การศึกษาประสิทธิภาพของตำแหน่งที่เหมาะสมของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

The Study on Efficiency of Suitable Position of Wireless Access Points in Faculty of Engineering Ubon Ratchathani University

สุรศักดิ์ ศรีวิเศษ[1*], จิราภร ภูมี[2], บวรศักดิ์ หลักบุญ[2] และ อธิพงศ์ สุริยา[2]
Surasak Sriwiset[1*], Jiraphorn Phumee[2], Bowornsak Lakboon[2] and Atipong Suriya[2*]

[1]สำนักคอมพิวเตอร์และเครือข่าย มหาวิทยาลัยวิทยาลัยอุบลราชธานี
[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวิทยาลัยอุบลราชธานี
[1]Office of Computer and Networking, Ubon Ratchathani University
[2]Department of Electrical and Electronics Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University
[*]E-mail: surasak.s@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษา และหาตำแหน่งที่เหมาะสมของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายจุดประสงค์หลักเพื่อการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดของฟังก์ชันที่มีวัตถุประสงค์หลายอย่าง ได้แก่ การเพิ่มความครอบคลุมของพื้นที่ให้บริการ การลดการรบกวนกันของสัญญาณในพื้นที่ทับซ้อนกัน และการปรับความสมดุลโหลดของอุปกรณ์กระจายสัญญาณแต่ละตัว โดยสามารถแสดงตำแหน่งที่เหมาะสมในการวางจุดกระจายสัญญาณไร้สายการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB ซึ่งคำตอบที่ได้จากวิธีเชิงพันธุกรรมถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงตำแหน่งการวางอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลการทดลองวัดคุณภาพสัญญาณก่อนและหลังการปรับปรุงพัฒนา ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของความแรงของสัญญาณที่ได้รับโดยภาพรวมดีขึ้น 13 dB หรือ 19.95 เท่า

คำสำคัญ: ตำแหน่งที่เหมาะสม อุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย วิธีเชิงพันธุกรรม

Abstract

This paper presents a study for finding the suitable location of the wireless access points. The goal is to solve the optimization problem based on a multi-objective function including maximizing the signal coverage, minimizing the signal interference in overlapping areas and maximizing the load balance of each wireless access point. The system is also able to show the appropriate placement location of wireless access points. The Genetic Algorithm (GA) was developed using the MATLAB computer programming. The result obtained by using GA was then applied to place the wireless access points. In addition, the comparison of the total signal quality before and after the development was performed. The results showed that the average received signal strength value has been improved by 13 dB or 19.95 times better than before the development.

Keywords: Optimal Location, Wireless Access Point, Genetic Algorithm (GA)

บทนำ

อินเทอร์เน็ตมีบทบาทสำคัญอย่างมากในการใช้ชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน การใช้งานอินเทอร์เน็ตมีทั้งในรูปแบบใช้สายหรือแลน (Wired internet or LAN) และรูปแบบไร้สาย (Wireless LAN of Wi-Fi) ซึ่งเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายได้ถูกพัฒนาขึ้นเป็นทางเลือกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การสื่อสารไร้สายความเร็วสูงที่ครอบคลุมพื้นที่มากยิ่งขึ้น ผู้ใช้งานจึงมีความต้องการที่จะใช้เครือข่ายไร้สายมากขึ้น เนื่องจากมีความสะดวกในการเชื่อมต่อ หากระบบเครือข่ายไร้สายไม่สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้ได้มากตามที่ต้องการ จึงทำให้เกิดปัญหาระบบเครือข่ายช้า (กิตติพงศ์, 2554) การวางจุดเชื่อมต่อที่ไม่เหมาะสมเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในประสิทธิภาพการทำงาน อาจส่งผลให้เกิดปัญหา อัตราข้อมูลต่ำ สัญญาณขาดหาย การครอบคลุมการโรมมิ่งที่ไม่ดี และแม้กระทั่งการใช้อุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย (Wireless Access Point: AP) จำนวนมากเกินไป โดยหากมีการใช้ช่องสัญญาณที่ทับกันจะทำให้เกิดการชนกันของข้อมูลได้ ดังนั้น เวลาติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย จะต้องติดตั้งให้จุดที่สัญญาณทับซ้อนกันใช้กันคนละช่องสัญญาณ การรองรับพื้นที่ที่กว้างได้ ทำให้ต้องใช้หลายเครื่องในการกระจายสัญญาณ การออกแบบต้องคำนึงถึงการซ้อนทับและรบกวนกันของช่องสัญญาณกันด้วย (ไกรวิทย์, 2555; ชยณัฐและธนาสิน, 2560)

บทความวิจัยนี้ จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาเกี่ยวกับการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย โดยจะมีการสำรวจ (Site survey) การคำนวณค่ารัศมีการกระจายสัญญาณ การหาค่าความแรงของสัญญาณ และเขียนโปรแกรมเพื่อหาค่าตำแหน่งที่เหมาะสมของการวางตัวกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สาย โดยทำภายใต้แนวคิดหลัก 3 ประการ ได้แก่ 1) ความครอบคลุม (Coverage) การทำให้สัญญาณที่ส่งออกมามีความครอบคลุมผู้ใช้ภายในพื้นที่นั้น ๆ 2) การรบกวนกัน (Interference) กล่าวคือ การรบกวนในพื้นที่ทับซ้อนกันของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายตั้งแต่สองอุปกรณ์ขึ้นไป และ 3) ความสมดุลของโหลด (Load balance) ปริมาณผู้ใช้ต่ออุปกรณ์กระจายสัญญาณมีปริมาณที่เท่าเทียมกัน เพื่อจัดการกับปัญหาการรับส่งข้อมูล (เธียรัทและคณะ, 2559)

วิธีการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวทำให้ทราบถึงกระบวนการ ลักษณะของปัญหาการวางจุดกระจายสัญญาณที่ไม่เหมาะสม การครอบคลุมผู้ใช้บริการ การรบกวนกันระหว่างตัวกระจายสัญญาณ และโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบและหาคำตอบ โดยเนื้อหาในส่วนของวิธีการดำเนินงานวิจัย จะกล่าวถึงกรอบแนวคิดในการออกแบบ ขั้นตอนการดำเนินงาน การศึกษารูปแบบของปัญหางานวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณ ตลอดจนการนำกระบวนการหรือวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) มาใช้เพื่อแก้ปัญหาในงานวิจัย (อภิรักษ์, 2554; Ibrahim et al., 2018)

ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษารูปแบบปัญหา ศึกษาลักษณะของปัญหาความครอบคลุมของสัญญาณ การรบกวนในพื้นที่ทับซ้อนกันและสมดุลของโหลด ข้อกำจัดต่าง ๆ ที่ส่งผลกับคุณภาพสัญญาณของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย

2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาวิธีที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหา ตัวอย่างจากงานวิจัยต่าง ๆ ตลอดจนโปรแกรมที่ใช้ในการหาคำตอบ

3. เก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ใน จำนวนอุปกรณ์ที่ติดตั้งในพื้นที่ จำนวนผู้ใช้กำลังส่ง (P_t) และกำลังรับ (P_r) ของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย ขนาดของพื้นที่ และพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

4. สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ สร้างจากการแพร่กระจายของสัญญาณ (Signal propagation) และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ได้แก่ ความครอบคลุมของสัญญาณ (Coverage) การรบกวนในพื้นที่ทับซ้อนกัน (Interference) และการกระจายผู้ใช้แต่ละอุปกรณ์ให้สมดุล (Load balance)

5. ทดสอบความถูกต้องของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เมื่อได้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์จึงตรวจสอบความถูกต้องทดสอบโดยการแทนค่าในสมการด้วยโปรแกรม MATLAB เปรียบเทียบกับการคำนวณ

6. นำกระบวนการวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยนำสมการทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการทดสอบความถูกต้องและข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม มาแก้ปัญหาด้วยกระบวนการของวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm, GA) โดยใช้โปรแกรม MATLAB

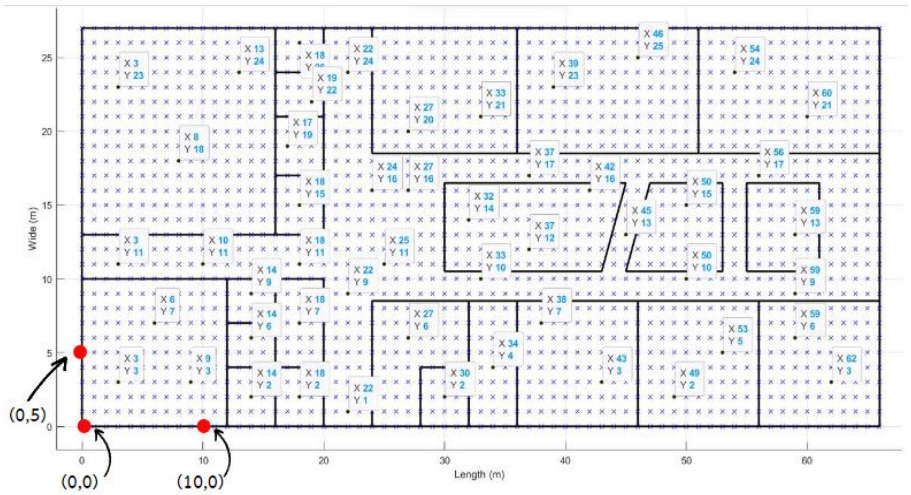
7. ทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย การเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากโปรแกรม MATLAB กับการทดสอบในพื้นที่จริง ตามรูปแบบของปัญหา

8. ผลลัพธ์ ผลลัพธ์คำตอบที่ได้คือตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งและเป็นแนวทางสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย

9. สรุปผลที่ได้จากการทำวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ จำนวนอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายที่ติดตั้งในพื้นที่ จำนวนผู้ใช้งาน ขนาดของพื้นที่ กำลังส่ง (P_t) และกำลังรับ (P_r) เป็นต้น มีการจำลองรูปแบบของพื้นที่ใช้งานและมีการสุ่มตำแหน่งของผู้ใช้งานเพื่อเก็บค่าคุณภาพของสัญญาณ ดังแสดงในภาพที่ 1 และวัดคุณภาพสัญญาณด้วยโปรแกรม Wi-Fi Analyzer



