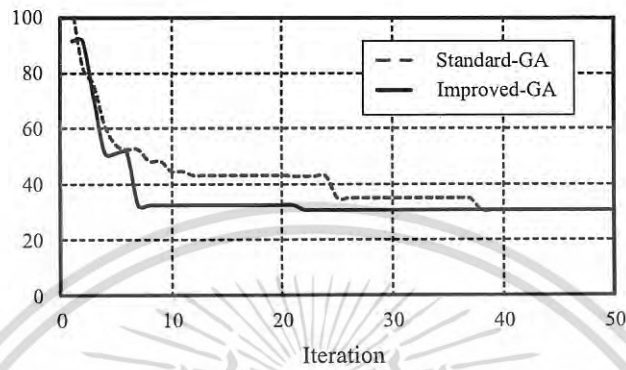


รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบผลกระทบของฟังก์ชันต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 120 สมาชิก

จากรูปที่ 4.15 รูปที่ 4.16 และ รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ถูกปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบมาตรฐานด้วยฟังก์ชันค่าความเหมาะสมที่สุดต่อจำนวนรอบการทำงานของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ผล

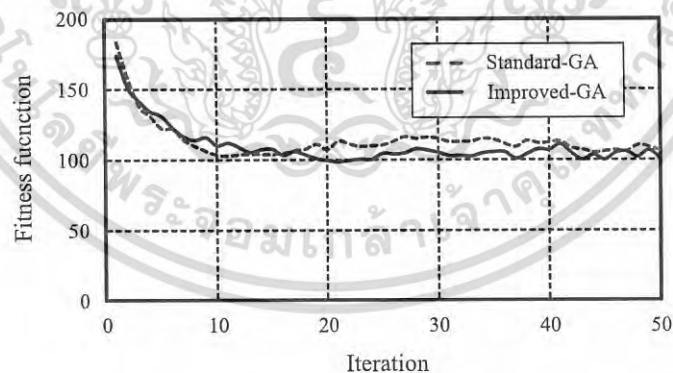
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการเปรียบเทียบในรูปที่ 4.15 มีค่าเท่ากับจำนวนรอบที่ 22 ด้วยค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมเท่ากับ 30.77 และมีจำนวนรอบการคำนวณเท่ากับ 38 รอบด้วยค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมเท่ากับ 30.06 ด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมาตรฐาน ตามลำดับ



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 120 สมาชิก

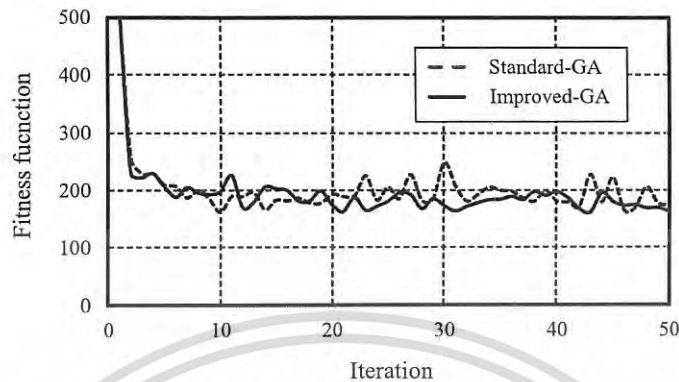
ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในรูปที่ 4.16 ด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมาตรฐานแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละรอบของการทำงานนั้นระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วมีผลที่ใกล้เคียงกันในการทำซ้ำแต่ละรอบการทำงาน



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อกลุ่มสมาชิกเท่ากับ 120 สมาชิก

สุดท้ายรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ถูกปรับปรุงแล้วและแบบมาตรฐานจากผลที่ได้จากการคำนวณนั้นนั้น

แสดงให้เห็นว่าผลของค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุก รอบการคำนวณ



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อกลุ่มสมาชิก เท่ากับ 120 สมาชิก

จากการแสดงผลกระทบของสมาชิกที่ทำการปรับค่าของสมาชิกเท่ากับ 40 80 และ 120 นั้น แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีสืบทอดทาง พันธุกรรมแบบมาตรฐาน โดยแสดงให้เห็นถึงการวิเคราะห์ผลกระทบ ค่าที่ดีที่สุด ค่าเฉลี่ยและค่าที่แย่ ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยฟังก์ชันทดสอบแบบทรงกลม (Sphere function) จากผลที่แสดงให้เห็นถึงการปรับกลุ่มสมาชิกให้มีค่าที่มากขึ้นตามลำดับนั้น ส่งผลให้กระบวนการหา ค่าที่เหมาะสมที่สุดใช้เวลาที่มากขึ้นตามลำดับ นั่นคือใช้จำนวนในการทำซ้ำที่มากขึ้น โดยผลจากการ วิเคราะห์ผลกระทบพบว่า กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุง แล้วสามารถหาค่าที่เหมาะสมจากฟังก์ชันทดสอบนั้นดีกว่าทุกกรณี แต่เมื่อทำการเพิ่มจำนวนของกลุ่ม สมาชิกที่มีจำนวนมากขึ้นระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบมาตรฐานนั้นสามารถหาค่าที่เหมาะสมจาก ฟังก์ชันทดสอบได้ใกล้เคียงกันมากขึ้น แต่ต้องแลกมากับเวลาในการคำนวณที่มากขึ้นตามมาด้วย

#### 4.6 การวิเคราะห์ผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับการประยุกต์ใช้ใน การสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

การวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยการนำฟังก์ชัน ความเหมาะสมนั้นแทนที่ด้วยการประยุกต์สำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น เป้าหมายในการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ต้องการให้มีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่มี ระดับสัญญาณลาคคลื่นด้านข้างน้อยกว่าหรือเท่ากับ -20 dB โดยพารามิเตอร์ที่ต้องการหาค่าที่ เหมาะสมที่สุดของสายอากาศ สัมประสิทธิ์การกระตุ้นสำหรับสายอากาศแถวลำดับในแต่ละ องค์ประกอบและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับที่มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันความเหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ใช้ผลรวมของฟังก์ชันระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ต้องการออกแบบและแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นอ้างอิง ด้วยความแตกต่างกันกำลังสอง (Least mean square error : LMSE) ดังนั้นฟังก์ชันค่าความเหมาะสมของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

$$f_{\text{minimize}} = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q (AF_r - AF_d)^2 \quad (4.4)$$

โดยที่  $AF_r$  และ  $AF_d$  เป็นแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นอ้างอิง (Chebyshev pattern) และแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ต้องการออกแบบ และ  $q$  คือจำนวนของแซมปลิง (Sampling point) ของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

ตารางที่ 4.3 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

พารามิเตอร์สายอากาศ	ค่าเริ่มต้น
จำนวนองค์ประกอบเริ่มต้น (No. Elements)	20
สัมประสิทธิ์การกระตุ้น (Excitation coefficient)	[0.1, 1.0]
ระยะห่างองค์ประกอบ (Spacing)	[0.5, 1.0]
จำนวนของการแซมปลิง (Sampling point)	1024

ตารางที่ 4.4 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

พารามิเตอร์สำหรับระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม	ค่าเริ่มต้น
กลุ่มสมาชิก (Population)	400
ความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการแบบไขว้ (Crossover)	0.8
ความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ (Mutation)	0.04
จำนวนที่มากที่สุดของรอบการทำงานซ้ำ (Maximum iteration)	200
จำนวนการเก็บสมาชิกที่ดีที่สุด (Elitism)	10

ตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 เป็นการกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นและพารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม เมื่อทำการกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นและทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจากฟังก์ชันวิเคราะห์ที่ได้จากกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับฟังก์ชันที่เหมาะสมของการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

4.6.1 โครโมโซมของพารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

การสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นพารามิเตอร์ของสายอากาศที่นำมาให้ค่าที่เหมาะสมด้วยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมจะถูกจัดเรียงในลักษณะของโครโมโซมในรูปแบบของเมตริกซ์ โดยโครโมโซมของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์นั้นสามารถหาคำนวนหาค่าได้จากสมการที่ 4.5 ซึ่งเป็นการสุ่มเลือกค่าที่มีช่วงขอบเขตของพารามิเตอร์ที่ต้องการทราบค่า แสดงดังต่อไปนี้

$$\text{Chromosome}_{M,N} = \text{boundary}_{\min} + (\text{boundary}_{\max} - \text{boundary}_{\min}) \cdot \Theta \quad (4.5)$$

โดยที่ M และ N เป็นจำนวนแถวและหลักของเมตริกซ์โครโมโซมในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ 400 และ 20 จำนวน อีกทั้ง  $\text{boundary}_{\min}$  และ  $\text{boundary}_{\max}$  เป็นขอบเขตของพารามิเตอร์สำหรับสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบ [0.1, 1.0] และ [0.5, 1.0] ตามลำดับ สำหรับ  $\Theta$  จำนวนการสุ่มรูปแบบเดียว (Uniform random number) แสดงการจัดเรียงลำดับโครโมโซมตัวอย่างของพารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นดังรูปที่ 4.18

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Chromosome of Excitation coefficients

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Value	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Chromosome of Spacing

(ก) โครโมโซมของพารามิเตอร์ตั้งต้นในขอบเขตที่มากที่สุด

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Chromosome of Excitation coefficients

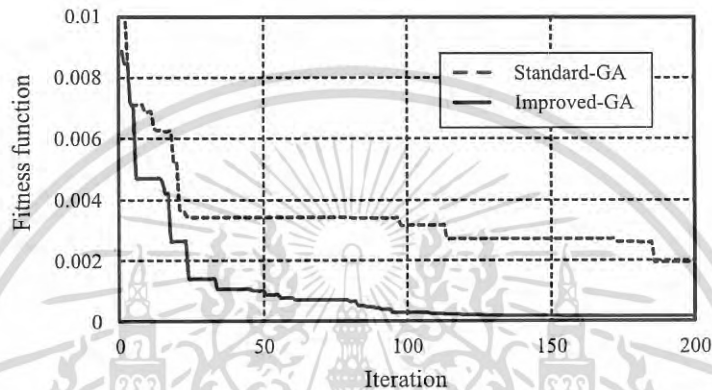
Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Value	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Chromosome of Spacing

(ข) โครโมโซมของพารามิเตอร์ตั้งต้นในขอบเขตที่น้อยที่สุด

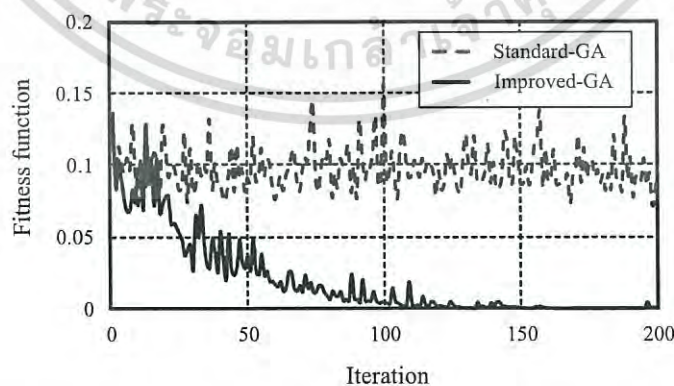
รูปที่ 4.18 โครโมโซมของพารามิเตอร์ตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

จากรูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและในรูปแบบมาตรฐาน จากผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแสดงให้เห็นว่าฟังก์ชันค่าความเหมาะสม ที่เกิดจากระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วมีค่าเท่ากับ  $1.86 \times 10^{-4}$  ที่จำนวนรอบการทำงานซ้ำมีค่าเท่ากับ 131 รอบการทำงาน และระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบมาตรฐานมีค่าเท่ากับ  $1.95 \times 10^{-3}$  ที่จำนวนรอบการทำงานซ้ำมีค่าเท่ากับ 186 รอบการทำงาน



รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับ

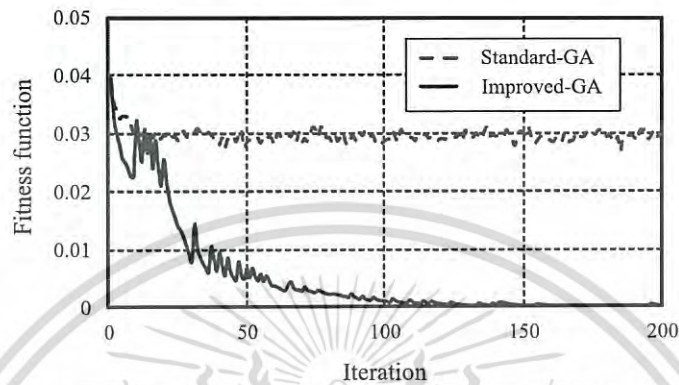
จากรูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและในรูปแบบมาตรฐาน จากผลของค่าเฉลี่ยสุดท้ายฟังก์ชันค่าความเหมาะสม ที่เกิดจากระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วมีค่าเท่ากับ  $1.2 \times 10^{-3}$  และระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบมาตรฐานมีค่าเท่ากับ  $7.1 \times 10^{-3}$



รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับ

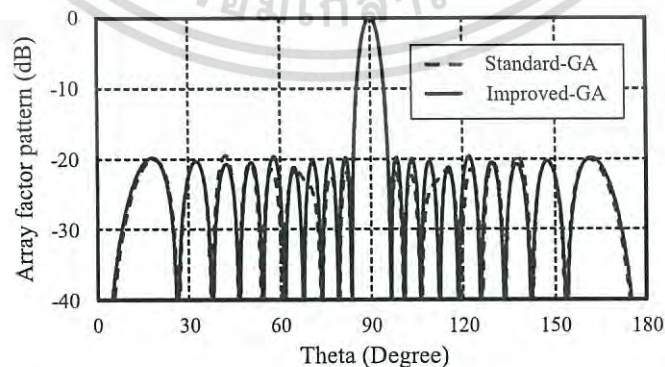
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและในรูปแบบมาตรฐาน จากผลของที่แย่ที่สุดสุดท้ายฟังก์ชันค่าความเหมาะสม ที่เกิดจากระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วมีค่าเท่ากับ  $2.6 \times 10^{-3}$  และระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมแบบมาตรฐานมีค่าเท่ากับ  $29 \times 10^{-3}$



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับ

จากรูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น สำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและในรูปแบบมาตรฐาน และตารางที่ 4.5 แสดงถึงการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น โดยพารามิเตอร์ที่ได้นั้นประกอบไปด้วย สัมประสิทธิ์การกระตุ้นของสายอากาศและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับด้วยจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับนั้นมีค่าเท่ากับ 20 องค์ประกอบ ซึ่งทำการเปรียบเทียบกับวิธีการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นด้วยวิธีการดอล์ฟ-เชบีเชฟ (Dolph-chebyshev) [23]



รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้วและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมรูปแบบมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบพารามิเตอร์จากการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

ลำดับที่	Dolph-chebyshev [23]		Improved GA		Standard GA [27]	
	สัมประสิทธิ์การกระตุ้น	ตำแหน่งขององค์ประกอบ	สัมประสิทธิ์การกระตุ้น	ตำแหน่งขององค์ประกอบ	สัมประสิทธิ์การกระตุ้น	ตำแหน่งขององค์ประกอบ
1	1.0000	0.5	0.5912	0.5846	0.6003	0.6462
2	0.9803	0.5	0.5702	0.5773	0.3811	0.5489
3	0.9419	0.5	0.5801	0.6153	0.5751	0.5832
4	0.8864	0.5	0.5034	0.6419	0.3372	0.6197
5	0.8163	0.5	0.2582	0.6241	0.2576	0.5191
6	0.7345	0.5	0.4364	0.6072	0.4315	0.5626
7	0.6444	0.5	0.0813	0.5628	0.5415	0.6172
8	0.5498	0.5	0.4500	0.5429	0.1997	0.7163
9	0.4542	0.5	0.1864	0.6320	0.3208	0.5509
10	0.9089	0.5				

#### 4.7 สรุป

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ทำการวิเคราะห์กับฟังก์ชันค่าความเหมาะสมด้วยฟังก์ชันแบบทรงกลม เพื่อวิเคราะห์ตัวปฏิบัติการของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม และการวิเคราะห์ด้วยผลกระทบของสมาชิกที่มีจำนวนของกลุ่มสมาชิกมีค่ามากขึ้น โดยกำหนดค่าของสมาชิกเริ่มต้นเท่ากับ 40 80 และ 120 สมาชิก สุดท้ายการประยุกต์ใช้กับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นแล้วทำการเปรียบเทียบกับระเบียบวิธี Dolph-chebyshev สำหรับการหาค่าของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับสายอากาศ

