



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการการจัดตารางการขนส่งนมเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงพักนม
และค่าขนส่งต่ำที่สุด: กรณีศึกษา อ.ส.ค. จังหวัดขอนแก่น
สัญญาเลขที่ RDG 4950035

โดย

ผศ.ดร.दनัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์

รศ.ดร.กาญจนา เสรฐนนท์

และ

นางสาวสุทธามาศ มนตรีบริรักษ์

30 กันยายน 2550

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

โครงการการจัดตารางการขนส่งนมเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกณ และค่าขนส่งต่ำที่สุด: กรณีศึกษา อ.ส.ค. จังหวัดขอนแก่น

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนมของโรงงานผลิตนมขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น โดยพิจารณาเฉพาะจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมายังโรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางการขนส่งนํ้านมดิบเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการล้างถึงพิกณที่โรงงานและค่าขนส่ง ซึ่งในปัจจุบัน โรงงานจะไปรับนํ้านมดิบจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบหลายศูนย์ ซึ่งกระจายตามพื้นที่ต่างๆ ซึ่งศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบจะมีปริมาณนํ้านมดิบที่แตกต่างกันออกไป โดยขึ้นอยู่กับจำนวนของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม จำนวนโคนม และอัตราการให้นมเฉลี่ยต่อตัว โดยปกติแล้วเกษตรกรจะส่งนํ้านมดิบให้แก่ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบทุกวัน โดยเกษตรกรจะต้องเป็นผู้ขนส่งมายังศูนย์ฯ เอง และส่วนใหญ่จะอยู่กระจัดกระจายและห่างจากศูนย์ฯ ในรัศมี 400 เมตร - 50 กิโลเมตร ในการขนส่งนํ้านมดิบนั้น รถที่เกษตรกรใช้โดยส่วนใหญ่คือ รถบรรทุก 6 ล้อ รถกระบะ ซึ่งอาจจะเป็นรถจ้างเหมาหรือรถของเกษตรกรเอง หากเกษตรกรรายใดอยู่ใกล้กับศูนย์รับนํ้านมดิบและมีปริมาณนมไม่มากนักก็จะใช้รถจักรยานยนต์หรือรถเข็น

ในการรับนํ้านมดิบจากเกษตรกรที่ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบ ศูนย์ฯ จะต้องเปิดอุปกรณ์ที่ต้องลดอุณหภูมิของนํ้านมดิบจากเกษตรกรให้ได้ 4°C ก่อนทำการขนส่งไปยังโรงงานเพื่อป้องกันการบูดเสีย จากข้อจำกัดนี้ ศูนย์ฯ จำเป็นต้องมีระบบการจัดการที่ยังเหมาะสม เช่น การจัดคิวให้เกษตรกรมาส่งนํ้านมดิบเพื่อให้ปริมาณของนํ้านมดิบมีความสม่ำเสมอ และใช้เวลาในการขนถ่ายนํ้านมดิบ (unload/load) ให้สั้นที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ทำความเย็นที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานโดยตรง ซึ่งในการขนส่งนํ้านมดิบจากศูนย์รวบรวมนมมายังโรงงานนั้น รถที่ใช้จะเป็นรถบรรทุกที่มีหลายขนาด ซึ่งรถบรรทุกโดยส่วนใหญ่จะมีช่องบรรจุนม 3 ช่องที่บรรจุได้โดยอิสระต่อกัน เนื่องจากนมเป็นสินค้าเกษตรที่เน่าเสียง่าย เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของนํ้านมดิบให้มีคุณภาพที่ดี ช่องรับนํ้านมดิบแต่ละช่องไม่ควรมีการผสมกันของนํ้านมดิบต่างศูนย์ฯ และต่างมือ และนํ้านมดิบที่รวบรวมได้จำเป็นต้องมีการรักษาอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิในถังบรรจุนํ้านมดิบของรถบรรทุกที่ปรับจากแต่ละศูนย์ฯ ไปจนถึงกระบวนการผลิต โดยปกติแล้ว รถบรรทุกแต่ละคันจะปรับนมจากหลายศูนย์เนื่องจากนํ้านมดิบจากบางศูนย์มีปริมาณไม่มากนัก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องยังต้องมีการจัดระบบการขนส่งรถบรรทุกนมที่ไปส่งยังโรงงานผลิตนมให้มีประสิทธิภาพ ต้องขนส่งรวดเร็ว และสามารถบรรทุกนมได้จำนวนมากตามปริมาตรการบรรจุของรถบรรทุกเพื่อให้ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยมีค่าต่ำที่สุด

เมื่อรถบรรทุกมาถึงโรงงานกระบวนการแรกของการผลิตนม คือการตรวจคุณภาพของนํ้านมดิบ ถ้านํ้านมดิบได้คุณภาพตามที่ต้องการก็นำนํ้านมดิบจากรถบรรทุกเข้าสู่ถึงพิกณโดยระบบท่อส่งจากนั้นนํ้านมดิบจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตทันที อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการผลิตนมจากกระบวนการนำนํ้านมดิบสู่ถึงพิกณของโรงงานคือ นํ้านมดิบจากรถบรรทุกที่รออยู่หรือมาถึงโรงงานพร้อมกันจะถูกนำเข้าสู่ถึงพิกณเพียงครั้งเดียวเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกณมลง หลังจากที่นํ้านมดิบจากถึงพิกณถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตแล้ว โรงงานจะต้องทำความสะอาดถึงพิกณทันทีเพื่อที่จะป้องกันการบูดเสียของนมของล็อต (Lots) ต่อไปที่จะต้องถูกพักไว้ที่ถึงพิก

จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้โรงงานผลิตนมของ อ.ส.ค. จังหวัดขอนแก่น มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง 2 ประเภทคือ (1) ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ซึ่งจะมีค่าที่สูงมากหากปริมาณน้ำนมดิบในถังบรรจุของรถบรรทุกมีน้อย เพราะทำให้มีจำนวนครั้งในการขนส่งมากขึ้น (2) ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมคือ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าสารเคมี และค่าแรงงาน ค่อนข้างสูง ซึ่งในปัจจุบันการขนส่งน้ำนมดิบของรถบรรทุกนมส่วนใหญ่จะบรรทุกนมได้ไม่เต็มคันรถ ประกอบกับการที่รถบรรทุกมีอัตราการมาถึงโรงงานไม่เป็นเวลาและมาไม่พร้อมกัน ทำให้ไม่สามารถบรรจุนมได้เต็มปริมาณของถังพักนม และทำให้ต้องใช้ถังพักนมที่บรรจุนมก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตจำนวนหลายถังต่อวัน ดังนั้นทางโรงงานจึงต้องมีการทำความสะอาดถังวันละหลายครั้งก่อนที่จะบรรจุนมเข้าไปใหม่ไม่เช่นนั้นจะทำให้หม้อต้มครั้งใหม่ที่บรรจุอยู่ในถังพักนมบูดได้เนื่องจากมีคราบน้ำมันติดอยู่ที่ก้นถัง

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนม โดยพิจารณาเฉพาะจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบมายังโรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางการขนส่งน้ำนมดิบเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่โรงงานและค่าขนส่ง โดยการให้รถบรรทุกขนส่งน้ำนมดิบมายังโรงงานให้มียอดการมาแบบเป็นเวลาและมาพร้อมกันหลายๆ คันในระยะเวลาที่สั้นๆ ทำให้น้ำนมดิบถูกส่งลงสู่ถังพักนมของโรงงานให้พร้อมกันเพียง เพื่อลดจำนวนการใช้ถังพักนมและค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมน้อยลงโดยกระบวนการผลิตนมต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ในการหาคำตอบของปัญหา คณะวิจัยได้เริ่มต้นที่การพัฒนา รูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution) ของปัญหา โดยวิธีการโปรแกรมเชิงจำนวนเต็มและไม่เป็นจำนวนเต็ม (Mixed Integer Programming: MIP) จำนวน 4 รูปแบบ คือ: **รูปแบบที่ 1:** กรณีที่ช่องบรรจุน้ำนมดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำนมดิบมากกว่า 1 ศูนย์และน้ำนมดิบต่างมือนอกกัน แต่ไม่เกิน 2 มือน และ**ไม่มีการพิจารณาเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำนมดิบเสร็จ** **รูปแบบที่ 2:** กรณีที่ช่องบรรจุน้ำนมดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำนมดิบมากกว่า 1 ศูนย์และน้ำนมดิบต่างมือนอกกันแต่ไม่เกิน 2 มือน รวมทั้ง**มีการกำหนดเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำนมดิบเสร็จ** **รูปแบบที่ 3:** กรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะ**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำนมดิบต่างศูนย์ แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำนมดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำนมดิบไม่เกิน 2 มือน และ**ไม่มีการพิจารณาเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำนมดิบเสร็จ** และ **รูปแบบที่ 4:** กรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุก**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำนมดิบต่างศูนย์ แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำนมดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำนมดิบไม่เกิน 2 มือน รวมทั้ง**มีการกำหนดเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำนมดิบเสร็จ**

จากผลการศึกษาพบว่า รูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาของโรงงานได้ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของปัญหานี้มีข้อจำกัดของการพิจารณาการกำหนดเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำนมดิบเสร็จ (Time Windows Constraints) การพิจารณาการ**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำนมดิบต่างศูนย์ของช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุก ตลอดจนการพิจารณาค่า parameters ที่เพิ่มขึ้น เช่น จำนวนรถมีหลายคันและหลายขนาด จำนวนศูนย์หรือปริมาณนมในแต่ละศูนย์เพิ่มมากขึ้น เป็นต้น ทำให้การหาผลเฉลยที่ดีที่สุดอาจใช้เวลาการคำนวณหาผลเฉลยนานมากหรืออาจเป็นไปได้ที่จะหาผลเฉลยที่ดีที่สุด ดังนั้น คณะวิจัยจึงได้นำเสนอวิธีการทางฮิวริสติกส์เพื่อหาคำตอบที่ยอมรับได้สำหรับปัญหากรณีดังกล่าวในปัจจุบัน โดยฮิวริสติกส์ที่ได้พัฒนาขึ้นมามี 2 รูปแบบ คือ “Heuristic 1” ซึ่งใช้ในกรณีที่มีการผสมของน้ำนมดิบในช่องรับนมเดียวกันบนรถบรรทุกไม่เกิน 2 ศูนย์และไม่เกิน 2 มือน (เข้าและเย็น) ส่วนฮิวริสติกที่ 2 คือ “Heuristic 2” ซึ่งใช้ในกรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุก**ไม่มีการผสม**

กันของน้ำนมดิบต่างศูนย์และต่างมือ เนื่องจากต้องคำนึงถึงคุณภาพของน้ำนมดิบที่นำส่งน้ำนมดิบมายังโรงงาน วิธีฮิวริสติกส์ทั้ง 2 วิธีจะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ระยะคือ ระยะที่ 1 การพัฒนาฮิวริสติกเพื่อให้ได้คำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) และระยะ ที่ 2 คือการพัฒนาคำตอบเริ่มแรกจากระยะที่ 1 โดยใช้วิธีทางเมตา-ฮิวริสติก (Meta - Heuristic) คือ วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search)

เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพของฮิวริสติกส์ที่ได้พัฒนาขึ้น จึงต้องทำการประสิทธิภาพก่อนนำไปใช้ โดยเปรียบเทียบกับ **ขีดจำกัดล่าง (lower bound)** โดยหลักการ (**Key Idea**) ในการหาค่าขีดจำกัดล่างที่ได้พัฒนาขึ้นได้พิจารณาทั้งระยะทางการขนส่งและจำนวนครั้งของการล้างถังพักน้ำนมดิบที่ต่ำที่สุด

นอกจากการประเมินการประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์แล้ว ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของฮิวริสติกส์ “Heuristic 1” และ “Heuristic 2” และทดสอบประสิทธิภาพของการจัดลำดับการขนส่งน้ำนมดิบของโรงงานกรณีศึกษาด้วยเช่นกัน ดังนั้นเพื่อให้การทดลองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ คณะวิจัยจึงได้ทำการทดลองโดยใช้ Factorial Design เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ทั้งสอง และหาประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของฮิวริสติกส์ “Heuristic 1” และ “Heuristic 2” จากค่าคำตอบเริ่มแรกคือ ฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 ตามลำดับ โดยในการทดสอบมีการพิจารณาปัจจัย 5 ปัจจัยดังนี้คือ (1) ระยะทางเฉลี่ยระหว่างศูนย์ (2) ขนาดรถ (3) จำนวนรถ (4) ปริมาณน้ำนมดิบเฉลี่ยของแต่ละศูนย์ และ (5) จำนวนศูนย์ จากนั้นได้ทำการสุ่มข้อมูลต่างๆ จากค่าที่กำหนดและนำมาใช้ในการทดลองโดยใช้ตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 160 ตัวอย่าง ในการวิเคราะห์ได้ใช้ซอฟต์แวร์ SAS for windows V8 หากพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์

จากผลการวิเคราะห์พบว่า:

1. ปัจจัยใดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของฮิวริสติก Initial_Heuristic1 คือ ขนาดความจุของรถบรรทุก และจำนวนรถบรรทุก ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อฮิวริสติก Initial_Heuristic2 คือ ขนาดความจุของรถบรรทุก จำนวนรถบรรทุก และระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับน้ำนมดิบ
2. ปัจจัยใดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของฮิวริสติก Heuristic1 คือ ปริมาณน้ำนมดิบที่ศูนย์รับน้ำนมดิบ ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อฮิวริสติก Heuristic2 คือ ปริมาณน้ำนมดิบที่ศูนย์รับน้ำนมดิบ ระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับน้ำนมดิบ และจำนวนศูนย์รับน้ำนมดิบ

ในการหาค่าประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ คณะวิจัยได้ code ฮิวริสติกส์ทั้งสี่ (Initial_Heuristic1, Initial_Heuristic2, Heuristic1, และ Heuristic 2) ด้วยภาษา JAVA และ run บนเครื่อง PC 1.7 GHz 512 Megabyte Ram และได้ทำการประเมินค่า 2 ลักษณะคือ (1) คุณภาพของฮิวริสติกส์ และ (2) เวลาที่ใช้ในการคำนวณ (CPU Time) จากทดลองพบว่า หากพิจารณาแต่ละการทดลอง (individual test runs) แล้ว ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic1 และ Initial_Heuristic2 อยู่ระหว่าง 49.8-94.1% และ 44.7-81.9% ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ย 74.1% และ 71.5% ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 จะมีค่าสูงกว่าฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 เล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 51.8-94.1% และ 46.1-85.1% และมีค่าโดยเฉลี่ย 76.2 และ 73.2% ตามลำดับ

หากพิจารณาเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1, และ Heuristic 2 พบว่ามีค่าน้อยมากโดยมีค่าน้อยกว่า 40 วินาที ซึ่งเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะไม่เพิ่มขึ้นตามขนาดของปัญหา ทั้งที่รวมเวลาที่ใช้ในการคำนวณ เวลาที่ใช้ในการเลื่อนเวลาของรถ และเวลาที่ใช้ในการแสดงผล อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาเฉพาะเวลาที่ใช้ในการคำนวณโดยยังไม่มีเวลาในการเลื่อนเวลาของรถ กรณีที่รถมาถึงพร้อมกันพบว่าทุกฮิวริสติกส์ใช้เวลาไม่ถึง 15 วินาที นั้นหมายความว่าฮิวริสติกส์ทั้ง 4 รูปแบบนั้นมีประสิทธิภาพที่สูงมาก

ส่วนผลการหาประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 พบว่า หากพิจารณาแต่ละการทดลอง (individual test runs) แล้ว Heuristic 1 จะให้คำตอบที่ดีกว่า Initial_Heuristic 1 ระหว่าง 0.0-7.6 % และ Heuristic 2 จะให้คำตอบที่ดีกว่า Initial_Heuristic 2 ระหว่าง 0.0-9.2% ในการประเมินค่าปรับปรุงของคำตอบ (RI) ที่ได้จาก Heuristic 1 และ Heuristic 2 นั้น จะประเมินโดยวิธีทางสถิติซึ่งใช้ Factorial design โดยมีการพิจารณาปัจจัยทั้ง 5 อย่างดังที่กล่าวมาแล้วนั้น จากการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยใดที่มีผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของ Initial_Heuristic1 คือ ปริมาณน้ำมันดิบที่ศูนย์รับน้ำมันดิบ ส่วนปัจจัยใดที่มีผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของ Initial_Heuristic 2 คือ ระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับน้ำมันดิบ ปริมาณน้ำมันดิบที่ศูนย์รับน้ำมันดิบ และจำนวนศูนย์รับน้ำมันดิบ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของ Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Initial_Heuristic1 และ Initial_Heuristic 2 สามารถสรุปได้ว่า สถานประกอบการสามารถเลือกใช้ Initial_Heuristic 1 Initial_Heuristic 2 ก็ได้ เนื่องจากฮิวริสติกส์ทั้งสองนี้ก็สามารถให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีและใกล้เคียงกับ Heuristic 1 และ Heuristic 2 หากสถานประกอบการเลือกใช้ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 ก็จะทำให้เกิดความสะดวกโดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของทาบูลีเซิร์ช นอกจากนี้ระบบฮาร์ดแวร์ที่จะมารองรับกับโปรแกรมก็ไม่จำเป็นต้องมีประสิทธิภาพที่สูงมาก

นอกจากนี้ คณะวิจัยได้เสนอกกลยุทธ์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound Logistics) ของอุตสาหกรรมนม โดยได้แบ่งกลยุทธ์เป็น 4 ด้านคือ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านการขนส่ง ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง และด้านการจัดการข้อมูลและติดต่อสื่อสาร ในด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ทั้งศูนย์ฯ และโรงงานจำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกให้มีความเพียงพอกับการดำเนินการ มิฉะนั้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการดำเนินการเป็นไปด้วยความล่าช้าและส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงมากขึ้น และที่สำคัญคืออาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำมันดิบได้ นอกจากนี้ สำหรับรถที่ใช้ในการบรรทุกน้ำมันดิบนั้นจะต้องมีระบบการดูแลรักษาที่มีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะทำให้รถบรรทุกมีสภาพที่เหมาะสมในการใช้งาน

ในด้านการขนส่ง นั้น สามารถแบ่งการขนส่งนมในช่วงโลจิสติกส์ขาเข้าเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกเป็นการขนส่งนมของเกษตรกรจากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมน้ำมันดิบ และการขนส่งนมจากศูนย์รวบรวมน้ำมันดิบมายังโรงงาน โดยในการขนส่งระยะแรก เกษตรกรจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ส่วนการขนส่งในระยะที่ 2 โรงงานจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เพื่อให้การขนส่งนมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การขนส่งในระยะที่ 1 นั้น เพื่อให้เกิดความรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (economy of scale and economy of distance) เกษตรกรรายย่อยควรมีการรวมกลุ่มในการขนส่ง โดยอาจจะให้เกษตรกรรายใหญ่ที่มีศักยภาพหรือมีความพร้อมเกี่ยวกับรถบรรทุกในการขนส่งเป็นผู้จัดการรวบรวมปริมาณน้ำมันของเกษตรกรรายย่อยที่อยู่ในเส้นทางหรือบริเวณใกล้เคียง และในการขนส่งน้ำมันดิบของเกษตรกรนั้น ศูนย์รับน้ำมันดิบควรมีการกำหนดเวลาช่วงเวลา (Time slots) ให้กับเกษตรกรมาส่งน้ำมันดิบที่ศูนย์ฯ ในแต่ละมือ ทั้งในตอนเช้าและตอนเย็น และควรแบ่งเป็นหลายช่วง เพื่อใช้ในการกำหนดให้เกษตรกรแต่ละรายเข้าเป็นช่วงเพื่อทำให้การบริหารจัดการเวลาที่เกษตรกรมาส่งน้ำมันดิบยังศูนย์รวบรวมน้ำมันดิบมีความยืดหยุ่น

