การใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการขัดขวางเครือข่ายแบบสโทแคสติก

A Genetic Algorithm to the Stochastic Network Interdiction Problem

อรรถชัย ฉายแสง อุดม จันทร์จรัสสุข

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ปัจจุบันปัญหาการลักลอบยาเสพติดในประเทศไทยมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยนี้จึงได้แก้ปัญหาดังกล่าวโดยการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมกับปัญหาการขัดขวางการลักลอบบนเครือข่ายแบบสโทแคสติกที่พิจารณาถึงความไม่แน่นอนของความสำเร็จในการขัดขวาง เพื่อขัดขวางหรือลดการลำเลียงสูงสุดจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางบนเครือข่าย การแก้ปัญหาถูกแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ (1) การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการหากลยุทธ์การขัดขวางภายในเครือข่ายภายใต้ข้อจำกัดทางด้านงบประมาณหรือทรัพยากร และ (2) ใช้ขั้นตอนวิธี Ford–Fulkerson เพื่อหาค่าการลำเลียงสูงสุดบนเครือข่ายหลังจากการขัดขวาง การแก้ปัญหาการขัดขวางเครือข่ายนี้ได้ทดสอบกับตัวอย่างเครือข่ายและนำผลไปเปรียบเทียบกับการค้นหาคำตอบด้วยวิธีอื่น พบว่ากลยุทธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ให้ค่าความคาดหวังการลำเลียงสูงสุดที่สามารถลำเลียงส่งผ่านไปยังจุดปลายทางมีคุณภาพสูงเหมือนกับวิธีอื่น

Abstract

Nowadays, the drugs smuggling problem in Thailand is steadily increasing. This research attempts to solve the problem by applying the genetic algorithm to the stochastic network interdiction problem (SNIP) with uncertainly in the successful of the interdiction. The objective of the network interdiction problem is to minimize the maximum flow between a source node and a sink node. The solution process is based on 2-step implementations: (1) A Genetic algorithm (GA) is applied to find the interdiction strategies subject to the resource constraints. (2) The Ford–Fulkerson algorithm is used to find the maximum flow from the source node to the sink node. The algorithm was tested on two instances of the SNIP. The results show that the solutions obtained in this research are of high quality compared to these from other literatures.

Keywords: Stochastic Network Interdiction Problem, Optimization, Genetic Algorithm, Ford Fulkerson Algorithm

1. บทนำ

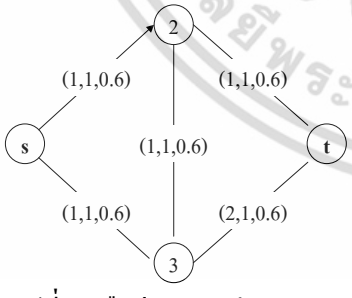
ยาเสพติดเป็นปัญหาที่สร้างความเสียหายให้กับประเทศไทย ส่งผลกระทบต่อตัวบุคคล สังคม เศรษฐกิจและชื่อเสียงของประเทศ ในปี พ.ศ.2554 ประเทศไทยมีผู้ที่เกี่ยวข้องกับยาเสพติดประมาณ 1.39 ล้านคน คิดเป็น 2.3% ของประชากรทั้งหมด โดยในแต่ละปีพบว่ามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนของผู้ที่เกี่ยวข้องกับยาเสพติดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1] หนึ่งในวิธีการแก้ปัญหาคือการขัดขวางการลักลอบนำเข้า โดยการตั้งด่านสกัด เพื่อลดหรือยับยั้งการลำเลียงซึ่งจะช่วยลดปัญหาการซื้อ และการเสพยาเสพติด

การขัดขวางเครือข่าย (Network Interdiction) เริ่มมีการศึกษาปี ค.ศ. 1960 [2] และได้มีการนำมาปรับใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาการขัดขวางเครือข่ายในรูปแบบต่างๆ เช่น มีการศึกษาจากเหตุการณ์ภัยพิบัติวันที่ 11 กันยายน ค.ศ. 2001 เพื่อใช้ในการรักษาความมั่นคงของประเทศสหรัฐอเมริกา [3], การขัดขวางเพื่อป้องกันการติดเชื้อในโรงพยาบาลหลายแห่ง ณ กรุงเอเธนส์ ประเทศกรีซ [4] และการขัดขวางเครือข่ายห่วงโซ่อุปทาน [5]

