

การปรับปรุงระบบโลจิสติกส์นมดิบของสหกรณ์



นางสาวณัฐกฤตา วิเชียรไพศาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

IMPROVING RAW MILK LOGISTICS SYSTEM IN A DAIRY COOPERATIVE

Miss Natthakrita Wicheanpaisan



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงระบบโลจิสติกส์นมดิบของสหกรณ์
โดย	นางสาวณัฐกฤตา วิเชียรไพศาล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังศุมาลิน เสนจันทร์ฉวีไชย)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.นันท์ บุญยฉัตร)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ณัฐกฤตา วิเชียรไพศาล : การปรับปรุงระบบโลจิสติกส์นมดิบของสหกรณ์.
(IMPROVING RAW MILK LOGISTICS SYSTEM IN A DAIRY COOPERATIVE) อ.ที่
ปริญญาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย, 94 หน้า.

นมสดพร้อมดื่มเป็นอาหารเสริมที่สำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านสร้างเสริมสุขภาพ
เยาวชน สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรโคนม และส่งเสริมความเข้มแข็งของชุมชนผ่านกิจกรรม
สหกรณ์ หนึ่งในปัญหาโลจิสติกส์ที่สำคัญ ซึ่งกระทบต้นทุนการผลิตและคุณภาพของนมดิบคือ
ปัญหาการจัดการขนส่งระหว่างฟาร์มเกษตรกรไปยังศูนย์รวมนมของสหกรณ์การเกษตรเนื่องจาก
เกษตรกรแต่ละรายจัดส่งน้ำนมด้วยตนเองอย่างอิสระ ทำให้เกิดความสูญเปล่าด้านการขนส่ง เกิด
ความหนาแน่นที่ศูนย์รวมนม และน้ำนมไม่ได้คุณภาพเนื่องจากใช้เวลานานในการขนส่ง ดังนั้น
ทางคณะผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ข้อมูลการขนส่งของสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว จ.นครราชสีมาและ
ประยุกต์ข้อมูลการผลิตในแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่แสดงปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถบรรทุก
(Vehicle Routing Problem) เพื่อกำหนดช่วงเวลาการรับนมแต่ละฟาร์มทั้งในรอบเช้าและรอบ
บ่ายและกำหนดจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขการดำเนินงานของศูนย์รวมนม การ
วิเคราะห์ข้อมูลแสดงถึงการใช้อรรถประโยชน์ของรถบรรทุกสามารถปรับปรุงได้ด้วยการจัดการ
ขนส่งโดยสหกรณ์ ผลการประยุกต์แบบจำลองด้วยวิธีการกวาด และการสลับสองตำแหน่ง แสดง
ค่าขนส่งทั้งหมดสามารถลดลงได้ร้อยละ 42.37

คำหลัก โลจิสติกส์ต้นน้ำของนมดิบ ฟาร์มโคนมไทย โครงข่ายแบบรวมศูนย์ ปัญหา
การจัดเส้นทางเดินรถ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อ อ.ที่ปริญญาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2556

5470482021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: DAIRY UPSTREAM LOGISTICS / THAI DAIRY FARM / CENTRALIZED NETWORK PLANNING / VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOW

NATTHAKRITA WICHEANPAISAN: IMPROVING RAW MILK LOGISTICS SYSTEM IN A DAIRY COOPERATIVE. ADVISOR: ORAN KITTITHREERAPRONCHAI, Ph.D., 94 pp.

Dairy milk has been an essential food supplement especially for kids, generated constant stream of revenues for dairy farmers, and enhanced community strength through a regional cooperative. One of the important upstream problems that affect production costs and quality of raw milk is a logistic planning between a dairy collection center operated by a cooperative and farms. Since there is no centralize planning, each farm transports its raw milk independently using its own truck. As a result, the upstream dairy logistics suffers from inefficient transportation, heavy congestion at a dairy collection center, and low quality milk resulted from a long elapsed time between milking and collecting. Therefore, we analyzed the transportation data of See-Kew Cooperative, located in Northeast region of Thailand, and modeled the problem as the Vehicle Routing Problem (VRP) to schedule the pick-up time of each farm. The data analysis shows that the utilization of trucks can be significantly improved by centralized planning and calculated managing delivery time window at the collection center. Furthermore, we implemented the sweep and 2OPT heuristics and illustrated that the total transportation costs can be 42.37% reduced.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Industrial Engineering Student's Signature

Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในขั้นตอนตั้งแต่การเก็บข้อมูล การสำรวจพื้นที่ การเขียนโปรแกรม การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยจากบุคคลหลายท่าน ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. โอฬาร กิตติธีรพรชัย ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง และรศ.สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านทุนทรัพย์ในการเดินทางไปเก็บข้อมูลและสำรวจพื้นที่ ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ปารเมศ ชูติมา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อังศุมาลิน เสนจันทร์ฉวีไชย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลามาให้ข้อเสนอแนะและชี้แนะข้อบกพร่องของเนื้อหา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ครบถ้วนมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณภัทร ศรีพวาทกุล และคุณพิชญ์ เตชะกำธร ที่คอยให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำการทำเล่มวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้องร่วมรุ่น ที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณมารดา ผู้ให้การสนับสนุนการศึกษาต่อและเป็นกำลังใจในยามท้อแท้และเมื่อมีอุปสรรคในการทำงาน จนสามารถสำเร็จการศึกษา ผู้วิจัยขอมอบความสำเร็จนี้แด่มารดาของข้าพเจ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	6
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	6
1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย.....	6
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 อุตสาหกรรมโคนมไทย.....	8
2.2 โลจิสติกส์ (Logistics).....	10
2.3 ห่วงโซ่อุปทาน (Supply cChain).....	12
2.4 บทบาทการขนส่งในห่วงโซ่อุปทาน.....	13
2.5 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem, VRP).....	15
2.6 การหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทาง.....	17
2.7 วิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด (Sweep Algorithm).....	22
2.8 วิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบออร์-ออฟท์ (Or-Opt Exchange).....	23
บทที่ 3 สภาพปัจจุบันและแนวคิดในการดำเนินงาน.....	24
3.1 สภาพปัจจุบันของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว.....	24

3.2	สภาพการขนส่งของสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว	29
3.3	การเตรียมข้อมูลก่อนการจัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบ	37
3.4	การจัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการสังเกต	47
3.5	วิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด (Sweep Algorithm).....	51
3.6	วิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ (2-Opt Exchange)	58
บทที่ 4	ผลการศึกษา.....	61
4.1	การจัดเส้นทางด้วยวิธีการสังเกต	61
4.2	สมการค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบ	62
4.3	วิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด.....	66
4.4	วิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ (2-Opt Exchange)	70
4.5	การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง	75
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ	77
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	77
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	78
	รายการอ้างอิง	79
	ภาคผนวก.....	81
	ภาคผนวก ก. ข้อมูลฟาร์มสมาชิกหลังการจัดกลุ่ม	82
	ภาคผนวก ข. แบบสอบถามฟาร์มสมาชิก	86
	ภาคผนวก ค. ข้อมูลจากแบบสอบถามฟาร์มสมาชิก	88
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	95

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. 1	ฟาร์มสมาชิกที่ถูกปรับค่าคุณภาพน้ำนมจากการขนส่งล่าช้า 5 ลำดับแรก.....	4
ตารางที่ 2. 1	ต้นทุนโลจิสติกส์ของนมพร้อมดื่ม.....	11
ตารางที่ 3. 1	ฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการขนส่งนมดิบเอง.....	29
ตารางที่ 3. 2	ฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการจ้างขนส่งนมดิบ	31
ตารางที่ 3. 3	เส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบในแต่ละตำบลของฟาร์มสมาชิก.....	38
ตารางที่ 3. 4	ลำดับการหยุดรับถังนมของสายรถขนส่งสายที่ 17 และสายที่ 21	48
ตารางที่ 3. 5	ตารางเมตรกิโลเมตรทาง (กิโลเมตร).....	48
ตารางที่ 3. 6	ตารางเมตรกิโลเมตร (นาทีกิโลเมตร).....	48
ตารางที่ 3. 7	การหาลำดับการหยุดรับถังนมจากสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว	49
ตารางที่ 3. 8	การหาลำดับการหยุดรับถังนมจากฟาร์มสมาชิก 180.....	49
ตารางที่ 3. 9	การหาลำดับการหยุดรับถังนมจากฟาร์มสมาชิกสายใหม่.....	50
ตารางที่ 4. 1	ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนส่งของฟาร์มสมาชิก.....	63
ตารางที่ 4. 2	จำนวนเส้นทางฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอกของแต่ละมุมเริ่มต้น	66
ตารางที่ 4. 3	ปริมาณถังนมของเส้นทางฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอก	67
ตารางที่ 4. 4	ระยะเวลาการเดินรถขนส่งนมดิบของเส้นทางฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอก	68
ตารางที่ 4. 5	ปริมาณถังนมที่บรรทุกและเวลาการเดินรถขนส่งนมดิบในแต่ละเส้นทาง	69
ตารางที่ 4. 6	ลำดับการรับถังนมของฟาร์มสมาชิกในแต่ละเส้นทางเดินรถภายใน	71
ตารางที่ 4. 7	ลำดับการรับถังนมของฟาร์มสมาชิกในแต่ละเส้นทางเดินรถภายนอก	71
ตารางที่ 4. 8	ตารางการเดินรถขนส่งนมดิบในแต่ละสายรถขนส่งรอบเช้า.....	73
ตารางที่ 4. 9	ตารางการเดินรถขนส่งนมดิบในแต่ละสายรถขนส่งรอบบ่าย.....	73
ตารางที่ 4. 10	แสดงจำนวนรถขนส่ง ค่าขนส่งและประสิทธิภาพการใช้รถขนส่งในแต่ละวิธี.....	74
ตารางที่ 4. 11	จำนวนรถขนส่ง ค่าขนส่งและประสิทธิภาพการใช้รถขนส่งในปริมาณการบรรทุกถึง นมมากที่สุดที่แตกต่างกัน.....	75

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1. 1 ปริมาณการผลิตน้ำนม และปริมาณการบริโภคคนนมและผลิตภัณฑ์นม	1
รูปที่ 1. 2 โครงสร้างอุตสาหกรรมนมพร้อมดื่ม	2
รูปที่ 1. 3 ค่าความถี่ของฟาร์มสมาชิกที่ถูกปรับค่าคุณภาพน้ำนมจากการขนส่งล่าช้า	3
รูปที่ 1. 4 เส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกในปัจจุบัน	5
รูปที่ 1. 5 การทับซ้อนเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกตัวอย่าง	5
รูปที่ 2. 1 การกระจายตัวของผู้เกี่ยวข้องและสถิติในอุตสาหกรรมนม	9
รูปที่ 2. 2 ขั้นตอนทั่วไปของวิธีการเชิงพันธุกรรมกับการเชื่อมโยงเข้ากับระบบ	19
รูปที่ 2. 3 การหาคำตอบด้วยวิธีแบบกวาด (Sweep Algorithm)	22
รูปที่ 2. 4 การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์	23
รูปที่ 3. 1 ลักษณะการเลี้ยงโคนมของฟาร์มขนาดเล็กมาก	24
รูปที่ 3. 2 ลักษณะการเลี้ยงโคนมของฟาร์มขนาดเล็ก	25
รูปที่ 3. 3 ลักษณะการเลี้ยงโคนมของฟาร์มขนาดกลาง	25
รูปที่ 3. 4 ลักษณะการเลี้ยงโคนมของฟาร์มขนาดใหญ่	26
รูปที่ 3. 5 ลักษณะการเลี้ยงโคนมของฟาร์มขนาดใหญ่มาก	26
รูปที่ 3. 6 ลักษณะการแยกคอกโคนมตามอายุ	27
รูปที่ 3. 7 การกระจายตัวตามขนาดฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว	27
รูปที่ 3. 8 แสดงปริมาณการรับนมดิบรายเดือนตามขนาดฟาร์มสมาชิกในปี พ.ศ. 2555	28
รูปที่ 3. 9 ขั้นตอนการรับน้ำนมดิบของศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว	35
รูปที่ 3. 10 ปริมาณนมดิบรายวันของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว	36
รูปที่ 3. 11 การกรอกข้อมูลตำแหน่งลงบนแถบค้นหาแอปพลิเคชัน Google Map	40
รูปที่ 3. 12 การหาเส้นทางของตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ระหว่างจุดสองจุด	40
รูปที่ 3. 13 ตัวอย่างระยะทางระหว่างจุดที่ตั้งสองจุด	41
รูปที่ 3. 14 ตารางเมตริกระยะทาง	41
รูปที่ 3. 15 ขนาดถังบรรจุนมดิบของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว	42
รูปที่ 3. 16 กลุ่มเส้นทางสายรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว	44
รูปที่ 3. 17 แผนที่อำเภอสี่คิ้วและอำเภอด่านขุนทด	44
รูปที่ 3. 18 แผนที่การจัดกลุ่มทิศตามตำบลของอำเภอสี่คิ้วและอำเภอด่านขุนทด	45
รูปที่ 3. 19 การแบ่งพื้นที่เส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบ	46
รูปที่ 3. 20 แผนภาพการหาเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด	52

รูปที่ 3. 21 การกวาดของรัศมีจากตำแหน่งเริ่มต้นจนพบฟาร์มแรก..... 55

รูปที่ 3. 22 การกวาดของรัศมีจากฟาร์มสมาชิก 48 จนพบฟาร์มสมาชิก 49..... 56

รูปที่ 3. 23 เส้นทางการเดินรถสาย 48 49 และ 50..... 57

รูปที่ 3. 24 แผนภาพการหาเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ 58

รูปที่ 3. 25 เส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบของสายที่ 1..... 59

รูปที่ 3. 26 การเปลี่ยนเส้นทางด้วยการตัดเส้นทางที่ (1) และ (3)..... 59

รูปที่ 3. 27 การเปลี่ยนเส้นทางด้วยการตัดเส้นทางที่ (2) และ (4)..... 60

รูปที่ 4. 1 จำนวนถังนมในรถขนส่งแต่ละสายแยกตามทิศพื้นที่รอบสหกรณ์ 61

รูปที่ 4. 2 วิธีการบรรทุกถังนมดิบสองชั้นของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว..... 62

รูปที่ 4. 3 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบต่อระยะทางและน้ำหนักนม.... 63

รูปที่ 4. 4 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบต่อระยะทาง 64

รูปที่ 4. 5 การแจกแจงแบบปกติของค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบ 65

รูปที่ 4. 6 ความเป็นอิสระของค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบ 65

รูปที่ 4. 7 เส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบบนแผนที่จริง 69

รูปที่ 4. 8 การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ 70

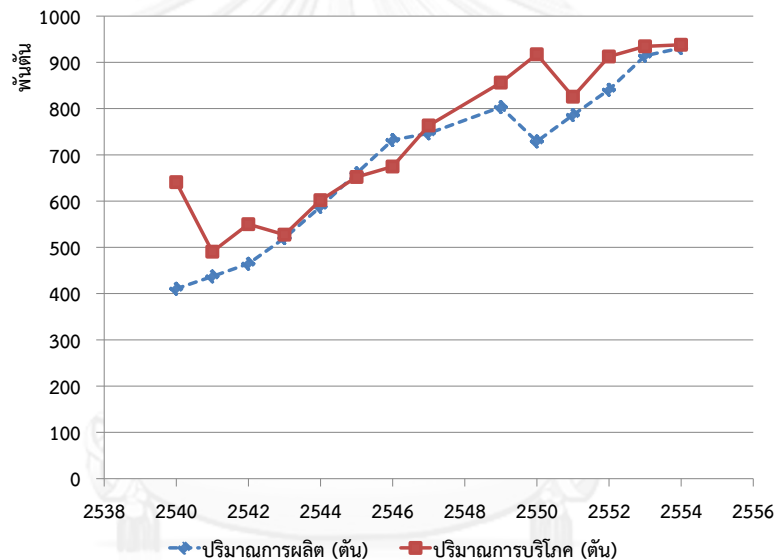
รูปที่ 4. 9 การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งให้กับรถขนส่งแต่ละคัน 72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมนมเป็นอุตสาหกรรมอาหารที่มีความสำคัญของประเทศไทย เนื่องจากนมเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงอุดมไปด้วยธาตุอาหารครบทั้ง 5 หมู่ นมจึงช่วยพัฒนาการเจริญเติบโตและสติปัญญาของเด็กวัยเรียน นอกจากนี้อุตสาหกรรมนมของไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง จะเห็นได้จากปริมาณการผลิตนํ้านมและปริมาณการบริโภคนมและผลิตภัณฑ์นมที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 –2554 ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1. 1 ปริมาณการผลิตนํ้านม และปริมาณการบริโภคนมและผลิตภัณฑ์นม [1, 2]

จากรูปที่ 1.1 การเติบโตของภาคอุตสาหกรรมนมของประเทศไทยทราบได้จากปริมาณการผลิตและปริมาณการบริโภคนมและผลิตภัณฑ์นมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี 2540 – 2554 ในปี พ.ศ. 2540 เกิดเหตุการณ์วิกฤตเศรษฐกิจทำให้ภาวะราคาสินค้าและวัตถุดิบนำเข้ามีราคาสูง ประชาชนว่างงานและมีกำลังซื้อลดลง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ภาครัฐจึงมีนโยบายส่งเสริมและประกันราคานมดิบขั้นต่ำให้เกษตรกร กำหนดให้มีการใช้นมดิบที่ผลิตในประเทศมาผลิต นม ภายใต้โครงการอาหารเสริมนมโรงเรียน การขยายพื้นที่โครงการนมโรงเรียน และยังเพิ่มมาตรการป้องกันด้านอัตราราคีและโควตานำเข้านมผงจากต่างประเทศ เพื่อช่วยเหลือเกษตรกร [2] รวมถึงในปี พ.ศ. 2549 ภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมนมในประเทศไทยมีการร่วมกันรณรงค์และจัดกิจกรรมโครงการวันดีมนมโลกขององค์การอาหารแห่งสหประชาชาติ วันที่ 1 มิถุนายน ของทุกปี และ

มีการขยายโครงการอาหารเสริมนมโรงเรียนจนถึงระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ทำให้การผลิตและการบริโภคนมเพิ่มขึ้น [1]

นอกจากนี้การเติบโตของอุตสาหกรรมนมยังช่วยส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงโคนมให้สามารถดำรงอาชีพได้อย่างยั่งยืนมากขึ้น ในปัจจุบันนมดิบที่ผลิตภายในประเทศปริมาณร้อยละ 97 ถูกส่งให้ศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์เพื่อนำมาผลิตเป็นนมพร้อมดื่ม [2] โครงสร้างการทำอุตสาหกรรมนมพร้อมดื่มของประเทศไทยนั้นมีส่วนที่เกี่ยวข้องตั้งแต่การผลิตจนถึงผู้บริโภคสุดท้าย ดังรูปที่ 1.2



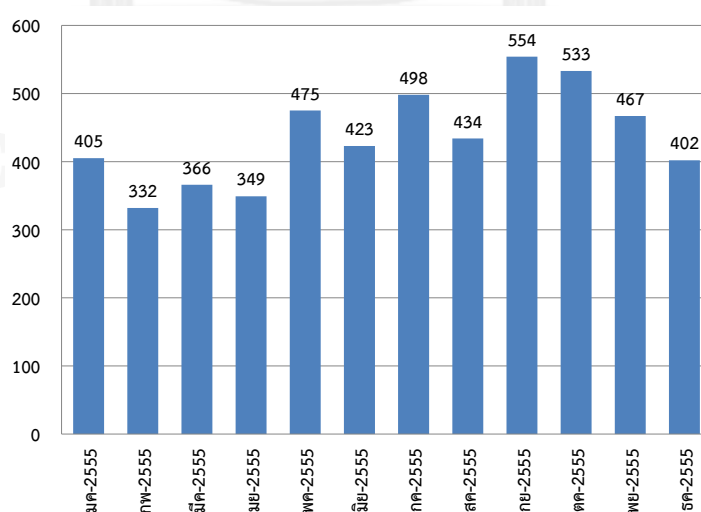
รูปที่ 1. 2 โครงสร้างอุตสาหกรรมนมพร้อมดื่ม

จากรูปที่ 1.2 โครงสร้างอุตสาหกรรมนมพร้อมดื่มของประเทศไทยมีส่วนเกี่ยวข้องหลายกลุ่ม เริ่มจากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมดำเนินการเลี้ยงโคนมเพื่อผลิตนมดิบแล้วขนส่งนมดิบไปยังศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์หรือศูนย์รวบรวมนมดิบของเอกชน จากนั้นศูนย์รวบรวมนมดิบจะทำการตรวจคุณภาพเพื่อประเมินราคาก่อนส่งนมดิบเข้าสู่กระบวนการแปรรูปในโรงงานของสหกรณ์หรือส่งนมดิบไปยังโรงงานแปรรูปเอกชนเพื่อผลิตเป็นนมพร้อมดื่ม หลังจากแปรรูปนมดิบเป็นนมพร้อมดื่มแล้วจะสามารถนำมาขายในตลาดได้ 2 ประเภท คือ ตลาดนมพาณิชย์ คือการค่านมพร้อมดื่มแบบปลีก มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 53 และตลาดนมในโครงการอาหารเสริม (นม) โรงเรียน คือ การค่านมพร้อมดื่มแบบมีผู้ประมูลราคา มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 47 [3]

การจัดการนมดิบของตลาดนมทั้งสองประเภทมีความแตกต่างกันในบางกรณี แต่มีการจัดการดูแลรักษาคุณภาพนมดิบที่เหมือนกัน เนื่องจากนมดิบเป็นสินค้าที่เน่าเสียง่ายจำเป็นที่จะต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิเหมาะสม คือ 4 องศาเซลเซียสก่อนระยะเวลาครบ 2 ชั่วโมงหลังรีดนมเสร็จ [2] มิฉะนั้นจะเกิดการเน่าเสียของนมดิบส่งผลเสียต่อเกษตรกร ศูนย์รวบรวมนมดิบ ผู้ประกอบการ รวมถึงผู้บริโภคได้ กระบวนการจัดการนมดิบจึงต้องมีการจัดการที่ดีตั้งแต่ต้นน้ำของอุตสาหกรรมนมพร้อมดื่ม เนื่องจากฟาร์มมีปริมาณการส่งนมให้ศูนย์รวบรวมนมของสหกรณ์มากถึงร้อยละ 97 ดังกล่าวข้างต้น ลักษณะปัญหาของอุตสาหกรรมนมต้นน้ำที่สำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตและคุณภาพนมดิบ คือ การขนส่งนมดิบจากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมนมดิบของ

สหกรณ์ เนื่องจากข้อจำกัดของนมดิบและรูปแบบการขนส่งนมดิบจากฟาร์มสมาชิกไปยังศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์อย่างอิสระ การขนส่งนมดิบที่ไม่มีกระบวนการวางแผนดังกล่าวทำให้เกิดการขนส่งที่ไม่มีประสิทธิภาพ เกิดความหนาแน่นที่ศูนย์รวมนมดิบเนื่องจากฟาร์มสมาชิกส่วนใหญ่จะมาส่งนมดิบให้ศูนย์รวมนมดิบใกล้เวลาปิดรับ รวมทั้งยังส่งผลถึงคุณภาพน้ำนมที่เกิดจากระยะเวลาการขนส่งที่ไม่เหมาะสม ปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวยังทำให้เกิดต้นทุนการขนส่งในอุตสาหกรรมนมสดคล้อยกับงานวิจัยของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2554) [3] ที่ได้ทำการศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์ทั้งหมดในอุตสาหกรรมนมพร้อมดื่มแล้วพบว่าต้นทุนการขนส่งในอุตสาหกรรมนมมีมากถึงร้อยละ 57.18 ปัญหาการขนส่งนมดิบที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำนมและต้นทุนในการขนส่งดังกล่าวเป็นปัญหาของศูนย์รวมนมดิบหลายแห่งรวมทั้งสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วที่เป็นสหกรณ์กรณีศึกษา

สหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วตั้งอยู่ที่อำเภอสี่คิ้ว จังหวัดนครราชสีมา การดำเนินกิจการประกอบด้วยส่วนของศูนย์รวมนมดิบเพื่อรับซื้อนมดิบจากฟาร์มสมาชิก และส่วนของโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์รวมทั้งโรงงานแปรรูปนมยูเอชทีเพื่อส่งไปยังโครงการอาหารเสริม (นม) ของรัฐบาลและนมพาณิชย์ การดำเนินกิจการดังกล่าวแสดงถึงความพร้อมในฐานะอุตสาหกรรมกลางน้ำที่มีการทำอุตสาหกรรมโคนมแบบครบวงจร นอกจากนี้สหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วยังให้ความร่วมมือในการปรับปรุงและการจัดการขนส่งนมดิบจากฟาร์มสมาชิกมายังศูนย์รวมนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วเนื่องจากเกิดปัญหาการขนส่งนมดิบที่ล่าช้าส่งผลกระทบต่อด้านคุณภาพน้ำนมที่ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมปศุสัตว์และองค์การอาหารและยา (อ.ย.) ทราบได้จากค่าความถี่ในการถูกปรับค่าคุณภาพน้ำนมดิบของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วในปี 2555 ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1. 3 ค่าความถี่ของฟาร์มสมาชิกที่ถูกปรับค่าคุณภาพน้ำนมจากการขนส่งล่าช้า

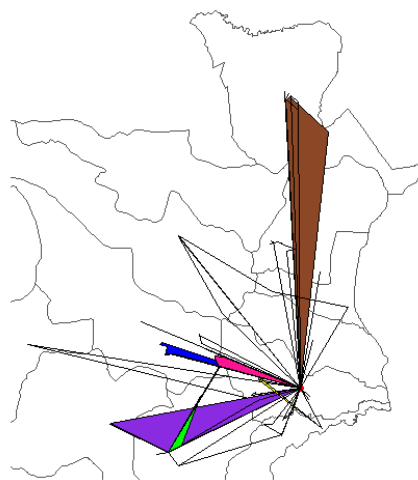
จากรูปที่ 1.3 ค่าความถี่ของฟาร์มสมาชิกที่ถูกปรับค่าคุณภาพน้ำนมจากการขนส่งล่าช้า ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึง เดือน ธันวาคม 2555 มีความถี่ของฟาร์มสมาชิกที่ถูกปรับเฉลี่ยเดือนละ 424 ครั้ง จากสถิติความถี่การถูกปรับของฟาร์มสมาชิกพบว่าผู้ถูกปรับจะเป็นสมาชิกรายเดิมๆ ดังเช่น ฟาร์มสมาชิกที่ถูกปรับมากเป็น 5 อันดับแรก ดังตารางที่ 1.1 ที่มีการขนส่งนมอย่างอิสระ โดยมีฟาร์มสมาชิกเป็นผู้รับผิดชอบ

ตารางที่ 1.1 ฟาร์มสมาชิกที่ถูกปรับค่าคุณภาพน้ำนมจากการขนส่งล่าช้า 5 ลำดับแรก

เลขสมาชิก	ขนาดฟาร์มสมาชิก	ความถี่ค่าปรับคุณภาพน้ำนมเฉลี่ยต่อเดือน (ครั้ง)	S.D	ค่าปรับคุณภาพน้ำนมต่อเดือน (บาท)
067	M	22	9.11	6669.00
074	M	20	8.53	2317.50
208	S	20	10.17	1147.50
196	M	18	8.32	3285.00
118	M	16	9.50	3277.50

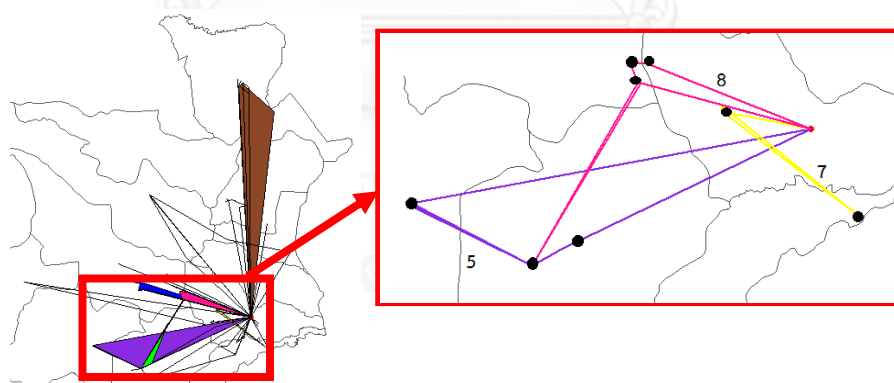
จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลและสำรวจตำแหน่งที่ตั้งฟาร์มสมาชิก พบว่า ปัจจุบันการขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วจำนวน 138 รายมีรูปแบบการขนส่งนมดิบ 2 ลักษณะ คือ การขนส่งนมดิบเองและการจ้างขนส่งนมดิบ ฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการขนส่งน้ำนมดิบเองมีจำนวน 52 รายหรือเป็นสัดส่วนร้อยละ 38 โดยจำนวนสมาชิก 52 รายนี้มีฟาร์มสมาชิก 22 รายที่มีสถานะเป็นทั้งผู้รับจ้างขนส่งนมดิบและฟาร์มสมาชิกที่ส่งนมดิบให้สหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วเช่นกัน ส่วนฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการจ้างขนส่งมีจำนวน 86 รายหรือเป็นสัดส่วนร้อยละ 62 ที่ทำการจ้างขนส่งนมดิบโดยผู้รับจ้างขนส่งนมดิบทั้ง 22 รายดังกล่าว ดังนั้น ในแต่ละวันจะมีจำนวนรถขนส่งนมดิบมาใช้บริการศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วทั้งหมด 52 คัน

เมื่อทราบรูปแบบการขนส่งของฟาร์มสมาชิกแล้วจึงทำการกำหนดจุดพิกัดการเดินทางขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกในปัจจุบันทั้ง 52 สายรถขนส่งลงบนแผนที่จริงของอำเภอสี่คิ้วเพื่อสังเกตปัญหาที่เกิดจากเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบในปัจจุบัน ดังรูปที่ 1.4 ด้วยโปรแกรม R/RStudio [4] เป็นโปรแกรมการเขียนภาษาที่สามารถใช้เขียนการทำงานของฟังก์ชันที่เราต้องการและสามารถติดตั้งได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย



รูปที่ 1. 4 เส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกในปัจจุบัน

จากรูปที่ 1.4 จุดสีแดงในแผนที่แสดงตำแหน่งของสหกรณ์การเกษตรศรีคิ้ว เส้นตรงสีดำแสดงเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบในแต่ละสายรถขนส่ง พื้นที่ภายในเส้นตรงแสดงบริเวณพื้นที่ขนส่งของสายรถขนส่งนมดิบ เส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกในปัจจุบันมีพื้นที่ทับซ้อนกันหลายเส้นทาง และในสายรถหนึ่งสายยังมีเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบทับซ้อนกันมากกว่าหนึ่งตำบล ดังรูปที่ 1.5 การทับซ้อนกันของเส้นทางทำให้มีระยะทางการเดินรถขนส่งนมดิบมากกว่าการเดินรถขนส่งนมดิบแบบไม่มีเส้นทางทับซ้อน นอกจากนี้การทับซ้อนของเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบยังทำให้เกิดการขนส่งเที่ยวเปล่าและสูญเสียต้นทุนพลังงานเชื้อเพลิงโดยเปล่าประโยชน์



รูปที่ 1. 5 การทับซ้อนเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกตัวอย่าง

จากรูปที่ 1.5 การทับซ้อนเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกสายรถขนส่งนมดิบสายที่ 5 แทนด้วยเส้นสีม่วง สายรถขนส่งนมดิบสายที่ 7 แทนด้วยเส้นสีเหลือง และสายรถขนส่งนมดิบสายที่ 8 แทนด้วยเส้นสีชมพู จุดสีดำแทนตำแหน่งฟาร์มสมาชิกที่สายรถขนส่งแต่ละสายจะหยุดรับถึงนม สายรถขนส่งนมดิบทั้งสามสายดังกล่าวมีการทับซ้อนกันระหว่างสายรถขนส่ง โดยสายรถขนส่งนมดิบสายที่ 7 มีการเดินรถขนส่งนมดิบทับเส้นทางของสายรถขนส่งนมดิบสายที่ 5 และมีการ

หยุดรับถังนมจากฟาร์มสมาชิกที่อยู่ในเส้นทางการเดินรถของสายรถขนส่งนมดิบสายที่ 8 นอกจากนี้สายรถขนส่งนมดิบสายที่ 8 ยังมีเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบทับซ้อนและหยุดรับถังนมจากฟาร์มสมาชิกที่อยู่ในเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบสายที่ 5 อีกด้วย

การขนส่งนมดิบจากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์อย่างอิสระทำให้เกิดการขนส่งที่ไม่มีประสิทธิภาพ การขนส่งล่าช้าที่ส่งผลต่อการถูกปรับค่าคุณภาพน้ำนมของฟาร์มสมาชิกที่เกิดจากระยะเวลาการขนส่งที่ไม่เหมาะสม รวมทั้งปัญหาหาการเดินรถขนส่งนมดิบที่มีเส้นทางทับซ้อนกัน งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบและกำหนดเวลาการขนส่งน้ำนมดิบให้ฟาร์มสมาชิกขนส่งนมดิบมายังศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์ก่อนเวลาปิดรับน้ำนมเพื่อช่วยรักษาคุณภาพน้ำนมระหว่างการขนส่งทำให้ศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์ได้รับน้ำนมที่มีคุณภาพดีและฟาร์มสมาชิกถูกปรับค่าคุณภาพน้ำนมจากการขนส่งล่าช้าลดลง

1.2 วัตถุประสงค์

เสนอแนวทางการปรับปรุงสายรถให้มีเส้นทางที่เหมาะสมและกำหนดเวลาการขนส่งน้ำนมดิบที่แน่นอนเพื่อลดระยะทางรวมในการขนส่งน้ำนมดิบจากฟาร์มสมาชิกมายังสหกรณ์โดยมีสหกรณ์เป็นผู้รับผิดชอบ และวัดผลการปรับปรุงเส้นทางจากระยะทางรวมที่ลดลง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 พิจารณาเฉพาะฟาร์มสมาชิกที่ส่งนมดิบให้สหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว
- 1.3.2 พิจารณาเงื่อนไขการรับซื้อน้ำนมดิบด้านคุณภาพและปริมาณ ตามข้อกำหนดกรมปศุสัตว์และองค์การอาหารและยา
- 1.3.3 พิจารณาเฉพาะคุณภาพน้ำนมดิบระหว่างการขนส่งจากฟาร์มไปยังศูนย์รวบรวมนม
- 1.3.4 ไม่พิจารณาการจัดการฟาร์ม โรงเรือน ระบบอาหาร และระบบสืบพันธุ์ของโคนม
- 1.3.5 ไม่พิจารณาการปนเปื้อนของน้ำนมดิบระหว่างขั้นตอนการรีด
- 1.3.6 นมดิบมีคุณภาพดีภายใต้การขนส่งนมดิบในระยะเวลา 2 ชั่วโมง
- 1.3.7 นมดิบมีการบรรจุในภาชนะที่มีจำนวนคงที่ แม้จะมีปริมาณน้ำหนักรวมไม่เท่ากัน เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณนมดิบในแต่ละวันต่างกันไม่มากกว่า 50 กิโลกรัมต่อวัน
- 1.3.8 ดัชนีชี้วัด ได้แก่ ค่าขนส่ง ระยะทางรวมในการขนส่ง

1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย

- 1.4.1 ลดความสูญเสียคุณภาพน้ำนมดิบจากการขนส่งในอุตสาหกรรมโคนม
- 1.4.2 เป็นแนวทางการพัฒนาการขนส่งสำหรับสหกรณ์การเกษตรอื่นๆ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถแนวทางการปรับปรุงสายรถให้มีเส้นทางที่เหมาะสมและกำหนดเวลาการขนส่งน้ำนมดิบที่แน่นอน ตั้งแต่ฟาร์มจนถึงศูนย์รวบรวมนม

