

การลดระดับลำคลื่นย่อยด้านข้างสำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น โดยระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก

Side Lobe Level Reduction for Linear Array Antenna

Using CFOA Method

ณัฐเศรษฐ์ หมวดทองอ่อน

แขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทคัดย่อ

การลดระดับลำคลื่นย่อยด้านข้างสำหรับสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นในช่องว่างอิสระ โดยใช้ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้ ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก ถูกนำมาใช้ในการกำหนดพารามิเตอร์แอมพลิจูดของสายอากาศแถวลำดับ เพื่อให้ได้มาซึ่งระดับลำคลื่นย่อยด้านข้างต่ำที่สุด เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ ผลการคำนวณเชิงเลขของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก จะถูกนำมาพิจารณาพร้อมกับผลการคำนวณเชิงเลขของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch จากผลการคำนวณเชิงเลขแสดงให้เห็นว่าระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบและค้นหาคำตอบ ที่มีความแม่นยำกว่าระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch

คำสำคัญ: สายอากาศแถวลำดับ, ลำดับเคโอดิก, ระดับลำคลื่นย่อยด้านข้าง, ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่

Abstract

The side lobe level reduction for linear antenna array in free space using a chaotic sequence enhanced FOA method (CFOA) is presented in this paper. The method is used to determine an optimum set of amplitude parameters of the array antenna that provide a radiation pattern with minimize side lobe level reduction. To show the versatility of the presented method, the numerical result of the CFOA is validated by comparing with results obtained using the FOA method, and the GA/Fminsearch method. The numerical results demonstrate that the CFOA is superior to the FOA method, and the GA/Fminsearch method in terms of convergence and accuracy ability of the results.

Keywords: Array Antenna, Chaotic Sequence, Side Lobe Level, Fruit Fly Optimization Algorithm

1. บทนำ

คุณลักษณะพื้นฐานที่สำคัญของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ ที่มีความเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับการสื่อสารไร้สายในปัจจุบัน คือ มีอัตราขยายสูง ค่าสภาพจะจกทิศทางสูง และระดับลำคลื่นย่อ ด้านข้างต่ำ โดยปกติแล้วแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นขององค์ประกอบเดี่ยว มีคุณลักษณะที่ไม่เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งาน [1] ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับ จึงมีความเหมาะสมกับการนำมาพิจารณา

การสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับ เพื่อให้ได้มาซึ่งระดับลำคลื่นย่อ ด้านข้างต่ำสุดนั้น สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การควบคุมพารามิเตอร์แอมพลิจูดของสายอากาศแถวลำดับ การควบคุมพารามิเตอร์เฟสของสายอากาศแถวลำดับ การควบคุมพารามิเตอร์ระยะห่างระหว่างองค์ประกอบของสายอากาศแถวลำดับ และการควบคุมทั้งพารามิเตอร์แอมพลิจูดและเฟสของสายอากาศแถวลำดับ [2-4]

เนื่องจากปัญหาทางด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับนั้น เป็นปัญหาทางไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน และมีคำตอบที่ยุ่งยากอยู่อย่างมากมาย ดังนั้นวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมรูปแบบใหม่ จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เช่น ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับคอนเวกต์ การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของการแพร่กระจายของวัชพืช การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคแบบควอนตัม การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกระจายตัวของสิ่งมีชีวิตตามภูมิศาสตร์ และอื่น ๆ เป็นต้น [5-9]

เมื่อไม่นานมานี้หนึ่งในวิธีการที่ถูกนำเสนอกับการแก้ไข ปัญหาการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น คือ ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก [10] โดยวิธีการดังกล่าวได้นำลำดับเคโอดิกเข้ามาประยุกต์ใช้งาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ ซึ่งวิธีการที่นำเสนอ นั้น เป็นวิธีการที่น่าสนใจและมีประสิทธิภาพกับการนำมาใช้งานร่วมกับการแก้ไข ปัญหาทางไฟฟ้าขนาดใหญ่ของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นในช่องว่างอิสระ