ภาพที่ 1 การสุ่มตำแหน่งผู้ใช้งานเพื่อเก็บค่าคุณภาพสัญญาณ

หมายเหตุ :1. ● คือ ตำแหน่งผู้ใช้งานที่จะเก็บค่าคุณภาพสัญญาณ

2. ● คือ ตัวอย่างคู่อันดับของผู้ใช้งาน

3. X คือ ตำแหน่งผู้ใช้งานที่เป็นไปได้ทั้งหมด

1. ตัวแบบในทางคณิตศาสตร์

1.1 การแพร่กระจายของสัญญาณ (Signal propagation) ในทางอุดมคติมีรูปแบบการกระจายสัญญาณทั้งในแนวตั้ง (E-plane) และระนาบแนวนอน (H-plane) มีลักษณะเป็นวงกลม อุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายมีการกระจายเป็นรัศมีวงกลม สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 (Suriya and Porter, 2014)

$$r = \frac{\lambda}{4\pi}\sqrt{\frac{P_t G_t G_r}{P_r}} \quad (1)$$

โดยที่

P_t : กำลังส่งของสัญญาณ
P_r : กำลังรับของสัญญาณ
G_t : อัตราขยายของสายอากาศภาคส่ง
G_r : อัตราขยายของสายอากาศภาครับ
λ : ความยาวคลื่นของสัญญาณ
r : รัศมีของการกระจายสัญญาณ

1.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function)

1) ความครอบคลุมของสัญญาณ (Signal coverage) แสดงดังสมการที่ (2)

$$f_1 = \frac{No_Coverage}{User} \quad (2)$$

2) การรบกวนในพื้นที่ทับซ้อนกัน (Interference) แสดงดังสมการที่ (3)

$$f_2 = \frac{User - No_Overlap}{User} \quad (3)$$

3) ความสมดุลของโหลด (Load Balance) แสดงดังสมการที่ (4)

$$f_3 = \frac{UserPerAP - S.D.(No_CoverageEach\ AP)}{UserPerAP} \quad (4)$$

โดยที่

$User$: จำนวนผู้ใช้ทั้งหมด
$No_Coverage$: จำนวนผู้ใช้ที่อยู่พื้นที่ครอบคลุมทั้งหมด
$No_Overlap$: จำนวนผู้ใช้ที่อยู่ในพื้นที่ทับซ้อน
$UserPerAP$: จำนวนผู้ใช้ทั้งหมดต่อจำนวนอุปกรณ์กระจายสัญญาณทั้งหมด
$S.D.$: ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$No_Coverage\ Each\ AP$: จำนวนผู้ใช้ที่อยู่ในพื้นที่ครอบคลุมในแต่ละอุปกรณ์

1.3 ฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness function)

ฟังก์ชันค่าความเหมาะสม เป็นการหาค่าสูงสุด (Maximization) ของฟังก์ชันที่มีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective function) แสดงดังสมการที่ (5) (Suriya and Porter, 2014)

$$Maximization: \quad Fitness = (w_1 \times f_1) + (w_2 \times f_2) + (w_3 \times f_3) \tag{5}$$

โดยที่

f_1 : ฟังก์ชันความครอบคลุมของสัญญาณ

f_2 : ฟังก์ชันการรบกวนในพื้นที่ทับซ้อนกัน

f_3 : ฟังก์ชันสมดุลของโหลด

w_1 : น้ำหนักความสำคัญของฟังก์ชันความครอบคลุมขอสัญญาณ

w_2 : น้ำหนักความสำคัญของฟังก์ชันการรบกวนในพื้นที่ทับซ้อนกัน

w_3 : น้ำหนักความสำคัญของฟังก์ชันสมดุลของโหลด

1.4 เงื่อนไข (Conditions)

ขอบเขตของพารามิเตอร์ : $0 \le f_1, f_2, f_3, w_1, w_2, w_3 \le 1$

ผลรวมของน้ำหนักแต่ละฟังก์ชัน : $w_1 + w_2, +w_3 = 1$

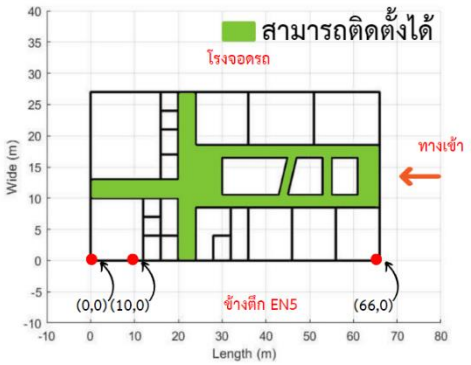
เกณฑ์การหยุดทำงาน : Fitness มากที่สุดซ้ำกันใน 50 Generation

ตำแหน่งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ : คู่อันดับ (x, y) ติดตั้งได้เฉพาะภายนอกห้องเรียน

ผู้ใช้ที่อยู่ในรัศมีความครอบคลุม : $\left((x-h)^2 + (y-k)^2\right) \le r^2$

ผู้ใช้ที่อยู่นอกรัศมีความครอบคลุม : $\left((x-h)^2 + (y-k)^2\right) > r^2$

พื้นที่ที่สามารถติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายได้ แสดงดังภาพที่ 2