## บทที่ 5

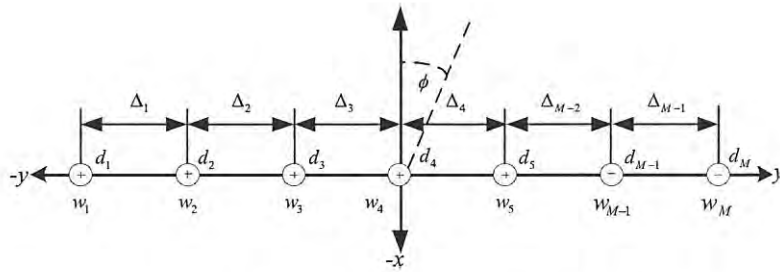
# การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

### 5.1 บทนำ

บทนี้จะเป็นการนำเสนอการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น โดยพิจารณาถึงการออกแบบถึงแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ โดยที่เป้าหมายของกระบวนการนั้นต้องการโครงสร้างของสายอากาศเชิงเส้นนั้นจะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบเชิงเส้นที่น้อยที่สุด เท่าที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นสามารถหาค่าได้ โดยทำการลดจำนวนขององค์ประกอบเชิงเส้นของสายอากาศด้วยการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม และอีกในกรณีเดียวกันการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นจะเกิดขึ้นอีกครั้งเมื่อการลดจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นนั้นมีจำนวนมากเกินไป จึงทำให้เป้าหมายของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดไม่ประสบผลสำเร็จ กระบวนการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นจะทำการเพิ่มองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น และทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ของสายอากาศเพื่อให้ได้ตามจุดประสงค์ของการออกแบบ ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายของการออกแบบสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

### 5.2 การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น คุณลักษณะที่เด่นชัดคือการมีช่วงกว้างลำคลื่นที่แคบ มีอัตราการขยายที่สูงและมีระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างที่มีระดับต่ำ โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับมีค่าไม่เท่ากันกับการป้อนสัมประสิทธิ์การกระตุ้นให้กับแต่ละองค์ประกอบแถวลำดับที่มีความแตกต่างกัน เป็นพารามิเตอร์ของสายอากาศที่ส่งผลกระทบต่อแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น สำหรับการการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นนั้นการออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ที่มีระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับกับสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่มีความแตกต่างแสดงดังรูปที่ 5.1 โดยที่องค์ประกอบแถวลำดับในแต่ละจำนวน ถูกวางอยู่ในระนาบของแนวแกน  $x$  และ  $y$



รูปที่ 5.1 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

สำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่ถูกวางอยู่ในระนาบของ  $xy$  ดังแสดงในรูปที่ 5.1 แพลคเตอร์องค์ประกอบแถวลำดับ (Array factor) การสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบ  $M$  จำนวน แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$AF(u_x, u_y) = \sum_{n=1}^M w_n e^{2\pi j \xi(n)} \quad (5.1)$$

โดยที่

$$\xi(n) = \frac{d_x(n)u_x + d_y(n)u_y}{\lambda} \quad (5.2)$$

$$w_n = a_n + j\alpha_n \quad (5.3)$$

โดยที่  $M$  คือจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่อยู่ในระนาบของแกน  $xy$  และ  $d_x$  และ  $d_y$  แสดงถึงตำแหน่งขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น  $w_n$  คือสัมประสิทธิ์การกระตุ้นเชิงซ้อน ซึ่งประกอบไปด้วย  $a_n$  และ  $j\alpha_n$  คือสัมประสิทธิ์การกระตุ้นค่าจริงและเชิงซ้อนที่มีตำแหน่งจำนวน  $n$  ตามลำดับ อีกทั้ง  $\lambda$  คือค่าความยาวคลื่นที่เดินทางตกกระทบโครงสร้างสายอากาศที่ประกอบไปด้วยมุม  $\theta$  และ  $\phi$  ตามลำดับ ซึ่งมี โคไซน์แสดงทิศทาง  $u_x$  และ  $u_y$  โดยแสดงดังนี้

$$u_x = \sin(\theta) \cos(\phi) \quad (5.4)$$

$$u_y = \sin(\theta) \sin(\phi) \quad (5.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของโครงสร้างของแพคเตอร์องค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นนั้น ประกอบไปด้วยสัมประสิทธิ์การกระตุ้น ระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับและโคไซน์แสดงทิศทาง ในรูปของโครงสร้างเมตริกซ์ สามารถเขียนได้ดังต่อไปนี้

$$AF(u_x, u_y) = AF(w, d, u_x, u_y) \quad (5.6)$$

ซึ่งสามารถแทนค่าฟังก์ชันภายในของเมตริกซ์ จากสมการ 5.6 ซึ่งเขียนได้ดังต่อไปนี้

$$f(w, d, u_x, u_y) = g(d, u_x, u_y)^T w \quad (5.7)$$

โดยที่

$$w_n = [a_1 + j\alpha_1, a_2 + j\alpha_2, \dots, a_M + j\alpha_M]$$

$$d^T = [d_x^T, d_y^T]$$

$$d_x = [d_x(1), d_x(2), \dots, d_x(M)]$$

$$d_y = [d_y(1), d_y(2), \dots, d_y(M)].$$

และฟังก์ชันของสมการที่ 5.7 สามารถเขียนแทนด้วย

$$g(d, u_x, u_y) = \exp[j \frac{2\pi}{\lambda} d_x u_x + d_y u_y] \quad (5.8)$$

สมการ 5.8 เป็นเมตริกซ์ของโครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่ถูกวางอยู่ในระนาบ  $xy$  ที่เป็นไปตามตำแหน่งของ  $d_x$  และ  $d_y$  โดยมีทิศทางของโคไซน์เป็นส่วนประกอบ

การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับนั้น การพิจารณาความแตกต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นอ้างอิง (Radiation pattern reference) และแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ได้จากการออกแบบ (Radiation pattern design) ดังนั้นการพิจารณาความแตกต่างของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นด้วยผลตอบสนองของต่างกำลังสอง (Squared response error : SQR)

$$SQR = |AF_s|^2 - |AF_r|^2 \quad (5.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $AF_s$  และ  $AF_r$  คือแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นอ้างอิง (Radiation pattern reference) และแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่สังเคราะห์ได้ (Radiation pattern synthesis) ตามลำดับ

การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบแถวลำดับเชิงเส้นที่เกิดจากการหาผลตอบสนองกำลังสองของผลต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ซึ่งจะประกอบไปด้วยสองส่วนนั้นคือ ผลตอบสนองกำลังสองของผลต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของลำคลื่นหลัก (Squared response error of main lobe region :  $SQR_{ML}$ ) และผลตอบสนองกำลังสองของผลต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของลำคลื่นด้านข้าง (Squared response error of side lobe region :  $SQR_{SL}$ ) โดยการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นคือส่วนประกอบของทั้งผลตอบสนองกำลังสองของผลต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของลำคลื่นหลักและผลตอบสนองกำลังสองของผลต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของลำคลื่นด้านข้าง ด้วยการปรับสัมประสิทธิ์การกระตุ้นขององค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นและโครงสร้างสายอากาศ

5.2.1 การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นกับผลตอบสนองกำลังสองของผลต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของลำคลื่นหลัก

แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในส่วนของลำคลื่นหลัก สำหรับผลตอบสนองกำลังสองของผลต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นอ้างอิงและแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ได้จากการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น โดยผลตอบสนองในช่วงของลำคลื่นหลักสามารถหาได้ดังนี้

$$SQR_{ML}(k) = |AF_s|_{k-1}^2 \cdot \delta_k - |AF_r|^2 \quad (5.10)$$

โดยที่  $\delta_k$  ตัวแปรสำหรับการปรับปรุงโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่เป็นไปตามจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับ และ  $k$  คือจำนวนของรอบในการทำซ้ำสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เมตริกซ์ของผลต่างกำลังสองระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในช่วงของลำคลื่นหลักซึ่งจะอยู่ในฟังก์ชันของสมการที่ 5.7 และ 5.8 สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$SQR_{ML}(k) = \begin{vmatrix} f_{ML}(w_k) & d_k & u_x^1 & u_y^1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_{ML}(w_k) & d_k & u_x^{N_{ML}} & u_y^{N_{ML}} \end{vmatrix} \quad (5.11)$$

โดยที่เมตริกซ์ฟังก์ชันประกอบไปด้วยสัมประสิทธิ์การกระตุ้น ระยะห่างและทิศทางโคไซน์ สำหรับพารามิเตอร์  $N_{ML}$  คือจำนวนของการแซมปลิง (Sampling point) ในขอบเขตของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของลำคลื่นหลัก

### 5.2.2 การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นกับผลตอบสนองกำลังสองของผลต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของลำคลื่นด้านข้าง

แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในส่วนของลำคลื่นด้านข้าง สำหรับผลตอบสนองกำลังสองของผลต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นอ้างอิงและแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ได้จากการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น โดยผลตอบสนองในช่วงของลำคลื่นด้านข้างสามารถหาได้ดังนี้

$$SQR_{SL}(k) = |AF_s|_{k-1}^2 \cdot \delta_k - |AF_r|^2 \quad (5.12)$$

โดยที่  $\delta_k$  ตัวแปรสำหรับการปรับปรุงโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่เป็นไปตามจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับ และ  $k$  คือจำนวนของรอบในการทำซ้ำสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เมทริกซ์ของผลต่างกำลังสองระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในช่วงของลำคลื่นด้านข้างซึ่งจะอยู่ในฟังก์ชันของสมการที่ 5.7 และ 5.8 สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$SQR_{SL}(k) = \begin{vmatrix} f_{SL}(w_k, d_k, u_x^1, u_y^1) \\ \vdots \\ f_{SL}(w_k, d_k, u_x^{N_{SL}}, u_y^{N_{SL}}) \end{vmatrix} \quad (5.13)$$

โดยที่เมทริกซ์ฟังก์ชันประกอบไปด้วยสัมประสิทธิ์การกระตุ้น ระยะห่างและทิศทางโคไซน์ สำหรับพารามิเตอร์  $N_{SL}$  คือจำนวนของการแซมปลิง (Sampling point) ในขอบเขตของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของลำคลื่นด้านข้าง

### 5.2.3 ฟังก์ชันค่าความเหมาะสมของการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

สำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดค่าฟังก์ชันค่าความเหมาะสมนั้นถูกนำมาพิจารณาในการหาค่าที่เหมาะสม ซึ่งฟังก์ชันค่าความเหมาะสมนั้นจะประกอบไปด้วยผลตอบสนองกำลังสองของผลต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นทั้งลำคลื่นหลักและลำคลื่นด้านข้าง ดังนั้นฟังก์ชันค่าความเหมาะสมของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ถูกนำมาใช้ในการประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น แสดงดังนี้

$$\text{Fitness fuction} = 20 \log_{10} \left( \frac{SQR}{SQR_{\max}} \right) \quad (5.14)$$

โดยที่

$$SQR_{\max} = \max_{\{u_x, u_y\} \in N_{SL}, N_{ML}} |AF_s(u_x, u_y) - AF_r(u_x, u_y)| \quad (5.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 กระบวนการทำซ้ำด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

กระบวนการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อกันของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดระหว่างกระบวนการทำซ้ำ (Iterative Method) และระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) โดยหน้าที่ของกระบวนการทำซ้ำนั้นใช้สำหรับปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยความแตกต่างของจำนวนให้มีค่าลดลงหรือเพิ่มขึ้นสำหรับองค์ประกอบแถวลำดับ และระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมีหน้าที่คำนวณหาสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับในเวลาเดียวกัน โดยกระบวนการทำซ้ำด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมมีกระบวนการปฏิบัติการในการสังเคราะห์สายอากาศประกอบไปด้วย ระเบียบวิธีการลดจำนวนองค์ประกอบด้วยการหาสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่มีผลกระทบต่อแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นน้อยที่สุด อีกทั้งการปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่ลดลง และการปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นในกรณีที่มีจำนวนองค์ประกอบเพิ่มขึ้น

#### 5.3.1 การเลือกองค์ประกอบแถวลำดับที่น้อยที่สุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

สำหรับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ด้วยการออกแบบโครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบเชิงเส้นที่น้อยที่สุด ด้วยการมองหาองค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นที่มีสัมประสิทธิ์การกระตุ้นด้วยค่าสัมบูรณ์ (Absolute) ที่มีค่าน้อยที่สุด ในการกำจัดออกจากแถวของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น การหาค่าที่น้อยที่สุดของสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้น สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\Gamma_{\min}(i) = \begin{cases} 0 & : \min [w_n] - |w_i| = 0 \\ |w_i| & : \min [w_n] - |w_i| \neq 0 \end{cases} \quad (5.16)$$

โดยที่

$$\min_{i,j \in N} [w_n] = \begin{cases} |w_i| & : |w_i - w_j| < 0 \\ |w_j| & : |w_i - w_j| > 0 \end{cases} \quad (5.17)$$

โดยที่  $i$  และ  $j$  นั้นเป็นตำแหน่งของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นขององค์ประกอบแถวลำดับ

#### 5.3.2 การปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นเมื่อลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้น

เมื่อองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีค่าน้อยที่สุดสำหรับชุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ถูกลดจำนวนลงจากแถวลำดับ การปรับโครงสร้างใหม่ของสายอากาศ

แถวลำดับเชิงเส้นเกิดขึ้น โดยการปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\Gamma_{dec}(i) = \begin{cases} \Delta_i & : i < (i_{remov} - 1) \\ \Delta_i + \Delta_{i+1} & : i = (i_{remov} - 1) \\ \Delta_{i+1} & : i > (i_{remov} - 1) \end{cases} \quad (5.18)$$

โดยที่  $i$  ตำแหน่งขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น  $i_{remov}$  ตำแหน่งองค์ประกอบสัมประสิทธิ์การกระตุ้นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่ถูกลดจากโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น และ  $\Delta_i$  คือค่าคงที่ของระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

### 5.3.3 การเพิ่มองค์ประกอบแถวลำดับสำหรับการชดเชยประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในกรณีที่เกิดการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีจำนวนมากจนเกินไป การชดเชยประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น นั้นจะทำการเพิ่มองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกลับเข้าไปในแถวลำดับ ซึ่งแสดงดังนี้

$$\Gamma_{inc}(i) = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2} \quad (5.19)$$

โดยที่  $i$  คือตำแหน่งขององค์ประกอบแถวลำดับ  $\Delta_{max}$  และ  $\Delta_{min}$  คือค่าขอบเขตที่มากที่สุดและน้อยที่สุดของระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นเริ่มต้น

### 5.3.4 ระเบียบแบบแผนของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการประยุกต์ใช้ของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงระเบียบแบบแผนของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อประยุกต์ใช้ในการกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น โดยใช้ผลเฉลยจากสมการที่ 5.1 ทำการคำนวณหาแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นเพื่อใช้ในการหาค่าผลต่างกำลังสองของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นอ้างอิงและแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ได้จากการออกแบบ

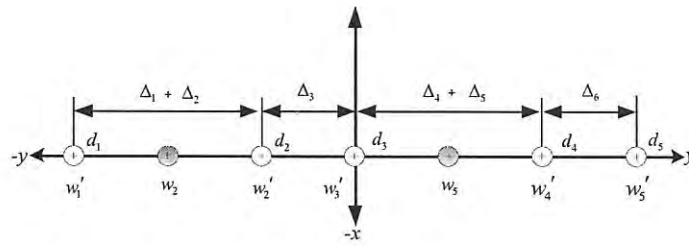
1. เริ่มต้นด้วยการกำหนดค่าพารามิเตอร์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นต่าง ๆ ให้กับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในกรณีนี้ ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศที่ถูกกำหนดนั้นกับกระบวนการนั้นคือ สัมประสิทธิ์การกระตุ้นขององค์ประกอบแถวลำดับและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ สุดท้ายคือจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับ

2. กำหนดเป้าหมายของการออกแบบ คือโครงสร้างของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับ ในกรณีนี้ กำหนดระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้าง (-20 dB) และกำหนดขอบเขตของลำคลื่นด้านข้างและลำคลื่นหลัก
3. เข้าสู่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมในการหาค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศ และเมื่อโดยใช้ฟังก์ชันค่าความเหมาะสม ในการตรวจสอบการลู่เข้าของกระบวนการ และเมื่อระเบียบวิธีทางพันธุกรรมนั้นสามารถสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นได้สำเร็จ ก็จะเข้าสู่กระบวนการ การทำซ้ำเพื่อทำการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ดังรูปที่ 5.2 แสดงการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับด้วยกระบวนการการทำซ้ำ ด้วยค่าที่น้อยที่สุดของสัมประสิทธิ์การกระตุ่นขององค์ประกอบแถวลำดับ
4. ทำการปรับโครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยองค์ประกอบแถวลำดับจำนวนที่ลดลง แล้วเข้าสู่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดอีกครั้ง ซึ่งกลับเข้าสู่ขั้นตอนหมายเลข 3 จนกระทั่งไม่สามารถสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่เป็นไปตามจุดประสงค์ และเป้าหมายของการออกแบบข้างต้น ซึ่งแสดงรูปการเพิ่มองค์ประกอบเข้าสู่แถวลำดับ ดังรูปที่ 5.3
5. เมื่อการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นนั้นไม่สำเร็จเนื่องมาจากการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีจำนวนมากจนเกินไป กระบวนการชดเชยการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นจึงเริ่มขึ้น ด้วยกระบวนการการทำซ้ำเพื่อทำการเพิ่มจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นเข้าไป
6. ระเบียบแบบแผนของกระบวนการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมจะหยุดการทำงานก็ต่อเมื่อ

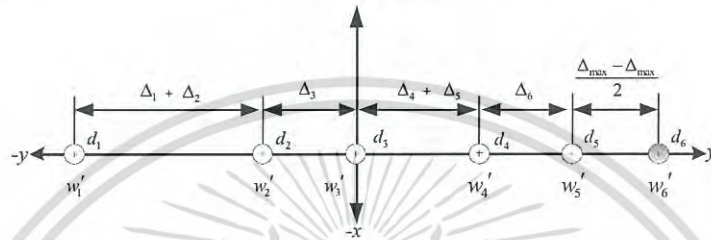
กรณีที่ 1 เมื่อทำการเพิ่มองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นเรียบร้อยแล้วทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ของสายอากาศสำเร็จ นั่นคือได้มาซึ่งแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ต้องการแล้ว กระบวนการหยุดทำงานพร้อมกับได้คำตอบสุดท้ายของการออกแบบ

กรณีที่ 2 เมื่อทำการเพิ่มองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นเรียบร้อยแล้วทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ของสายอากาศไม่สำเร็จ นั่นคือไม่สามารถได้มาซึ่งแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ต้องการได้ กระบวนการทำงานของการทำซ้ำระเบียบวิธีทางพันธุกรรมนั้นหยุดลง และคำตอบที่ได้คือ คำตอบก่อนหน้าของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดล่าสุด โดยดังรูปที่ 5.4 แสดงขั้นตอนของระเบียบแบบแผนของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

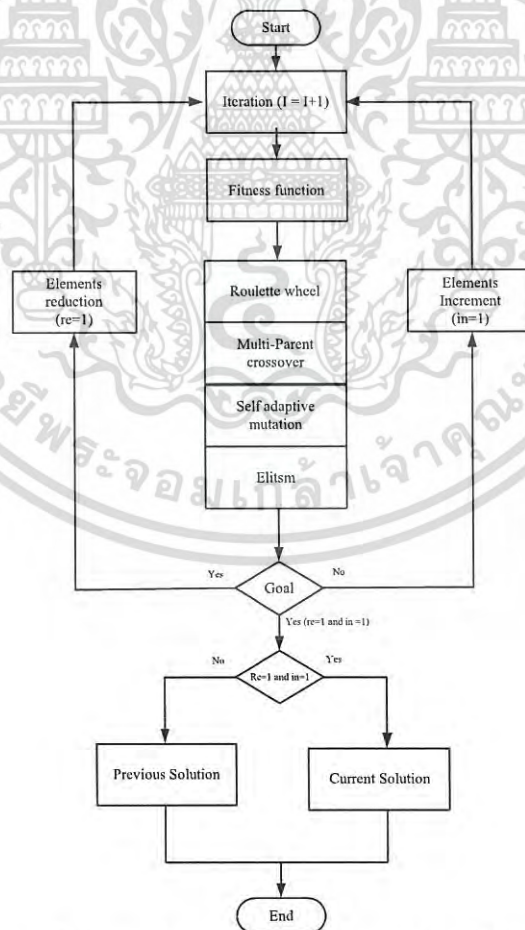
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับปรับโครงสร้างการลดจำนวน



รูปที่ 5.3 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับปรับโครงสร้างการเพิ่มจำนวน



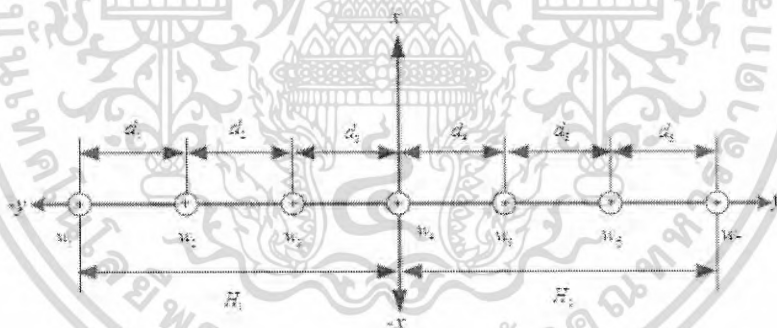
รูปที่ 5.4 แผนภาพลำดับการทำงานของกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4 แบบแผนของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมด้วยเทคนิคแบบแบ่งครึ่งช่วงสำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

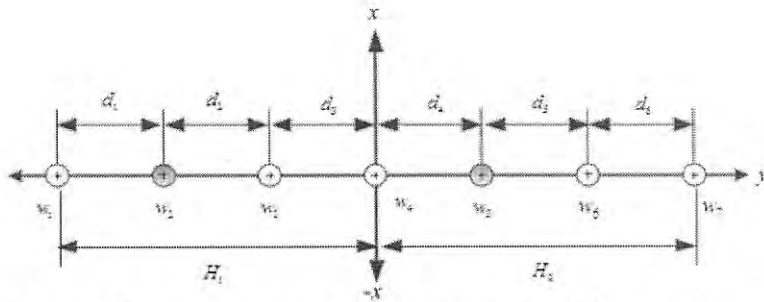
การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นด้วยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น เป้าหมายของการออกแบบคือการได้มาซึ่งแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่มีระดับสัญญาณลาคี่ด้านข้างต่ำ ( $-20$  dB) และการกำหนดช่วงกว้างของลาคี่หลัก ด้วยการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีจำนวนองค์ประกอบน้อยที่สุดในการออกแบบ สำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมด้วยเทคนิคแบบแบ่งครึ่งช่วง เป็นการหาขนาดขององค์ประกอบที่มีค่าสัมบูรณ์น้อยที่สุดด้วยการแบ่งของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นออกเป็นสองช่วง โดยอธิบายแบบแผนของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคการแบ่งครึ่งช่วงดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น โดยตัวอย่างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นแสดงดังรูปที่ 5.5 ซึ่งมีจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเริ่มต้น ( $M$ ) มีจำนวนเท่ากับ 7 องค์ประกอบ มีสัมประสิทธิ์การกระตุ้น ( $w_n$ ) มีค่าเท่ากับ 7 และจำนวนของระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ ( $d_n$ ) เท่ากับ 6 ตามลำดับ มีพารามิเตอร์การแบ่งครึ่งช่วงของสายอากาศแถวลำดับสองส่วนคือ  $H_1$  และ  $H_2$



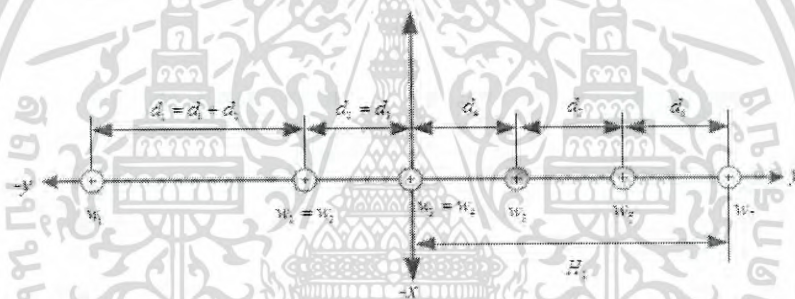
รูปที่ 5.5 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับพารามิเตอร์เริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการเลือกพารามิเตอร์ด้วยสัมประสิทธิ์การกระตุ้นด้วยค่าสัมบูรณ์ที่น้อยที่สุด โดยทำการหาค่าช่วงของ  $H_1$  และช่วงของ  $H_2$  ตามลำดับ โดยรูปที่ 5.6 แสดงสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่ถูกเลือกด้วยค่าสัมบูรณ์น้อยในช่วง  $H_1$  และช่วงของ  $H_2$  ซึ่งตัวอย่างโครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นดังรูปที่ 5.7 นั้น พารามิเตอร์ของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นด้วยค่าสัมบูรณ์ที่น้อยที่สุดที่ถูกเลือกที่ตำแหน่งของแถวลำดับเท่ากับ 2 และ 5 ที่อยู่ในช่วง  $H_1$  และช่วงของ  $H_2$  ตามลำดับ



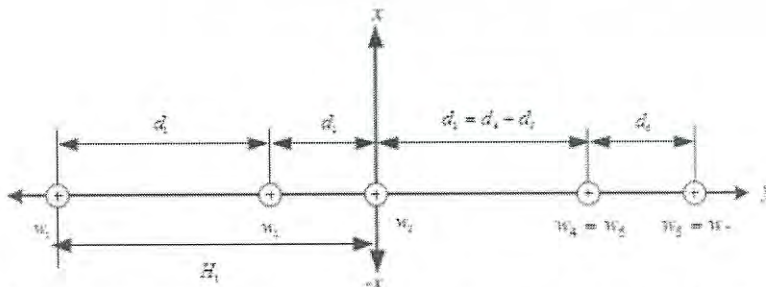
รูปที่ 5.6 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่ถูกเลือก

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่อยู่ในช่วง  $H_1$  ออกไปหนึ่งองค์ประกอบแถวลำดับ ทำการปรับโครงสร้างของระยะห่างระหว่างแถวลำดับเชิงเส้นในช่วง  $H_1$  ใหม่  $d_1 = d_1 + d_2$  และ  $d_2 = d_3$  ส่วนสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่มีการปรับใหม่เท่ากับ  $w_2 = w_3$  และ  $w_3 = w_4$  ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับการปรับโครงสร้างในช่วง  $H_1$

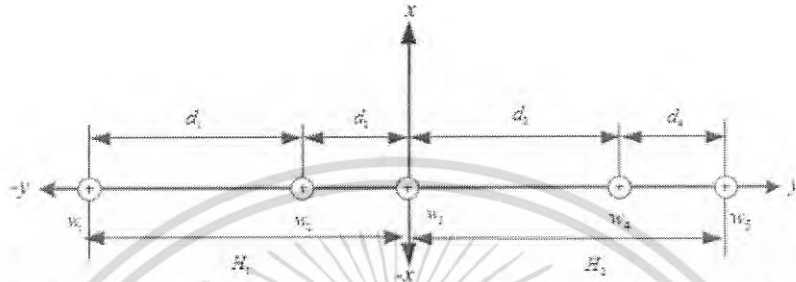
ขั้นตอนที่ 4 กระบวนการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่อยู่ในช่วง  $H_2$  ออกไปหนึ่งองค์ประกอบแถวลำดับ ทำการปรับโครงสร้างของระยะห่างระหว่างแถวลำดับเชิงเส้นในช่วง  $H_2$  ใหม่  $d_3 = d_4 + d_5$  และ  $d_4 = d_6$  ส่วนสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่มีการปรับใหม่เท่ากับ  $w_4 = w_6$  และ  $w_5 = w_7$  ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับการปรับโครงสร้างในช่วง  $H_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 โครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่ถูกปรับโครงสร้างกับจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่ถูกลด โดยสัมพันธ์กับการกระตุ้นที่ถูกเลือกด้วยค่าสัมบูรณ์น้อยสุดของช่วง  $H_1$  และช่วงของ  $H_2$  ถูกลบออกไปจากแถวลำดับเชิงเส้น ดังนั้นจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเริ่มต้นถูกลบออกเป็นจำนวนมีค่าเท่ากับ 2 องค์ประกอบ ( $M = M - 2$ ) ดังแสดงในรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นกับสัมพันธ์การกระตุ้นที่ถูกลด

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อเงื่อนไขของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมไม่เป็นไปตามที่กำหนด การชดเชยประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเกิดขึ้นด้วยการเพิ่มจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเข้าไปที่ท้ายแถวของแถวลำดับจำนวนองค์ประกอบในขณะที่ทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Current run) โดยจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับที่ถูกเพิ่มมีจำนวนเท่ากับ 1 ( $M = M + 1$ ) และระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับในระยะห่างสุดท้ายเท่ากับจุดกึ่งกลางระหว่างค่าที่มากที่สุดถึงค่าที่น้อยที่สุด  $(d_{\max} + d_{\min})/2$  ดังแสดงในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 แผนภาพลำดับการทำงานของกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

ในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นด้วยการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่เป็นไปตามแบบแผนของการปรับโครงสร้างสายอากาศ กระบวนการทำซ้ำจะทำการในขั้นตอนที่สองเป็นจำนวนการทำซ้ำ ( $i^{\text{th}}$  Iteration) ที่ส่งผลต่อการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับ และทำซ้ำต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าเป้าหมายของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดไม่เป็นไปตามเงื่อนไข จึงเกิดการ

ทำซ้ำครั้งสุดท้าย ( $i^{last}$  Iteration) เพื่อเป็นการเพิ่มจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเข้าสู่โครงสร้างสายอากาศแล้วทำการปรับโครงสร้างสายอากาศที่เป็นไปตามเป้าหมายในการออกแบบ

## 5.5 บทสรุป

การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น เป้าหมายสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในส่วนนี้ต้องการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นสัญญาณลาคลื่นที่มีระดับต่ำ (-20 dB) ด้วยจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นที่น้อยที่สุด ด้วยระเบียบวิธีการทำซ้ำ (Iterative method) เชื่อมต่อกับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) โดยระเบียบวิธีการทำซ้ำเป็นการหาจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีค่าน้อยที่สุดในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นและระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นกระบวนการที่ถูกนำมาใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้น



## บทที่ 6

# การจำลองค่าที่เหมาะสมที่สุดสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

### 6.1 บทนำ

บทนี้จะเป็นการนำเสนอการจำลองผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น โดยเป้าหมายของการจำลองผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดคือการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่มีระดับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างที่มีระดับต่ำ (-20 dB) และทำการกำหนดช่วงกว้างของลำคลื่นหลักในระดับสัญญาณที่ -20 dB สำหรับการออกแบบโดยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นมีเป้าหมายในการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นอยู่สามส่วนประกอบด้วยกันคือ ส่วนแรกจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีจำนวนน้อยที่สุด ต่อมาสัมประสิทธิ์การกระตุ้นในรูปแบบจนวนจริง และจำนวนเชิงซ้อน สุดท้ายระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

### 6.2 การจำลองค่าที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

ในหัวข้อนี้จะทำการจำลองผลของการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ด้วยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เทคนิควิธีการ การทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม สำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบเชิงเส้นน้อยที่สุด ผลการจำลองกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้น จะแสดงสองกรณีด้วย กรณีแรกใช้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดหาค่าสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่เป็นจำนวนจริง และหาระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ และกรณีที่สองใช้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดคำนวณหาระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับโดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่เป็นจำนวนเชิงซ้อน โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ตั้งต้นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นนั้น ด้วยค่าความยาวคลื่นของสายอากาศมีค่าเท่ากับ 1 และระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นมีค่ามากกว่าครึ่งของค่าความยาวคลื่นเพื่อหลีกเลี่ยงการคล่องเกี่ยวกันของของสนามไฟฟ้าระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ อีกทั้งระยะห่างขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มากที่สุดนั้นมีค่าไม่เกินหนึ่งของความยาวคลื่นสายอากาศ

### 6.2.1 การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยการกระตุ้นด้วยสัมประสิทธิ์ด้วยจำนวนจริง

การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยการกระตุ้นสัมประสิทธิ์จำนวนจริง จะทำการกำหนดเงื่อนไขของการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นอยู่สองกรณี คือการกำหนดช่วงกว้างลำคลื่นหลักในระดับสัญญาณที่มีค่าเท่ากับ  $-20$  dB (Mainlobe region :  $ML$ ) โดยเป็นการปรับช่วงกว้างลำคลื่นหลักที่มีความแตกต่างกันแต่ยังคงให้ระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้าง (Sidelobe level :  $SLL$ ) มีระดับสัญญาณต่ำ ( $-20$  dB) ตามลำดับ