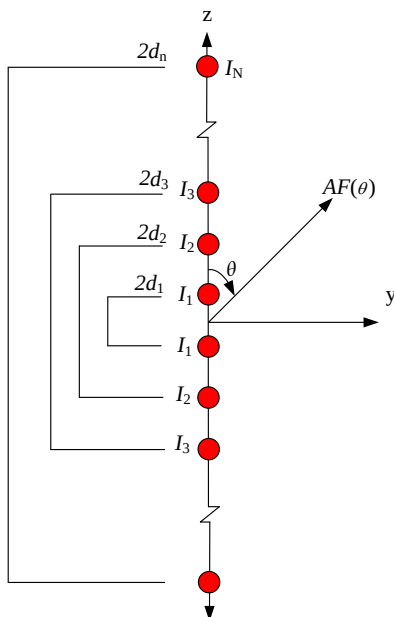
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก เข้ามาประยุกต์ใช้งานร่วมกับการแก้ไข ปัญหาการสังเคราะห์แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น โดยจะนำวิธีการดังกล่าวมาทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์แอมพลิจูดของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ที่มีผลทำให้แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ มีระดับลำคลื่นย่อ ด้านข้างต่ำที่สุด สำหรับปัญหาการออกแบบที่ถูกพิจารณานั้น จะทำการออกแบบโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ที่มีจำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 20 และ 40 องค์ประกอบ และจะทำการกำหนดเงื่อนไขการออกแบบของระดับลำคลื่นย่อ ด้านข้าง ให้มีค่าต่ำกว่า 20 และ 30 เดซิเบล ตามลำดับ โดยผลการคำนวณเชิงเลขของวิธีการที่นำเสนอ นั้น จะถูกนำมาพิจารณา ร่วมกับระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิมและระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch สำหรับส่วนอื่น ๆ ของงานวิจัย จะประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ส่วนที่ 2 การออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ส่วนที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก ส่วนที่ 4 ผลลัพธ์ของการคำนวณเชิงเลข และส่วนที่ 5 บทสรุปของงานวิจัย

2. การออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น

2.1 ตัวประกอบแถวลำดับเชิงเส้น

กำหนดให้ สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นขององค์ประกอบแบบไอโซทรอปิก ถูกวางอย่างสมมาตรสองข้างของจุดกำเนิดตามแนวแกน Z และระยะห่างระหว่างองค์ประกอบมีระยะที่เท่ากัน เมื่อจำนวนขององค์ประกอบเป็นจำนวนคู่ ตัวประกอบแถวลำดับ [11] สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (1) และ โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นขององค์ประกอบแบบไอโซทรอปิก เมื่อจำนวนองค์ประกอบเป็นจำนวนคู่ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 ตามลำดับ

$$AF_{2N}(\theta) = \sum_{n=1}^N I_n \cos \left[(2n-1) \frac{\pi d_n}{\lambda} \cos \theta \right] \quad (1)$$



รูปที่ 1 สายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นขององค์ประกอบแบบไอโซทรอปิก เมื่อจำนวนองค์ประกอบเป็นจำนวนคู่

เมื่อ I_n คือ สัมประสิทธิ์การกระตุ้นขนาดของกระแส $2N$ คือ จำนวนคู่ขององค์ประกอบ d คือ ระยะห่างระหว่าง

องค์ประกอบ λ คือ ความยาวคลื่น และ θ คือ มุมระหว่างทิศทางสนามไปยังแนวแกน Z

2.2 ระดับลาคลื่นย้อยด้านข้าง

การศึกษาถึงสมรรถนะของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิคร่วมกับการแก้ไขปัญหาด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า นั้น จะเป็นการพิจารณาโครงสร้างของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นแบบด้านข้างร่วมกับระดับลาคลื่นย้อยด้านข้างต่ำที่สุด [11]

ดังนั้นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นแบบด้านข้าง สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2)

$$Sidelobe \ level \ (SLL) = 20 \log \frac{\max |AF(\theta)|}{|AF(\theta_{\max})|} \quad (2)$$

3. ขั้นตอนการทำงานของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบ

แมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิ

หัวข้อนี้จะนำเสนอขั้นตอนการทำงานของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิกับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดวัตถุประสงค์เดียว โดยขั้นตอนการทำงานของวิธีการที่นำเสนอ นั้น สามารถอธิบายได้ดังนี้ [10]