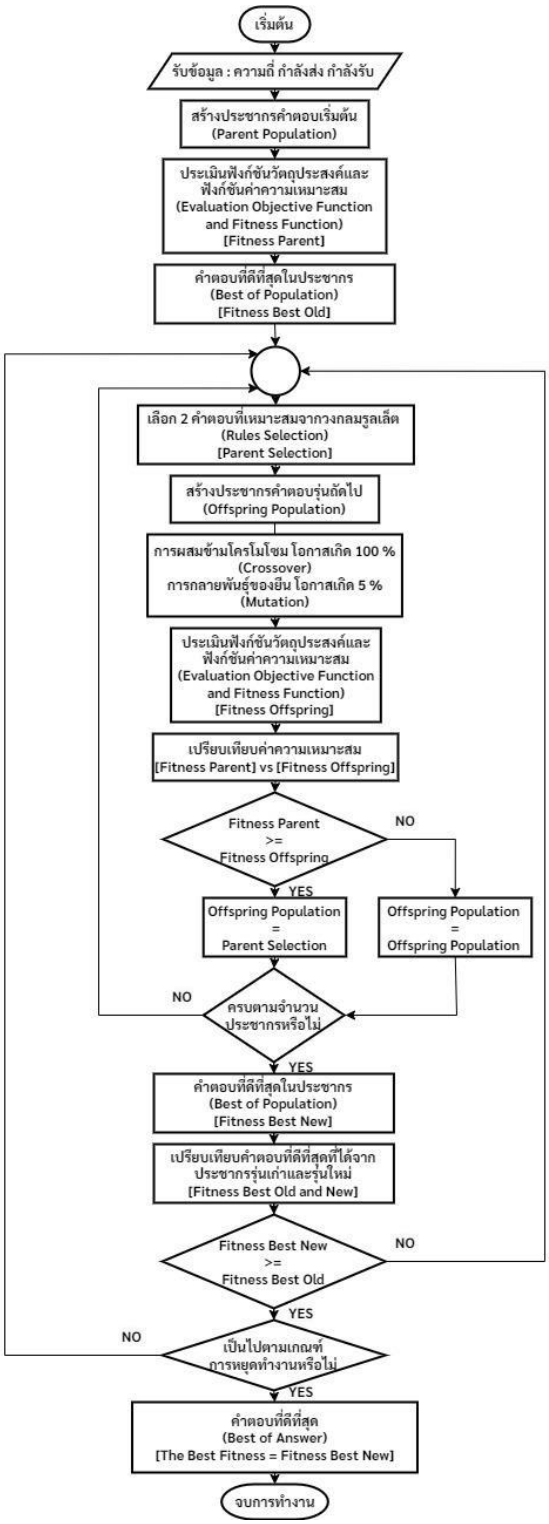
ภาพที่ 2 พื้นที่ที่สามารถติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายได้

2. ทดสอบความถูกต้องของตัวแบบทางคณิตศาสตร์

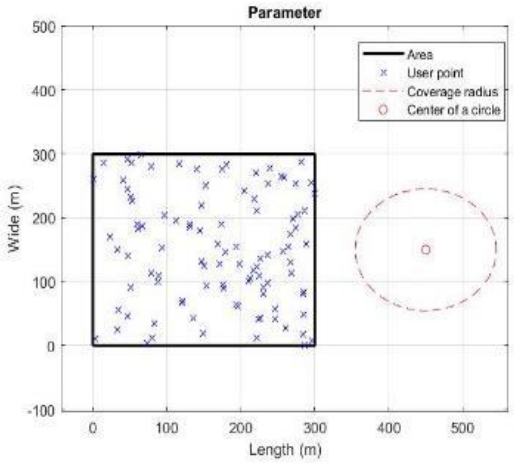
หลังจากการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์แล้ว จึงนำตัวแบบทางคณิตศาสตร์มาเขียนคำสั่งและตรวจสอบความถูกต้องด้วยโปรแกรม MATLAB

3. วิธีเชิงพันธุกรรมกับการแก้ไขปัญหา

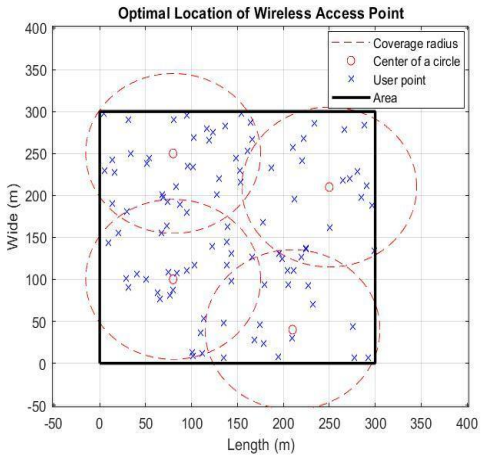
การสร้างกระบวนการหรือวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) (Suriya and Porter, 2014) ด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อใช้ในการแก้ไขตามรูปแบบของปัญหา ให้ได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ โดยมีรายละเอียดแผนผังการทำงานดังภาพที่ 3(ก) นอกจากนี้ มีการกำหนดและรับค่า Parameter ที่เกี่ยวข้อง การแสดงคำตอบตำแหน่ง AP ที่เหมาะสมที่สุด และ การแสดงกราฟค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Fitness function) ดังภาพที่ 3(ข) 3(ค) และ 3(ง) ตามลำดับ