และต่อเนื่อง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้กระบวนการรับนมที่ศูนย์ฯ เป็นไปอย่างรวดเร็วและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอุปกรณ์รับนม และที่สำคัญคือทำให้การขนส่งน้ำนมดิบมายังโรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และกระบวนการผลิตนมก็เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ส่วนการขนส่งในระยะที่ 2 ซึ่งเป็นการขนส่งจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบมายังโรงงาน ในการขนส่งนมจากศูนย์ฯ มายังโรงงานนั้น จำเป็นต้องมีการใช้ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับระบบของการขนส่งน้ำนมดิบของโรงงานในปัจจุบัน ดังนั้นคณะวิจัยจึงได้พัฒนาระบบซอฟต์แวร์ดังกล่าวขึ้น โดยมีเป้าหมายในการเลือกเส้นทางและปริมาณการรับน้ำนมดิบจากศูนย์ฯ ต่างๆ มายังโรงงานโดยพิจารณาเวลาออกและเวลากลับมายังโรงงาน (Time window constraints) ของรถบรรทุกที่ทำให้กระบวนการผลิตนมเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และทำให้ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมและค่าใช้จ่ายในการขนส่งมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นจะช่วยให้การตัดสินใจในการวางแผนการขนส่งน้ำนมดิบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เพราะสามารถปรับให้ทันต่อความไม่แน่นอนในสถานการณ์ต่างๆ ดังที่กล่าวได้ในเวลาที่รวดเร็ว ดังนั้นกลยุทธ์การบริหารจัดการด้านการขนส่งน้ำนมดิบจากศูนย์ฯ มายังโรงงาน รถบรรทุกแต่ละคันจะต้องมาถึงโรงงานไม่เกินเวลาที่กำหนดเพื่อให้ทันเวลาการผลิตของโรงงาน โดยการกำหนดเวลามาถึงโรงงานจำเป็นต้องพิจารณาเวลาครบรอบของการผลิต (Cycle time) เป็นสำคัญ นอกจากนี้ รถบรรทุกที่ปรับน้ำนมดิบ 2 รอบต้องได้รับการขนถ่ายน้ำนมดิบในรอบที่ 1 ลงสู่ถังพักนมที่โรงงานก่อนรถบรรทุกคันที่ปรับน้ำนมดิบเพียงรอบเดียว และรถบรรทุกแต่ละคันจะไปรับน้ำนมดิบจากศูนย์ที่อยู่อีกไกลที่สุดก่อน เพื่อจะช่วยทำให้ประหยัดน้ำมันมากขึ้น

ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง ซึ่งสามารถทำได้โดยการจัดปริมาณนมที่เหมาะสมกับแต่ละรอบของการรับนม (หากศูนย์ฯ นั้นมีปริมาณน้ำนมมากและจำเป็นต้องรับน้ำนมดิบมากกว่า 1 รอบ) และควรมีการกะปริมาณน้ำนมดิบที่เหมาะสมกับขนาดของรถบรรทุกที่จะต้องเก็บไว้เพื่อรอให้รถมารับได้ทันทีในตอนเช้าในวันถัดไป ซึ่งการจัดเก็บปริมาณน้ำนมดิบให้เป็นสินค้าคงคลังดังกล่าว จะช่วยลดเวลาการรอคอยในการรับน้ำนมดิบของรถบรรทุกและทำให้การใช้รถบรรทุกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากรถบรรทุกมีเวลาเพียงพอที่สามารถนำไปใช้ในการรับน้ำนมดิบในรอบที่ 2 ได้ ส่วนตัวขับเคลื่อนด้านโลจิสติกส์ตัวสุดท้ายคือ **ด้านการจัดการข้อมูลและการติดต่อสื่อสาร** ศูนย์ควรมีการติดต่อสื่อสาร กับเกษตรกรรายใหญ่ เพื่อทราบปริมาณและเวลาการขนส่งน้ำนมดิบ และส่งข้อมูลให้กับโรงงานเพื่อให้โรงงานจะได้จัดตารางการรับน้ำนมดิบได้อย่างเหมาะสม โดยการติดต่อประสานงานระหว่างศูนย์ฯ กับเกษตรกรรายใหญ่นั้นควรหาแนวทางให้เกษตรกรรายใหญ่มาส่งน้ำนมดิบในช่วง time slot แรกๆ เพื่อลดเวลาในขั้นตอนการรับน้ำนมดิบลง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้การรับน้ำนมดิบของรถบรรทุกไปยังโรงงานมีปริมาณที่เพียงพอต่อระบบการผลิตและสามารถไปถึงโรงงานได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ควรมีการนำเทคนิคการพยากรณ์ปริมาณน้ำนมดิบในแต่ละฤดูกาล เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการน้ำนมดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งคณะวิจัยได้มีการอบรมสัมมนาการพยากรณ์โดยเทคนิคต่างๆ พร้อมกับการใช้ software การพยากรณ์ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการน้ำนมดิบได้ในแต่ละฤดูกาลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้จัดลำดับการขนส่งน้ำนมดิบของรถบรรทุกและระบบบริหารจัดการโลจิสติกส์เข้าของอุตสาหกรรมนมที่มีประสิทธิภาพสูงมาก หากผู้ประกอบการ นักวางแผน หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้นำไปใช้เป็นเครื่องมือจัดตารางการขนส่งเพื่อให้สามารถปรับให้ทันต่อเหตุการณ์ ความไม่แน่นอนต่างๆ จะทำให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถได้ผลเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการดำเนินการทางธุรกิจได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว และทำให้เกิดประโยชน์ทางธุรกิจมากขึ้น

บทคัดย่อ

โครงการการจัดตารางการขนส่งนมเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมและค่าขนส่งต่ำที่สุด: กรณีศึกษา อ.ส.ค. จังหวัดขอนแก่น

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนมของโรงงานผลิตนมขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น โดยพิจารณาเฉพาะจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมายังโรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางการขนส่งนํ้านมดิบเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่โรงงานและค่าขนส่งให้ต่ำที่สุด

ปัจจุบัน โรงงานผลิตนมของ อ.ส.ค. จังหวัดขอนแก่น มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง 2 ประเภทคือ (1) ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ซึ่งจะมีค่าที่สูงมากหากปริมาณนํ้านมดิบในถังบรรจุของรถบรรทุกมีน้อย เพราะทำให้มีจำนวนครั้งในการขนส่งมากขึ้น (2) ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมคือ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าสารเคมี และค่าแรงงาน ค่อนข้างสูง ซึ่งในปัจจุบันการขนส่งนํ้านมดิบของรถบรรทุกนมส่วนใหญ่จะบรรทุกนมได้ไม่เต็มคันรถ ประกอบกับการที่รถบรรทุกมีอัตราการมาถึงโรงงานไม่เป็นเวลาและมาไม่พร้อมกัน ทำให้ไม่สามารถบรรจุนมได้เต็มปริมาณของถังพักนม และทำให้ต้องใช้ถังพักนมที่บรรจุนมก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตจำนวนหลายถังต่อวัน ดังนั้นทางโรงงานจึงต้องมีการทำความสะอาดถังวันละหลายครั้งก่อนที่จะบรรจุนมเข้าไปใหม่ไม่เช่นนั้นจะทำให้นมครั้งใหม่ที่บรรจุอยู่ในถังพักนมบูดได้เนื่องจากมีคราบนมติดอยู่ที่ก้นถัง

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนม โดยพิจารณาเฉพาะจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมายังโรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางการขนส่งนํ้านมดิบเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่โรงงานและค่าขนส่ง โดยการให้รถบรรทุกขนส่งนํ้านมดิบมายังโรงงานให้มีอัตราการมาเป็นแบบเป็นเวลาและมาพร้อมกันหลายๆ คันในระยะเวลาที่สั้นๆ ทำให้นํ้านมดิบถูกส่งลงสู่ถังพักนมของโรงงานให้พร้อมกันเพียง ในการหาคำตอบของปัญหา คณะวิจัยได้เริ่มต้นที่การพัฒนาแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution) ของปัญหา โดยวิธีการโปรแกรมเชิงจำนวนเต็มและไม่เป็นจำนวนเต็ม (Mixed Integer Programming: MIP) จำนวน 4 รูปแบบ โดยพิจารณาทั้งกรณีที่ช่องบรรจุนํ้านมดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีและไม่มีนมผสมนํ้านมดิบ และมีไม่มีพิจารณาเวลา Time Windows Constraints

จากผลการศึกษาพบว่า รูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาของโรงงานได้ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของปัญหามีข้อจำกัดของการพิจารณาการกำหนดเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับนํ้านมดิบเสร็จ (Time Windows Constraints) การพิจารณาการไม่มีนมผสมกันของนํ้านมดิบต่างศูนย์ของช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุก ตลอดจนการพิจารณาค่า parameters ที่เพิ่มขึ้นทำให้การหาผลเฉลยที่ดีที่สุดอาจใช้เวลาการคำนวณหาผลเฉลยนานมากหรืออาจเป็นไปได้ที่จะหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (Intractable) ดังนั้น คณะวิจัยจึงได้นำเสนอวิธีการทางฮิวริสติกส์เพื่อหาคำตอบที่ยอมรับได้สำหรับปัญหากรณีดังกล่าวในปัจจุบัน โดยฮิวริสติกส์ที่ได้พัฒนาขึ้นมามี 2 รูปแบบ คือ “Heuristic 1” ซึ่งใช้ในกรณีที่มีการผสมของนํ้านมดิบในช่องรับนมเดียวกันบนรถบรรทุกไม่เกิน 2 ศูนย์และไม่เกิน 2 มือ (เข้าและเย็น) ส่วนฮิวริสติกที่ 2 คือ “Heuristic 2” วิธีฮิวริสติกส์ทั้ง 2 วิธีจะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ระยะคือ ระยะที่ 1 การพัฒนาฮิวริสติกเพื่อให้ได้คำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) และระยะ ที่ 2 คือการพัฒนาคำตอบเริ่มแรกจากระยะที่ 1 โดยใช้วิธีทางเมตา-ฮิวริสติก (Meta - Heuristic) คือ วิธีทาบูลูเสิร์ช (Tabu Search)

เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพของฮิวริสติกส์ที่ได้พัฒนาขึ้น จึงต้องทำการประสิทธิภาพก่อนนำไปใช้ โดยเปรียบเทียบกับ **ขีดจำกัดล่าง (lower bound)** เพื่อให้การทดลองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้ผลการวิเคราะห์น่าเชื่อถือ คณะวิจัยจึงได้ทำการทดลองโดยใช้ Factorial Design เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ทั้งสอง และหาประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 โดยในการทดสอบมีการพิจารณาปัจจัย 5 ปัจจัยดังนี้คือ (1) ระยะทางเฉลี่ยระหว่างศูนย์ (2) ขนาดรถ (3) จำนวนรถ (4) ปริมาณน้ำมันดิบเฉลี่ยของแต่ละศูนย์ และ (5) จำนวนศูนย์ จากนั้นได้ทำการสุ่มข้อมูลต่างๆ จากค่าที่กำหนดและนำมาใช้ในการทดลองโดยใช้ตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 160 ตัวอย่าง ในการวิเคราะห์ได้ใช้ซอฟต์แวร์ SAS for windows V8 หากพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์จากผลการวิเคราะห์พบว่า:

1. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของฮิวริสติก Initial_Heuristic1 คือ ขนาดความจุของรถบรรทุกและจำนวนรถบรรทุก ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อฮิวริสติก Initial_Heuristic2 คือ ขนาดความจุของรถบรรทุกจำนวนรถบรรทุก และระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับน้ำมันดิบ
2. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของฮิวริสติก Heuristic1 คือ ปริมาณน้ำมันดิบที่ศูนย์รับน้ำมันดิบ ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อฮิวริสติก Heuristic2 คือ ปริมาณน้ำมันดิบที่ศูนย์รับน้ำมันดิบ ระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับน้ำมันดิบ และจำนวนศูนย์รับน้ำมันดิบ

ในการหาค่าประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ คณะวิจัยได้ code ฮิวริสติกส์ทั้งสี่ (Initial_Heuristic1, Initial_Heuristic2, Heuristic1, และ Heuristic 2) ด้วยภาษา JAVA และ run บนเครื่อง PC 1.7 GHz 512 Megabyte Ram และได้ทำการประเมินค่า 2 ลักษณะคือ (1) คุณภาพของฮิวริสติกส์ และ (2) เวลาที่ใช้ในการคำนวณ (CPU Time) จากทดลองพบว่า หากพิจารณาแต่ละการทดลอง (individual test runs) แล้ว ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic1 และ Initial_Heuristic2 อยู่ระหว่าง 49.8-94.1% และ 44.7-81.9% ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ย 74.1% และ 71.5% ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 จะมีค่าสูงกว่าฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 เล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 51.8-94.1% และ 46.1-85.1% และมีค่าโดยเฉลี่ย 76.2 และ 73.2% ตามลำดับ

หากพิจารณาเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1, และ Heuristic 2 พบว่ามีค่าน้อยมากโดยมีค่าน้อยกว่า 40 วินาที ซึ่งเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะไม่เพิ่มขึ้นตามขนาดของปัญหา นั้นหมายความว่าฮิวริสติกส์ทั้ง 4 รูปแบบนั้นมีประสิทธิภาพที่สูงมาก ส่วนผลการหาประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 พบว่า หากพิจารณาแต่ละการทดลอง (individual test runs) แล้ว Heuristic 1 จะให้คำตอบที่ดีกว่า Initial_Heuristic 1 ระหว่าง 0.0-7.6 % และ Heuristic 2 จะให้คำตอบที่ดีกว่า Initial_Heuristic 2 ระหว่าง 0.0-9.2%

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของ Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Initial_Heuristic1 และ Initial_Heuristic 2 สามารถสรุปได้ว่า สถานประกอบการสามารถเลือกใช้ Initial_Heuristic 1 หรือ Initial_Heuristic 2 ก็ได้ เนื่องจากฮิวริสติกส์ทั้งสองนี้ก็สามารถให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีและใกล้เคียงกับ Heuristic 1 และ Heuristic 2 หากสถานประกอบการเลือกใช้ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 ก็จะทำให้เกิดความสะดวกโดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของทาบูเสิร์ช นอกจากนี้ระบบฮาร์ดแวร์ที่จะมารองรับกับโปรแกรมก็ไม่จำเป็นต้องมีมีประสิทธิภาพที่สูงมาก

นอกจากนี้ คณะวิจัยได้เสนอกลยุทธ์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound Logistics) ของอุตสาหกรรมนม โดยได้แบ่งกลยุทธ์เป็น 4 ด้านคือ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านการขนส่ง ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง และด้านการจัดการข้อมูลและติดต่อสื่อสาร ในด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility and Infrastructure) ทั้งศูนย์ฯ และโรงงานจำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกให้มีความเพียงพอต่อการดำเนินการ มิฉะนั้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการดำเนินการเป็นไปด้วยความล่าช้าและส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงมากขึ้น ในด้านการขนส่ง (Transportation) เพื่อให้เกิดความรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (economy of scale and economy of distance) เกษตรกรรายย่อยควรมีการรวมกลุ่มในการขนส่ง โดยอาจจะให้เกษตรกรรายใหญ่ที่มีศักยภาพหรือมีความพร้อมเกี่ยวกับรถบรรทุกในการขนส่งเป็นผู้จัดการรวบรวมปริมาณน้ำนมของเกษตรกรรายย่อยที่อยู่ในเส้นทางหรือบริเวณใกล้เคียง และในการขนส่งน้ำนมดิบของเกษตรกรนั้น ศูนย์รับน้ำนมดิบควรมีการกำหนดเวลาช่วงเวลา (Time slots) ให้กับเกษตรกรมาส่งน้ำนมดิบที่ศูนย์ฯ ในแต่ละมือ ทั้งในตอนเช้าและตอนเย็น และควรแบ่งเป็นหลายช่วง เพื่อใช้ในการกำหนดให้เกษตรกรแต่ละรายเข้าเป็นช่วงเพื่อทำให้การบริหารจัดการเวลาที่เกษตรกรมาส่งน้ำนมดิบยังศูนย์รวบรวม น้ำนมดิบมีความยืดหยุ่นและต่อเนื่อง ส่วนการขนส่งจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบมายังโรงงาน จำเป็นต้องมีการใช้ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับระบบของการขนส่งน้ำนมดิบของโรงงานในปัจจุบัน ดังนั้นคณะวิจัยจึงได้พัฒนาระบบซอฟต์แวร์ดังกล่าวขึ้น โดยมีเป้าหมายในการเลือกเส้นทางและปริมาณการรับน้ำนมดิบจากศูนย์ฯ ต่างๆ มายังโรงงานโดยพิจารณาเวลาออกและเวลากลับมายังโรงงาน (Time window constraints) ของรถบรรทุกที่ทำให้กระบวนการผลิตนมเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และทำให้ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมและค่าใช้จ่ายในการขนส่งมีค่าต่ำที่สุด ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง ซึ่งสามารถทำได้โดยการจัดการปริมาณนมที่เหมาะสมกับแต่ละรอบของการรับนม (หากศูนย์ฯ นั้นมีปริมาณน้ำนมมากและจำเป็นต้องรับน้ำนมดิบมากกว่า 1 รอบ) และควรมีการเก็บปริมาณน้ำนมดิบที่เหมาะสมกับขนาดของรถบรรทุกที่จะต้องเก็บไว้เพื่อรอให้รถมารับได้ทันทีในตอนเช้าในวันถัดไป ซึ่งการจัดเก็บปริมาณน้ำนมดิบให้เป็นสินค้าคงคลังดังกล่าว จะช่วยลดเวลาการรอคอยในการรับน้ำนมดิบของรถบรรทุกและทำให้การใช้รถบรรทุกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนตัวขับเคลื่อนด้านโลจิสติกส์ตัวสุดท้ายคือ ด้านการจัดการข้อมูลและการติดต่อสื่อสาร ศูนย์ควรมีการติดต่อสื่อสาร กับเกษตรกรรายใหญ่ เพื่อทราบปริมาณและเวลาการขนส่งน้ำนมดิบ และส่งข้อมูลให้กับโรงงานเพื่อที่โรงงานจะได้จัดตารางการรับน้ำนมดิบได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ควรมีการนำเทคนิคการพยากรณ์ปริมาณน้ำนมดิบในแต่ละฤดูกาล เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการน้ำนมดิบได้ในแต่ละฤดูกาลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้จัดลำดับการขนส่งน้ำนมดิบของรถบรรทุกและระบบบริหารจัดการโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมนมผลิตนมนี้มีประสิทธิภาพสูงมาก หากผู้ประกอบการ นักวางแผน หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้นำไปใช้เป็นเครื่องมือจัดตารางการขนส่งเพื่อให้สามารถปรับให้ทันต่อเหตุการณ์ ความไม่แน่นอนต่างๆ จะทำให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำผลเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการดำเนินการทางธุรกิจได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว และทำให้เกิดประโยชน์ทางธุรกิจมากขึ้น

Abstract

Scheduling of Raw Milk Transportation to Minimize Cleaning Costs of the Raw Milk Tanks Case Study: The Khon Kaen Production Plant of the Dairy Farming Promotion Organization of Thailand

This research considered the milk industry logistic system of the milk production factory of the Dairy Farming Promotion Organization of Thailand (D.P.O.), Khon Kaen Province by considering particularly from the raw milk distribution centers to the factory. The objectives of the study were to schedule the raw milk transportation in order to minimize cleaning costs of the raw milk tank and to reduce the costs of transportation.

At the present, there are 2 expenses of the milk production factory of the Dairy Farming Promotion Organization of Thailand (D.P.O.), Khon Kaen Province: 1) the costs of transportation which is very high if the amount of the raw milk is little as it is needed to transport several times. 2) The costs of the raw milk tanks cleaning like electricity bill, water supply bill, chemical expenses and wages which are high. Nowadays, the trucks used in transporting the raw milk are not full-loaded. Also, the arriving of transporting trucks is not consistent, so it cannot make the truck full-loaded and it is need to use a lot of tanks. Therefore, a lot of tanks are required to clean several times before loading the raw milk. If the tanks are not cleaned, they will make the raw milk spoiled.

For this reason, this research considered the milk industry logistic system by considering the raw milk distribution centers that deliver the raw milk to the factory. The purpose of the study was to schedule the raw milk transportation in order to minimize cleaning costs of the raw milk tank and to reduce the costs of transportation by managing a lot of trucks to arrive to the factory at the same time and in the short period in order to load the raw milk to the tanks at the same time. In order to find out the solution to these problems, the research team began with developing mathematical modeling to discover the optimal solution of the problems by using 4 types of Mixed Integer Programming: MIP by considering both the cavities of the raw milk containing on the trucks that contained mixed raw milk and did not mix raw milk and having Time Windows Constrains and did not have Time Windows Constrains.

The result of the study revealed that the 4 types of Mixed Integer Programming: MIP could not find out the optimal solution since there was a limitation of Time Windows Constrains to control the trucks in departing and arriving the factory. When there was no mixed raw milk from different distribution centers the cavities of the raw milk containing on the trucks and the parameter values that increased, this took a long time in discovering the solution or it could not be possible to find out the solution. Therefore, the research team proposed the Heuristic to discover the solution instead. There were 2 types of Heuristic which were Heuristic 1 and Heuristic 2. The Heuristic 1 was used when there was a mixture of raw milk in the same compartment on the trucks and this was done with not more than 2 distribution centers and not more than 2 periods of time (in the morning and in

the evening). Both Heuristics were separated into 2 phases. The first phase was Initial Solution and the second phase was the further improvement of the first phase by using a Meta- Heuristic approach which was a Tabu Search.