ปัญหาการขัดขวางเครือข่ายแบบสโทแคสติก (Stochastic Network Interdiction Problem, SNIP) [6] เป็นการพิจารณาถึงความไม่แน่นอนของความสำเร็จในการขัดขวางบนเส้นทาง ตัวอย่างเช่น วิธีการซุกซ่อนยาเสพติดของผู้ลำเลียงมีความซับซ้อน อาจทำให้การตั้งด่านไม่สามารถตรวจพบยาเสพติดได้ รูปที่ 1 แสดงการลำเลียงจากแหล่งต้นทาง s (แหล่งผลิตยาเสพติด) ไปยังแหล่งเป้าหมาย t (ผู้ค้า ผู้เสพ) โดยตัวเลขบนแต่ละเส้นทางหมายถึงขนาดที่สามารถลำเลียงได้ ค่าใช้จ่ายในการขัดขวาง และโอกาสความสำเร็จในการขัดขวางตามลำดับ



รูปที่ 1 เครือข่ายแบบสโทแคสติก

การค้นหาคำตอบโดยใช้กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) [6, 7] เพื่อแก้ปัญหาให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด เมื่อรูปแบบปัญหาเครือข่ายมีขนาดใหญ่และตัวแปรเป็นจำนวนเต็ม ทำให้การพิจารณาหาทางเลือกที่เหมาะสมมีความซับซ้อนมากขึ้น และใช้เวลาในการหาคำตอบนานขึ้น การใช้วิธีแบบฮิวริสติกอาจทำให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจและรวดเร็วเร็วกว่า

วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms, GA) เป็นวิธีแบบฮิวริสติกที่สามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสมที่สุด [8] โดยมีกลไกการทำงานพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรม (Natural Genetics Selection) ประยุกต์ใช้เพื่อหากลยุทธ์ที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณการลำเลียง และปัญหาอีกส่วนหนึ่งคือหาปริมาณการลำเลียงสูงสุดของยาเสพติดที่ผู้ลักลอบไปยังจุดปลายทางได้ โดยวิธีการแก้ปัญหานี้มีหลากหลายวิธี งานวิจัยจึงเลือกใช้ขั้นตอนวิธี Ford–Fulkerson ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพเชิงเวลา [9]

งานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีการแก้ปัญหาการขัดขวางเครือข่ายแบบสโทแคสติกโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการค้นหากลยุทธ์การขัดขวางที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาการขัดขวางของเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่ และใช้ขั้นตอนวิธี Ford–Fulkerson ในการหาปริมาณการลำเลียงสูงสุด (Maximum flow) ตามตัวอย่างเครือข่ายที่ใช้ทดสอบ

2. ปัญหาการขัดขวางเครือข่ายแบบสโทแคสติก

2.1 รูปแบบทางคณิตศาสตร์

ปัญหาการขัดขวางเครือข่ายสามารถเขียนแทนด้วยรูปแบบเครือข่าย $G = (N, A)$ ที่มีจุดต้นทาง (s) หนึ่งจุด และจุดปลายทาง (t) หนึ่งจุด โดยที่ N คือเซตของโหนด และ A คือเซตของเส้นเชื่อมโยงระหว่างโหนด (i, j) $D \subset A$ คือเซตเส้นเชื่อมโยงที่สามารถขัดขวางได้ X คือเซตกลยุทธ์การขัดขวาง โดย x_{ij} เป็นตัวแปรตัดสินใจแบบเลขฐานสอง ถ้า $x_{ij} = 1$ หมายถึงเส้นเชื่อมโยง (i, j) ถูกขัดขวาง หรือ $x_{ij} = 0$ บนเส้นเชื่อมโยงไม่มีการขัดขวาง สำหรับแต่ละเส้นทาง (i, j) ประกอบด้วย u_{ij} คือขนาดของการลำเลียง a_{ij} คือค่าใช้จ่ายการขัดขวาง ให้ b คืองบประมาณที่ใช้ในการขัดขวางทั้งหมด โดย $\omega \in \Omega$ คือสถานการณ์ที่เป็นไปได้ p^{ω} คือความน่าจะเป็นของความสำเร็จในการขัดขวางของแต่ละสถานการณ์ (s^{ω}, t^{ω}) คือการสุ่มเส้นทางที่ใช้ในการขัดขวางของแต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานการณ์ y คือปริมาณการลำเลียง และ RS(i), FS(i) คือ เซตของเส้นเชื่อมโยงไหลเข้าและไหลออกตามลำดับ ปัญหาการขัดขวางเครือข่ายแบบสโทแคสติกสามารถเขียนแทนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$Z = \min_{x\in X} f(x) = \sum_{\omega\in\Omega} p^{\omega}\, h\left(x, (s^{\omega}, t^{\omega})\right) \quad (1)$$

