

บทความวิจัย

การจัดการเส้นทางการกระจายวัคซีนไปยังโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล โดยการ
หาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการฝูงผึ้ง : กรณีศึกษาอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์

ROUTE PLANNING MANAGEMENT OF VACCINE DISTRIBUTION TO TAMBON HEALTH PROMOTING HOSPITAL USING BEE COLONY OPTIMIZATION ALGORITHM PROGRAMMING; CASE STUDY: AMPHOE WANG PONG, PHETCHABUN PROVINCE

อุไรวรรณ คำภูแสน รัฐพล สังคะสุข* สุขุมาล เจริญทอง และ ลักขณา ฤกษ์เกษม

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

Uraiwan Khamphusaen, Rataphol Sangkhasuk*, Sukhuman Rianthong, and
Lakkana Ruekksaem

Department of Manufacturing, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok 10220

*E-mail: srataphol@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางการขนส่งวัคซีนที่มีระยะเวลาการขนส่งที่ต่ำที่สุดในการ
ขนส่งวัคซีนจากโรงพยาบาลประจำอำเภอไปยังโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) ใช้วิธีการหา
เส้นทางที่ใช้เวลาในการขนส่งที่ต่ำที่สุดด้วยวิธีการที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีฝูงผึ้ง โดยการนำกรณีศึกษาของ
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งมีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล
จำนวน 8 แห่ง ซึ่งสามารถลดเวลาการขนส่งวัคซีนจาก 401 นาที โดยสามารถลดเวลาเฉลี่ยที่ดีที่สุดเหลือ
แค่ 371 นาที มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 0 นาที หรือลดลงร้อยละ 7.42 โดยใช้เวลาในการหาคำตอบ
เพียง 9.99 วินาที มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 0.02 วินาที

คำสำคัญ: วัคซีน การกระจาย โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีฝูงผึ้ง

ABSTRACT

This research aims to determine an appropriate approach and develop the most suitable
route planning system to transport vaccines to Health Promoting Hospital (HPH) with shortest
amount of time. There are 8 Health Promoting Hospitals in Amphoe Wang Pong, Phetchabun
province as a case study. The research employed Bee Colony Optimization, which normally takes
about 401 minutes. This research can reduce the time it takes to transport vaccines in Amphoe
Wang Pong to only 371 minutes with the standard deviation of 0 minute. It is thirty minutes shorter
than the usual approach or 7.42% decrease using 9.99 seconds of processing time with the
standard deviation of 0.02

Keywords: vaccines, distribution, Tambon Health Promoting Hospital, Bee Colony Optimization