กรณีที่ 1 สำหรับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ทำการกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นดังตารางที่ 6.1 การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 25 องค์ประกอบ โดยแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นมีจำนวนการแซมปลิงทั้งหมดตั้งแต่ที่  $-90^{\circ}$  องศาไปจนถึง  $90^{\circ}$  องศา มีค่าเท่ากับ 1024 จำนวน โดยให้ระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างที่ต้องการออกแบบให้มีความน้อยกว่าหรือเท่ากับ  $-20$  dB

ตารางที่ 6.1 พารามิเตอร์เริ่มต้นการสังเคราะห์ของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยการป้อนสัมประสิทธิ์จำนวนจริง

พารามิเตอร์	ค่าขอบเขตที่กำหนด
ทิศทางของลำคลื่นหลัก ( $ML$ direction : $\emptyset$ )	$0^{\circ}$ องศา
ช่วงของลำคลื่นหลัก ( $ML$ region : $\emptyset$ )	$-10^{\circ}$ องศา ถึง $10^{\circ}$ องศา
ช่วงของลำคลื่นด้านข้าง ( $SL$ region : $\emptyset$ )	$-90^{\circ}$ องศา ถึง $-5^{\circ}$ องศาและ $5^{\circ}$ องศา ถึง $90^{\circ}$ องศา
ระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง ( $SLL$ )	$-20$ dB
จำนวนของการแซมปลิง (Sampling point)	1024

การกำหนดค่าของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม โดยพารามิเตอร์ของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นประกอบไปด้วยจำนวนของความยาวโคโมโซมมีค่าเท่ากับจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศ จำนวนการทำซ้ำที่มากที่สุดของด้วยระเบียบการทำซ้ำมีค่าเท่ากับจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศเช่นกัน สำหรับพารามิเตอร์ในส่วนของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม มีค่าความน่าจะเป็นของกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้ และกระบวนการปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ และจำนวนของกลุ่มสมาชิกที่ถูกกำหนด แสดงตารางของพารามิเตอร์กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมดังตารางที่ 6.2 และการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น กำหนด

ขอบเขตของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นเชิงเส้นและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับและสุดท้าย เป็นจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับดังแสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.2 การกำหนดค่าเริ่มต้นของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

พารามิเตอร์การทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม	ค่าเริ่มต้น
กลุ่มสมาชิก (Population)	400
จำนวนการทำซ้ำของระเบียบวิธีทำซ้ำ (Iteration of iterative method)	25
ความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการแบบไขว้ (Crossover)	0.8
ความน่าจะเป็นของตัวปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ (Mutation)	0.04
จำนวนที่มากที่สุดของรอบการทำซ้ำ (Maximum GA iteration)	200
จำนวนการเก็บสมาชิกที่ดีที่สุด (Elitism)	10

ตารางที่ 6.3 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนจริง

พารามิเตอร์สายอากาศ	ค่าเริ่มต้น
จำนวนองค์ประกอบเริ่มต้น (No. Elements)	25
สัมประสิทธิ์การกระตุ้น (Excitation coefficient)	[0.1, 1.0]
ระยะห่างองค์ประกอบ (Spacing)	[0.5, 1.0]

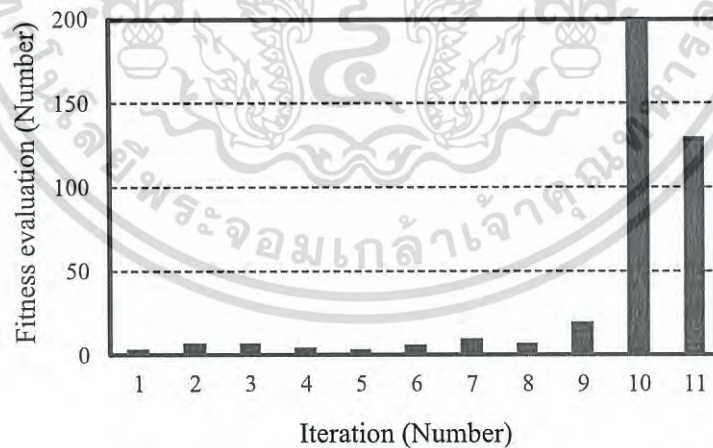
กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม ใช้ในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่เป็นไปตามพารามิเตอร์ที่กำหนดเริ่มต้น ผลของกระบวนการแสดงการลดจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศด้วยจำนวนการทำซ้ำเท่ากับ 11 รอบของจำนวนการทำซ้ำ โดยจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นสามารถคำนวณหาได้มีค่าเท่ากับ 8 จำนวนองค์ประกอบ ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยที่สุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น สำหรับกระบวนการทำซ้ำที่เกิดขึ้น โดยแสดงผลของระดับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างต่อรอบการทำซ้ำดังรูปที่ 6.1 ซึ่งในการทำซ้ำในแต่ละรอบการคำนวณนั้น จำนวนของการทำซ้ำที่เกิดขึ้นในช่วงรอบการทำซ้ำระหว่างจำนวนของรอบที่ 1 ถึงจำนวนของรอบที่ 9 เป็นการปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่ลดจำนวนขององค์ประกอบและยังสามารถคำนวณระดับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างที่ถูกกำหนดได้ ( $< -20$  dB) เมื่อจำนวนรอบการคำนวณที่ 10 ยังเป็นการปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับด้วยการลดจำนวนขององค์ประกอบลงแต่ไม่สามารถคำนวณระดับสัญญาณของล้าคลื่นด้านข้างที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด ( $> -20$  dB) กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจึงใช้การทำซ้ำอีกหนึ่งรอบในการทำงาน (จำนวนรอบที่ 11) เพื่อชดเชยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณระดับสัญญาณล้นด้านข้างให้มีระดับที่เป็นไปตามที่ออกแบบขั้นต้น โดยการเพิ่มจำนวนองค์ประกอบแถวเข้าไปในโครงสร้างสายอากาศเป็นจำนวน 1 องค์ประกอบแถวลำดับแล้วทำการคำนวณหาค่าระดับสัญญาณของล้นด้านข้าง การคำนวณของฟังก์ชันค่าความเหมาะสมในแต่ละจำนวนการทำซ้ำ ผลของการคำนวณซึ่งได้มาจากระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่เข้าสู่คำตอบ แสดงดังรูปที่ 6.2 และในส่วนของผลการคำนวณในแต่ละรอบการทำซ้ำด้วยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมสรุปรวมในตารางที่ 6.4



รูปที่ 6.1 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับระดับสัญญาณล้นด้านข้างที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 8 องค์ประกอบ



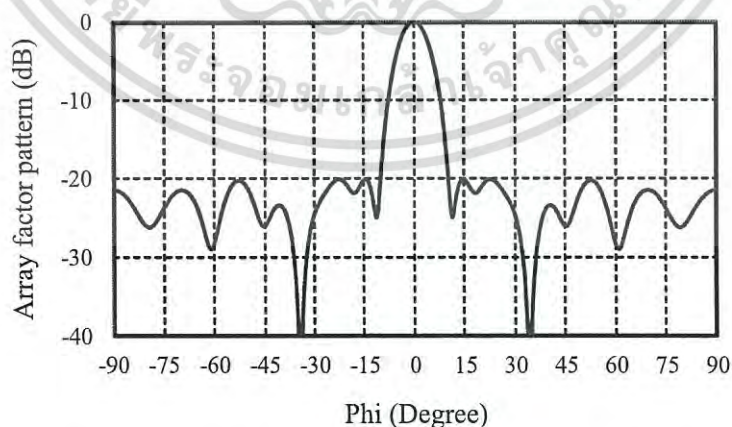
รูปที่ 6.2 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับจำนวนการคำนวณฟังก์ชันความเหมาะสมที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 8 องค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 จำนวนการทำซ้ำในแต่ละรอบการทำงานต่อระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างสำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 8 องค์ประกอบ

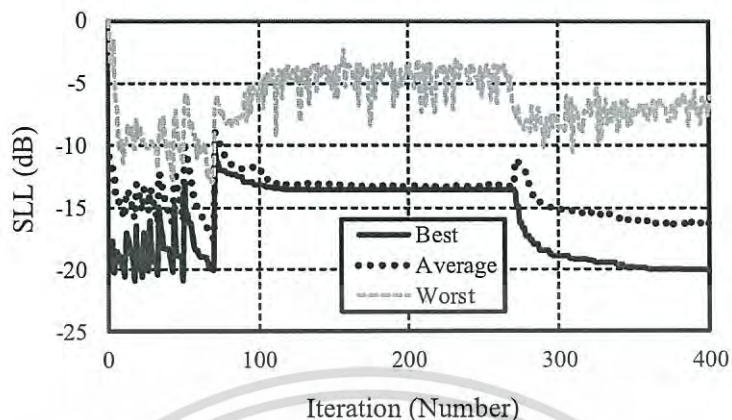
จำนวนการทำซ้ำ	จำนวนการคำนวณต่อการทำซ้ำ	ระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง
1 <sup>st</sup>	4	-20.22 dB
2 <sup>nd</sup>	7	-20.47 dB
3 <sup>rd</sup>	7	-20.79 dB
4 <sup>th</sup>	5	-20.48 dB
5 <sup>th</sup>	4	-20.03 dB
6 <sup>th</sup>	6	-20.29 dB
7 <sup>th</sup>	10	-20.09 dB
8 <sup>th</sup>	7	-20.66 dB
9 <sup>th</sup>	20	-20.03 dB
10 <sup>th</sup>	200	-13.54 dB
11 <sup>th</sup>	130	-20.05 dB

แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบที่น้อยที่สุด โดยมีจำนวนองค์ประกอบที่ได้จากกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ 8 องค์ประกอบ แสดงดังรูปที่ 6.3 และผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยแสดงในรูปที่ 6.4 ซึ่งผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด แสดงในรูปแบบของค่าที่ดีที่สุด ค่าเฉลี่ย และค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการ ตามลำดับ



รูปที่ 6.3 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 8 องค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในช่วงกว้างลำคลื่นเท่ากับ  $[-10^\circ, 10^\circ]$  และระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างเท่ากับ  $-20$  dB

ผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการสังเคราะห์สายอากาศแฉกลำดับเชิงเส้นจำนวนองค์ประกอบแฉกลำดับมีค่าเท่ากับ 8 องค์ประกอบ โดยมีสัมประสิทธิ์การกระตุ้นจำนวนจริงและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแฉกลำดับแสดงในตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 สัมประสิทธิ์การกระตุ้นจำนวนจริงและตำแหน่งขององค์ประกอบแฉกลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 8 องค์ประกอบ

ลำดับ	สัมประสิทธิ์การกระตุ้น	ตำแหน่งองค์ประกอบแฉกลำดับ
1	0.1617	0
2	0.3812	0.9374
3	0.5920	1.7590
4	0.7731	2.6203
5	0.9214	3.4516
6	0.7540	4.3265
7	0.7632	5.1659
8	0.5904	5.9958

กรณีที่ 2 สำหรับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่กำหนดช่วงกว้างของลำคลื่นหลักให้มีค่าน้อยลง (Narrow beam) ทำการกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นของแบบรูปการแพร่กระจาย

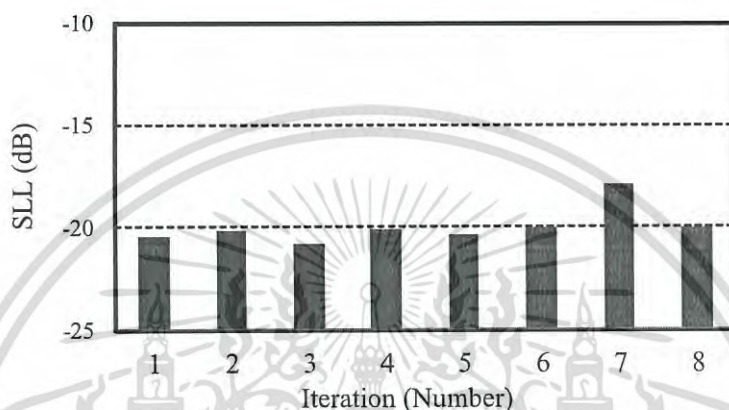
คลื่นดังตารางที่ 6.6 โดยช่วงกว้างลำคลื่นหลักที่ระดับสัญญาณ  $-20$  dB อยู่ระหว่าง  $[-5^\circ, 5^\circ]$  องศา โดยแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นมีจำนวนการแซมปลิงทั้งหมดตั้งแต่ที่  $-90^\circ$  องศา ไปจนถึง  $90^\circ$  องศา นั้นมีค่าเท่ากับ 1024 จำนวน โดยให้ระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างที่ต้องการออกแบบให้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ  $-20$  dB สำหรับพารามิเตอร์เริ่มต้นของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมจะเป็นไปตามตารางที่ 6.2 ซึ่งแสดงในขั้นตอนของกรณีก่อนหน้า และพารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นเป็นไปตามตารางที่ 6.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.6 พารามิเตอร์เริ่มต้นการสังเคราะห์ของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นช่วงกว้างลำคลื่น แถบของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยการป้อนสัมประสิทธิ์จำนวนจริง

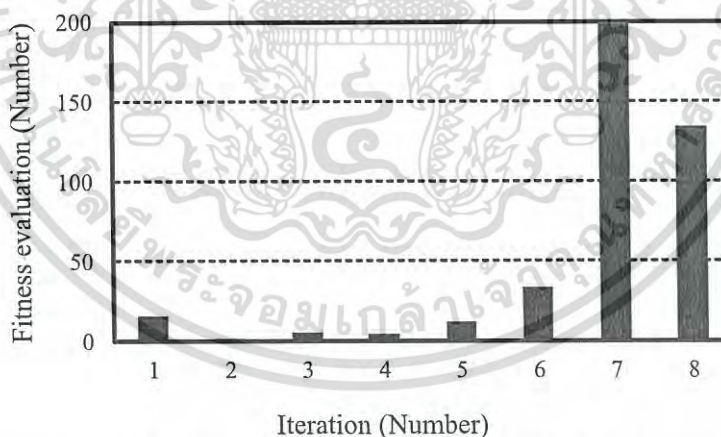
พารามิเตอร์	ค่าขอบเขตที่กำหนด
ทิศทางของลำคลื่นหลัก (ML direction : $\emptyset$ )	$0^\circ$ องศา
ช่วงของลำคลื่นหลัก (ML region : $\emptyset$ )	$-5^\circ$ องศา ถึง $5^\circ$ องศา
ช่วงของลำคลื่นด้านข้าง (SL region : $\emptyset$ )	$-90^\circ$ องศา ถึง $-5^\circ$ องศาและ $5^\circ$ องศา ถึง $90^\circ$ องศา
ระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง (SLL)	$-20$ dB
จำนวนของการแซมปลิง (Sampling point)	1024

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม ใช้ในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่เป็นไปตามพารามิเตอร์ที่กำหนดเริ่มต้นผลของกระบวนการแสดงการลดจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศด้วยจำนวนการทำซ้ำเท่ากับ 8 รอบของจำนวนการทำซ้ำ โดยจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นสามารถคำนวณหาได้มีค่าเท่ากับ 14 จำนวนขององค์ประกอบ ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยที่สุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น สำหรับกระบวนการทำซ้ำที่เกิดขึ้น โดยแสดงผลของระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างต่อรอบการทำซ้ำดังรูปที่ 6.5 ซึ่งในการทำซ้ำในแต่ละรอบการคำนวณนั้นจำนวนของการทำซ้ำที่เกิดขึ้นในช่วงรอบการทำซ้ำระหว่างจำนวนของรอบที่ 1 ถึงจำนวนของรอบที่ 6 เป็นการปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่ลดจำนวนขององค์ประกอบและยังสามารถคำนวณระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างที่ถูกกำหนดได้ ( $<-20$  dB) เมื่อจำนวนรอบการคำนวณที่ 7 ยังเป็นการปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับด้วยการลดจำนวนขององค์ประกอบลงแต่ไม่สามารถคำนวณระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด ( $>-20$  dB) กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจึงใช้การทำซ้ำอีกหนึ่งรอบในการทำงาน (จำนวนรอบที่ 8) เพื่อชดเชยการคำนวณระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างให้มีระดับที่เป็นไปตามที่ออกแบบขั้นต้น โดยการเพิ่มจำนวน