Subject to

$$X = \left\{ x: \sum_{(i,j)\in AD} a_{ij}x_{ij} \le b, x_{ij} \in \{0,1\}, (i,j) \in D \right\} \quad (2)$$

โดย $h\left(x, (s^{\omega}, t^{\omega})\right) = \max\ y_{t^{\omega}}$ (3)

$$\sum_{(i,j)\epsilon FS(i)} y_{ij} - \sum_{(j,i)\epsilon RS(i)} y_{ji} = 0 \quad (4)$$

$$0 \le y_{ij} \le (1 - x_{ij})u_{ij} \quad (5)$$

$$y_{t^{\omega}} - \sum_{(j,t^{\omega})\epsilon RS(t^{\omega})} y_{jt^{\omega}} = 0 \quad (6)$$

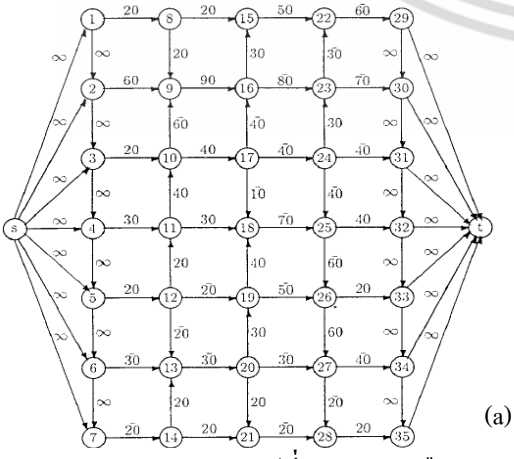
สมการที่ (1) วัตถุประสงค์คือการหากลยุทธ์ที่ทำให้ค่าความคาดหวังของการลำเลียงสูงสุดน้อยที่สุด สมการที่ (2) คือเซตกลยุทธ์การขัดขวาง ผลรวมค่าใช้จ่ายที่ใช้ในขัดขวางแต่ละเซตการขัดขวางจะต้องไม่เกินงบประมาณ b สมการที่ (3) เป็นฟังก์ชันสำหรับการหาปริมาณการลำเลียงสูงสุด โดยใช้ขั้นตอนวิธีฟอร์ด-เฟิลเกอร์สัน (Ford–Fulkerson Algorithm) [9] สมการที่ (4) คือผลรวมการลำเลียงไหลออกเท่ากับผลรวมการลำเลียงไหลเข้า สมการที่ (5) แสดงปริมาณการลำเลียงของแต่ละเส้นเชื่อมโยงต้องไม่เกินขนาดในการลำเลียงของแต่ละเส้นเชื่อมโยงที่กำหนด สมการที่ (6) คือปริมาณการลำเลียงที่จุดปลายทางเท่ากับผลรวมของการลำเลียงที่ไหลเข้าจุดปลายทาง