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระเบียบวิธี ขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิ เช่น จำนวนรอบของการทำซ้ำมากที่สุด ($K_{\max}$) พารามิเตอร์ขอบเขตการค้นหาคำตอบในบริเวณกว้าง (K_1) พารามิเตอร์ขอบเขตการค้นหาคำตอบในบริเวณแคบ และขนาดของกลุ่มประชากร ($SIZE_{pop}$)

ขั้นตอนที่ 2 ทำการสุ่มเลือกทิศทางและตำแหน่งของแมลงหวี่สำหรับการค้นหาอาหาร

ขั้นตอนที่ 3 ทำการคำนวณค่าระยะทางของแมลงหวี่จากจุดกำเนิดและคำนวณค่าความหนาแน่นของกลิ่น

ขั้นตอนที่ 4 ทำการแทนค่าความหนาแน่นของกลิ่นลงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 5 ทำการค้นหาค่าตำแหน่งของแมลงหวี่ที่มีค่าความหนาแน่นของกลิ่นมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 ทำการค้นหาค่าตำแหน่งของแมลงหวี่ด้วยการค้นหาคำตอบในบริเวณแคบ

ขั้นตอนที่ 7 ทำการเก็บค่าความหนาแน่นของกลิ่นและตำแหน่งของแมลงหวี่ที่ดีที่สุดไว้

ขั้นตอนที่ 8 เข้าสู่กระบวนการทำซ้ำ ในขั้นตอนที่ 2-7 ในกรณีที่ความหนาแน่นของกลิ่นเป็นค่าที่น้อยกว่าในรอบก่อนหน้านี้ กระบวนการทำซ้ำจะหยุดลง

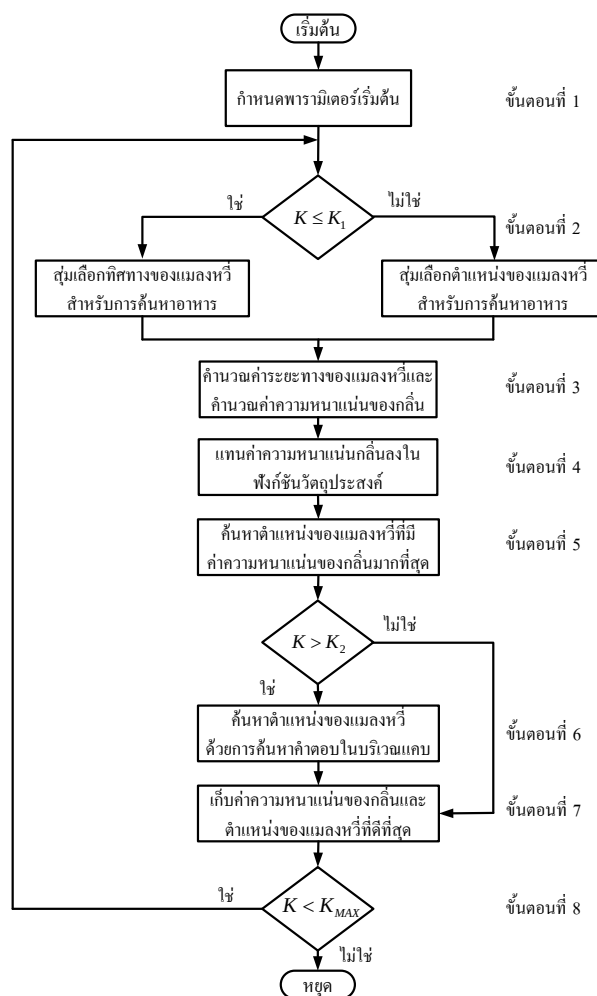
สำหรับโพลชาร์ตการทำงานของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2

4. ผลลัพธ์ของการคำนวณเชิงเลข

เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอกับการประยุกต์ใช้งานร่วมกับการออกแบบสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นในช่องว่างอิสระ ปัญหาการออกแบบของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นในช่องว่างอิสระ จะมีจำนวนองค์ประกอบเท่ากับ 20 และ 40 องค์ประกอบ โดยทำการออกแบบร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์แอมพลิจูด ที่มีผลทำให้ระดับค่าคลื่นย้อนด้านข้างต่ำกว่า 20 และ 30 เดซิเบล ตามลำดับ ปัญหาการออกแบบทั้ง 2 กรณี จะทำการกำหนดระยะห่างระหว่างองค์ประกอบ ให้มีค่าเท่ากับ $\lambda/2$ และจะทำการทดสอบซ้ำเป็นจำนวน 50 ครั้ง แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้น ระยะเวลาในการคำนวณ และคุณลักษณะอื่น ๆ ที่ได้จากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูก

ปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก จะถูกนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิมและระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน

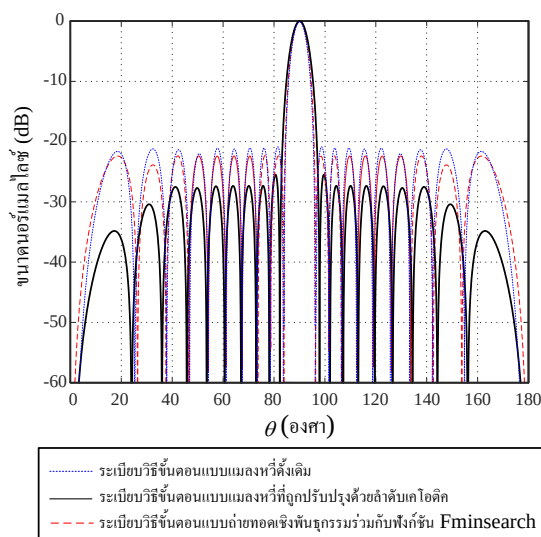
Fminsearch



รูปที่ 2 โพลชาร์ตการทำงานของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก

รูปที่ 3 แสดงแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นจำนวน 20 องค์ประกอบ ซึ่งจากรูปแสดงให้เห็นว่า ระดับค่าคลื่นย้อนด้านข้างของทั้ง 3 วิธีการมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน กล่าวคือ ระดับค่าคลื่นย้อนด้านข้างของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก มีค่าต่ำกว่าเงื่อนไขประมาณ 5 เดซิเบล

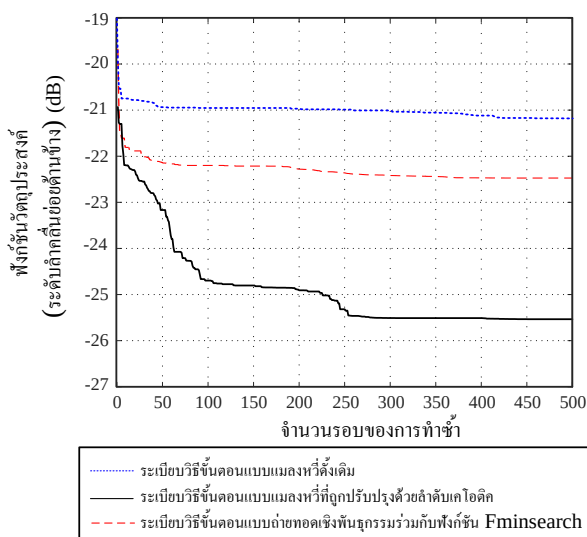
ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch มีค่าต่ำกว่าเงื่อนไขประมาณ 3 เดซิเบล และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม มีค่าต่ำกว่าเงื่อนไขประมาณ 1 เดซิเบล ตามลำดับ



รูปที่ 3 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ แฉวลำดับเชิงเส้นจำนวน 20 องค์ประกอบ ด้วยระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch

สำหรับผลลัพธ์ของการเข้าสู่ของคำตอบของสายอากาศ แฉวลำดับเชิงเส้นจำนวน 20 องค์ประกอบ ที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบของทั้ง 3 วิธีการ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4 จากรูปแสดงให้เห็นว่า การเข้าสู่ของคำตอบด้วยระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก เกิดการเข้าสู่ของคำตอบตั้งแต่รอบการทำงานที่ 250 จนกระทั่งเกิดการเข้าสู่ของคำตอบที่เหมาะสม ขณะที่การเข้าสู่ของคำตอบด้วยระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม เกิดการเข้าสู่ของคำตอบก่อนกำหนด จึงส่งผลให้ได้มาซึ่งคำตอบแบบท้องถิ่น และการเข้าสู่ของคำตอบด้วยระเบียบวิธีขั้นตอน

แบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่รอบการทำงานที่ 50 แต่เมื่อครบจำนวนรอบของการทำซ้ำ ค่าคำตอบที่ได้ไม่ใช่ค่าคำตอบที่ดีที่สุด