องค์ประกอบแถวเข้าไปในโครงสร้างสายอากาศเป็นจำนวน 1 องค์ประกอบแถวลำดับแล้วทำการคำนวณหาค่าระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้าง การคำนวณของฟังก์ชันค่าความเหมาะสมในแต่ละจำนวนการทำซ้ำ ผลของการคำนวณซึ่งได้มาจากระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ใส่เข้าสู่ค่าตอบ แสดงดังรูปที่ 6.6 และในส่วนของการแสดงผลการคำนวณในแต่ละรอบการทำซ้ำด้วยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมสรุปรวมในตารางที่ 6.7



รูปที่ 6.5 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 14 องค์ประกอบ



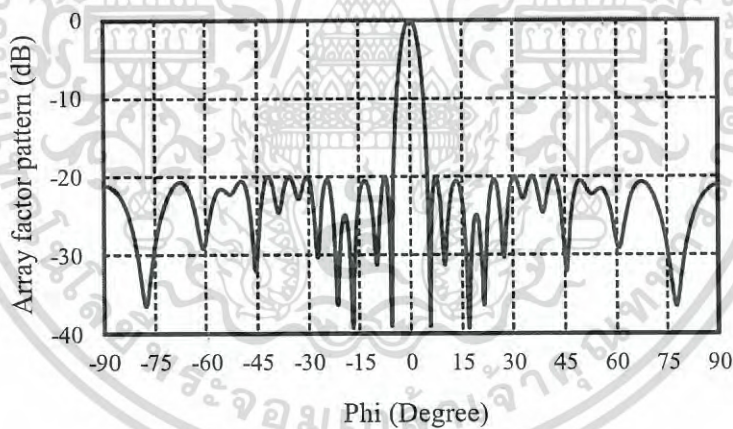
รูปที่ 6.6 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับจำนวนการคำนวณฟังก์ชันความเหมาะสมที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 14 องค์ประกอบ

แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบที่น้อยที่สุด โดยมีจำนวนองค์ประกอบที่ได้จากกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ 14 องค์ประกอบ แสดงดังรูปที่ 6.7 และผลกระทบบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยแสดงใน

รูปที่ 6.8 ซึ่งแสดงผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด แสดงในรูปแบบของค่าที่ดีที่สุด ค่าเฉลี่ย และค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการ ตามลำดับ

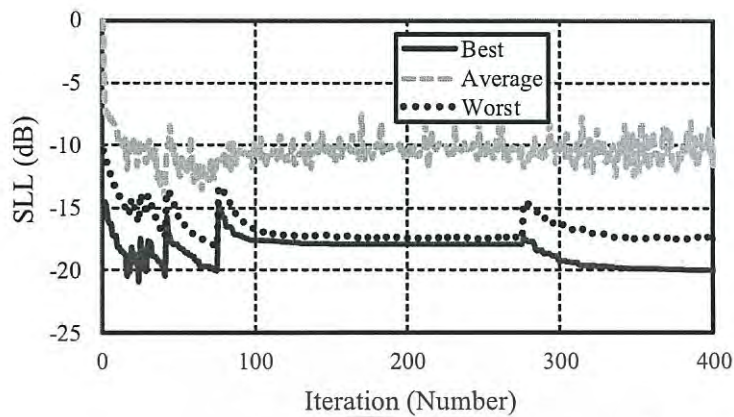
ตารางที่ 6.7 จำนวนการทำซ้ำในแต่ละรอบการทำงานต่อระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างสำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 14 องค์ประกอบ

จำนวนการทำซ้ำ	จำนวนการคำนวณต่อการทำซ้ำ	ระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง
1 <sup>st</sup>	16	-20.45 dB
2 <sup>nd</sup>	2	-20.13 dB
3 <sup>rd</sup>	6	-20.84 dB
4 <sup>th</sup>	5	-20.06 dB
5 <sup>th</sup>	12	-20.35 dB
6 <sup>th</sup>	34	-20.00 dB
7 <sup>th</sup>	200	-20.88 dB
8 <sup>th</sup>	135	-20.00 dB



รูปที่ 6.7 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 14 องค์ประกอบ

ผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับมีค่าเท่ากับ 14 องค์ประกอบ โดยมีสัมประสิทธิ์การกระตุ้นจำนวนจริงและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับแสดงในตารางที่ 6.8



รูปที่ 6.8 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในช่วงกว้างลำคลื่นเท่ากับ  $[-5^\circ, 5^\circ]$  และระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างเท่ากับ  $-20$  dB

ตารางที่ 6.8 สัมประสิทธิ์การกระตุ้นจำนวนจริงและตำแหน่งขององค์ประกอบแวลวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 14 องค์ประกอบ

ลำดับ	สัมประสิทธิ์การกระตุ้น	ตำแหน่งองค์ประกอบแวลวลำดับ
1	0.4440	0
2	0.4779	0.8343
3	0.5126	1.6944
4	0.6055	2.5091
5	0.7107	3.3003
6	0.9098	4.1910
7	0.9132	5.0111
8	0.8566	5.8284
9	0.8398	6.7382
10	0.8053	7.6642
11	0.8678	8.5397
12	0.7755	9.4174
13	0.7331	10.2928
14	0.4118	11.9989

## 6.2.2 การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยการกระตุ้นด้วยสัมประสิทธิ์ด้วยจำนวนเชิงซ้อน

การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยการกระตุ้นสัมประสิทธิ์จำนวนเชิงซ้อนที่ได้จากการคำนวณ จะทำการกำหนดเงื่อนไขของการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นอยู่สองกรณี คือการกำหนดช่วงกว้างลำคลื่นหลักในระดับสัญญาณที่มีค่าเท่ากับ  $-20$  dB (Mainlobe region : *ML*) โดยเป็นการปรับช่วงกว้างลำคลื่นหลักที่มีความแตกต่างกันแต่ยังคงให้ระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้าง (Sidelobe level : *SLL*) มีระดับสัญญาณต่ำ ( $-20$  dB) ตามลำดับ

กรณีที่ 1 สำหรับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นด้วยการกระตุ้นสัมประสิทธิ์เชิงซ้อน ทำการกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นดังตารางที่ 6.9 การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 25 องค์ประกอบ โดยแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นมีจำนวนการแซมปลิงทั้งหมดตั้งแต่ที่  $-90^{\circ}$  องศา ไปจนถึง  $90^{\circ}$  องศา นั้นมีค่าเท่ากับ 1024 จำนวน โดยให้ระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างที่ต้องการออกแบบให้มิต่ำน้อยกว่าหรือเท่ากับ  $-20$  dB

ตารางที่ 6.9 พารามิเตอร์เริ่มต้นการสังเคราะห์ของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยการป้อนสัมประสิทธิ์จำนวนเชิงซ้อน

พารามิเตอร์	ค่าขอบเขตที่กำหนด
ทิศทางของลำคลื่นหลัก ( <i>ML direction</i> : $\varnothing$ )	$0^{\circ}$ องศา
ช่วงของลำคลื่นหลัก ( <i>ML region</i> : $\varnothing$ )	$-10^{\circ}$ องศา ถึง $10^{\circ}$ องศา
ช่วงของลำคลื่นด้านข้าง ( <i>SL region</i> : $\varnothing$ )	$-90^{\circ}$ องศา ถึง $-5^{\circ}$ องศา และ $5^{\circ}$ องศา ถึง $90^{\circ}$ องศา
ระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง ( <i>SLL</i> )	$-20$ dB
จำนวนของการแซมปลิง (Sampling point)	1024

การกำหนดค่าของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม โดยพารามิเตอร์ของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นประกอบไปด้วยจำนวนของความยาวโคโมโซมมีเป็นไปตามกับพารามิเตอร์ของจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศ จำนวนการทำซ้ำที่มากที่สุดของด้วยระเบียบวิธีการทำซ้ำมีค่าเท่ากับจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศเช่นกัน สำหรับพารามิเตอร์ในส่วนของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม มีค่าความน่าจะเป็นของกระบวนการปฏิบัติการแบบไขว้ และกระบวนการปฏิบัติการแบบกลายพันธุ์ และจำนวนของกลุ่มสมาชิกที่ถูกกำหนด แสดงตารางของพารามิเตอร์กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระเบียบวิธี

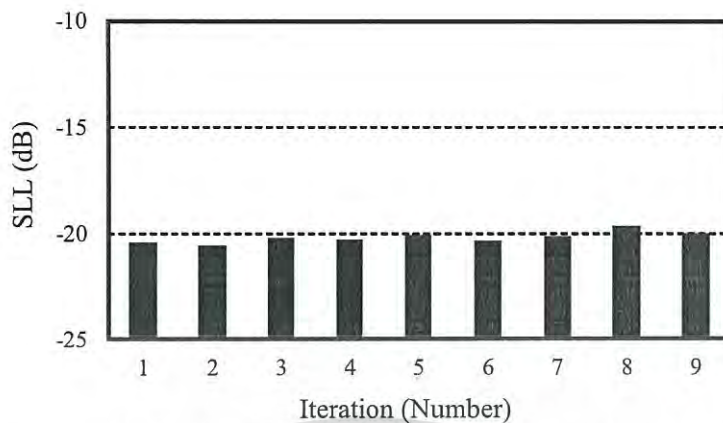
เชิงพันธุกรรมดังตารางที่ 6.2 ดังกรณีข้างต้นและการกำหนดค่าเริ่มต้นให้การสังเคราะห์สายอากาศ แถวลำดับเชิงเส้น โดยกำหนดเพียงระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับพร้อมทั้งจำนวน องค์ประกอบแถวลำดับเริ่มต้น ดังแสดงในตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.10 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวน  
เชิงซ้อน

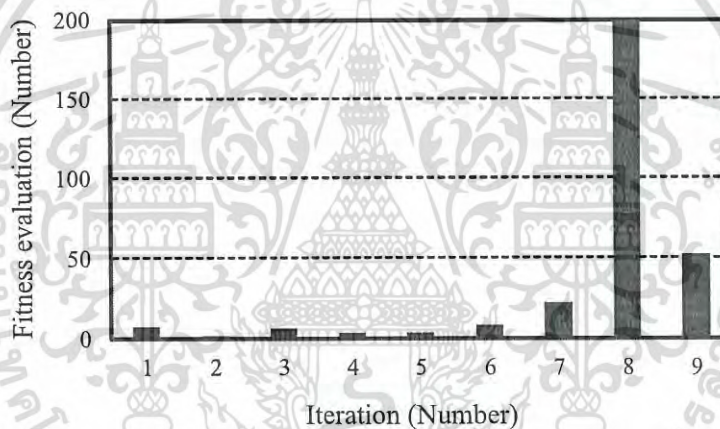
พารามิเตอร์สายอากาศ	ค่าเริ่มต้น
จำนวนองค์ประกอบเริ่มต้น (No. Elements)	25
ระยะห่างองค์ประกอบ (Spacing)	[0.5, 1.0]

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม ใช้ในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่เป็นไปตามพารามิเตอร์ที่กำหนดเริ่มต้น ผลของกระบวนการแสดงการลดจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศด้วยจำนวนการทำซ้ำเท่ากับ 9 รอบของจำนวนการทำซ้ำ โดยจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นสามารถคำนวณหาได้มีค่าเท่ากับ 12 จำนวนองค์ประกอบ ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยที่สุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น สำหรับกระบวนการทำซ้ำที่เกิดขึ้น โดยแสดงผลของระดับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างต่อรอบการทำซ้ำดังรูปที่ 6.9 ซึ่งในการทำซ้ำในแต่ละรอบการคำนวณนั้น จำนวนของการทำซ้ำที่เกิดขึ้นในช่วงรอบการทำซ้ำระหว่างจำนวนของรอบที่ 1 ถึงจำนวนของรอบที่ 7 เป็นการปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่ลดจำนวนขององค์ประกอบและยังสามารถคำนวณระดับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างที่ถูกระบุได้ ( $< -20$  dB) เมื่อจำนวนรอบการคำนวณที่ 8 ยังเป็นการปรับโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับด้วยการลดจำนวนขององค์ประกอบลงแต่ไม่สามารถคำนวณระดับสัญญาณของล้าคลื่นด้านข้างที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด ( $> -20$  dB) กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจึงใช้การทำซ้ำอีกหนึ่งรอบในการทำงาน (จำนวนรอบที่ 9) เพื่อชดเชยการคำนวณระดับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างให้มีระดับที่เป็นไปตามที่ออกแบบขึ้นต้น โดยการเพิ่มจำนวนองค์ประกอบแถวเข้าไปในโครงสร้างสายอากาศเป็นจำนวน 1 องค์ประกอบแถวลำดับแล้วทำการคำนวณหาค่าระดับสัญญาณของล้าคลื่นด้านข้าง

การคำนวณของฟังก์ชันค่าความเหมาะสมในแต่ละจำนวนการทำซ้ำ เป็นผลที่แสดงถึงการใช้เวลาในการคำนวณค่าที่เหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันซึ่งอยู่ในรูปจำนวนของการทำซ้ำ เป็นเงื่อนไขในการเข้าสู่คำตอบ ผลของการคำนวณซึ่งได้มาจากระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่เข้าสู่คำตอบ แสดงดังรูปที่ 6.10 และในส่วนของผลการคำนวณในแต่ละรอบการทำซ้ำด้วยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม โดยสรุปรวมในการทำซ้ำต่อสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างและจำนวนการหาค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมในตารางที่ 6.11

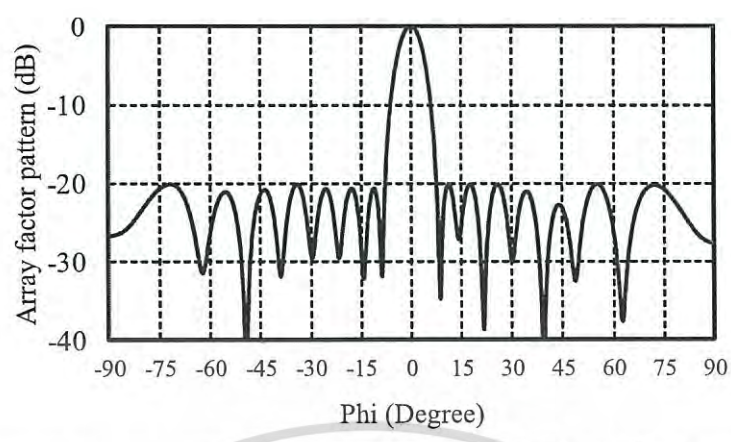


รูปที่ 6.9 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับระดับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 12 องค์ประกอบ

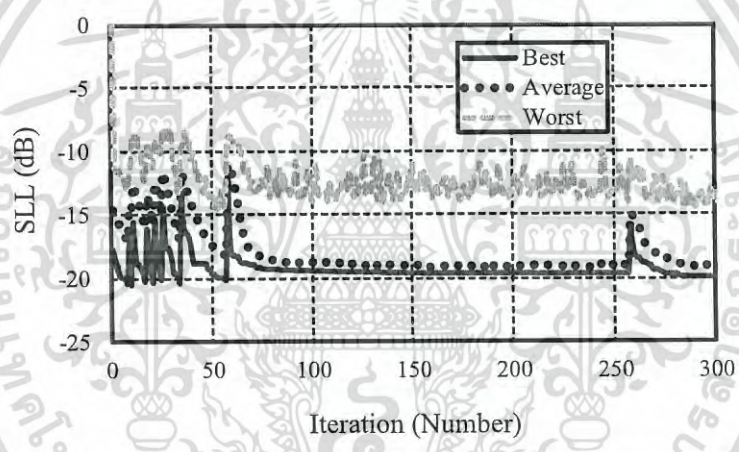


รูปที่ 6.10 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับจำนวนการคำนวณฟังก์ชันความเหมาะสมที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 12 องค์ประกอบ

แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นกับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบที่น้อยที่สุด โดยมีจำนวนองค์ประกอบที่ได้จากกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ 12 องค์ประกอบ ด้วยการป้อนสัมประสิทธิ์การกระตุ้นในรูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน แสดงดังรูปที่ 6.11 และผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยแสดงจำนวนของการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันค่าความเหมาะสมที่ถูกออกแบบกรณีนี้คือระดับสัญญาณล้าคลื่นด้านข้างที่มีค่าเท่ากับ -20 dB กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมีพฤติกรรมที่พยายามคำนวณหาค่าของฟังก์ชันที่เข้าสู่ค่าตอบด้วยการทำซ้ำที่มีจำนวนน้อยที่สุด โดยแสดงในรูปที่ 6.12 ซึ่งผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด แสดงในรูปแบบของผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วย ค่าที่ดีที่สุด ค่าเฉลี่ย และค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการ ตามลำดับ