2.2 เครือข่ายที่ใช้ทดสอบ

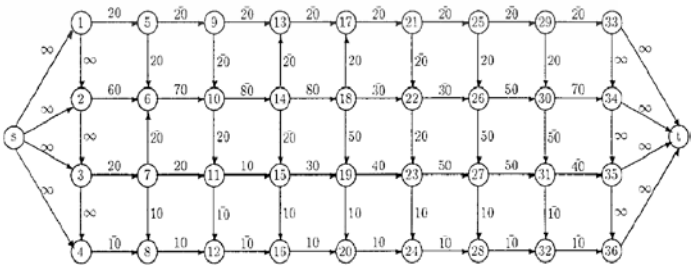
รูปแบบปัญหาการขัดขวางที่ใช้ทดสอบ เป็นเครือข่ายแบบสโทแคสติกที่ระบุจำนวนของแถวและจำนวนคอลัมน์ดังรูปที่ 2(a) และ 2(b) แต่ละเส้นทางประกอบด้วยทิศทางการลำเลียง ขนาดที่สามารถลำเลียงไหลผ่าน (u_{ij}) เส้นเชื่อมโยงที่สามารถขัดขวางได้ถูกระบุด้วยสัญลักษณ์ (~) บนขนาดของการลำเลียง ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการขัดขวาง (a_{ij}) ของแต่ละเส้นทางที่ใช้ทดสอบทั้งสองเครือข่ายเท่ากับ 1 หน่วย ค่าความน่าจะเป็นของความสำเร็จในการขัดขวางของแต่ละเส้นทางที่สามารถขัดขวางได้ p_{ij} =0.75 รายละเอียดของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 โดยจำนวนสถานการณ์การขัดขวางที่เป็นไปได้ขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นทางที่สามารถขัดขวางได้ ตัวอย่างเช่น จำนวนเส้นทางที่ขัดขวางได้เท่ากับ 2 ดังนั้นจำนวนสถานการณ์การขัดขวาง $(2^2) = 4$

ตารางที่ 1 ลักษณะตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

เครือข่าย	SNIP7x5	SNIP4x9
งบประมาณ	6	6
จำนวนโหนด	37	38
จำนวนเส้นทาง	72	67
จำนวนเส้นทางที่ขัดขวางได้	22	24
จำนวนสถานการณ์การขัดขวาง	4.2×10^6	1.7×10^7



(a)



(b)

รูปที่ 2 ตัวอย่างเครือข่ายแบบสโทแคสติก (a) SNIP7x5 (b) SNIP4x9 [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้นตอนการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Matlab ในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาการขัดขวางเครือข่ายแบบสโทแคสติก โดยทำตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1 การกำหนดรูปแบบโครโมโซม (Chromosome Representation)

รูปแบบโครโมโซมสำหรับปัญหาการขัดขวางเครือข่ายแบบสโทแคสติก ใช้โครโมโซมชนิดแถวเดียว ตำแหน่งของยีนแทนหมายเลขเส้นทางของเครือข่ายที่สามารถขัดขวางการลำเลียงได้ ดังรูปที่ 3

24	36	42	45	51	53	หมายเลขเส้นทางที่ขัดขวางได้
1	2	3	4	5	6	← ตำแหน่งยีน

รูปที่ 3 การเข้ารหัสโครโมโซม

3.2 การถอดรหัสโครโมโซม (Chromosome Decoding)

เซตของการขัดขวางในแต่ละโครโมโซม k จะดำเนินการถอดรหัสโครโมโซม เพื่อหาค่าความคาดหวังการลำเลียง (f(x)) ของแต่ละโครโมโซม ในสมการที่ (1)

3.3 ฟังก์ชันความแข็งแรง (Fitness Function)

ฟังก์ชันความแข็งแรงเป็นการวัดค่าความแข็งแรงจากโครโมโซมที่ได้ทำการถอดรหัส ค่าความแข็งแรง (v_k) สามารถหาได้จากสมการที่ (6) โดยใช้ส่วนกลับของค่าความคาดหวังการลำเลียง เพื่อทำโครโมโซมที่มีค่า f(x) น้อยให้มีค่าความแข็งแรงมากกว่าโครโมโซมที่มีค่า f(x) มาก

$$v_k = \frac{1}{f(x_k)} \qquad (6)$$

3.4 การคัดเลือก (Selection)

การคัดเลือกเป็นการคัดประชากรไปเป็นประชากรตั้งต้นใหม่เพื่อดำเนินกระบวนการเชิงพันธุกรรมในรุ่นต่อไป ใช้วิธีการเลือกแบบวงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Selection) นำค่าความน่าจะเป็นที่ได้ในแต่ละโครโมโซม (q_k) จากสมการที่ (7) เป็นความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือก และทำการสุ่มเลือกจากจำนวนประชากรทั้งหมด (K)

$$q_k = \frac{v_k}{\sum_{k=1}^{K} v_k} \qquad (7)$$

3.5 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover)

การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์เป็นการแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซมระหว่างโครโมโซมพ่อและแม่ ตามรูปที่ 4(a) วิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์เป็นแบบ 1 จุด มีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 3 ถึงตำแหน่งที่ 6 โอกาสการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Probability of Crossover, P_c) พิจารณาโครโมโซมลูกที่ได้ถ้าพบหมายเลขเส้นทางที่ขัดขวางได้มีค่าซ้ำกันในโครโมโซมเดียวกัน ให้ใช้วิธีการเปลี่ยนค่าซ้ำ ดังรูปที่ 4(b) ตำแหน่งยีนที่ 3 ของ Offspring 1 เป็นตำแหน่งที่อยู่หลังตำแหน่งการตัด มีค่าซ้ำกับตำแหน่งยีนที่ 2 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ก่อนตำแหน่งการตัด พิจารณาในตำแหน่งความสัมพันธ์ของช่วงที่อยู่หลังตำแหน่งการตัด นั่นคือตำแหน่งที่ 3 ของ Parent 1 และ 2 (31 ↔ 36) ให้เปลี่ยนแปลงค่าซ้ำโดยสลับค่าที่ไม่ได้อยู่ในช่วงหลังการตัดตามความสัมพันธ์ของ Offspring 1 ในตำแหน่งที่ 2 เป็น 36

Parent1	24	31	36	40	48	58
Parent2	20	24	31	37	40	42
	1	2	3	4	5	6

ตำแหน่งการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์

(a)

Offspring1	24	**31**	**31**	37	40	42	31→36
Offspring2	20	24	36	40	48	58	

↓

Offspring1	24	**36**	**31**	37	40	42
Offspring2	20	24	36	40	48	58

(b)

รูปที่ 4 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (a) การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ 1 จุด (b) วิธีการเปลี่ยนค่าซ้ำ

3.6 การกลายพันธุ์ (Mutation)

การกลายพันธุ์เป็นการเปลี่ยนบางส่วนของโครโมโซม ซึ่งอาจทำให้มีค่าความแข็งแรงที่สูงขึ้น จำนวนโครโมโซมที่ทำการกลายพันธุ์ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของจำนวนประชากร (η) วิธีการกลายพันธุ์ใช้วิธีการเปลี่ยนค่า (Change Value Mutation) ตำแหน่งที่มีโอกาสกลายพันธุ์จะถูกกำหนดโดยความน่าจะเป็นของการ

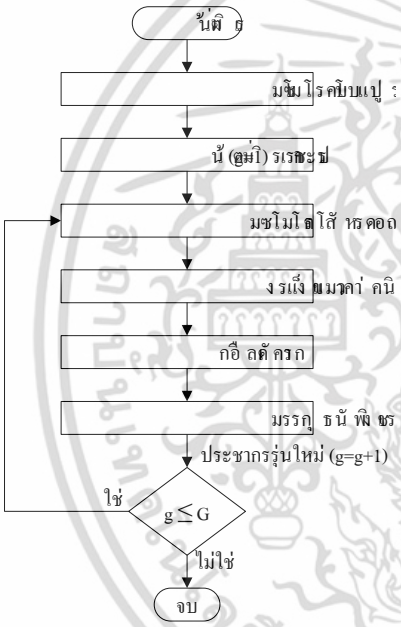
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลายพันธุ์ (Probability of Mutation, P_m) ดังรูปที่ 5 ตำแหน่งยีนที่มีการกลายพันธุ์คือตำแหน่งที่ 5 บนโครโมโซมลูกที่ 1 แทนด้วยยีนของหมายเลขเส้นทางที่สามารถขัดขวางการลำเลียงได้ใหม่และมีค่าไม่ซ้ำกับยีนที่อยู่ในโครโมโซมเดิมได้เป็นโครโมโซม Mutated 1

Offspring1	24	36	31	37	40	42
	1	2	3	4	5	6
	↓					
Mutated1	24	36	31	37	53	42

รูปที่ 5 การกลายพันธุ์แบบเปลี่ยนค่า

รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ สามารถสรุปเป็นกระบวนการทำงานได้ดังรูปที่ 6