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.6.1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปและทฤษฎี ดังนี้
 - 1.6.1.1 ศึกษาเกี่ยวกับอุตสาหกรรมโคนมและการขนส่งของอุตสาหกรรมโคนม
 - 1.6.1.2 ศึกษาการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการขนส่งน้ำนมดิบในอุตสาหกรรมโคนม
- 1.6.2 ทำการรวบรวมข้อมูลการขนส่งในอุตสาหกรรมโคนม
- 1.6.3 สำนวจสภาพปัจจุบันการขนส่งนมดิบจากฟาร์มไปยังสหกรณ์ และรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ
- 1.6.4 ศึกษาการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม R
- 1.6.5 สร้างแบบจำลองการขนส่ง
- 1.6.6 ทดสอบผลของแบบจำลอง
- 1.6.7 วิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลองการขนส่ง
- 1.6.8 สรุปผลการทดลอง
- 1.6.9 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

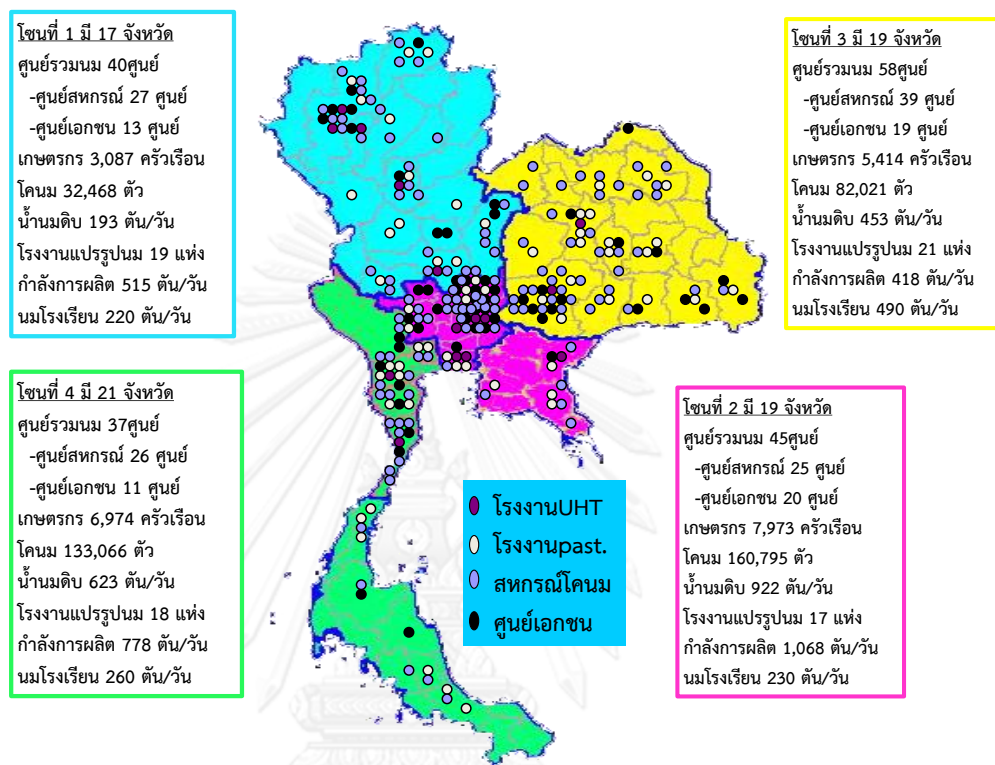
ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและเอกสารที่ต้องศึกษาเพื่อทำความเข้าใจในการทำงานวิจัยเล่มนี้ ประกอบด้วยความรู้เรื่องอุตสาหกรรมโคนมไทย โลจิสติกส์ (Logistics) และโซ่อุปทาน (Supply Chain) เพื่อทำความเข้าใจภาพรวมของผู้ที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมโคนม ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) สำหรับนำมาใช้จัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบที่มีสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วเป็นต้นแบบ

2.1 อุตสาหกรรมโคนมไทย

ในปี พ.ศ. 2503 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชและสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ ได้เสด็จประพาสยุโรปและทรงสนพระทัยในกิจการเลี้ยงโคนมของชาวเดนมาร์ก หลังจากนั้นรัฐบาลเดนมาร์กและสมาคมเกษตรกรเดนมาร์กได้ร่วมกันน้อมเกล้าถวายโครงการส่งเสริมการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย โดยมีการจัดตั้งฟาร์มโคนมและศูนย์ฝึกอบรมการเลี้ยงโคนมไทย-เดนมาร์กขึ้นในปี พ.ศ. 2505 ที่ตำบลมวกเหล็ก อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี โดยทรงประกอบพิธีเปิดฟาร์มโคนมร่วมกับพระเจ้าเฟเดอริกที่ 9 แห่งเดนมาร์ก ต่อมาในปี พ.ศ. 2514 รัฐบาลไทยได้รับการโอนกิจการทั้งหมดและจัดตั้งเป็นองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) ทำหน้าที่ส่งเสริมการเลี้ยงโคนม การฝึกอบรมเกษตรกรในการเลี้ยงโคนม รวมทั้งการจัดตั้งศูนย์รับซื้อน้ำนมดิบจากเกษตรกร การดำเนินการดังกล่าวเกิดขึ้นจากการรวมตัวกันของเกษตรกรเนื่องจากฟาร์มโคนมในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นฟาร์มขนาดเล็ก [5] การประกอบกิจการฟาร์มโคนมเป็นแบบครอบครัว มีจำนวนโคนม 5-20 ตัว [2] สหกรณ์โคนมจึงเริ่มก่อตั้งขึ้นโดยกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมรายย่อย เนื่องจากเกษตรกรไม่มีความรู้ในเรื่องการเก็บรักษาและการขนส่งน้ำนมดิบ ไม่มีอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมน้ำนมดิบ ไม่มีแหล่งเงินทุนที่สูงพอจะแปรูปน้ำนมดิบเอง ทำให้การส่งน้ำนมดิบไปขายให้โรงงานนั้นได้ราคาต่ำ เนื่องจากคุณภาพน้ำนมเปลี่ยนแปลง ปริมาณน้ำมนมน้อย หรืออาจจะต้องเทนมทิ้งเพราะเกิดการเน่าเสียจากการเก็บรักษาที่ผิดวิธีหรือไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องจักรเก็บรักษาเกษตรกรรายย่อยดำเนินการเพียงลำพังไม่ได้จึงเกิดการรวมกลุ่มเป็นสหกรณ์เพื่อช่วยเหลือตนเองและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน แต่การดำเนินงานและการลงทุนยังต้องอาศัยความช่วยเหลือจากรัฐบาลเอกชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันสหกรณ์โคนมของประเทศไทยมี 117 แห่ง โดยแบ่งเป็น 4 โซน คือ ภาคเหนือ (โซนที่ 1) มี 27 สหกรณ์ ภาคกลาง (โซนที่ 2) มี 25 สหกรณ์ ภาคอีสาน (โซนที่ 3) มี 39 สหกรณ์ และภาคใต้ (โซนที่ 4) มี 37 สหกรณ์ ดังรูปที่ 2.1 ส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็นศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ

นอกจากนี้ยังมีสหกรณ์จำนวน 18 แห่ง ที่มีการดำเนินการรวบรวมน้ำนมดิบและการผลิตแบบโรงงานแปรรูป ซึ่งโรงงานแปรรูปส่วนใหญ่เป็นการแปรรูปแบบพาสเจอร์ไรซ์ ยกเว้น สหกรณ์โคนมหนองโพ และสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็นที่มีการแปรรูปทั้งนมพาสเจอร์ไรซ์และนมยูเอชที



รูปที่ 2. 1 การกระจายตัวของผู้เกี่ยวข้องและสถิติในอุตสาหกรรมนม [2]

จากรูปที่ 2.1 แสดงความสำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (โซนที่ 3) เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณการผลิตในโครงการอาหารเสริม (นม) มากที่สุด ถึง 490 ตัน ต่อวัน และมีความต้องการไม่สม่ำเสมอ ในขณะที่มีกำลังการผลิต 418 ตันต่อวัน ดังนั้น สหกรณ์ที่อยู่ในพื้นที่โซน 3 นี้จึงต้องมีการดำเนินงานที่มีแบบแผนการบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์เพื่อรองรับความต้องการที่ไม่แน่นอนของโครงการอาหารเสริม (นม) และตอบสนองได้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคด้วยต้นทุนที่ต่ำลง การนำสหกรณ์ในโซนนี้มาเป็นต้นแบบ การบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์จึงเป็นสิ่งสำคัญ ฉะนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วที่มีพื้นที่อยู่ในเขตโซน 3 มาเป็นต้นแบบในการพัฒนาการบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์

2.2 โลจิสติกส์ (Logistics)

เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการวางแผน ดำเนินการ ควบคุมให้เกิดการเคลื่อนย้าย และจัดเก็บสินค้า บริการ ข้อมูลข่าวสาร ทั้งไปและกลับ ระหว่างผู้ผลิตกับผู้บริโภค ให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลตรงตามความต้องการของผู้บริโภค [6] โดยมีกิจกรรมที่เป็นกิจกรรมหลัก (Key Activities) ในกระบวนการ ได้แก่

1. การพยากรณ์ความต้องการของสินค้า (Demand Forecasting)
2. ขั้นตอนการสั่งซื้อ (Order Processing)
3. การบริหารสินค้าคงคลัง (Inventory Management)
4. การบริหารคลังสินค้า (Warehouse Management)
5. การจัดการควบคุมวัสดุในการผลิต (Material Handling)
6. ระบบการขนส่ง (Transportation)

โลจิสติกส์จะสร้างมูลค่าเพิ่มเมื่อสินค้าคงคลังมีปริมาณเพียงพอกับขายโดยไม่ขาด ซึ่งการสร้างระบบโลจิสติกส์ที่ดีอาจมีต้นทุนสูง แต่ก็มีค่าใช้จ่ายต่อองค์กรอย่างมาก เพราะวัตถุประสงค์ของโลจิสติกส์คือ การให้บริการที่ดีตรงตามความต้องการลูกค้าด้วยต้นทุนที่ต่ำเท่าที่จะเป็นไปได้โดยคำนึงถึงการควบคุมระดับการให้บริการกับต้นทุนให้สมดุลกัน ต้นทุนหลักทางด้านโลจิสติกส์สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ต้นทุนการขนส่ง (Transportation Cost) เกิดจากกิจกรรมด้านการขนส่งและบริการ โดยรวมทั้งต้นทุนขนส่งขาเข้าและต้นทุนขนส่งขาออก ต้นทุนที่เกิดจะแปรผันตามวิธีการและรูปแบบการขนส่ง เช่น ปริมาณ น้ำหนัก ระยะทาง จุดต้นทางและจุดปลายทาง เป็นต้น
2. ต้นทุนคลังสินค้า (Warehousing Cost) เกิดจากการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานและคลังสินค้า กิจกรรมภายในคลังสินค้า การจัดเก็บสินค้า การถ่ายโอนข้อมูลภายในคลังสินค้า การดูแลรักษาคลังสินค้า และการบริหารจัดการคลังสินค้า ต้นทุนที่เกิดจะแปรผันตามจำนวนและสถานที่ตั้งของคลังสินค้า
3. ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory Carrying Cost) เกิดจากการควบคุมสินค้าคงคลัง การบรรจุภัณฑ์ การซ่อมแซมและการทำลายสินค้าที่ชำรุด ต้นทุนที่เกิดจะแปรผันตามปริมาณสินค้าคงคลัง สามารถวัดได้จากต้นทุนเงินทุน ต้นทุนค่าเสียโอกาส ต้นทุนการเก็บรักษาและต้นทุนความเสี่ยงจากการเก็บสินค้า

4. ต้นทุนการบริหาร (Administration Cost) เกิดจากกิจกรรมการจัดซื้อ การใช้ระบบสารสนเทศ และการให้บริการแก่ลูกค้า เป็นต้น

ในปี พ.ศ. 2554 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [3] ได้ทำการศึกษาโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์นมพร้อมดื่ม ใน 3 รูปแบบ คือ นมโรงเรียน นมพาณิชย์ นมโรงเรียนและนมพาณิชย์ มีต้นทุนโลจิสติกส์นมพร้อมดื่มกิโลกรัมละ 5.56 7.33 และ 7.74 บาท ตามลำดับ และปัจจัยที่มีผลต่อการจัดการโลจิสติกส์ของนมพร้อมดื่ม คือ ลักษณะของสินค้าและบรรจุภัณฑ์ ราคาเชื้อเพลิง ปริมาณการสั่งซื้อ ระยะทางและจุดในการกระจายสินค้า เงื่อนไขการรับสินค้าของลูกค้า พื้นที่และขนาดของคลัง และกฎหมายข้อบังคับด้านจรรยาบรรณ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาผู้เกี่ยวข้องกระบวนการจัดการโลจิสติกส์นมพร้อมดื่มพบว่ามี 4 กลุ่ม คือ เกษตรกร ศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์หรือเอกชน โรงงานแปรรูปนมพร้อมดื่มและเอเยนต์ส่งนม

กลุ่มเกษตรกรจะเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำมีหน้าที่ทำการผลิตนมดิบเพื่อส่งไปยังศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์หรือเอกชน ซึ่งจะทำการรวบรวมนมดิบในถังควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ได้นมดิบที่มีคุณภาพตามที่โรงงานต้องการก่อนส่งไปยังโรงงานเพื่อแปรรูปเป็นนมพร้อมดื่ม เอเยนต์จะทำหน้าที่เป็นคนกลางกระจายสินค้าทั้งนมพาสเจอร์ไรซ์และยูเอชทีไปยังโรงเรียนและร้านค้าปลีกเพื่อแจกให้นักเรียนและขายให้ผู้บริโภคปลายทางต่อไป

ผลการศึกษาด้านต้นทุนโลจิสติกส์ของนมพร้อมดื่มพบว่า ต้นทุนโลจิสติกส์ของนมพร้อมดื่มทั้งหมด กิโลกรัมละ 7.17 บาท ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ต้นทุนโลจิสติกส์ของนมพร้อมดื่ม

รูปแบบต้นทุน	ราคาต้นทุน (บาท/กิโลกรัม)	สัดส่วนของ ต้นทุนทั้งหมด
ต้นทุนค่าขนส่ง	4.10	57.18
ต้นทุนคลังสินค้าและการจัดการคลังสินค้า	1.74	24.27
ต้นทุนบรรจุภัณฑ์	0.47	6.55
ต้นทุนการบริหารจัดการ	0.44	6.14
ต้นทุนการสูญเสีย	0.42	5.86

นอกจากนี้การศึกษาการบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนม [7] ก็ได้ข้อสรุปในลักษณะเดียวกัน และมีข้อการศึกษาเพิ่มเติมในด้านการผลิตผลิตภัณฑ์นมที่มีคุณภาพดี ต้นทุนต่ำ และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว องค์กรจะต้องมีระบบบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะขั้นตอนการนำวัตถุดิบเข้าสู่โรงงานหรือ “โลจิสติกส์ขาเข้า” ควรวางแผนกลยุทธ์การดำเนินงานและปรับปรุงเพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วยการคำนึงถึง

1. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก โรงงานจำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกให้มีความเพียงพอกับการดำเนินงาน เช่น ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบจะต้องมีห้องรับนมดิบที่เพียงพอเพื่อไม่ให้เกิดการรับนมดิบจากเกษตรกรที่ล่าช้าส่งผลต่อคุณภาพของนํ้านมดิบและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงขึ้น
2. ด้านการขนส่ง เกษตรกรควรรวมกลุ่มกันการขนส่งนมดิบโดยอาจให้เกษตรกรรายใหญ่ที่มีศักยภาพหรือมีความพร้อมเกี่ยวกับบรรทุกรทุกในการขนส่งเป็นผู้จัดการรวบรวมปริมาณนํ้านมของเกษตรกรรายย่อยที่อยู่ในเส้นทางหรือบริเวณใกล้เคียงจะทำให้การขนส่งนํ้านมดิบมีประสิทธิภาพดีขึ้นและช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งให้กับเกษตรกรโดยตรงหรืออาจรวมกันจ้างผู้รับจ้างขนส่งนมดิบเพื่อประหยัดเวลาในการขนส่งและยังสามารถจัดการดูแลฟาร์มได้มากขึ้น
3. ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง สามารถทำได้โดยการจัดปริมาณนํ้านมดิบให้เหมาะสมกับแต่ละรอบของการรับนม เนื่องจากการรับนมจากเกษตรกรนั้นมีมากกว่า 1 รอบ คือ รอบเช้าและรอบเย็น และควรมีการกะปริมาณนํ้านมดิบให้เหมาะสมกับชนิดและขนาดของรถที่บรรทุกรนํ้านมดิบ
4. ด้านการจัดการข้อมูลและการติดต่อสื่อสาร ควรมีการนำเทคนิคการพยากรณ์ปริมาณนํ้านมดิบในแต่ละฤดูกาลเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการนํ้านมดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 ห่วงโซ่อุปทาน (Supply cChain)

กระบวนการทั้งหมดที่มีผลต่อการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า โดยเริ่มตั้งแต่การจัดซื้อ (Procurement) การผลิต (Manufacturing) การจัดเก็บ (Storage) เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) การจัดจำหน่าย (Distribution) และการขนส่ง (Transportation) ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะทำงานประสานกัน ห่วงโซ่อุปทานนั้นมีเป้าหมายเพื่อลดค่าใช้จ่ายและช่วยเพิ่มความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า ในปี 2546 [8] ทำการศึกษาองค์ประกอบห่วงโซ่อุปทานของสหกรณ์โคนม 2 แห่ง พบว่ามีองค์ประกอบของห่วงโซ่อุปทาน 5 ฝ่าย คือ

1. ผู้ผลิต (Manufacturers) คือ เกษตรกรผู้เป็นสมาชิกของสหกรณ์โคนมทำหน้าที่ผลิตนํ้านมดิบเพื่อส่งขายให้สหกรณ์
2. ผู้จัดหาวัตถุดิบหรือสินค้า (Suppliers) คือ สหกรณ์โคนมทำหน้าที่เป็นศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบจากสมาชิกส่งไปแปรรูปหรือส่งขาย โดยภายในสหกรณ์ประกอบด้วย
 - 2.1 ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบรวมนํ้านมดิบจากสมาชิกส่งไปแปรรูปหรือส่งขาย
 - 2.2 โรงงานแปรรูปนมพร้อมตีมํ้านมดิบจากศูนย์รวมนํ้านมดิบมาแปรรูปเป็นนมพาสเจอร์ไรซ์
3. ผู้กระจายสินค้า (Distributors) คือ ลูกค่านํ้านมดิบและลูกค่านมพาสเจอร์ไรซ์ โดยมีบริษัทเอกชนรับซื้อนมดิบ และโครงการอาหารเสริม (นม) รับซื้อนมพาสเจอร์ไรซ์
4. ร้านค้า (Retailers) คือ ร้านค้าปลีกหรือห้างสรรพสินค้าที่รับสินค้ามาจากโรงงานแปรรูป
5. ลูกค้า (Customers) คือ ผู้ซื้อสินค้าจากร้านค้าปลีกหรือห้างสรรพสินค้าเพื่อนำไปบริโภค

นอกจากนี้งานวิจัยดังกล่าวได้ทำการศึกษาหาแนวทางการแก้ปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานทำให้ทราบถึงปัญหาที่สำคัญของสหกรณ์โคนมคือ เกษตรกรขาดแคลนเงินทุน ความรู้ความเชี่ยวชาญในการพัฒนาฟาร์มโคนมของตนเพื่อให้ได้นํ้านมดิบที่มีคุณภาพ การเพิ่มอัตราการให้นมของแม่รีด การประสบปัญหาด้านตลาดรับซื้อนมดิบที่ไม่แน่นอนส่งผลให้นํ้านมดิบส่วนเกินและไม่สามารถรับนมดิบในวันถัดไปได้

2.4 บทบาทการขนส่งในห่วงโซ่อุปทาน

2.4.1 การขนส่ง (Transportation)

เป็นการเคลื่อนย้ายคน (People) สินค้า (Goods) หรือบริการ (Services) จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง เปรียบได้กับกิจกรรมของห่วงโซ่อุปทานตั้งแต่ต้นจนถึงมือลูกค้า การขนส่งเป็นกิจกรรมสำคัญในทุกๆ ห่วงโซ่อุปทานและเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นมากที่สุดในห่วงโซ่อุปทาน

2.4.2 ผู้เกี่ยวข้องในการขนส่งสินค้า มีอยู่ 2 ฝ่ายที่เกี่ยวข้องใน Supply Chain คือ

1. ผู้ขนส่ง (Shipper) เป็นผู้ตัดสินใจเกี่ยวกับการออกแบบโครงข่ายการขนส่งวิธีการขนส่ง การมอบหมายงานในการขนส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละราย โดยต้องการขนส่งสินค้าให้ประหยัดต้นทุนที่สุด และยังสามารถรักษาระดับการบริการแก่ลูกค้าได้ ซึ่งมีปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้ขนส่ง ดังนี้

- 1.1 ค่าขนส่ง (Transportation Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่จ่ายให้แก่ผู้ทำการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า
- 1.2 ต้นทุนสินค้าคงคลัง (Inventory Cost) เป็นต้นทุนการถือครองสินค้าไว้ในโครงข่ายห่วงโซ่อุปทานของผู้ขนส่ง
- 1.3 ต้นทุนสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility Cost) เป็นต้นทุนในการอำนวยความสะดวกห่วงโซ่อุปทานของผู้ขนส่ง
- 1.4 ต้นทุนกระบวนการ (Processing Cost) เป็นต้นทุนที่เกิดจากกระบวนการขนถ่ายสินค้า
- 1.5 ต้นทุนการคงระดับการให้บริการ (Service Level Cost) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการไม่สามารถทำตามการให้บริการที่ตกลงกับลูกค้าไว้ได้
2. ผู้ทำหน้าที่ขนส่ง (Carrier) เป็นผู้ที่ทำการขนย้ายหรือขนส่งสินค้า โดยต้องการลงทุนและตั้งนโยบายการปฏิบัติการเพื่อก่อให้เกิดกำไรสูงสุด ซึ่งมีปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้ทำหน้าที่ขนส่ง ดังนี้
 - 2.1 ค่ายานพาหนะ (Vehicle-Related Cost) เป็นต้นทุนในการซื้อหรือเช่ายานพาหนะ
 - 2.2 ต้นทุนคงที่ในการดำเนินการ (Fixed Operating Cost) เป็นต้นทุนในการทำหน้าที่แม้ว่าจะมีการขนส่งหรือไม่ เช่น ค่าเช่าพื้นที่
 - 2.3 ต้นทุนการขนส่งแต่ละรอบ (Trip-Related Cost) เป็นต้นทุนเกิดจากการขนส่งแต่ละครั้ง เช่น ค่าแรง ค่าเชื้อเพลิง ขึ้นกับระยะทางและเวลา
 - 2.4 ต้นทุนที่เกี่ยวกับปริมาณการขนส่ง (Quality-Related Cost) เป็นต้นทุนที่เกิดจากกระบวนการขนถ่ายสินค้า
 - 2.5 ค่าโสหุ้ย (Overhead Cost) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการวางแผน การจัดการในการขนส่ง รวมถึงการลงทุนในเทคโนโลยีสารสนเทศ

2.5 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem, VRP)

แนวคิดของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะคือ การพยายามจัดเส้นทาง การเดินทาง และลำดับการขนส่งในยานพาหนะแต่ละคันให้เหมาะสม ซึ่งการเดินทางจะเริ่มจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดอื่นๆ และกลับมาจุดเริ่มต้นเดิมอีกครั้ง โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางด้านค่าใช้จ่ายในการขนส่งและสอดคล้องกับข้อจำกัดต่างๆ เช่น ปริมาณความจุของยานพาหนะ (Truck Capacity) ช่วงเวลาในการขนส่งสินค้า (Time windows) ปริมาณความต้องการ (Demand) [9, 10] ข้อจำกัดเหล่านี้ทำให้เกิดการแบ่งปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะออกหลายประเภท [11] เช่น

1. VRP with Capacity Restriction (CVRP) เป็นปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีข้อจำกัดด้านความสามารถในการบรรทุกสินค้า และมุ่งเน้นไปที่การใช้จ่ายให้น้อยที่สุด
2. VRP with Time Windows (VRPTW) เป็นปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีการกำหนดเงื่อนไขช่วงเวลาการเดินทาง
3. VRP with Backhaul (VRPB) เป็นปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีการขนส่งกลับมายังคลังเดิม
4. Pickup and Delivery (VRPPD) เป็นปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีการรับและส่งสินค้า
5. VRP with Multiple Depot (MDVRP) เป็นปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีศูนย์ส่งสินค้าให้มากกว่าหนึ่งศูนย์

การจำลองแบบปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะสามารถทำได้ด้วยการสร้างสมการเชิงคณิตศาสตร์ตามลักษณะของปัญหา ดังเช่น ฟังก์ชันของวัตถุประสงค์ เงื่อนไขของเวลา และความจุของรถบรรทุกได้ดังนี้

กำหนดดัชนี

$N = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ เซตของจุดรับและส่งสินค้า $\left\{ \begin{array}{l} \text{โดยจุดกระจายสินค้าจะมี } i, j = 0 \\ \text{จุดรับและส่งสินค้าอื่นๆ } i, j = 1, 2, \dots, n \end{array} \right.$

$V = \{1, 2, \dots, nv\}$ เซตของรถคันที่ 1, 2, ... ,nv

$i =$ ดัชนีของจุดกระจายสินค้า

กำหนดพารามิเตอร์

$d_i =$ ความต้องการสินค้า ณ จุด i

$K_v =$ ความจุของรถคันที่ v

$T_v =$ ข้อกำหนดเวลาในการเดินทางคันที่ v

$t^v_i =$ เวลาที่รถคันที่ v ใช้ในการส่งหรือบรรทุกสินค้าที่จุดส่ง i

$t^v_{ij} =$ เวลาที่ใช้ในการเดินทางของรถคันที่ v จากจุดส่ง i ไปยังจุดส่ง j

C_{ij} = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของรถคันที่ v จากจุดส่ง i ไปยังจุดส่ง j

ตัวแปรตัดสินใจ

$$x^{v_{ij}} \begin{cases} 1 & \text{เมื่อเกิดการขนส่งจากจุด } i \text{ ไปยังจุด } j \text{ โดยรถขนส่งคันที่ } v \\ 0 & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{v=1}^{nv} C_{ij} X^{v_{ij}} \quad (2.1)$$

สมการเงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^n \sum_{v=1}^{nv} X^{v_{ij}} = 1 \quad i = \{1, 2, \dots, n\}; j = \{1, 2, \dots, n\} \quad (2.2)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{v=1}^{nv} X^{v_{ij}} = 1 \quad i = \{1, 2, \dots, n\}; j = \{1, 2, \dots, n\} \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=0}^n X^{v_{ip}} - \sum_{j=0}^n X^{v_{pj}} = 0 \quad i = \{1, 2, \dots, n\}; v = \{1, 2, \dots, nv\} \quad (2.4)$$

$$; p = \{1, 2, \dots, n\}$$

$$\sum_{i=1}^n d_i \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \right) \leq K_v \quad v = \{1, 2, \dots, nv\} \quad (2.5)$$

$$\sum_{i=1}^n t_i^v \sum_{j=1}^n X^{v_{ij}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}^v X^{v_{ij}} \leq T_v \quad v = \{1, 2, \dots, nv\} \quad (2.6)$$

$$\sum_{j=1}^n X^{v_{0j}} \leq 1 \quad v = \{1, 2, \dots, nv\} \quad (2.7)$$

$$\sum_{i=1}^n X^{v_{i0}} \leq 1 \quad v = \{1, 2, \dots, nv\} \quad (2.8)$$

$$X \in S \quad (2.9)$$

$$X^{v_{ij}} \in \{0,1\} \quad \text{For all } i, j, v \quad (2.10)$$

รูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ทำการพิจารณา มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะทางที่น้อยที่สุด ดังแสดงในสมการที่ 2.1 โดยมีสมการเงื่อนไข ดังนี้ สมการที่ 2.2 และ 2.3 เป็นการควบคุมการส่งสินค้าไปยังจุดรับส่งด้วยรถขนส่งเพียงหนึ่งคัน และเพื่อให้การเดินทางขนส่งเป็นไปอย่างต่อเนื่องจึงใช้สมการ 2.4 เป็นการควบคุมให้จำนวนรถที่วิ่งเข้าต้องเท่ากับจำนวนรถที่วิ่งออกในทุกๆจุดการเดินทางขนส่งจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขสมการที่ 2.5 และ 2.6 เป็นการกำหนดความสามารถในการบรรทุกของรถขนส่งและระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางต้องไม่เกินเงื่อนไข สมการที่ 2.7 และ 2.8 เป็นการควบคุมรถขนส่งแต่ละคันให้วิ่งได้เพียงเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งเท่านั้น สมการที่ 2.9 เป็นเงื่อนไขป้องกันการเกิดเส้นทางย่อย (Sub Tour Elimination) เส้นทางที่ไม่ได้เริ่มต้นและสิ้นสุดที่จุดเริ่มต้น หรือการเกิดเส้นทางมากกว่าหนึ่งเส้นทาง โดยที่ S คือ เส้นทางการเดินทางของรถขนส่งแต่ละคันที่ไม่รวม

จุดเริ่มต้น 0 (คลังสินค้า) สมการที่ 2.10 แสดงการเชื่อมโยงระหว่างจุด i และ j โดยจะให้ค่าเท่ากับ 1 เมื่อเกิดการขนส่งจากจุด i ไปยังจุด j โดยรถขนส่งคันที่ v และให้ค่าเท่ากับ 0 เมื่อไม่เกิดการขนส่ง

2.6 การหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางรถ

วิธีการหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางรถในอดีตจะใช้การกำหนดเส้นทางโดยอาศัยการสังเกตและประสบการณ์หรือใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนในการจัดเส้นทางและไม่จำเป็นต้องมีการคำนวณที่ยุ่งยาก เนื่องจากปัญหาไม่ได้มีขนาดใหญ่รวมทั้งยังมีความซับซ้อนไม่มาก การจัดเส้นทางโดยอาศัยการสังเกตจึงมีผลลัพธ์อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ในปัจจุบันการทำธุรกิจเติบโตมากขึ้นรวมถึงการจัดเส้นทางรถมีขนาดใหญ่และซับซ้อนขึ้นมากเกินกว่าที่จะใช้ความสามารถคนในการจัดเส้นทางเพื่อจะได้คำตอบที่เหมาะสม การพัฒนาด้วยการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์มาคำนวณปัญหาที่มีความซับซ้อนสามารถช่วยลดระยะเวลาการหาคำตอบได้สั้นลงรวมทั้งสามารถนำวิธีการหาคำตอบที่เป็นระบบและมีความซับซ้อนมาประยุกต์ใช้กับปัญหาจริงที่เกิดขึ้นได้ การหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางรถสามารถแบ่งออกได้ 2 แนวทาง คือ การหาคำตอบแบบวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Optimization) และการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบฮิวริสติกส์ (Heuristic Optimization) ซึ่งทั้งสองแนวทางจะมีจุดที่ต่างกันคือ การหาคำตอบแบบวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดจะได้คำตอบในรูปของคำตอบที่ดีที่สุด (Mathematical Optima) ด้วยวิธีการสร้างตัวแปรทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาและใช้ระยะเวลาการคำนวณยาวนานเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ เช่น

1. การโปรแกรมทางเส้นตรง (Linear Programming) เป็นเทคนิคเชิงคณิตศาสตร์ประยุกต์ใช้ในการจัดสรรทรัพยากรหรือปัจจัยที่มีอยู่อย่างจำกัดโดยปัจจัยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงเพื่อกำหนดเส้นทางรถให้ได้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุด วัตถุประสงค์จะเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวแปรเรียกว่า ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) กำหนดในเทอมของการหาค่าสูงสุดหรือการหาค่าต่ำสุดของฟังก์ชัน โดยมีสมการเงื่อนไข (Constraint) เป็นข้อจำกัดเกี่ยวกับการใช้หรือการจัดสรรทรัพยากร ได้แก่ กำลังคน เงินทุน วัตถุดิบ เครื่องจักร ทรัพย์สินต่างๆ เป็นต้น สมการหรือสมการเชิงเส้นตัวแบบของปัญหาเขียนได้ดังนี้

$$\text{หาค่าสูงสุด (หรือหาค่าต่ำสุด)} \quad Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (2.11)$$

โดยมีเงื่อนไข

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \{<=, >=, =\} b_1 \quad (2.12)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \{<=, >=, =\} b_2 \quad (2.13)$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \{<=, >=, =\} b_m \quad (2.14)$$

$$\text{และ} \quad x_j (j = 1, 2, \dots, n) \geq 0 \quad (2.15)$$

- ในเมื่อ m = จำนวนทรัพยากรที่จะนำมาใช้หรือที่ต้องการ
 n = จำนวนกิจกรรมที่จะทำ
 = จำนวนหน่วยของทรัพยากร i ที่มีหรือที่จะใช้ในกิจกรรม j หนึ่งหน่วย
 = จำนวนหน่วยของทรัพยากร i ที่มีหรือที่ต้องการให้มี
 = ผลตอบแทนหรือค่าใช้จ่ายจากกิจกรรม j หนึ่งหน่วย
 = จำนวนหน่วยของกิจกรรม j

2. วิธีการแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound Algorithm) เป็นการใช้หลักการจัดงานเป็นสวนๆ (Partial Schedule) หลักการนี้จะทำการจัดงานบางส่วนให้ดีที่สุดก่อน และทำการจัดงานไปจนครบทุกงาน วิธีการนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การแบ่งงานเป็นสวนย่อยด้วยวิธีการแตกกิ่ง (Branching) เป็นการแตกปัญหาเดิมเป็นปัญหาย่อย 2 ปัญหา หรือถ้าทำการแตกกิ่งไปเรื่อยๆจะทำให้เกิดลำดับงานทั้งหมด $n!$ ลำดับงาน โดยในจำนวนลำดับงานทั้งหมดนี้จะมีลำดับงานที่ดีที่สุดซึ่งเป็นลำดับงานที่ทำให้เกิดเวลาในการผลิตรวม (Makespan) น้อยที่สุด ส่วนการจำกัดเขต (Bounding) เป็นวิธีการที่นำมาใช้คู่กับวิธีการแตกกิ่ง (Branching) เพื่อทำให้เกิดการแตกกิ่งน้อยที่สุดรวมทั้งจะแตกกิ่งเฉพาะกิ่งที่คาดว่าจะมีค่าตอบที่ดีที่สุดอยู่ การหาค่าตอบที่ดีที่สุดทราบได้จากการคำนวณขอบเขตล่าง (Lower Bound) เทียบกับขอบเขตบน(Upper Bound) โดยถ้าขอบเขตล่างของกิ่งใดมากกว่าขอบเขตบนก็จะตัดกิ่งนั้นทิ้ง

3. การโปรแกรมแบบไดนามิก (Dynamic Programming) เป็นการจัดกลุ่มเส้นทางออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่จัดเส้นทางแล้วกับกลุ่มที่ยังไม่ได้จัดเส้นทาง จากนั้นพิจารณาเส้นทางที่ดีที่สุดทุกครั้งที่เลือกเชื่อมจุดหนึ่งจุดใดๆเข้ากับกลุ่มที่จัดเส้นทางไปแล้ว

ส่วนแนวทางการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบฮิวริสติกส์จะได้คำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด (Approximate Optima) ซึ่งมีการใช้เวลาในการคำนวณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ แนวทางการหาคำตอบแบบวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด และเนื่องจากรูปแบบของปัญหาในทางปฏิบัติมีความยากและความซับซ้อนทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ (NP-Hard) แนวทางในการแก้ปัญหาทางปฏิบัติจึงจำเป็นต้องอาศัยการประยุกต์ใช้แนวทางการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบฮิวริสติกส์ [12] เช่น