รูปที่ 6.11 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบแถว ลำดับเท่ากับ 12 องค์ประกอบ



รูปที่ 6.12 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับการสังเคราะห์แบบรูปการ แพร่กระจายคลื่นที่ช่วงกว้างลำคลื่นเท่ากับ  $[-10^{\circ}, 10^{\circ}]$  และระดับสัญญาณลำคลื่น ด้านข้างเท่ากับ -20 dB

ผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดทำการสังเคราะห์ระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่เป็นไปตามตำแหน่งของระยะห่างของโครงสร้างสายอากาศ ผลของกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถหาจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีค่าเท่ากับ 12 องค์ประกอบ ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยที่สุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสามารถหาได้ โดยค่าของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่เป็นแบบจำนวนเชิงซ้อนและระยะ ตำแหน่งขององค์ประกอบแถวลำดับ แสดงในตารางที่ 6.11

ตารางที่ 6.11 จำนวนการทำซ้ำในแต่ละรอบการทำงานต่อระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างสำหรับ  
สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 12 องค์ประกอบ

จำนวนการทำซ้ำ	จำนวนการคำนวณต่อการทำซ้ำ	ระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง
1 <sup>st</sup>	8	-20.37 dB
2 <sup>nd</sup>	2	-20.53 dB
3 <sup>rd</sup>	7	-20.18 dB
4 <sup>th</sup>	4	-20.22 dB
5 <sup>th</sup>	4	-20.02 dB
6 <sup>th</sup>	9	-20.32 dB
7 <sup>th</sup>	23	-20.13 dB
8 <sup>th</sup>	200	-19.63 dB
9 <sup>th</sup>	53	-20.01 dB

ตารางที่ 6.12 สัมประสิทธิ์การกระตุ้นจำนวนเชิงซ้อนและตำแหน่งขององค์ประกอบแถวลำดับเชิง  
เส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 12 องค์ประกอบ

ลำดับ	สัมประสิทธิ์การกระตุ้น	ตำแหน่งองค์ประกอบแถวลำดับ
1	0.1494 - 0.4322i	0
2	0.0742 - 0.4254i	0.7454
3	0.0826 - 0.4847i	1.5157
4	0.1781 - 0.5265i	2.1592
5	0.1640 - 0.5258i	2.7338
6	0.1663 - 0.5284i	3.3124
7	0.2002 - 0.5352i	3.8685
8	0.1472 - 0.5296i	4.4040
9	0.1690 - 0.4968i	5.0103
10	0.0956 - 0.5179i	5.6791
11	0.0816 - 0.4376i	6.3651
12	0.1609 - 0.4175i	7.1510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

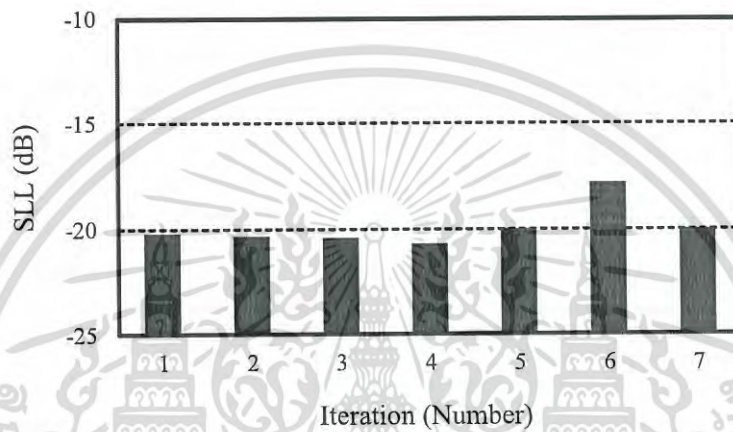
กรณีนี้ที่ 2 สำหรับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่กำหนดช่วงกว้างของลำคลื่นหลักให้มีค่าน้อยลง (Narrow beam) ด้วยการป้อนสัมประสิทธิ์การกระตุ้นในรูปแบบจำนวนเชิงซ้อน ทำการกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นดังตารางที่ 6.13 โดยช่วงกว้างลำคลื่นหลักที่ระดับสัญญาณ -20 dB อยู่ระหว่าง  $[-5^{\circ}, 5^{\circ}]$  องศา โดยแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นมีจำนวนการแซมปลิงทั้งหมดตั้งแต่ที่  $-90^{\circ}$  องศา ไปจนถึง  $90^{\circ}$  องศา นั้นมีค่าเท่ากับ 1024 จำนวน โดยให้ระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างที่ต้องการออกแบบให้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ  $-20$  dB สำหรับพารามิเตอร์เริ่มต้นของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมจะเป็นไปตามตารางที่ 6.2 ซึ่งแสดงในขั้นตอนของกรณีก่อนหน้า และพารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นเป็นไปตาม ตารางที่ 6.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.13 พารามิเตอร์เริ่มต้นการสังเคราะห์ของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นช่วงกว้างลำคลื่นแคบของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยการป้อนสัมประสิทธิ์จำนวนเชิงซ้อน

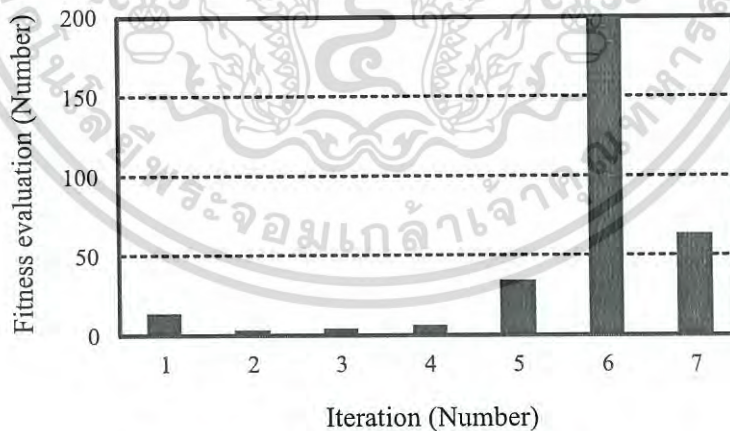
พารามิเตอร์	ค่าขอบเขตที่กำหนด
ทิศทางของลำคลื่นหลัก ( $ML$ direction : $\emptyset$ )	$0^{\circ}$ องศา
ช่วงของลำคลื่นหลัก ( $ML$ region : $\emptyset$ )	$-5^{\circ}$ องศา ถึง $5^{\circ}$ องศา
ช่วงของลำคลื่นด้านข้าง ( $SL$ region : $\emptyset$ )	$-90^{\circ}$ องศา ถึง $-5^{\circ}$ องศาและ $5^{\circ}$ องศา ถึง $90^{\circ}$ องศา
ระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง ( $SLL$ )	$-20$ dB
จำนวนของการแซมปลิง (Sampling point)	1024

การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่เป็นไปตามพารามิเตอร์ที่กำหนดเริ่มต้น ผลของกระบวนการแสดงการลดจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศด้วยจำนวนการทำซ้ำเท่ากับ 7 รอบของจำนวนการทำซ้ำ โดยจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นสามารถคำนวณหาได้มีค่าเท่ากับ 16 จำนวนขององค์ประกอบ ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยที่สุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น สำหรับกระบวนการทำซ้ำที่เกิดขึ้น โดยแสดงผลของระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างต่อรอบการทำซ้ำดังรูปที่ 6.13 การทำซ้ำที่เกิดจากการลดองค์ประกอบแถวลำดับในจำนวนของการทำซ้ำในช่วงระหว่าง จำนวนที่ 1 ถึงจำนวนที่ 6 โดยจำนวนการทำซ้ำครั้งที่ 6 เป็นการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มากจนเกินไปทำให้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นคำนวณหาระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างที่มีค่าน้อยกว่า  $-20$  dB ไม่ได้ กระบวนการชดเชยประสิทธิภาพจึงเริ่มขึ้นด้วยการทำซ้ำเพื่อเพิ่มองค์ประกอบแถวลำดับเข้าสู่โครงสร้างสายอากาศ ในรอบการคำนวณที่ 7 จึงสามารถหาระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างได้สำเร็จ

การคำนวณของฟังก์ชันค่าความเหมาะสมในแต่ละจำนวนการทำซ้ำ เป็นผลที่แสดงถึงการใช้เวลาในการคำนวณค่าที่เหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันซึ่งอยู่ในรูปจำนวนของการทำซ้ำ เป็นเงื่อนไขในการเข้าสู่ค่าตอบ ผลของการคำนวณซึ่งได้มาจากระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่เข้าสู่ค่าตอบ แสดงดังรูปที่ 6.14 และในส่วนของ การแสดงผลการคำนวณในแต่ละรอบการทำซ้ำด้วยกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม โดยสรุปรวมในการทำซ้ำต่อสัญญาณลำคลื่นด้านซ้ายและจำนวนการหาค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมในตารางที่ 6.14



รูปที่ 6.13 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 16 องค์ประกอบ



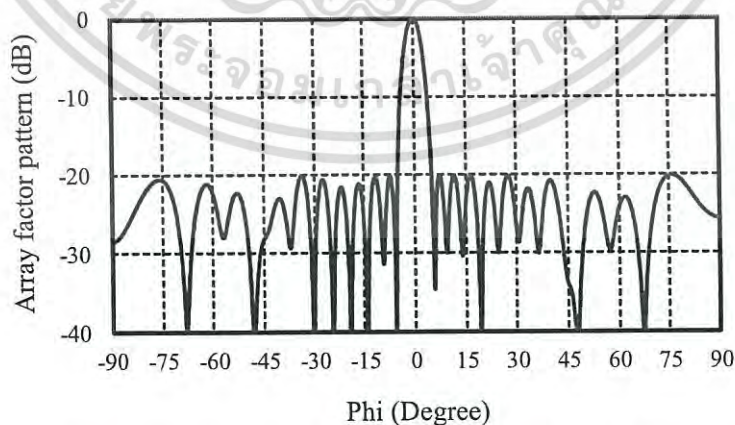
รูปที่ 6.14 กระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับจำนวนการคำนวณฟังก์ชันความเหมาะสมที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเท่ากับ 16 องค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

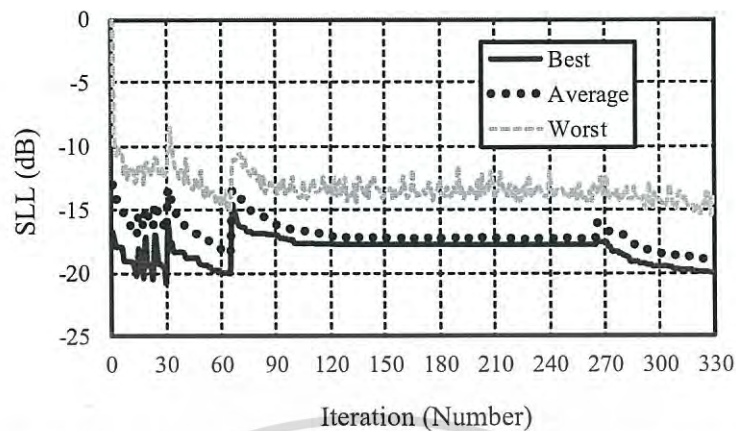
ตารางที่ 6.14 จำนวนการทำซ้ำในแต่ละรอบการทำงานต่อระดับสัญญาณของลำคลื่นด้านข้างสำหรับ  
สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 12 องค์ประกอบ

จำนวนการทำซ้ำ	จำนวนการคำนวณต่อการทำซ้ำ	ระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้าง
1 <sup>st</sup>	14	-20.18 dB
2 <sup>nd</sup>	4	-20.36 dB
3 <sup>rd</sup>	5	-20.41 dB
4 <sup>th</sup>	7	-20.69 dB
5 <sup>th</sup>	35	-20.01 dB
6 <sup>th</sup>	200	-17.76 dB
7 <sup>th</sup>	64	-20.00 dB

แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นกับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยจำนวนองค์ประกอบที่น้อยที่สุด โดยมีจำนวนองค์ประกอบที่ได้จากกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ 16 องค์ประกอบ ด้วยการป้อนสัมประสิทธิ์การกระตุ้นในรูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน แสดงดังรูปที่ 6.15 และผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยแสดงจำนวนของการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันค่าความเหมาะสมที่ถูกออกแบบกรณีนี้คือระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างที่มีค่าเท่ากับ -20 dB กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมีพฤติกรรมที่พยายามค้นหาค่าของฟังก์ชันที่ลู่ออกด้วยการทำซ้ำที่มีจำนวนน้อยที่สุด โดยแสดงในรูปที่ 6.16 ซึ่งผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด แสดงในรูปแบบของผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วย ค่าที่ดีที่สุด ค่าเฉลี่ย และค่าที่แย่ที่สุดของกระบวนการ ตามลำดับ



รูปที่ 6.15 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบแถว  
ลำดับเท่ากับ 16 องค์ประกอบ



รูปที่ 6.16 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในช่วงกว้างลำคลื่นเท่ากับ  $[-5^\circ, 5^\circ]$  และระดับสัญญาณลำคลื่นด้านข้างเท่ากับ  $-20$  dB

ตารางที่ 6.15 สัมประสิทธิ์การกระตุ้นจำนวนเชิงซ้อนและตำแหน่งขององค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 16 องค์ประกอบ

ลำดับ	สัมประสิทธิ์การกระตุ้น	ตำแหน่งองค์ประกอบแถวลำดับเชิง
1	0.1326 - 0.4147i	0
2	0.0846 - 0.3733i	0.7969
3	0.0669 - 0.4033i	1.6654
4	0.0562 - 0.4828i	2.4441
5	0.1297 - 0.4860i	3.1544
6	0.1335 - 0.4680i	3.8785
7	0.1018 - 0.5163i	4.5382
8	0.1578 - 0.4996i	5.1813
9	0.1306 - 0.5036i	5.8391
10	0.1168 - 0.5009i	6.4732
11	0.1416 - 0.4976i	7.1646
12	0.1206 - 0.4801i	7.8052
13	0.0712 - 0.4562i	8.6619
14	0.0508 - 0.4130i	9.3792
15	0.0844 - 0.3891i	10.2841
16	0.1408 - 0.4198i	11.0704

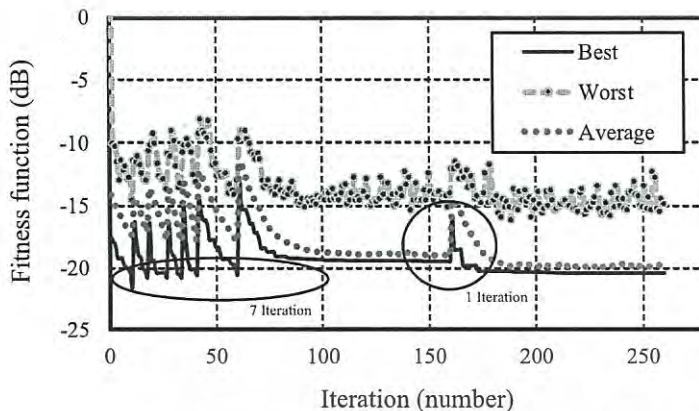
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดทำการสังเคราะห์ระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับและคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่เป็นไปตามตำแหน่งของระยะห่างของโครงสร้างสายอากาศ ผลของกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถหาจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีค่าเท่ากับ 16 องค์ประกอบ ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยที่สุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสามารถหาได้ โดยค่าของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นที่เป็นแบบจำนวนเชิงซ้อนและระยะตำแหน่งขององค์ประกอบแถวลำดับ แสดงในตารางที่ 6.15