To ensure the quality of the improved Heuristic, testing the efficiency was conducted by comparing to lower bound. In addition, the Factorial Design was used to test the efficiency of both Heuristics and find out the efficiency of the further improvement of the Initial_Heuristic 1 and Initial_Heuristic 2. There were 5 factors considered in the efficiency test which were 1) the average distant among the distribution centers, 2) the size of the trucks, 3) the amount of the trucks, 4) the average amount the raw milk in each distribution center and 5) the amount of the distribution centers. After that, all data were random from the defined values and they were used in the experiment. There were 160 samples. The SAS for windows V8 was used to analyze the data. According to the factors affecting the efficiency of the Heuristic, it was found as presented below

1. The factors affecting the Initial_Heuristic 1 were the capacity of the trucks and the amount of the trucks while the factors affecting the Initial_Heuristic 2 were the capacity of the trucks, the amount of the trucks, and the distances between the factory and the raw milk distribution centers and the distances among the raw milk distribution centers.
2. The factors affecting the Heuristic 1 were the amount of the raw milk at the raw milk distribution centers, the distances between the factory and the distribution centers and the distances among the raw milk distribution centers and the amount of the raw milk distribution centers.

To verify the Heuristic efficiency, the research team coded all the 4 Heuristics (Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1 and Heuristic 2 by using JAVA and ran in on PC 1.7 GHz 512 Megabyte Ram and 1) the quality of Heuristic and 2) the CPU time were evaluated. After experimenting, it was found that if considering individual test runs, the Initial_Heuristic 1 and Initial_Heuristic 2 efficiency was 49.8-94.1% and 44.7-81.9% respectively and the averages were 71.1% and 71.5% respectively. Also, the efficiency of Heuristic 1 and Heuristic 2 was a little higher than those of Initial_Heuristic 1 and Initial_Heuristic 2 which was 51.8-94.1% and 46.1-85.1%; the averages were 76.2 and 73.2% respectively.

According to the time used to find out the answers of Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1 and Heuristic 2, it was used very little. It was under 40 seconds. The time did not increase by the degree of the problem. This indicated that all 4 Heuristics were high efficiency. For the results of the efficiency of Initial_Heuristic 1 and Initial_Heuristic 2 by using individual test runs, it was revealed that Heuristic 1 was better than Initial_Heuristic 1, 0.0-7.6% and Heuristic 2 was better than Initial_Heuristic 2, 0.0-9.2%.

From the efficiency test of Initial_Heuristic 1 and Initial_Heuristic 2, it can be concluded that the company can use whether Initial_Heuristic 1 or Initial_Heuristic 2 since both Initial_Heuristic 1 and Initial_Heuristic 2 had efficiency approximately to Heuristic 1 and Heuristic 2. If the users use Initial_Heuristic 1 and Initial_Heuristic 2, it will be convenient for them as they did not have to adjust

parameter values of the Tabu search. Moreover, the hardware used with program does not need to be high effective.

Additionally, the research team also proposed the strategies used in developing the system of Inbound Logistics management of the milk industry. The strategies were separated into 4 aspects which were facility and infrastructure, transportation, inventory management and information and communication management. For, the facility and infrastructure, both distribution center and the factory were required to provide enough facility and infrastructure, otherwise it would waste the time and this would affect the costs of energy used. Turning to transportation, in order to economize the expenses in transportation, minor agriculturists should cooperate with major agriculturists to transport the raw milk. The raw milk distribution centers should also set the time slots both in the morning and in the evening. The time slots should also be provided for several times in order to define the specific time for agriculturists and make the time flexible, and this would allow the process runs continuously. Since suitable software using for transporting was required for the raw milk transportation system, the research team developed the suitable software. The objective of selecting routes and the amounts of the raw milk from the distribution centers to the factories by considering the time window constraints of the trucks was to make the milk production process run continuously. Also, the costs of cleaning the milk tanks and transportation were low. For inventory management, it could be done by loading an appropriate amount of the raw milk in each round of transportation (if there was a lot of raw milk in the distribution centers). In addition, the amount of raw milk should be estimated to fit the size of the trucks which would take the milk in the next morning. The way to store the raw milk like this could reduce the time of the trucks that waited to transport the raw milk. The last strategy was information and communication management. The distribution centers should communicate with major agriculturists in order to obtain the amount of the raw milk and the transporting time information. The information was required to provide for the factory to schedule to take raw milk appropriately. Moreover, the techniques of predicting the amount of the raw milk in each season should be used in managing the raw milk in each season accurately.

Form the study, it can be concluded that the software developed to use in organizing the trucks used in the raw milk transportation and the inbound logistics system of milk production industry occupied high efficiency. If they are used by entrepreneurs, planners or related people to be the tools to organize transportation schedule, the entrepreneurs will have the ability to effectively control the transportation plan. Moreover, the entrepreneurs will run their businesses fast and accurately and this will bring more benefit to their businesses.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1-1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-5
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1-5
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1-5
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1-6
1.6 การจัดทำรายงานผลการศึกษาฉบับสมบูรณ์ (Final Report)	1-6
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2-1
2.1 ปัญหาเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP)	2-1
2.1.1 เอ็กแซคต อัลกอริทึม (Exact Algorithm)	2-1
2.1.2 วิทยาการศึกษาค้นคว้า (Heuristics)	2-1
2.2 การค้นหาคำตอบโดยใช้ทาบู (Tabu Search: TS)	2-7
2.3 ระบบบริหารการจัดการเชิงโลจิสติกส์ (Logistics)	2-9
บทที่ 3 ข้อมูลเบื้องต้น	3-1
3.1 กระบวนการผลิตนม	3-1
3.1.1 กระบวนการผลิตนม UHT รสจืด	3-1
3.1.2 กระบวนการผลิตนม UHT รสหวาน	3-7
3.1.3 กระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ (ฟลูออไรด์)	3-9
3.2 การตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์	3-11
3.2.1 วิธีทดสอบชิม	3-11
3.2.2 วิธีการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์	3-12
3.3 การจัดการการขนส่งน้ำนมดิบของโรงงาน	3-12
3.3.1 ข้อมูลเบื้องต้น	3-12
3.3.2 การวางแผนการขนส่งน้ำนมดิบ	3-13
3.4 การล้างถังพักนมที่ศูนย์รับนมและโรงงาน	3-16
3.4.1 ศูนย์รับนมน้ำพอง	3-16
3.4.2 ศูนย์รับนมกระนวน	3-22
3.4.3 ศูนย์รับนมศรีธาตุ	3-25
3.4.4 ศูนย์รับนมทุ่งฝน	3-29
3.4.5 ศูนย์รับนมกุดจับ	3-31
3.4.6 โรงงาน	3-34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)	4-1
4.1 ลักษณะปัญหาที่พิจารณา	4-1
4.2 สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์	4-1
4.3 การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์รูปแบบที่ 1	4-3
4.4 การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์รูปแบบที่ 2	4-5
4.5 การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์รูปแบบที่ 3	4-5
4.6 การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์รูปแบบที่ 4	4-7
4.7 ตัวอย่างการหาคำตอบที่ดีที่สุดจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ	4-8
บทที่ 5 การพัฒนาวิทยาการศึกษาค้นคว้า	5-1
5.1 Heuristic 1	5-1
5.2 Heuristic 2	5-29
5.3 การใช้โปรแกรมเพื่อหาการจัดเส้นทางของการขนส่งของวิธีฮิวริสติก	5-39
บทที่ 6 การพัฒนาวิธีขีดจำกัดล่าง (Lower Bound)	6-1
6.1 วิธีขีดจำกัดล่าง (Lower Bound: LB)	6-2
6.2 การประเมินประสิทธิภาพของขีดจำกัดล่าง	6-8
6.3 การใช้โปรแกรมเพื่อหาค่าขีดจำกัดล่าง	6-8
บทที่ 7 ผลการทดลอง	7-1
7.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวางแผนรถบรรทุกในการไปรับน้ำมันดิบ วิธีปัจจุบันของโรงงานกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์	7-1
7.2 การหาประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์	7-4
7.3 การเปรียบเทียบคุณภาพคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 กับ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2	7-18
บทที่ 8 กลยุทธ์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์	8-1
8.1 กลยุทธ์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์ (Logistics)	8-1
8.1.1 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก	8-1
8.1.2 ด้านการขนส่ง	8-1
8.1.3 ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง	8-3
8.1.4 ด้านการจัดการข้อมูลและการติดต่อสื่อสาร	8-4
บทที่ 9 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	9-1
9.1 การสรุปผลการศึกษา (Research Summary)	9-1

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
9.2 สิ่งที่ได้จากการวิจัย (Contribution of the Research)	9-6
9.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย (Recommendation)	9-6

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผน และกิจกรรมที่ได้ดำเนินการ
ภาคผนวก ข	บทความสำหรับการเผยแพร่และการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์
ภาคผนวก ค	การเก็บข้อมูล
ภาคผนวก ง	Mixed Integer Programming Model
ภาคผนวก จ	ผลการวิเคราะห์โดยใช้ SPSS
ภาคผนวก ฉ	การวิเคราะห์ Factorial Design โดยใช้ SAS Software

เอกสารอ้างอิง

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 : แสดงนมพร้อมดื่ม ยู.เอช.ที.	1-1
รูปที่ 1.2 : แสดงนมพาสเจอร์ไรส์	1-1
รูปที่ 1.3 : แสดงรถบรรทุกมีช่องบรรจุน้ำนมดิบ 3 ช่อง	1-2
รูปที่ 1.4 : แสดงกระบวนการลำเลียงน้ำนมดิบจากรถบรรทุกเข้าสู่ท่อลงสู่ถังพักนม	1-3
รูปที่ 1.5 : แสดงถังพักน้ำนมดิบ	1-3
รูปที่ 1.6 : แสดงกระบวนการขนส่งจากศูนย์รับนมมายังโรงงานนมแล้วเข้าสู่กระบวนการผลิต	1-3
รูปที่ 1.7 : แสดงขอบเขตของงานวิจัย	1-4
รูปที่ 2.1 : แสดงวิธีคลาร์กแอนด์ไรท	2-5
รูปที่ 2.2 : แสดงการแยกเส้นทางการขนส่ง	2-5
รูปที่ 3.1 : แสดงรถบรรทุกน้ำนมดิบที่รอการตรวจคุณภาพ	3-3
รูปที่ 3.2 : แสดงการตรวจคุณภาพน้ำนมดิบก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต	3-3
รูปที่ 3.3 : แสดงถังพักน้ำนมดิบ	3-4
รูปที่ 3.4 : แสดงเครื่องฆ่าเชื้อเบื้องต้น (Thermizer)	3-4
รูปที่ 3.5 : แสดงถังนมที่ผ่านการ Thermizer	3-5
รูปที่ 3.6 : แสดงเครื่อง UHT	3-5
รูปที่ 3.7 : แสดงถังปลอดเชื้อ (Aseptic Tank)	3-6
รูปที่ 3.8 : แสดงเครื่องบรรจุลงกล่อง	3-6
รูปที่ 3.9 : แสดงเครื่องห่อฟิล์มพลาสติก (Shrink Wrapping)	3-7
รูปที่ 3.10 : แสดงบรรจุผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีลงลังกระดาษ	3-7
รูปที่ 3.11 : แสดงถังปรุงแต่งนม	3-9
รูปที่ 3.12 : แสดงเครื่องพาสเจอร์ไรส์	3-10
รูปที่ 3.13 : แสดงเครื่องบรรจุถุงนม	3-10
รูปที่ 3.14 : แสดงห้องเย็น	3-11
รูปที่ 3.15 : แสดงการตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยวิธีการชิม	3-11
รูปที่ 3.16 : แสดงการตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยวิธีการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์	3-12
รูปที่ 3.17 : แสดงรถยนต์ 6 ล้อที่เกษตรกรใช้ในการส่งน้ำนมดิบที่ศูนย์น้ำพอง	3-17
รูปที่ 3.18 : แสดงการบริการน้ำให้กับเกษตรกรในการล้างถังนม	3-22
รูปที่ 3.19 : แสดงการใช้รถมอเตอร์ไซด์ในการส่งน้ำนมดิบมายังศูนย์ฯ	3-26
รูปที่ 3.20 : แสดงกระบวนการผลิตนม UHT รสจืด	3-42
รูปที่ 3.21 : แสดงกระบวนการผลิตนม UHT รสหวาน	3-43
รูปที่ 3.22 : แสดงกระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ (ฟลูออไรด์)	3-44
รูปที่ 5.1 : แสดงผังการรับน้ำนมดิบของถังพักนมที่โรงงาน	5-3
รูปที่ 5.2 : แสดงขั้นตอนการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกของอิวิสติกวิธีที่ 1	5-3

รูปที่ 5.3 : แสดงขั้นตอนการทำงานของ Initial_Heuristic 1

5-6

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.4 : แสดงกรณี $1 < x < \text{final}$ ในการแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักต่างกัน	5-21
รูปที่ 5.5 : แสดงกรณี $x < y$ ในการแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักในเส้นทางเดียวกัน	5-21
รูปที่ 5.6 : แสดงกรณี $x > y$ ในการแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักในเส้นทางเดียวกัน	5-21
รูปที่ 5.7 : แสดงจุดที่จะนำไปแทรกอยู่ซ้ายสุด	5-22
รูปที่ 5.8 : แสดงจุดที่จะนำไปแทรกอยู่ขวาสุด	5-22
รูปที่ 5.9 : แสดงจุดที่จะนำไปแทรกอยู่ระหว่างกลาง	5-23
รูปที่ 5.10 : แสดงการแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักต่างกัน	5-23
รูปที่ 5.11 : แสดงทฤษฎีบทของการแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักต่างกัน	5-24
รูปที่ 5.12 : แสดงทฤษฎีบทของกรณี $x < y$ ในการแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักในเส้นทางเดียวกัน	5-24
รูปที่ 5.13 : แสดงทฤษฎีบทของกรณี $x > y$ ในการแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักในเส้นทางเดียวกัน	5-24
รูปที่ 5.14 : แสดงขั้นตอนการทำงานของวิธีทาสี	5-27
รูปที่ 5.15 : แสดงแฟ้มโปรแกรมการหาขีดจำกัดล่าง	5-39
รูปที่ 5.16 : แสดงไฟล์ที่ใช้ในการเรียกใช้โปรแกรม	5-40
รูปที่ 5.17 : แสดงไฟล์ที่ใช้ในการเรียกใช้โปรแกรม	5-40
รูปที่ 5.18 : แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้	5-40
รูปที่ 5.19 : แสดงส่วนประกอบของข้อมูล	5-41
รูปที่ 5.20 : แสดงการป้อนข้อมูลทั่วไป	5-41
รูปที่ 5.21 : แสดงการป้อนข้อมูลรถบรรทุก	5-42
รูปที่ 5.22 : แสดงการเพิ่มข้อมูลรถบรรทุก	5-42
รูปที่ 5.23 : แสดงการลบข้อมูลรถบรรทุก	5-43
รูปที่ 5.24 : แสดงการแก้ไขข้อมูลรถบรรทุก	5-43
รูปที่ 5.25 : แสดงการป้อนข้อมูลศูนย์รับนม	5-44
รูปที่ 5.26 : แสดงการเพิ่มข้อมูลศูนย์รับนม	5-44
รูปที่ 5.27 : แสดงการลบข้อมูลศูนย์รับนม	5-45
รูปที่ 5.28 : แสดงการแก้ไขข้อมูลศูนย์รับนม	5-45
รูปที่ 5.29 : แสดงการป้อนข้อมูลระยะทาง	5-46
รูปที่ 5.30 : แสดงการเพิ่มข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกจากโรงงานของรถบรรทุก	5-47
รูปที่ 5.31 : แสดงการลบข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกจากโรงงานของรถบรรทุก	5-47
รูปที่ 5.32 : แสดงการแก้ไขข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกจากโรงงานของรถบรรทุก	5-48
รูปที่ 5.33 : แสดงการคำนวณของวิธีต่างๆ	5-48

รูปที่ 5.34 : แสดงฮิวริสติกวิธีที่ 1

5-49

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.35 : แสดงไดอะล็อกบ็อกซ์ว่าต้องการที่จะเลื่อนเวลารถออกหรือเลือกศูนย์ถัดไปที่มี weight รองลงมา	5-50
รูปที่ 5.36 : แสดงไดอะล็อกบ็อกซ์ว่าต้องการที่จะทำการเลือกศูนย์แรกที่มี weight มากที่สุด	5-50
รูปที่ 5.37 : แสดงตารางเวลาการจัดเส้นทางของการขนส่งของวิธี Initial Solution	5-50
รูปที่ 5.38 : แสดงการป้อนเวลาที่ต้องการเปลี่ยนแปลงในการจัดตารางเวลา	5-51
รูปที่ 5.39 : แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยการใช้วิธี Initial Solution	5-51
รูปที่ 5.40 : แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยการใช้วิธี Initial Solution	5-52
รูปที่ 5.41 : แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยการใช้วิธี Initial Solution	5-52
รูปที่ 5.42 : แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยการใช้วิธี Initial Solution	5-52
รูปที่ 5.43 : แสดงการคำนวณเส้นทางของการขนส่งโดยการใช้วิธี Tabu Search	5-53
รูปที่ 5.44 : แสดงตารางเวลาการจัดเส้นทางของการขนส่งของวิธี Tabu Search โดยให้เปลี่ยนเวลาได้	5-54
รูปที่ 5.45 : แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยการใช้วิธี Tabu Search	5-54
รูปที่ 5.46 : แสดงตารางแสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยการใช้วิธี Tabu Search	5-55
รูปที่ 5.47 : แสดงฮิวริสติกวิธีที่ 2	5-55
รูปที่ 5.48 : แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบของฮิวริสติกวิธีที่ 2	5-56
รูปที่ 5.49 : แสดงการออกจากโปรแกรม	5-56
รูปที่ 5.50 : แสดงการยืนยันการออกจากโปรแกรม	5-57
รูปที่ 6.1 : แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง คำตอบที่ได้จาก Lower Bound, Mathematical Model, และ Heuristics	6-1
รูปที่ 6.2 : แสดงขั้นตอนในการหาคำตอบของวิธีหาค่าต่ำสุด	6-5
รูปที่ 6.3 : แสดงแฟ้มโปรแกรมการหาค่าต่ำสุด	6-9
รูปที่ 6.4 : แสดงไฟล์ที่ใช้ในการเรียกใช้โปรแกรม	6-10
รูปที่ 6.5 : แสดงไฟล์ที่ใช้ในการเรียกใช้โปรแกรม	6-10
รูปที่ 6.6 : แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้	6-11
รูปที่ 6.7 : แสดงส่วนประกอบของข้อมูล	6-11
รูปที่ 6.8 : แสดงการป้อนข้อมูลทั่วไป	6-12
รูปที่ 6.9 : แสดงการป้อนข้อมูลรถบรรทุก	6-12
รูปที่ 6.10 : แสดงการเพิ่มข้อมูลรถบรรทุก	6-13
รูปที่ 6.11 : แสดงการลบข้อมูลรถบรรทุก	6-13
รูปที่ 6.12 : แสดงการแก้ไขข้อมูลรถบรรทุก	6-14
รูปที่ 6.13 : แสดงการป้อนข้อมูลศูนย์รับนม	6-14
รูปที่ 6.14 : แสดงการเพิ่มข้อมูลศูนย์รับนม	6-15
รูปที่ 6.15 : แสดงการลบข้อมูลศูนย์รับนม	6-15

รูปที่ 6.16 : แสดงการแก้ไขข้อมูลศูนย์รับนม

6-16

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.17 : แสดงการป้อนข้อมูลระยะทาง