1. วิธีค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) มีแนวคิดในการหาคำตอบด้วยการห้ามบางส่วนหรือทั้งหมดของคำตอบที่ดีที่สุดในการหาคำตอบรอบก่อนหน้ามาเป็นส่วนหนึ่งของคำตอบที่จะสร้างขึ้นใหม่ในรอบปัจจุบัน กระบวนการดังกล่าวเป็นการป้องกันการได้มาของคำตอบหมุนวนอยู่ในพื้นที่เดิม ดังนั้น การวนซ้ำทุกรอบการทำงาน (Iteration) คำตอบที่ดีที่สุดจะถูกเก็บไว้ในรายการต้องห้าม (Tabu List) การวนรอบในครั้งต่อไปจะไม่มีคำตอบที่ดีที่สุดของรอบก่อนหน้า ขั้นตอนการหาคำตอบด้วยวิธีค้นหาต้องห้ามโดยทั่วไปมี ดังนี้

1.1 สร้างคำตอบเริ่มต้น S โดยการสุ่มเส้นทางเริ่มต้น

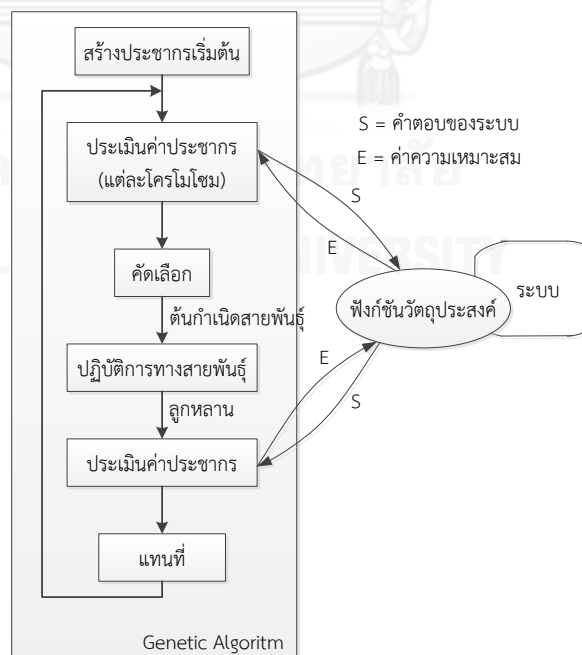
- 1.2 กำหนด $S^* = S$, $Z(S^*) = Z(S)$ และรายการต้องห้าม (Tabu List) = $\{S\}$
 1.3 ค้นหาคำตอบ S' ที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดที่หลุดจาก S^* ในการวนซ้ำรอบแรกนั้นยังไม่มีรายการต้องห้าม แต่หลังจากผ่านไป 1 รอบแล้ว คำตอบที่ดีที่สุดของรอบแรก S จะไม่ซ้ำกับคำตอบที่ดีที่สุดของรอบที่ 2 วนซ้ำจนกระทั่งคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่มีค่าเหมาะสมมากกว่าคำตอบเดิมเท่านั้นหรือจนกว่าจะเป็นไปตามเงื่อนไขในการหยุดทำงาน

2. วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) มีแนวคิดมาจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ และหลักการทางสายพันธุ์ วิธีการเชิงพันธุกรรมมีการทำงาน ดังรูปที่ 2.2 เริ่มจากสร้างเส้นทางเริ่มต้นขึ้นมาหลายๆแบบตามขนาดประชากร โดยแต่ละเส้นทางเปรียบเสมือนโครโมโซม จากนั้นทำการเลือกโครโมโซมที่ให้ค่าที่ดีที่สุดหรือให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด ให้คู่กับที่อีกตัวเพื่อแลกเปลี่ยนยีนกันจนได้ประชากรที่ดีขึ้นในรุ่นถัดไป [13, 14] วิธีการเชิงพันธุกรรมประกอบด้วย 3 กระบวนการที่สำคัญ คือ

2.1 การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection) คือ ขั้นตอนในการคัดเลือกประชากรที่ดีในระบบไปเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์เพื่อให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นถัดไป

2.2 การปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (Genetic Operation) คือ กรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมด้วยวิธีการทางสายพันธุ์เป็นขั้นตอนการสร้างลูกหลาน

2.3 การแทนที่ (Replacement) คือ ขั้นตอนการนำเอาลูกหลานกำเนิดใหม่ไปแทนที่ประชากรเก่าในรุ่นก่อน เป็นขบวนการในการคัดเลือกว่าควรจะมีเอาลูกหลานในกลุ่มใด จำนวนเท่าไร ไปแทนประชากรเก่าในกลุ่มใด



รูปที่ 2. 2 ขั้นตอนทั่วไปของวิธีการเชิงพันธุกรรมกับการเชื่อมโยงเข้ากับระบบ

จากรูปที่ 2.2 ขั้นตอนทั่วไปของวิธีการเชิงพันธุกรรม มีดังนี้

1. สร้างประชากร โดยปกติจะใช้การสุ่ม (Random)
2. ประเมินค่าโครโมโซมของกลุ่มประชากรทั้งหมดด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์
3. คำนวณค่าความเหมาะสมแล้วส่งกลับไปยัง Genetic Algorithm
4. ใช้ค่าความเหมาะสมทำการคัดเลือกโครโมโซมบางกลุ่ม เพื่อนำมาเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์ ซึ่งจะถูกใช้เป็นตัวแทนในการถ่ายทอดสายพันธุ์ให้กับรุ่นถัดไป
5. นำต้นกำเนิดสายพันธุ์มาทำการสร้างลูกหลาน ด้วยปฏิบัติการทางสายพันธุ์โครโมโซมที่ได้ในขั้นตอนนี้ก็คือ โครโมโซมลูกหลาน
6. คำนวณค่าความเหมาะสมของโครโมโซมลูกหลาน โดยใช้ขั้นตอนเดียวกับข้อ 3.
7. โครโมโซมในประชากรเดิมจะถูกแทนที่ด้วยลูกหลานที่ได้จากข้อ 5. ประชากรเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกแทนที่ ด้วยกลวิธีเฉพาะสำหรับขั้นตอนของการแทนที่โดยใช้ค่าความเหมาะสมในการตัดสินใจ
8. เริ่มต้นทำซ้ำจากขั้นตอนในข้อ 2. ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้คำตอบที่ต้องการ คำตอบที่ได้จะมาจากโครโมโซมที่ดีที่สุดในกลุ่มประชากร คำตอบที่ได้เป็นที่ต้องการหรือไม่ทราบได้จากการประเมินค่าโดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์

3. วิธีการอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization) เป็นวิธีที่ได้จากการศึกษาพฤติกรรม การหาอาหารของฝูงมด การเดินทางออกไปหาอาหารของมดจะมีการติดต่อสื่อสารส่งผ่าน ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งอาหารด้วย ฟีโรโมน (Pheromone) ปริมาณของสารฟีโรโมนจะขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ คุณภาพของแหล่งอาหารและระยะทางที่ใช้ในการเดินทางไปยังแหล่งอาหาร นอกจากนี้ฟีโรโมนยังเป็นตัวดึงดูดให้มดตัวอื่นเดินทางตามรอยฟีโรโมนมายังแหล่งอาหาร เมื่อมดเดินทางมาเส้นทางนี้มากขึ้นและปล่อยฟีโรโมนทิ้งไว้ทำให้มีการสะสมระดับฟีโรโมนเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ระยะทางที่ยาวจนเกินไปอาจทำให้ฟีโรโมนระเหยหมดระหว่างเดินทาง ในขณะที่ระยะทางที่สั้นทำให้มีโอกาสเพิ่มฟีโรโมนในระยะทางไปและกลับได้ก่อนที่ฟีโรโมนจะระเหย แนวคิดดังกล่าวจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทาง วิธีการทำดังกล่าวเริ่มจากการจัดเส้นทางการเดินทางก่อน แล้วค่อยทำการปรับปรุงฟีโรโมน ซึ่งจะทำได้คำตอบค่าที่ดีที่สุดจากค่าฟีโรโมนสูงสุด วิธีการอาณานิคมมดโดยทั่วไปมีขั้นตอนดังนี้

3.1 การกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการอาณานิคมมดทั้งหมด ได้แก่

3.1.1 จำนวนรอบที่ต้องวนซ้ำ (Iteration) คือ จำนวนการวนซ้ำหาคำตอบในแต่ละรอบของมด 1 ฝูง

3.1.2 จำนวนประชากรมด (Ant Population) คือ จำนวนเส้นทางในหนึ่งรอบการเลือกเส้นทาง โดยจำนวนเส้นทางจะมีค่าเท่ากับจำนวนประชากรมดทั้งหมดใน 1 ฝูง

3.1.3 ค่าฟีโรโมน (Pheromone) คือ พารามิเตอร์ที่ทำหน้าที่เหมือนฟีโรโมนของมดด้วยการเพิ่มความน่าสนใจของเส้นทางให้กับมดตัวอื่นๆ

3.1.4 ค่าความน่าสนใจ (Attractiveness) คือ ผลคูณของค่าพีโรโมนการเชื่อมเส้นทางระหว่างเมืองหนึ่งไปอีกเมืองหนึ่งกับระยะทางระหว่างเมืองสองเมืองนั้น ดังสมการที่ 2.16 โดย α คือ น้ำหนักของพีโรโมน และ β คือ ระยะทางระหว่างทางเชื่อมสองทาง

$$\omega(i, j) = \tau^{\alpha}_{i,j} \times \pi^{\beta}_{i,j} \quad (2.16)$$

3.2 สร้างคำตอบเริ่มต้นจากพารามิเตอร์ที่กำหนด ด้วยการสุ่มตัวเลขเพื่อจุดเริ่มต้นก่อนและหลังจากนั้นจะทำการสุ่มหาจุดถัดไปที่ยังไม่ถูกเลือก กำหนดให้มดอยู่ที่เมือง i กำลังที่จะเลือกว่าจะเดินทางไปเมืองใดและกำหนดให้เมืองที่มดเลือกไป แทนด้วย j โดยอาศัยความน่าจะเป็นที่คิดมาจากสมการที่ 2.17

$$P_{i,j} = \frac{\tau^{\alpha}_{i,j} \times \pi^{\beta}_{i,j}}{\sum_{j=1}^J [\tau^{\alpha}_{i,j} \times \pi^{\beta}_{i,j}]} \quad (2.17)$$

จากสมการที่ 2.17 เป็นสมการหาความน่าจะเป็นบอกถึงโอกาสที่แต่ละเมืองจะถูกเลือกเป็นเมืองที่จะเดินทางไป ทั้งนี้ เมืองที่มีค่าความน่าสนใจ (Attractiveness) มาก ความน่าจะเป็นที่มดจะเลือกไปเมืองนั้นจะมีค่าสูง เมืองใดที่ค่าความน่าสนใจต่ำ ความน่าจะเป็นที่มดจะเลือกไปเมืองนั้นก็ต่ำด้วย

3.3 หลังจากได้ความน่าจะเป็นของทุกจุดแล้วจะทำการสุ่มหาลำดับจุดที่จะเดินทางไปด้วยสมการของ Roulette Wheel ดังสมการที่ 2.18

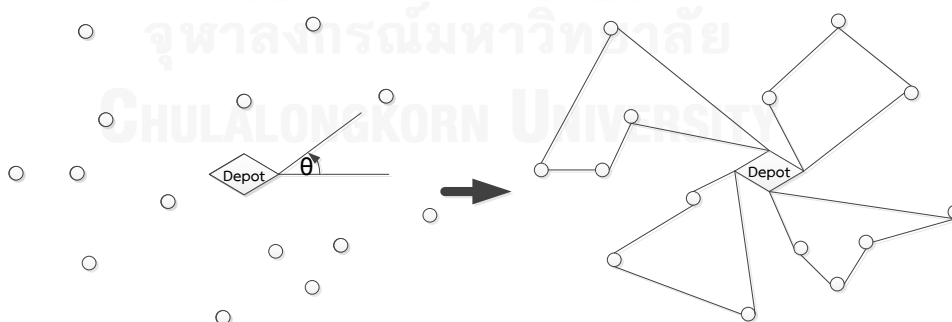
$$\sigma_{i,j} = \sum_{k=1}^J P_{i,k} \quad (2.18)$$

ตัวอย่างงานวิจัยในการจัดเส้นทางขนส่งที่ใกล้เคียงกับอุตสาหกรรมโคนมคืออุตสาหกรรมอาหารสด Chen *et al.* [15] ได้ยกตัวอย่างของอาหารสด เช่น ผลิตภัณฑ์อาหาร ผักสด ดอกไม้สดที่สามารถย่อยสลายระหว่างรอกกระบวนการผลิตและกระบวนการจัดส่ง ซึ่งมีข้อจำกัดเรื่องการเน่าเสียได้ง่าย ในธุรกิจการขนส่งอาหารสด Hsu *et al.* [16] เลือกใช้การขนส่งอาหารสดแบบมีการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการขนส่งเพื่อรักษาคุณภาพอาหารสดในระหว่างการขนส่งที่มีการจัดรถส่งอาหารสดในหลายพื้นที่ ในสภาพอากาศที่ร้อนและชื้นจึงทำให้ควบคุมความสดของอาหารสดได้ยากเพื่อป้องกันการเกิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่มากขึ้นเนื่องมาจากอาหารเน่าเสียและส่วนแบ่งการขายอาหารสดในตลาด ร้านค้าปลีก หรือ ร้านอาหารต่างๆลดลง จึงต้องมีการจัดเส้นทางขนส่งไม่ให้นานเกินระยะเวลาการเน่าเสียของอาหารสด ซึ่ง Osvald and Stirn [10] ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีการกำหนดเงื่อนไขช่วงเวลาการเดินทางเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาในการขนส่งล่าช้าเกินกว่า 48 ชั่วโมงหลังการเก็บเกี่ยวจะทำให้เกิดการเน่าเสีย สูญเสียทั้งสินค้าและค่าขนส่งที่ยาวเปล่า

ปัญหาสำหรับงานวิจัยนี้คล้ายถึงกับอุตสาหกรรมอาหารสด มีเงื่อนไขเรื่องข้อจำกัดของน้ำมันดิบซึ่งต้องมีการรักษาอุณหภูมิหลังการรีดนมภายใน 2 ชั่วโมง เพื่อรักษาคุณภาพน้ำมันไม่ให้เน่าเสีย จึงจัดเป็นปัญหาประเภทปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีรอบเวลาเช่นเดียวกัน การจัดเส้นทางการเดินทางจะกำหนดให้สหกรณ์เป็นผู้รับผิดชอบในการขนส่ง โดยการเดินทางขนส่งนมดิบจะเริ่มจากศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์ไปยังฟาร์มสมาชิกและกลับมาสู่ศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์เป็นจุดสุดท้าย ดังนั้นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงมุ่งเน้นวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะซึ่งเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน (NP-Hard) [12] เราจึงไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่มีขนาดใหญ่ได้ ดังนั้น การแก้ปัญหาส่วนใหญ่ของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะจึงนิยมใช้วิธีฮิวริสติกในการหาคำตอบถึงแม้ว่าจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดแต่ก็เป็นคำตอบที่ดีและสามารถยอมรับได้ [17] โดยจะเริ่มทำการหาคำตอบด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาดและทำการปรับปรุงเส้นทางการเดินทางขนส่งให้ดีขึ้นด้วยวิธีสลับสับเปลี่ยนแบบทิว-ออฟท์

2.7 วิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด (Sweep Algorithm)

เป็นฮิวริสติกพื้นฐานก่อนทำการปรับปรุงวิธีการฮิวริสติกอื่น วิธีการหาคำตอบด้วยการกวาดมีวิธีการทำการแบ่งกลุ่มลูกค้าก่อนแล้วจึงทำการจัดเส้นทางจากจุดพิกัดของลูกค้า (Node) วิธีการหาคำตอบด้วยการกวาดจะทำการกวาดเส้นทางไปตามพิกัดเชิงมุม (Polar Coordinate) ในทิศทางเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกา เมื่อกวาดจากคลังสินค้า (Depot) ไปพบจุดพิกัดของลูกค้าใดก็จะเพิ่มจุดพิกัดของลูกค้านั้นเข้าไปในเส้นทาง (Route) จนกระทั่งไม่สามารถเพิ่มจุดพิกัดของลูกค้าได้อีกเนื่องจากข้อจำกัด เช่น ความจุของยานพาหนะ จากนั้นการหาเส้นทางใหม่ก็จะเริ่มขึ้นจากการกวาดของจุดพิกัดของลูกค้าที่มีตำแหน่งอยู่ถัดจากจุดพิกัดของลูกค้ารายสุดท้ายของเส้นทางก่อนหน้า ดังรูปที่ 2.3



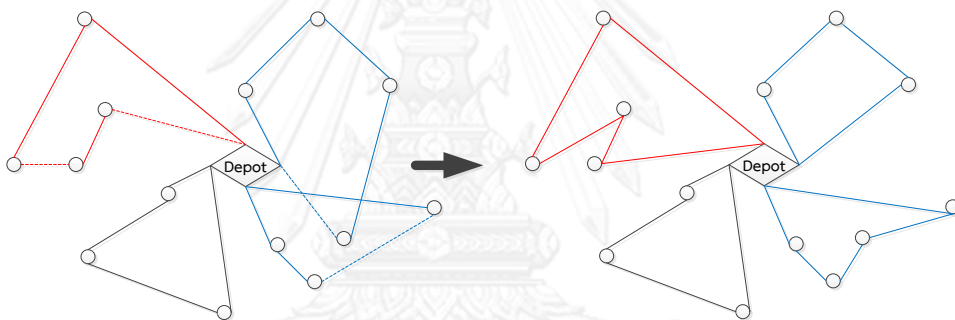
รูปที่ 2.3 การหาคำตอบด้วยวิธีแบบกวาด (Sweep Algorithm)

จากรูปที่ 2.3 การหาคำตอบด้วยวิธีแบบกวาดจะเริ่มกวาดหาจุดพิกัดของลูกค้าในทิศทางเข็มนาฬิกาโดยการกวาดจะทำการกวาดมุมทีละ θ การหาคำตอบด้วยวิธีแบบกวาดจะทำจนกระทั่งเส้นทางที่เกิดขึ้นสอดคล้องตามเงื่อนไข

2.8 วิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบออร์-ออฟท์ (Or-Opt Exchange)

Potvin and Rousseau [18] เป็นผู้เริ่มนำวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบออร์-ออฟท์ (Or-Opt Exchange) ซึ่งเป็นเทคนิคการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนเส้นเชื่อมระหว่างจุดพิคต์ของลูกค้า (Edge Exchange) สามารถเปลี่ยนเส้นเชื่อม 1, 2 หรือ 3 เส้นเชื่อม โดยการแทรกหรือตัดทิ้งไปจากเส้นทางเดิมหรือเส้นทางอื่นๆที่เลือกพิจารณา ซึ่งวิธีการสลับสับเปลี่ยนนี้จะให้ค่าที่เข้าใกล้ค่าที่เหมาะสมที่สุด

วิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ (2-Opt Exchange) เป็นวิธีที่มักจะนำมาใช้ปรับปรุงต่อจากวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด [19] จะทำโดยการสลับสับเปลี่ยนเส้นเชื่อมระหว่างจุดพิคต์ของลูกค้า จำนวนเส้นเชื่อมสองเส้นที่มาจากจุดพิคต์ของลูกค้าที่ต่างกัน การสลับสับเปลี่ยนอาจจะใช้การตัดหรือย้ายจากเส้นทางเดิมหรือย้ายไปเส้นทางใหม่ทำให้เส้นทางถูกแยกเป็นสองส่วน กลับทิศทางเส้นทางแล้วค่อยเชื่อมเส้นทางกลับใหม่ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2. 4 การปรับปรุงเส้นทางการเดินทางรถด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์

การประยุกต์วิธีปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด มีผู้วิจัยนำวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาดมาปรับปรุงเส้นทางการเดินทางรถในขั้นตอนแรกก่อนการจัดเส้นทางด้วยวิธีอื่น [20-22] และ ผู้วิจัยที่ใช้การประยุกต์ปัญหาการจัดเส้นทางด้วยการใช้วิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ [11, 18, 23] นอกจากนี้ Bräysy และ Gendreau [12] เสนอแนะว่างานวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่มีผลการจัดเส้นทางที่ดีส่วนใหญ่จะใช้วิธีการจัดเส้นทาง 2-เฟส (Two-Phase Algorithm) คือ วิธีการแบ่งส่วนก่อนแล้วจึงจัดเส้นทาง (Cluster-First Rout-Second Procedures) วิธีการนี้จะเริ่มต้นจากการแบ่งกลุ่มลูกค้า จากนั้นจึงจัดเส้นทางที่เหมาะสมให้กับแต่ละส่วนที่ถูกแบ่งไว้แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการพัฒนาและปรับปรุงเส้นทางให้ดีขึ้นด้วยวิธีการปรับปรุงหรือสลับสับเปลี่ยน (Improvement or Exchange Procedure) ดังเช่นในงานวิจัยของ Suthikarnnarunai [19] และ Restori [24] ได้ทำการประยุกต์วิธีปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด เพื่อแบ่งส่วนพื้นที่ของกลุ่มลูกค้าก่อนจะใช้วิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์เพื่อปรับเส้นทางการเดินทางให้มีค่าใช้จ่ายและระยะทางรวม น้อยที่สุด

บทที่ 3

สภาพปัจจุบันและแนวคิดในการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงสภาพปัจจุบันและสภาพปัจจุบันด้านการขนส่งของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว รวมถึงแนวคิดในการดำเนินงานประกอบไปด้วยการเตรียมข้อมูลก่อนการจัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบ แนวคิดในการดำเนินการสร้างอิวิริสติกวิถีการหาคำตอบด้วยการกวาดและวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์เพื่อใช้ในการจัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบ

3.1 สภาพปัจจุบันของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว

สหกรณ์การเกษตรสีคิ้วเป็นสหกรณ์ขนาดใหญ่ระดับอำเภอ เกิดขึ้นจากสหกรณ์หาทุนขนาดเล็ก จำนวน 39 สหกรณ์ในอำเภอสีคิ้วมารวมกัน เริ่มดำเนินงานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2514 มีการทำอุตสาหกรรมโคนมแบบครบวงจร ปัจจุบันมีจำนวนสมาชิกที่ยังส่งนมให้สหกรณ์อยู่ 138 ราย กระจายตัวอยู่ใน 12 ตำบล สหกรณ์การเกษตรสีคิ้วมีการดำเนินกิจกรรมการรับซื้อและรวบรวมนํ้านมดิบที่อัตราการรับนมดิบเฉลี่ย 22.7 ตันต่อวัน โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรซ์ที่มีกำลังการผลิต 20-30 ตันต่อวัน และโรงงานแปรรูปนมยูเอชทีที่มีกำลังการผลิต 200 ลิตรต่อชั่วโมงเพื่อส่งไปยังโครงการอาหารเสริม(นม) ของรัฐบาลและนมพาสเจอร์ไรซ์ ฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วสามารถแบ่งตามจำนวนแม่รีดได้ 5 ขนาด คือ

- ฟาร์มขนาดเล็กมาก (XS) มีจำนวน 18 ฟาร์ม แต่ละสมาชิกจะมีจำนวนแม่รีดน้อยกว่า 5 ตัว ลักษณะการเลี้ยงโคนมแบบครอบครัวเล็กๆ ส่วนใหญ่เลี้ยงไว้ได้ถนุบ้านหรือผูกเชือกไว้บริเวณรอบๆบ้าน ดังรูปที่ 3.1 รวมทั้งอาจมีคอกวัวที่ทำด้วยไม้ ส่งนํ้านมดิบให้ศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์เฉลี่ย 0.6 ตันต่อวัน



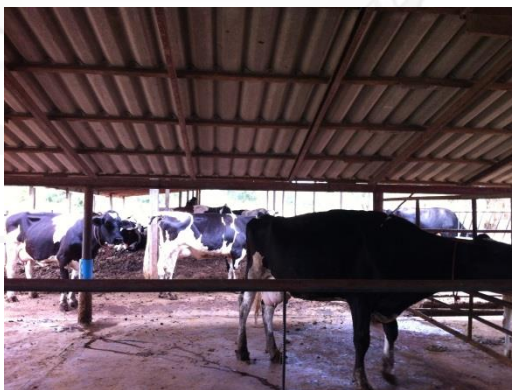
รูปที่ 3. 1 ลักษณะการเลี้ยงโคนมของฟาร์มขนาดเล็กมาก

- ฟาร์มขนาดเล็ก (S) มีจำนวน 59 ฟาร์ม แต่ละสมาชิกจะมีจำนวนแม่รีด 6-10 ตัว ลักษณะการเลี้ยงโคนมแบบครอบครัวเล็กๆ การเลี้ยงโคนมไว้ในคอกไม้มุงหลังคาบริเวณพื้นดินเหนียว ดังรูปที่ 3.2 ส่งน้ำนมดิบให้ศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์เฉลี่ย 6 ตันต่อวัน



รูปที่ 3. 2 ลักษณะการเลี้ยงโคนมของฟาร์มขนาดเล็ก

- ฟาร์มขนาดกลาง (M) มีจำนวน 50 ฟาร์ม แต่ละสมาชิกจะมีจำนวนแม่รีด 11-20 ตัว ลักษณะการเลี้ยงโคนมแบบครอบครัวใหญ่ขึ้น การเลี้ยงโคนมไว้ในคอกเหล็กมุงหลังคาบริเวณพื้นดินเหนียวและพื้นปูน ดังรูปที่ 3.3 เริ่มมีการแยกคอกแม่รีดกับวัวเกิดใหม่ ส่งน้ำนมดิบให้ศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์เฉลี่ย 11.5 ตันต่อวัน



รูปที่ 3. 3 ลักษณะการเลี้ยงโคนมของฟาร์มขนาดกลาง

- ฟาร์มขนาดใหญ่ (L) มีจำนวน 9 ฟาร์ม แต่ละสมาชิกจะมีจำนวนแม่รีด 21-50 ตัว ลักษณะการเลี้ยงโคนมแบบครอบครัวและจ้างคนงาน 1-2 คน การเลี้ยงโคนมไว้ในคอกเหล็กมุงหลังคาบริเวณพื้นดินเหนียวและพื้นปูน มีการแยกคอกแม่รีดกับวัวเกิดใหม่และการแยกพื้นที่

วางให้อาหารออกมาจากคอก ดังรูปที่ 3.4 ส่งน้ำนมดิบให้ศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์
เฉลี่ย 3.4 ตันต่อวัน



รูปที่ 3. 4 ลักษณะการเลี้ยงโคนมของฟาร์มขนาดใหญ่

- ฟาร์มขนาดใหญ่มาก (XL) มีจำนวน 2 ฟาร์ม แต่ละสมาชิกจะมีจำนวน แม่รีดมากกว่า 50 ตัว ลักษณะการเลี้ยงโคนมแบบธุรกิจ การเลี้ยงโคนมไว้ในคอกเหล็กมุงหลังคาบริเวณพื้นดิน เหนียวและพื้นปูน ดังรูปที่ 3.5 การแยกคอกโคนมตามอายุ เช่น คอกโคเกิดใหม่ คอกโคอายุ 1-3 เดือน คอกโคหย่านมอายุ 4-12 เดือน ดังรูปที่ 3.6 เป็นต้น รวมทั้งมีการแยกพื้นที่รางให้อาหารออกมาจากคอก ส่งน้ำนมดิบให้ศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์เฉลี่ย 1.4 ตันต่อวัน

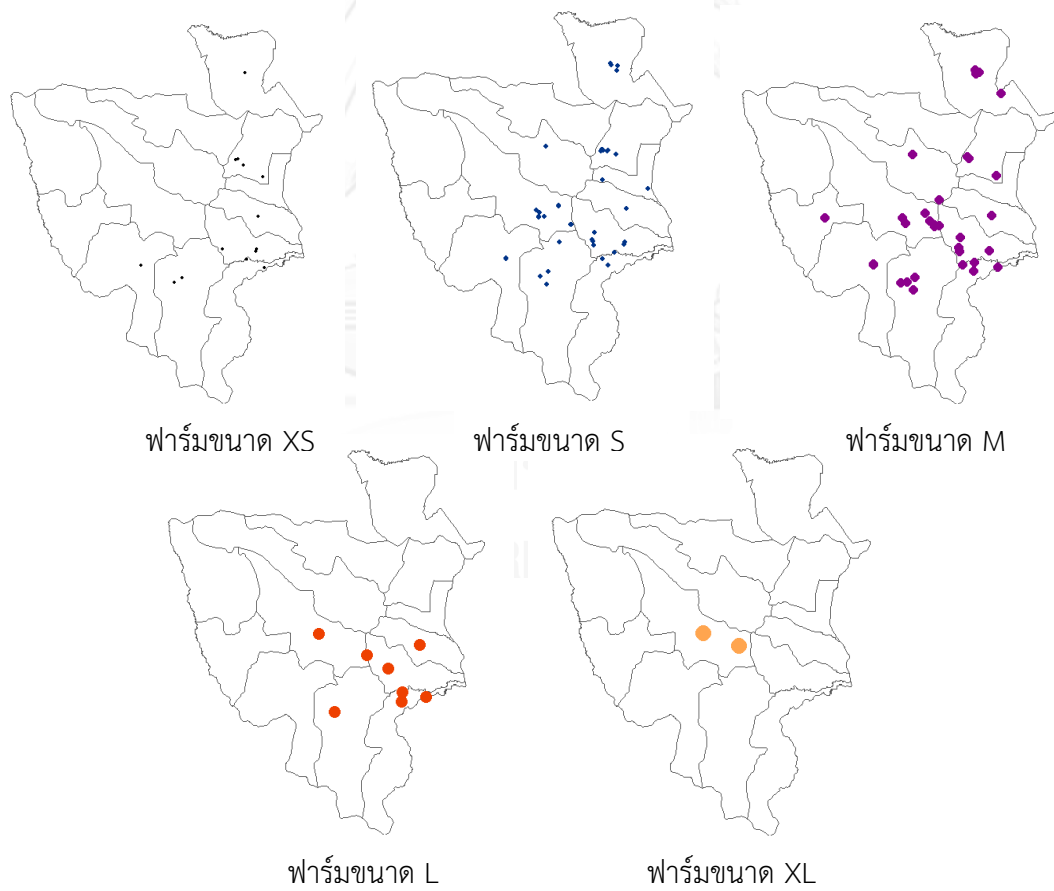


รูปที่ 3. 5 ลักษณะการเลี้ยงโคนมของฟาร์มขนาดใหญ่มาก



รูปที่ 3. 6 ลักษณะการแยกคอกโคนมตามอายุ

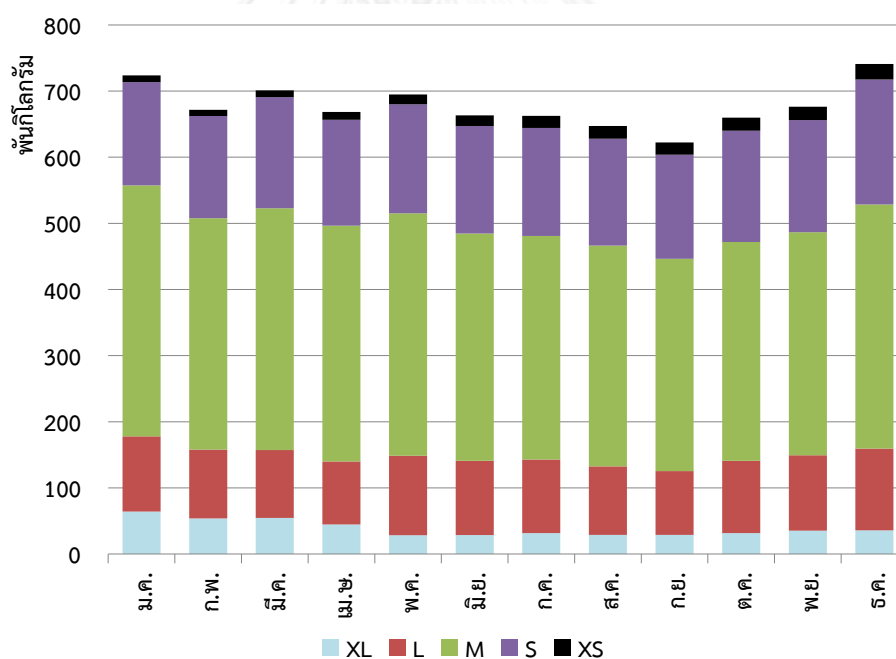
พื้นที่การเลี้ยงโคนมของฟาร์มสมาชิกแต่ละขนาดจะมีการกระจายตัวอยู่ในพื้นที่อำเภอสีคิ้ว ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3. 7 การกระจายตัวตามขนาดฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว

จากรูปที่ 3.7 การกระจายตัวตามขนาดฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วบนแผนที่จริงทั้ง 12 ตำบลของอำเภอสีคิ้ว ขนาดของวงกลมที่กระจายตัวอยู่บนแผนที่แสดงปริมาณนมดิบที่ฟาร์มสมาชิกแต่ละขนาดผลิตส่งให้สหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว และจำนวนจุดวงกลมบนแผนที่แสดงจำนวนฟาร์มสมาชิก เช่น บนแผนที่ฟาร์มสมาชิกขนาด XL มีวงกลมบนแผนที่ 2 จุด หมายถึง จำนวนฟาร์มสมาชิกของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วขนาด XL มีจำนวน 2 ฟาร์ม ตั้งอยู่ในตำแหน่งบนแผนที่จริง

ขนาดของวงกลมที่แสดงปริมาณการรับนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วจากฟาร์มสมาชิกแต่ละขนาด ดังรูปที่ 3.7 มีปริมาณการรับนมดิบในแต่ละเดือนค่อนข้างคงที่ในช่วง 600-800 ตันต่อเดือน ดังรูปที่ 3.8 ปริมาณนมดิบที่ได้ขึ้นกับฤดูกาลโดยในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน - มกราคม) แมรีดจะให้ผลผลิตสูงและปริมาณนมดิบมากสุดในช่วงเดือนธันวาคม เนื่องจากสภาพอากาศและอาหารเหมาะสม ในขณะที่ปริมาณนมดิบจะลดลงในช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม - ตุลาคม) เนื่องจากความชื้น



รูปที่ 3. 8 แสดงปริมาณการรับนมดิบรายเดือนตามขนาดฟาร์มสมาชิกในปี พ.ศ. 2555

จากรูปที่ 3.8 ปริมาณการรับนมดิบรายเดือนตามขนาดฟาร์มสมาชิกในปี พ.ศ. 2555 ฟาร์มสมาชิกขนาดกลางมีส่วนการผลิตนมดิบส่งให้สหกรณ์การเกษตรสีคิ้วมากถึงร้อยละ 52 ของปริมาณนมดิบที่ส่งให้สหกรณ์การเกษตรสีคิ้วทั้งหมด ปริมาณนมดิบที่ผลิตได้อันดับต่อมาคือฟาร์มสมาชิกขนาดเล็กมากมีส่วนการผลิตร้อยละ 24 ของการผลิตนมดิบทั้งหมด นอกจากนี้ฟาร์มสมาชิกขนาดใหญ่มีจำนวน 2 ฟาร์มสามารถผลิตนมดิบได้มากถึง 1,400 กิโลกรัมต่อวัน

3.2 สภาพการขนส่งของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว

การขนส่งของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วประกอบด้วย การขนส่งขาเข้า คือ การขนส่งนมดิบจากฟาร์มสมาชิกมายังศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว และการขนส่งขาออก คือ การขนส่งนมดิบหรือนมพร้อมดื่มจากศูนย์รวบรวมนมดิบหรือโรงงานแปรรูปไปขายยังโรงงานหรือโครงการอาหารเสริม (นม) เนื่องจากการขนส่งขาออกมีการรักษาอุณหภูมิระหว่างการขนส่งจึงไม่เกิดปัญหาในการเน่าเสียของน้ำนมที่ทำให้สหกรณ์ขาดทุนจากการขายน้ำนมคุณภาพต่ำ งานวิจัยจึงมีขอบเขตทำการศึกษากิจการขนส่งขาเข้าจากฟาร์มสมาชิกมายังศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว ในปัจจุบันการขนส่งนมดิบจากฟาร์มสมาชิกมายังสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วมีฟาร์มสมาชิกเป็นผู้รับผิดชอบและเลือกวิธีการขนส่งอย่างอิสระที่มีรูปแบบการขนส่งนมดิบ 2 ลักษณะ คือ ฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการขนส่งนมดิบเอง ดังตารางที่ 3.1 และฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการจ้างขนส่งนมดิบ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการขนส่งนมดิบเอง