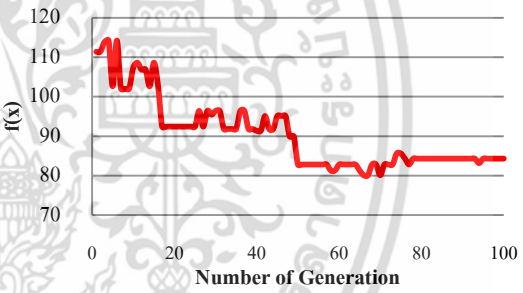
รูปที่ 6 ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

การเข้ารหัสสามารถสร้างประชากรรุ่นแรก (Initial Population, g=1) จากการสุ่มตามจำนวนประชากร มาสร้างเป็นคำตอบตั้งต้น แต่ละโครโมโซมสามารถหาค่าการลำเลียงสูงสุดที่เล็ดลอดผ่านเส้นทางที่มีการขัดขวางได้จากการถอดรหัส พิจารณาค่าความแข็งแรงเพื่อคัดเลือกโครโมโซมไปดำเนินตามกระบวนการวิธีเชิงพันธุกรรม ได้เป็นประชากรรุ่นใหม่ (New Population, g=g+1) โครโมโซมรุ่นใหม่กลับมาถอดรหัสเพื่อค้นหาคำตอบตามวัตถุประสงค์อีกครั้ง กระบวนการต่างๆ ที่ได้กล่าวมาก็จะถูกกระทำซ้ำๆ จนกระทั่งถึงจำนวนรุ่น (Generation, G) ตามที่กำหนด

4. ผลการทดลอง

การแก้ปัญหาด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม พารามิเตอร์ที่ใช้ได้จากการทดลองผิดลองถูกได้ G=100, K=100, P_c=0.5, η =0.1, P_m=0.1 ข้อมูลต่างๆ ของเครือข่ายที่ใช้ทดสอบใช้ตามข้อที่ 2.2 เพื่อทำการทดลองนี้เปรียบเทียบกับวิธีแบบ Two-Stage Stochastic Integer Programs [6] ที่ใช้ตัวแปรสุ่มและวิธีแบบ Mixed-Integer Linear Programming [7] ที่กำหนดตัวอย่าง (Sample) ในการหาคำตอบ แต่ละตัวอย่างได้ทำการทดลองทั้งหมด 10 รอบ

การใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหา รุ่นแรกได้กลยุทธ์การขัดขวางแบบสุ่ม แต่ในรุ่นถัดไปกลยุทธ์ที่ได้เกิดการคัดเลือกส่วนของโครโมโซมที่แข็งแรง ทำให้ค่าความคาดหวังการลำเลียงมีค่าลดลง ดังตัวอย่างรูปที่ 7 ผลการทดลองรอบที่ 1 ของเครือข่าย SNIP7x5 พบว่ากลยุทธ์ที่ทำให้ค่าความคาดหวังการลำเลียงสูงสุดน้อยสุดมีค่าลดลงจาการเพิ่มจำนวนรุ่นถึง 100 รุ่น



รูปที่ 7 ค่าความคาดหวังการลำเลียงสูงสุดที่ลดลงตามจำนวนรุ่นที่เพิ่มขึ้นของเครือข่าย SNIP7x5

ตารางที่ 2 ผลการแก้ปัญหา SNIP7x5 ด้วย GA

รอบ	min f(x)	รอบ	min f(x)
1	80.1172	6	80.1172
2	80.1172	7	80.1172
3	81.9922	8	80.1172
4	80.1172	9	81.9922
5	81.9922	10	80.1172
		ค่าเฉลี่ย	80.6797
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.9057

ผลในตารางที่ 2 แสดงการแก้ปัญหาเครือข่าย SNIP7x5 กลยุทธ์ที่ทำให้ค่าความคาดหวังของการลำเลียงสูงสุดที่สามารถลำเลียงส่งไปยังจุดปลายทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 80.1172 ได้ 2 กลยุทธ์การขัดขวาง เช่นการขัดขวางเส้นเชื่อมโยง {(7, 14), (13, 20), (16, 23), (17, 24), (18, 25), (22, 29)} ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กลยุทธ์ที่ทำให้ค่าความคาดหวังของการลำเลียงสูงสุดน้อยสุดจะมีค่าอยู่ระหว่าง 80.032 ถึง 81.328 เปรียบเทียบกับการแก้ปัญหาแบบใช้กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้ตัวแปรสุ่ม [6] ได้ค่าความคาดหวังของการลำเลียงสูงสุดน้อยที่สุดเท่ากับ 80.40