6-16

รูปที่ 6.18 : แสดงส่วนติดต่อกับผู้ใช้ในการคำนวณ

6-17

รูปที่ 6.19 : แสดงส่วนติดต่อกับผู้ใช้ในการคำนวณ

6-17

รูปที่ 6.20 : แสดงผลลัพธ์การคำนวณจาก Lower Bound

6-18

รูปที่ 8.1 : แสดงการขนส่งน้ำมันดิบของเกษตรกรที่ศูนย์รวบรวมน้ำมันดิบ

8-2

รูปที่ 8.2 : แสดงปริมาณการจัดเก็บน้ำมันดิบ

8-4

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 : แสดงวัตถุประสงค์และสมมติฐานของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2-11
ตารางที่ 3.1 : รายชื่อศูนย์รับนมที่ทำการศึกษา	3-1
ตารางที่ 3.2 : แสดงระยะทางจากศูนย์รับนม i ไปศูนย์รับนม j (กิโลเมตร): d_{ij}	3-13
ตารางที่ 3.3 : แสดงผลการจัดเส้นทางไปรับน้ำนมดิบของรถบรรทุกแต่ละคัน ปี 2549	3-14
ตารางที่ 3.4 : แสดงขั้นตอนการล้างแผ่นเพลทของศูนย์รับนมน้ำพอง	3-18
ตารางที่ 3.5 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบของศูนย์รับนมน้ำพอง	3-19
ตารางที่ 3.6 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบด้วยกรดของศูนย์รับนมน้ำพอง	3-19
ตารางที่ 3.7 : แสดงรายการเครื่องใช้ไฟฟ้า/มอเตอร์ในการล้างอุปกรณ์การรับซื้อนมดิบ ของศูนย์รับนมน้ำพอง	3-20
ตารางที่ 3.8 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของปั้มน้ำบาดาลของศูนย์รับนมน้ำพอง	3-21
ตารางที่ 3.9 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบของศูนย์รับนมน้ำพอง	3-21
ตารางที่ 3.10 : แสดงขั้นตอนการล้างแผ่นเพลทของศูนย์รับนมกระนวน	3-23
ตารางที่ 3.11 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบของศูนย์รับนมกระนวน	3-23
ตารางที่ 3.12 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบด้วยกรดของศูนย์รับนมกระนวน	3-24
ตารางที่ 3.13 : แสดงรายการเครื่องใช้ไฟฟ้า/มอเตอร์ในการล้างอุปกรณ์การรับซื้อนมดิบ ของศูนย์รับนมกระนวน	3-24
ตารางที่ 3.14 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของปั้มน้ำบาดาลของศูนย์รับนมกระนวน	3-25
ตารางที่ 3.15 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบของศูนย์รับนมกระนวน	3-25
ตารางที่ 3.16 : แสดงขั้นตอนการล้างแผ่นเพลทของศูนย์รับนมศรีธาตุ	3-27
ตารางที่ 3.17 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบศูนย์รับนมศรีธาตุ	3-27
ตารางที่ 3.18 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบด้วยกรดศูนย์รับนมศรีธาตุ	3-27
ตารางที่ 3.19 : แสดงรายการเครื่องใช้ไฟฟ้า/มอเตอร์ในการล้างอุปกรณ์การรับซื้อนมดิบ ของศูนย์รับนมศรีธาตุ	3-28
ตารางที่ 3.20 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของปั้มน้ำบาดาล	3-29
ตารางที่ 3.21 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ	3-29
ตารางที่ 3.22 : แสดงขั้นตอนการล้างอุปกรณ์ของศูนย์รับนมทุ่งฝน	3-30
ตารางที่ 3.23 : แสดงการคำนวณค่าน้ำประปาของศูนย์รับนมทุ่งฝน	3-30
ตารางที่ 3.24 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบของศูนย์รับนมทุ่งฝน	3-31
ตารางที่ 3.25 : แสดงขั้นตอนการล้างท่อและแผ่นเพลทแลกเปลี่ยนความร้อนของศูนย์รับนมกุดจับ	3-32
ตารางที่ 3.26 : แสดงขั้นตอนการล้างถังเก็บนมและระบบของศูนย์รับนมกุดจับ	3-32
ตารางที่ 3.27 : แสดงรายการเครื่องใช้ไฟฟ้า/มอเตอร์ในการล้างอุปกรณ์การรับซื้อนมดิบ ของศูนย์รับนมกุดจับ	3-33
ตารางที่ 3.28 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของปั้มน้ำบาดาลของศูนย์รับนมกุดจับ	3-33

ตารางที่ 3.29 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบของศูนย์รับนมกุดจับ	3-34
---	------

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.30 : แสดงการพยากรณ์ปริมาณน้ำนมดิบโดยใช้เทคนิคพยากรณ์แบบ Adaptive Exponential Smoothing	3-35
ตารางที่ 3.31 : แสดงขั้นตอนการล้างถังของรถส่งน้ำนมดิบด้วยต่างของโรงงาน อ.ส.ค	3-36
ตารางที่ 3.32 : แสดงขั้นตอนการล้างถังของรถส่งน้ำนมดิบด้วยกรดของโรงงาน อ.ส.ค	3-36
ตารางที่ 3.33 : แสดงขั้นตอนการล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยต่างของโรงงาน อ.ส.ค	3-37
ตารางที่ 3.34 : แสดงขั้นตอนการล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยกรดของโรงงาน อ.ส.ค	3-37
ตารางที่ 3.35 : แสดงขั้นตอนการล้างท่อและแผ่นเพลทแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำร้อนของโรงงาน อ.ส.ค	3-37
ตารางที่ 3.36 : แสดงขั้นตอนการล้างถังนมดิบด้วยต่างของโรงงาน อ.ส.ค	3-38
ตารางที่ 3.37 : แสดงขั้นตอนการล้างถังนมดิบด้วยกรดของโรงงาน อ.ส.ค	3-38
ตารางที่ 3.38 : แสดงขั้นตอนการล้างถังนมดิบด้วยน้ำร้อนของโรงงาน อ.ส.ค	3-38
ตารางที่ 3.39 : แสดงรายการเครื่องใช้ไฟฟ้า/มอเตอร์ในการล้างอุปกรณ์การรับซื้อนมดิบของโรงงาน อ.ส.ค	3-39
ตารางที่ 3.40 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของปั้มน้ำบาดาลของโรงงาน อ.ส.ค	3-40
ตารางที่ 3.41 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบของโรงงาน อ.ส.ค	3-40
ตารางที่ 3.42 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงของโรงงาน อ.ส.ค	3-41
ตารางที่ 3.43 : แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละศูนย์/โรงงาน (บาท/เดือน)	3-41
ตารางที่ 3.44 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในกรณีล้างปกติ	3-45
ตารางที่ 3.45 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในกรณีล้างด้วยกรด	3-46
ตารางที่ 3.46 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในกรณีล้างปกติ	3-47
ตารางที่ 3.47 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในกรณีล้างด้วยกรด	3-48
ตารางที่ 3.48 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในกรณีล้างปกติ	3-49
ตารางที่ 3.49 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในกรณีล้างด้วยกรด	3-50
ตารางที่ 3.50 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในล้างอุปกรณ์รับซื้อนมดิบ	3-51
ตารางที่ 3.51 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในล้างรถส่งนมด้วยต่าง	3-52
ตารางที่ 3.52 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในล้างรถส่งนมด้วยกรด	3-53
ตารางที่ 3.53 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยต่าง	3-54
ตารางที่ 3.54 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยกรด	5-55
ตารางที่ 3.55 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำร้อน	5-56
ตารางที่ 3.56 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในล้างถังรับนมดิบด้วยต่าง	5-57

ตารางที่ 3.57 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในล้างถึงรับนมดิบด้วยกรด	5-58
--	------

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.58 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในล้างถึงรับนมดิบด้วยน้ำร้อน	5-59
ตารางที่ 4.1 : แสดงตัวห้อย (Subscripts)	4-2
ตารางที่ 4.2 : แสดงตัวแปร (Parameters)	4-2
ตารางที่ 4.3 : แสดงตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)	4-3
ตารางที่ 4.4 : แสดงการเปรียบเทียบหาสมการเงื่อนไขและตัวแปรตัดสินใจได้ของสมการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ	4-7
ตารางที่ 4.5 : แสดงเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากศูนย์รับนม i ไปยังศูนย์รับนม j (ชั่วโมง) (t_{ij})	4-8
ตารางที่ 4.6 : แสดงระยะทางจากศูนย์รับนม i ไปศูนย์รับนม j (กิโลเมตร) (d_{ij})	4-9
ตารางที่ 4.7 : แสดงปริมาณน้ำนมดิบของศูนย์รับนม j กลุ่มที่ r (w_{jr})	4-9
ตารางที่ 4.8 : แสดงปริมาณน้ำนมดิบของศูนย์รับนม j กลุ่มที่ r (e_{jr})	4-9
ตารางที่ 4.9 : แสดงเวลาออกจากโรงงานของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (D_{kl})	4-9
ตารางที่ 4.10 : แสดงระยะห่างระหว่างเวลาออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (O_{kl})	4-10
ตารางที่ 4.11 : แสดงเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคัน ของรูปแบบที่ 1	4-10
ตารางที่ 4.12 : แสดงเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคัน ของรูปแบบที่ 2	4-11
ตารางที่ 4.13 : แสดงเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคันของรูปแบบที่ 3	4-11
ตารางที่ 4.14 : แสดงเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคันของรูปแบบที่ 4	4-12
ตารางที่ 4.15 : แสดงการสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบของตัวอย่างที่ 1	4-12
ตารางที่ 4.16 : แสดงผลลัพธ์ของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบของปี 2549	4-13
ตารางที่ 4.17 : แสดงคำตอบของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ	4-14
ตารางที่ 4.18 : แสดงคำตอบของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ (ต่อ)	4-15
ตารางที่ 5.1 : แสดงการกำหนดเวลาถึงโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคัน	5-2
ตารางที่ 5.2 : แสดงกระบวนการผลิตนม (นมพาสเจอร์ไรซ์) ที่กระบวนการผลิตที่เร็วที่สุด	5-2
ตารางที่ 5.3 : แสดงเวลาในการคิดจำนวนถึงพักนมของโรงงาน	5-2
ตารางที่ 5.4 : แสดงการกำหนดน้ำหนัก (Weight) ของระยะทางจากจุด i ไปจุด j (w_{dij})	5-7
ตารางที่ 5.5 : แสดงการกำหนดน้ำหนัก (Weight) ของปริมาณน้ำนมดิบจุด i (w_{ai})	5-7
ตารางที่ 5.6 : แสดงกระบวนการผลิตนม (นมพาสเจอร์ไรซ์) ที่กระบวนการผลิตเร็วที่สุด	5-8
ตารางที่ 5.7 : แสดงการกำหนดเวลาถึงโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคัน	5-9
ตารางที่ 5.8 : แสดงช่วงเวลาในการคิดจำนวนถึงพักนมของโรงงาน (ปริมาณนมสามารถรวมกันได้ไม่เกินความจุถึงพัก (20 ตัน) และถ้าเหลือให้คิดทบในถึงถัดไป)	5-9
ตารางที่ 5.9 : แสดงสัญลักษณ์ของตัวแปร	5-10
ตารางที่ 5.10 : แสดงเวลาที่ออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุก	5-11

[illegible]

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 5.35 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทางและปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน, น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)	5-34
ตารางที่ 5.36 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 5 รอบที่ 1	5-34
ตารางที่ 5.37 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง, ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน, น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)	5-35
ตารางที่ 5.38 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 6 รอบที่ 1	5-35
ตารางที่ 5.39 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง, ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน, น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)	5-36
ตารางที่ 5.40 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 1 รอบที่ 2	5-36
ตารางที่ 5.41 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกแต่ละคัน	5-37
ตารางที่ 5.42 : แสดงตารางเวลาไปรับน้ำมันดิบของรถบรรทุกแต่ละคัน	5-37
ตารางที่ 5.43 : แสดงตารางเวลาไปรับน้ำมันดิบของรถบรรทุกแต่ละคัน	5-38
ตารางที่ 6.1 : แสดงสัญลักษณ์ของตัวแปร	6-6
ตารางที่ 6.2 : แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์กับวิธีขีดจำกัดล่าง	6-8
ตารางที่ 7.1 : แสดงค่าใช้จ่ายทั้งหมดในปัจจุบันของโรงงานและรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของการ จัดเส้นทางการขนส่งน้ำมันดิบรูปแบบที่ 1	7-2
ตารางที่ 7.2 : แสดงประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ในการดำเนินงาน (P_F)	7-3
ตารางที่ 7.3: แสดงการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^5 ของปัจจัยต่างๆ ในการทดลองแต่ละระดับ	7-5
ตารางที่ 7.4: แสดงผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและเวลาที่ใช้จากการหาค่าขีดจำกัดล่าง Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1, และ Heuristic 2	7-6
ตารางที่ 7.5: แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ และเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์	7-12
ตารางที่ 7.6: แสดงผลการปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้จากฮิวริสติกส์เริ่มแรก Initial_Heuristic1 และ Initial_Heuristic 2	7-18
ตารางที่ 8.1: แสดงการกำหนดเวลาถึงโรงงานของรถบรรทุก	8-3
ตารางที่ ก.1 แสดงแผนและกิจกรรมที่ดำเนินการในปีที่ 1	ก-1
ตารางที่ ก.2 แสดงแผนและกิจกรรมที่ดำเนินการปีที่ 2	ก-2
ตารางที่ ก.3 แสดงตารางสรุปผลงานของโครงการ	ก-3
ตารางภาคผนวก ก.1 แสดงการเก็บข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ของรถบรรทุก	ภาคผนวก ก.1-12
ตารางภาคผนวก ก.2 แสดงการเก็บข้อมูลการขนส่งน้ำมันดิบ	ภาคผนวก ก.1-2
ตารางภาคผนวก ก.3 แสดงการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำมันดิบที่ขนส่งมาโรงงาน	ภาคผนวก ก.1-4
ตารางภาคผนวก ก.4 แสดงการเก็บข้อมูลตารางการล้างถังพักนมที่โรงงาน	ภาคผนวก ก.1-6

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในสภาวะอุตสาหกรรมปัจจุบันผู้บริโภคมีทางเลือกหลายทางในการเลือกซื้อสินค้าเนื่องจากมีผู้ผลิตสินค้าจำนวนมากในตลาดจึงมีการแข่งขันสูงในการแย่งชิงส่วนแบ่งทางการตลาด ซึ่งปัจจัยในการเลือกซื้อสินค้ามีอยู่หลายปัจจัย ได้แก่ คุณภาพและราคา ซึ่งคุณภาพจะแปรผันตามราคาสินค้าถ้าสินค้ามีคุณภาพสูงราคาสินค้าจะสูงตามไปด้วย การที่จะจูงใจให้ลูกค้าซื้อสินค้าโดยการลดต้นทุนการผลิตลงเพื่อให้สินค้าของตนได้เปรียบคู่แข่ง

ประเทศไทยมีการผลิตสินค้าประเภทนมเป็นจำนวนมาก ซึ่งสินค้าประเภทนมจะเน่าเสียง่ายจึงต้องมีการรักษาอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิในถังบรรจุนมของรถบรรทุกที่ไปรับนมจนถึงกระบวนการในการผลิต ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดการระบบการขนส่งรถบรรทุกนมที่ไปส่งยังโรงงานผลิตนมให้มีประสิทธิภาพ ต้องขนส่งรวดเร็ว ใช้เวลาน้อย และสามารถบรรทุกนมได้จำนวนมากตามปริมาณพื้นที่บรรจุนมเพื่อให้ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยมีค่าต่ำที่สุด

ในการวิจัยครั้งนี้ โรงงานกรณีศึกษาคือ โรงงานผลิตนมขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉิงเหนือ (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นผู้ผลิตนมพร้อมดื่ม ยู.เอช.ที., นมพาสเจอร์ไรส์ และนมเปรี้ยว ภายใต้ผลิตภัณฑ์ นมไทย-เดนมาร์ก โดยมีผลิตภัณฑ์หลักที่สำคัญ คือ

(1) นมพร้อมดื่ม ยู.เอช.ที. บรรจุกล่องซึ่งมี 2 ขนาดคือ 200 ซี.ซี. และ 250 ซี.ซี. ดังแสดงในรูปที่ 1.1

(2) นมพาสเจอร์ไรส์ บรรจุถุงขนาด 200 ซี.ซี. ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 : แสดงนมพร้อมดื่ม ยู.เอช.ที.



รูปที่ 1.2 : แสดงนมพาสเจอร์ไรส์

ปัจจุบันโรงงานผลิตนมขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉิงเหนือ (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น มีวัตถุดิบหลักคือ น้านมดิบ ซึ่งโรงงานจะรับน้านมดิบทุกวันจากศูนย์รับนม 5 แห่ง คือ (1) ศูนย์รับนมศรีธาตุ อ.ศรีธาตุ จังหวัดอุดรธานี (2) ศูนย์รับนมกุดจับ อ.กุดจับ จังหวัดอุดรธานี (3) ศูนย์รับนมทุ่งฝน อ.ทุ่งฝน จังหวัดอุดรธานี (4) ศูนย์รับนมน้ำพอง อ.น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น และ (5) ศูนย์รับนมกระนวน อ.กระนวน จังหวัดขอนแก่น

ในการรับน้านมดิบนั้น ศูนย์รับนมจะเป็นศูนย์กลางรับนมจากเกษตรกรที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ใกล้เคียงศูนย์รับนม โดยรถบรรทุกที่ใช้ในการรับ-ส่งนมจากศูนย์รับนมมายังโรงงานมี 2 ขนาดคือ (1) รถบรรทุกขนาด 11.2 ตัน จำนวน 6 คัน ในแต่ละคันมีช่องบรรจุนม 3 ช่อง (ดังแสดงในรูปที่ 1.3) และ (2) รถบรรทุกขนาด 7 ตัน จำนวน 1 คัน มีช่องบรรจุนม 1 ช่อง ซึ่งถังบรรจุนมของรถบรรทุกแต่ละคันจะเป็นสแตนเลสสตีล (stainless steel) จึงสามารถเก็บน้านมดิบได้ 24 ชั่วโมงโดยไม่เสีย โดยปกติแล้วรถบรรทุกแต่ละคันจะไปรับนมจากศูนย์รับนมหลาย

ศูนย์มายังโรงงาน อย่างไรก็ตามปริมาณนมที่ได้รับจากศูนย์ต่างๆ บางช่วงเวลาก็ไม่แน่นอน เนื่องจากน้ำนมดิบเป็นผลผลิตทางการเกษตร จึงทำให้เกษตรกรที่มาส่งนมมีปริมาณที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละวัน ประกอบกับระบบการจัดการที่ยังไม่เหมาะสม เช่น การจัดคิวให้เกษตรกรมาส่งน้ำนมดิบ เพื่อให้ปริมาณของน้ำนมดิบมีความสม่ำเสมอและใช้เวลาในการ unload/load น้ำนมดิบให้สั้นที่สุด เป็นต้น

ในปัจจุบันปริมาณน้ำนมดิบที่ขนส่งมายังโรงงานผลิตนมของ อ.ส.ค. จังหวัดขอนแก่นมีปริมาณนมโดยเฉลี่ย 60 ตัน/วัน เมื่อรถบรรทุกมาถึงโรงงานกระบวนการแรกของการผลิตนม คือการตรวจคุณภาพของน้ำนมดิบ ถ้าน้ำนมดิบได้คุณภาพตามที่ต้องการก็จะนำน้ำนมดิบจากรถบรรทุกเข้าสู่ถังพักนมโดยระบบท่อส่งจากนั้นน้ำนมดิบจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตทันที อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการผลิตนมจากกระบวนการนำน้ำนมดิบสู่ถังพักนมของโรงงานคือ น้ำนมดิบจากรถบรรทุกที่รออยู่หรือมาถึงโรงงานพร้อมกันจะถูกนำเข้าสู่ถังพักนมเพียงครั้งเดียวเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมลง (ดังแสดงในรูปที่ 1.4) โดยปริมาณนมที่ส่งลงสู่ถังพักนมจะต้องไม่เกินปริมาณบรรจุของถังพักนมซึ่งมีจำนวน 2 ถัง โดยแต่ละถังมีความจุ 20 ตัน (ดังแสดงในรูปที่ 1.5) จากนั้นน้ำนมดิบจะถูกส่งไปยังกระบวนการปรุงแต่งนม การพาสเจอร์ไรส์ และจากนั้นจะทำการบรรจุภัณฑ์ (ดังแสดงในรูปที่ 1.6) ซึ่งในปัจจุบันโรงงานมีถังปรุงแต่งนมจำนวน 3 ถังโดยแต่ละถังมีความจุ 10 ตัน, ถังพาสเจอร์ไรส์ จำนวน 2 ถังโดยแต่ละถังมีความจุ 20 ตัน, ถังเทอร์โมเซอร์ จำนวน 2 ถังโดยแต่ละถังมีความจุ 20 ตัน และถังแอสเซฟติก จำนวน 1 ถังโดยซึ่งมีความจุ 10 ตัน หลังจากที่น้ำนมดิบจากถังพักนมถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตแล้ว โรงงานจะต้องทำความสะอาดถังพักนมทันทีเพื่อที่จะป้องกันการบูดเสียของนมของล็อต (Lots) ต่อไปที่จะต้องถูกพักไว้ที่ถังพัก ในทำนองเดียวกันถังพาสเจอร์ไรส์, ถังเทอร์โมเซอร์ และถังแอสเซฟติกจะต้องทำการล้างเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตเช่นกัน