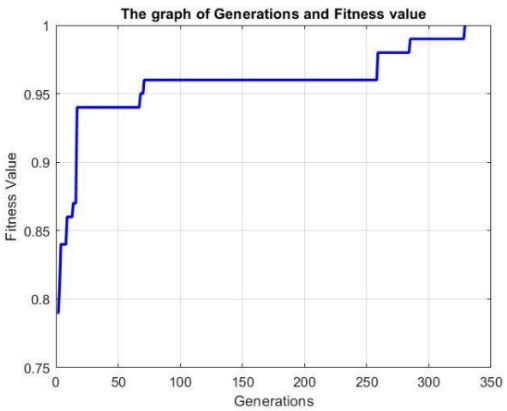
(ก) แผนผังการทำงานของวิธีเชิง



(ข) การกำหนดและรับค่า Parameter ที่เกี่ยวข้อง



(ค) การแสดงคำตอบตำแหน่ง AP ที่เหมาะสมที่สุด



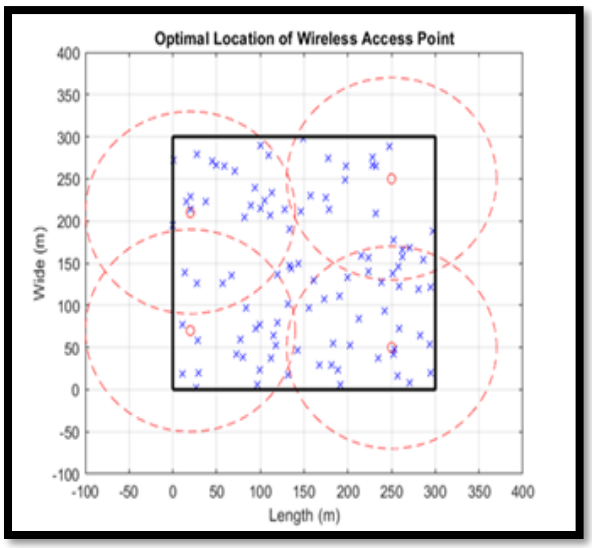
(ง) การแสดงกราฟค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ภาพที่ 3 (ก) แผนผังการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม (ข) การกำหนดและรับค่า Parameter ที่เกี่ยวข้อง (ค) การแสดงคำตอบตำแหน่ง AP ที่เหมาะสมที่สุด และ (ง) การแสดงกราฟค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Fitness function)

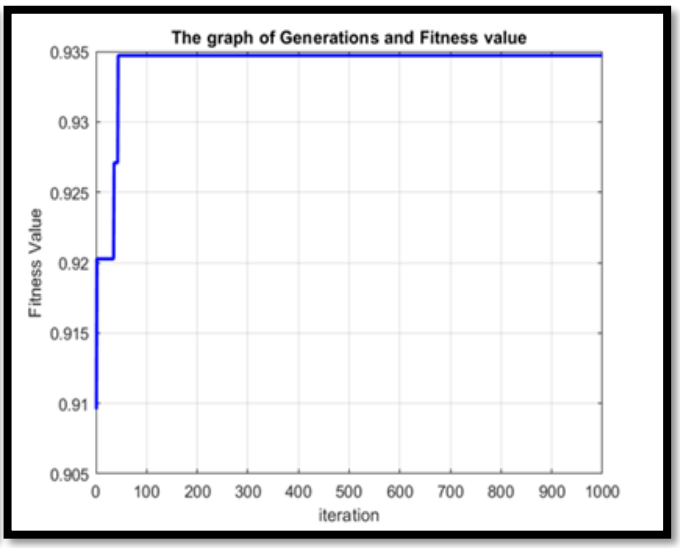
ผลการวิจัย

1. ผลการทดลองกับพื้นที่จำลองที่สร้างขึ้น

พื้นที่จำลองที่สร้างขึ้นสำหรับการทดลอง มีขนาด 300 เมตร x 300 เมตร มีผู้ใช้งานในพื้นที่จำนวน 100 คน และมีอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย จำนวน 4 ตัว โดยกำหนดน้ำหนักของ $w_1 = 0.6, w_2 = 0.2$ และ $w_3 = 0.2$ ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม สามารถหาคำตอบเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย โดยได้ค่าฟังก์ชันความครอบคลุม (f_1) เท่ากับ 0.96 ฟังก์ชันการรบกวนกัน (f_2) เท่ากับ 0.88 และ ฟังก์ชันสมดุลโหลด (f_3) เท่ากับ 0.9136 เมื่อพิจารณาในภาพรวม ตามสมการฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness function) ดังสมการที่ (5) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่มีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Function) พบว่า ได้ค่า Fitness รวมเท่ากับ 0.9347 โดยที่ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ ได้แก่ จุดที่ 1 คือ คู่อันดับ (250,50) จุดที่ 2 คือ คู่อันดับ (20,70) จุดที่ 3 คือ คู่อันดับ (250,250) และจุดที่ 4 คือ คู่อันดับ (20,210) ดังภาพที่ 4 และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถหาค่าที่เหมาะสมได้ในรอบการรัน (Iteration) ที่ 43 ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์วัตถุประสงค์เทียบกับจำนวน