รูปที่ 4 การเข้าสู่ของคำตอบของสายอากาศแฉวลำดับเชิงเส้นจำนวน 20 องค์ประกอบ ด้วยระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch

สำหรับค่าพารามิเตอร์และคุณลักษณะของสายอากาศที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบสายอากาศแฉวลำดับเชิงเส้นจำนวน 20 องค์ประกอบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

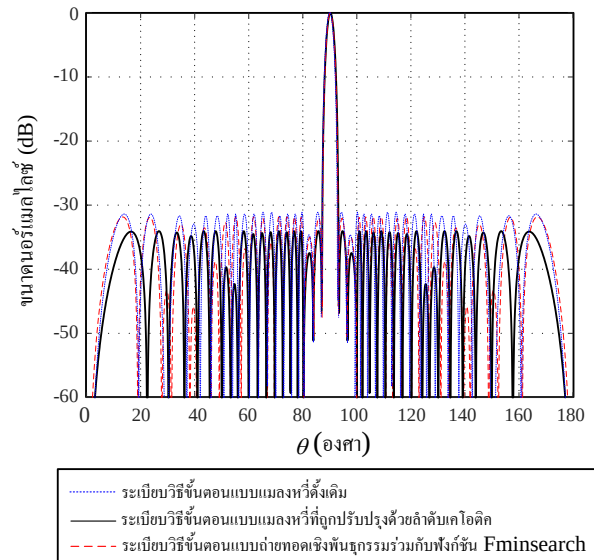
ปัญหาการออกแบบที่สอง คือ การออกแบบสายอากาศแฉวลำดับเชิงเส้นในช่องว่างอิสระจำนวน 40 องค์ประกอบ ซึ่งผลลัพธ์ของแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิกร่วมกับระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch สามารถแสดงได้ดัง

รูปที่ 5 จากรูปจะเห็นได้ว่า ระดับลำคลื่นย่อยด้านข้างของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอติก ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบตารางที่ 1 พารามิเตอร์และคุณลักษณะที่เหมาะสมของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นจำนวน 20 องค์ประกอบ โดยใช้ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอติก และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch

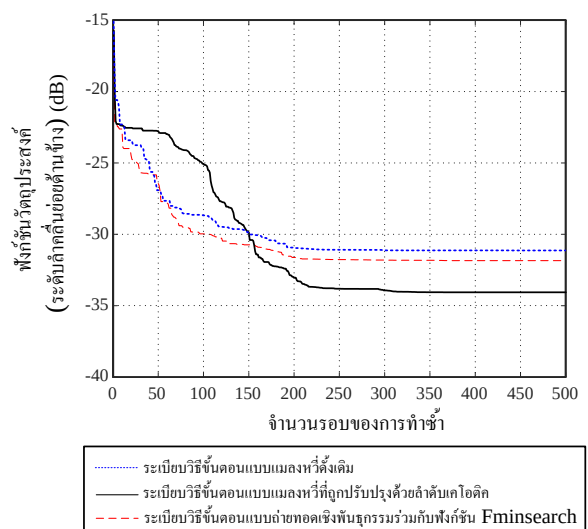
Parameters	FOA	CFOA	GA/Fminsearch
I_1, I_2	0.7347, 0.5612	0.2900, 0.2900	0.9126, 0.5676
I_3, I_4	0.5867, 0.7683	0.3000, 0.4306	0.6936, 0.8003
I_5, I_6	0.7895, 0.9344	0.4798, 0.5710	0.8814, 0.9371
I_7, I_8	0.9128, 0.9957	0.6281, 0.6756	0.9688, 0.9824
I_9, I_{10}	0.9932, 1	0.7170, 0.7293	0.9862, 0.9867
SLL (dB)	-21.2674	-25.4778	-22.3829
HPBW (deg)	5.3586	6.0624	5.5260
Mean	-21.2243	-25.4778	-22.3829
SD	0.0863	0.0027	0.0038
Time (sec)	257.7554	253.9455	265.5105