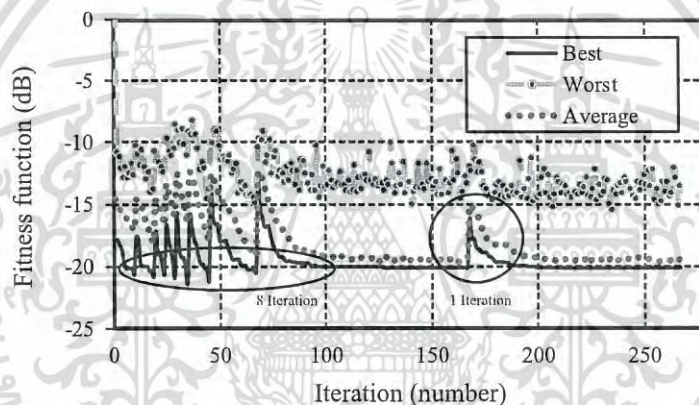
### 6.3 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นกับจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม สำหรับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในส่วนนี้จะทำการกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นของการสังเคราะห์ที่เป็นไปตามกรณีที่สองของการสังเคราะห์สายอากาศด้วยสัมประสิทธิ์จำนวนจริง โดยมีขอบเขตล่าคลื่นหลักอยู่ในช่วง  $[-5^\circ, 5^\circ]$  องศา และระดับสัญญาณล่าคลื่นด้านข้างเท่ากับ  $-20$  dB สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในส่วนนี้ จำทำการกำหนดค่าเริ่มต้นของจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศมีจำนวนที่แตกต่างกัน แต่ใช้โจทย์หรือปัญหาของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเดียวกัน โดยพารามิเตอร์จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับเริ่มต้นค่าเท่ากับ 25, 27, 31 และ 35 ตามลำดับ

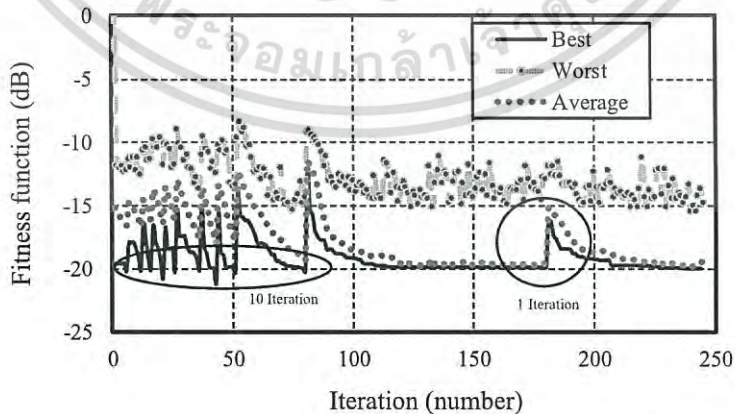
ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนำเสนอในรูปแบบของจำนวนการหาค่าของฟังก์ชันความเหมาะสมด้วยจำนวนการทำซ้ำเพื่อปรับโครงสร้างสายอากาศ โดยผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแสดงในรูปที่ 6.16, 6.17, 6.18 และ 6.19 ซึ่งเป็นไปตามจำนวนของพารามิเตอร์ตั้งต้นสำหรับองค์ประกอบแถวลำดับสายอากาศ โดยในรูปที่ 6.16 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของกระบวนการทำซ้ำซึ่งมีทั้งหมดเท่ากับ 8 การทำซ้ำต่อจำนวนองค์ประกอบเริ่มต้นเท่ากับ 25 องค์ประกอบ ต่อมาในรูปที่ 6.17 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของกระบวนการทำซ้ำซึ่งมีทั้งหมดเท่ากับ 9 การทำซ้ำต่อจำนวนองค์ประกอบเริ่มต้นเท่ากับ 27 องค์ประกอบ อีกทั้งกรณีในรูปที่ 6.18 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของกระบวนการทำซ้ำซึ่งมีทั้งหมดเท่ากับ 11 การทำซ้ำต่อจำนวนองค์ประกอบเริ่มต้นเท่ากับ 31 องค์ประกอบ และในรูปที่ 6.18 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของกระบวนการทำซ้ำซึ่งมีทั้งหมดเท่ากับ 13 การทำซ้ำต่อจำนวนองค์ประกอบเริ่มต้นเท่ากับ 31 องค์ประกอบ ซึ่งทั้ง 4 รูปแบบของพารามิเตอร์ตั้งต้นนั้น กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสามารถคำนวณหาค่าจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีจำนวนน้อยที่สุดเท่ากับ 14 องค์ประกอบแถวลำดับ



รูปที่ 6.16 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับจำนวนพารามิเตอร์ตั้งต้นเท่ากับ 25 องค์ประกอบแถวลำดับ

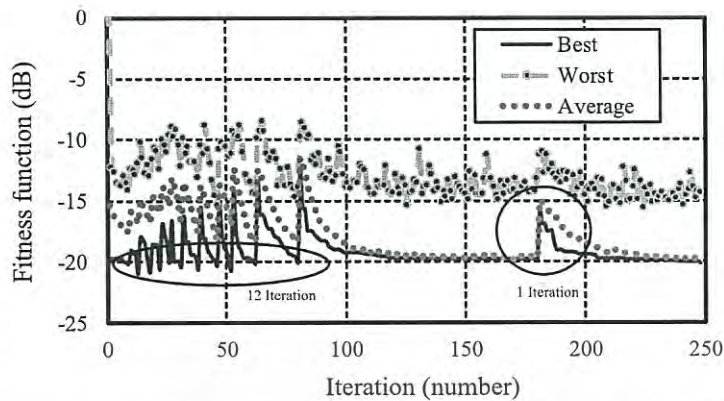


รูปที่ 6.17 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับจำนวนพารามิเตอร์ตั้งต้นเท่ากับ 27 องค์ประกอบแถวลำดับ



รูปที่ 6.18 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับจำนวนพารามิเตอร์ตั้งต้นเท่ากับ 31 องค์ประกอบแถวลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.19 ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับจำนวนพารามิเตอร์ตั้งต้น  
เท่ากับ 35 องค์ประกอบแถวลำดับ

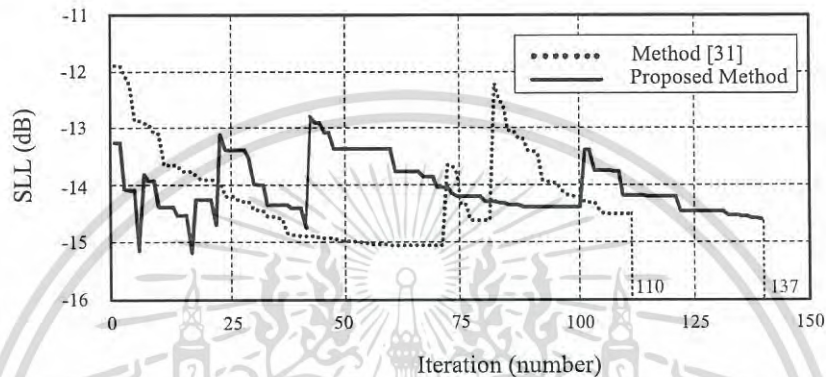
#### 6.4 การเปรียบเทียบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการทำซ้ำด้วย ระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมกับเทคนิคอื่น

การเปรียบเทียบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ระเบียบวิธีที่นำมาเปรียบเทียบนั้นเป็นวิธีการลดจำนวนองค์ประกอบแบบกลุ่ม (Cluster) ด้วยระเบียบวิธีการทำซ้ำ (Iterative method) [31] โดยเงื่อนไขในการเปรียบเทียบคือการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ระดับสัญญาณลาคลื่นด้านข้างน้อยที่สุดที่กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสามารถทำได้ แสดงพารามิเตอร์เงื่อนไขเริ่มต้นดังตารางที่ 6.16

ตารางที่ 6.16 พารามิเตอร์เริ่มต้นในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นสำหรับการ  
เปรียบเทียบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

พารามิเตอร์	ค่าขอบเขตที่กำหนด
จำนวนองค์ประกอบ (No. Elements)	25
ทิศทางของลาคลื่นหลัก ( $ML$ direction : $\theta$ )	$0^{\circ}$ องศา
ช่วงของลาคลื่นหลัก ( $ML$ region : $\theta$ )	$\cos \theta \in [-0.04, 0.04]$
ช่วงของลาคลื่นด้านข้าง ( $SL$ region : $\theta$ )	$\cos \theta \in [-1.0, -0.04] \cup [0.04, -1.0]$
ระดับสัญญาณลาคลื่นด้านข้าง ( $SLL$ )	-14.45dB
จำนวนของการแซมปลิง (Sampling point)	1024

ผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ทำการเปรียบเทียบสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นสำหรับกระบวนการที่นำเสนอ นั้นสามารถคำนวณหาระดับสัญญาณล่าคลื่อนด้านข้างมีค่าเท่ากับ  $-14.51$  dB และระเบียบวิธีที่ [31] สามารถคำนวณได้เท่ากับ  $-14.49$  dB ด้วยจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับมีค่าเท่ากับ 18 และ 19 องค์ประกอบ ตามลำดับ และสรุปตารางของการเปรียบเทียบในเรื่องของการหาจำนวนการทำซ้ำของฟังก์ชัน จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับและสุดท้ายเป็นการคำนวณหาระดับสัญญาณล่าคลื่อนด้านข้าง โดยแสดงดังตารางที่ 6.17



รูปที่ 6.20 เปรียบเทียบผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการทำซ้ำของการลดแบบกลุ่มและกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

ตารางที่ 6.17 เปรียบเทียบผลของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกระบวนการทำซ้ำของการลดแบบกลุ่มและกระบวนการทำซ้ำระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม

จำนวนการทำซ้ำ	จำนวนการคำนวณต่อการทำซ้ำ		จำนวนองค์ประกอบ		ระดับสัญญาณล่าคลื่อนด้านข้างที่น้อยที่สุด	
	วิธีการที่นำเสนอ	วิธีการ [31]	วิธีการที่นำเสนอ	วิธีการ [31]	วิธีการที่นำเสนอ	วิธีการ [31]
1 <sup>st</sup>	6	70	25	25	-13.34 dB	-11.93 dB
2 <sup>nd</sup>	17	80	23	20	-15.15 dB	-15.04 dB
3 <sup>rd</sup>	22	110	21	19	-15.19 dB	-14.49 dB
4 <sup>th</sup>	39	-	19	-	-14.45 dB	-
5 <sup>th</sup>	99	-	17	-	-14.18 dB	-
6 <sup>th</sup>	137	-	18	-	-14.51 dB	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.5 บทสรุป

การจำลองและการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ด้วยวิธีการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งเริ่มด้วยการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น และการหาค่าความแตกต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น สำหรับการประยุกต์ใช้สำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยฟังก์ชันค่าความเหมาะสม ต่อมา เป็นหาค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่เป็นไปตามการออกแบบด้วยการปรับโครงสร้างของแถวลำดับเชิงเส้น และผลจากการจำลองสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นด้วยองค์ประกอบแถวลำดับที่มีค่าน้อยที่สุดของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ด้วยกรณีสัมประสิทธิ์การกระตุ้นแบบจำนวนจริงและจำนวนเชิงซ้อน ผลกระทบของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดกับกรณีที่มีจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีความแตกต่างกันสำหรับโครงสร้าง สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และสุดท้ายก็คือการเปรียบเทียบกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมกับการปรับโครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่ถูกลดจำนวนลง ซึ่งเปรียบเทียบกับกรณีลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีจำนวนมาก และวิธีการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม



## บทที่ 7

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ซึ่งกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนี้ นำมาประยุกต์เพื่อหาลัมประสิทธิภาพกระตุ้นขององค์ประกอบแถวลำดับและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ ด้วยการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ ทำให้เกิดวิธีการทำซ้ำของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เพื่อต้องการออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีองค์ประกอบแถวลำดับที่มีจำนวนที่เหมาะสม ในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น และในทำนองเดียวกันลัมประสิทธิภาพกระตุ้น องค์ประกอบแถวลำดับและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบนั้นจะต้องมีค่าที่เหมาะสมตามมาด้วย ดังนั้นจึงเกิดกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ด้วยเทคนิควิธีการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม โดยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนั้น เป็นกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้แนวคิดเชิงธรรมชาติในการคัดเลือก ดัดแปลง ปรับเปลี่ยน และแก้ไขพารามิเตอร์ของปัญหาให้กับกระบวนการ

#### 7.1 สรุปเนื้อหาโดยรวม

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้อธิบายถึงกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ถูกนำมาใช้ในงานต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น งานด้านวิศวกรรม เป็นต้น อีกทั้งได้อธิบายถึงหลักทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ด้วยเทคนิคและวิธีการต่างๆ การหาค่าที่เหมาะสมในรูปแบบเชิงตัวเลข และกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมเกี่ยวกับกระบวนการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary optimization) ด้วยระเบียบวิธีทางพันธุกรรมซึ่งเป็นกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมในแบบที่ได้คำตอบครอบคลุม (Global solution) อีกทั้งยังนำเสนอในเรื่องของการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

การศึกษาเกี่ยวกับระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมที่ถูกปรับปรุงเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ด้วยเทคนิควิธีการที่เรียกว่า การปรับเปลี่ยนตัวแปรด้วยกระบวนการปฏิบัติกรแบบไขว้หลายตัวแปร และหลายจุดตัดเพื่อสร้างความหลากหลายในกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด อีกทั้งยังมีกระบวนการที่มีการปรับเปลี่ยนตัวแปรที่เป็นแบบกลายพันธุ์ด้วยการปรับขนาดสเกล เพื่อลดความแตกต่างของตัวแปรเมื่อเกิดการลู่เข้าของคำตอบที่ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยอัตโนมัติ

จากนั้นได้นำเสนอเกี่ยวกับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นในรูปแบบของเมตริกซ์ โดยการคำนวณแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นนั้นนำมาสู่การหาค่าที่เรียกว่าความแตกต่างระหว่างแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นอ้างอิงและแบบรูปการแพร่กระจาย

คลื่นที่ออกแบบกำลังสองเพื่อนำไปใช้ในฟังก์ชันค่าความเหมาะสมสำหรับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด และกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น กระบวนการนี้มีจุดประสงค์ คือต้องการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่จำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีค่าน้อยที่สุด ด้วยกระบวนการที่เรียกว่าการทำซ้ำของระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งสามารถหาสัมประสิทธิ์การกระตุ้นขององค์ประกอบแถวลำดับสายอากาศและระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ ในขณะที่มีจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่มีค่าเหมาะสมที่สุด ซึ่งผลของการเปรียบเทียบกับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคแบบอื่นแสดงให้เห็นว่า กระบวนการทำซ้ำของระเบียบวิธีทางพันธุกรรมนั้นสามารถคำนวณหาคุณลักษณะของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นที่มีจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับด้วยค่าที่เหมาะสมนั้นดีกว่ากระบวนการเปรียบเทียบซึ่งใช้วิธีการลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับในวิธีการแบบกลุ่ม

## 7.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น นั้นเป็นเป้าหมายของการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ยังเป็นโครงสร้างที่ง่ายในการออกแบบ (เชิงเส้น) เนื่องจากการปรับโครงสร้างของ สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นนั้นจะมีเพียงระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับเท่านั้นที่ได้รับการปรับเปลี่ยนสำหรับโครงสร้างทางกายภาพ และกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนั้น กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมแบบนี้ยังคงทำงานได้ช้า ควรต้องมียังองค์ประกอบอื่นเพื่อลดการทำงานของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมในระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรมนี้ลง และสำหรับกระบวนการทำซ้ำของระเบียบวิธีทางพันธุกรรมนั้น ข้อดีของกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมแบบนี้คือ การที่สามารถหาค่าองค์ประกอบแถวลำดับได้ละเอียดเนื่องมาจากว่ากระบวนการนั้นลดจำนวนองค์ประกอบแถวลำดับที่ละองค์ประกอบจึงทำให้เกิดการคำนวณต่อรอบที่มากจนเกินไป ถ้าเกิดในกรณีที่โครงสร้างของสายอากาศมีขนาดใหญ่จะทำให้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมแบบนี้มีจำนวนการทำซ้ำมาก จนทำให้เวลาในการทำงานของกระบวนการนั้นมีค่ามากตามไปด้วย

## บรรณานุกรม

- [1] G. J. Burke and A. J. Poggio. Numerical Electromag-netics Code (NEC) Method of Moment, Part I-III. Lawrence Livermore Nat. Lab., Livermore, CA, 1981.
- [2] S. Kawdungta, C. Phongcharoenpanich and D. Torrungrueng, “Novel Design of Double Loop Antennas by Using a Shifted Gate for LF-RFID System,” *Proceedings of the 2008 International Symposium on Antennas and Propagation*, pp.1418-1421, Oct. 2008.
- [3] ปราโมทย์ เตชะอำไพ, ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2538.
- [4] Christian Jacob, *Illustrating Evolutionary Computation with Mathematica*, Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
- [5] N. Damavandi and S. Safavi-Naeini, “A hybrid evolutionary programming method for circuit optimization,” *IEEE Trans Circuits and Systems*, vol. 52, no. 5, pp.902-910, May 2005.
- [6] G. B. Dantzig, Maximization of a linear function subject to linear inequalities, in T. C. Koopmans (ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation*, John Wiley & Sons, New York, 1951, pp. 339–347.
- [7] R. Horst, H. Tuy, *Global Optimization : Deterministic Approaches*, Springer, 1996.
- [8] Kalyanmoy Deb, *Optimization for Engineering Design Algorithms and Examples*, Prentice Hall of India, 1995.
- [9] M. M. Khodier and C. G. Christodoulou, “Linear array geometry synthesis with minimums level and null control using particle swarm optimization,” *IEEE Trans Antennas Propag.*, vol. 53, no. 8, pp.2674-2679, Aug. 2005.
- [10] S. K. Goudos, V. Moysiadou, T. Samaras, K. Siakavara and N. Sahalos, “Application of a comprehensive learning particle swarm optimizer to unequally spaced linear array synthesis with sidelobe level suppression and null control,” *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 9, pp.125-129, 2010.