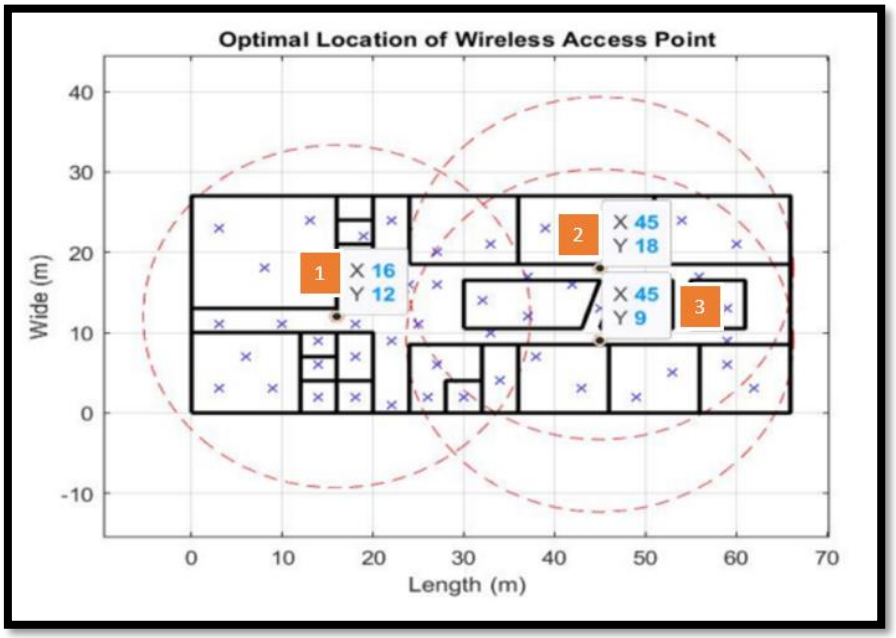
ภาพที่ 5 การแสดงกราฟค่าฟังก์ชันรอบการรัน (Iteration) สำหรับพื้นที่จำลองที่สร้างขึ้น

2. ผลการทดลองกับพื้นที่จริงอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า EN7 ชั้น 1

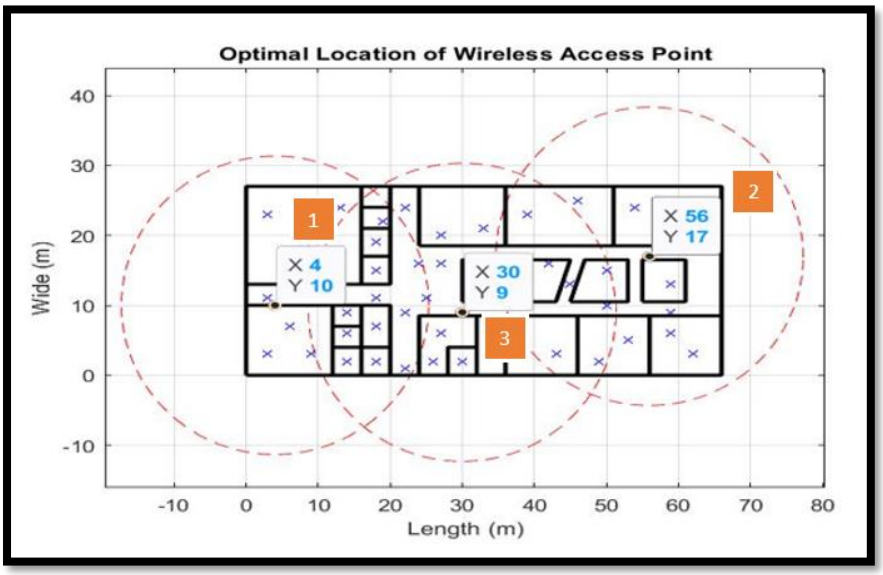
2.1 ผลที่ได้จากการทดลองด้วยโปรแกรม MATLAB

พื้นที่จริงของอาคาร EN 7 ชั้น 1 ได้ถูกวาดลงในโปรแกรม MATLAB สำหรับการจำลอง โดยกำหนดสัดส่วน รัศมีความครอบคลุมของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย และ Layout ต่าง ๆ ที่สะท้อนภาพความเป็นจริง เพื่อการจำลองที่ใกล้เคียงความเป็นจริงและแม่นยำที่สุด ทั้งนี้ ได้มีการวาดตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายที่ตำแหน่งปัจจุบันก่อนการทดลองหาตำแหน่งที่เหมาะสม และจำลองรัศมีความครอบคลุม ดังแสดงในภาพที่ 6 ในการทดลอง ได้กำหนดพารามิเตอร์จากข้อมูลใน Datasheet ของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย โดยใช้คลื่นความถี่ 5 GHz กำลังส่ง เท่ากับ 17 dBm (50 mW) กำลังรับ เท่ากับ -55 dBm (3.12 nW) อัตราขยาย เท่ากับ 1 จำนวนผู้ใช้ในระบบ 50 คน จำนวนอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย 3 อุปกรณ์ ผลการทดลอง พบว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถหาคำตอบเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย โดยได้ค่าฟังก์ชันความครอบคลุม (f_1) เท่ากับ 1.00 ฟังก์ชันการรบกวนกัน (f_2) เท่ากับ 0.74 และ ฟังก์ชันสมดุลโหลด (f_3) เท่ากับ 0.9660 เมื่อพิจารณาฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness function)

ดังสมการที่ (5) พบว่า ได้ค่า Fitness รวมเท่ากับ 0.9412 โดยที่ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณได้แก่ ได้แก่ จุดที่ 1 คือ คู่อันดับ (4,10) จุดที่ 2 คือ คู่อันดับ (30,9) จุดที่ 3 คือ คู่อันดับ (56,17) ได้ดังภาพที่ 7 และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถหาค่าที่เหมาะสมได้ในรอบการรันที่ 7 ดังภาพที่ 8