แมลงหวี่ดั้งเดิม มีค่าต่ำกว่าเงื่อนไขการออกแบบประมาณ 4 เดซิเบล 2 เดซิเบล และ 1 เดซิเบล ตามลำดับ สำหรับผลลัพธ์ของการเข้าสู่ของคำตอบ จะเห็นได้ว่าการเข้าสู่ของคำตอบของวิธีการที่นำเสนอ มีความแม่นยำกว่าวิธีการอื่น ๆ ที่นำมาพิจารณาเปรียบเทียบ กล่าวคือ การเข้าสู่ของคำตอบของวิธีการที่นำเสนอ จะเกิดขึ้นตั้งแต่รอบการทำงานที่ 210 ถึง 290 จากนั้นการเข้าสู่ของคำตอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกิดการเข้าสู่ของคำตอบที่เหมาะสม ซึ่งระดับลำคลื่นย่อยด้านข้างที่ได้จากการคำนวณ มีค่าเท่ากับ -34.0625 เดซิเบล สำหรับการเข้าสู่ของคำตอบของระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม จะเกิดขึ้นตั้งแต่รอบการทำงานที่ 220 จนกระทั่งครบจำนวนรอบของการทำซ้ำ ซึ่งระดับลำคลื่น

ย่อยด้านข้างที่ได้จากการคำนวณ มีค่าเท่ากับ -31.0042 เดซิเบล และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch การเข้าสู่ของคำตอบจะเกิดขึ้นตั้งแต่รอบการทำงานที่ 200 จนกระทั่งครบจำนวนรอบของการทำซ้ำ ซึ่ง



รูปที่ 5 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแถวลำดับเชิงเส้นจำนวน 40 องค์ประกอบ ด้วยระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอติก และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch



รูปที่ 6 การรู้เข้าของคำตอบของสายอากาศแฉวลำดับเชิงเส้นจำนวน 40 องค์ประกอบ ด้วยระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอติก และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch

ระดับลาคี่นย้อยด้นข้งที่ไ้จากการคำนวณ มีค่าเท่ากับ -31.8447 เดซิเบล

ค่าพารามิเตอร์และคุณลักษณะของสายอากาศที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบสายอากาศแฉวลำดับเชิงเส้นจำนวน 40 องค์ประกอบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์และคุณลักษณะที่เหมาะสมของสายอากาศแฉวลำดับเชิงเส้นจำนวน 40 องค์ประกอบ โดยใช้ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอติก และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch

Parameters	FOA	CFOA	GA/Fminsearch
I_1, I_2	0.2900, 0.2900	0.2900, 0.4077	0.2900, 0.2900
I_3, I_4	0.3551, 0.4038	0.3809, 0.5870	0.3592, 0.4063
I_5, I_6	0.4549, 0.5337	0.5572, 0.7587	0.5121, 0.5131
I_7, I_8	0.5807, 0.5289	0.7396, 0.7859	0.5657, 0.5601
I_9, I_{10}	0.5881, 0.5554	0.7775, 0.8130	0.5607, 0.5295
I_{11}, I_{12}	0.5376, 0.5020	0.7316, 0.7318	0.5183, 0.4628
I_{13}, I_{14}	0.5120, 0.5018	0.7231, 0.6983	0.4336, 0.4383
I_{15}, I_{16}	0.4576, 0.5285	0.6826, 0.7124	0.4576, 0.4493
I_{17}, I_{18}	0.4948, 0.5293	0.7231, 0.7355	0.4261, 0.5105
I_{19}, I_{20}	0.5282, 0.5452	0.7503, 0.7689	0.4713, 0.5159
SLL (dB)	-31.0042	-34.0625	-31.8447
HPBW (deg)	2.6359	2.7552	2.6932
Mean	-30.0941	-34.0625	-31.8447
SD	0.0921	0.0015	0.0028
Time (sec)	428.4569	422.6036	509.5089