ลำดับ	เลขที่สมาชิก	ระยะทางต่อรอบ (กิโลเมตร)	ค่าขนส่งต่อเดือน (บาท)
1	3	15.40	5000.00
2	5	22.00	5000.00
3	50	28.80	4000.00
4	58	26.20	3000.00
5	59	22.00	5000.00
6	61	26.20	8000.00
7	74	26.20	6000.00
8	87	43.00	3000.00
9	95	26.40	7000.00
10	102	22.00	4500.00
11	103	43.00	8000.00
12	127	28.80	4000.00
13	128	28.60	2000.00
14	140	26.20	3000.00
15	159	12.20	4000.00

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการขนส่งนมดิบเอง

ลำดับ	เลขที่สมาชิก	ระยะทางต่อรอบ (กิโลเมตร)	ค่าขนส่งต่อเดือน (บาท)
16	160	22.00	5000.00
17	177	12.20	2000.00
18	178	43.00	8000.00
19	188	18.00	4000.00
20	233	21.20	6000.00
21	243	19.40	5000.00
22	244	12.20	2000.00
23	248	28.60	2000.00
24	249	12.20	4000.00
25	256	9.00	3000.00
26	265	35.60	6000.00
27	269	25.20	2000.00
28	272	22.00	2000.00
29	277	35.60	3000.00
30	287	28.80	3000.00
รวม		742.00	128500.00

จากตารางที่ 3.1 ฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการขนส่งนมดิบเองมีจำนวน 30 ราย ระยะทางต่อรอบการเดินทางขนส่งนมดิบของแต่ละหมายเลขฟาร์มสมาชิกคิดมาจากระยะถนน ดังจะกล่าวต่อไปในส่วนที่ 3.3 โดยการคิดระยะทางการเดินทางขนส่งนมดิบในหนึ่งรอบได้จากการรวมระยะทางจากระยะทางที่ฟาร์มสมาชิกเดินทางขนส่งนมดิบจากฟาร์มไปยังสหกรณ์ และระยะทางที่ฟาร์มสมาชิกเดินทางขนส่งนมดิบจากสหกรณ์กลับมายังฟาร์ม ส่วนค่าขนส่งของแต่ละฟาร์มสมาชิกได้จากการสอบถามโดยค่าขนส่งในที่นี้คือ ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทางในแต่ละเดือน ในปัจจุบันฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการขนส่งนมดิบเองมีระยะทางการเดินทางขนส่งนมดิบรวม 742 กิโลเมตรต่อรอบ และมีค่าขนส่งรวมมากถึง 128,500 บาทต่อเดือน

ตารางที่ 3.2 ฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการจ้างขนส่งนมดิบ

ลำดับ	สาย รับจ้าง	ลำดับการรับถึงนม	ระยะทางรวมต่อ รอบ (กิโลเมตร)	ค่าขนส่งต่อเดือน (บาท)
1	286	286, 290, 152, 259, 260, 154, 216	58.35	32076.80
2	202	291, 271, 283, 263, 264, 276, 280, 289, 208, 116, 288, 202, 224, 282, 209, 121	37.52	39800.00
3	155	155, 186	55.85	11526.40
4	166	166, 180	57.04	15368.50
5	200	42, 200, 279, 274, 157, 210, 122	58.80	30000.00
6	245	245, 223, 252, 240, 65, 246	30.28	21173.20
7	231	231, 232, 273	22.60	6500.00
8	234	234, 278	34.80	7000.00
9	26	26, 117, 123, 27, 266	30.70	16000.00
10	285	57, 48, 173, 285, 212	38.20	18500.00
11	76	76, 131, 153, 230, 182, 258, 67, 113, 53, 118	50.92	31000.00
12	262	81, 262, 197, 217, 257, 7	43.80	16500.00
13	129	129, 199, 106	25.70	10900.00
14	251	251, 235, 164	28.80	18000.00
15	136	69, 195, 70, 136, 79, 218, 227, 236	59.68	29000.00
16	221	239, 247, 211, 221	56.80	10000.00
17	142	142, 196, 99	41.10	14000.00
18	176	91, 174, 176, 237	38.65	13600.00
19	156	270, 261, 187, 156, 144	41.55	9000.00
20	284	284, 267, 107	22.57	4000.00
21	281	281, 29	29.50	7000.00
22	35	35, 62	21.40	2000.00
		รวม	884.61	699390.00

จากตารางที่ 3.2 ฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการจ้างขนส่งนมดิบมีจำนวน 86 รายจากผู้รับจ้าง 22 รายที่มีสถานะเป็นฟาร์มสมาชิกของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วเช่นกัน ระยะทางต่อรอบการเดินรถขนส่งนมดิบของแต่ละสายรับจ้างได้จากการรวมระยะทางการเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกลำดับแรกไปยังฟาร์มสมาชิกลำดับที่สอง ระยะทางการเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกลำดับสองไปยังฟาร์มสมาชิกลำดับที่สาม จนกระทั่งระยะทางการเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกลำดับสุดท้ายไปยังสหกรณ์ รวมกับระยะทางการเดินรถขนส่งนมดิบจากสหกรณ์กลับไปยังฟาร์มสมาชิก เช่น

สายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 176 มีลำดับการรับถังนมคือ 91, 174, 176, 237

ระยะทางการเดินรถขนส่งนมดิบ 38.65 กิโลเมตรคำนวณจาก

ระยะทางการเดินรถจากฟาร์ม 176 ไปยังฟาร์ม 91	= 13.9 กิโลเมตร
ระยะทางการเดินรถจากฟาร์ม 91 ไปยังฟาร์ม 174	= 0.25 กิโลเมตร
ระยะทางการเดินรถจากฟาร์ม 174 ไปยังฟาร์ม 176	= 9.70 กิโลเมตร
ระยะทางการเดินรถจากฟาร์ม 176 ไปยังฟาร์ม 237	= 0.25 กิโลเมตร
ระยะทางการเดินรถจากฟาร์ม 237 ไปยังศูนย์รวบรวมนมดิบฯ	= 7.10 กิโลเมตร
ระยะทางการเดินรถจากศูนย์รวบรวมนมดิบฯ ไปยังฟาร์ม	= 7.40 กิโลเมตร
รวม	38.65 กิโลเมตร

ส่วนค่าขนส่งของแต่ละสายรับจ้างมีค่าใช้จ่ายสองส่วนที่นำมาคิดรวมกันคือ ค่าขนส่งของผู้รับจ้างที่ได้จากค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดำเนินการขนส่งของผู้รับจ้าง และส่วนที่สองคือค่าจ้างของฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการจ้างขนส่งนมดิบ โดยค่าคิดค่าจ้างขนส่งนมดิบของผู้รับจ้างสามารถแบ่งเป็น 3 วิธี ดังนี้

1. การคิดค่าจ้างขนส่งนมดิบแบบเป็นกิโลกรัม คือ การคิดค่าจ้างตามปริมาณที่ฟาร์มสมาชิกส่งนมดิบให้สหกรณ์ในแต่ละเดือนตามจริง โดยมีการคิดค่าจ้าง ดังนี้

1.1 ค่าจ้างขนส่งนมดิบราคา 0.6 บาทต่อกิโลกรัม ในพื้นที่ตำบลหนองหญ้าขาว คือสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 245

1.2 ค่าจ้างขนส่งนมดิบราคา 0.75 บาทต่อกิโลกรัม ในพื้นที่ตำบลตะเคียน คือสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 155 สายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 166 และสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 286

ตัวอย่างการคิดค่าขนส่งของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 286 ที่มีการคิดค่าจ้างขนส่งนมดิบราคา 0.75 บาทต่อกิโลกรัม มีฟาร์มสมาชิกผู้จ้างคือ 290, 152, 259, 260, 154, 216

วิธีทำ การคิดค่าขนส่งในปัจจุบันของแต่ละสายแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. ค่าขนส่งของผู้รับจ้างสาย 286 = 12000.00 บาทต่อเดือน

2. ค่าจ้างขนส่งนมดิบรวม หรือ ค่าขนส่งของฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการจ้างขนส่งนมดิบทุกฟาร์มสมาชิกของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 286 คือ

ฟาร์มสมาชิก 290 มีปริมาณนมรวม 836.87 กิโลกรัมต่อเดือน

คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบ = $836.87 \times 0.75 = 627.65$ บาทต่อเดือน

ฟาร์มสมาชิก 152 มีปริมาณนมรวม 5458.53 กิโลกรัมต่อเดือน

คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบ = $5458.53 \times 0.75 = 4093.90$ บาทต่อเดือน

ฟาร์มสมาชิก 259 มีปริมาณนมรวม 3399.48 กิโลกรัมต่อเดือน

คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบ = $3399.48 \times 0.75 = 2549.61$ บาทต่อเดือน

ฟาร์มสมาชิก 260 มีปริมาณนมรวม 3220.06 กิโลกรัมต่อเดือน

คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบ = $3220.06 \times 0.75 = 2415.05$ บาทต่อเดือน

ฟาร์มสมาชิก 154 มีปริมาณนมรวม 6398.96 กิโลกรัมต่อเดือน

คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบ = $6398.96 \times 0.75 = 4799.22$ บาทต่อเดือน

ฟาร์มสมาชิก 216 มีปริมาณนมรวม 7455.11 กิโลกรัมต่อเดือน

คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบ = $7455.11 \times 0.75 = 5591.33$ บาทต่อเดือน

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ค่าขนส่งของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 286} &= 12000.00 + 627.65 + 4093.90 \\ &+ 2549.61 + 2415.05 + 4799.22 + 5591.33 \\ &= 32076.80 \text{ บาทต่อเดือน} \end{aligned}$$

2. การคิดค่าขนส่งแบบถ้ำ คือ การคิดค่าจ้างตามจำนวนถ้ำที่ฟาร์มสมาชิกส่งในช่วงเช้า ปัจจุบันมีการคิดค่าจ้าง ดังนี้

2.1 ราคาถ้ำละ 700.00 บาทต่อเดือน ในพื้นที่

ตำบลสี่คิ้วของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 129

ตำบลลาดบัวขาวของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 129

2.2 ราคาถ้ำละ 800.00 บาทต่อเดือน ในพื้นที่

ตำบลสี่คิ้วของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 176

2.3 ราคาถ้ำละ 1000.00 บาทต่อเดือน ในพื้นที่

ตำบลหนองบัวน้อยของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 202

ตำบลหนองน้ำใสของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 200

ตำบลลาดบัวขาวของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 76, 136, 156, 251

ตำบลคลองไผ่ของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 76

ตำบลหนองหญ้าขาวของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 136

2.4 ราคาถ้ำละ 1200.00 บาทต่อเดือน ในพื้นที่

ตำบลหนองบัวน้อยของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 202

ตัวอย่างการคิดค่าขนส่งของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 176 ที่มีการคิดค่าจ้างขนส่งนมดิบ ราคาถังละ 800.00 บาทต่อเดือน มีฟาร์มสมาชิกผู้จ้างคือ 91, 174, 237

วิธีทำ การคิดค่าขนส่งในปัจจุบันของแต่ละสายแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. ค่าขนส่งของผู้รับจ้างสาย 176 = 4000.00 บาทต่อเดือน
2. ค่าจ้างขนส่งนมดิบรวม หรือ ค่าขนส่งของฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการจ้างขนส่งนมดิบทุกฟาร์มสมาชิกของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 176 คือ ฟาร์มสมาชิก 91 มีปริมาณนมรอบเช้า 1 ถัง
คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบ = $1 \times 800.00 = 800.00$ บาทต่อเดือน
ฟาร์มสมาชิก 174 มีปริมาณนมรวม 3 กิโลกรัมต่อเดือน
คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบ = $3 \times 800.00 = 2400.00$ บาทต่อเดือน
ฟาร์มสมาชิก 237 มีปริมาณนมรวม 8 กิโลกรัมต่อเดือน
คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบ = $8 \times 800.00 = 6400.00$ บาทต่อเดือน

ดังนั้น ค่าขนส่งของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 176 = $4000.00 + 800.00 + 2400.00 + 6400.00$
= 13600.00 บาทต่อเดือน

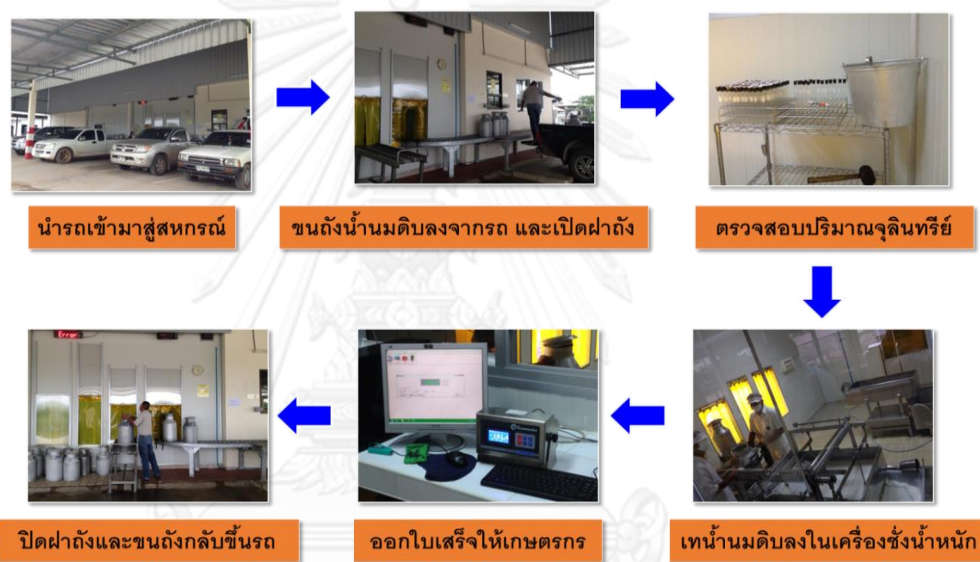
3. การคิดค่าขนส่งแบบเหมา การคิดค่าจ้างวิธีนี้ขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างผู้รับจ้างและผู้จ้าง แต่การเหมาจะคิดแบบเหมาจำนวนถังในพื้นที่ตำบลลาดบัวขาวของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 26 สายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 136 และสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 285 เช่น ตัวอย่างการคิดค่าขนส่งของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 285 ที่มีการคิดค่าจ้างขนส่งนมดิบแบบเหมา มีฟาร์มสมาชิกผู้จ้างคือ 47, 58, 173, 212

วิธีทำ การคิดค่าขนส่งในปัจจุบันของแต่ละสายแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. ค่าขนส่งของผู้รับจ้างสาย 285 = 8000.00 บาทต่อเดือน
2. ค่าจ้างขนส่งนมดิบรวม หรือ ค่าขนส่งของฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการจ้างขนส่งนมดิบทุกฟาร์มสมาชิกของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 285 คือ ฟาร์มสมาชิก 47 มีปริมาณนมรอบเช้า 3 ถัง
คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบเหมา 2000.00 บาทต่อเดือน
ฟาร์มสมาชิก 58 มีปริมาณนมรอบเช้า 1 ถัง
คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบเหมา 1500.00 บาทต่อเดือน
ฟาร์มสมาชิก 173 มีปริมาณนมรอบเช้า 8 ถัง
คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบเหมา 5000.00 บาทต่อเดือน
ฟาร์มสมาชิก 212 มีปริมาณนมรอบเช้า 3 ถัง

คิดเป็นค่าจ้างขนส่งนมดิบเหมา 2000.00 บาทต่อเดือน
 ดังนั้น ค่าขนส่งของสายรับจ้างเลขฟาร์มสมาชิก 176 = 8000.00 + 2000.00 + 1500.00
 +5000.00 + 2000.00
 = 18500.00 บาทต่อเดือน

ฟาร์มสมาชิกที่มีการขนส่งทั้งสองลักษณะดังกล่าวสามารถขนส่งนมดิบมายังศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วภายในเวลาเปิดรับนมดิบ 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า 7.30 – 9.30 น. และช่วงเย็น 16.30 – 18.30 น. โดยฟาร์มสมาชิกจะต้องดำเนินการตามขั้นตอนการรับนํ้านมดิบของศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว ดังรูปที่ 3.9



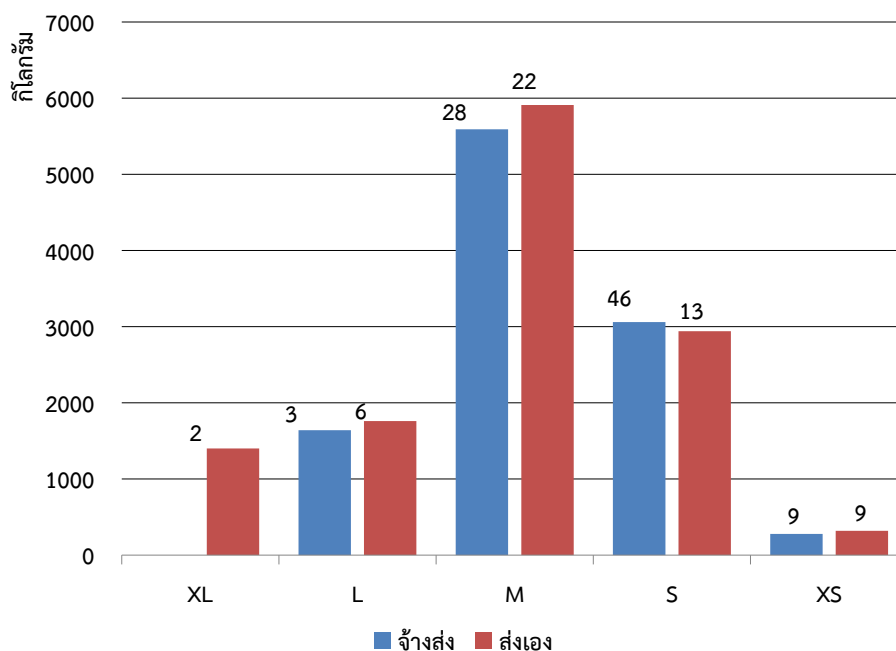
รูปที่ 3. 9 ขั้นตอนการรับนํ้านมดิบของศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว

จากรูปที่ 3.9 ขั้นตอนการรับนํ้านมดิบของศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว มีดังนี้

1. สมาชิกนำรถบรรทุกถ้มนมเข้ามาจอดบริเวณด้านหน้าห้องศูนย์รวบรวมนมดิบ โดยกระบะท้ายจะอยู่ใกล้บริเวณสายพานลูกถ้สำหรับรับถ้มนม
2. สมาชิกจะทำการตอกบัตรเวลาเข้าส่งนม และขนถ้มนมขึ้นไปวางบนสายพานลูกถ้ จากนั้นเปิดฝาดังด้วยค้อนยาง
3. เจ้าหน้าที่จะทำการตักแบ่งตัวอย่างของทุกถ้ในแต่ละสมาชิกเพื่อนำไปตรวจสอบค่าความสะอาดด้วยวิธี Methylene blue test ซึ่งจะมีการแจ้งผลการตรวจสอบกลับไปยังสมาชิกในวันถัดไป

4. เมื่อแบ่งตัวอย่างแล้ว เจ้าหน้าที่อีก 2 คนจะช่วยกันยกถังนมทุกถังที่มีหมายเลขสมาชิกเดียวกันเทรวมกันลงในเครื่องชั่งน้ำหนัก แล้วนำถังเปล่าไปวางลงสายพานส่งถังคืน
5. เจ้าหน้าที่ที่ออกไปเสร็จที่บันทึกน้ำหนักนมดิบของช่วงเวลาที่มาส่ง
6. สมาชิกจะขนถังนมกลับขึ้นรถ และไปรีบใบเสร็จแล้วจึงเสร็จสิ้นขั้นตอนการรับน้ำหนักนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว

ปริมาณนมดิบรายวันที่สหกรณ์ได้รับจากฟาร์มสมาชิกที่มีรูปแบบการขนส่งนมดิบในแต่ละรูปแบบมีปริมาณ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ปริมาณนมดิบรายวันของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว

จากรูปที่ 3.10 ฟาร์มสมาชิกขนาดเล็ก (s) มีวิธีการขนส่งนมดิบด้วยการจ้างขนส่งมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วน 78% (46 ฟาร์มจาก 59 ฟาร์ม) ของฟาร์มสมาชิกที่มีขนาดเดียวกันและมีปริมาณนมดิบที่ขนส่งให้สหกรณ์มีสัดส่วนร้อยละ 13.36 ของปริมาณนมทั้งหมด ฟาร์มสมาชิกขนาดเล็กที่มีรูปแบบการจ้างขนส่งส่วนใหญ่อยู่ในเขตอำเภอที่มีระยะทางห่างจากสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วมากกว่า 15 กิโลเมตร การจ้างขนส่งของฟาร์มสมาชิกขนาดเล็กนี้ช่วยประหยัดเวลาในการขนส่งถังนมที่มีจำนวนน้อยและการขนส่งที่ไม่คุ้มค่าเชื้อเพลิง ฟาร์มสมาชิกขนาดกลางมีการจ้างขนส่งมากเป็นอันดับสองคิดเป็นสัดส่วน 56% (28 ฟาร์มจาก 50 ฟาร์ม) ของฟาร์มสมาชิกที่มีขนาดเดียวกันและปริมาณนมดิบที่ขนส่งให้สหกรณ์มีสัดส่วนร้อยละ 24.41 ของปริมาณนมทั้งหมด เนื่องจากการจ้างขนส่งเป็นวิธีช่วยประหยัดเวลาและค่าเชื้อเพลิง ลำดับต่อมาคือฟาร์มสมาชิกขนาดเล็กมากมีการจ้างขนส่งคิด

เป็นสัดส่วน 50% ของฟาร์มสมาชิกที่มีขนาดเดียวกัน การจ้างขนส่งนมของฟาร์มสมาชิกขนาดเล็กมากนี้มีสัดส่วนน้อยกว่าฟาร์มสมาชิกขนาดเล็กและขนาดกลางเนื่องจากจำนวนฟาร์มสมาชิกขนาดเล็กมากที่มีพื้นที่ฟาร์มอยู่ไกลจากสหกรณ์มีจำนวนฟาร์มเท่ากับฟาร์มสมาชิกขนาดเล็กมากที่มีระยะทางห่างจากสหกรณ์ไม่เกิน 10 กิโลเมตร ฟาร์มสมาชิกขนาดเล็กมากจึงสามารถใช้รถมอเตอร์ไซด์หรือมอเตอร์ไซด์พ่วง บรรทุกถังนมไปส่งสหกรณ์เองได้โดยไม่ต้องเสียค่าขนส่งที่แพงกว่าและไม่ต้องรอรถรับจ้าง ฟาร์มสมาชิกขนาดใหญ่มีการจ้างขนส่งคิดเป็นสัดส่วน 33% ของฟาร์มสมาชิกที่มีขนาดเดียวกัน การจ้างขนส่งของฟาร์มสมาชิกขนาดใหญ่นี้ช่วยให้ประหยัดเวลาและสามารถดูแลจัดการฟาร์มได้มากขึ้น ส่วนฟาร์มสมาชิกขนาดใหญ่มากไม่มีการจ้างขนส่งเนื่องจากปริมาณนมดิบที่ผลิตปริมาณมากที่บรรทุกได้เต็มคัน

3.3 การเตรียมข้อมูลก่อนการจัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบ

เมื่อทำการเก็บศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลสถานการณ์ทั่วไป ข้อมูลสภาพการขนส่งในปัจจุบันตลอดจนการรวบรวมข้อมูลปริมาณการรับนมดิบและตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์จากฟาร์มสมาชิกทั้งหมด 138 รายของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วแล้ว ก่อนการหาเส้นทางรถขนส่งนมดิบ จำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการจัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบ ดังนี้

1. เส้นทางรถขนส่งนมดิบเข้าและออกในแต่ละตำบล
2. การวัดระยะทางการเดินทางขนส่งนมดิบ
3. ปริมาณนมดิบของแต่ละฟาร์มสมาชิก
4. ประเภทรถที่ใช้ในการขนส่ง
5. การคำนวณเวลาในการเดินทางขนส่งนมดิบ
6. การคำนวณเวลาในการขนส่งสินค้า
7. การเดินทางขนส่งนมดิบในแต่ละรอบ
8. การแบ่งพื้นที่เส้นทางรถขนส่งนมดิบ

3.3.1 เส้นทางรถขนส่งนมดิบเข้าและออกในแต่ละตำบล

เส้นทางรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วมี 11 ตำบล คือ ตำบลกฤษณา ตำบลคลองไผ่ ตำบลลาดบัวขาว ตำบลหนองหญ้าขาว ตำบลหนองน้ำใส ตำบลหนองบัวน้อย ตำบลมิตรภาพ ตำบลกุดน้อย ตำบลสีคิ้ว ตำบลบ้านหัน และตำบลตะเคียน เนื่องจากเส้นทางเข้าออกบางตำบลมีมากกว่าหนึ่งเส้นทางแต่จากการสอบถามและลงพื้นที่สำรวจเส้นทางพบว่ารถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วมีเส้นทางรถขนส่ง ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เส้นทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบในแต่ละตำบลของฟาร์มสมาชิก

เส้นทาง	พิกัดทาง ภูมิศาสตร์	ถนน	จุดสังเกต ทางเข้าตำบล	หมายเหตุ
ตำบลกฤษณา	101.67802E 14.95623N	ทางหลวง 201	ป้ายทางหลวง บ้านซำใต้	
ตำบลคลองไผ่	101.60885E 14.89488N	โยธาธิการ 2169	ท่างวิทยาลัย เกษตรเข้าไปอีก 4 กิโลเมตร	
ตำบลบ้านหัน เส้นทางที่ 1	101.75464E 14.95363N	ทางหลวง 201	วัด นักบุญ ยอ เซฟ	247 ใช้เป็น ทางออก
ตำบลบ้านหัน เส้นทางที่ 2	101.68100E 14.97712N	โยธาธิการ 2023	โรงเรียนห้วยลึก ผดุงวิทยา	239 ใช้ เป็น ทางเข้า-ออก
ตำบลบ้านหัน เส้นทางที่ 3	101.679345E 14.965513N	ทางหลวง 201	ตรงข้ามป้าย บริษัท แอโรว์ มิซูทาปิ จำกัด	247 ใช้เป็น ทางเข้า
ตำบลลาดบัว ขาว	101.6648E 14.88238N	โยธาธิการ 2169	วัดโนนแต่	
ตำบลหนอง หญ้าขาว	101.68382E 14.93106N	โยธาธิการ 2169	ป้าย ส น ม กอล์ฟ	
ตำบลหนองน้ำ ใส	101.52913E 14.92564N	โยธาธิการ 2169	วัดไชยศรีคณา ราม	
ตำบลหนองบัว น้อย	101.68837E 15.01684N	ทางหลวง 201	ป้ายบ้านหนอง บัวน้อย	
ตำบลมิตรภาพ เส้นทางที่ 1	101.69437E 14.87203N	ทางหลวง 201	ป้ายบ้านกุด ชนวน	058 144 156 187
ตำบลมิตรภาพ เส้นทางที่ 2	101.69992E 14.85846N	ทางหลวง 201	ป้ายอ่างเก็บน้ำ ซำประดู่	003 029 061 074 128 140 248 267 281
ตำบลกุดน้อย	101.75925E 14.93141N	ทางหลวง 201	ป้ายบ้านกุด น้อย	

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) เส้นทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบในแต่ละตำบลของฟาร์มสมาชิก

เส้นทาง	พิกัดทาง ภูมิศาสตร์	ถนน	จุดสังเกต ทางเข้าตำบล	หมายเหตุ
ตำบลสีคิ้ว	101.71488E 14.90344N	ทางหลวง 201		
ตำบลตะเคียน	101.72256E 15.11522N	ทางหลวง 201	ป้ายบ้านหนอง ละมั่ง	

จากตารางที่ 3.3 เส้นทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกในแต่ละตำบลไม่ได้มีเพียงเส้นทางเดียว เช่น ตำบลบ้านหัน และตำบลมิตรภาพ เส้นทางรถขนส่งเข้าตำบลส่วนใหญ่ใช้เส้นทางถนนทางหลวงสาย 201 และถนนโยธาธิการ 2169 การกำหนดเส้นทางรถขนส่งนมดิบเข้า-ออกในแต่ละตำบลของฟาร์มสมาชิกช่วยให้สามารถหาระยะทางจริงจากระยะถนนที่ใช้เดินทางรถขนส่งนมดิบได้ถูกต้องมากขึ้น


3.3.2 การวัดระยะทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบ

การวัดระยะทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบสามารถหาระยะทางจริงจากระยะถนนได้ด้วยแอปพลิเคชันแผนที่จาก Google (Google Map) การหาเส้นทางรถขนส่งนมดิบจำเป็นที่จะต้องมีการวัดระยะทางระหว่างสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วกับฟาร์มสมาชิกทั้งหมด และข้อมูลระยะทางระหว่างฟาร์มสมาชิก การหาระยะทางจริงด้วยการใช้แอปพลิเคชัน Google Map มีขั้นตอน ดังนี้

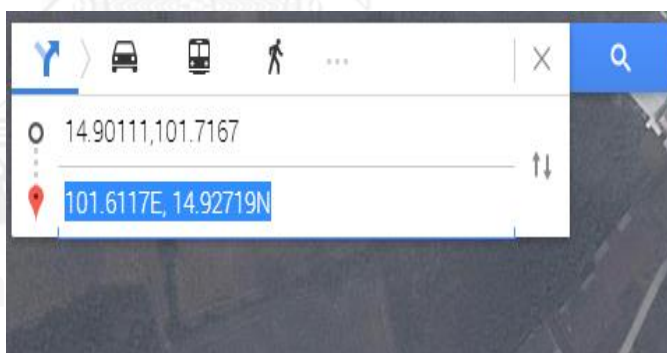
1. เมื่อทำการตรวจวัดและบันทึกตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ไว้ด้วยแอปพลิเคชันเข็มทิศของโทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ Apple รุ่น 4S แล้ว การหาตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์จุดแรกที่ต้องการทราบสามารถทำได้ด้วยการกรอกข้อมูลตำแหน่งนั้นลงบนแถบค้นหาของแอปพลิเคชันจะได้ตำแหน่งที่ต้องการปรากฏบนแผนที่จริง ดังรูปที่ 3.11 โดยตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์จุดแรกในตัวอย่างนี้ก็คือที่ตั้งของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว



รูปที่ 3. 11 การกรอกข้อมูลตำแหน่งลงบนแถบค้นหาแอปพลิเคชัน Google Map

จากรูปที่ 3.11 กรอบสี่เหลี่ยมสีแดงแสดงตำแหน่งการกรอกข้อมูลลงในแถบค้นหาของแอปพลิเคชัน Google Map ด้วยการกรอก ตัวเลขพิกัดลองจิจูด (Longitude) ตามด้วย E และ ตัวเลขพิกัดละติจูด (Latitude) ตามด้วย N เช่น 101.7167E 14.9011N แล้วกดเครื่องหมายค้นหารูปแว่นขยาย 

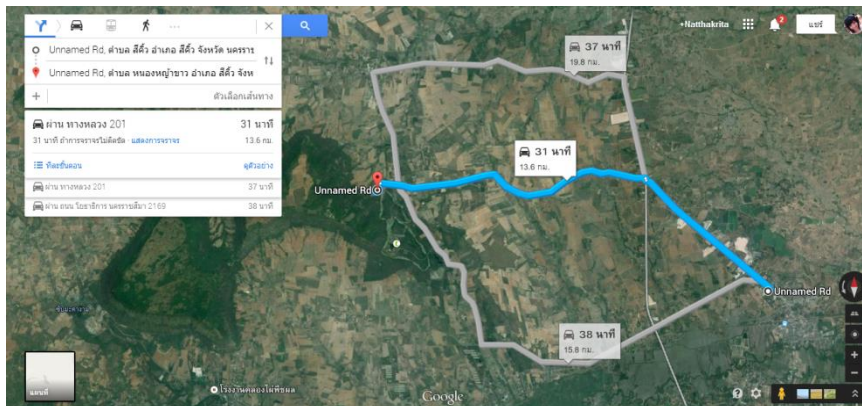
2. เมื่อต้องการหาระยะทางจากจุดแรกมายังจุดที่สองให้เลือกการหาเส้นทาง (Directions) แล้วนำตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์จุดที่สองที่ต้องการกรอกข้อมูลลงบนแถบค้นหาของแอปพลิเคชัน Google Map ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3. 12 การหาเส้นทางของตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ระหว่างจุดสองจุด

จากรูปที่ 3.12 กรอบสี่เหลี่ยมสีแดงแสดงตำแหน่งการกรอกข้อมูลจุดที่สองที่ต้องการลงในแถบค้นหาของแอปพลิเคชัน Google Map ด้วยการกรอก ตัวเลขพิกัดลองจิจูด (Longitude) ตามด้วย E และ ตัวเลขพิกัดละติจูด (Latitude) ตามด้วย N เช่น 101.6117E 14.92719N แล้วกดเครื่องหมายค้นหารูปแว่นขยาย

3. เมื่อกดเครื่องหมายค้นหารูปแว่นขยายจะได้ระยะทางจริงจากระยะถนน ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3. 13 ตัวอย่างระยะทางระหว่างจุดที่ตั้งสองจุด

จากรูปที่ 3.13 เส้นทางการเดินทางระหว่างจุดตัวอย่างสองจุดเกิดขึ้นหลายเส้นทาง การตัดสินใจเลือกเส้นทางเพื่อนำระยะทางจริงจากถนนมาเป็นข้อมูล จะต้องเลือกจากเส้นทางเข้า-ออกจากถนนที่ใช้ในการเดินทางขนส่งนมดิบในปัจจุบัน ตามหัวข้อ 3.3.1 ตัวอย่างในจุดที่สองคือตำแหน่งของฟาร์มสมาชิก 65 อยู่บริเวณ ตำบลหนองหญ้าขาว เส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบที่ใช้เดินทางคือเส้นทางที่ปรากฏ ดังนั้น ระยะทางระหว่างสหกรณ์ไปยังฟาร์มสมาชิก 65 คือ 13.6 กิโลเมตร

4. ทำการบันทึกข้อมูลระยะทางลงในตารางเมตริกระยะทาง (Distance Matrix) โดยตารางเมตริกระยะทางจะมีข้อมูลระยะทางระหว่างสหกรณ์ไปยังฟาร์มสมาชิกทุกฟาร์ม และระยะทางจากฟาร์มสมาชิกไปยังฟาร์มสมาชิกอื่นทุกราย ดังรูปที่ 3.14

ระยะทาง (กิโลเมตร)	0	3	5	...	291
0	0				
3		0			
5			0		
...				0	
291					0

รูปที่ 3. 14 ตารางเมตริกระยะทาง

จากรูปที่ 3.14 ตัวเลขในคอลัมน์แรกและตัวเลขแถวบนสุดคือเลขฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว ช่องว่างของตารางเมตริกยะทางจะเป็นข้อมูลระยะทางโดยมีหน่วยเป็นกิโลเมตร ข้อมูลระยะทางในตารางเมตริกยะทางนี้จะมีจำนวน $139 \times 139 = 19321$ ข้อมูล

3.3.3 ปริมาณนมดิบของแต่ละฟาร์มสมาชิก

ปริมาณนมดิบของแต่ละฟาร์มสมาชิกที่นำมาคิดเป็นปริมาณความต้องการได้มาจากการหาค่าปริมาณนมดิบมากที่สุดจากฐานข้อมูลการรับน้ำนมดิบรายวันของฟาร์มสมาชิกในปี พ.ศ. 2555 เนื่องจากปริมาณนมที่สหกรณ์บันทึกมีหน่วยเป็นกิโลกรัมจึงต้องแปลงหน่วยปริมาณนมดิบเป็นจำนวนถัง โดยขนาดถังบรรจุนมดิบที่ใช้มีขนาดบรรจุ 50 กิโลกรัม ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ขนาดถังบรรจุนมดิบของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว

จากรูปที่ 3.15 เจ้าหน้าที่ฝ่ายรับนมดิบของสหกรณ์สีคิ้วกำลังตักแบ่งตัวอย่างจากถังบรรจุนมดิบขนาด 50 กิโลกรัมของฟาร์มสมาชิกหมายเลข 159 เพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพน้ำนม