บทนำ

วัคซีนถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างภูมิคุ้มกันโรค โดยวัคซีนมีกลไกการกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันจำเพาะโรค วัคซีนต้องอยู่ในอุณหภูมิระหว่าง 4-8 องศาเซลเซียส และการขนส่งมีอิทธิพลต่อการเสื่อมสภาพอย่างมาก ระบบการขนส่งวัคซีนมีความสำคัญต่อคุณภาพของวัคซีน การขนส่งวัคซีนในระบบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยังคงเป็นการตัดสินใจเส้นทางการขนส่งวัคซีนโดยพนักงานขับรถ ซึ่งขาดทักษะในการวางแผนบริการจัดการในการขนส่งวัคซีนที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เวลาในการขนส่งวัคซีนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของวัคซีนทำให้มีโอกาสในการเสื่อมสภาพจากการขนส่ง เนื่องจากอุณหภูมิไม่ได้ตามข้อกำหนดความเย็นที่วัคซีนกำหนด เนื่องจากการขนส่งวัคซีนได้ใช้เครื่องมือที่ช่วยควบคุมความเย็นในวัคซีนอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ ไอซ์แพค แต่ไอซ์แพคไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้คงที่เหมือนที่วัคซีนที่เก็บในตู้เย็น และผ่านช่วงเวลาหนึ่งอุณหภูมิของไอซ์แพคจะสูงขึ้นทำให้วัคซีนมีโอกาสเสื่อมคุณภาพลงได้ ทำให้คณะผู้วิจัยเห็นความสำคัญในการขนส่งจึงพัฒนางานวิจัยนี้ขึ้นมา โดยมีเป้าหมายเพื่อช่วยให้การวางแผนการเลือกเส้นทางการขนส่งวัคซีนที่มีความเหมาะสมที่สุด ภายใต้เวลาการขนส่งที่ต่ำที่สุด ในการขนส่งจากโรงพยาบาลประจำอำเภอไปยังโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ในปี 2558 ได้มีการจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม แก้ปัญหาโดยใช้ ฟังก์ชันโซลเวอร์ (Solver) ไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล (Microsoft Excel) ได้ โดยตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายจะให้คำตอบที่ดีที่สุดคือระยะทางที่สั้นที่สุดในแต่ละเส้นทาง ซึ่งสามารถลดลง 4.16% (Chaiwongsakda, 2015) ในปี 2555 วุฒิชัย วงศ์ทัศนีย์กร และคณะได้นำเสนอการนำวิธีฝูงผึ้งไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต-บรรจุ โดยมีเป้าหมายในการลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนการผลิตสินค้าทั้งในระยะสั้นและระยะกลาง ของการผลิตสินค้ามากกว่า 203 ชนิด ซึ่งผลิตภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดการผลิตต่าง ๆ เช่น ต้องมีเวลาในการเตรียมเครื่อง ล้างถังผสม ตลอดจนเวลาในการตรวจสอบคุณภาพของสินค้า โดยในวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบในเรื่องของเวลาในการวางแผนและเวลาในการผลิตน้อยที่สุด ซึ่งมีการเปรียบเทียบกับด้วยกัน 2 วิธี คือ วิธีฝูงผึ้ง และวิธีกฎการกำหนดงาน (Schedule Rule) ซึ่งผลปรากฏว่าวิธีฝูงผึ้งสามารถวางแผนการผลิตในการผลิตสินค้าได้น้อยกว่าวิธีกฎการกำหนดงาน ถึงร้อยละ 11.83 โดยใช้เวลาในการหาคำตอบเพียง 5.91 วินาทีเท่านั้น (Wongthatsanekorn, 2012)

งานวิจัยนี้เป็นปัญหาการกระจายวัคซีน กรณีศึกษาการกระจายวัคซีนของอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งมีโรงพยาบาลประจำอำเภอ 1 แห่ง และมีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจำนวน 8 แห่ง อำเภอวังโป่งมีพื้นที่ 543.0 ตารางกิโลเมตร โดยในงานวิจัยนี้เป็นการวางแผนเส้นทางการขนส่งวัคซีนจริงภายใต้เงื่อนไขการขนส่งวัคซีนจริง ทั้งในเรื่องของเส้นทางการกระจายวัคซีนในพื้นที่จริง และเวลาที่ใช้ในการขนส่ง โดยมีปัญหาในงานวิจัยเป็นปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman) โดย

วัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางการขนส่งวัคซีนที่มีระยะเวลาการขนส่งต่ำที่สุด ปัญหาในการทดลองได้ทำการเก็บข้อมูลเวลาการกระจายวัคซีนไปยังโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้ดังตารางที่ 1

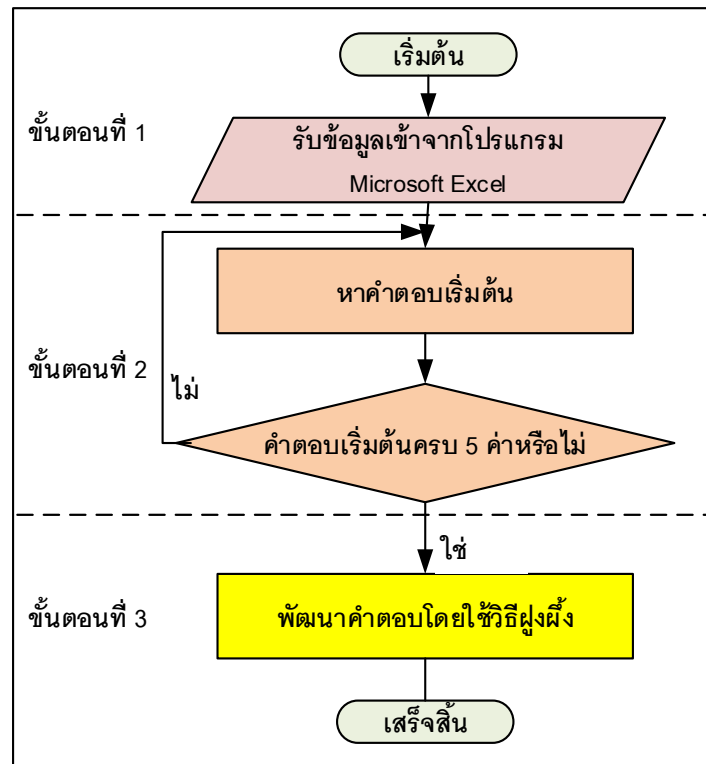
ตารางที่ 1 ตารางเวลาการขนส่งวัคซีนในอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์