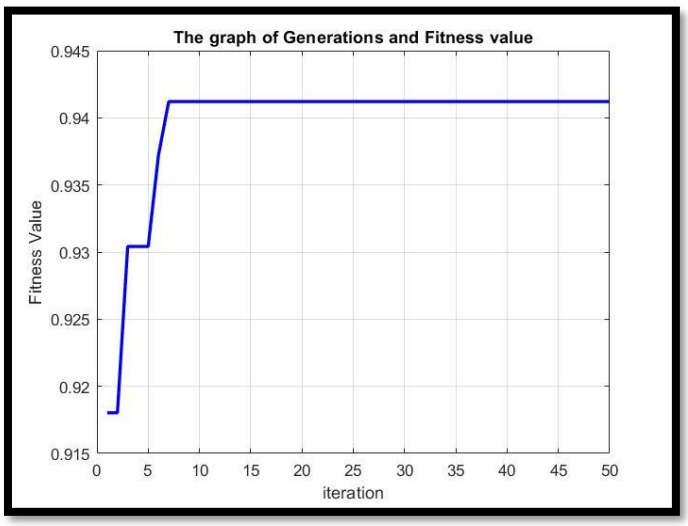
ภาพที่ 6 แผงผังแสดงจุดที่ติดตั้งก่อนการทดลอง



ภาพที่ 7 แผนผังตำแหน่งที่เหมาะสมหลังการทดลอง

จากภาพที่ 6 และ 7 แสดงให้เห็นว่า ในการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายสำหรับพื้นที่อาคาร EN7 ชั้น 1 ก่อนการทดลองอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายถูกติดตั้ง จำนวน 3 ตัว ในตำแหน่ง จุดที่ 1 คือ คู่อันดับ (16,12) มีระยะห่างจากจุดที่ติดตั้งใหม่อยู่ประมาณ 12 เมตร จุดที่ 2 คือ คู่อันดับ (45,18) มีระยะห่างจากจุดที่ติดตั้งใหม่อยู่ประมาณ 15 เมตร และจุดที่ 3 คือ คู่อันดับ (45,9) มีระยะห่างจากจุดที่ติดตั้งใหม่อยู่ประมาณ 11 เมตร ที่ซึ่งจุดติดตั้งเดิมทั้ง 3 จุดนี้ มีคลื่น

สัญญานทับซ้อนกัน ซึ่งอาจจะส่งผลให้การเชื่อมต่อสัญญานการใช้งานไม่มีเสถียรภาพ และจากการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าตำแหน่งของจุดกระจายสัญญานอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลต่อการกระจายสัญญาณอยู่ในจุดที่สมดุล คลื่นสัญญานไม่ทับซ้อนกันมากจนเกินไป



ภาพที่ 8 การแสดงกราฟค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เทียบกับจำนวนรอบการรัน (Iteration)

2.2 ผลที่ได้จากการทดลองวัดสัญญาณหลังการปรับตำแหน่งอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย

คณะผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายหน้างานจริง มีการขยับตำแหน่งการติดตั้งจากตำแหน่งเดิม มาเป็นตำแหน่งใหม่ที่ได้จากผลการจำลองในหัวข้อ 2.1 จากนั้นการทำการสำรวจสัญญาณเปรียบเทียบทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงตำแหน่งเพื่อประเมินว่าหลังจากการปรับปรุงแล้วประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นหรือไม่อย่างไร ตารางที่ 1 แสดงค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้หลังการปรับปรุง

การทดลองวัดสัญญาณจริง พบว่า ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับก่อนการปรับปรุง ค่าต่ำสุดที่วัดได้ คือ -127 dBm ค่าสูงสุดที่วัดได้ คือ -44 dBm ค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 อุปกรณ์ คือ -78 dBm และค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับหลังการปรับปรุง ค่าต่ำสุดที่วัดได้ คือ -88 dBm ค่าสูงสุดที่วัดได้ คือ -36 dBm ค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 อุปกรณ์ คือ -65 dBm ผลสรุปค่าเฉลี่ยของความแรงของสัญญาณที่ได้รับโดยภาพรวมดีขึ้น 13 dB หรือประมาณ 19.95 เท่า ซึ่งครอบคลุมผู้ใช้งานทั้งหมดจำนวน 50 คน มีผู้ใช้ที่อยู่ในพื้นที่ทับซ้อน จำนวน 13 คน การกระจายโหลดให้มีจำนวนผู้ใช้ในแต่ละอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายเป็น 17, 16 และ 17 คน ตามลำดับ และพบว่าก่อนการปรับปรุงผู้ใช้งานบางจุด มีการขาดหายของสัญญาณทำให้ไม่สามารถเชื่อมต่อได้ แต่หลังการเคลื่อนย้ายทุกจุดสามารถเชื่อมต่อใช้งานได้

ตารางที่ 1 ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับก่อนและหลังการทดลอง (แสดงตัวอย่าง 10 จุดข้อมูล จากทั้งหมด 50 จุดข้อมูล)