3.3.4 ประเภทรถที่ใช้ในการขนส่ง

รถที่ใช้ในการขนส่งจะเป็นรถกระบะ 2 ประตู กระบะหลังมีพื้นที่ขนาดกว้าง 148 เซนติเมตรและยาว 220 เซนติเมตร สามารถบรรจุถังนมดิบขนาด 50 กิโลกรัมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 37 เซนติเมตรได้ 20 ถังเต็มพื้นที่

3.3.5 การคำนวณเวลาในการเดินทางขนส่งนมดิบ

การคำนวณเวลาในการเดินทางแต่ละจุดคิดที่ความเร็วเฉลี่ย 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง บนถนนทางหลวง 201 และความเร็วเฉลี่ย 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมงบนถนนทางเข้าฟาร์ม

3.3.6 การคำนวณเวลาในการขนส่งสินค้า

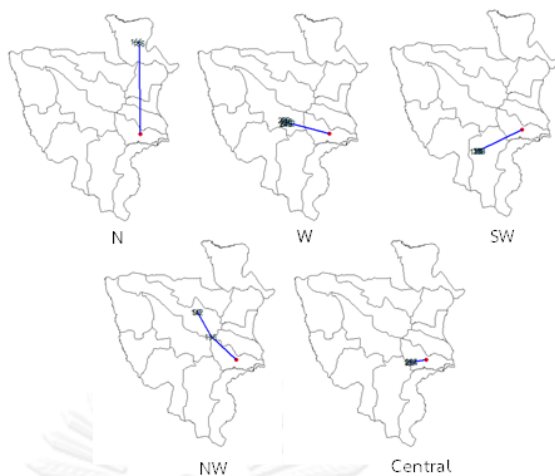
เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจะเป็นเวลายกถ่วงนมดิบขึ้นรถกระบะ จากการทำการจับเวลาการยกถ่วงนมดิบที่บรรจุนมดิบเต็มถังขนาด 50 กิโลกรัมสามารถยกถ่วงนมดิบขึ้นไปวางบนหลังกระบะ 8 ถังในหนึ่งนาที การคำนวณเวลาขนส่งในการจัดเส้นทางการเดินทางการเดินรถจะมีเวลาในการยกถ่วงนมฟาร์มสมาชิกละ 2 นาที

3.3.7 การเดินทางขนส่งนมดิบในแต่ละรอบ

การเดินทางขนส่งนมดิบในแต่ละรอบจะเริ่มจากศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว (Depot) ไปยังจุดรับถ่วงนมดิบตามที่ตั้งของฟาร์มสมาชิกแต่ละจุดจนครบตามจำนวนลำดับการรับในเส้นทางนั้น และเดินทางขนส่งนมดิบกลับมายังศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว

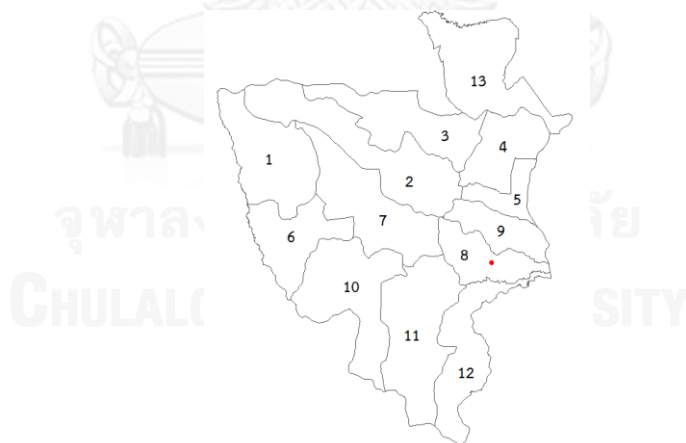
3.3.8 การแบ่งพื้นที่เส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบ

การพล็อตเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกทำให้ทราบปัญหาการทับซ้อนของเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบ ดังรูปที่ 1.5 การแก้ไขปัญหาการทับซ้อนพื้นที่การเดินทางสามารถแก้ไขด้วยการแบ่งพื้นที่การเดินทางขนส่งนมดิบให้ชัดเจน การแบ่งพื้นที่จึงเริ่มจากการทดลองนำพิกัดฟาร์มสมาชิกมาพล็อตเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบลงบนแผนที่อำเภอสีคิ้วทีละสายเพื่อสังเกตเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบของทุกฟาร์มสมาชิก การพล็อตเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบทุกสายทำให้สามารถจับกลุ่มสายรถได้เป็น 5 ทิศ โดยใช้สหกรณ์เป็นศูนย์กลาง คือ กลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศเหนือ (N) กลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศตะวันตก (W) กลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) กลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) และกลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศศูนย์กลาง (Central) ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3. 16 กลุ่มเส้นทางสายรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว

จากรูปที่ 3.16 จุดสีแดงบนแผนที่คือที่ตั้งสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว เส้นทางที่ลากผ่านเลขฟาร์มสมาชิกคือสายรถขนส่งนมดิบ เมื่อนำสายรถขนส่งนมดิบทั้ง 52 สายรถที่พล็อตลงบนแผนที่จริงแผนที่ละ 1 เส้นทางทำให้สามารถจับคู่กลุ่มทิศของสายรถขนส่งกับพื้นที่ตำบลทั้ง 12 ตำบลของอำเภอสีคิ้วและ 1 ตำบลของอำเภอด่านขุนทดบนแผนที่จริง ดังรูปที่ 3.17 การจับคู่กลุ่มทิศกับตำบลสามารถทำได้ด้วยการลากเส้นต่อจากสายรถขนส่งนมดิบผ่านตำบลใดซ้ำกันทุกเส้นทางที่มีกลุ่มทิศเดียวกัน ตำบลนั้นก็จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศนั้น ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3. 17 แผนที่อำเภอสีคิ้วและอำเภอด่านขุนทด

จากรูปที่ 3.17 จุดสีแดงในแผนที่แสดงที่ตั้งของสหกรณ์ที่เป็นจุดศูนย์กลาง ส่วนตัวเลขบนแผนที่แทนจำนวนตำบลของอำเภอสีคิ้วและอำเภอด่านขุนทด โดย

- | | | |
|-----------|--------------|-------------|
| เลข 1 แทน | ตำบลดอนเมือง | อำเภอสีคิ้ว |
| เลข 2 แทน | ตำบลกฤษณา | อำเภอสีคิ้ว |

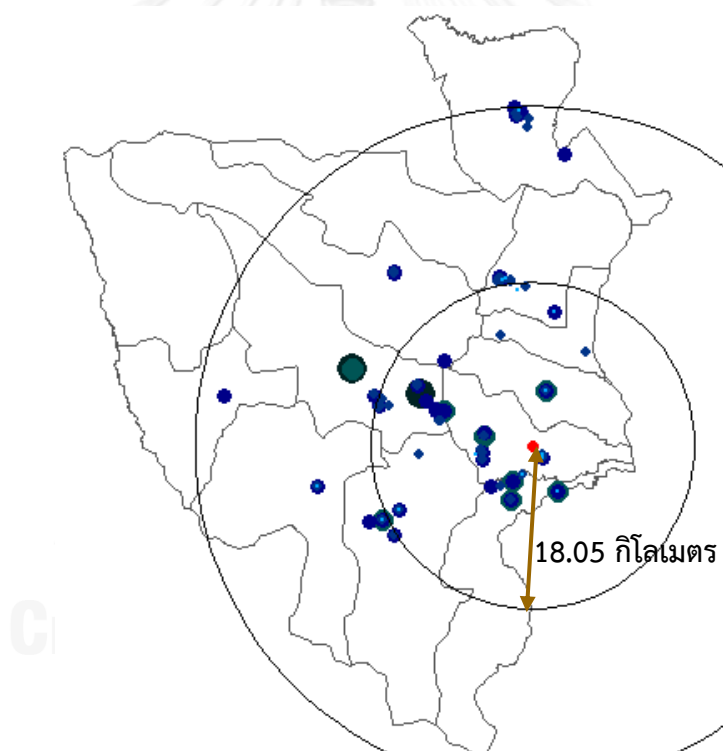
เลข 3 แทน	ตำบลวังโรงใหญ่	อำเภอสีคิ้ว
เลข 4 แทน	ตำบลหนองบัวน้อย	อำเภอสีคิ้ว
เลข 5 แทน	ตำบลบ้านหัน	อำเภอสีคิ้ว
เลข 6 แทน	ตำบลหนองน้ำใส	อำเภอสีคิ้ว
เลข 7 แทน	ตำบลหนองหญ้าขาว	อำเภอสีคิ้ว
เลข 8 แทน	ตำบลสีคิ้ว	อำเภอสีคิ้ว
เลข 9 แทน	ตำบลกุดน้อย	อำเภอสีคิ้ว
เลข 10 แทน	ตำบลคลองไผ่	อำเภอสีคิ้ว
เลข 11 แทน	ตำบลลาดบัวขาว	อำเภอสีคิ้ว
เลข 12 แทน	ตำบลมิตรภาพ	อำเภอสีคิ้ว
เลข 13 แทน	ตำบลตะเคียน	อำเภอด่านขุนทด



รูปที่ 3. 18 แผนที่การจัดกลุ่มทิศตามตำบลของอำเภอสีคิ้วและอำเภอด่านขุนทด

จากรูปที่ 3.18 จุดสีแดงในแผนที่แสดงที่ตั้งของสหกรณ์ที่เป็นจุดศูนย์กลาง สีบนแผนที่แสดงบริเวณอำเภอที่เป็นกลุ่มทิศเดียวกัน โดยกลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศเหนือประกอบด้วย ตำบลหนองบัวน้อย ตำบลตะเคียน กลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศตะวันตกประกอบด้วย ตำบลดอนเมือง ตำบลหนองน้ำใส ตำบลหนองหญ้าขาว กลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศตะวันตกเฉียงใต้ประกอบด้วย ตำบลคลองไผ่ ตำบลลาดบัวขาว ตำบลมิตรภาพ กลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศตะวันตกเฉียงเหนือประกอบด้วย ตำบลกฤษณา ตำบลวังโรงใหญ่ และกลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศศูนย์กลางประกอบด้วย ตำบลสีคิ้ว ตำบลกุดน้อย ตำบลบ้านหัน

เมื่อนำฟาร์มสมาชิกมาพล็อตลงบนแผนที่จริงจะพบลักษณะการกระจายตัวฟาร์มสมาชิกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มฟาร์มสมาชิกที่มีการกระจายตัวกันรอบๆ ทัศนศุนย์กลาง และกลุ่มฟาร์มสมาชิกที่มีการกระจายตัวไกลจากพื้นที่รอบๆ ทัศนศุนย์กลางซึ่งอยู่ไกลจากสหกรณ์ การกระจายตัวของฟาร์มสมาชิกเป็นสองกลุ่มดังกล่าวทำให้สามารถแบ่งรอบการเดินทางขนส่งนมดิบได้เป็น 2 รอบ การเดินทางขนส่งนมดิบรอบแรกจะเริ่มเดินทางไปยังนมของกลุ่มฟาร์มสมาชิกพื้นที่ใกล้ก่อน จากนั้นจึงจะทำการรับถัมนมจากกลุ่มฟาร์มสมาชิกรอบพื้นที่สหกรณ์ โดยการหยุดรับถัมนมของรถขนส่งนมดิบแต่ละคันจะหยุดรับถัมนมจากกลุ่มฟาร์มสมาชิกที่มีพื้นที่ใกล้กันหรืออยู่ในตำบลเดียวกันเพื่อช่วยลดระยะเวลาการเดินทางขนส่งรวม [9] การหาระยะรัศมีสำหรับแบ่งพื้นที่การเดินทางทั้งสองรอบได้มาจากการทดลองหาระยะรัศมีที่ทำให้พื้นที่วงกลมภายในและพื้นที่วงแหวนมีจำนวนรอบการเดินทางเท่ากันคือระยะรัศมี 18.05 กิโลเมตร ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3. 19 การแบ่งพื้นที่เส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบ

จากรูปที่ 3.19 พื้นที่เส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบถูกแบ่งเป็นสองส่วน พื้นที่ระยะรัศมีภายในเป็นพื้นที่สำหรับการหยุดรับถัมนมจากกลุ่มฟาร์มสมาชิกรอบพื้นที่สหกรณ์ เรียกว่า ฟาร์มภายใน ส่วนพื้นที่ระหว่างระยะรัศมีภายในกับระยะรัศมีภายนอกเป็นพื้นที่สำหรับการหยุดรับถัมนมจากกลุ่มฟาร์มสมาชิกไกลจากพื้นที่สหกรณ์ เรียกว่า ฟาร์มภายนอก

การจัดรอบการเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มสมาชิกที่มีพื้นที่บางส่วนอยู่บนเส้นรอบวงของระยะรัศมีจะพิจารณาการแบ่งกลุ่มพื้นที่ฟาร์ม จากบริเวณพื้นที่ที่กลุ่มฟาร์มสมาชิกบริเวณฟาร์มภายนอกหรือบริเวณฟาร์มภายในมากกว่ากันรวมทั้งพิจารณาการจัดกลุ่มที่ไม่เกินปริมาณการบรรทุกมากที่สุดอีกด้วย

3.4 การจัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการสังเกต

การจัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการสังเกต [25] เป็นวิธีการทดลองปรับปรุงเส้นทางรถขนส่งนมดิบเบื้องต้นในมุมมองที่สหกรณ์ทั่วไปนั้นไม่มีเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการจัดเส้นทางรถจริง ข้อมูลที่จำเป็นต้องรู้ในการจัดเส้นทาง คือ

1. ตำแหน่งที่ตั้งของฟาร์มสมาชิก สหกรณ์สามารถทราบได้จากข้อมูลที่อยู่สมาชิกและอาศัยประสบการณ์ในการตรวจเยี่ยมฟาร์มสมาชิกที่มีการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ตรวจเยี่ยมเดือนละหนึ่งครั้ง
2. ปริมาณถังนมของแต่ละฟาร์มสมาชิก สหกรณ์สามารถทราบได้จากการบันทึกปริมาณนมดิบที่ฟาร์มสมาชิกส่งให้สหกรณ์ในแต่ละวัน หรืออาศัยประสบการณ์การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ฝ่ายห้องชั่งนํ้านม

การจัดลำดับฟาร์มด้วยวิธีการสังเกต จะใช้แนวความคิดการจัดฟาร์มสมาชิกที่มีพื้นที่กลุ่มทิศใกล้กันให้อยู่ในรถขนส่งนมดิบคันเดียวกัน ดังนั้น การขนส่งนมดิบของรถแต่ละสายจะทำการปรับปรุงจากเส้นทางรถเดิม โดยการเลือกฟาร์มลำดับแรกจากฟาร์มที่มีระยะทางไกลกับสหกรณ์มากที่สุด ฟาร์มลำดับต่อมาจะเลือกจากฟาร์มที่มีระยะทางที่ใกล้กับฟาร์มลำดับแรกมากที่สุด ในขณะที่จัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบจะมีการเพิ่มลำดับฟาร์มใหม่ การเพิ่มเวลาและการนับจำนวนถังนมให้สอดคล้องกับข้อจำกัด คือ

1. ความจุของรถกระบะจะต้องไม่เกิน 20 ถัง เนื่องจากเป็นความจุมากที่สุดสามารถบรรทุกได้ใน 1 รอบการขนส่ง เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการเคลื่อนย้ายถังนมและการเดินรถ
2. ช่วงเวลาการขนส่งจากสหกรณ์ไปยังฟาร์มสมาชิกจนกลับมาที่สหกรณ์อีกครั้งต้องไม่เกิน 2 ชั่วโมง เนื่องจากข้อจำกัดของนํ้านมดิบและเวลาการเปิดรับนํ้านมจะมีเวลาแค่ 2 ชั่วโมงเท่านั้น

โดยจะเรียกวิธีข้างต้นว่า Visual Routes มีตัวอย่างการทำดังนี้

กลุ่มสายรถขนส่งนมดิบทิศเหนือประกอบด้วย ตำบลหนองบัวน้อย ตำบลตะเคียน คือ สายรถขนส่งเดิมสายที่ 17 และสายรถขนส่งเดิมสายที่ 21 โดยมีลำดับการหยุดรับ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3. 4 ลำดับการหยุดรับถึงนมของสายรถขนส่งสายที่ 17 และสายที่ 21

สายส่งที่	ลำดับ	จำนวนถัง	เวลารวม (นาที)	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)
17	155, 186, 0, 155	7	53.00	55.85
21	166, 180, 0, 166	9	57.04	56.10

หมายเหตุ 0 คือ ศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว

ตัวอย่างการคำนวณการจัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการสังเกต

วิธีทำ 1. สร้างตารางเมตริกแสดงระยะทางโดยนำข้อมูลมาจากการหัวข้อที่ 3.3.2 และระยะเวลาการเดินทางระหว่างทุกฟาร์มสมาชิกโดยนำข้อมูลมาจากการหัวข้อที่ 3.3.5

ตารางที่ 3. 5 ตารางเมตริกระยะทาง (กิโลเมตร)

เลขสมาชิก	0	155	166	180	186
0	0	28.20	28.40	28.60	26.80
155	28.20	0	0.65	0.70	0.85
166	28.40	0.65	0	0.04	1.40
180	28.60	0.70	0.04	0	1.50
186	26.80	0.85	1.40	1.50	0

ตารางที่ 3. 6 ตารางเมตริกเวลา (นาที)

เลขสมาชิก	0	155	166	180	186
0	0	27.00	28.00	28.00	24.00
155	27.00	0	2.00	2.00	2.00
166	28.00	2.00	0	0.04	3.00
180	28.00	2.00	0.04	0	4.00
186	24.00	2.00	3.00	4.00	0

2. การเดินทางออกจากสหกรณ์ไปยังฟาร์มสมาชิกใดเป็นตำแหน่งแรกพิจารณาจากฟาร์มที่มีระยะทางห่างจากสหกรณ์มากที่สุดในตารางเมตริกนี้คือฟาร์มสมาชิก 180 เมื่อได้ฟาร์มตำแหน่งแรกจะทำการบันทึกระยะทาง ระยะเวลา และจำนวนถังนม แล้วพิจารณาระยะเวลาและจำนวนถังนมให้สอดคล้องกับข้อจำกัด ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3. 7 การหาลำดับการหยุดรับถังนมจากสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว

ลำดับ	จำนวนถัง	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	เวลารวม (นาที)
0 ไปยัง 180	2	28.60	28.00
180 ไปยัง ...			
รวม	2	28.60	28.00

3. การเดินทางออกจากฟาร์มสมาชิกตำแหน่งแรกไปยังฟาร์มสมาชิกตำแหน่งที่สองพิจารณาจากฟาร์มที่มีระยะทางห่างจากตำแหน่งแรกน้อยที่สุดในตารางเมตริกนี้คือ 166 เมื่อได้ฟาร์มตำแหน่งที่สองจะทำการบันทึกระยะทาง เวลา และจำนวนถังนม แล้วพิจารณาระยะเวลาและจำนวนถังนมให้สอดคล้องกับข้อจำกัด ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3. 8 การหาลำดับการหยุดรับถังนมจากฟาร์มสมาชิก 180

ลำดับ	จำนวนถัง	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	เวลารวม (นาที)
0 ไปยัง 180	2	28.60	28.00
180 ไปยัง 166	5	0.04	0.04
รวม	7	28.64	28.04

4. การเดินทางออกจากฟาร์มสมาชิกตำแหน่งที่สองไปยังฟาร์มสมาชิกตำแหน่งถัดไปพิจารณาจากฟาร์มที่มีระยะทางห่างจากตำแหน่งแรกน้อยที่สุดในตารางเมตริก เมื่อได้ฟาร์มตำแหน่งถัดไปจะทำการบันทึกระยะทาง เวลา และจำนวนถังนม แล้วพิจารณาระยะเวลาและจำนวนถังนม จนสอดคล้องกับข้อจำกัดก็จะได้ลำดับของเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบ ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3. 9 การหาลำดับการหยุดรับถังนมจากฟาร์มสมาชิกสายใหม่

ลำดับ	จำนวนถัง	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	เวลารวม (นาที)
0 ไปยัง 180	2	28.60	28.00
180 ไปยัง 166	5	0.04	0.04
166 ไปยัง 155	5	0.65	2.00
155 ไปยัง 186	4	0.85	2.00
186 ไปยัง 0		26.8	24.00
รวม	16	56.94	56.04

ดังนั้น ลำดับเส้นทางของสายรถขนส่งนมดิบสายใหม่คือ 180, 166, 155, 186

การจัดเส้นทางรถที่เดินนอกจากจะทราบตำแหน่งและปริมาณในแต่ละจุดที่แน่นอนแล้ว วิธีการจัดเส้นทางรถขนส่งที่ดียังเกิดจากการที่รถขนส่งแต่ละคันจะหยุดรับที่จุดหยุดรับบริเวณที่มีจุดหยุดรับหลายจุดที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันหรืออยู่ในตำบลเดียวกันเพื่อช่วยลดระยะทางการเดินรถขนส่งรวม [9] ด้วยเหตุนี้ หลังจากวิเคราะห์ตำแหน่งที่ตั้งของฟาร์มสมาชิกทั้ง 138 รายที่มีกระจายตัวกันอยู่ในแต่ละตำบลจะพบว่าฟาร์มสมาชิกหลายแห่งอยู่ในตำบลเดียวกันและหมู่บ้านแต่ละบ้านมีพื้นที่ไร่บ้านติดกัน ดังนั้น ฟาร์มที่มีบริเวณไร่บ้านเดียวกันหรือฟาร์มสมาชิกที่มีไร่บ้านติดกัน จะถูกจัดกลุ่มให้เป็นฟาร์มเดียวกันได้ การรวมกลุ่มฟาร์มสมาชิกโดยจะใช้ตำแหน่งที่ตั้งจุดเดียวกันและปริมาณถังนมของจุดหยุดรับใหม่จะเกิดจากการรวมปริมาณถังนมดิบมากที่สุดจากข้อมูลการรับนมดิบรายวันในปี พ.ศ. 2555 ของแต่ละฟาร์มมารวมกัน เช่น

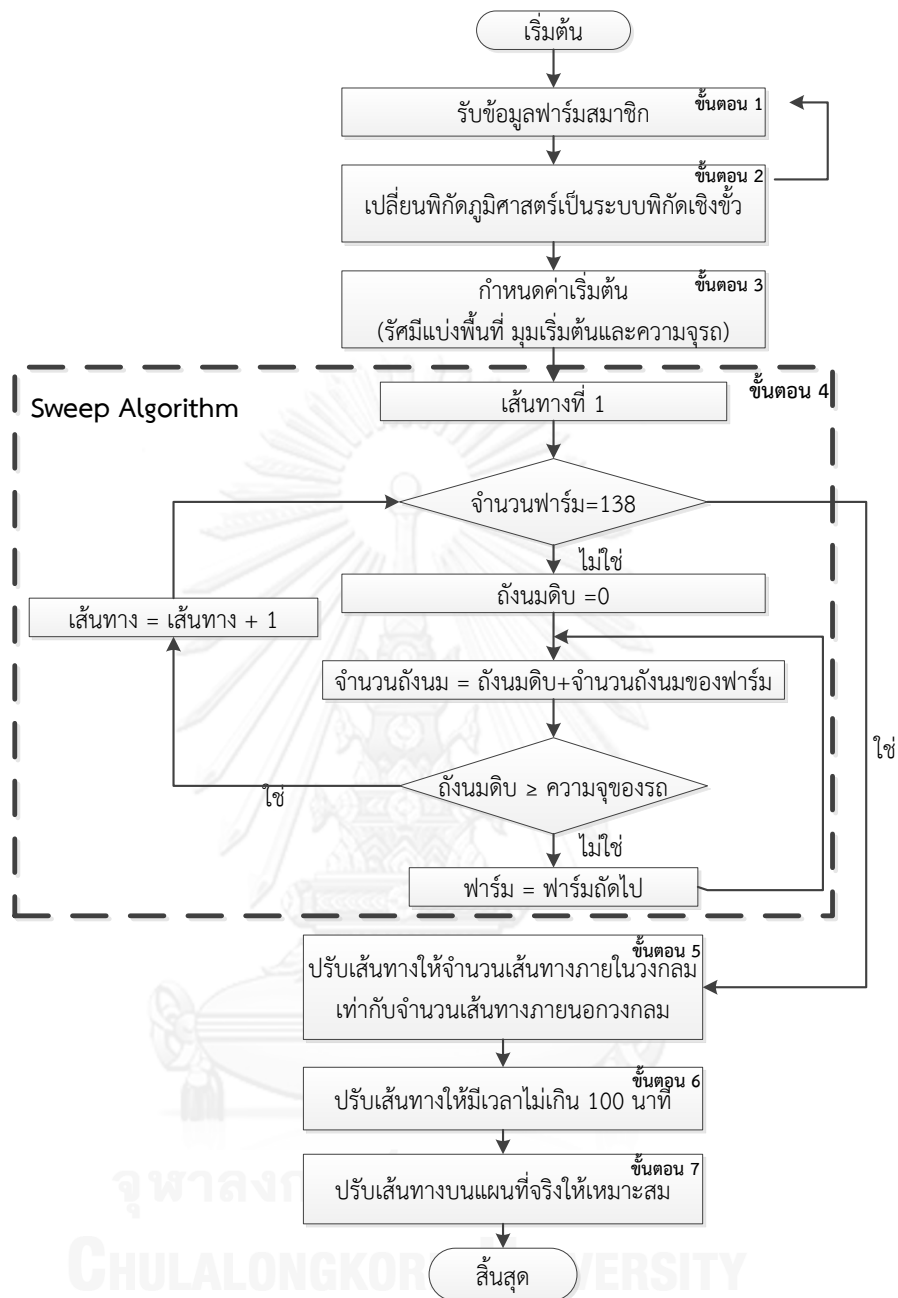
ฟาร์มสมาชิก 142 มีปริมาณถังนมมากสุดในปี พ.ศ. 2555 เท่ากับ 2 ถัง

ฟาร์มสมาชิก 196 มีปริมาณถังนมมากสุดในปี พ.ศ. 2555 เท่ากับ 3 ถัง

ดังนั้น ฟาร์มสมาชิกจุดใหม่จะมีปริมาณถังนมดิบเท่ากับ 5 ถัง ด้วยเงื่อนไขที่ใช้ปริมาณถังนมมากสุดในปี พ.ศ. 2555 เพื่อป้องกันเหตุการณ์ถังนมเกินปริมาณการบรรทุกในกรณีที่มีปริมาณน้ำนมมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ภายหลังจากการจัดกลุ่มฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสีคว่ำใหม่ทำให้จำนวนฟาร์มสมาชิกจาก 138 ราย ลดลงเหลือ 75 ราย (ดังตารางก.1)

3.5 วิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด (Sweep Algorithm)

หลังจากพบว่าแนวคิดการจัดกลุ่มสมาชิกที่มีพื้นที่ใกล้กันให้อยู่ในรถคันเดียวกันและการจัดกลุ่มสมาชิกใหม่ของการจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบได้ผลการจัดเส้นทางที่ดีขึ้น การจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาดจึงนำข้อมูลกลุ่มสมาชิกที่ได้ทำการจัดกลุ่มใหม่ (ดังตารางที่ ก.1) มาเป็นข้อมูลตำแหน่งจุดหยุดรับ-ส่งถึงนมดิบของฟาร์มสมาชิก และนำแนวคิดการแบ่งพื้นที่การเดินทางเป็นสองส่วนด้วยระยะรัศมี 18.05 กิโลเมตร ตามหัวข้อที่ 3.3.8 มาใช้ ในการกำหนดพื้นที่การเดินทางขนส่งนมดิบในแต่ละรอบ ดังนั้น การปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาดทั้งฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอกจากการแบ่งพื้นที่ตามหัวข้อที่ 3.3.8 จะมีขั้นตอนการทำงานในแต่ละรอบด้วยโปรแกรม R/RStudio ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3. 20 แผนภาพการหาเส้นทางการเดินทางรถด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาด

จากรูปที่ 3.20 การหาเส้นทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาด มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การรับข้อมูลฟาร์มสมาชิก

ก่อนการหาเส้นทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบจะต้องมีการป้อนข้อมูลเพื่อคำนวณเส้นทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบ ลำดับฟาร์มสมาชิก ระยะเวลาการเดินทาง และความจุของรถแต่ละคัน โดยมีข้อมูลที่ต้องการ คือ

1. ข้อมูลพิกัดแสดงตำแหน่งที่ตั้งของฟาร์มสมาชิกในระบบพิกัด UTM ตาม (ตารางที่ ก.1)
2. ข้อมูลเมตริกแสดงระยะทางในการเดินทางจากฟาร์มสมาชิกแต่ละฟาร์มไปยังสหกรณ์ และการเดินทางจากฟาร์มสมาชิกไปยังฟาร์มสมาชิกอื่นๆ ตามหัวข้อที่ 3.3.2
3. ข้อมูลเมตริกแสดงระยะเวลาในการเดินทางจากฟาร์มสมาชิกแต่ละฟาร์มไปยังสหกรณ์ และการเดินทางจากฟาร์มสมาชิกไปยังฟาร์มสมาชิกอื่นๆตามหัวข้อที่ 3.3.6
4. ข้อมูลการรับปริมาณน้ำนํมดิบของแต่ละฟาร์มสมาชิกต่อรอบ (2 รอบ ต่อ 1 วัน) ตามหัวข้อที่ 3.3.3

ขั้นตอนที่ 2 การเปลี่ยนระบบพิกัด X,Y หรือ UTM ให้อยู่ในระบบพิกัดเชิงขั้ว

หลังจากป้อนข้อมูลแล้วจะต้องทำการหาระยะกระจัดจากพิกัด X Y ที่ป้อนเข้ามาเพื่อนำมาเป็นมุมกำหนดระยะการกวาดหาลำดับฟาร์มในวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด ดังนั้น การเปลี่ยนระบบพิกัดในหน่วย $r\theta$ จึงจะต้องมีการหาระยะทางจริงที่มีวิธีการตามหัวข้อที่ 3.3.2 เพื่อทราบระยะมุม θ ที่ทำระหว่งที่ตั้งของสหกรณ์และฟาร์มสมาชิก

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดค่าเริ่มต้น

เมื่อทำการเปลี่ยนระบบพิกัดแล้ว การหาเส้นทางจะต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้นเพื่อนำไปเป็นจุดเริ่มการหาเส้นทางด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาดดังนี้

1. การกำหนดค่าระยะรัศมีการแบ่งพื้นที่ที่มีวิธีตามหัวข้อที่ 3.3.8
2. การกำหนดค่ามุมในการเริ่มต้นการกวาดมาจากผลการทดลองการเขียนโค้ดด้วยโปรแกรม R/RStudio เพื่อหาค่ามุมเริ่มต้นที่ทำให้จำนวนเส้นทางฟาร์มส่วนด้านนอกและฟาร์มส่วนด้านในมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด หากทุกค่ามุมเริ่มต้นมีจำนวนเส้นทางทั้งฟาร์มส่วนด้านนอกและฟาร์มส่วนด้านในเท่ากันจะพิจารณาปริมาณถึงนมที่รถแต่ละคันสามารถรวมหรือลดจำนวนเส้นทางได้หรือไม่
3. การกำหนดความจุของรถจะกำหนดตามข้อจำกัดของรถตามหัวข้อ 3.4

ขั้นตอนที่ 4 การกวาดหาเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบ

การหาเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาด จะเริ่มจากการตรวจสอบจำนวนฟาร์มสมาชิกว่าครบตามจำนวนฟาร์มสมาชิกทั้งหมด 138 รายแล้วหรือยัง ถ้ายังก็จะทำการสร้างเส้นทางขึ้นมาใหม่โดยการกวาดรัศมีจากมุมเริ่มต้นในทิศวนเข็มนาฬิกาไปจนพบตำแหน่งฟาร์มสมาชิกแรก จากนั้น จะทำการบันทึกค่าจำนวนถังนมของฟาร์มแรกไว้ โดยจำนวนถังนมต้องไม่เกินความจุของรถกระบะคือ 20 ถัง การกวาดไปยังฟาร์มลำดับถัดไปจึงจะเกิดขึ้น ถ้าจำนวนถึงเกิน 20 ถังในลำดับสายรถขนส่งนั้น การกวาดหาฟาร์มลำดับอื่นก็จะสิ้นสุดลง และได้เส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบเพิ่มขึ้น 1 เส้นทาง ในกรณีที่นับถังนมได้ไม่เกิน 20 ถัง การกวาดรอบใหม่จะทำการตรวจสอบจำนวนสมาชิกก่อน ถ้าจำนวนสมาชิกที่ทำการจัดเส้นทางยังไม่ครบ 138 รายการจัดเส้นทางใหม่จึงเริ่มขึ้น และมีการนับจำนวนถังนมในลำดับฟาร์มสมาชิกของเส้นทางสายใหม่ การหาเส้นทางจะวนจนครบรอบตามจำนวนฟาร์มสมาชิกโดยจะทำการรันโปรแกรมแยกกันระหว่างรอบของฟาร์มภายในและรอบของฟาร์มภายนอก

ขั้นตอนที่ 5 การปรับจำนวนเส้นทางฟาร์มภายในให้เท่ากับฟาร์มภายนอก

เมื่อได้เส้นทางการเดินทางของฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอกแล้วจะต้องทำการปรับจำนวนเส้นทางให้เท่ากัน เนื่องจากรถขนส่งนมดิบหนึ่งคันจะมีจำนวนการเดินทางขนส่งสองรอบ

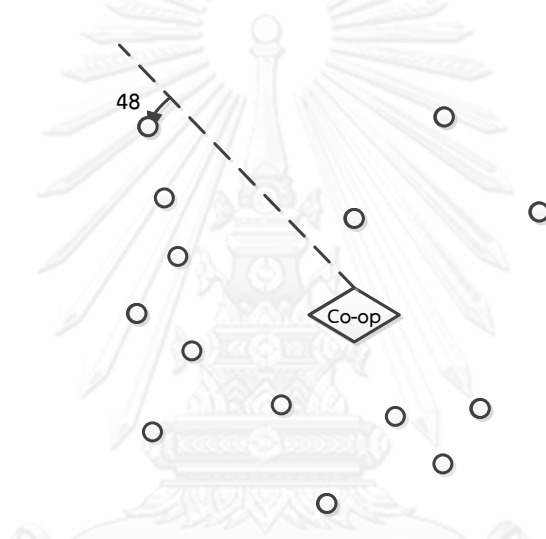
ขั้นตอนที่ 6 การปรับเส้นทางให้มีเวลาไม่เกิน 100 นาที

ในระหว่างที่ทำการปรับจำนวนเส้นทางระหว่างฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอกจะมีการพิจารณาค่าระยะเวลาการเดินทางของแต่ละเส้นทางไปพร้อมๆกัน เพื่อการจัดเส้นทางการเดินทางให้อยู่ในระยะเวลาที่เงื่อนไขกำหนด เมื่อได้เส้นทางการทางเดินทางทั้งหมดก็นำแต่ละเส้นทางมาตรวจสอบเวลาการเดินทางไม่ให้เกิน 100 นาที ถ้าเส้นทางใดเกินก็จะถูกปรับลำดับในเส้นทางเดิมหรืออาจถูกปรับกับเส้นทางที่อยู่ใกล้เคียง เช่น เส้นทางที่ 7 มีลำดับฟาร์ม 5 ลำดับ ถ้าเส้นทางนี้มีเวลาเกินก็จะปรับโดยการนำลำดับที่ 4, 5 ของสาย 7 ไปไว้ลำดับแรกของสาย 8 เนื่องจากวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาดจะเริ่มกวาดไปในทิศเดียวกันจึงนำลำดับท้ายสุดไปรวมกับลำดับแรกของเส้นทางถัดมา สุดท้ายลองนำเส้นทางทั้งหมดไปพล็อตลงบนแผนที่จริงเพื่อปรับเส้นทางให้เหมาะสมอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 7 การปรับเส้นทางบนแผนที่จริง

เมื่อได้เส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบทั้งส่วนของฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอกจะทำการพล็อตเส้นทางที่ได้ลงบนแผนที่จริงเพื่อพิจารณาตำแหน่งเส้นทางที่เกิดขึ้นว่ามีการทับซ้อนกันหรือไม่