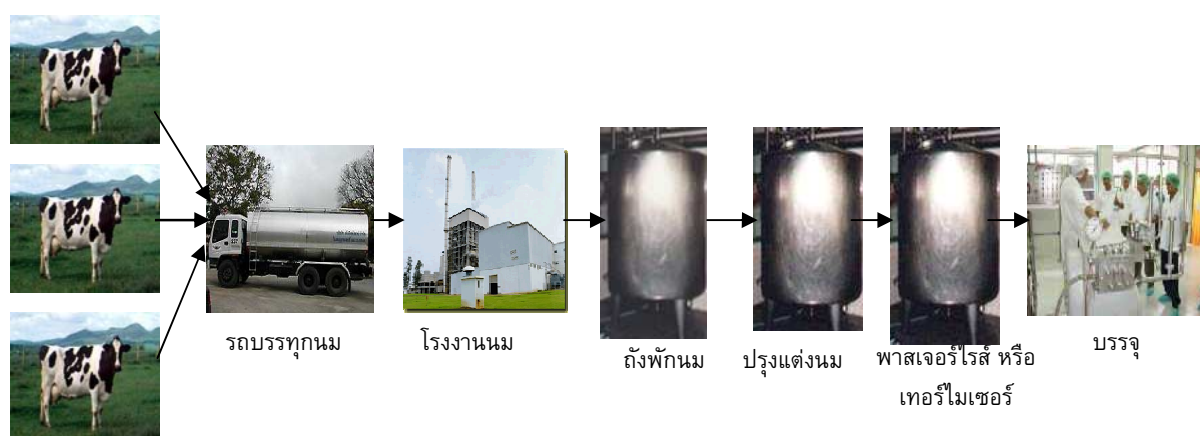
รูปที่ 1.3 : แสดงรถบรรทุกมีช่องบรรจุน้ำนมดิบ 3 ช่อง



รูปที่ 1.4 : แสดงกระบวนการลำเลียงนํ้านมดิบจากรถบรรทุกเข้าสู่ท่อลงสู่ถังพักนม



รูปที่ 1.5 : แสดงถังพักนํ้านมดิบ



รูปที่ 1.6 : แสดงกระบวนการขนส่งจากศูนย์รับนมมายังโรงงานนมแล้วเข้าสู่กระบวนการผลิต

จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้โรงงานผลิตนมขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง 2 ประเภทคือ (1) ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ซึ่งจะมีค่าที่สูงมากหากปริมาณน้ำนมดิบในถังบรรจุของรถบรรทุกมีน้อย เพราะทำให้มีจำนวนครั้งในการขนส่งมากขึ้น (2) ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถังพักนม ซึ่งในปัจจุบันการขนส่งน้ำนมดิบของรถบรรทุกนมส่วนใหญ่จะบรรทุกนมได้ไม่เต็มคันรถ ประกอบกับการที่รถบรรทุกมีอัตราการมาถึงโรงงาน เป็นแบบไม่เป็นเวลาและมาไม่พร้อมกัน ทำให้ไม่สามารถบรรจุนมได้เต็มถังพักนม ซึ่งก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถังพักนม คือ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าสารเคมี และค่าแรงงาน ค่อนข้างสูง เนื่องจากทำให้ต้องใช้ถังพักนมที่บรรจุนมก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตจำนวนหลายถังต่อวันโดยในปัจจุบันจะใช้จำนวนถังพักนมอย่างต่ำ 6 ถัง/วัน แต่ทางโรงงานผลิตนมแห่งนี้มีจำนวนถังพักนม 2 ถัง ดังนั้นทางโรงงานจึงต้องมีการทำความสะอาดถังวันละหลายครั้งก่อนที่จะบรรจุนมเข้าไปใหม่ไม่เช่นนั้นจะทำให้นมครั้งใหม่ที่บรรจุอยู่ในถังพักนมบูดได้เนื่องจากมีคราบนมติดอยู่ที่ก้นถัง

ในการทำความสะดวกถังพักนมแต่ละถังจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง/ถัง/ครั้ง ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถังพักนมค่อนข้างสูง ถ้าคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ อ.ส.ค. จังหวัดขอนแก่นต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถังพักนมประมาณ 100,000 - 150,000 บาท/เดือน (ไม่นับรวมค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถังปรุงแต่งนม, ถังพาสเจอร์ไรส์, ถังเทอร์โมเซอร์, ถังแอสเซปติก และถังพักนมที่ศูนย์รับนมทั้ง 5 แห่ง) นอกจากนี้ยังกระทบต่อกระบวนการผลิตนมเนื่องจากการมาส่งนมล่าช้าทำให้เครื่องจักรต้องหยุดทำงาน ซึ่งจะทำให้ต้นทุนต่อหน่วยมีค่าสูงขึ้น

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางการขนส่งน้ำนมดิบที่ทำให้รถบรรทุก เพื่อให้รถบรรทุกขนส่งน้ำนมดิบมายังโรงงานให้มีอัตราการมาแบบเป็นเวลาและมาพร้อมกันหลายๆ คันในระยะเวลาที่สั้นที่ทำให้ น้ำนมดิบถูกส่งลงสู่ถังพักนมของโรงงานพร้อมกันเพียงครั้งเดียว เพื่อทำให้จำนวนการใช้ถังพักนมและค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถังพักนมน้อยลงโดยไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตนมที่ไม่ทำให้เครื่องจักรต้องหยุดทำงาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะพิจารณาการขนส่งเฉพาะจากศูนย์รับนมมายังโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 : แสดงขอบเขตของงานวิจัย

ในการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกนมจะพิจารณารถบรรทุกน้ำนมดิบที่มีหลายขนาดเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถังพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งต่ำที่สุด โดยในการวิจัยนี้ จะนำเสนอวิธีหาคำตอบ 2 วิธีคือ

(1) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดและสามารถแก้ปัญหาได้เฉพาะปัญหาขนาดเล็กหรือขนาดกลาง โดยรูปแบบทางคณิตศาสตร์จะพิจารณา ทั้งกรณีที่มีการผสมของน้ำนมดิบ

จากหลายศูนย์และไม่เกิน 2 มื้อ ในช่องรับนมเดียวกันบนรถบรรทุก และในกรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะไม่มีผลสมกันของน้ำนมดิบต่างศูนย์และต่างมื้อ

(2) การแก้ปัญหาขนาดใหญ่ (real-sized industries) โดยวิธีทางเมตา-ฮิวริสติก (Meta – Heuristic) ซึ่งจะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อยคือ ขั้นตอนย่อยที่ 1 การพัฒนาฮิวริสติก (Heuristic) เพื่อให้ได้คำตอบเริ่มต้นที่ดี (Initial Solution) และขั้นตอนย่อยที่ 2 คือการพัฒนาคำตอบเริ่มต้นจากขั้นตอนย่อยที่ 1 โดยใช้วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search) โดยฮิวริสติกที่พัฒนาจะพิจารณาการรับน้ำนมดิบทั้ง 2 กรณี คือ การผสมของน้ำนมดิบในช่องรับนมเดียวกันบนรถบรรทุกไม่เกิน 2 ศูนย์และไม่เกิน 2 มื้อ และในกรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะไม่มีผลสมกันของน้ำนมดิบต่างศูนย์และต่างมื้อ ซึ่งในการประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับวิธีขีดจำกัดล่าง (Lower Bounds) ที่ได้พัฒนาขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อจัดตารางการขนส่งนมของรถบรรทุกที่มีหลายขนาดจากศูนย์รับนมต่างๆ มาโรงงานนมขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น มีค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกณ และค่าขนส่งต่ำที่สุด โดยการพัฒนาแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) และพัฒนาฮิวริสติก (Heuristics) ในรูปแบบของ Graphic User Interface (GUI)
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์ (Logistics) ที่จะทำให้โรงงานสามารถไปรับนมจากศูนย์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกณของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง ต่ำที่สุด

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 ศึกษาค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกณของโรงงานและศูนย์รับนม คือ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าสารเคมี และค่าแรงงาน
- 1.3.2 จัดตารางการขนส่งน้ำนมดิบที่มีรถบรรทุกที่มีความจุแตกต่างกัน
- 1.3.3 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมที่น้ำนมดิบจะอยู่ในถังพิกณได้ยาวนานโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำนม
- 1.3.4 พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีขีดจำกัดล่าง (Lower Bounds) ที่ใช้ในการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกที่มีหลายขนาด เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกณของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งต่ำที่สุด
- 1.3.5 พัฒนาฮิวริสติก (Heuristic) สำหรับการรับน้ำนมดิบทั้ง 2 กรณี

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็น
- 1.4.2 สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ของปัญหา
- 1.4.3 ทดสอบความถูกต้องและหาผลลัพธ์ของปัญหาจากการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์

- 1.4.4 สร้างฮิวริสติก (Heuristic) การขนส่งนมสำหรับปัญหาการขนส่งที่มีรถบรรทุกหลายขนาดที่มีประสิทธิภาพที่จะประมาณผลลัพธ์สำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ โดยใช้เมตา-ฮิวริสติก (Meta – Heuristic)
- 1.4.5 ทดสอบความถูกต้องของฮิวริสติก (Validation and Verification)
- 1.4.6 สร้างและทดสอบความถูกต้องของวิธีขีดจำกัดล่าง (Lower Bounds)
- 1.4.7 ประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกการขนส่งนมในรูปของการเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ในการทำความสะอาดถังพักนม และค่าขนส่ง โดยเปรียบเทียบกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาที่มีขนาดเล็ก และประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกการขนส่งนมในปัจจุบันเทียบกับฮิวริสติกที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (SAS)
- 1.4.8 สรุปผลและจัดทำรายงาน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้วิธีการจัดตารางการขนส่งนมของรถบรรทุกนมที่ใช้รถบรรทุกนมมีหลายขนาด โดยทำให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง ต่ำที่สุดจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่มีขนาดเล็ก และจากวิธีการทาง ฮิวริสติกสำหรับปัญหขนาดกลางและขนาดใหญ่
- 1.5.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการจัดตารางการขนส่งนมนับปัจจุบัน ที่ใช้ในการดำเนินงานของโรงงาน และวิธีการทางฮิวริสติกส์
- 1.5.3 ระบบบริหารการจัดการที่มีความเหมาะสมในการสนับสนุนให้เกษตรกรสามารถนำส่งนมนับมายังศูนย์ต่างๆ โดยมีอัตรามาเป็นแบบเวลาและปริมาณที่เหมาะสม
- 1.5.4 ได้โปรแกรมการขนส่งของรถบรรทุกนมที่รถบรรทุกมีหลายขนาด ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนม และค่าขนส่ง ต่ำที่สุด จากวิธีการทาง heuristic สำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ (GUI)

1.6 การจัดทำรายงานผลการศึกษานับสมบูรณ์ (Final Report)

ในการดำเนินโครงการโครงการการจัดตารางการขนส่งนมเพื่อให้อำเภอในการทำความสะอาดถังพักนมและค่าขนส่งต่ำที่สุด: กรณีศึกษา อ.ส.ค. จังหวัดขอนแก่น คณะวิจัยจะต้องทำรายงานผลศึกษานับสมบูรณ์ (Final Report) ซึ่งประกอบด้วยบททบทวนขอบเขตและเงื่อนไขการดำเนินงาน การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ การพัฒนาอัลกอริทึม การพัฒนาขีดจำกัดล่าง ผลการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมกับขีดจำกัดล่างสำหรับปัญหาขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนและผลการประเมินประสิทธิภาพของการจัดลำดับการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา รวมถึงกลยุทธ์การบริหารจัดการโลจิสติกส์ชาวของอุตสาหกรรมนม โดยคณะวิจัยจะต้องส่งรายงานดังกล่าวให้สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 15 เดือน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะแสดงรายละเอียดของวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้ในการดำเนินการศึกษาของปัญหาการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกที่มีหลายขนาดเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการทำควมสะอาดถึงพิกณของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งต่ำที่สุด ซึ่งจะแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 หัวข้อดังต่อไปนี้

1. ปัญหาเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP)
2. การค้นหาคำตอบโดยใช้ทาบูเสริช (Tabu Search : TS)
3. ระบบบริหารการจัดการเชิงโลจิสติกส์ (Logistics)
4. สรุปวัตถุประสงค์และสมมติฐานของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
โดยแต่ละหัวข้อมีวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ปัญหาเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP)

ปัญหาเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP) มีรูปแบบปัญหาที่ไม่เป็นโพลีโนเมียล (NP-Problem) ซึ่งเป็นการยากที่จะหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (Optimal Solution) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปัญหานั้นมีขนาดใหญ่ การหาผลเฉลยที่ดีที่สุดอาจใช้เวลาการคำนวณหาผลเฉลยนานมากหรืออาจเป็นไปได้เลยที่จะหาผลเฉลยที่ดีที่สุด ซึ่งปัญหาเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะนั้นมียานพาหนะหลายแบบ เช่น รถบรรทุก รถพ่วง ฯลฯ และลักษณะของปัญหาเส้นทางการเดินทางก็มีหลายกรณี เช่น จำนวนชนิดของสินค้าที่ไปรับหรือส่ง จำนวนจุดที่ไปรับหรือส่งสินค้าก็มีหลายจุด ขนาดของยานพาหนะก็มีหลายขนาดและเงื่อนไขอื่นๆ ซึ่งวิธีในการใช้แก้ปัญหาเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP) แบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

2.1.1 เอ็กแซคต อัลกอริทึม (Exact Algorithm)

คำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) แต่จะสามารถแก้ปัญหาได้เฉพาะขนาดเล็ก เช่น การจำลองรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model), โปรแกรมพลวัต (Dynamic Programming), วิธีขยายและจำกัดเขต (Branch & Bound) และโปรแกรมเลขจำนวนเต็ม (Integer Programming)

2.1.2 วิทยาการศึกษาสำนึก (Heuristics)

คำตอบที่ได้ไม่แน่ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) สามารถแก้ปัญหาขนาดใหญ่ได้ วิธีในการหาคำตอบแบ่งออกได้ 2 วิธี ดังนี้

2.1.2.1 เมตะ-ฮิวริสติก (Meta-heuristic) ได้แก่ วิธีทาบูเสริช (Tabu search), วิธีขั้นตอนพันธุการ (Genetic Algorithm), วิธีซิมิวเลเต็ดแอนนีลลิ่ง (Simulated Annealing) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

2.1.2.2 วิทยาการศึกษาสำนึกอื่นๆ เช่น ปัญหาการเดินทางของเซลแมน (Travelling Salesman Problem: TSP), วิธีเน็คซเบสท์อัลกอริทึม (Next Best Rule: NB Algorithm) หรือวิธีคลาร์กแอนด์ไรท์อัลกอริทึม (Clarke & Wright Algorithm) เป็นต้น

ซึ่งในปัจจุบันนั้นได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP) จำนวนมากซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

กาญญา (2548 อ้างถึงใน Gravett,1964) นำเสนอวิธีวิทยาการศึกษาสำนึก (Heuristic) ที่นำมาใช้แก้ปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน (Travelling Salesman Problem : TSP) ซึ่งวิธีที่ใช้แก้ปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน แบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ

วิธีที่ 1 NB Rule ซึ่งวิธีนี้จะทำการเลือกเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดต่างๆ โดยเลือกจุดที่มีระยะทางน้อยที่สุดจากนั้นเลือกจุดที่จะไปต่อโดยการเลือกจุดที่มีระยะทางน้อยที่สุดจากจำนวนจุดที่เหลือทั้งหมด ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งได้เส้นทางการเดินทางที่สมบูรณ์

วิธีที่ 2 คือ NB' Rule ซึ่งวิธีนี้เริ่มแรกจะทำการกำหนด (fix) จุดเริ่มต้นไปยังจุดต่างๆ (n จุด) แล้วเลือกจุดที่จะไปต่อโดยการเลือกจุดที่มีระยะทางน้อยที่สุดในแต่ละเส้นทาง ซึ่งจะได้เส้นทางทั้งหมดอย่างน้อย n เส้นทาง

วิธีที่ 3 คือ NB'' Rule วิธีนี้จะเป็นการประยุกต์วิธี NB Rule ในการใช้หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นจะเลือกจุดต่อไปโดยการหาระยะทางที่น้อยที่สุดในแต่ละคอลัมน์เมื่อได้ระยะทางที่น้อยที่สุดในคอลัมน์นั้นแล้วให้หาตัวค่าน้อยอยู่แถวไหน จากนั้นก็ให้เลือกจุดต่อไปโดยการใช้วิธี NB Rule ทำจนกระทั่งได้เส้นทางการเดินทางที่สมบูรณ์ ซึ่งวิทยาการศึกษาสำนึก (Heuristic) ทั้ง 3 วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างมาพพอๆ กับวิธีคลาร์กแอนด์ไรท์อัลกอริทึม (Clarke & Wright Algorithm)

จินตนา และ ชารัทสน์ (2547) ศึกษาการจัดเส้นทางขนส่งน้ำมันดิบของสหกรณ์โคนมบ้านบึง จังหวัดชลบุรี จุดประสงค์ของการจัดเส้นทางของงานวิจัยนี้คือ การลดต้นทุนหรือระยะทางของการขนส่งให้น้อยที่สุด จากการณศึกษาพบว่าการขนส่งนมของเกษตรกรมายังสหกรณ์โคนมนี้ยังคงเป็นการขนส่งที่เกษตรกรทุกรายจะใช้รถบรรทุกหรือรถจักรยานยนต์ของตนเองมาส่งนมและส่วนใหญ่เกษตรกรแต่ละรายจะบรรทุกนมไม่เต็มคันรถทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อที่ในรถบรรทุกโดยเปล่าประโยชน์และทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งค่อนข้างสูง ดังนั้นการวิจัยนี้จึงนำเสนอเส้นทางขนส่งให้กับสหกรณ์เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิตและการขนส่งให้แก่เกษตรกร ซึ่งวิธีการศึกษาของงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ การเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการนำข้อมูลไปคำนวณหาเส้นทางและตารางเวลา โดยการใช้เส้นทางถนนจะใช้แผนที่เชิงเลขชนิดเวกเตอร์ (Digital Vector Map) จากกรมแผนที่ทหาร การหาตำแหน่งที่อยู่ของสหกรณ์และเกษตรกรใช้ระบบ GPS (Global Positioning System) ซึ่งเป็นระบบดาวเทียมในการเก็บข้อมูลตำแหน่งต่างๆ เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการนำส่งน้ำมันดิบของเกษตรกรแต่ละรายของสหกรณ์ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลจำนวน 16 วันตั้งแต่วันที่ 16 พฤษภาคม 2547 จนกระทั่งถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2547 โดยเกษตรกรจะมีเวลาในการส่งนมคือตอนเช้าและตอนเย็นและขนาดของถังใส่นมที่ใช้บรรจุมี 3 ขนาดคือ 20 , 40 และ 50 ลิตร จากการวิจัยนี้จะใช้รถกระบะที่มีขนาดเดียวกันทั้งหมดและรถกระบะแต่ละคันจะไปรับนมจากเกษตรกรได้หลายจุด ในการขนส่งซึ่งถังใส่นมมีขนาด 20 ลิตรจะบรรทุกใส่รถกระบะ 1 คันได้ 30 ถัง, ถังใส่นมมีขนาด 40 ลิตรจะบรรทุกใส่รถกระบะได้ 20 ถัง ส่วนถังใส่นมมีขนาด 50 ลิตรจะบรรทุกใส่รถกระบะได้ 12 ถัง จากนั้นก็นำข้อมูลต่างๆไปคำนวณหาเส้นทางและตารางเวลาโดยใช้โปรแกรมการจัดเส้นทาง (Smart Fleet Route Scheduling) ซึ่งใช้หลักการของวิธีเซฟวิง (Saving Method) ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนานี้จะใช้ภาษาเบสิกในการทำงาน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเมื่อเกษตรกรใช้ถังใส่นมมีขนาด 20 , 40 และ 50 ลิตร และส่งน้ำมันดิบในช่วงเช้าและเย็นจะได้ระยะทางรวมในการขนส่งเท่ากับ 431.5 , 382.1 และ 484.4 กิโลเมตรต่อวันตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบกับระยะทางรวมปัจจุบันที่เกษตรกรแต่ละรายส่งน้ำมันดิบด้วยตนเองเท่ากับ 964 กิโลเมตรต่อวัน ซึ่งสามารถลดระยะทางลงได้มาก และจากการศึกษาพบว่าขนาดถังใส่นมที่เหมาะสมที่ทำให้ระยะทางรวมน้อยที่สุดคือ ถังใส่นมขนาด 40 ลิตร แต่ถ้าเกษตรกรส่งนมวันละ 1 ครั้งแต่ปริมาณนมที่ส่งมีปริมาณเท่ากับการส่ง 2 ครั้ง

ต่อวัน ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งจะน้อยกว่าคือ 246.9 กิโลเมตรต่อวันและขนาดถังใส่นมที่เหมาะสมที่ทำให้ระยะทางรวมน้อยที่สุดคือ ถังใส่นมขนาด 40 ลิตร