เส้นทางการกระจาย วัคซีน	เวลาในการกระจายวัคซีน (นาที)								
	รพ.วังโป่ง	รพ.สต.วัง ศาล	รพ.สต.วัง กระดาศา	รพ.สต. ดงหลง	รพ.สต. ด่านช้าง	รพ.สต.น้ำ อ้อม	รพ.สต.วัง หิน	รพ.สต. คลองน้ำคั่น	รพ.สต.ชัย เปิบ
โรงพยาบาลวังโป่ง		20	8	30	25	15	7	20	30
รพ.สต.วังศาล	20		25	35	45	35	27	40	50
รพ.สต.วังกระดาศา	8	25		12	15	10	15	28	38
รพ.สต.ดงหลง	30	35	12		5	30	37	50	60
รพ.สต.ด่านช้าง	25	45	15	5		25	32	45	55
รพ.สต.น้ำอ้อม	15	35	10	30	25		10	35	45
รพ.สต.วังหิน	7	27	15	37	32	10		27	37
รพ.สต.คลองน้ำคั่น	20	40	28	50	45	35	27		9
รพ.สต.ชัยเปิบ	30	50	38	60	55	45	38	9	

งานวิจัยนี้เป็นต้นแบบในการวางแผนการขนส่งวัคซีนให้กับประเทศไทยที่มีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมากกว่า 9,200 แห่งต่อไป โดยจะหาเส้นทางการขนส่งวัคซีนที่กระจายจากโรงพยาบาลประจำอำเภอวังโป่งไปยังโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล โดยมีกรณีศึกษาเป็นโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์

วิธีการ

ในการวิจัยนี้ได้นำวิธีการฝูงผึ้งมาใช้ในการวางแผนการกระจายวัคซีนจากโรงพยาบาลประจำอำเภอวังโป่งไปยังโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในอำเภอวังโป่ง จำนวน 8 โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล โดยปัจจุบันมีการตัดสินใจเส้นทางการกระจายวัคซีนโดยคนขับรถ ทำให้คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการลดระยะเวลาในการกระจายวัคซีนให้ลดเวลาในการขนส่งวัคซีน โดยมีขั้นตอนการพัฒนาารูปแบบการวางแผนการขนส่งวัคซีนด้วยวิธีฝูงผึ้งดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การพัฒนาคำตอบด้วยวิธีฟัซซี่

จากรูปที่ 1 แสดงแสดงรูปแบบในการพัฒนาคำตอบในเรื่องเส้นทางการกระจายวัคซีนในอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยวิธีฟัซซี่โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การรับข้อมูลเข้าจากโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล

การรับข้อมูลจากโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซลจะต้องมีการกำหนดแหล่งข้อมูลของในรูปแบบฐานข้อมูล ให้ชัดเจน และในการรับข้อมูลเข้ามานั้น จะต้องสร้างชุดรับข้อมูลหรืออาร์เรย์เพื่อเป็นที่เก็บข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป ซึ่งการรับข้อมูลจะรับเรียงข้อมูลตามแถวและคอลัมน์เป็นอาร์เรย์ 2 มิติตามแถวและคอลัมน์ตามฐานข้อมูลในโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล โดยมีรูปแบบของตารางตามแบบตารางที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 การหาคำตอบเริ่มต้น

ส่วนนี้เป็นการแสดงวิธีการหาคำตอบเริ่มต้นของการขนส่งวัคซีน โดยเส้นทางการขนส่งจะเริ่มต้นจากโรงพยาบาลวังโป่งเป็นอันดับแรกทุกครั้ง แล้วทำการค้นหาโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลที่ละแห่งจนกว่าจะครบ 8 แห่ง โดยไม่มีการสุ่มซ้ำ และต้องอยู่ภายใต้เส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้ อีกทั้งในการสุ่ม

หาโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ต้องสุ่มเฉพาะโรงพยาบาลที่มีความต้องการวัคซีนเท่านั้น ซึ่งการหาคำตอบเริ่มต้นมีจำนวนครั้งของการหาคำตอบเริ่มต้นเท่ากับจำนวนของผึ้งสำรวจ (ในงานวิจัยนี้กำหนดให้เท่ากับ 10 ตัว)

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาคำตอบโดยวิธีฝูงผึ้ง (Bee colony Optimization: BCO)

การพัฒนาคำตอบด้วยวิธีฝูงผึ้ง โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ในงานวิจัยนี้ คือ ผึ้งสอดแนม (n) จำนวน 10 ตัว และจำนวนผึ้งที่ใช้ในการหาคำตอบข้างเคียง (m) จำนวน 5 ตัว และในการทดลองได้ออกแบบให้เปลี่ยนพารามิเตอร์ของจำนวนรอบของการวนซ้ำด้วยวิธีฝูงผึ้ง ซึ่งจะมีการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้งในแต่ละพารามิเตอร์มีขั้นตอนในการพัฒนาคำตอบด้วยวิธีฝูงผึ้ง (Pham, 2006) มีดังต่อไปนี้

3.1 หาคำตอบเริ่มต้นในขั้นตอนที่ 2 จำนวนคำตอบเริ่มต้น 10 ค่า จะกำหนดให้เป็นผึ้งสอดแนมจำนวน $n=10$ ตัว ค้นหาคำตอบเริ่มต้น และกำหนดให้จำนวนรอบของการทำซ้ำเริ่มที่ $NC=0$

3.2 ประเมินผลของคำตอบที่ได้จากการค้นหาของผึ้งสอดแนม โดยจัดลำดับจากค่าเวลาน้อยที่สุดไปมากที่สุด หรือจากคำตอบที่ดีที่สุดไปคำตอบที่คุณภาพของคำตอบต่ำลงมา

3.3 เลือกผึ้งสอดแนมที่หาค่าเวลาการเดินทางต่ำที่สุด $m=5$ ตัว

3.4 คัดแยกผึ้งสำรวจหรือคำตอบที่ดีที่สุด $m=5$ คำตอบนี้ ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มแรกมีคำตอบที่ดีที่สุด $e=2$ คำตอบ และกลุ่มที่ 2 มีคำตอบที่ด้อยลงมา $m-e=3$ คำตอบ

3.5 กำหนดขอบเขตในการค้นหาคำตอบข้างเคียงของบริเวณที่ได้คำตอบที่ดีที่สุด $m=5$ คำตอบ หรือการกำหนดจำนวนผึ้งงานไปยังแหล่งน้ำหวาน โดยในงานวิจัยนี้ใช้การหาคำตอบข้างเคียงโดยการเปลี่ยนลำดับการกระจายวัคซีนในการกระจายวัคซีนไปพร.สต. ลำดับที่ 4-8 ซึ่งการกำหนดขอบเขตค่าข้างเคียงจะมีการกำหนดคือ เลือกค่าที่ดีที่สุดออกมา 2 ค่าแรก และหาค่าข้างเคียง 3 ค่า และเลือกค่าที่ดีที่สุด 3 ค่า ต่อมา หาคำตอบข้างเคียง 3 ค่า

3.6 ให้ผึ้งงานไปหาน้ำหวานหรือค้นหาคำตอบข้างเคียงที่เลือกจากแหล่งน้ำหวาน $m=5$ คำตอบ

3.7 ประเมินผลของคำตอบที่ได้จากการค้นหาของผึ้งงานในแต่ละแหล่ง และเลือกคำตอบที่ดีที่สุดของแต่ละแหล่ง ซึ่งได้คำตอบที่ดีออกมา 5 คำตอบ

3.8 ตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด ถ้าตรงตามเงื่อนไขให้หยุดการค้นหา ถ้าไม่ตรงตามเงื่อนไขให้เพิ่มจำนวนรอบของการทำซ้ำ $NC=NC+1$

3.9 กำหนดให้ผึ้งสอดแนมจำนวน $n-m=5$ ตัว ค้นหาคำตอบใหม่ แล้วไปดำเนินในขั้นตอนที่ 3.2 ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนได้คำตอบที่ดีที่สุดขึ้นไป