ตัวอย่าง การจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด
วิธีทำ ขั้นแรก การจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบด้วยวิธีการกวาดจะต้องทราบข้อมูลตำแหน่ง ปริมาณถังนม (ดังตาราง ก.1) การกวาดจะเริ่มกวาดหาเส้นทางโดยรัศมีที่เกิดจากมุมเริ่มต้นจะทำการกวาดจากตำแหน่งเริ่มต้นไปจนพบฟาร์มแรก ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3. 21 การกวาดของรัศมีจากตำแหน่งเริ่มต้นจนพบฟาร์มแรก

จากรูปที่ 3.21 จุดวงกลมแทนตำแหน่งของฟาร์มสมาชิก เส้นประแทนรัศมีการกวาด รูปสี่เหลี่ยมแทนตำแหน่งของศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว การหาเส้นทางจะเริ่มจากการกรอกข้อมูลพิกัดเพื่อให้ได้มาซึ่งตำแหน่งฟาร์มบนแผนที่จริง จากนั้นรัศมีจะเริ่มทำการกวาดในทิศทวนเข็มนาฬิกาจากตำแหน่งเริ่มต้นจนพบตำแหน่งฟาร์มแรก ผลลัพธ์ของการเขียนโปรแกรมจะบอกด้วยว่าฟาร์มตำแหน่งแรกนั้นคือฟาร์มสมาชิกใด โดยตัวอย่างนี้คือฟาร์มสมาชิกเลขที่ 48 นอกจากนี้ยังทำการนับข้อมูลของฟาร์มสมาชิก 48 คือ

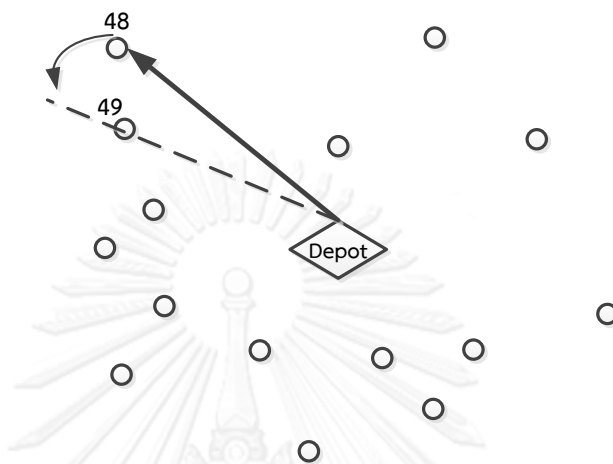
จำนวนถังนมดิบ 2 ถัง

ระยะทางการเดินทาง 11.4 กิโลเมตร

และระยะเวลาการเดินทาง 23 นาที

หลังจากรัศมีทำการกวาดพบฟาร์มแรกจะได้เส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบของสหกรณ์มายังฟาร์มแรกแล้วตรวจสอบเงื่อนไขจำนวนถังนมไม่เกิน 20 ถังและเวลา

ไม่เกิน 100 นาที รัศมีจึงเริ่มทำการกวาดในทิศทวนเข็มนาฬิกาจากฟาร์มแรกไปจนพบฟาร์มลำดับที่สองทำให้ทราบหมายเลขฟาร์มสมาชิกในลำดับที่สอง ดังรูปที่ 3.22 แต่ในกรณีถึงนมเต็มคันรถก็จะได้เส้นทางสายใหม่เกิดขึ้น



รูปที่ 3. 22 การกวาดของรัศมีจากฟาร์มสมาชิก 48 จนพบฟาร์มสมาชิก 49

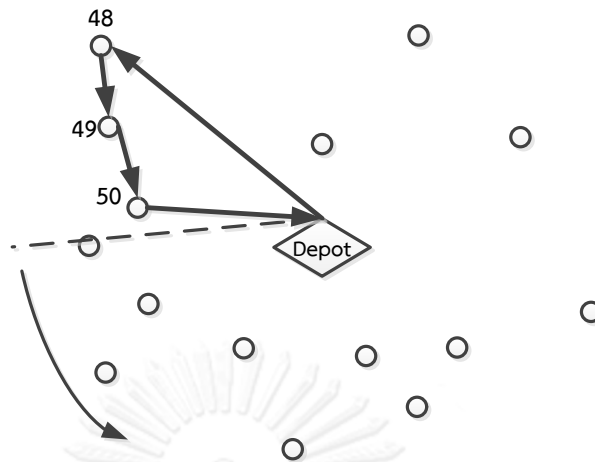
จากรูปที่ 3.22 จุดวงกลมแทนตำแหน่งของฟาร์มสมาชิก เส้นประแทนรัศมีการกวาด รูปสี่เหลี่ยมแทนตำแหน่งของศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์การเกษตรสี่คี่ว การหาเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบจะเริ่มกวาดในทิศทวนเข็มนาฬิกาจากฟาร์มสมาชิก 48 ไปยังฟาร์มลำดับที่สองที่มีระยะทางใกล้กับฟาร์มสมาชิก 48 มากที่สุดคือ ฟาร์มสมาชิก 49 นอกจากนี้ยังทำการนับข้อมูลของฟาร์มสมาชิก 48 รวมกับฟาร์มสมาชิก 48 คือ

$$\begin{aligned} \text{จำนวนถังนมดิบ} &= \text{จำนวนถังนมดิบฟาร์ม 48} + \text{จำนวนถังนมดิบฟาร์ม 49} \\ &= 2+8 = 10 \text{ ถัง} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะทางการเดินทาง} &= \text{ระยะทางการเดินทางจากสหกรณ์มาฟาร์ม 48} + \\ &\quad \text{ระยะทางการเดินทางจากฟาร์ม 48 มายังฟาร์ม 49} \\ &= 11.4 + 0.12 = 11.52 \text{ กิโลเมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาการเดินทาง} &= \text{ระยะเวลาการเดินทางจากสหกรณ์มาฟาร์ม 48} + \\ &\quad \text{ระยะเวลาการเดินทางจากฟาร์ม 48 มายังฟาร์ม 49} \\ &= 23 + 0.27 = 23.27 \text{ นาที} \end{aligned}$$

โปรแกรมจะทำการตรวจสอบค่าจำนวนถังนมและระยะเวลาถ้าไม่เกินเงื่อนไขที่กำหนดก็จะเริ่มทำการกวาดหาเส้นทางและบันทึกค่าเพื่อใช้ในการตรวจสอบเงื่อนไขต่อไป การหาเส้นทางจะสิ้นสุดลงเมื่อมีการตรวจสอบพบว่าจำนวนถังนมหรือเวลาเกินเงื่อนไขที่กำหนด ดังตัวอย่างข้างต้นจะทำการกวาดหาเส้นทางจนครบตามเงื่อนไข ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3. 23 เส้นทางการเดินทางสาย 48 49 และ 50

จากรูปที่ 3.23 จุดวงกลมแทนตำแหน่งของฟาร์มสมาชิก เส้นประแทนรัศมีการกวาด รูปสี่เหลี่ยมแทนตำแหน่งของศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว หลังจากได้เส้นทางเดินทางขนส่งนมดิบของสาย 48 49 และ 50 รัศมีการเริ่มกวาดในทิศทางขึ้นนาฬิกาจากฟาร์มสมาชิกที่พบในลำดับถัดจากฟาร์ม 50 ไปยังฟาร์มลำดับที่สองของเส้นทางเดินทางสายใหม่ นอกจากนี้ยังทำการนับข้อมูลของฟาร์มสมาชิกรวมกัน คือ

$$\begin{aligned} \text{จำนวนถังนมดิบ} &= \text{จำนวนถังนมดิบฟาร์ม 48} + \text{จำนวนถังนมดิบฟาร์ม 49} + \\ &\quad \text{จำนวนถังนมดิบฟาร์ม 50} \\ &= 2+8 + 8 = 18 \text{ ถัง} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะทางการเดินทาง} &= \text{ระยะทางการเดินทางจากสหกรณ์มาฟาร์ม 48} \\ &\quad + \text{ระยะทางการเดินทางจากฟาร์ม 48 มายังฟาร์ม 49} \\ &\quad + \text{ระยะทางการเดินทางจากฟาร์ม 49 มายังฟาร์ม 50} \\ &\quad + \text{ระยะทางการเดินทางจากฟาร์ม 50 มายังสหกรณ์} \\ &= 11.4 + 0.12 + 0.7 + 10.6 + 6 = 22.82 \text{ กิโลเมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาการเดินทาง} &= \text{ระยะเวลาการเดินทางจากสหกรณ์มาฟาร์ม 48} + \\ &\quad + \text{ระยะเวลาการเดินทางจากฟาร์ม 48 มายังฟาร์ม 49} \\ &\quad + \text{ระยะเวลาการเดินทางจากฟาร์ม 49 มายังฟาร์ม 50} \\ &\quad + \text{ระยะเวลาการเดินทางจากฟาร์ม 50 มายังสหกรณ์} \\ &\quad + \text{ระยะเวลาการหยุดรับฟาร์มละ 2 นาที} \\ &= 23 + 0.27 + 2 + 21 + (3 \times 2) = 52.27 \text{ นาที} \end{aligned}$$

3.6 วิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ (2-Opt Exchange)

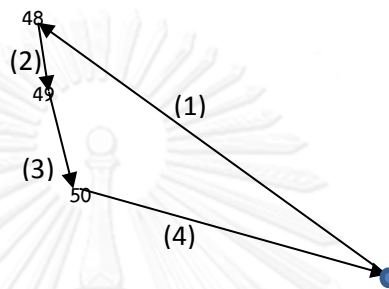
หลังจากทำการหาเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันดิบด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาดแล้ว จะทำการพัฒนาเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันดิบให้ดีขึ้นด้วยการนำมาจัดลำดับฟาร์มสมาชิกในสายรถขนส่งสายเดียวกันด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ โดยใช้การเขียนโค้ดในโปรแกรม R/RStudio ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3. 24 แผนภาพการหาเส้นทางเดินรถด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์

จากรูปที่ 3.24 การหาเส้นทางเดินรถด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์จะนำเส้นทางเดินรถที่หาด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาดมาทำการสลับลำดับการรับนมภายในสายรถคันเดียวกันจะได้เส้นทางเดินรถเพิ่มขึ้น เรียกว่า เส้นทางเดินรถทางเลือก เส้นทางเดินรถทางเลือกในสายรถคันเดียวกันจะถูกนำมาหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งเพื่อหาเส้นทางเดินรถทางเลือกที่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำสุด เส้นทางเดินรถทางเลือกที่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำสุดจะเป็นตัวแทนเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบสายนั้น การสลับสับเปลี่ยนลำดับการรับนมภายในเส้นทางเดียวกันจะทำการสลับสับเปลี่ยนลำดับในทุกสายรถขนส่งเพื่อเลือกเส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุดในสายรถขนส่งนมดิบทุกสาย

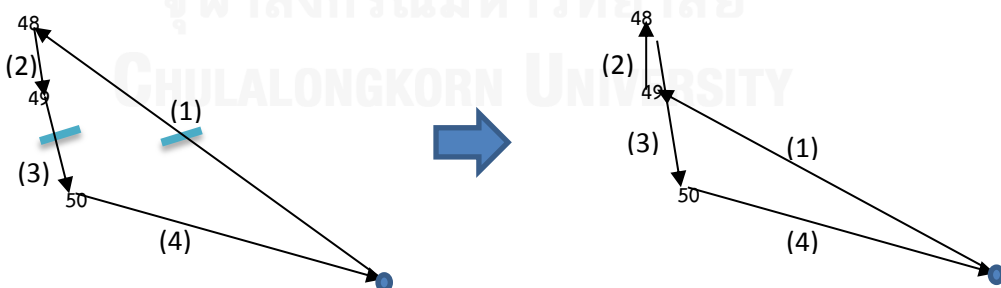
ตัวอย่างการหาเส้นทางการเดินทางโดยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ของเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบสายที่ 1 มีลำดับการหยุดรับถึงนมจากการหาเส้นทางด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด คือ 0 -> เลขสมาชิก 48 -> เลขสมาชิก 49 -> เลขสมาชิก 50 -> 0 โดยที่ 0 คือ ตำแหน่งของสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว มีจำนวนถึงนมรวม 18 ถึง ระยะเวลาการเดินทาง 52 นาที และระยะทางรวม 22.82 กิโลเมตร ซึ่งมีเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบ ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3. 25 เส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบของสายที่ 1

จากรูปที่ 3.25 จุดวงกลมสีน้ำเงินแทนตำแหน่งของศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว เส้นตรงสีดำแทนเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบ หัวลูกศรแทนตำแหน่งการเดินทางปลายทาง ตัวเลขบนเส้นลูกศรแทนลำดับเส้นทางการเดินทาง

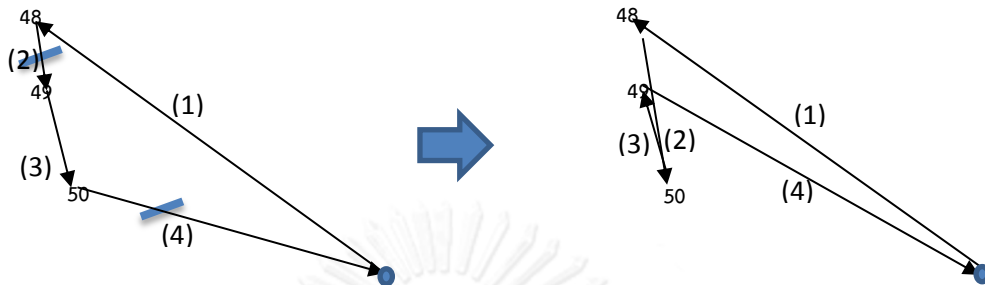
การปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ จะทำด้วยการย้ายเส้นเชื่อมที่เกิดจากจุดสร้างเส้นเชื่อมที่ต่างกันที่สองเส้น ในที่นี้จะลองเปลี่ยนเส้นทางด้วยการตัดเส้นทางที่ (1) และ (3) ออก จะได้เส้นทางใหม่ ดังรูปที่ 3.26 และเมื่อตัดเส้นทางที่ (2) และ (4) ออก จะได้เส้นทางใหม่ ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3. 26 การเปลี่ยนเส้นทางด้วยการตัดเส้นทางที่ (1) และ (3)

จากรูปที่ 3.23 การย้ายเส้นทางด้วยการตัดเส้นทางที่ (1) และ (3) ทำให้เกิดลำดับการหยุดรับของเส้นทางใหม่ คือ 0 -> เลขสมาชิก 49 -> เลขสมาชิก 48 -> เลขสมาชิก 50 -> 0 หรืออาจเปลี่ยนลำดับแรกในการออกจากศูนย์รวบรวมนมดิบเป็นเลขสมาชิก 50 ทำให้เกิดลำดับการหยุดรับ

ของเส้นทางใหม่อีกหนึ่งเส้นทาง คือ 0 -> เลขสมาชิก 50 -> เลขสมาชิก 48 -> เลขสมาชิก 49 -> 0 การย้ายเส้นทางดังกล่าวจะทำให้ได้เส้นทางเดินรถทางเลือกในสายรถขนส่งสายที่ 1 มาอีก 2 เส้นทาง



รูปที่ 3. 27 การเปลี่ยนเส้นทางด้วยการตัดเส้นทางที่ (2) และ (4)

จากรูปที่ 3.27 การย้ายเส้นทางด้วยการตัดเส้นทางที่ (2) และ (4) ทำให้เกิดลำดับการหยุดรับของเส้นทางใหม่ คือ 0 -> เลขสมาชิก 48 -> เลขสมาชิก 50 -> เลขสมาชิก 49 -> 0 หรืออาจเปลี่ยนลำดับแรกในการออกจากศูนย์รวมมติดิบเป็นเลขสมาชิก 49 ทำให้เกิดลำดับการหยุดรับของเส้นทางใหม่อีกหนึ่งเส้นทาง คือ 0 -> เลขสมาชิก 49 -> เลขสมาชิก 50 -> เลขสมาชิก 48 -> 0 การย้ายเส้นทางดังกล่าวจะทำให้ได้เส้นทางเดินรถทางเลือกในสายรถขนส่งสายที่ 1 มาอีก 2 เส้นทาง ดังนั้นการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ของสายรถที่ 1 จะมีเส้นทางเดินรถทางเลือก ดังนี้

เส้นทางเดินรถทางเลือก 1: 0 -> เลขสมาชิก 49 -> เลขสมาชิก 48 -> เลขสมาชิก 50 -> 0

เส้นทางเดินรถทางเลือก 2: 0 -> เลขสมาชิก 50 -> เลขสมาชิก 48 -> เลขสมาชิก 49 -> 0

เส้นทางเดินรถทางเลือก 3: 0 -> เลขสมาชิก 48 -> เลขสมาชิก 50 -> เลขสมาชิก 49 -> 0

เส้นทางเดินรถทางเลือก 4: 0 -> เลขสมาชิก 49 -> เลขสมาชิก 50 -> เลขสมาชิก 48 -> 0

เมื่อได้เส้นทางเดินรถทางเลือกแล้วจะนำแต่ละเส้นทางมาหาค่าใช้จ่ายจากสมการฟังก์ชันค่าใช้จ่ายตามหัวข้อที่ 4.2 เพื่อหาเส้นทางเดินรถที่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุดมาเป็นตัวแทนของสายรถขนส่งสายที่ 1 แล้วทำการพล็อตเส้นทางเดินรถทางเลือกเพื่อประกอบการพิจารณาเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด ถ้าเส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดมีการทับซ้อนกันของเส้นทางเดินรถจะไม่ถูกเลือกเป็นตัวแทนของสายรถขนส่ง ดังเช่น ตัวอย่างนี้เส้นทางเดินรถทางเลือก 1 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด แต่เมื่อพล็อตเส้นทางแล้วพบว่ามีทับซ้อนกัน ดังรูปที่ 3.23 ดังนั้น เส้นทางที่ดีที่สุดของเส้นทางเดินรถขนส่งมติดิบสายที่ 1 จะมีลำดับการหยุดรับถึงนมจากการหาเส้นทางด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาด คือ 0 -> เลขสมาชิก 48 -> เลขสมาชิก 49 -> เลขสมาชิก 50 -> 0

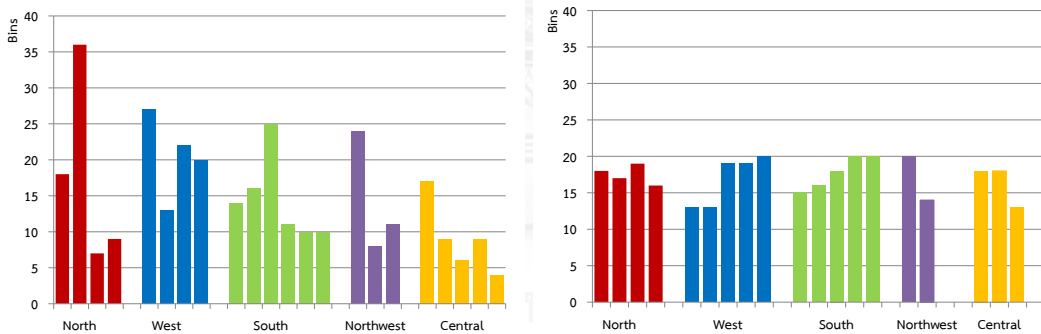
บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษากำหนดเส้นทางรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการสังเกต ซึ่งนำไปสู่แนวทางการเลือกวิธีสถิติพื้นฐานในการกำหนดเส้นทางรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาด และทำการพัฒนาเส้นทางรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์เพื่อหาลำดับการขนส่งนมดิบที่ดีที่สุดโดยเร็วที่สุด จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบของแต่ละวิธี วิธีที่มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจะถูกนำมากำหนดจำนวนรถที่สหกรณ์ต้องใช้ลำดับการรับถังนมในรถแต่ละสายรถขนส่งและระยะเวลาการเดินทาง

4.1 การกำหนดเส้นทางด้วยวิธีการสังเกต

การกำหนดลำดับฟาร์มด้วยวิธีการสังเกตมีแนวคิดการกำหนดฟาร์มสมาชิกที่มีพื้นที่กลุ่มทิศใกล้เคียงกันให้อยู่ในรถขนส่งนมดิบคันเดียวกันโดยการจัดกลุ่มฟาร์มสมาชิกตามกลุ่มทิศสายรถขนส่งนมดิบตามหัวข้อที่ 3.3.8 โดยมีการกำหนดเส้นทางรถขนส่งนมดิบที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดตามหัวข้อที่ 3.4 จะได้เส้นทางรถขนส่งนมดิบที่มีจำนวนถังนมในรถขนส่งแต่ละสายดังรูปที่ 4.1



(ก.) เส้นทางรถขนส่งปัจจุบัน

(ข.) เส้นทางรถขนส่งหลังปรับปรุง

รูปที่ 4. 1 จำนวนถังนมในรถขนส่งแต่ละสายแยกตามทิศพื้นที่รอบสหกรณ์

จากรูปที่ 4.1 จำนวนถังนมของเส้นทางรถขนส่งนมดิบปัจจุบัน รูปที่ 4.1 (ก.) มีการกระจายจำนวนถังนมในรถขนส่งแต่ละคันไม่สม่ำเสมอและการบรรทุกเกินจำนวน 20 ถังด้วยวิธีการบรรทุกสองชั้น ดังรูปที่ 4.2 การต่อเติมรถขนส่งเพื่อบรรทุกถังนมสองชั้นอาจเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุระหว่างการเคลื่อนย้ายและการขนส่ง ส่วนการกำหนดเส้นทางรถขนส่งหลังการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธีการสังเกต รูปที่ 4.1 (ข.) มีการกระจายจำนวนถังนมใกล้เคียงกันเนื่องจากมีการจัดฟาร์มสมาชิกที่มีพื้นที่บริเวณทิศที่ตั้งเดียวกันให้อยู่ในรถขนส่งนมดิบคันเดียวกัน



รูปที่ 4. 2 วิธีการบรรทุกถังนมดิบสองชั้นของฟาร์มสมาชิกสหกรณ์การเกษตรสีคิ้ว

จากรูปที่ 4.2 การบรรทุกถังนมดิบสองชั้นทำได้โดยการต่อเติมขอบกระบะรถให้สูงขึ้น และฐานพื้นที่ชั้นที่ 2 เกิดจากการนำแท่งเหล็กที่เชื่อมต่อกันมาวางบนสอดให้พอดีช่องของขอบกระบะที่ต่อเติมขึ้น การวางฐานชั้น 2 แบบนี้ไม่ได้มีความมั่นคง อาจให้เกิดอันตรายระหว่างการเคลื่อนย้ายถังนมและระหว่างการเดินทางขนส่งนมดิบได้

4.2 สมการค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบ

สมการค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบได้มาจากการลงพื้นที่สอบถามข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบรายเดือนของฟาร์มสมาชิกที่ใช้วิธีการขนส่งนมดิบเองโดยมีรถที่ใช้สำหรับขนส่งนมดิบเท่านั้นจำนวน 11 ราย ดังตารางที่ 4.1 ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อสมการค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบมี 2 ปัจจัย คือ น้ำหนักนมดิบและระยะทางการเดินทางขนส่งนมดิบ ดังนั้น ปัจจัยทั้งสองจึงถูกนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และตัดข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขตออก หลังจากนั้นจึงนำปัจจัยทั้งสองมาวิเคราะห์การถดถอยด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบ ดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4. 1 ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนส่งของฟาร์มสมาชิก

ลำดับ	ฟาร์มสมาชิก	ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย รายเดือน (กิโลกรัม)	ระยะทางการเดินทาง (กิโลเมตร)	ค่าขนส่งรายเดือน (บาท)
1	256	3933.46	540.00	3000.00
2	188	3740.03	1080.00	4000.00
3	243	8248.98	1164.00	5000.00
4	059	4624.85	1320.00	5000.00
5	003	12613.91	924.00	5000.00
6	231/232/273	19869.82	1356.00	6500.00
7	233	17176.44	1272.00	6000.00
8	234	22033.5	2088.00	7000.00
9	245	3039.84	1816.80	9000.00
10	202	11062.46	2250.90	10000.00
11	286	2206.88	3501.00	12000.00

จากตารางที่ 4.1 ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนส่งของฟาร์มสมาชิกจำนวน 11 รายที่มีรูปแบบการขนส่งนมดิบเองโดยมีรถกระบะที่ใช้ในการขนส่งนมดิบเพียงเท่านั้น ปริมาณน้ำนมเฉลี่ยรายเดือนคำนวณได้จากการนำปริมาณน้ำนมดิบรวมรายเดือนของแต่ละฟาร์มสมาชิกจำนวน 12 เดือนของปี พ.ศ. 2555 มาหาค่าเฉลี่ย ระยะทางการเดินทางมาจากการคำนวณตามหัวข้อที่ 3.3.2 และค่าใช้จ่ายในการขนส่งรายเดือนมาจากการลงพื้นที่สอบถามด้วยแบบสอบถาม ดังภาคผนวกตาราง B

Regression Analysis: Cost versus Milk, Distance

The regression equation is
 $Cost = 1557 + 0.0067 \text{ AvgMonth56} + 3.16 \text{ Distance}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1557.2	875.7	1.78	0.113
Milk	0.00669	0.04619	0.14	0.888
Distance	3.1563	0.4094	7.71	0.000

S = 1048.96 R-Sq = 88.2% R-Sq(adj) = 85.2%

รูปที่ 4. 3 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบต่อระยะทางและน้ำหนักนม

จากรูปที่ 4.3 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบทำให้ทราบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบมีเพียงระยะทางการเดินทางเพียงปัจจัยเดียว เนื่องจาก ค่า t-value ของระยะทางการเดินทางคือ 7.80 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวิกฤต t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น การสร้างสมการค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบจะหาได้จากข้อมูลระยะทางการเดินทางดังรูปที่ 4.4

Regression Analysis: Total cost/month versus Distance

The regression equation is
Cost = 1630 + 3.15 Distance

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1630.2	676.1	2.41	0.039
Distance	3.1519	0.3854	8.18	0.000

S = 990.261 R-Sq = 88.1% R-Sq(adj) = 86.8%

รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบต่อระยะทาง

จากรูปที่ 4.4 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบที่มีระยะทางการเดินทางเป็นปัจจัย ผลการวิเคราะห์ค่า P-Value ที่มีค่าเท่ากับ 0.000 ทำให้ทราบว่าปัจจัยด้านระยะทางการเดินทางขนส่งนมดิบเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญอย่างสูงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับการสร้างสมการคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่า R-Sq = 88.1% ทำให้ทราบว่าสมการค่าใช้จ่ายที่ได้นั้นดีพอที่จะนำไปคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการขนส่ง แล้วพิจารณาค่า R-Sq(adj) = 86.8% ของสมการค่าใช้จ่ายที่มีระยะทางเป็นปัจจัยเพียงอย่างเดียวให้ค่าที่มากกว่าสมการค่าใช้จ่ายที่มีทั้งปริมาณน้ำนมและระยะทางเป็นปัจจัย ปัจจัยด้านระยะทางที่นำมาสร้างสมการค่าใช้จ่ายในการขนส่งจึงเป็นปัจจัยที่เหมาะสม โดยสมการค่าใช้จ่ายในการขนส่งมีความสัมพันธ์กันของตัวแปร ดังสมการที่ 4.1

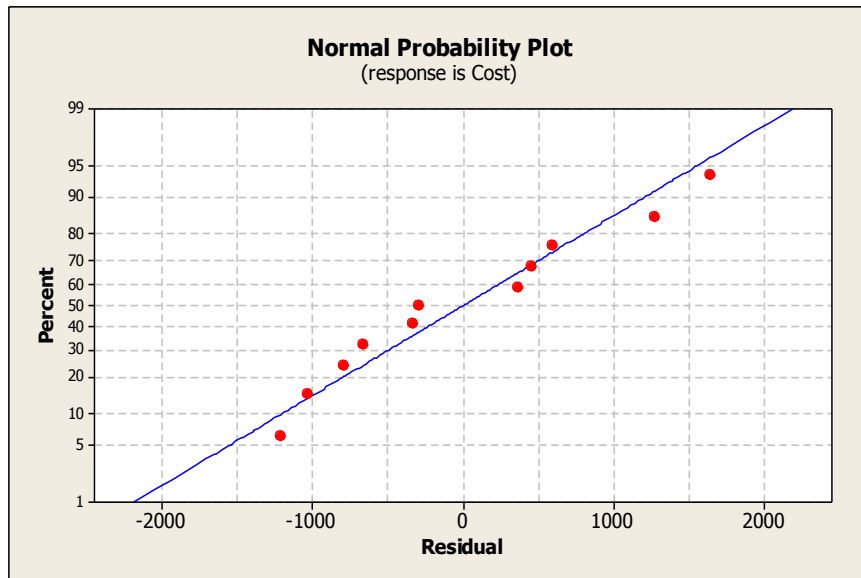
$$Y = 3.15X + 1630 \quad (4.1)$$

โดย

Y = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อ 1 รอบการเดินทาง 1 คัน (บาทต่อรอบ)

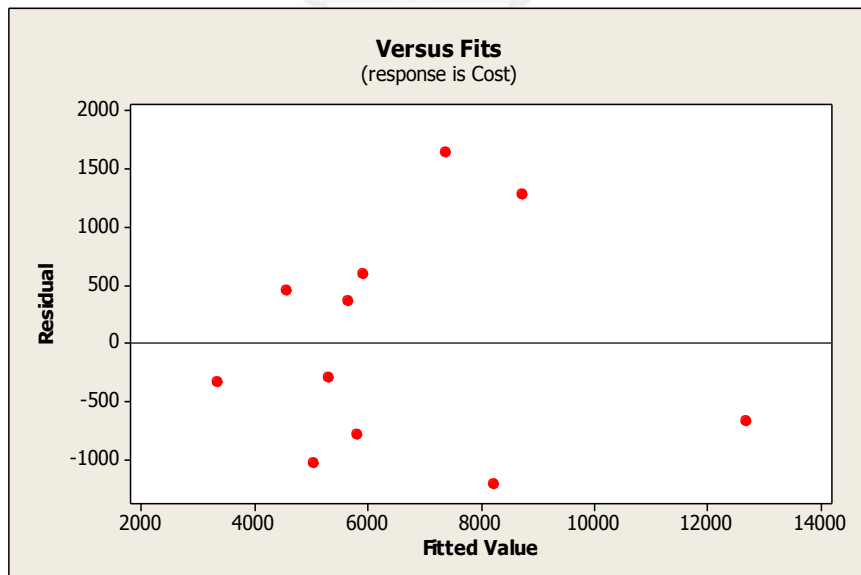
X = ระยะทางที่รถวิ่ง 1 รอบ (กิโลเมตร)

เมื่อได้สมการค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบแล้วจะต้องทำการตรวจสอบข้อตกลงในการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย (Regression Assumption) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้วยการตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของตัวแปรตาม (Normality) ดังรูปที่ 4.5 และความเป็นอิสระของตัวแปรตาม (Independency) ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4. 5 การแจกแจงแบบปกติของค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบ

จากรูปที่ 4.5 การแจกแจงแบบปกติของค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบและระยะทางการเดินทางขนส่งนมดิบมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรงโดยเมื่อระยะทางการเดินทางขนส่งนมดิบเพิ่มขึ้นทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น ข้อมูลระยะทางการเดินทางและค่าใช้จ่ายในการขนส่งดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย



รูปที่ 4. 6 ความเป็นอิสระของค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมดิบ

จากรูปที่ 4.6 การกระจายตัวของจุดข้อมูลความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระกัน แสดงว่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนค่อนข้างคงที่ การจากตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น

ดังรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลระหว่างระยะทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบและค่าใช้จ่ายในการขนส่งมีความสัมพันธ์กันแบบปกติ

4.3 วิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาด

การจัดเส้นทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบเริ่มจากการนำข้อมูลตำแหน่งพิกัดฟาร์มสมาชิกและระยะทางแต่ละฟาร์มมาเป็นข้อมูลนำเข้าในการเขียนโปรแกรม R/RStudio โดยกำหนดให้รถแต่ละคันสามารถบรรจุถึงนมได้ 20 ถึงเท่ากันตามหัวข้อที่ 3.3.4 ระยะรัศมีที่ใช้แบ่งฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอกคือ 18.05 กิโลเมตร ตามหัวข้อที่ 3.3.8 การหาเส้นทางรถขนส่งนมดิบจะต้องทราบค่ามุมเริ่มต้น การทดลองหาค่ามุมเริ่มต้นที่ทำให้เส้นทางรถขนส่งนมดิบของฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอกมีสายรถขนส่งเท่ากันหรือถ้ามีจำนวนใกล้เคียงกันจะต้องสามารถปรับเส้นทางทั้งสองส่วนให้มีความเท่ากันได้ ดังตารางที่ 4.2 การพยายามหาค่ามุมเริ่มต้นที่ทำให้มีจำนวนเส้นทางรถขนส่งนมดิบของฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอกมีค่าเท่ากันเนื่องจากการเดินทางรถขนส่งนมในแต่ละคันจะมีรอบการเดินทางรถขนส่งนมดิบ 2 รอบ โดยรอบแรกรถขนส่งนมดิบจะเดินทางออกไปในเส้นทางพื้นที่ฟาร์มภายนอกแล้วกลับมายังสหกรณ์ในช่วงเวลาเริ่มเปิดรับน้ำนม จากนั้นจะทำการเดินทางรถขนส่งนมดิบรอบที่สองในพื้นที่ฟาร์มภายในแล้วกลับมายังสหกรณ์ก่อนเวลาปิดรับน้ำนม

ตารางที่ 4. 2 จำนวนเส้นทางฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอกของแต่ละมุมเริ่มต้น

มุมเริ่มต้น	จำนวนเส้นทางภายใน	จำนวนเส้นทางภายนอก
0	10	10
$\pi/6$	10	10
$2\pi/6$	10	10
$3\pi/6$	10	10
$4\pi/6$	10	10
$5\pi/6$	10	10
$6\pi/6$	10	9
$7\pi/6$	10	9
$8\pi/6$	10	9
$9\pi/6$	10	10
$10\pi/6$	10	10
$11\pi/6$	10	10
$12\pi/6$	10	10

จากตารางที่ 4.2 การทดลองหาค่ามุมเริ่มต้นที่ทำให้เส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอกมีสายรถขนส่งนมดิบเท่ากันคือ ค่ามุมเริ่มต้นที่ 0 ถึง $9\pi/6$ และค่ามุมเริ่มต้นที่ $9\pi/6$ ถึง $12\pi/6$ ส่วนค่ามุมเริ่มต้นที่ $6\pi/6$, $7\pi/6$ และ $8\pi/6$ มีสายรถขนส่งนมดิบของฟาร์มภายใน 10 เส้นทางและฟาร์มภายนอก 9 เส้นทาง การทำให้สายรถขนส่งของฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอกมีจำนวนเท่ากันนั้นสามารถทำได้ด้วยการลดสายรถขนส่งนมดิบของฟาร์มภายในให้มีจำนวน 9 เส้นทางเท่ากับเส้นทางของฟาร์มภายนอก โดยจะต้องทราบปริมาณถึงนมดิบของแต่ละเส้นทางก่อนการลดสายรถขนส่งนมดิบ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณถึงนมของเส้นทางฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอก

มุมเริ่มต้น	ปริมาณถึงนมของเส้นทางภายใน/ภายนอก (ถัง)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	20/20	17/17	18/18	8/8	20/20	17/17	14/14	18/18	20/20	3/3
$\pi/6$	20/20	17/17	18/18	8/8	20/20	17/17	14/14	18/18	20/20	3/3
$2\pi/6$	20/20	17/17	18/18	8/8	20/20	17/17	14/14	18/18	20/20	3/3
$3\pi/6$	20/20	17/17	18/18	8/8	20/20	17/17	14/14	18/18	20/20	3/3
$4\pi/6$	20/20	17/17	18/18	8/8	20/20	17/17	14/14	18/18	20/20	3/3
$5\pi/6$	15/20	14/20	19/20	19/8	16/20	18/17	15/14	20/18	16/18	9/-
$6\pi/6$	16/14	14/18	16/20	18/20	13/20	17/18	14/8	18/20	15/17	20/-
$7\pi/6$	18/20	18/17	19/14	16/18	19/20	18/20	18/20	13/18	17/8	4/-
$8\pi/6$	14/8	18/20	15/17	20/14	16/18	14/20	16/20	18/20	13/18	17/-
$9\pi/6$	19/19	18/19	15/17	20/5	16/20	14/17	16/14	18/18	13/20	12/6
$10\pi/6$	17/20	14/17	18/18	15/8	20/20	16/17	14/14	16/18	18/20	13/3
$11\pi/6$	19/20	14/17	18/18	15/8	20/20	16/17	14/14	16/18	18/20	11/3
$12\pi/6$	19/20	14/17	18/18	15/8	20/20	16/17	14/14	16/18	18/20	11/3