วิโรจน์ (2547) ศึกษาการมอบหมายและจัดเส้นทางสำหรับการขนส่งด้วยรถบรรทุกด้วยวิธีการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) ปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งให้ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยสินค้าต่ำที่สุด ลักษณะระบบการขนส่งสินค้าของงานวิจัยนี้คือรถบรรทุกออกจากคลังสินค้าแห่งเดียวและกระจายไปยังลูกค้าจำนวนมาก รถบรรทุกมีจำนวนหลายคันและความจุรถบรรทุกก็ไม่เท่ากัน รถบรรทุกทุกคันต้องวิ่งออกจากคลังสินค้าไปยังลูกค้ารายแรกและกลับมายังคลังสินค้าเมื่อส่งสินค้ารายสุดท้ายเสร็จสิ้น ลูกค้ามีจำนวนมาก (หลายร้อยแห่ง) แต่ละรายมีความต้องการที่ไม่คงที่ในด้านปริมาณและความถี่ที่จัดส่ง ความต้องการของลูกค้ารายหนึ่งแต่ละครั้งมีน้อยเมื่อเทียบกับความจุรถบรรทุก การจัดสินค้าและเส้นทางจะทำการตัดสินใจแบบวันต่อวันด้วยการพิจารณาเส้นทางในแผนที่ ปริมาณสินค้า ความแออัดของการจราจรและความจุของรถบรรทุก และการทราบความต้องการจะทราบล่วงหน้าในช่วงสั้นๆ ก่อนวันที่ต้องการ โดยมีเป้าหมายคือการจัดสินค้าและเส้นทางให้ลูกค้าได้ครบถ้วนตามความต้องการโดยมีต้นทุนต่ำที่สุด การจัดเส้นทางจะใช้วิธีกำหนดให้จุดที่อยู่ไกลสุดได้รับการจัดส่งก่อน (Farthest – First – Assigned), วิธีแทรกจุดที่อยู่ใกล้ (Nearest Insertion) และวิธีการสลับ (Swapping Technique) ซึ่งจะทำกับรถทุกคันแล้วจึงตัดสินใจเลือกคันที่มีต้นทุนต่อหน่วยสินค้าต่ำสุด จากการเปรียบเทียบการจัดด้วยพนักงานและวิธีการจัดเส้นทางยานพาหนะ (VRP) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าวิธีการจัดเส้นทางยานพาหนะ (VRP) จะจัดเส้นทางได้เร็วกว่าและพิจารณาด้านต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุดทุกเที่ยว ซึ่งทำให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลง 10-20 เปอร์เซ็นต์

วีรวัฒน์ และคณะ (2546) ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งและกระจายสินค้าของวิสาหกิจอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรณีศึกษาโรงงานขนมปังและเบเกอรี่) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษการจัดลำดับการขนส่งสินค้าสู่ลูกค้าและจัดยานพาหนะสำหรับการขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเซฟวิง (Saving Alogorithm) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่การให้บริการลูกค้า 11 แห่ง และสายขนส่งสินค้า 4 สาย โดยมีสมการเป้าหมายของรูปแบบทางคณิตศาสตร์คือ ค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งที่เกิดจากค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งตามระยะทางและค่าใช้จ่ายจากค่าจ้างพนักงานขนส่งและการปรับปรุงเส้นทางขนส่งจะใช้วิธีเซฟวิงโดยรถบรรทุกจะมี 2 ขนาดก็คือ รถบรรทุกขนาด 4 ล้อและรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ จากการเปรียบเทียบการขนส่ง 1 รอบจะเห็นได้ว่าวิธีการปรับปรุงจะดีกว่าวิธีเดิมเนื่องจากสามารถลดจำนวนสายส่งจากเดิม 4 สายเป็น 3 สายและลดค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์

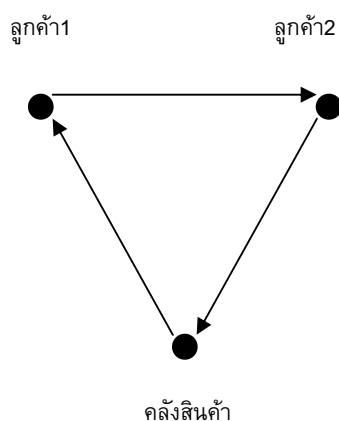
ส่วนในปี 2547 วีรวัฒน์ และคณะได้ทำการศึกษาหาเส้นทางและจำนวนยานยนต์ที่เหมาะสมสำหรับผู้ประกอบการนำดื่มแห่งหนึ่งที่จะไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าที่กระจายอยู่ตามจุดต่างๆ ตามความต้องการของลูกค้าที่แจ้งเข้ามาแบบวันต่อวัน และจำนวนลูกค้าที่ต้องส่งสินค้าในแต่ละวันก็มีจำนวนมาก โดยการขนส่งสินค้าจากสถานประกอบการไปยังลูกค้าเป็นการขนส่งแบบขาเดียว และรถบรรทุกนมแต่ละคันจะไปส่งสินค้าได้หลายจุดรวมทั้งรถบรรทุกที่ใช้จะมีขนาดเดียวกันทั้งหมดซึ่งในปัจจุบันการหาเส้นทางและจำนวนยานยนต์ที่เหมาะสมในการส่งสินค้าจะเป็นการจัดด้วยการรวมเอาร้านค้าในตำแหน่งใกล้เคียงกันเข้าอยู่ในรถเที่ยวเดียวและเส้นทางเดียวกัน ซึ่งก็จะมีปัญหาการจัดเส้นทางในเรื่องไม่สามารถจัดให้สินค้าเต็มหรือเกือบเต็มคันรถได้ หรือถ้าจะให้สินค้าเต็มหรือเกือบเต็มคันรถก็จะเป็นกลุ่มร้านค้าที่อยู่ห่างกัน การจัดให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุดจึงเป็นไปได้ยาก ประกอบกับปัญหาเรื่องราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น จึงทำให้ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการขนส่งสูงขึ้น และจากข้อมูลจุดส่งสินค้าของสถานประกอบการนำดื่มแห่งหนึ่งที่ศึกษาพบว่ามีความถี่ของลูกค้านั้นมากถึง 281 ราย ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะหาเส้นทางเดินรถที่

ประหยัดที่สุดเพราะมีวิธีการจัดเส้นทางที่เป็นไปได้มากถึง 281 เส้นทาง การวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบทางคณิตศาสตร์ซึ่งคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (optimal solution) แต่จะใช้เวลาในการคำนวณหาคำตอบนาน นอกจากนี้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการใช้วิธีการทางฮิวริสติกในการแก้ปัญหา 3 วิธี คือ (1) วิธีเซฟวิง (Saving Algorithm) (2) การแทรก (Insertion algorithm) (3) การสลับ (Sweep algorithm) ของการจัดเส้นทางขนส่งและยานยนต์ เพื่อหาเส้นทางและจำนวนยานยนต์ที่เหมาะสมในการขนส่งและกระจายสินค้าในเขตพื้นที่ให้บริการ โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อการลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการขนส่งให้ต่ำที่สุด แต่ยังคงตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ โดยการพิจารณาข้อจำกัดต่างๆ ของการขนส่งและกระจายสินค้า ทั้งในด้านปริมาณความต้องการสินค้า โดยค่าใช้จ่ายในการขนส่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร เช่นค่าใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ค่าใช้น้ำมันเครื่อง ค่าใช้จ่ายยางรถยนต์ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา จากการศึกษาพบว่าวิธีที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำที่สุดคือ วิธีการสลับและการจำลองรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งเท่ากับ 348.13 บาทแต่เวลาที่ใช้ในการคำนวณไม่เท่ากัน วิธีการสลับเวลาในการหาคำตอบเร็วกว่าการจำลองรูปแบบทางคณิตศาสตร์ถึง 26.5 เท่า

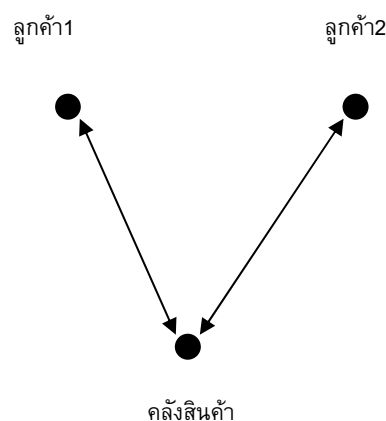
Chi-Guhn Lee et al. (2006) ได้ทำการศึกษาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับปัญหาการแบ่งการขนส่งสินค้า โดยลักษณะของปัญหาที่ทำการศึกษานั้นจะมีจำนวน suppliers หลายราย ซึ่งในบางรายอาจจะขนส่งสินค้าไปยังคลังสินค้าได้มากกว่าหนึ่งคัน และมีการพิจารณาการแบ่งการขนส่งได้ อย่างไรก็ตามคลังสินค้าที่พิจารณามีเพียง 1 คลังสินค้า และรถบรรทุกมีขนาดเดียว ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อต้องการให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด (ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนรถบรรทุกที่ใช้และเส้นทางขนส่ง) ในการศึกษาครั้งนี้ คณะวิจัยได้สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (เรียกว่า mVRPSP) โดยใช้โปรแกรม CPLEX/AMPL ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด

Chung et al. (2005) ศึกษาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักร 1 เครื่องจักรรวมเข้ากับการหาเส้นทางขนส่งของยานพาหนะเพื่อไปส่งสินค้าให้ลูกค้าที่กระจายอยู่ตามจุดต่างๆ เช่น การขนส่งนม วัตถุประสงค์ คือ หาลำดับการผลิตของงานรวมทั้งการจัดตารางการขนส่งเพื่อให้ผลรวมของเวลาในการเข้ามาของงานที่ส่งให้ลูกค้าน้อยที่สุดโดยไม่ทำให้เกิดการว่างงานของเครื่องจักร ซึ่งปัญหานี้จะยากในการหาคำตอบ (NP-hard) เพราะต้องคำนึงถึงการผลิตและการส่งสินค้าให้ลูกค้า โดยในการวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีทางฮิวริสติกที่มีประสิทธิภาพมากโดยสามารถใช้ในการแก้ปัญหาที่หลากหลายโดยใช้โปรแกรมพลวัต (dynamic programming) ซึ่งลักษณะของปัญหา คือ การขนส่งสินค้าให้ลูกค้าไม่มีความล่าช้า จำนวนรถบรรทุกที่ใช้ 1 คัน รถบรรทุกสามารถบรรทุกสินค้าได้ไม่จำกัด และรถบรรทุกส่งงานสุดท้ายในเที่ยวนั้นหมดต้องกลับโรงงานทันทีแล้วกลับไปปฏิบัติงานใหม่มาส่งอีก ถ้าเป็นกรณีที่มีลูกค้าคนเดียวจะใช้โปรแกรมพลวัตมาใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่สูงมาก แต่ถ้าเป็นกรณีที่มีลูกค้าหลายคนจะใช้โปรแกรมพลวัตที่มีความซับซ้อนขึ้น

Clark and Wright (1964) เป็นอัลกอริทึมที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากสามารถลดระยะทางให้สั้นลงได้โดยการรวมเส้นทาง 2 เส้นทางเข้าด้วยกัน โดยมีหลักการคือ การรวมจุดส่งสินค้าเข้าในเส้นทางเดียวกันโดยการนำจุดส่งสินค้าของลูกค้ารายที่ 1 รวมเข้ากับจุดส่งสินค้าของลูกค้ารายที่ 2 เป็นเส้นทางหลักสายเดียวกัน (ดังแสดงในรูปที่ 2.1) ซึ่งดีกว่าการแยกเส้นทางขนส่งสินค้า (ดังแสดงในรูปที่ 2.2) ทำให้ลดระยะทางให้สั้นลงได้มากวิธีคลาร์กและไรต์ไทรอัลกอริทึม (Clarke & Wright Algorithm)



รูปที่ 2.1 : แสดงวิธีคลาร์กแอนด์ไรท์



รูปที่ 2.2 : แสดงการแยกเส้นทางการขนส่ง

ในปี 2004, Eiichi and Hiroshi ได้ทำการศึกษาการจัดตารางและเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกที่ไม่แน่นอน โดยการจำลองการจราจรจะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงเวลาที่ใช้ในการขนส่ง ประกอบกับการใช้ระบบการขนส่งที่ใช้กับพื้นที่ในเมืองมาช่วยในการแก้ปัญหา ซึ่งการศึกษานี้รถบรรทุกจะออกจากคลังสินค้าไปรับหรือส่งสินค้าเสร็จแล้วต้องกลับไปที่คลังสินค้าทันที ซึ่งเวลาที่ไม่แน่นอนในการขนส่งนี้จะส่งผลกระทบต่อการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกในการรับส่งสินค้าในเมืองที่มีความแออัดของการจราจรมากๆ และเส้นทางการเดินทางที่จะทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อให้ต้นทุนที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมดน้อยที่สุด ซึ่งต้นทุนในการขนส่งสินค้าทั้งหมดประกอบด้วย ต้นทุนในการขนส่งสินค้าที่คงที่ ต้นทุนในการขนส่งสินค้าที่ผันแปร และค่าใช้จ่ายในการส่งสินค้าถึงก่อนกำหนดและค่าปรับที่เกิดจากการส่งสินค้าช้า ในการวิจัยนี้ได้เสนอวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา 2 วิธีคือ (1) การพยากรณ์ความต้องการของลูกค้ามาใช้ในการจัดเส้นทางการเดินทาง (Forecasted vehicle routing and scheduling problem with time windows : VRPTW-F) และ (2) การจัดเส้นทางการเดินทางแบบไดนามิก (Dynamic vehicle routing and scheduling problem with time windows: VRPTW-D) โดยนำเวลาจริงที่ลูกค้าต้องการมาใช้ในการจัดเส้นทางการเดินทาง ซึ่งในแต่ละวิธีจะนำเสนอวิธีการจำลองรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) และวิธีฮิวริสติก โดยใช้วิธีขั้นตอนพันธุกรรม (genetic algorithms : GA) มาใช้ในการแก้ปัญหา จากการศึกษาพบว่าวิธี VRPTW-D ให้ผลที่ดีกว่าและต้นทุนในการขนส่งสินค้าน้อยกว่าวิธี VRPTW-F 1.5-3.7% ค่าปรับในการส่งสินค้าล่าช้าลดลง 22.2-100 % และช่วยลดเวลาในการขนส่งสินค้ารวมทั้งลดการจราจรที่คับคั่งภายในเมืองหลวง ดังนั้นการจัดตารางและเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกที่ไม่แน่นอนในระบบการขนส่งของวิธี VRPTW-D จะเป็นประโยชน์ในการลดต้นทุนและเวลาในการขนส่งสินค้าน้อยรวมทั้งลดการจราจรที่คับคั่งภายในเมืองหลวงได้ดี

Frizzell and Giffin (1995) ได้ศึกษาการจัดตารางการขนส่งซึ่งจะพิจารณาเวลาที่ลูกค้าต้องการให้จัดส่งสินค้าและระยะทาง ในการวิจัยนี้ยานพาหนะมีมากกว่า 1 คัน วิธีที่ใช้ในการจัดตารางการขนส่งมี 3 วิธีคือ วิธีที่1: รูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีที่2: SDVRSPTW และวิธีที่ 3: MOVECUSTOMER ซึ่งวิธีนี้จะนำคำตอบที่ได้จากวิธีที่ 2 มาใช้เป็นคำตอบเริ่มต้นในการหาคำตอบ จากการเปรียบเทียบวิธีทางฮิวริสติกที่พัฒนามากับคำตอบเริ่มต้นจะเห็นได้ว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นมาทำให้เวลาในการเดินทางลดลง จาก 74.8% เหลือ 10% จำนวนเส้นทางลดลงจาก

96.6% เหลือ 34% เปอร์เซ็นที่ลูกค้าได้รับการจัดส่งแบบแยกลดจาก 17.8% เหลือ 12.9% เวลาที่ล่าช้าลดลง 55.2% แต่เวลารอคอยเพิ่มขึ้นจาก 3.2 เป็น 4.4 นาทีต่อลูกค้า 1 คน

Karg and Thompson (1964) นำเสนอฮิวริสติก (Heuristic) ที่นำมาใช้แก้ปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน (Travelling Salesman Problem : TSP) ซึ่งมีความซับซ้อนมากกว่าวิธีเลือกเมืองที่ใกล้ที่สุดที่ยังไม่ได้ไปเป็นเมืองที่จะไปต่อไป (Closest Unvisited City, CUC) กล่าวคือให้เริ่มต้นจากการเลือกเมืองคู่หนึ่งขึ้นมาอย่างสุ่ม จากนั้นให้เลือกเมืองที่ 3 ขึ้นมา แล้วแทรกเข้าไประหว่างตำแหน่งที่สามารถแทรกได้ของ 2 เมืองที่เป็นอยู่ ซึ่งผลจากการแทรกทำให้ได้เส้นทางการเดินทางของ 3 เมือง แล้วเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพื่อมาดำเนินการต่อ จากนั้นเลือกเมืองที่ 4 ขึ้นมา แล้วแทรกเข้าไประหว่างตำแหน่งที่สามารถแทรกได้ของเมือง 3 เมืองที่เป็นอยู่ ซึ่งผลจากการแทรกทำให้ได้เส้นทางการเดินทางของเมือง 4 เมือง แล้วเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเพื่อมาดำเนินการต่อ ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งได้เส้นทางการเดินทางที่สมบูรณ์

Magid et al. (1996) ได้ศึกษาผลกระทบและประโยชน์ของการจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกนมโดยใช้โปรแกรมช่วยตัดสินใจ (Decision Support System : DSS) กรณีศึกษาบริษัทนมแห่งหนึ่งในประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งโปรแกรมช่วยตัดสินใจ (DSS) นี้จะช่วยในการจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกนมซึ่งจะมีหลายทางเลือกให้กับผู้ใช้โดยทำให้ระยะทางการขนส่งน้อยที่สุด จำนวนชั่วโมงทำงานลดลง จำนวนคนขับรถบรรทุกลดลงแต่จำนวนเที่ยวในการขนส่งเพิ่มขึ้น และคนขับรถบรรทุกมีขวัญกำลังใจสูงขึ้น โดยลักษณะปัญหาของกรณีศึกษาบริษัทนมแห่งนี้ คือ บริษัทนมแห่งนี้มีโรงงานอย่างน้อย 1 โรงงาน โดยในแต่ละโรงงานก็จะมีความต้องการปริมาณนมที่แตกต่างกัน การจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกนมจะมีการเปลี่ยนกะของคนขับรถบรรทุกมากกว่า 2 ครั้งต่อวัน ในแต่ละบริษัทจะมีสัญญากับผู้จัดหาสินค้า (supplier) 100 คนในการจัดส่งนมและมีปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละวัน โดยการศึกษานี้ได้ทำการจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกนม โดยพิจารณาจำนวนผู้จัดหาสินค้า จำนวนรถบรรทุกนม จำนวนโรงงาน คุณภาพของนม และเวลาที่เหมาะสมในการจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกนม ซึ่งรถบรรทุกนมที่ใช้จะมีขนาดเดียวกันทั้งหมดและรถบรรทุกนมแต่ละคันจะไปรับนมจากเกษตรกรได้หลายจุด โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อทำให้ต้นทุนในการขนส่งนมไปยังโรงงานต่ำที่สุด จากวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้อยู่พบว่าใช้เวลาในการจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกนม 6 ชั่วโมงต่อวัน ส่วนการใช้โปรแกรมช่วยตัดสินใจ (DSS) จะใช้เวลาในการจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกนม 60 – 90 นาทีต่อวัน ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาในการจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกนมถึง 35 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และปริมาณนมที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นจาก 2 ปีที่แล้วถึง 25 % นอกจากนี้จำนวนคนขับรถบรรทุกลดลงและต้นทุนในการขนส่งนมไปยังโรงงานลดลง โดยโปรแกรมช่วยตัดสินใจ (DSS) นี้ยังต่อการใช้งานและมีความยืดหยุ่นสูง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าในการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในด้านการขนส่งมีเป้าหมายเพื่อให้ระยะทางการขนถ่ายมีค่าน้อยที่สุดและยานพาหนะ (ส่วนใหญ่อรถบรรทุกที่ใช้ในการขนถ่ายก็จะมีขนาดเดียว) แต่ในการวิจัยครั้งนี้ คณะวิจัยได้พิจารณาให้ยานพาหนะ (รถบรรทุก) ที่ใช้ในการขนถ่ายน้ำมันดิบมีหลายขนาดรถบรรทุกแต่ละคันจะสามารถไปรับน้ำมันดิบได้หลายจุด และปริมาณน้ำมันดิบในศูนย์รับนมบางศูนย์มีปริมาณมากกว่าความจุของรถบรรทุก ศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ก็สามารถจ่ายน้ำมันดิบให้กับรถบรรทุกได้มากกว่า 1 คัน ซึ่งวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการขนส่งรถบรรทุกในการวิจัยครั้งนี้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงพิกัดและค่าขนส่งให้มีค่าต่ำที่สุด