ตารางที่ 3 ผลการแก้ปัญหา SNIP4x9 ด้วย GA

รอบ	min f(x)	รอบ	min f(x)
1	10.9082	**6**	10.9082
2	10.9082	**7**	10.9082
3	10.9082	**8**	10.9082
4	10.9082	**9**	10.9082
5	10.9082	**10**	10.9082
		ค่าเฉลี่ย	10.9082
		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0

ตารางที่ 3 แสดงผลการแก้ปัญหาเครือข่าย SNIP4x9 จากการทดสอบซ้ำทั้งหมด 10 รอบ ได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 เนื่องจากปัญหาเครือข่ายที่ใช้ทดสอบมีขนาดเล็ก (จำนวนเส้นทางการลำเลียงน้อย) โอกาสการเจอคำตอบง่ายขึ้น ทำให้ผลการทดลองทั้ง 10 รอบจึงมีค่าเท่ากัน ผลคำตอบของกลยุทธ์ที่ทำให้ค่าความคาดหวังของการลำเลียงสูงสุดน้อยที่สุดเท่ากับ 10.9082 ได้กลยุทธ์การขัดขวางคือ {(5, 9), (10, 14), (17, 21), (18, 22), (31, 35), (32, 36)} เปรียบเทียบกับการแก้ปัญหาแบบใช้กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ [6, 7] ได้ค่าความคาดหวังของการลำเลียงสูงสุดน้อยที่สุดเท่ากับ 10.90

5. สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้แสดงถึงการประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการขัดขวางเครือข่ายแบบสโทแคสติก เป็นวิธีที่สามารถค้นหาเซตการขัดขวางให้กับเครือข่ายที่มีงบประมาณหรือทรัพยากรที่จำกัด เพื่อลดค่าความคาดหวังของการลำเลียงที่ไหลผ่านเครือข่าย จากการทดสอบกับเครือข่าย 2 ตัวอย่าง และเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีการแก้ปัญหาอื่นๆ [6, 7] เมื่อมีการใช้กลยุทธ์การขัดขวางบนเส้นเชื่อมโยงที่สามารถขัดขวางได้พบว่าให้ค่าการลำเลียงที่สามารถลำเลียงส่งผ่านไปยังจุดปลายทางมีคุณภาพใกล้เคียงกัน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วุฒิพงษ์ เหล่าจุมพล, "สรุปสถานการณ์ปัญหายาเสพติดและการประเมินผล," (ออนไลน์), เข้าถึงได้จาก: www.nccd.go.th/upload/news/7(3).pdf, (วันที่ค้นข้อมูล: 2 กุมภาพันธ์ 2556).

[2] R. Wollmer, "Removing Arcs from a Network" Operations Research Society of America, Vol.12, pp.934–40, 1964.

[3] M. Garcia, "Drugs and Security in a Post-9/11 World: Coordinating the Counter Narcotics Mission at DHS," Washington D.C., US Immigration and Customs Enforcement, Department of Homeland Security, 2004.

[4] N. Assimakopoulos, "A Network Interdiction Model for Hospital Infection Control," Computers in Biology and Medicine, Vol.17, pp.413–522, 1987.

[5] A. McMasters and T. Mustin, "Optimal Interdiction of a Supply Network," Naval Research Logistics Quarterly, Vol.17, pp.261–8, 1970.

[6] K. Cormican, D. Morton and K. Wood, "Stochastic Network Interdiction," Operations Research, Vol.46, No.2, pp.184–97, 1998.

[7] U. Janjarassuk and J. Linderoth, "Reformulation and Sampling to Solve a Stochastic Network Interdiction Problem," Networks, Vol.52, No.3, pp.120–132, 2008.

[8] E. K. Burke and G. Kendall, Search Methodologies: Introductory Tutorials in Optimization and Decision Support Techniques, Springer, 2005.

[9] R.K. Ahuja, T.L. Magnanti and J.B. Orlin, Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, c1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้