## บรรณานุกรม(ต่อ)

- [11] J. L. Guo and J. Y. Li, "Pattern Synthesis of Conformal Array Antenna in the Presence of Platform Using Differential Evolution Algorithm," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, VOL. 57, NO. 9, no. 9, pp. 2615-2621, Sept. 2009.
- [12] S. K. Goudos, K. Siakavara, T. Samaras, E. E.Vafiadis and N. Sahalos "Sparse linear array synthesis with multiple constraints using differential evolution with strategy adaptation," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 10, pp.670-673, 2011.
- [13] A. Trucco and V. Murino, "Stochastic optimization of linear sparse arrays," *IEEE J. Oceanic Eng.*, vol. 24, no. 3, pp.291-299, Jul. 1999.
- [14] A. Trucco and F. Repetto, "A stochastic approach to optimizing the aperture and the number of elements of an aperiodic array," in *Proc. OCEANS '96*, vol. 3, pp. 1510-1515, Sept. 1996.
- [15] Z Lin, W Jia, M Yao and L Hao, "Synthesis of sparse linear arrays using vector mapping and simultaneous perturbation stochastic approximation," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 11, pp.220-223, 2012.
- [16] C. A. Meijer, "Simulated annealing in the design of thinned arrays having low sidelobe levels," in *Proc. IEEE South African Symp. Commun.and Signal Processing*, Rondebosch, South Africa, Sep. 1998, pp. 361-366.
- [17] K. F. Man, K. S. Tang, and S. Kwong, *Genetic Algorithms: Concepts and Designs*. London: Springer Verlag, 1999.
- [18] K. K. Yan and Y. Lu, "Sidelobe reduction in array-pattern synthesis using genetic algorithm," *IEEE Trans Antennas Propag.*, vol. 45, pp. 1117-1122, 1997.
- [19] R. L. Haupt, "Thinned arrays using genetic algorithms," *IEEE Trans Antennas Propag.*, vol. 42, no. 7, pp.993-999, Jul. 1994.
- [20] A. Lommi, A. Massa, E. Storti, and A. Trucco, "Sidelobe reduction in sparse linear arrays by genetic algorithms," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 31, no. 3, pp. 194-196, Feb. 2002.

## บรรณานุกรม(ต่อ)

- [21] L. Cen, Z. L. Yu, W. Ser and W. Cen, "Linear aperiodic array synthesis using an improved genetic algorithm," *IEEE Trans Antennas Propag.*, vol. 60, pp.895-902, Feb. 2012.
- [22] โมไน ไกรฤกษ์, วิศวกรรมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, พิมพ์สวย, กรุงเทพฯ, 2544
- [23] C.A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed. New York: Wiley, 2005.
- [24] R. C. Nongpiur and D. J. Shpak, "Synthesis of linear and planar arrays with minimum element selection," *IEEE Trans Signal Process*, vol. 61, no. 4, pp. 5398 - 5410, Oct. 2014.
- [25] Y. Liu, Z.Nie, and Q.H. Liu, "Reducing the number of elements in a linear antenna array by the matrix pencil method," *IEEE Trans Antennas Propag.*, vol. 56, no. 9, pp.2955-2962, Sep. 2008.
- [26] Y. Liu, Q.H. Liu, and Z.Nie, "Reducing the number of elements in the synthesis of shaped-beam patterns by the forward-backward matrix pencil method," *IEEE Trans Antennas Propag.*, vol. 58, no. 2, pp.604-608, Feb. 2010.
- [27] K. F. Man, K. S. Tang and S. Kwong, "Genetic Algorithms : concepts and application," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, Vol. 43, No.5, October 1996, pp.519-534.
- [28] J. J. Grefenstette, "Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms," *IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics*, Vol. 16, No.1, 1986, pp.122-128.
- [29] Yahya Rahmat-Samii, *Electromagnetic Optimization by Genetic Algorithms*, John Wiley&Sons, 1999.
- [30] A. H. Hussein, H. H. Abdullah, A. M. Salem, S. Khamis and M. Nasr, "Optimum design of linear antenna arrays using a hybrid MoM/GA algorithm," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 10, pp.1232-1235, 2011.
- [31] L. Cen, W. Ser, Z. L. Yu, S. Susanto and W. Cen, "Linear sparse array synthesis with minimum number of sensors," *IEEE Trans Antennas Propag.*, vol. 58, no. 3, pp.720-726, Mar. 2010.
- [32] R. F. Harrington, *Field Computation by Moment Methods*. New York: IEEE Press, 1993.

## บรรณานุกรม(ต่อ)

- [33] B. Clerckx, C. Craeye, D. Vanhoenacker, and C. Oestges, "Impact of antenna coupling on  $2 \times 2$  mimo communications," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 56, no. 3, pp. 1009–1018, May 2007.
- [34] I. J. Gupta and A.A. Ksienski, "Effect of mutual coupling on the performance of adaptive arrays," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. AP-31, no. 5, pp. 789–791, Sep. 1983.
- [35] B. P. Kumar and G. R. Branner, "Generalized analytical technique for the synthesis of unequally spaced arrays with linear, planar, cylindrical or spherical geometry," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 53, no. 2, pp. 621–634, Feb. 2005.
- [36] Lewontin R. C., The units of selection. *Annual Review in Ecological Systems* 1:1-18, 1970.
- [37] Wieser, W., Genthorien und systemtheorien: wege und wandlungen der evolutionstheorie im 20. Jahrhundert. In *Die Evolution der Evolutionstheorie: Von Darwin zur DNA*. W. Wieser, ed. Hiedelverg, Germany: Spektrum Akademischer verlag, 15-48, 1994.
- [38] Holland, J. H., *Adaptation in Nature and Artificial Systems*. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- [39] Dixon, L. C. W., and Szego, G. P., *The global optimization problem: an introduction*. Towards global optimization, 2, 1-15, 1978.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### มิวชวลคัปปลิงของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

มิวชวลคัปปลิง (Mutual coupling) เป็นสิ่งที่ปรากฏในองค์ประกอบของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นผ่านการแพร่กระจายระหว่างองค์ประกอบของสายอากาศ เป็นส่วนสำคัญกับผลกระทบในเรื่องของอินพุตอิมพีแดนซ์ของแต่ละองค์ประกอบที่ส่งผลกับเรื่องของอัตราขยายสายอากาศและแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น ในการออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นและการสังเคราะห์นั้นแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นสิ่งที่ซับซ้อนถ้าต้องนำเสนอในเรื่องของการคัปปลิงระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับ ป้อยครั้งเราก็ละเลยสำหรับความสำคัญในเรื่องของการคัปปลิงซึ่งเป็นความสัมพันธ์กับแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น สำหรับการคำนวณในทางคณิตศาสตร์ของผลกระทบมิวชวลคัปปลิง หลายระเบียบวิธีในการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นไม่ได้นำเรื่องของผลกระทบมิวชวลคัปปลิงมาพิจารณาด้วย

ระเบียบที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ในเรื่องของผลกระทบมิวชวลคัปปลิง การหลีกเลี่ยงผลกระทบ ถูกนำมาพิจารณาเพราะว่าเนื่องมาจากข้อจำกัดในเรื่องของระยะห่างระหว่างองค์ประกอบ แถวลำดับที่นำมาพิจารณามีค่ามากกว่า  $0.5\lambda$  สำหรับระยะห่างที่น้อยที่สุดสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น โดยเป็นข้อจำกัดที่ถูกนำมาใช้ใน [35] โดยระยะห่างระหว่างองค์ประกอบแถวลำดับที่ถูกกำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น พารามิเตอร์  $d_n$  ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า  $0.5\lambda$  ( $d_n \geq 0.5\lambda$ ) ที่ตำแหน่งของ  $n = 1, 2, \dots, N-1$  ดังนั้นความสัมพันธ์ของระยะห่างในการสังเคราะห์สายอากาศที่มีโครงสร้างไม่คงที่ (Non-uniform) ที่มีขนาดใหญ่กว่าการสังเคราะห์สายอากาศที่มีโครงสร้างคงที่ (Uniform) สำหรับการพิจารณาถึงโครงสร้างของสายอากาศที่กล่าวมาข้างต้นเป็นสิ่งที่ถูกหยิบยกมาเพื่อการลดผลกระทบที่เกิดจากการคัปปลิงของสายอากาศแถวลำดับเชิง ที่ส่งผลกระทบของระยะห่างระหว่างสายอากาศแถวลำดับ

สำหรับการพิจารณาของโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นในนำมาการประยุกต์ใช้จริงกับผลกระทบของมิวชวลคัปปลิง ระเบียบวิธีการพิจารณาผลกระทบของมิวชวลคัปปลิงแสดงดังสมการต่อไปนี้ โดยที่สมการของแพคเตอร์องค์ประกอบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

$$AF(\theta) = \sum_{n=0}^{N-1} w_n \exp[jkz_n \cos \theta] \quad (ก.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$z_n = \begin{cases} \sum_{i=0}^n d_i & : n \geq 1 \\ 0 & : n = 0 \end{cases} \quad (ก.2)$$

โดย  $N$  คือจำนวนขององค์ประกอบแถวลำดับ  $w$  เป็นสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและ  $k$  คือเลขคลื่นระเบียบวิธีการพิจารณาผลกระทบของมิววลคัปปลิงกับแพคเตอร์องค์ประกอบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นสามารถเขียนได้ดังต่อไปนี้

$$AF(\theta) = W^H S(\theta) \quad (ก.3)$$

โดยที่  $(.)^H$  แสดงถึงกระบวนการทรานสโพสของคอมเพล็กซ์คอนจูเกตเมตริกซ์ เวกเตอร์น้ำหนักของสัมประสิทธิ์การกระตุ้นและเวกเตอร์องค์ประกอบตำแหน่งแถวลำดับพารามิเตอร์มีค่าเท่ากับ

$$W = [w_0, w_1, \dots, w_{N-1}],$$

$$S(\theta) = [1, e^{jkz_1 \cos \theta}, \dots, e^{jkz_{N-1} \cos \theta}] \quad (ก.4)$$

ผลกระทบของมิววลคัปปลิงนั้นเป็นความแตกต่างในแต่ละตำแหน่งขององค์ประกอบแถวลำดับเชิงเส้น ในการพิจารณานั้นจะใช้ระเบียบวิธีการสะท้อนกลับน้อยสุดของสายอากาศ (Minimum-scattering antennas) โดยผลกระทบของมิววลคัปปลิงสามารถหาค่าผ่านทางกระบวนการของเมตริกซ์คัปปลิง [33] ดังนั้นสิ่งที่ปรากฏกับผลกระทบของมิววลคัปปลิงของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น  $\bar{S}(\theta)$  ซึ่งเป็นการคูณกันระหว่างมิววลคัปปลิงเมตริกซ์กับเวกเตอร์องค์ประกอบตำแหน่งแถวลำดับพารามิเตอร์  $S(\theta)$  [34] สามารถเขียนผลกระทบของมิววลคัปปลิงของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นดังนี้

$$\bar{S}(\theta) = C(Z)S(\theta) \quad (ก.5)$$

โดยที่  $C(Z)$  เป็นเมตริกซ์ฟังก์ชันของตำแหน่งในแต่ละองค์ประกอบสายอากาศและส่วนประกอบของฟังก์ชัน ( $Z$ ) แสดงดังนี้

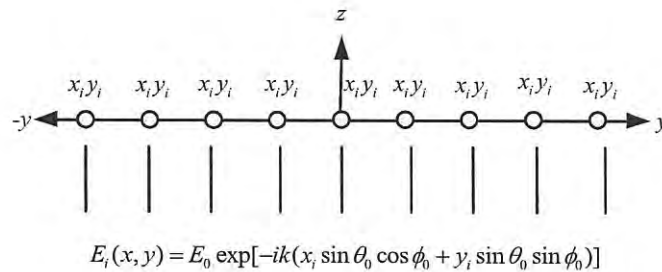
$$Z = [z_0, z_1, \dots, z_{N-1}] \quad (ก.6)$$

ดังนั้นเราสามารถทำการดัดแปลงแพคเตอร์องค์ประกอบแถวลำดับจากสมการที่ ก.1 กับผลกระทบของมิววลคัปปลิงแสดงดังนี้[21][32]

$$AF(\theta) = W^H C(Z)S(\theta). \quad (ก.7)$$

แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น โดยโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นถูกวางอยู่ในระนาบ  $xy$  กับการสะท้อนของคลื่นดังแสดงรูปที่ ก.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



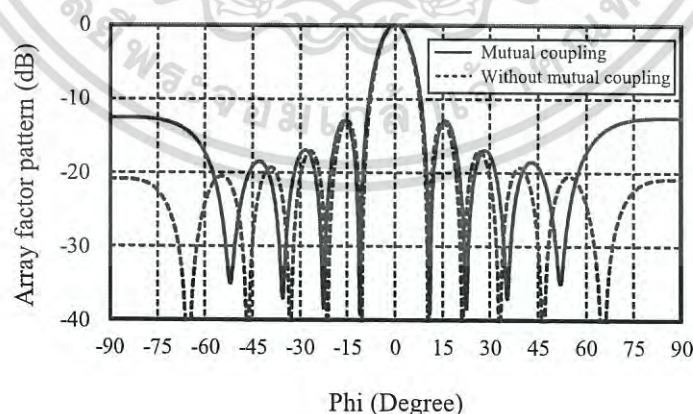
รูปที่ ก.1 โครงสร้างสายอากาศกับสนามไฟฟ้าตกกระทบ

การจำลองผลของการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น เปรียบเทียบผลของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของผลกระทบมีขวลคัปปลิ่ง การกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแสดงดังตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 พารามิเตอร์เริ่มต้นกับการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

พารามิเตอร์	ค่าเริ่มต้น
จำนวนองค์ประกอบ ( $N$ )	10
แอมพลิจูด ( $a_n$ )	1.0
ระยะห่างองค์ประกอบ ( $d_n$ )	0.5
มุมตกกระทบ ( $[\theta_0, \phi_0]$ )	$[90^\circ, 0]$

การเปรียบเทียบผลของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นจากการสังเคราะห์สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นแสดงดังรูปที่ ก.2 สำหรับผลกระทบของมีขวลคัปปลิ่งขององค์ประกอบแถวลำดับ



รูปที่ ก.2 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายสรายูท ทดนาที  
วัน เดือน ปีเกิด 15 กันยายน 2526  
ที่อยู่ 39 หมู่ 2 บ้านโนนศรี ตำบลโนนภิบาล อำเภอแกดำ จังหวัดมหาสารคาม  
ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2550 สำเร็จการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
พ.ศ. 2552 สำเร็จการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

- [1] Sarayoot Todnatee and Chuwong Phongcharoenpanich, "Performance Enhancement of Single Loop Antenna with Arbitrary Structure using Evolution Strategies Optimization for LF-RFID Applications," *International Symposium on Technology for Sustainability*, Bangkok, Thailand, Jan 2011.
- [2] Sarayoot Todnatee and Chuwong Phongcharoenpanich, "Element Reducing with Non-Uniform Linear Array Antenna by using Improved Genetic Algorithms," *International Symposium on Technology for Sustainability*, Bangkok, Thailand, December 2012.
- [3] Sarayoot Todnatee and Chuwong Phongcharoenpanich, "A Hybrid Evolutionary Algorithm by combination of GA and ES for LF-RFID Applications," *International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology*, Bangkok, Thailand, November 2012.
- [4] Sarayoot Todnatee and Chuwong Phongcharoenpanich, "Iterative GA Optimization Scheme for Synthesis of Radiation Pattern of Linear Array Antenna," *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2016, Article ID 7087298, 8 pages, 2016.