2.2 การค้นหาคำตอบโดยใช้ทาบู (Tabu search: TS)

ในปัจจุบันมีวิธีการทางฮิวริสติกหลายวิธีที่ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาต่างๆ อย่างแพร่หลาย เช่น วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu search) วิธีขั้นตอนพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และวิธีซิมิวเลตเต็ดแอนนีลลิ่ง (Simulated Annealing) ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้เป็นวิธีค้นหาคำตอบหรือผลเฉลยของปัญหาที่คิดว่าเป็นผลเฉลยที่เหมาะสม แต่ไม่สามารถรับประกันว่าผลเฉลยที่ได้นั้นเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด แต่จะเป็นผลเฉลยที่สามารถยอมรับได้ซึ่งเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาผลเฉลยนั้นจะน้อยกว่าวิธีเอ็กแซกต์ อัลกอริทึม (Exact Algorithm) ดังนั้นวิธีการค้นหาคำตอบข้างต้นจึงถือว่าการค้นหาคำตอบจากคำตอบที่เป็นไปได้เฉพาะที่ (local search) ซึ่งการค้นหาคำตอบโดยใช้ทาบูเสิร์ช (Tabu search) ถือว่าเป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับกันอย่างมากในการใช้แก้ปัญหาเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะ (ศุภชัย และวนิดา, 2546)

การค้นหาคำตอบโดยใช้ทาบูเสิร์ช (Tabu search) หมายถึง วิธีการค้นหาที่มีข้อห้าม หรือการห้ามการค้นหาคำตอบในบางขอบเขตในวิธีการห้ามดังกล่าวนั้นจะเป็นการห้ามเพื่อที่จะช่วยให้ไม่ต้องไปค้นหาผลเฉลยเดิม (trapping) (Glover, 1993) โดยองค์ประกอบหลักของวิธีทาบูเสิร์ช สามารถแบ่งออกเป็น 5 องค์ประกอบ ดังนี้

- (1) ฟังก์ชันของต้นทุน (Cost function) เป็นฟังก์ชันของต้นทุนเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการค้นหาคำตอบ
- (2) รูปแบบการควบคุมการย้อนกลับ (Tabu list type) เป็นรูปแบบการควบคุมการย้อนกลับหรือไม่ให้หลงในวัฏจักรการค้นหาเดิมๆ
- (3) ตัวกำหนดจำนวนครั้ง หรือจำนวนที่ทำซ้ำ (iteration) ที่ต้องการห้ามไม่ให้มีการก้าวกลับมาที่เดิม (Tabu list size)
- (4) เงื่อนไขสำหรับการค้นหาที่ยังเป็นทาบูหรือตกอยู่ในแดนต้องห้าม (Aspiration criteria) เป็นรูปแบบการควบคุมที่ช่วยในการค้นหาคำตอบที่ดีและรวดเร็วสำหรับการค้นหาที่ยังเป็นทาบู (Tabu) หรือตกอยู่ในแดนต้องห้าม
- (5) เงื่อนไขที่ใช้สำหรับการหยุดค้นหาคำตอบ (Stopping criteria) เงื่อนไขที่ใช้สำหรับการหยุดค้นหาคำตอบ ซึ่งมี 2 วิธีคือ กำหนดจำนวนครั้งของการค้นหา และกำหนดจำนวนครั้งการทำซ้ำเพื่อให้

ซึ่งผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาคำตอบโดยใช้ทาบูเสิร์ช (Tabu search) ในการแก้ปัญหาเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP) สามารถสรุปได้ดังนี้

ในปี 2544 สุธนได้ทำการศึกษาการจัดตารางเวลาการเดินทางรถขนส่งน้ำมัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการจัดตารางเวลาเดินทางรถบรรทุกน้ำมันแบบเต็มคันจากคลังน้ำมันเพียงแห่งเดียวไปยังสถานีจำหน่ายน้ำมันต่างๆ โดย Heuristic ที่สร้างขึ้นมานั้นจะใช้หลักการสลับที่ของงานจะใช้คือการสลับ (Swap Interchange) และการแทรก (Insertion Interchange) นอกจากนั้นยังใช้ ทาบูเสิร์ช (Tabu search) มาใช้ในการหาคำตอบ

เอกภพ (2545) ได้ศึกษาการจัดตารางเวลาเดินทางจัดส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลมไปยังลูกค้ารายใหญ่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการจัดตารางเวลาเดินทางจัดส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลมจากโรงงานแห่งหนึ่งไปยังร้านค้าของผู้ค้าปลีกขนาดใหญ่ ระบบที่พัฒนาขึ้นได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนย่อย โดยส่วนแรกเป็นการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าที่ต้องขนส่งจากคำสั่งซื้อของลูกค้า ส่วนที่สองเป็นการพิจารณาจำนวนเส้นทางเดินทางรถด้วยการพิจารณาความเหมาะสมในการควบคุมการส่งสินค้า 2 คำสั่งซื้อให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน และส่วนที่สามเป็นการจัดตารางเวลาเดินทาง เพื่อลดจำนวนกระบะที่ค้างส่งและเวลาที่สูญเสียไป

ระหว่างการดำเนินการภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากรและเวลา ดำเนินงานด้วยวิธีหาคำตอบแบบวิธีขั้นตอนพันธุการ (Genetic Algorithm) และทาบูเสิร์ช (Tabu Search) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโรงงานแห่งหนึ่งที่อยู่ในจังหวัดปทุมธานี ที่มีการผลิตน้ำอัดลม 3 ขนาดคือ 325 ซีซี 1.25 ลิตร และ 250 ซีซี โดยจะส่งให้แก่ลูกค้าต่างๆ 70 แห่งโดยใช้รถบรรทุกขนาดต่างๆในการขนส่ง เช่น รถบรรทุกขนาด 4 ล้อ รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ และรถบรรทุกขนาด 18 ล้อ โดยโรงงานแห่งนี้มีจำนวนรถบรรทุกทั้งหมด 125 คัน โดยเทคนิคการจัดเวลาในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีขั้นตอนพันธุการ (Genetic Algorithm) และทาบูเสิร์ช (Tabu Search) ร่วมกันในการหาคำตอบจะเน้นการสลับลำดับในการทำงานของงานที่จะต้องจัดส่งสินค้าแต่ละงาน คือ กำหนดงานหรือลำดับในการดำเนินการของแต่ละงานเริ่มต้น สลับลำดับในการดำเนินการของแต่ละงานโดยใช้วิธีเพอมิวเตชัน (Permutation) จากนั้นใช้ทาบูเสิร์ชในการค้นหาคำตอบ

Andrew (2004) ศึกษาการจัดตารางการขนส่งของยานพาหนะในการขนส่งอ้อยเพื่อลดเวลาในการรอคอยของรถบรรทุกอ้อยที่รอส่งอ้อยให้โรงงานและลดเวลาว่างงานของเครื่องจักรในโรงงาน รวมทั้งลดจำนวนยานพาหนะที่ใช้ให้น้อยลง ซึ่งยากที่จะจัดตารางการขนส่งของยานพาหนะในการขนส่งอ้อยให้เหมาะสมเนื่องจากมีไร่อ้อยจำนวนมากที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ อ้อยที่ถูกตัดจะถูกลำเลียงโดยใช้ยานพาหนะ (รถที่ใช้ชนมีหลายลักษณะ) ไปยังจุดพักอ้อยแล้วจะมีรถพ่วงมารับเพื่อนำไปส่งโรงงานอีกที่หนึ่ง โดยต้องให้ระยะทาง เวลารอคอย และเวลาว่างงานของเครื่องจักรให้น้อยที่สุดเนื่องจากความหวานของอ้อยจะลดลงตามเวลาหลังจากถูกตัด และถ้าเครื่องจักรในโรงงานเกิดการว่างงานจะทำให้เกิดความเสียหายอย่างมาก โดยในการวิจัยนี้ได้นำเสนอโปรแกรมผสมเลขจำนวนเต็ม (Mixed Integer Programming Model) และวิธีเมตา-ฮิวริสติก (Meta-heuristics) 2 วิธี คือ ทาบูเสิร์ช (Tabu search) และการค้นหาบริเวณใกล้เคียง (Variable Neighbourhood Search : VNS) และได้สร้างอัลกอริทึม 3 วิธีมาใช้ในการแก้ปัญหาของงานวิจัยนี้ ผลการศึกษาทำให้สามารถประหยัดต้นทุนได้ AU\$240,000 ต่อปี นอกจากนี้ในการวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบวิธี ทาบูเสิร์ชจากอัลกอริทึมที่ 2 กับวิธีการค้นหาบริเวณใกล้เคียงจากอัลกอริทึมที่ 3 โดยนำคำตอบจาก อัลกอริทึมที่ 1 มาเป็นคำตอบเริ่มต้นและทำการเปรียบเทียบตามูเสิร์ชจากอัลกอริทึมที่ 2 กับค่าที่ได้จริงจากการเก็บข้อมูล และวิธีที่ได้จะนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนในฤดูเก็บเกี่ยวและระบบการขนส่ง จากกรณีศึกษาโรงงานน้ำตาลที่แมรีโบรพ (Maryborough) ที่มีไร่อ้อย 250 ไร่ กลุ่มผู้เก็บเกี่ยวอ้อย 25 กลุ่ม ผลผลิตอ้อย 850,000 ตันต่อปี ยานพาหนะ 18 คัน และรถพ่วง 180 คัน ซึ่งแบ่งออกเป็นรถพ่วงที่มีความจุ 25 ตันจำนวน 150 คัน และรถพ่วงที่มีความจุ 39.50 ตัน จำนวน 30 คัน โดยทำการขนส่ง 220 เที่ยวต่อวัน และมีจุดพักอ้อย 960 จุด จากการศึกษา 2 วัน คือวันที่ 15 และ 16 กรกฎาคม ค.ศ. 2003 ซึ่งมีการใช้รถพ่วง 445 คัน จะได้เวลารอคอยของรถบรรทุกอ้อยที่รอส่งอ้อยให้โรงงานโดยเฉลี่ย 38 นาที ถ้าในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวจะมีเวลารอคอยของรถบรรทุกอ้อยที่ไปรอส่งอ้อยให้โรงงานโดยเฉลี่ย 40 นาที จากการใช่วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search) และการค้นหาบริเวณใกล้เคียง (Variable Neighbourhood Search : VNS) สามารถลดเวลารอคอยของรถบรรทุกอ้อยที่ไปรอส่งอ้อยให้โรงงานได้ถึง 90 % เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดตารางการขนส่งโดยใช้พนักงานจัด

ในปี ค.ศ. 1997, Jose and Alan ได้ศึกษาการใช่วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search) ในการจัดเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะ โดยในแต่ละวันยานพาหนะจะมีการขนส่งมากกว่า 1 ครั้ง ลูกค้ากำหนดเวลาในการมาถึงของสินค้า ยานพาหนะมีหลายขนาด และผู้ขับรถจะต้องทำงานไม่เกินเวลาตามที่กฎหมายกำหนด ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ระยะ ซึ่งการศึกษาใน 2 ระยะแรกประกอบไปด้วยการใช้วิธีสลับ (Swap) และการแทรก (Insert) ส่วนระยะสุดท้ายจะนำคำตอบที่ดีที่สุดและนำไปได้จากระยะที่ 2 มาเป็นคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution)

บทที่ 3

ข้อมูลเบื้องต้น

การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยต่างๆ ที่มีผล กระทบต่อการจัดตารางการขนส่งน้ำนมดิบขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น อาทิเช่น ปัจจัยด้านเวลา คุณภาพน้ำนมดิบ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ค่าใช้จ่ายในการล้างถึงพักนม ความเป็นไปได้ในการขนส่ง กระบวนการผลิต เป็นต้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวนี้จะเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลกระทบต่อการจัดตารางการขนส่งน้ำนมดิบ และการกำหนดรูปแบบวิธีจัดตารางการขนส่งน้ำนมดิบในอนาคต คณะวิจัยได้ทำการศึกษาการขนส่งน้ำนมดิบโดยรถบรรทุกจะออกจากโรงงานไปรับนมยังศูนย์รับนมทั้ง 5 แห่ง (ดังแสดงในตารางที่ 3.1) แล้วกลับมายังโรงงาน ซึ่งจากการศึกษาสามารถสรุปกระบวนการผลิตนม โดยแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 3.1 ส่วนในหัวข้อ 3.2 แสดงการตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน ในหัวข้อ 3.3 แสดงการจัดการการขนส่งน้ำนมดิบของโรงงาน และในหัวข้อ 3.4 แสดงกระบวนการล้างถึงพักนมและการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่ศูนย์รับนมและโรงงาน ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นนี้จะนำไปใช้ประกอบการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ การหาขีดจำกัดบน และการพัฒนาอีวิริสติกส์ของโรงงานต่อไป โดยรายละเอียดของแต่ละหัวข้อสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 : รายชื่อศูนย์รับนมที่ทำการศึกษา

ศูนย์รับนม	สถานที่ตั้ง
1. น้ำพอง	อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
2. กระนวน	อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น
3. ศรีธาตุ	อำเภอศรีธาตุ จังหวัดอุดรธานี
4. กุดจับ	อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี
5. ท่งฝน	อำเภอท่งฝน จังหวัดอุดรธานี

3.1 กระบวนการผลิตนม

กระบวนการผลิตนมขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น ในปัจจุบันมีการผลิตนม 2 รส คือ นมจืดและนมหวาน ซึ่งทำการบรรจุกล่องพร้อมดื่ม ยู.เอช.ที. 2 ขนาดคือ 200 และ 250 ซี.ซี. และนมฟลูออไรด์บรรจุถุงพาสเจอร์ไรส์ ขนาด 200 ซี.ซี. โดยกระบวนการผลิตนมจืดและนมหวานสามารถสรุปได้ดังนี้

3.1.1 กระบวนการผลิตนม UHT รสจืด

กระบวนการผลิตนม UHT รสจืด จะมีขั้นตอนการผลิต 29 ขั้นตอน (ดังแสดงกระบวนการผลิตในรูปที่ 3.1) ดังนี้

1) ไปรับน้ำนมดิบ

โรงงานจะไปรับน้ำนมดิบจากศูนย์รับนมต่างๆ เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต (ดังแสดงในรูปที่ 3.1)

- 2) ตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบ นำน้ำนมดิบจากศูนย์รับนมต่างๆ ของ อ.ส.ค. มาตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบโดยใช้เวลา 1-4 ชั่วโมง ถ้าคุณภาพน้ำนมดิบมีคุณภาพก็จะถูกนำมาทำการผลิต แต่ถ้าไม่ได้คุณภาพ โรงงานจะทำการตรวจหาแหล่งที่มาของน้ำนมดิบเพื่อจัดการแก้ไขต่อไป (ดังแสดงในรูปที่ 3.2)
- 3) ชั่งน้ำหนักนม น้ำนมดิบจะถูกนำมาทำการชั่งก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต
- 4) กรองน้ำนมดิบ
- 5) เก็บรักษาน้ำนมดิบ น้ำนมดิบถูกเก็บไว้ในถังพักอุณหภูมิน้อยกว่า 8°C ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต (ดังแสดงในรูปที่ 3.3)
- 6) ลดอุณหภูมิ น้ำนมดิบจะถูกลดอุณหภูมิไม่เกิน 8°C จากนั้นจะนำไปเก็บไว้ในถังพักนม
- 7) ลดอุณหภูมิ ในกรณีที่เก็บไว้เกิน 1 วัน (เฉพาะขั้นตอน 7-9) แต่จะเก็บไว้ไม่เกิน 2 วัน จะทำการลดอุณหภูมิน้ำนมดิบให้อุณหภูมิไม่เกิน 8°C จากนั้นจะนำไปเก็บไว้ในถังพักนม
- 8) เก็บรักษา เก็บไว้ในถังพักน้ำนมดิบในอุณหภูมิไม่เกิน 8°C ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต
- 9) ตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบ ตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบก่อนจะนำน้ำนมดิบนั้นมาทำการผลิต จากนั้นไปขั้นตอน 10
- 10) กรองน้ำนมดิบ
- 11) ฆ่าเชื้อขั้นที่ 1,2 ฆ่าเชื้อโดยใช้เครื่องฆ่าเชื้อเบื้องต้น (Thermizer) ซึ่งมีกำลังการผลิต 10 ตันต่อชั่วโมง (ดังแสดงในรูปที่ 3.4)
- 12) เก็บรักษาในถังนม Thermizer ในอุณหภูมิไม่เกิน 8°C ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต (ดังแสดงในรูปที่ 3.5)
- 13) ตรวจสอบคุณภาพนมก่อนเข้าเครื่อง UHT
- 14) กรองน้ำนมดิบ
- 15) ฆ่าเชื้อโดยใช้เครื่อง UHT (เครื่องฆ่าเชื้อความร้อนสูง) ด้วยอุณหภูมิ 141 °C เวลา 3 นาที ซึ่งมีกำลังการผลิต 6 ตันต่อชั่วโมง (ดังแสดงในรูปที่ 3.6)
- 16) เก็บในถังปลอดเชื้อ เก็บไว้ในถังปลอดเชื้อ (Aseptic Tank) ในกรณีที่เครื่องบรรจุนม UHT บรรจุไม่ทัน หรือถ้านมในกระบวนการบรรจุขาดก็จะดึงจากส่วนนี้มาใช้เพื่อป้องกันการนำนมไปฆ่าเชื้อใหม่ (ดังแสดงในรูปที่ 3.7)
- 17) บรรจุลงกล่อง บรรจุลงกล่องโดยใช้เครื่องบรรจุซึ่งมีหลายขนาดแล้วแต่ขนาดกล่อง (ดังแสดงในรูปที่ 3.8)
- 18) ยิงวันที่หมดอายุ ยิงวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์
- 19) ห่อฟิล์ม ห่อฟิล์ม (Shrink Wrapping) (ดังแสดงในรูปที่ 3.9)

- 20) บรรจูลงถัง บรรจูลงถัง (ดังแสดงในรูปที่ 3.10)
- 21) ป้อนหมายเลขถัง ป้อนหมายเลขถังเพื่อง่ายในการตรวจสอบ
- 22) จัดเก็บในคลังสินค้าโดยใช้พาเลท
- 23) จัดเรียงผลิตภัณฑ์
- 24) ตรวจนับผลิตภัณฑ์ก่อนส่งแผนกคลังสินค้า
- 25) ตรวจคุณภาพนม
- 26) Farm cooling tank
- 27) ตรวจคุณภาพนมก่อนจำหน่าย
- 28) จำหน่ายให้ลูกค้า
- 29) ส่งมอบให้ลูกค้า



รูปที่ 3.1 : แสดงรถบรรทุกทุกน้ำนมดิบที่รอการตรวจคุณภาพ





รูปที่ 3.3 : แสดงถังพักนํ้านมดิบ



รูปที่ 3.4 : แสดงเครื่องฆ่าเชื้อเบื้องต้น (Thermizer)



รูปที่ 3.5 : แสดงถังนมที่ผ่านการ Thermizer



รูปที่ 3.6 : แสดงเครื่อง UHT



รูปที่ 3.7 : แสดงถังปลอดเชื้อ (Aseptic Tank)



รูปที่ 3.8 : แสดงเครื่องบรรจุลงกล่อง



รูปที่ 3.9 : แสดงเครื่องห่อฟิล์มพลาสติก (Shrink Wrapping)



รูปที่ 3.10 : แสดงบรรจุผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีลงลังกระดาษ

3.1.2 กระบวนการผลิตนม UHT รสหวาน

กระบวนการผลิตนม UHT รสหวาน จะมีขั้นตอนการผลิตทั้งหมด 34 ขั้นตอน ซึ่งขั้นตอนของการผลิตนม UHT รสหวานจะคล้ายกับการผลิตนม UHT รสจืด ยกเว้นแต่มีการเติมส่วนผสมในการปรุงแต่งลงไป (ดังแสดงกระบวนการผลิตในรูปที่ 3.13) โดยกระบวนการผลิตนม UHT รสหวาน สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ไปรับน้ำนมดิบจากการไปรับน้ำนมดิบจากศูนย์รับนมต่าง ๆ
- 2) ตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบจากศูนย์รับนมต่าง ๆ
- 3) ชั่งน้ำหนักนมดิบก่อนจะนำเข้าสู่กระบวนการผลิต
- 4) กรองน้ำนมดิบ
- 5) เก็บรักษา ไว้ในถังพักน้ำนมดิบในอุณหภูมิน้อยกว่า 8°C