จากตารางที่ 4.3 ปริมาณถึงนมของเส้นทางฟาร์มภายในและเส้นทางฟาร์มภายนอกของแต่ละค่ามุมเริ่มต้นมีจำนวนไม่เกิน 20 ถัง เมื่อพิจารณาค่ามุมเริ่มต้น $6\pi/6$, $7\pi/6$ และ $8\pi/6$ เพื่อทำการลดสายรถขนส่งนมดิบของฟาร์มภายในของสายรถขนส่งสายที่ 10 การลดสายรถขนส่งนมดิบมีเพียงค่ามุมเริ่มต้นที่ $7\pi/6$ ที่สามารถปรับเส้นทางใหม่ให้เหลือ 9 สายรถขนส่งเท่ากับสายรถขนส่งของฟาร์มภายนอกได้ จึงทำการปรับปริมาณถึงนมภายในโดยย้ายเส้นทางการเดินรถ

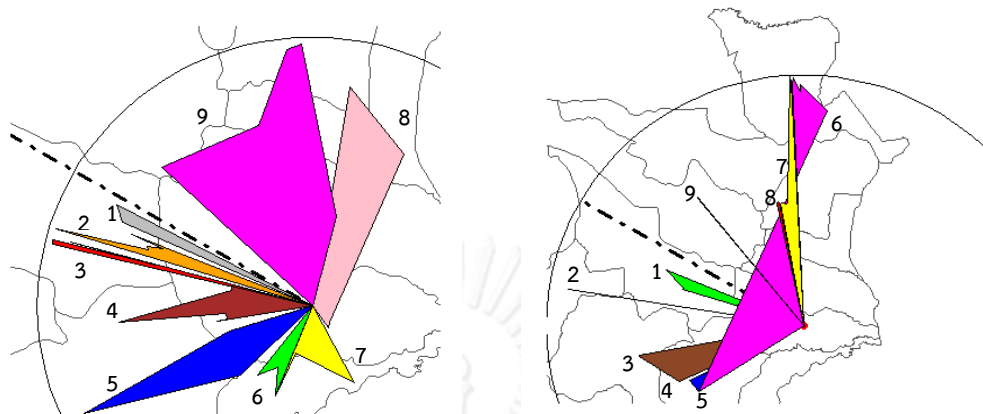
ขนส่งนมดิบของฟาร์มภายในเส้นทางที่ 10 ไปรวมกับเส้นทางการเดินรถของฟาร์มภายในเส้นทางที่ 9 ส่วนปริมาณถ่วงนมของเส้นทางฟาร์มภายนอก พบว่าปริมาณถ่วงนมของค่ามุมเริ่มต้นที่ $7\pi/6$ มีจำนวนเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบ 9 เส้นทางจึงไม่ต้องทำการลดจำนวนเส้นทางอีก ดังนั้น ค่ามุมเริ่มต้นที่เหมาะสมคือ $7\pi/6$ ในทิศทางเข็มนาฬิกาโดยมีศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วเป็นจุดศูนย์กลาง ในระหว่างที่ทำการปรับปรุงเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบให้สอดคล้องกับปริมาณการบรรทุกตามข้อจำกัด การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบจะต้องคำนึงถึงระยะเวลาการเดินรถที่เกิดขึ้นไปพร้อมกันโดยก่อนการลดเส้นทางมีระยะเวลาการเดินรถขนส่งนมดิบ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4. 4 ระยะเวลาการเดินรถขนส่งนมดิบของเส้นทางฟาร์มภายในและฟาร์มภายนอก

มุมเริ่มต้น	เวลาการเดินรถขนส่งนมดิบของเส้นทางภายใน/ภายนอก (นาที)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	122/48	44/ 44	28/ 19	43/ 21	106/38	51/ 58	55/ 49	30/ 34	43/ 28	30/ 19
$\pi/6$	122/48	44/ 44	28/ 19	43/ 21	106/38	51/ 58	55/ 49	30/ 34	43/ 28	30/ 19
$2\pi/6$	30/ 48	93/ 44	44/ 19	28/ 21	43/ 38	106/58	51/ 49	55/ 34	30/ 28	43/ 19
$3\pi/6$	15/ 48	104/44	66/ 19	28/ 21	43/ 38	106/58	51/ 49	55/ 34	30/ 28	26/ 19
$4\pi/6$	30/ 48	43/ 44	30/ 19	93/ 21	44/ 38	28/ 58	43/ 49	106/34	51/ 28	55/ 19
$5\pi/6$	39/ 80	37/ 46	48/ 20	120/22	63/ 38	42/ 58	63/ 49	111/34	62/ 34	60/-
$6\pi/6$	62/ 50	59/ 34	35/ 28	50/ 79	71/ 44	92/ 19	43/ 22	42/ 38	63/ 58	111/-
$7\pi/6$	46/ 38	66/ 58	128/49	65/34	57/ 28	38/ 79	50/ 44	71/ 19	92/ 22	18/-
$8\pi/6$	43/ 22	42/ 38	63/ 58	111/49	62/ 34	59/ 28	35/ 79	50/ 44	71/ 49	92/-
$9\pi/6$	40/ 40	42/ 42	35/ 35	21/ 21	38/ 38	58/ 58	49/ 49	34/ 34	28/ 28	61/ 61
$10\pi/6$	48/ 48	44/ 44	19/ 19	21/ 21	38/ 38	58/ 58	49/ 49	34/ 34	28/ 28	19/ 19
$11\pi/6$	48/ 48	44/ 44	19/ 19	21/ 21	38/ 38	58/ 58	49/ 49	34/ 34	28/ 28	19/ 19
$12\pi/6$	48/ 48	44/ 44	19/ 19	21/ 21	38/ 38	58/ 58	49/ 49	34/ 34	28/ 28	19/ 19

จากตารางที่ 4.4 ระยะเวลาการเดินรถขนส่งนมดิบของเส้นทางภายในและเส้นทางภายนอกของค่ามุมเริ่มต้นที่ $7\pi/6$ ในเส้นทางที่ 3 มีค่าเกิน 100 นาที จึงต้องทำการนำไปปรับลำดับฟาร์มภายในเส้นทางที่ 3 ด้วยการนำลำดับฟาร์มสมาชิกสุดท้ายของฟาร์มภายในเส้นทางที่ 3 ไปเป็นลำดับฟาร์มสมาชิกลำดับแรกของเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มภายในเส้นทางที่ 4 เพื่อให้เส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบของแต่ละสายรถขนส่งมีค่าตามเงื่อนไขที่กำหนด

นอกจากนี้การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบยังได้นำเส้นทางที่ได้ทำการจัดแล้วมากำหนดจุดลงบนแผนที่จริงด้วยโปรแกรม R/RStudio ดังรูปที่ 4.7



(ก.) เส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบภายใน (ข.) เส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบภายนอก

รูปที่ 4. 7 เส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบบนแผนที่จริง

จากรูปที่ 4.7 เส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบของเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มภายใน รูปที่ 4.7 (ก.) บนแผนที่จริงมีจำนวน 9 เส้นทางจะสังเกตได้ว่าเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบแต่ละเส้นทางไม่มีการทับซ้อนกัน ส่วนเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มภายนอก รูปที่ 4.7 (ข.) บนแผนที่จริงมีการเดินรถทับซ้อนของเส้นทางที่ 6 กับเส้นทางที่ 5 การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบของเส้นทางที่ 6 ด้วยการย้ายลำดับแรกของฟาร์มภายนอกเส้นทางที่ 6 ไปยังลำดับสุดท้ายของเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบเส้นทางที่ 5 เนื่องจากลำดับแรกของเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบเส้นทางที่ 6 เป็นตำแหน่งถัดมาจากลำดับสุดท้ายของเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบเส้นทางที่ 5 เมื่อทำการปรับปรุงเส้นทางการเดินรถให้มีความเหมาะสมตามข้อจำกัดและการปรับปรุงเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบให้ไม่มีการทับซ้อนกันทำให้สามารถสรุปจำนวนถึงนมและระยะเวลาการเดินรถขนส่งนมดิบหลังจากการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาดในแต่ละเส้นทางการเดินรถขนส่งนมดิบของฟาร์มส่วนด้านในและฟาร์มส่วนด้านนอก ดังตาราง 4.5

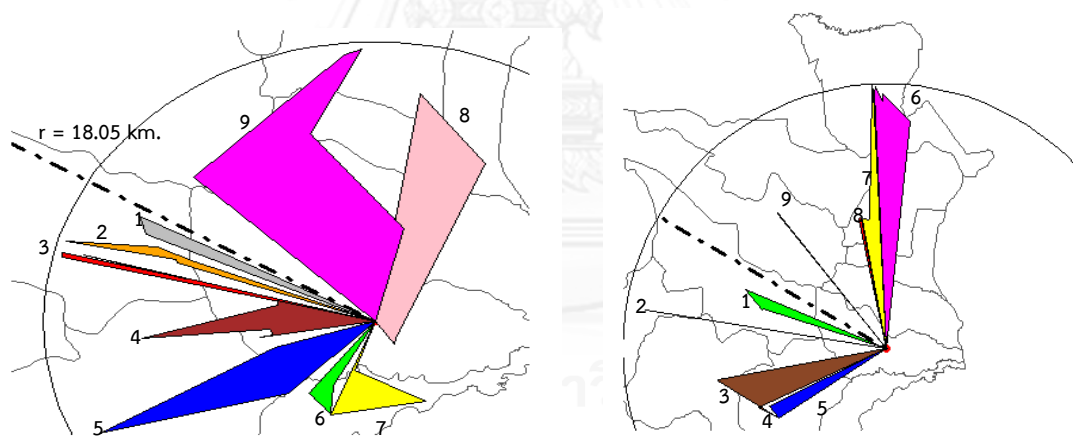
ตารางที่ 4. 5 ปริมาณถึงนมที่บรรจุทุกและเวลาการเดินรถขนส่งนมดิบในแต่ละเส้นทาง

	เส้นทางการเดินรถภายใน/ภายนอก								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
จำนวนถึงนม	18/20	19/17	15/17	20/18	19/20	18/17	18/20	16/18	18/8
เวลาเดินรถ	52/44	76/60	94/54	75/36	63/32	44/57	56/62	85/34	95/26

จากตารางที่ 4.5 ปริมาณถังนมที่บรรทุกและระยะเวลาการเดินทางขนส่งนมดิบในแต่ละเส้นทางของเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบภายในและภายนอกภายหลังจากการจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการมีจำนวนไม่มากกว่า 20 ถัง และระยะเวลาการเดินทางขนส่งนมดิบของแต่ละเส้นทางขนส่งมีเวลาไม่เกิน 100 นาที สอดคล้องกับข้อจำกัดตามหัวข้อที่ 3.4 ผลการปรับปรุงเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาดจึงสามารถนำเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบที่ทำการจัดเส้นทางแล้วมาพัฒนาเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ต่อไป

4.4 วิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ (2-Opt Exchange)

เมื่อได้เส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาดแล้วจะนำเส้นทางมาพัฒนาลำดับการรับภายในเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบเดียวกันด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ทำให้มีลำดับการรับถังนมที่เปลี่ยนไปแต่จะมีจำนวนถังนมดิบเท่าเดิมในแต่ละสายรถขนส่ง เมื่อกำหนดเส้นทางลงบนแผนที่จริงจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.8



(ก.) เส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบภายใน (ข.) เส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบภายนอก
รูปที่ 4.8 การจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์

จากรูป 4.8 เส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบที่พัฒนาลำดับการรับด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ของเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบของฟาร์มภายใน รูปที่ 4.8 (ก.) และฟาร์มภายนอก รูปที่ 4.8 (ข.) บนแผนที่จริง พบว่าเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบทั้งสองส่วนไม่มีเส้นทางที่ทับซ้อนกัน นอกจากนี้การหาเส้นทางการเดินทางด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์สามารถทำให้ทราบลำดับการรับถังนมในแต่ละเส้นทางการเดินทางของฟาร์มภายในและภายนอกได้ผลลัพธ์ ดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4. 6 ลำดับการรับถึงนมของฟาร์มสมาชิกในแต่ละเส้นทางการเดินรถภายใน

เส้นทาง	ลำดับฟาร์มของเส้นทางการเดินรถภายใน							
1	0	48	49	50	0			
2	0	26	15	57	53	46	0	
3	0	55	13	12	18	10	0	
4	0	35	17	40	65	40	21	69
5	0	20	3	32	0			
6	0	28	9	5	0			
7	0	1	16	25	0			
8	0	2	6	52	63	0		
9	0	33	56	65	74	19	0	

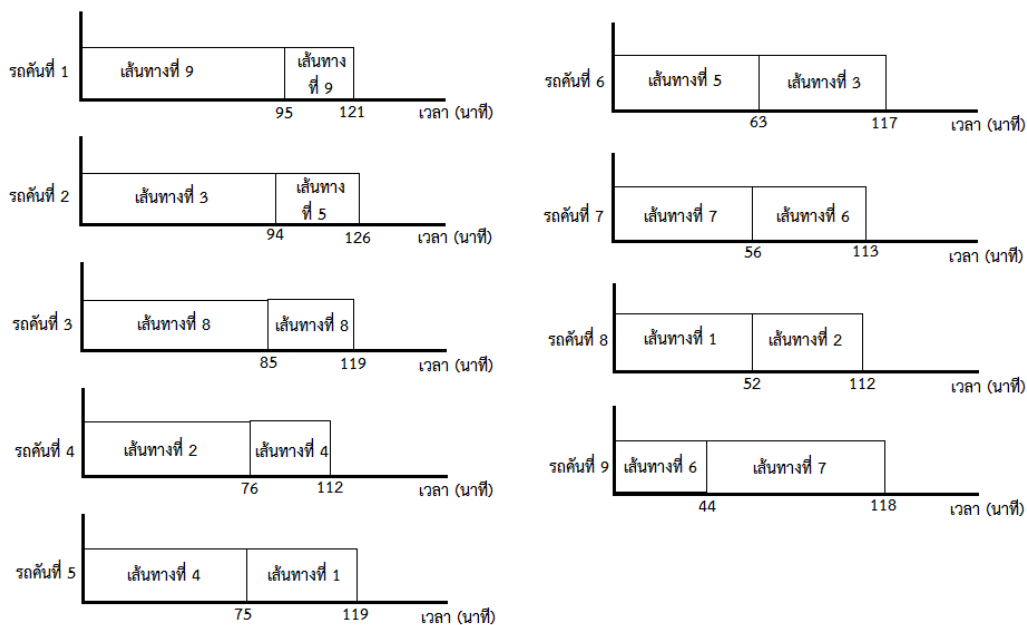
จากตารางที่ 4.6 ลำดับการรับถึงนมของฟาร์มสมาชิกในแต่ละเส้นทางการเดินรถภายในมีจำนวนทั้งหมด 9 เส้นทาง โดยในแต่ละเส้นทางรถจะเริ่มต้นออกจากสหกรณ์ที่มีเลข ID เท่ากับ 0 ไปยังฟาร์มสมาชิกอื่นจนครบลำดับแล้วจะวนกลับมาที่สหกรณ์เป็นจุดสุดท้ายในแต่ละเส้นทาง เช่น เส้นทางที่ 1 รถขนส่งนมดิบจะเริ่มออกจากสหกรณ์ (0) ไปยังฟาร์มสมาชิก 48 ฟาร์มสมาชิก 49 และฟาร์มสมาชิก 50 เพื่อหยุดรับถึงนมตามลำดับ จากนั้นรถขนส่งนมดิบจะออกจากฟาร์มสมาชิก 50 ซึ่งเป็นฟาร์มสมาชิกลำดับสุดท้ายกลับมายังศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์การเกษตรศรีคิ้ว

ตารางที่ 4. 7 ลำดับการรับถึงนมของฟาร์มสมาชิกในแต่ละเส้นทางการเดินรถภายนอก

เส้นทาง	ลำดับฟาร์มของเส้นทางการเดินรถภายใน									
1	0	51	47	54	0					
2	0	7	0							
3	0	14	11	37	8	24	0			
4	0	4	0							
5	0	75	60	0						
6	0	45	38	58	31	30	73	59	0	
7	0	29	70	36	34	62	61	66	72	42
8	0	22	23	41	71	68	43	67	0	
9	0	44	27	0						

จากตารางที่ 4.7 ลำดับการรับถังนมของฟาร์มสมาชิกในแต่ละเส้นทางการเดินรถภายนอกมีจำนวนทั้งหมด 9 เส้นทาง โดยในแต่ละเส้นทางรถจะเริ่มต้นออกจากศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วที่มีเลข ID เท่ากับ 0 ไปยังฟาร์มสมาชิกจนครบลำดับแล้วจะวนกลับมาที่สหกรณ์เป็นจุดสุดท้ายในแต่ละเส้นทาง

เมื่อทราบลำดับการรับนมจากฟาร์มสมาชิกและระยะเวลาการเดินทางขนส่งนมดิบในแต่ละเส้นทางแล้ว การเดินทางขนส่งนมดิบจะต้องทราบตารางเวลาการเดินทางขนส่งเพื่อการดำเนินการขนส่งที่ดี การจัดตารางเวลาการเดินทางขนส่งจะให้รถหนึ่งคันเดินรถรับถังนมดิบ 2 รอบ คือ เส้นทางภายในและเส้นทางภายนอก การจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบให้กับรถแต่ละคันจะต้องมีระยะเวลาการเดินทางขนส่งที่มีความสมดุลกันในแต่ละคัน ดังรูปที่ 4.9 โดยนำข้อมูลระยะเวลาในแต่ละเส้นทางมาจากตารางที่ 4.5



รูปที่ 4. 9 การจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งให้กับรถขนส่งแต่ละคัน

จากรูปที่ 4.9 การจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งให้กับรถขนส่งแต่ละคันด้วยการจับคู่ระยะเวลาการเดินทางให้มีความสมดุลกัน การจัดเวลารอบแรกที่มีระยะเวลาการเดินทางขนส่งนมดิบมากที่สุดให้กับรถคันที่ 1 ระยะเวลาการเดินทางขนส่งนมดิบมากอันดับสองให้กับรถคันที่ 2 การจัดอันดับให้รถในรอบแรกจะจัดระยะเวลาการเดินทางจากมากที่สุดไปน้อยสุดให้กับรถคันที่ 1 จนถึงรถคันสุดท้ายตามลำดับ ส่วนการจัดระยะเวลาในรอบสองจะจัดระยะเวลาการเดินทางขนส่งนมดิบน้อยที่สุดไปมากที่สุดในรอบสองให้อยู่กับรถคันที่ 1 จนถึงรถคันที่ 9 ต่อจากการเดินทางรอบแรก รถขนส่งแต่ละคันจะมีตารางการเดินทางทั้งรอบเช้าและรอบบ่าย ดังตารางที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4. 8 ตารางการเดินทางรถขนส่งนมดิบในแต่ละสายรถขนส่งรอบเช้า

รถคันที่	รอบที่ 1 ฟาร์มภายนอก		รอบที่ 2 ฟาร์มภายใน	
	เวลาไปถึงฟาร์ม	เวลากลับถึงสหกรณ์	เวลาไปถึงฟาร์ม	เวลากลับถึงสหกรณ์
1	7.00	7.30	7.45	9.15
2	7.00	7.30	7.45	9.15
3	7.00	7.30	7.45	9.30
4	7.00	7.30	8.45	9.00
5	7.15	7.45	8.15	9.30
6	6.45	7.45	8.00	9.00
7	6.45	7.45	8.00	9.00
8	7.00	7.45	8.00	8.45
9	7.00	8.00	8.15	9.15

จากตารางที่ 4.8 การเดินทางรถขนส่งนมดิบในแต่ละสายรถขนส่งรอบเช้าจะเดินรถออกจากศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วไปรับถึงนมจากฟาร์มสมาชิกตามเส้นทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบของฟาร์มภายนอกที่มีระยะทางไกลก่อนและจะมาเดินรถกลับมาถึงสหกรณ์ในเวลาเริ่มเปิดรับน้ำนม คือ 7.30 น. เมื่อรถขนส่งนมดิบแต่ละสายเข้าขั้นขั้นตอนการรับนมดิบของศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์เสร็จสิ้นแล้ว รถคันเดิมจะออกจากสหกรณ์เป็นรอบที่สองออกเดินรถไปยังฟาร์มพื้นที่ภายใน

ตารางที่ 4. 9 ตารางการเดินทางรถขนส่งนมดิบในแต่ละสายรถขนส่งรอบบ่าย

รถคันที่	รอบที่ 1 ฟาร์มภายนอก		รอบที่ 2 ฟาร์มภายใน	
	เวลาไปถึงฟาร์ม	เวลากลับถึงสหกรณ์	เวลาไปถึงฟาร์ม	เวลากลับถึงสหกรณ์
1	16.00	16.30	16.45	18.15
2	16.00	16.30	16.45	18.15
3	16.00	16.30	16.45	18.30
4	16.00	16.30	17.45	18.00
5	16.15	16.45	17.15	18.30
6	15.45	16.45	17.00	18.00
7	15.45	16.45	17.00	18.00
8	16.00	16.45	17.00	17.45
9	16.00	17.00	17.15	18.15

จากตารางที่ 4.9 การเดินทางขนส่งนมดิบในแต่ละสายรถขนส่งรอบบ่ายจะทำการเดินทางเหมือนรอบเช้าคือรถ 1 คันจะเดินทางขนส่งนมดิบ 2 รอบ ด้วยการเดินทางขนส่งนมดิบออกจากศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วไปรับถังนมจากฟาร์มสมาชิกที่อยู่ในเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบของฟาร์มภายในที่มีระยะทางใกล้แล้วเดินทางขนส่งกลับมาถึงศูนย์รวบรวมนมดิบสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วก่อนช่วงเวลาปิดรับน้ำนมรอบบ่ายคือ 16.30 น.

การจัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาดเป็นการหาคำตอบการจัดเส้นทางเบื้องต้น จากนั้นจึงเริ่มทำการปรับปรุงเส้นทางรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์ทำให้ทราบลำดับการรับถังนมและสามารถนำมากำหนดตารางเวลาการเดินทางรถขนส่งนมดิบในแต่ละเส้นทาง การจัดเส้นทางรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการทั้งหมดดังกล่าวสามารถให้ผลลัพธ์เป็นระยะทางการเดินทางรวมของแต่ละเส้นทางเพื่อนำมาเปรียบเทียบระยะทางการเดินทางขนส่งนมดิบรวมที่ทำการจัดเส้นทางด้วยวิธีการสังเกตและเส้นทางการเดินทางรถขนส่งนมดิบในปัจจุบัน ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4. 10 แสดงจำนวนรถขนส่ง ค่าขนส่งและประสิทธิภาพการใช้รถขนส่งในแต่ละวิธี

	จำนวนรอบ	ค่าขนส่งต่อรอบ	ประสิทธิภาพการใช้รถขนส่ง
Current routes	52	6754	45% ± 0.397
Visual routes	19	5549	48% ± 0.354
Sweep routes	18	3920	88% ± 0.096
Sweep + 2-opt Exchange	18	3892	88% ± 0.096

จากตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งของแต่ละวิธีมีวิธีการคำนวณ ดังนี้

- ค่าขนส่งต่อรอบ

การคำนวณค่าขนส่งของแต่ละวิธีที่เกิดจากจากสมการที่ 4.1 ด้วยการนำข้อมูลระยะทางที่ได้จากการเขียนโปรแกรม R/RStudio มาใส่ในสมการและหาค่าขนส่งออกมา เช่น

$$\begin{aligned} \text{เส้นทางในปัจจุบันมีระยะทางการเดินทางรวม } & 1626.61 \text{ จากผลรวมของ} \\ \text{ตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 การคิดค่าขนส่งต่อรอบจะนำค่าระยะทางไปแทนค่า} & \\ \text{X ในสมการ } Y = 1630 + 3.15 \times 1626.61 & \\ = 6753.82 \text{ หรือ } 6754 \text{ บาทต่อรอบ} & \end{aligned}$$

- ประสิทธิภาพการใช้รถขนส่ง

การคำนวณประสิทธิภาพการใช้รถขนส่งได้มาจาก

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้รถขนส่ง} = \left(\frac{\text{จำนวนถังนมของรถแต่ละคัน}}{\text{ปริมาณการบรรทุกมากที่สุด}} \right) \times 100$$

โดยปริมาณถังนมดิบของรถแต่ละคันสามารถทราบได้จากตารางที่ 4.5

การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาดกับการจัดเส้นทางด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยการกวาดแล้วนำมาปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออปท์มีค่าขนส่งของแต่ละวิธีใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากการจัดกลุ่มฟาร์มสมาชิกก่อนการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งนมดิบ นอกจากนี้สองวิธีดังกล่าวยังสามารถกำหนดให้รถขนส่งนมดิบหนึ่งคันสามารถเดินรถขนส่งนมดิบได้สองรอบ ซึ่งเป็นการช่วยให้เกิดการลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งทำให้หลังจากการปรับปรุงเส้นทางเดินรถด้วยวิธีดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งลดลงร้อยละ 42.37 โดยมาจากการคำนวณอัตราส่วนระหว่างผลต่างค่าขนส่งที่ลดลงจากค่าขนส่งปัจจุบัน $6754 - 3892 = 2862$ บาทต่อรอบ หากรับค่าขนส่งในปัจจุบัน 6754 บาทต่อรอบ

4.5 การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง

การวิเคราะห์ความไวเป็นการทดสอบเสถียรภาพของผลลัพธ์ด้วยการเปลี่ยนแปลงปริมาณการบรรทุกมากที่สุดของรถขนส่งนมดิบ เนื่องจากปริมาณน้ำมันเป็นปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล ดังรูปที่ 3.8 การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองนี้จึงต้องใช้ปัจจัยปริมาณน้ำมันในการทดสอบ เมื่อมีปริมาณการบรรทุกถึงนมดิบเปลี่ยนแปลงไปแบบจำลองสามารถคำนวณผลลัพธ์ได้ ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4. 11 จำนวนรถขนส่ง ค่าขนส่งและประสิทธิภาพการใช้รถขนส่งในปริมาณการบรรทุกถึงนมมากที่สุดที่แตกต่างกัน

ปริมาณการบรรทุกมากที่สุด	จำนวนรอบ	ค่าขนส่งทั้งหมด	ประสิทธิภาพการใช้รถขนส่ง
14	26	6475	86% ± 0.153
20	18	3892	88% ± 0.096
24	16	3869	82% ± 0.094

จากตารางที่ 4.11 ปริมาณการบรรทุกมากที่สุด 20 ถังต่อรถขนส่งหนึ่งคันเป็นการบรรทุกที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพการใช้รถขนส่งมากที่สุดและยังมีค่าขนส่งที่ไม่ต่างกับการบรรทุก 24 ถัง เนื่องจากมีจำนวนรถขนส่งใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณการบรรทุกไม่เต็มคันคือ 14 ถังมีค่าขนส่งที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีจำนวนรถที่ต้องใช้ขนส่งมากขึ้น ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการบรรทุกมากที่สุดจะมีผลต่อจำนวนรถขนส่งที่จำเป็นต้องใช้และค่าใช้จ่ายในการขนส่งแต่แบบจำลองนี้ยังสามารถใช้ได้



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

หลังจากได้ทำการจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วแล้ว ต่อไปจะเป็นการสรุปผลการวิจัยและนำเสนอข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบระหว่างฟาร์มสมาชิกของสหกรณ์การเกษตรสีคิ้วไปยังศูนย์รวบรวมนมดิบของสหกรณ์ โดยมีสหกรณ์เป็นผู้รับผิดชอบการขนส่งน้ำนมของฟาร์มสมาชิกทั้ง 138 รายที่มีรูปแบบการขนส่งนมดิบเอง 52 ราย และมีรูปแบบการจ้างขนส่ง 86 ราย รูปแบบการขนส่งที่อิสระนี้ทำให้น้ำนมไม่ได้คุณภาพเนื่องจากใช้ระยะเวลาในการขนส่ง การหยุดรับถังนมของผู้จ้างต่างพื้นที่ตำบลกันทำให้มีเส้นทางขนส่งที่มีการทับซ้อนกัน การจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งนมดิบจึงจัดกลุ่มฟาร์มสมาชิกที่มีพื้นที่ฟาร์มติดกันเพื่อช่วยลดระยะเวลาการเดินทางรวมจากการหยุดรับถังนมในพื้นที่ใกล้เคียงและการแบ่งพื้นที่การเดินทางขนส่งนมดิบเป็นสองส่วนเนื่องจากลักษณะการกระจายตัวของกลุ่มฟาร์มสมาชิกที่มีระยะห่างจากสหกรณ์ต่าง ๆ กันทำให้สามารถจัดรอบการเดินทางขนส่งนมดิบได้ 2 รอบต่อรถขนส่งหนึ่งคัน จากนั้นจึงทำการทดลองใช้แนวทางดังกล่าวมาจัดเส้นทางด้วยวิธีการสังเกตเพื่อวิเคราะห์ช่องว่างของปัญหาในกรณีที่สหกรณ์ไม่มีเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเส้นทาง ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการสังเกตมีผลที่ดีจากการจัดพื้นที่และการจัดกลุ่มฟาร์มสมาชิกตำบลเดียวกันสามารถลดระยะทางการขนส่งได้มากถึง 22,952 กิโลเมตรต่อเดือน เมื่อแนวทางการจัดกลุ่มและการแบ่งพื้นที่มีผลที่ดีกว่าการจัดเส้นทางเดินทางในปัจุบันจึงมีการนำปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางขนส่งนมดิบจะเริ่มจากการจัดเส้นทางเบื้องต้นด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาดมาใช้ในการแบ่งกลุ่มฟาร์มสมาชิกแล้วจึงจัดเส้นทางเดินทางที่เหมาะสมซึ่งสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ 170,040 บาทต่อเดือน และลดระยะทางรวมได้ 53,986 กิโลเมตรต่อเดือน เส้นทางเดินทางขนส่งนมดิบที่ได้ยังเป็นการปรับปรุงแค่ขั้นแรกจึงต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงเส้นทางให้ดีขึ้นด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายได้ 171,720 บาทต่อเดือน และลดระยะทางรวมได้ 54,520 กิโลเมตรต่อเดือน ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยการกวาดแล้วทำการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์สามารถลดค่าใช้จ่ายได้มากถึงร้อยละ

นอกจากนี้ระยะเวลาการเดินทางขนส่งนมดิบสูงสุดที่เกิดจากการหาเส้นทางเดินทางเดินทางด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์มีค่า 95 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่เกิน 100 นาทีที่ได้มีการเผื่อระยะเวลาการเดินทางขนส่งไว้อีก 20 นาทีแล้ว ดังนั้น การจัดเส้นทางขนส่งนมดิบด้วยวิธีการหา

คำตอบแบบกวาดแล้วทำการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธีการสลับสับเปลี่ยนแบบทู-ออฟท์เป็นเส้นทาง การเดินทางขนส่งนมดิบที่สามารถทำให้ฟาร์มสมาชิกมาส่งนมดิบภายในเวลาการปิดรับน้ำนมของสหกรณ์ การเกษตรสี่คิ้วทำให้สหกรณ์การเกษตรสี่คิ้วได้รับน้ำนมที่มีคุณภาพดีและสามารถช่วยลดจำนวน ความถี่ค่าปรับคุณภาพน้ำนมที่เกิดจากการขนส่งล่าช้าของฟาร์มสมาชิกที่มีความถี่ค่าปรับเฉลี่ยมากถึง 424 ครั้งต่อเดือน เมื่อทราบผลการปรับปรุงเส้นทางเดินทางเดินทางแล้ว จากนั้นทำการวิเคราะห์ความไว ของแบบจำลองด้วยการทดลองเปลี่ยนความจุของรถขนส่งเนื่องจากปริมาณน้ำนมเป็นปัจจัยที่มี การเปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการบรรทุกมากที่สุดมีผล ต่อจำนวนรถขนส่งที่จำเป็นต้องใช้และค่าใช้จ่ายในการขนส่งแต่แบบจำลองนี้ยังสามารถใช้ได้ดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

การจัดเส้นทางเดินทางขนส่งนมดิบของงานวิจัยนี้คิดจากสถานการณ์จราจรพื้นที่อำเภอสี่ คิ้ว จังหวัดนครราชสีมาบนถนนที่ใช้เดินทางขนส่งนมดิบไม่แออัด การคิดระยะเวลาการเดินทางขนส่งนม ดิบจึงเกิดจากการคิดระยะเวลาจากความเร็วรถกระบะบรรทุกสินค้าปกติที่ระยะทางที่วัดจากถนน จริง รวมกับระยะเวลาการหยุดรับถึงนมในแต่ละฟาร์ม ไม่ได้คิดค่าเผื่อเวลารถติด เนื่องจากสภาพ การจราจรในพื้นที่แต่ละอำเภอของประเทศไทยมีความแตกต่างกัน ดังนั้น งานวิจัยที่สามารถทำต่อ จากนี้ได้คือการจัดเส้นทางเดินทางขนส่งนมดิบในพื้นที่อำเภอที่มีสภาพการจราจรหนาแน่นซึ่ง จะต้องมีค่าเผื่อเวลารถติดในการขนส่งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีงานในส่วนของการปรับเปลี่ยนค่ามุม เริ่มต้นในการหาเส้นทางเดินทางเดินทางเนื่องจากตำแหน่งพิกัดเริ่มต้นต่างกันจะทำให้การจัดเส้นทาง การเดินทางได้ผลที่แตกต่างกันอีกด้วย

รายการอ้างอิง

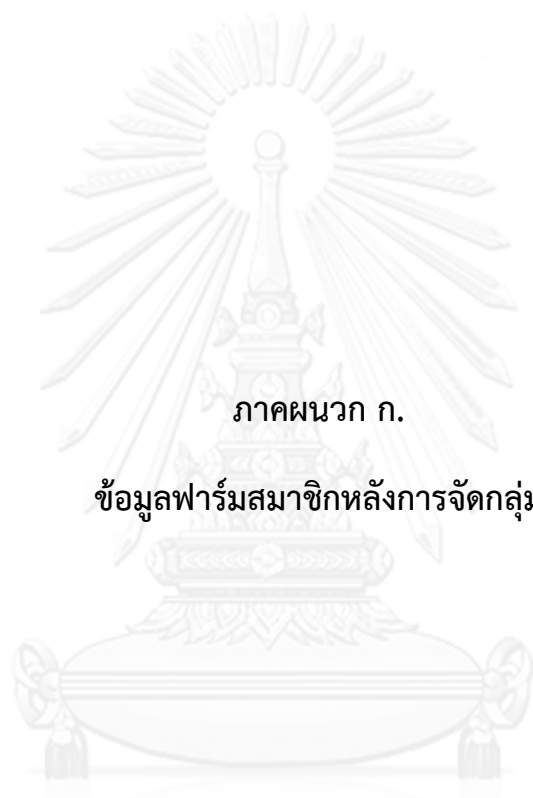
- [1] ฝ่ายวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเลี้ยงโคนม. สถานภาพด้านเศรษฐกิจโคนม. จดหมายข่าวโคนม, ฉบับที่. 13, 2555.
- [2] สุณีรัตน์ เขี่ยมละมัย และคณะ. บทวิเคราะห์อุตสาหกรรมโคนมไทยกับการแข่งขันในอนาคตและการปรับตัวของเกษตรกร. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ, 2549.
- [3] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. การศึกษาระบบโลจิสติกส์นมพร้อมดื่ม. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554.
- [4] R. Cotton. Learning R. The united states of America: O'Rielly Media, Inc, 2013.
- [5] พิบูลย์ เขียมอนุกุลกิจ และคณะ. โครงการผลกระทบของข้อตกลงองค์การการค้าโลกต่อเกษตรกรโคนมไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ, 2545.
- [6] วิทยา สุทธิพิตรดำรง. โลจิสติกส์และการจัดการโซ่อุปทาน อธิบายได้...ง่ายนิดเดียว. กรุงเทพฯ: ซี เอ็ดดูเคชั่น, 2546.
- [7] กาญจนา เศรษฐนันท์. การบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมนม. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ, 2550.
- [8] ศุภกิจ เอื้อพิบูลย์วัฒนา. กรณีศึกษา supply chain ของผลิตภัณฑ์นมของสหกรณ์โคนม. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ, 2546.
- [9] R. H. Ballou. Business Logistics/Supply Chain Management. The united states of America: Pearson Educaion, Inc, 2004.
- [10] A. Osvald and L. Z. Stirn. A vehicle routing algorithm for the distribution of fresh vegetables and similar perishable food. Journal of Food Engineering. 85 : 285-295, 2008.
- [11] P. Toth and D. Vigo. The vehicle Routing Problem. The United States of America: Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 2002.
- [12] O. Bräysy, W. Dullaert, and M. Gendreau. Evolutionary algorithms for the Vehicle Routing Problem with Time Windows. Journal of Heuristics. 10 : 587-611, 2004.
- [13] ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. วิธีการเมตาฮิวริสติกส์ เพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2554.
- [14] Y. Chang and L. Chen. Solve the vehicle routing problem with time windows via a genetic algorithm. Discrete and Continuous Dynamical System Supplement 2007. 17 : 240-249, 2007.
- [15] H.-K. Chen, C.-F. Hsueh, and M.-S. Chang. Production scheduling and vehicle routing with time windows for perishable food products. Computers & Operations Research. 36 : 2311-2319, 2009.