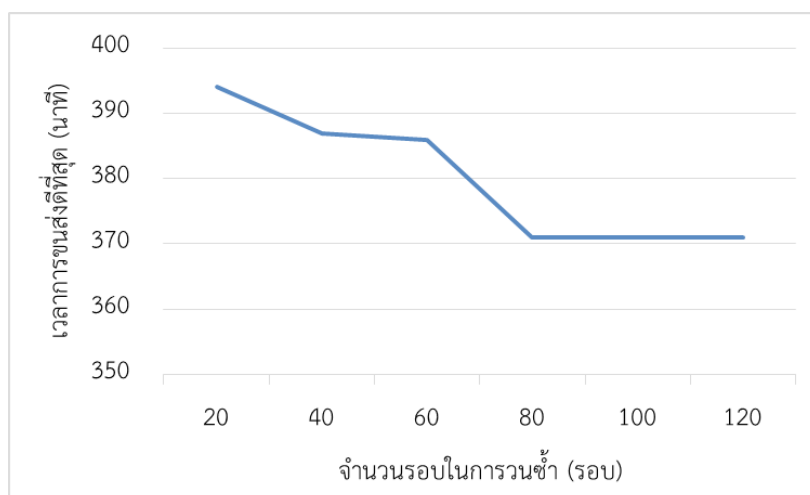
ผลการทดลอง

จากการพัฒนาแนวทางการวางแผนการขนส่งวัคซีนจากโรงพยาบาลวังโป่งไปยังโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในเขตอำเภอวังโป่ง จำนวน 8 แห่งด้วยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีฝูงผึ้ง ได้กำหนดให้มีผึ้งสอดแนมจำนวน 10 ตัว และจำนวนผึ้งที่ใช้ในการหาคำตอบข้างเคียง จำนวน 5 ตัว และในการทดลองได้ออกแบบให้เปลี่ยนพารามิเตอร์ของจำนวนรอบของการวนซ้ำด้วยวิธีฝูงผึ้ง ซึ่งจะมีการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้งในแต่ละพารามิเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์ของเวลาการขนส่งวัคซีนด้วยวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีฝูงผึ้ง

การทดลอง ครั้งที่	จำนวนรอบ ในการวนซ้ำ	การทดลองซ้ำครั้งที่					เวลาเฉลี่ย (นาท)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (นาท)
		1	2	3	4	5		
1	20	399	384	399	399	394	395	5.83
2	40	396	399	388	387	397	393.4	4.92
3	60	386	386	389	397	388	389.2	4.07
4	80	388	386	371	398	386	385.8	8.63
5	100	376	371	371	371	371	372	2
6	120	371	371	371	371	371	371	0

จากตารางที่ 2 พบว่า การทดลองครั้งที่ 1 จำนวนรอบในการวนซ้ำ เท่ากับ 20 รอบ ได้เวลาที่ดีที่สุด คือ 384 นาท โดยมีค่าเฉลี่ยซ้ำ 5 ครั้ง เท่ากับ 395 นาท และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.83 นาท การทดลองครั้งที่ 2 จำนวนรอบในการวนซ้ำ เท่ากับ 40 รอบ ได้เวลาที่ดีที่สุด คือ 387 นาท โดยมีค่าเฉลี่ยซ้ำ 5 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 393.4 นาท และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.92 นาท การทดลองครั้งที่ 3 จำนวนรอบในการวนซ้ำ เท่ากับ 60 รอบ ได้เวลาที่ดีที่สุด คือ 386 นาท โดยมีค่าเฉลี่ยซ้ำ 5 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 389.2 นาท และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.07 นาท การทดลองครั้งที่ 4 จำนวนรอบในการวนซ้ำ เท่ากับ 80 รอบ ได้เวลาที่ดีที่สุด คือ 371 นาท โดยมีค่าเฉลี่ยซ้ำ 5 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 385.8 นาท และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.63 นาท การทดลองครั้งที่ 5 จำนวนรอบในการวนซ้ำ เท่ากับ 100 รอบ ได้เวลาที่ดีที่สุด คือ 371 นาท โดยมีค่าเฉลี่ยซ้ำ 5 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 372 นาท และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2 นาท การทดลองครั้งที่ 6 จำนวนรอบในการวนซ้ำ เท่ากับ 120 รอบ ได้เวลาที่ดีที่สุด คือ 371 นาท โดยมีค่าเฉลี่ยซ้ำ 5 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 371 นาท และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 นาท และสามารถสร้างแผนภูมิการรู้เข้าหาคำตอบได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การลู่เข้าหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีฝูงผึ้ง