5. บทสรุป

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์แอมพลิจูดของสายอากาศแฉวลำดับเชิงเส้นในช่องว่างอิสระ เพื่อให้ได้มาซึ่งระดับลาคี่นย้อยด้นข้งต่ำที่สุด โดยใช้ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอติก ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้ เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ ตัวอย่างปัญหาการออกแบบของสายอากาศแฉวลำดับเชิงเส้นจำนวน 20 และ 40 องค์ประกอบ คือ สิ่งที่ถูกพิจารณา ผลการคำนวณเชิงเลขแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอติก สามารถค้นหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิมและระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch โดยเมื่อจำนวนองค์ประกอบของสายอากาศแฉวลำดับเชิงเส้นมีจำนวนเท่ากับ 20 องค์ประกอบ ระดับลาคี่นย้อยด้นข้งที่ไ้จากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอติก ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม มีค่าเท่ากับ -25.4778 เดซิเบล -22.3829 เดซิเบล และ -21.2674 เดซิเบล ตามลำดับ และเมื่อจำนวนองค์ประกอบของสายอากาศแฉวลำดับเชิงเส้น มีจำนวนเท่ากับ 40 องค์ประกอบ ระดับลาคี่นย้อยด้นข้งที่ไ้จากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอติก ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับฟังก์ชัน Fminsearch และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม มีค่าเท่ากับ -34.0625 เดซิเบล -31.8447 เดซิเบล และ -31.0042 เดซิเบล ตามลำดับ โดยระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณของวิธีการที่นำเสนอ จะใช้เวลาในการคำนวณที่น้อยกว่าระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ดั้งเดิม และระเบียบวิธีขั้นตอนแบบถ่ายทอดเชิงพันธุกรรมร่วมกับ

ฟังก์ชัน Fminsearch ในทุกปัญหาการออกแบบ ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า ระเบียบวิธีขั้นตอนแบบแมลงหวี่ที่ถูกปรับปรุงด้วยลำดับเคโอดิก เป็นวิธีการหนึ่งที่มีความน่าสนใจและมีประสิทธิภาพกับการนำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับการแก้ไขปัญหาด้านไฟฟ้าขนาดใหญ่ของสายอากาศแฉลวดลำดับเชิงเส้นในช่องว่างอิสระ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Mhudgetong, C. Phongcharoenpanich, and S. Kawdugta, "Modified Fruit Fly Optimization Algorithm for Analysis of Large Antenna Array," *International Journal of Antennas and Propagation*, pp. 1-11, 2015.
- [2] M. A. Almagboul, F. Shu, Y. Qian, X. Zhou, J. Wang, and J. Hu, "Atom search optimization algorithm based hybride antenna array receive beamforming to control sidelobe level and steering the null," *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, pp. 1-15, 2019.
- [3] K. P. Sankar, T. S. Kiong, and J. K. S. Paw, "Optimization of array pattern for efficient control of adaptive nulling and side lobe level," *2015 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNESTAT)*, pp. 16-21, 2015.
- [4] S. U. Rahman, Q. CAO, M. M. Ahmed, and H. Khalil, "Analysis of Linear Antenna Array for minimum Side Lobe Level, Half Power Beamwidth, and Nulls control using PSO," *Journal of Microwave, Optoelectronic and Electromagnetic Applications*, vol. 16, pp. 577-591, 2017.
- [5] Y. Fu, Z. G. Guo, H. Wang, Y. Gui, and G. M. Yang, "Optimization of planar thinned antenna array based on genetic and convex hybrid algorithm," *2016 Progress in Electromagnetic Research Symposium (PIERS)*, pp. 1298-1303, 2016.
- [6] G. Son, Y. Liu, H. Li, S. Liang, A. Wang, and B. Li, "An antenna array sidelobe level reduction approach through invasive weed optimization," *International Journal of Antennas and Propagation*, pp. 1-16, 2018.
- [7] R. Muralidharan, A. Vallavaraj, G. K. Mahanti, and H. Patidar, "QPSO for failure correction of linear array of mutually coupled parallel dipole antennas with desired side lobe level and return loss," *Journal of King Saud University Engineering Sciences*, vol. 29, pp. 112-117, 2017.
- [8] L. Han, L. Yanheng, S. Geng, W. Aimin, and L. Shuang, "Beam pattern synthesis based on improved biogeography-based optimization for reducing sidelobe level," *Computers & Electrical Engineering*, vol. 60, pp. 161-174, 2017.
- [9] P. Saxena and A. Kothari, "Optimal Pattern Synthesis of Linear Antenna Array Using Grey Wolf Optimization Algorithm," *International Journal of Antennas and Propagation*, pp. 1-11, 2016.
- [10] N. Mhudgetong, "Linear Array Pattern Synthesis Using Chaotic Sequence Enhanced FOA Method," *Ladkrabang Engineering Journal*, vol. 35, pp. 47-54, 2018.
- [11] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, John Wiley and Son, Hoboken, New Jersey, USA, 4th editions, 2016.