จุด	พิกัดผู้ใช้	ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ ครั้งที่ 1,2,3 (dBm) ก่อนการทดลอง			ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ ครั้งที่ 1,2,3 (dBm) หลังการทดลอง		
		พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (45,18)	พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (45,9)	พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (16,12)	พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (56,17)	พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (30,9)	พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (4,10)
1	(3,3)	-	-	-84,-86,-87	-	-	-62,-63,-64
2	(3,23)	-	-	-77,-78,-80	-	-	-64,-67,-65

จุด	พิกัดผู้ใช้	ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ ครั้งที่ 1,2,3 (dBm) ก่อนการทดลอง			ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ ครั้งที่ 1,2,3 (dBm) หลังการทดลอง		
		พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (45,18)	พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (45,9)	พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (16,12)	พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (56,17)	พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (30,9)	พิกัดติดตั้งคู่อันดับ (4,10)
3	(10,11)	-	-	-68,-69,-67	-	-	-52,-54,-53
4	(14,6)	-	X	-127,-125,-124	-	-85,-87,-88	-79,-81,-79
5	(18,15)	-	X	-75,-76,-78	-	-77,-80,-81	-83,-79,-81
6	(27,20)	-	-72,-71,-70	-	-	-49,-47,-48	-
7	(33,10)	-	-57,-56,-54	-	-	-38,-36,35	-
8	(37,12)	-62,-64,-63	-53,-52,-54	-	-68,-69,-70	-49,-46,-47	-
9	(43,3)	-81,-82,-81	-66,-68,-69	-	-79,-80,-81	-81,-79,-80	-
10	(60,21)	-72,-73,-73	-	-	-53,-57,-56	-	-

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

บทความนี้นำเสนอการศึกษาและหาตำแหน่งที่เหมาะสมของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย โดยมุ่งหาค่าสูงสุดของฟังก์ชันที่มีหลายวัตถุประสงค์ ได้แก่ การเพิ่มความครอบคลุมของพื้นที่ให้บริการ การลดการรบกวนกันของสัญญาณในพื้นที่ทับซ้อนกัน และการปรับความสมดุลโหลดของอุปกรณ์กระจายสัญญาณแต่ละตัว การหาคำตอบที่เหมาะสม อาศัยการพัฒนาโปรแกรมและประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งคำตอบที่ได้เป็นตำแหน่งการวางอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย ผลการทดลองกับพื้นที่อาคาร EN 7 ชั้น 1 พบว่า ระบบสามารถหาค่าฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function) ได้เท่ากับ 0.9412 โดยตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ ได้แก่ คู่อันดับ (4,10) คู่อันดับ (30,9) และคู่อันดับ (56,17) หลังจากที่ทำการปรับปรุงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย ตามคำตอบที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นพบว่าค่าเฉลี่ยของความแรงของสัญญาณที่ได้รับโดยภาพรวมดีขึ้น 13 dB หรือ 19.95 เท่า โดยคุณภาพสัญญาณก่อนการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย ค่าเฉลี่ยของความแรงของสัญญาณที่ได้รับรวมทั้ง 3 อุปกรณ์ เท่ากับ -78 dBm และหลังจากการปรับปรุงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ ได้ค่าเฉลี่ยของความแรงของสัญญาณที่ได้รับรวมทั้ง 3 อุปกรณ์ คือ -65 dBm นอกจากนี้ยังพบว่า ก่อนเคลื่อนย้ายบางจุดผู้ใช้งานมีการขาดหายของสัญญาณทำให้ไม่สามารถเชื่อมต่อได้ แต่หลังการเคลื่อนย้ายทุกจุดสามารถเชื่อมต่อใช้งานได้ แนวทางในการพัฒนาในอนาคต คือ การปรับปรุงพัฒนาอัลกอริทึมหรือขั้นตอนวิธีและปรับปรุงพารามิเตอร์ของขั้นตอนวิธีต่าง ๆ ในการหาค่าที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงศ์ บุญโล่ง. (2554). ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการหาค่าเหมาะที่สุดวัตถุประสงค์หลายอย่าง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 16*(1), 107-114.

ไกรวิทย์ เตชะวิทยปกรณ์. (2555). *ระบบให้บริการเครือข่ายไร้สายเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่ผู้ใช้งานหนาแน่น* [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].

ชยณัฐ ผลหว้า และธนาสิน โชตน์เชาวพัฒน์. (2560). *การศึกษามาตรฐานระบบเครือข่ายไร้สายและการติดตั้งอินเทอร์เน็ตไร้สายบริษัท ดีทแฮล์ม แทรเวิล (ประเทศไทย) จำกัด* [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสยาม].

เธียรัท พูลสุขโข, วัชรินทร์ วรินทักษะ, วราลักษณ์ ชิวปรีชา และปิติพล ไผทวุฒิกานต์. (2559). *การสำรวจและศึกษาความต้องการจุดกระจายสัญญาณโครงข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi) ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์พื้นที่ศาลายา* (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

อภิรักษ์ ขัดวิลาศ. (2554). การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, *5*(2), 153-162.

Ibrahim, T., Farouk, H. A., and Moneim, A. F. (2018). Optimal Wireless Access Points Placement in a Manufacturing Facility using Genetic Algorithm. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Washington DC, USA, 2504-2515.

Suriya, A. and Porter, J. D. (2014) Genetic algorithm based approach for RFID network planning. *2014 IEEE Region 10 Conference (TENCON 2014)*, Bangkok, Thailand, 1-5.