- [16] C.-I. Hsu, S.-F. Hung, and H.-C. Li. Vehicle routing problem with time-windows for perishable food delivery. Journal of Food Engineering. 80 : 465-475, 2007.
- [17] ปารเมศ ชูติมา. เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.
- [18] J.-Y. Potvin and J.-M. Rousseau. An exchange heuristic for routing problems with time windows. Journal of the Operational Research Society. 46 : 1433-1446, 1995.
- [19] N. Suthikarnnarunai. A Sweep Algorithm for the Mix Fleet Vehicle Routing Problem. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 2008.
- [20] M. Fisher and M. Jaikumar. A Generalized Assignment Heuristic for Vehicle Routing. Networks. 11 : 109-124, 1981.
- [21] B. E. Gillett and R. M. Leland. A Heuristic Algorithm for the Vehicle-Dispatch Problem. Operations Research. 22 : 340-349, 1974.
- [22] J. Renaud and F. Boctor. A Sweep Based Algorithm For the Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem. European Journal of Operational Research. 140 : 618-628, 2002.
- [23] M, Tharinee. Algorithm for Determining Robust Solutions of Vehicle Routing Problem with Time Windows and Uncertain Travel Times. Ph.D., Industrial Engineering, Kasetsart University, 2009.
- [24] M. Restori. An Application of VRP Algorithms with Original Modifications. Proceedings of the The IIE international conference, 2004.
- [25] K. K. Kalra and R. V. Singh. Milk transportation routes management. Agricultural Systems. 28 : 259-271, 1988.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก ก.

ข้อมูลฟาร์มสมาชิกหลังการจัดกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก.1 ข้อมูลฟาร์มสมาชิกหลังการจัดกลุ่ม

ID	x	y	ปริมาณ นมดิบ (kg)	หมายเลขสมาชิก	จำนวน ถัง
0	792295.0	1649170	0 (Co-op)		
1	790689.3	1645164	233.56	3	5
2	792992.3	1648218	423.12	5,59,102,160,272	9
3	782353.5	1644391	415.77	7,81,118,129,199,262,269	9
4	781166.3	1643726	888.00	26,27,50,53,57,113,117,127,164,173,195	18
5	790786.5	1646471	453.95	29,61	10
6	793026.6	1648461	79.92	35,62	2
7	769395.8	1652811	819.02	42,122,157,200,210,200	17
8	782084.3	1642612	113.11	48	3
9	790679.8	1645221	280.03	58,74,140,187	6
10	780961.3	1651923	76.79	65	2
11	776340.8	1646127	257.45	67,258	6
12	785522.1	1650987	67.36	69	2
13	785427.1	1651014	91.53	70	2
14	776345.9	1646216	188.22	76,131,153	4
15	785070.5	1651841	112.17	79	3
16	794125.6	1645764	455.51	87,103,174,178	10
17	788750.7	1649857	309.75	91,237	7
18	780963.4	1652113	304.78	95,240	7
19	785742.9	1655392	177.65	99	4
20	788638.5	1648081	306.92	106,256,274	7
21	788610.6	1648611	109.92	107	3
22	789995.8	1661416	176.87	116	4
23	789958.9	1661444	63.59	121	2
24	780240.4	1643598	119.83	123	3
25	791564.4	1647073	146.67	128,248,281	3
26	785132.8	1651675	184.26	136	4

ตาราง ก.1 ข้อมูลฟาร์มสมาชิกหลังการจัดกลุ่ม (ต่อ)

ID	x	y	ปริมาณ นมดิบ (kg)	หมายเลขสมาชิก	จำนวน ถัง
27	782013.4	1661899	200.39	142,196	5
28	789888.8	1646117	81.48	144	2
29	791042.1	1673484	102.05	152	3
30	791395.6	1673690	117.70	154	3
31	791441.8	1673697	183.17	155	4
32	789173.6	1646124	132.77	156	3
33	793322.2	1653175	400.50	159,177,244,249	9
34	790949.8	1673991	178.66	166	4
35	788768.5	1650075	161.87	176	4
36	790947.8	1674062	139.62	180	3
37	776349.7	1646112	34.86	182	1
38	792034.6	1673251	52.66	186	2
39	788599.6	1648629	77.79	188	2
40	783843.3	1648475	77.28	197	2
41	789924.2	1661470	260.18	202,224	6
42	790064.5	1661343	71.58	208	2
43	789821.1	1661538	116.57	209	3
44	782021.3	1661956	126.81	211,221	3
45	794627.1	1670662	137.49	216	3
46	785792.9	1651750	280.69	218,236	6
47	780510.2	1652841	96.36	223	2
48	783768.5	1653687	75.73	227	2
49	783786.1	1653569	380.46	231,232,273	8
50	783985.3	1652930	357.31	233	8
51	778931.4	1654745	751.24	234,278	16

ตาราง ก.1 ข้อมูลฟาร์มสมาชิกหลังการจัดกลุ่ม (ต่อ)

ID	x	y	ปริมาณ นมดิบ (kg)	หมายเลขสมาชิก	จำนวน ถัง
52	796254.6	1655979	52.10	239	2
53	784397.4	1652402	164.55	243	4
54	780619.8	1652951	59.37	245	2
55	781727.6	1652033	88.42	246	2
56	789941.3	1657240	73.73	247	2
57	781127.5	1652622	50.04	252	2
58	791982.8	1672570	62.51	259	2
59	791144.8	1673353	60.55	260	2
60	782076.1	1642615	86.26	261,270	2
61	790641.3	1661265	81.46	263	2
62	790699.9	1661402	62.93	264	2
63	793916.9	1658941	129.30	265,277	3
64	788478.6	1648843	28.04	267	1
65	791796.9	1660850	99.32	271,283	2
66	790317.0	1661470	25.59	276	1
67	789716.6	1661283	42.77	280	1
68	789843.9	1661523	27.57	282	1
69	788144.3	1648529	16.76	284	1
70	791035.2	1673516	53.64	286	2
71	789907.9	1661480	35.50	288	1
72	790071.2	1661324	18.24	289	1
73	791323.3	1673883	21.28	290	1
74	791153.9	1660626	21.06	291	1
75	781166.3	1643726	888.00	212,217,230,235,251,257,266,285,287	18



ภาคผนวก ข.

แบบสอบถามฟาร์มสมาชิก

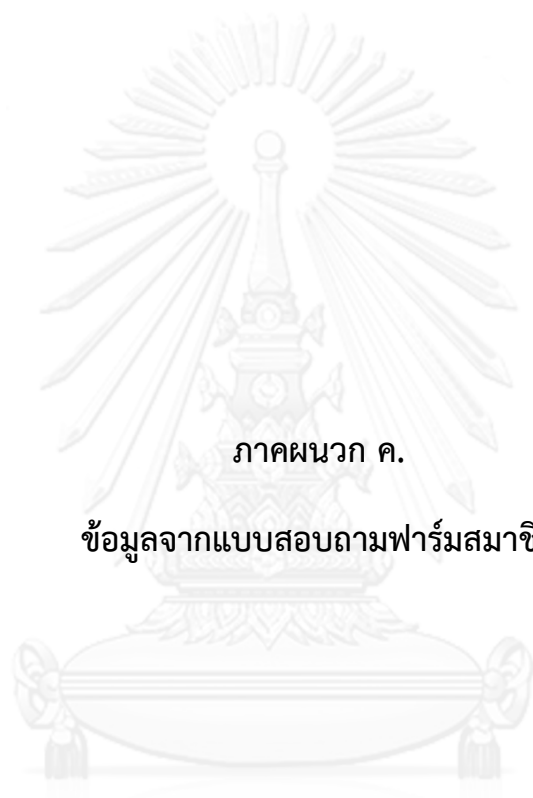
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ข.1 แบบสอบถามฟาร์มสมาชิก

แบบสอบถามสำหรับเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์การเกษตรสี่คิ้ว

เลขที่สมาชิก _____ วันที่สัมภาษณ์ _____ เวลา _____

หัวข้อคำถาม	ข้อมูลจากเกษตรกร
1. ลักษณะการขนส่งนมดิบของเกษตรกรปัจจุบัน	
1.1) เวลาเริ่มรีดนม - รีดเสร็จ	เช้า _____ เย็น _____
1.2) จำนวนถังนม	<input type="checkbox"/> 40 กิโลกรัม _____ ถัง <input type="checkbox"/> 50 กิโลกรัม _____ ถัง
1.3) ระยะเวลายกถังนมขึ้นรถ	_____ นาที
1.4) การขนส่งนมดิบ	<input type="checkbox"/> ส่งเอง <input type="checkbox"/> จ้างส่ง/ ชื่อผู้รับ
1.5) พาหนะที่ใช้ขนส่งนม	<input type="checkbox"/> มอเตอร์ไซด์ _____ <input type="checkbox"/> มอเตอร์ไซด์พ่วง _____ <input type="checkbox"/> รถกระบะ _____
1.6) พาหนะที่ใช้เดินทาง	<input type="checkbox"/> มอเตอร์ไซด์ _____ <input type="checkbox"/> มอเตอร์ไซด์พ่วง _____ <input type="checkbox"/> รถกระบะ _____
1.7) ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อเดือน	_____ บาทต่อเดือน
1.8) ระยะห่างจากศูนย์รวมนมฯ	_____ กิโลเมตร
1.9) เวลาที่ใช้เดินทางไปศูนย์รวมนมฯ	_____ ชั่วโมง _____
2. ความคิดเห็นของเกษตรกรในการให้สหกรณ์เป็นผู้รับผิดชอบในการขนส่งนมดิบ	
2.1) เห็นด้วยหรือไม่	<input type="checkbox"/> เห็นด้วย <input type="checkbox"/> ไม่เห็นด้วย
2.2) อยากให้คิดค่าบริการอัตราเท่าไร	<input type="checkbox"/> เหมาะ _____ บาทต่อ <input type="checkbox"/> ถังละ _____ บาทต่อ
2.3) ข้อเสนอแนะ	



ภาคผนวก ค.

ข้อมูลจากแบบสอบถามฟาร์มสมาชิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลจากแบบสอบถามฟาร์มสมาชิก

เลขสมาชิก	ขนาด	เวลาเริ่มต้น		ชนิดพันธุ์นม	จำนวนพันธุ์นม	วิธีขนส่ง	พาหนะที่มี	จำนวนรถ	ค่าขนส่งต่อเดือน	ระยะทาง (Km)	เวลา (min)	ความคิดเห็น	หมายเหตุ
		เช้า	บ่าย										
003	L	5:00-7:00	16:00-17:00	40:50	0:6	ส่งเอง	กระบะ	2	5000 บาท/เดือน	15	20	เห็นด้วย	
005	S	6:30-7:30	16:30-17:30	40:50	2:3	ส่งเอง	กระบะ	1	5000 บาท/เดือน	20	20	เห็นด้วย	
007	S	6:30-7:30	16:30-17:30	40:50	2:4	262	กระบะ	1	เหมา 2000 บาท	10	20	เห็นด้วย	
026	M	6:00-8:00	16:00-17:30	40:50	5:2	ส่งเอง	กระบะ	1	8000 บาท	20	20	ไม่เห็นด้วย	
027	S	5:30-7:00	15:30-17:00	40:50	1:3	26	กระบะ	1	เหมา 2000 บาท	20	20	เห็นด้วย	
029	L	5:00-7:00	16:00-17:00	40:50	2:3	281	กระบะ	1	7000 บาท/เดือน	15	15	ไม่เห็นด้วย	
035	XS	6:30-7:30	16:00-17:00	40:50	0:3	ส่งเอง	กระบะ	1	1000 บาท/เดือน	10	10	เห็นด้วย	
042	M	5:30-7:30	15:30-17:30	40:50	0:12	200	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	30	30	เห็นด้วย	
048	M	5:30-7:10	15:30-16:10	40:50	0:7	285	กระบะ	1	เหมา 2000 บาท	15	20	เห็นด้วย	
050	M	5:15-7:45	14:45-16:15	40:50	0:9	ส่งเอง	กระบะ	1	4000 บาท/เดือน	25	30	เห็นด้วย	
053	S	6:30-7:30	16:30-17:30	40:50	0:3	076	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	20	30	เห็นด้วย	
057	XS	6:30-7:30	16:00-17:00	40:50	2:4	285	-	-	เหมา 1500 บาท	15	20	เห็นด้วย	
058	S	6:30-7:30	15:30-14:30	40:50	0:5	ส่งเอง	กระบะ	1	3000 บาท/เดือน	10	15	เห็นด้วย	
059	M	5:00-6:00	16:45-17:45	40:50	1:2	ส่งเอง	กระบะ	1	5000 บาท/เดือน	25	20	เห็นด้วย	
061	M	5:30-7:30	15:30-17:30	40:50	6:2	ส่งเอง	กระบะ	1	8000 บาท/เดือน	16	20	เห็นด้วย	
062	S	6:00-8:00	15:30-17:00	40:50	5:0	35	กระบะ	1	1000 บาท/เดือน	10	10	ไม่เห็นด้วย	ผลัดกันส่งกับ 35
065	S	6:00-7:00	16:00-17:00	40:50	4:2	245	กระบะ	1	0.6 บาท/กก.	13	15	เห็นด้วย	
067	M	5:15-7:45	14:45-16:15	40:50	0:6	076	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	30	30	เห็นด้วย	
069	S	6:00-7:30	15:00-16:30	40:50	1:3	136	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	5	20	เห็นด้วย	
070	S	6:30-7:30	16:30-17:30	40:50	2:2	136	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	5	20	เห็นด้วย	
074	M	6:00-7:30	15:00-16:30	40:50	3:2	ส่งเอง	กระบะ	1	6000 บาท/เดือน	25	30	เห็นด้วย	
076	S	6:00-7:30	15:30-16:30	40:50	0:1	ส่งเอง	กระบะ	1	8000 บาท/เดือน	21	40	เห็นด้วย	
079	M	5:15-7:45	14:45-16:15	40:50	0:4	136	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	10	15	เห็นด้วย	

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ข้อมูลจากแบบสอบถามฟาร์มสมาชิก

เลขสมาชิก	ขนาด	เวลารีดนม		ชนิดลี้ยงนม	จำนวนลี้ยงนม	วิธีขนส่ง	พาหนะที่มี	จำนวนรอด	ค่าขนส่งต่อเดือน	ระยะทาง (Km)	เวลา (min)	ความคิดเห็น	หมายเหตุ
		เช้า	บ่าย										
081	S	5.00-7.00	15.30-17.30	40:50	4:2	262	กระบะ	1	เหมา 1500 บาท	10	25	เห็นด้วย	
087	XS	6.00-7.30	16.30-17.30	40:50	1:0	ส่งเอง	มอเตอร์ไซด์	1	3000 บาท/เดือน	20	20	เห็นด้วย	
091	S	5.00-7.30	15.00-16.30	40:50	9:1	176	กระบะ	1	800 บาท/ถัง	5	10	เห็นด้วย	
095	M	5.15-7.45	14.45-16.15	40:50	2:10	ส่งเอง	กระบะ	1	7000 บาท/เดือน	17	20	เห็นด้วย	
099	M	5.30-7.30	15.30-17.30	40:50	0:9	142	กระบะ	1	1000 บาท/ถัง	20	25	เห็นด้วย	
102	M	6.00-8.00	16.30-18.00	40:50	4:1	ส่งเอง	กระบะ	1	4500 บาท/เดือน	5	15	ไม่เห็นด้วย	
103	L	5.00-7.00	16.00-17.00	40:50	0:9	ส่งเอง	กระบะ	1	8000 บาท/เดือน	30	40	เห็นด้วย	
106	M	5.00-7.30	15.30-17.00	30:40:50	1:2:5	129	กระบะ	1	700 บาท/ถัง	4	10	เห็นด้วย	
107	M	5.00-7.00	16.00-17.00	40:50	2:6	284	กระบะ	1	4000 บาท/เดือน	10	20	เห็นด้วย	
113	S	6.00-7.00	15.30-16.00	40:51	3:0	076	มอเตอร์ไซด์	1	1000 บาท/ถัง	20	20	เห็นด้วย	
116	M	5.00-7.15	14.45-17.00	40:50	0:4	202	กระบะ	1	1000 บาท/ถัง	16	20	เห็นด้วย	
117	S	6.00-7.00	15.30-16.00	40:50	2:3	26	กระบะ	1	เหมา 2000 บาท	20	20	เห็นด้วย	
118	M	5.00-7.00	16.00-17.00	40:50	0:8	076	กระบะ	1	1000 บาท/ถัง	20	20	เห็นด้วย	
121	S	5.30-7.00	15.30-17.00	40:50	0:2	202	มอเตอร์ไซด์พ่วง	1	1000 บาท/ถัง	15.5	20	เห็นด้วย	
122	M	5.30-7.30	15.30-17.30	40:50	0:7	200	กระบะ	1	1000 บาท/ถัง	30	30	เห็นด้วย	
123	M	6.30-8.00	15.30-17.30	40:50	2:5	26	กระบะ	1	เหมา 2500 บาท	18	20	เห็นด้วย	
127	M	4.30-7.00	15.00-16.30	40:50	0:7	ส่งเอง	กระบะ	1	4000 บาท/เดือน	15	20	เห็นด้วย	
128	S	6.00-8.00	16.00-17.00	40:50	0:1	ส่งเอง	มอเตอร์ไซด์	1	2000 บาท/เดือน	3	15	ไม่เห็นด้วย	
129	M	6.00-7.30	15.30-16.45	40:50	0:3	ส่งเอง	กระบะ	1	6000 บาท/เดือน	10	30	ไม่เห็นด้วย	
131	M	5.30-7.30	15.30-17.30	40:50	2:5	076	กระบะ	1	1000 บาท/ถัง	20	20	เห็นด้วย	
136	M	6.00-7.40	15.00-16.30	40:50	0:5	ส่งเอง	กระบะ	1	10,000 บาท/เดือน	13	30	เห็นด้วย	
140	S	5.30-7.00	15.30-17.00	40:50	4:2	ส่งเอง	กระบะ	1	3000 บาท/เดือน	25	30	เห็นด้วย	
142	S	6.00-8.00	16.00-17.30	20:40:50	1:0:3	ส่งเอง	กระบะ	1	5000 บาท/เดือน	16	30	เห็นด้วย	
144	S	6.30-7.30	16.30-17.30	40:50	0:7	156	กระบะ	1	1000 บาท/ถัง	15	20	เห็นด้วย	
152	M	5.00-6.30	15.00-16.30	40:50	0:3	286	กระบะ	1	0.75 บาท/กก.	20	20	เห็นด้วย	

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ข้อมูลจากแบบสอบถามฟาร์มสมาชิก

เลขสมาชิก	ขนาด	เวลารีดนม		ชนิดลี้ยงนม	จำนวนลี้ยงนม	วิธีขนส่ง	พาหนะที่มี	จำนวนรอด	ค่าขนส่งต่อเดือน	ระยะทาง (Km)	เวลา (min)	ความคิดเห็น	หมายเหตุ
		เช้า	บ่าย										
153	S	7.00-7.45	16.00-16.30	40:50	2:2	076	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	20	20	เห็นด้วย	
154	M	5.30-7.10	15.30-16.10	40:50	0:9	286	กระบะ	1	0.75 บาท/กก.	28	20	เห็นด้วย	
155	M	5.00-6.40	15.30-16.30	40:50	0:2	ส่งเอง	กระบะ	1	9500	28	30	เห็นด้วย	
156	M	5.00-8.00	15.00-17.00	40:50	2:5	ส่งเอง	กระบะ	1	4000 บาท/เดือน	7	15	เห็นด้วย	
157	M	6.30-7.30	15.30-16.30	20:40:50	1:0:6	200	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	30	30	ไม่เห็นด้วย	
159	L	5.00-8.00	14.00-16.00	40:50	0:4	ส่งเอง	กระบะ	1	4000 บาท/เดือน	2	10	เห็นด้วย	
160	M	5.30-7.30	15.30-17.30	40:50	0:11	ส่งเอง	กระบะ	1	5000 บาท/เดือน	20	20	เห็นด้วย	
164	S	6.30-7.30	15.30-16.30	40:50	2:2	251	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	18	30	เห็นด้วย	
166	M	6.30-7.30	15.30-16.30	40:50	0:9	ส่งเอง	กระบะ	1	10000	30	30	เห็นด้วย	
173	L	5.00-7.30	15.00-16.30	40:50	0:8	285	กระบะ	1	เหมมา 5000 บาท	15	20	ไม่เห็นด้วย	
174	M	5.00-6.40	15.30-16.30	40:50	0:5	176	กระบะ	1	800 บาท/ถึง	5	10	เห็นด้วย	
176	M	5.30-7.10	15.30-16.10	40:50	2:2	ส่งเอง	กระบะ	1	4000 บาท/เดือน	7	10	เห็นด้วย	
177	S	6.00-7.00	15.30-16.00	40:50	1:4	ส่งเอง	กระบะ	1	2000 บาท/เดือน	10	10	เห็นด้วย	
178	M	7.00-8.00	16.00-17.00	40:50	2:3	ส่งเอง	กระบะ	1	8000 บาท/เดือน	30	15	เห็นด้วย	
180	M	6.30-7.30	15.30-16.30	40:50	0:8	166	กระบะ	1	0.75 บาท/กก.	30	30	เห็นด้วย	
182	XS	6.00-7.30	16.30-17.30	40:50	3:2	076	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	20	20	เห็นด้วย	
186	S	5.30-6.30	15.30-16.30	40:50	0:2	155	กระบะ	1	0.75 บาท/กก.	25	20	เห็นด้วย	
187	S	6.30-7.30	16.30-17.30	40:50	2:1	156	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	10	15	เห็นด้วย	
188	S	6.00-7.30	15.00-16.30	40:50	3:1	ส่งเอง	กระบะ	2	4000 บาท/เดือน	15	20	เห็นด้วย	
195	S	6.30-7.30	16.30-17.30	40:50	2:5	136	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	10	15	เห็นด้วย	
196	M	6.30-7.30	15.30-16.30	40:50	2:10	142	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	20	30	เห็นด้วย	
197	S	7.00-7.45	16.00-16.30	40:50	0:4	262	กระบะ	1	เหมมา 2000 บาท	8	15	เห็นด้วย	
199	S	6.30-7.30	16.30-17.30	40:50	2:5	129	มอเตอร์ไซด์	1	700 บาท/ถึง	10	20	เห็นด้วย	
200	M	6.00-7.30	15.00-16.30	40:50	2:9	ส่งเอง	กระบะ	1	8000 บาท/เดือน	30	45	เห็นด้วย	
202	M	4.30-6.30	15.00-16.30	40:50	0:4	ส่งเอง	กระบะ	1	10000 บาท	15	10	ไม่เห็นด้วย	

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ข้อมูลจากแบบสอบถามฟาร์มสมาชิก

เลขสมาชิก	ขนาด	เวลารีดนม		ชนิดลี้ยงนม	จำนวนลี้ยงนม	วิธีขนส่ง	พาหนะที่มี	จำนวนรอด	ค่าขนส่งต่อเดือน	ระยะทาง (Km)	เวลา (min)	ความคิดเห็น	หมายเหตุ
		เช้า	บ่าย										
208	S	5.00-7.00	15.30-17.00	40:50	1:1	202	-	-	1000 บาท/ถึง	15	20	เห็นด้วย	
209	M	5.30-7.30	15.30-16.30	40:50	0:8	202	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	15	20	เห็นด้วย	
210	M	5.30-7.10	15.30-16.10	40:50	1:5	200	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	30	30	เห็นด้วย	
211	M	5.00-6.40	15.30-16.30	40:50	3:2	221	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	20	20	เห็นด้วย	
212	M	5.00-8.00	15.00-17.00	40:50	0:7	285	กระบะ	1	เหมก 2000 บาท	15	20	ไม่เห็นด้วย	
216	M	5.30-6.30	15.30-16.30	20:40:50	1:1:3	286	กระบะ	1	0.75 บาท/กก.	25	20	เห็นด้วย	
217	S	6.00-7.30	15.30-16.30	40:50	2:2	262	มอเตอร์ไซด์พ่วง	1	เหมก 1500 บาท	10	20	เห็นด้วย	
218	M	5.30-7.30	15.30-16.30	40:50	0:7	136	มอเตอร์ไซด์	1	1000 บาท/ถึง	10	15	เห็นด้วย	
221	S	6.30-7.30	16.30-17.30	40:50	4:2	ส่งเอง	กระบะ	1	4000 บาท/เดือน	15	25	ไม่เห็นด้วย	
223	M	5.30-7.30	15.30-16.30	40:50	0:4	245	กระบะ	1	0.6 บาท/กก.	15	20	เห็นด้วย	
224	S	5.15-7.00	15.15-17.00	40:50	0:2	202	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	15	20	เห็นด้วย	
227	S	6.00-7.30	15.30-16.30	30:40:50	1:1:2	136	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	10	15	เห็นด้วย	
230	M	5.30-7.30	15.30-16.30	40:50	0:8	076	มอเตอร์ไซด์	1	1000 บาท/ถึง	20	20	เห็นด้วย	
231	M	5.00-7.00	15.00-16.30	40:50	2:4	ส่งเอง	กระบะ	1	6500 บาท	13	20	เห็นด้วย	สลับกันส่งกับ 232,273
232	M	5.00-6.20	15.00-15.45	20:40:50	1:2:2	ส่งเอง	กระบะ	1	6500 บาท	13	20	เห็นด้วย	
233	XL	5.30-7.00	15.00-16.30	40:50	0:9	ส่งเอง	กระบะ	1	6000 บาท	12	20	ไม่เห็นด้วย	
234	XL	5.30-7.00	14.30-16.00	40:50	0:12	ส่งเอง	กระบะ	1	7000 บาท/เดือน	18	20	เห็นด้วย	สลับกันส่งกับ 234
235	L	5.00-7.00	16.00-17.00	40:50	3:12	251	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	15	20	เห็นด้วย	
236	L	5.00-7.00	16.00-17.00	40:50	0:10	136	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	10	15	เห็นด้วย	
237	L	5.00-7.30	15.00-16.30	40:50	1:1	176	กระบะ	1	800 บาท/ถึง	5	10	เห็นด้วย	
239	S	6.00-7.00	15.30-16.30	40:50	0:2	221	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	20	20	เห็นด้วย	
240	S	5.30-7.00	15.30-17.00	40:50	2:2	245	กระบะ	1	0.6 บาท/กก.	19	20	เห็นด้วย	
243	M	6.00-7.00	16.00-17.00	40:50	0:4	ส่งเอง	กระบะ	1	5000 บาท/เดือน	10	15	เห็นด้วย	
244	XS	6.00-7.00	16.00-17.00	40:50	2:0	ส่งเอง	มอเตอร์ไซด์	1	2000 บาท/เดือน	10	15	เห็นด้วย	
245	S	4.30-7.00	15.30-17.00	40:50	1:1	ส่งเอง	กระบะ	1	9000 บาท/เดือน	17	25	เห็นด้วย	

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ข้อมูลจากแบบสอบถามฟาร์มสมาชิก

เลขสมาชิก	ขนาด	เวลารีดนม		ชนิดลี้ยงนม	จำนวนลี้ยงนม	วิธีขนส่ง	พาหนะที่มี	จำนวนรด	ค่าขนส่งต่อเดือน	ระยะทาง (Km)	เวลา (min)	ความคิดเห็น	หมายเหตุ
		เช้า	บ่าย										
246	S	5.40-8.00	15.30-16.50	20:40:50	1:1:2	245	กระบะ	1	0.6 บาท/กก.	15	20	เห็นด้วย	
247	S	4.45-6.30	15.00-16.45	40:50	0:5	221	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	13	30	เห็นด้วย	
248	XS	6.00-7.00	16.00-17.00	40:50	0:1	ส่งเอง	มอเตอร์ไซด์	1	2000 บาท/เดือน	4	30	เห็นด้วย	
249	M	5.30-7.30	15.30-16.30	40:50	0:9	ส่งเอง	กระบะ	1	4000 บาท/เดือน	10	10	เห็นด้วย	
251	S	6.00-7.30	15.30-16.30	40:50	1:3	ส่งเอง	กระบะ	1	10,000 บาท/เดือน	15	20	เห็นด้วย	
252	S	6.00-7.00	15.30-16.00	20:40:50	1:1:2	245	กระบะ	1	0.6 บาท/กก.	15	20	เห็นด้วย	
256	S	6.30-8.30	15.00-16.30	40:50	1:2	ส่งเอง	กระบะ	1	3000 บาท/เดือน	5	20	เห็นด้วย	
257	S	6.00-7.00	15.30-16.00	40:50	4:2	262	กระบะ	1	เหมาก 2500 บาท	10	10	เห็นด้วย	
258	S	7.00-7.45	16.00-16.30	40:50	1:3	076	มอเตอร์ไซด์	1	1000 บาท/ถึง	20	20	เห็นด้วย	
259	S	6.00-7.00	15.30-16.30	40:50	1:3	286	กระบะ	1	0.75 บาท/กก.	28	20	เห็นด้วย	
260	S	5.00-6.30	15.00-16.30	40:50	1:2	286	กระบะ	1	0.75 บาท/กก.	28	20	เห็นด้วย	
261	S	6.00-7.00	15.30-16.30	40:50	2:2	156	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	10	20	เห็นด้วย	
262	XS	6.00-7.00	16.00-17.00	40:50	3:2	ส่งเอง	กระบะ	1	7000 บาท/เดือน	10	10	เห็นด้วย	
263	S	5.15-6.30	15.15-16.15	40:50	0:3	202	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	15	20	เห็นด้วย	
264	S	5.00-6.30	15.10-16.30	40:50	1:1	202	-	-	1000 บาท/ถึง	15	20	เห็นด้วย	
265	M	5.30-7.30	15.30-16.30	40:50	2:5	ส่งเอง	กระบะ	1	6000 บาท/เดือน	30	30	เห็นด้วย	
266	XS	6.30-7.30	16.00-17.00	40:50	1:3	26	กระบะ	1	เหมาก 1500 บาท	20	20	เห็นด้วย	
267	S	6.00-7.00	15.30-16.30	40:50	2:1	284	-	-	4000 บาท/เดือน	10	20	เห็นด้วย	
269	XS	6.30-7.30	16.00-17.00	20:40:50	1:2:0	ส่งเอง	มอเตอร์ไซด์พ่วง	1	2000 บาท/เดือน	20	20	เห็นด้วย	
270	S	5.00-7.30	14.30-17.00	40:50	1:2	156	มอเตอร์ไซด์พ่วง	1	1000 บาท/ถึง	15	30	เห็นด้วย	
271	S	5.00-6.00	15.00-16.00	40:50	0:4	202	กระบะ	1	1200 บาท/ถึง	15	20	ไม่เห็นด้วย	
272	XS	5.00-6.00	15.00-17.00	40:50	3:2	ส่งเอง	มอเตอร์ไซด์พ่วง	1	2000 บาท/เดือน	20	20	เห็นด้วย	
273	S	5.00-6.30	15.00-16.30	40:50	0:3	ส่งเอง	กระบะ	1	6500 บาท	13	20	ไม่เห็นด้วย	
274	S	6.00-7.00	15.30-16.30	40:50	2:0	200	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	30	30	เห็นด้วย	
276	XS	5.00-6.00	15.00-17.00	40:50	1:1	202	กระบะ	1	1000 บาท/ถึง	15	25	เห็นด้วย	

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ข้อมูลจากแบบสอบถามฟาร์มสมาชิก

เลขสมาชิก	ขนาด	เวลาเริ่มต้น		ชนิดพันธุ์	จำนวนเงินนม	วิธีขนส่ง	พาหนะที่มี	จำนวนรถ	ค่าขนส่งต่อเดือน	ระยะทาง (Km)	เวลา (min)	ความคิดเห็น	หมายเหตุ
		เช้า	บ่าย										
277	XS	5.00-6.00	15.00-17.00	40:50	2:1	ส่งเอง	กระบะ	1	3000 บาท/เดือน	30	30	เห็นด้วย	
278	L	5.00-7.00	16.00-17.00	40:50	6:9	ส่งเอง	กระบะ	1	7000 บาท/เดือน	18	20	เห็นด้วย	
279	M	5.30-7.30	15.30-17.30	40:50	0:8	200	กระบะ	1	1000 บาท/ถัง	30	30	เห็นด้วย	
280	S	5.30-7.00	15.00-17.00	40:50	1:1	202	กระบะ	1	1000 บาท/ถัง	14	20	เห็นด้วย	
281	S	4.30-6.00	15.00-16.30	40:50	2:0	ส่งเอง	กระบะ	1	7000 บาท/เดือน	17	20	เห็นด้วย	
282	S	6.00-7.00	15.30-16.30	40:50	1:3	202	กระบะ	1	1000 บาท/ถัง	15	20	เห็นด้วย	
283	S	5.00-6.00	15.00-16.00	40:50	0:2	202	กระบะ	1	1200 บาท/ถัง	15	20	ไม่เห็นด้วย	
284	XS	6.30-7.30	16.00-17.00	40:50	0:1	ส่งเอง	กระบะ	1	4000 บาท/เดือน	5	20	เห็นด้วย	ผลัดกันส่งกับ 107, 267
285	XS	6.30-7.30	16.00-17.00	40:50	2:1	ส่งเอง	กระบะ	1	8000	15	20	ไม่เห็นด้วย	
286	S	5.30-6.10	15.30-16.20	40:50	1:3	ส่งเอง	กระบะ	1	12,000 บาท/เดือน	27	35	เห็นด้วย	
287	XS	6.30-7.30	16.00-17.00	40:50	0:2	ส่งเอง	กระบะ	1	3000 บาท/เดือน	30	30	เห็นด้วย	
288	S	6.00-7.00	15.30-16.30	40:50	0:1	202	กระบะ	1	1000 บาท/ถัง	15	20	ไม่เห็นด้วย	
289	XS	6.00-6.15	16.00-16.15	40:50	0:1	202	กระบะ	1	1000 บาท/ถัง	15	20	เห็นด้วย	
290	XS	6.30-7.30	16.00-17.00	40:50	0:3	286	กระบะ	1	0.75 บาท/กก.	25	30	เห็นด้วย	
291	XS	5.00-6.00	15.00-16.00	40:50	0:2	202	กระบะ	1	1200 บาท/ถัง	15	20	เห็นด้วย	

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวณัฐกฤตา วิเชียรไพศาล เกิดเมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน 2531 ที่จังหวัดกาญจนบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา จังหวัดกรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2553 และได้เข้ารับการศึกษาคณะอักษรศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอักษรศาสตรสิ่งแวดล้อม คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