จากรูปที่ 2 พบว่า แนวโน้มของการลู่เข้าหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยเริ่มตั้งแต่จำนวนรอบในการวนซ้ำ 20 40 60 80 100 และ 120 ตามลำดับ พบว่า จำนวนรอบของการวนซ้ำที่ 80 รอบ มีการลู่เข้าหาคำตอบที่ดีที่สุด คือ 371 นาที แต่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 8.63 นาที จนกระทั่งมีจำนวนรอบของการวนซ้ำที่ 120 รอบ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 นาที จึงทำให้งานวิจัยนี้เลือกจำนวนรอบในการวนซ้ำที่ 120 รอบ เนื่องจากทำให้เกิดความมั่นใจว่าทุกครั้งที่ผู้ใช้งานวางแผนการขนส่งวัคซีนจะได้คำตอบของเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดทุกครั้ง

เส้นทางขนส่งในปัจจุบัน	รพ.วังโป่ง	รพ.สต.ซับเปิบ	รพ.สต.คลองน้ำคั้น	รพ.สต.วังหิน	รพ.สต.น้ำอ้อม	รพ.สต.วังกระดาดเงิน	รพ.สต.วังศาล	รพ.สต.ด่านช้าง	รพ.สต.ดงหลง
เส้นทางการใช้วิธีฝูงผึ้ง	รพ.วังโป่ง	รพ.สต.วังหิน	รพ.สต.น้ำอ้อม	รพ.สต.วังกระดาดเงิน	รพ.สต.ด่านช้าง	รพ.สต.ดงหลง	รพ.สต.วังศาล	รพ.สต.คลองน้ำคั้น	รพ.สต.ซับเปิบ

รูปที่ 3 การเปรียบเทียบเส้นทางขนส่งวัคซีนในปัจจุบันกับการวางแผนด้วยวิธีฝูงผึ้ง

จากรูปที่ 3 พบว่า เส้นทางขนส่งวัคซีนในปัจจุบันของอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ เริ่มต้นที่โรงพยาบาลวังโป่งไปโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลซับเปิบ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลคลองน้ำคั้น โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลวังหิน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลน้ำอ้อม โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลวังกระดาดเงิน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลวังศาลโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลด่านช้าง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลดงหลง ใช้เวลาในการขนส่งวัคซีนรวม คือ 401 นาที ส่วนเส้นทางการใช้วิธีฝูงผึ้งเริ่มต้นจากโรงพยาบาลวังโป่ง ไปโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลวังหิน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลน้ำอ้อม โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลวังกระดาดเงิน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลด่านช้าง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลดงหลง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลวังศาล โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลคลองน้ำคั้น โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลซับเปิบ ใช้เวลา

รวมในการขนส่งวัคซีนที่ดีที่สุด คือ 371 นาที ซึ่งเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการขนส่งในปัจจุบันที่ใช้การตัดสินใจโดยพนักงานขับรถ สามารถลดเวลารวมในการขนส่งได้ลดลง 30 นาที หรือเป็นร้อยละ 7.48 ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้มองแค่คุณภาพของคำตอบในเรื่องเวลาการขนส่งวัคซีนให้ต่ำที่สุด แต่ยังรวมถึงระยะเวลาในการหาคำตอบของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้มีความรวดเร็วอีกด้วย โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการวิจัย เป็นคอมพิวเตอร์แบบอินเทล คอร์ ไอ 7 (Intel Core I7) ที่มีความเร็วในการประมวลผล 2.2 จิกะเฮิร์ซ แรม 4 จิกะไบท์ (2.2 GHz Ram 4 GB) สามารถสรุปเวลาที่ใช้ในการประมวลผลได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 3 เวลาที่ใช้ในการประมวลผล

การทดลอง ครั้งที่	จำนวนรอบใน การวนซ้ำ	การทดลองซ้ำครั้งที่					ค่าเฉลี่ย (วินาที)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (วินาที)
		1	2	3	4	5		
1	20	1.88	1.87	1.86	1.87	1.96	1.89	0.04
2	40	3.35	3.45	3.42	3.36	3.44	3.40	0.04
3	60	4.90	4.92	4.88	4.98	4.93	4.92	0.04
4	80	6.42	6.42	6.59	6.48	6.47	6.48	0.06
5	100	7.79	7.92	7.98	7.85	7.85	7.88	0.07
6	120	9.96	10.01	9.95	9.98	10.05	9.99	0.02

จากตารางที่ 3 พบว่า เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีฝูงผึ้งจากการทดลองครั้งที่ 1 จำนวนรอบในการวนซ้ำ 20 รอบ ได้ค่าเฉลี่ยในการประมวลผล เท่ากับ 1.89 วินาที และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.04 การทดลองครั้งที่ 2 จำนวนรอบในการวนซ้ำ 40 รอบ ได้ค่าเฉลี่ยในการประมวลผล เท่ากับ 3.4 วินาที และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.04 วินาที การทดลองครั้งที่ 3 จำนวนรอบในการวนซ้ำ 60 รอบ ได้ค่าเฉลี่ยในการประมวลผล เท่ากับ 4.92 วินาที และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.04 การทดลองครั้งที่ 4 จำนวนรอบในการวนซ้ำ 80 รอบ ได้ค่าเฉลี่ยในการประมวลผล เท่ากับ 6.48 วินาที และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.06 วินาที การทดลองครั้งที่ 5 จำนวนรอบในการวนซ้ำ 100 รอบ ได้ค่าเฉลี่ยในการประมวลผล เท่ากับ 7.88 วินาที และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.07 วินาที และการทดลองครั้งที่ 6 จำนวนรอบในการวนซ้ำ 120 รอบ ได้ค่าเฉลี่ยในการประมวลผล เท่ากับ 9.99 วินาที และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.02 วินาที

สรุปและวิจารณ์ผล

จากงานวิจัยสามารถช่วยปรับปรุงเส้นทางการขนส่งวัคซีนจากเดิมที่ใช้ในการตัดสินใจเส้นทางการขนส่งโดยการตัดสินใจของคนขับรถ แต่หลังจากการพัฒนาการวางแผนเส้นทางการขนส่งวัคซีนของอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งมีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จำนวน 8 แห่ง โดยในการขนส่งจะต้องเริ่มจากโรงพยาบาลวังโป่ง เท่านั้นและกระจายไปยังโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล โดยในงานวิจัยสามารถช่วยลดเวลาในการขนส่งวัคซีน จากเดิมใช้เวลา 401 นาที หลังจากการปรับปรุงด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการที่ดีที่สุดด้วยวิธีการฝูงผึ้ง สามารถลดเวลาในการขนส่งลงเหลือ 371 นาที ลดลงจากเวลาในการขนส่งลง 30 นาที หรือเวลาในการใช้รถลงร้อยละ 7.81 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0 นาที โดยใช้เวลาในการหาคำตอบด้วยการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยวิธีการฝูงผึ้ง คือ 9.99 วินาที โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.02 วินาที

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณโรงพยาบาลวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่สนับสนุนข้อมูลในการวิจัยนี้ อีกทั้งคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย

REFERENCES

- Chaiwongsakda, N. (2015). Vehicle Routing by Using a Saving Algorithm and the Traveling Salesman Problem: A Case Study of a Drinking Water Factory. **Thai journal of Operation Research**. 3(1), 51-61. (in Thai)
- Pangnikon, P. (2005). **Assessment on vaccine and cold chain system management of Lampang public health provincial office**. Chiang Mai University. (in Thai)
- Pham, D.T., Ghanbarzadeh, A., Koç, E., Otri, S., Rahim, S., & Zaidi, M. (2006). **The Bees Algorithm – A Novel Tool for Complex Optimisation Problems**. Manufacturing Engineering Centre, Cardiff University
- Wongthatsanekorn, W., Phruksaphanrat, B. & Sangkhasuk, R. (2012). Applying bee colony optimization heuristic for make-pack problem in process manufacturing. **Engineering and Applied science Research**. 40(2), 47-56 (in Thai)