- 6) ลดอุณหภูมิให้นมดิบให้อุณหภูมิไม่เกิน 8°C จากนั้นจะนำไปเก็บไว้ในถังพักนม
- 7) ลดอุณหภูมิ ในกรณีที่เก็บไว้เกิน 1 วัน (เฉพาะขั้นตอน 7-9) แต่จะเก็บไว้ไม่เกิน 2 วัน จะทำการลดอุณหภูมิให้นมดิบให้อุณหภูมิไม่เกิน 8°C จากนั้นจะนำไปเก็บไว้ในถังพักนม
- 8) เก็บรักษาไว้ในถังพักให้นมดิบในอุณหภูมิน้อยกว่า 8°C
- 9) ตรวจสอบคุณภาพนมนมดิบก่อนจะนำนมนมดิบนั้นมาทำการผลิต
- 10) ใส่น้ำตาลทรายผสมกับนมนมบางส่วน
- 11) ใส่กลิ่นตามที่ต้องการ
- 12) การปรุงแต่งโดยนำน้ำตาลทราย และกลิ่นตามที่ต้องการมาผสมกัน
- 13) กรองนม
- 14) เก็บนมในถังปรุงแต่ง (ดังแสดงในรูปที่ 3.11)
- 15) กรองนมนมดิบ
- 16) ฆ่าเชื้อขั้นที่ 1,2
- 17) เก็บไว้ในถังนม Thermizer ในอุณหภูมิน้อยกว่า 8°C
- 18) ตรวจสอบคุณภาพนมก่อนเข้าเครื่อง UHT
- 19) กรองนมนมดิบ
- 20) ฆ่าเชื้อโดยใช้เครื่อง UHT (เครื่องฆ่าเชื้อความร้อนสูง) ด้วยอุณหภูมิ 141°C เวลา 3 วินาที
- 21) เก็บในถังปลอดเชื้อ ในกรณีที่เครื่องบรรจุนม UHT บรรจุไม่ทัน หรือถ้านมในกระบวนการบรรจุขาดก็จะดึงจากส่วนนี้มาใช้เพื่อป้องกันการนำนมไปฆ่าเชื้อใหม่
- 22) บรรจุลงกล่อง
- 23) ยิงวันที่หมดอายุของผลิตภัณฑ์
- 24) ห่อฟิล์ม (Shrink Wrapping)
- 25) บรรจุลงลัง
- 26) ป้ายหมายเลขลังเพื่อ่ายในการตรวจสอบ
- 27) จัดเก็บในคลังสินค้าโดยใช้พาเลท
- 28) จัดเรียงผลิตภัณฑ์
- 29) ตรวจนับส่งแผนกคลังสินค้า
- 30) ตรวจสอบคุณภาพนม
- 31) Farm cooling tank
- 32) ตรวจสอบคุณภาพนมก่อนจำหน่าย
- 33) จำหน่ายให้ลูกค้า
- 34) ส่งมอบให้ลูกค้า



รูปที่ 3.11 : แสดงถังปรุงแต่งนม

3.1.3 กระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ (ฟลูออไรด์)

กระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ (ฟลูออไรด์) จะมีขั้นตอนการผลิต 17 ขั้นตอน (ดังแสดงกระบวนการผลิตในรูปที่ 3.14) ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

- 1) ไปรับน้ำนมดิบจากศูนย์รับนมต่าง ๆ ของ อ.ส.ค.
- 2) ตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบที่รับมาจากศูนย์รับนมต่าง ๆ
- 3) ชั่งน้ำหนักนมดิบก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต
- 4) กรองน้ำนมดิบ
- 5) เก็บรักษาน้ำนมดิบไว้ในถังพักน้ำนมดิบในอุณหภูมิน้อยกว่า 8°C
- 6) ใส่ฟลูออไรด์
- 7) ตรวจสอบคุณภาพนมก่อนจะนำมาผลิต
- 8) ฆ่าเชื้อโดยใช้เครื่องพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 85°C เวลา 15 วินาที (ดังแสดงในรูปที่ 3.12)
- 9) เก็บไว้ในถังนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์
- 10) บรรจุน้ำนมลงถุง (ดังแสดงในรูปที่ 3.13)
- 11) ยิงวันที่หมดอายุของผลิตภัณฑ์
- 12) บรรจุลงลัง
- 13) จัดเก็บในห้องเย็น (ดังแสดงในรูปที่ 3.14)
- 14) ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ก่อนส่งแผนกคลังสินค้า
- 15) ตรวจสอบคุณภาพนม
- 16) จำหน่ายให้ลูกค้า
- 17) ส่งมอบให้ลูกค้าที่กระจายอยู่ตามที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ



รูปที่ 3.12 : แสดงเครื่องพาสเจอร์ไรส์



รูปที่ 3.13 : แสดงเครื่องบรรจุถุงนม



รูปที่ 3.14 : แสดงห้องเย็น

3.2 การตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์

ในการตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์ก่อนส่งออกจำหน่ายนั้น โรงงานจะมีการสุ่มทดสอบทุก 5 นาที โดยมีวิธีตรวจสอบอยู่ 2 วิธี ดังนี้

3.2.1 วิธีทดสอบชิม

เป็นการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ปั๊มไว้ ณ. อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลารวม 7 วัน โดยเป็นการทดสอบเบื้องต้นว่าผลิตภัณฑ์มีรสชาติเปลี่ยนไปหรือไม่ (ดังแสดงในรูปที่ 3.15)



รูปที่ 3.15 : แสดงการตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยวิธีการชิม

3.2.2 วิธีการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์

เป็นการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์จำนวนเท่าไร หากเป็นผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่มีคุณภาพดีจะต้องมีจุลินทรีย์คือ ชนิดที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและจำนวนจุลินทรีย์ไม่เกินตามที่ประกาศมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด (ดังแสดงในรูปที่ 3.16)



รูปที่ 3.16 : แสดงการตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยวิธีการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์

3.3 การจัดการการขนส่งน้ำนมดิบของโรงงาน

3.3.1 ข้อมูลเบื้องต้น

ในการรับน้ำนมดิบนั้น ศูนย์รับนมจะเป็นศูนย์กลางรับนมจากเกษตรกรที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ใกล้เคียงศูนย์รับนม ซึ่งในปัจจุบันมีทั้งหมด 5 ศูนย์ โดยระยะทางจากศูนย์มายังโรงงานสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.2 ในปัจจุบันรถบรรทุกที่ใช้ในการรับ-ส่งนมจากศูนย์รับนมมายังโรงงานมี 2 ขนาดคือ (1) รถบรรทุกขนาด 11.2 ตัน จำนวน 6 คัน ในแต่ละคันมีช่องบรรจุนม 3 ช่อง และ (2) รถบรรทุกขนาด 7 ตัน จำนวน 1 คัน มีช่องบรรจุนม 1 ช่อง ซึ่งถึงบรรจุนมของรถบรรทุกแต่ละคันจะเป็นสแตนเลสสตีล จึงสามารถเก็บน้ำนมดิบได้ 24 ชั่วโมงโดยไม่บูดเสีย โดยปกติแล้ว รถบรรทุกแต่ละคันจะไปรับนมจากศูนย์รับนมหลายศูนย์มายังโรงงาน อย่างไรก็ตามปริมาณนมที่ได้รับจากศูนย์ต่างๆ บางช่วงเวลาก็ไม่แน่นอนเนื่องจากเป็นผลผลิตทางเกษตรประกอบกับระบบบริหารจัดการการรับ/ส่งน้ำนมดิบที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละวัน

ตารางที่ 3.2 : แสดงระยะทางจากศูนย์รับนม i ไปศูนย์รับนม j (กิโลเมตร): d_{ij}

i	j					
	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	61.01	105.37	138.83	167.75	207.62
น้ำพอง	-	-	46.35	79.82	122.19	162
กระนวน	-	46.35	-	75.46	154.49	168.92
ศรีธาตุ	-	79.82	75.46	-	110.03	118.16
กุดจับ	-	122.19	154.49	110.03	-	120.89
ทุ่งฝน	-	162	168.92	118.16	120.89	-

ในปัจจุบันปริมาณน้ำนมดิบที่ขนส่งมายังโรงงานผลิตนมของ อ.ส.ค. จังหวัดขอนแก่นมีปริมาณนมโดยเฉลี่ย 60 ตัน/วัน เมื่อรถบรรทุกมาถึงโรงงานกระบวนการแรกของการผลิตนม คือการตรวจคุณภาพของน้ำนมดิบ ถ้าน้ำนมดิบได้คุณภาพตามที่ต้องการก็นำน้ำนมดิบจากรถบรรทุกเข้าสู่ถังพักนมโดยระบบท่อส่งจากนั้นน้ำนมดิบจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตทันที อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการผลิตนมจากกระบวนการนำน้ำนมดิบสู่ถังพักนมของโรงงานคือ น้ำนมดิบจากรถบรรทุกที่รออยู่หรือมาถึงโรงงานพร้อมกันจะถูกนำเข้าสู่ถังพักนมเพียงครั้งเดียวเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงฟาร์มลง โดยปริมาณนมที่ส่งลงสู่ถังพักนมจะต้องไม่เกินปริมาณบรรจุของถังพักนมซึ่งมีจำนวน 2 ถัง โดยแต่ละถังมีความจุ 20 ตัน

3.3.2 การวางแผนการขนส่งน้ำนมดิบ

ในปัจจุบัน การวางแผนการขนส่งในการไปรับน้ำนมดิบของโรงงานจะทำการวางแผนเป็นรายเดือน โดยการ Manual ซึ่งอาศัยประสบการณ์และทักษะความชำนาญของนักวางแผนเป็นส่วนใหญ่ โดยในการวางแผนการไปรับน้ำนมดิบจากศูนย์ต่างๆ มายังโรงงานนั้น นักวางแผนจะใช้หลักการกะปริมาณน้ำนมดิบในแต่ละศูนย์ โดยการพิจารณาข้อมูลย้อนหลังของเดือนก่อนหน้า ประกอบกับการพิจารณาการจำหน่ายให้ฟาร์มไหนหรือไม่ หลังจากนั้นจะทำการเช็คปริมาณน้ำนมดิบที่เหลือทั้งหมดในแต่ละศูนย์เพื่อที่จะได้วางแผนเพื่อไปรับน้ำนมดิบจากศูนย์ต่างๆ มายังโรงงาน ซึ่งนักวางแผนการขนส่งจะใช้พิจารณาปัจจัยต่างๆ เช่น การให้รถสามารถทำการขนส่งให้น้ำนมดิบเต็มคัน (ตามความจุของรถ) ระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง เส้นทางในการขนส่งมีความสะดวก และความเมื่อลำของพนักงานขับรถบรรทุก ส่วนการปรับแผนการไปรับน้ำนมดิบจะทำการปรับแผนทุกๆ เดือนเนื่องจากปริมาณน้ำนมดิบในช่วงเปิดเทอมมีจำนวนไม่มาก โดยค่าน้ำมันในการขนส่งประมาณ 300,000–350,000 บาท/เดือน (จากข้อมูลเดือนมกราคม – มิถุนายน 2549) และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถขนาด 11.2 และ 7 ตันเฉลี่ยเท่ากับ 0.2967 และ 0.3311 ลิตร/กิโลเมตร (จากข้อมูลเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม 2548 ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค.1) จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้เส้นทางเดินของรถในการไปรับน้ำนมดิบในแต่ละช่วงเวลาอาจมีรูปแบบที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ซึ่งเป็นผลการจัดตารางการไปรับน้ำนมดิบของโรงงานในปัจจุบันในระยะ 5 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 (ส่วนรายละเอียดของการจัดตารางเดินรถสามารถสรุปในภาคผนวก ค.2)

ตารางที่ 3.3 : แสดงผลการจัดเส้นทางไปรับน้ำนมดิบของรถบรรทุกแต่ละคัน ปี 2549

เดือน	เส้นทางการเดินรถ	ปริมาณน้ำนมแต่ละศูนย์ (ตัน)	ปริมาณน้ำนมรวม (ตัน)
มกราคม	<u>รูปแบบที่ 1</u>	<u>รูปแบบที่ 1</u>	<u>รูปแบบที่ 1</u>
	กุดจับ -> กระนวน	6 -> 5.2	11.2
	ศรีธาตุ	11.2	11.2
	กระนวน	11.2	11.2
	น้ำพอง	11.2	11.2
	น้ำพอง	7	7
	เจริญศิลป์ -> พุ่งฝน -> ศรีธาตุ -> กระนวน	0.5 -> 4 -> 0.3 -> 1	5.8
	<u>รูปแบบที่ 2</u>	<u>รูปแบบที่ 2</u>	<u>รูปแบบที่ 2</u>
	กุดจับ -> กระนวน	6 -> 5	11
	ศรีธาตุ	11.2	11.2
	กระนวน	11.2	11.2
	น้ำพอง	11.2	11.2
	น้ำพอง	7	7
	พุ่งฝน -> กระนวน	4 -> 1	5
กุมภาพันธ์	<u>รูปแบบที่ 1</u>	<u>รูปแบบที่ 1</u>	<u>รูปแบบที่ 1</u>
	กุดจับ	6	6
	ศรีธาตุ	11.2	11.2
	กระนวน	11.2	11.2
	น้ำพอง	11.2	11.2
	น้ำพอง	7	7
	พุ่งฝน -> ศรีธาตุ -> กระนวน	4 -> 0.5 -> 5	9.5
มีนาคม	<u>รูปแบบที่ 1</u>	<u>รูปแบบที่ 1</u>	<u>รูปแบบที่ 1</u>
	กุดจับ	6	6
	ศรีธาตุ	11.2	11.2
	กระนวน	11.2	11.2
	น้ำพอง	11.2	11.2
	น้ำพอง	7	7
	พุ่งฝน -> ศรีธาตุ -> กระนวน	3.5 -> 0.8 -> 5.4	9.7

ตารางที่ 3.3 : แสดงผลการจัดเส้นทางไปรับน้ำมันดิบของรถบรรทุกแต่ละคัน ปี 2549 (ต่อ)

เดือน	เส้นทางการเดินรถ	ปริมาณน้ำมันแต่ละศูนย์ (ตัน)	ปริมาณน้ำมันรวม (ตัน)
เมษายน	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 1
	กุดจับ -> น้ำพอง	5.5 -> 5.5	11
	ศรีธาตุ	11.2	11.2
	กระนวน	11.2	11.2
	น้ำพอง	11.2	11.2
	ทุ่งฝน -> กระนวน -> น้ำพอง	3 -> 5 -> 1.2	9.2
มิถุนายน	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 1
	กุดจับ -> น้ำพอง	5 -> 6	11
	ศรีธาตุ	10.5	10.5
	กระนวน	11.2	11.2
	น้ำพอง	11.2	11.2
	ทุ่งฝน -> กระนวน	2.9 -> 5.5	8.4

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันพบว่าในกระบวนการรับ/ส่งน้ำมันดิบของศูนย์รับนมและโรงงานมีปัญหาและอุปสรรคที่สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ปัญหาด้านการวางแผนการขนส่ง

- 1.1) การจัดการขนส่งยังไม่มีโปรแกรมการขนส่งในการรองรับปัญหาการขนส่งที่มีขนาดใหญ่ ที่โรงงานอาจจะมีการขยายกิจการในอนาคต นอกจากนี้ยังทำให้การเปลี่ยนแปลงแผนการไปรับน้ำมันดิบของรถมีความยากลำบากหากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณนม หรือหากเกิดความไม่แน่นอนต่างๆ ขึ้น
- 1.2) การพยากรณ์ปริมาณน้ำมันที่นักวางแผนใช้ในปัจจุบันอาจจะมีเทคนิคที่ยังไม่เหมาะสมที่จะรองรับกับปริมาณน้ำมันดิบที่เปลี่ยนไปในอนาคต

2) ปัญหาด้านการขนส่ง

- 2.1) รถมีสภาพเก่าทำให้เปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
- 2.2) ถนนมีสภาพไม่ดีทำให้การขนส่งเกิดความล่าช้า
- 2.3) สภาพการจราจรคับคั่งทำให้การขนส่งเกิดความล่าช้า
- 2.4) สมรรถภาพของรถมีความเสื่อมลงเนื่องจากบางคนอาจต้องไปรับน้ำมันดิบ 2 รอบ และระยะทางในการขนส่งบางศูนย์รับนมค่อนข้างไกล
- 2.5) จำนวนพนักงานขับรถไม่เพียงพอ
- 2.6) รถมีสภาพเก่าทำให้เสียค่าซ่อมและค่าบำรุงรักษาจำนวนมาก (ค่าซ่อมและค่าบำรุงรักษาปี 2549 ประมาณ 1,500,000 บาท)

3) ปัญหาด้านศูนย์รับนม

- 3.1) รถบรรทุกนมมาถึงที่ศูนย์รับนมแล้วแต่เกษตรกรยังไม่หมดทำให้การขนส่งนํ้านมดิบล่าช้า
- 3.2) ถังเย็นยังมีความเย็นไม่พอทำให้ไม่สามารถขนส่งนมเข้ารถบรรทุกได้
- 3.3) ถ้าไฟดับจะต้องให้เกษตรกรไปส่งนํ้านมดิบที่ศูนย์อื่นที่อยู่ใกล้ที่สุดทำให้เกษตรกรต้องเดินทางเป็นระยะทางไกล

4) ปัญหาด้านโรงงาน

- 4.1) รถถึงพักนํ้านมดิบที่ว่างและรถบรรทุกคันอื่นเพื่อส่งนํ้านมดิบเข้าสู่ถังพักนมที่เดียวให้เต็มถึง ทำให้รถบรรทุกต้องรอที่จะถายนํ้านมดิบลงถังพักนมเป็นเวลานาน

3.4 การล้างถังพักนมที่ศูนย์รับนมและโรงงาน

ในการล้างถังพักนมที่ศูนย์รับนม คณะวิจัยได้ออกทำการเก็บข้อมูลทั้ง 5 ศูนย์ และโรงงาน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

3.4.1 ศูนย์รับนมนํ้าพอง

1.1) ข้อมูลทั่วไปของศูนย์รับนม

- จำนวนเกษตรกรที่ต้องมาส่งนํ้านมดิบ 170 ราย โดยส่วนใหญ่อยู่ห่างไกลศูนย์รับนมในรัศมี 20-30 กิโลเมตร
- ปริมาณนํ้านมดิบที่ส่งในแต่ละวัน มี 2 รอบคือในรอบเช้า 8 -12 ตัน และรอบเย็น 6-8 ตัน
- เวลาเปิดรับนํ้านมดิบในตอนเช้าคือ 7:00 – 8:00 น. และในตอนเย็นคือ 16:30 – 17:30 น.
- เวลาปิดรับนํ้านมดิบในตอนเช้า 9:00 น. และตอนเย็น 18:00 น.
- โดยส่วนใหญ่รถที่เกษตรกรใช้ในการส่งนํ้านมดิบคือ รถกระบะ และรถบรรทุก 6 ล้อ (ดังแสดงในรูปที่ 3.17) ซึ่งรถเหล่านี้จะไปรับนมจากเกษตรกรในจุดต่างๆ เพื่อรวบรวมให้เต็มคันรถ แล้วจึงนำมาส่งที่ศูนย์รับนม โดยค่าใช้จ่ายในการขนส่งนํ้านมดิบมายังศูนย์เกษตรกรจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่าย ซึ่งในปัจจุบันสมาชิกส่วนใหญ่ ประมาณร้อยละ 90 จะทำการขนส่งนํ้านมดิบมายังศูนย์ด้วยตนเอง เกษตรกรส่วนที่เหลือจะจ้างให้บุคคลอื่นทำการขนส่งให้
- ที่ศูนย์มีถังพักนํ้านมดิบ 1 ถึง ขนาด 10 ตัน ซึ่งมีปริมาณที่เพียงพอที่จะรองรับนํ้านมดิบในแต่ละวัน หากมีการแบ่งรับนมเป็น 2 ช่วง แต่อย่างไรก็ตามในอนาคต หากเกษตรกรส่งนมในตอนเย็นมากกว่า 10 ตัน อาจทำให้ถังพักนํ้านมดิบไม่สามารถรองรับได้และอาจทำให้เกิดปัญหาที่ตามมาได้
- โดยปกติ รถของโรงงานขนาด 11.2 ตัน จะมารับนํ้านมดิบที่ศูนย์ในรอบเช้าหลังจากที่เกษตรกรได้ส่งนมเสร็จ (ปริมาณ 10 ตัน) จากนั้นทางศูนย์ก็จะทำการส่งผ่านความเย็นเพื่อให้นํ้านมดิบมีอุณหภูมิที่ 7°C แล้วจึงนำนํ้านมดิบปริมาณดังกล่าวบรรทุกส่งโรงงาน อ.ส.ค. ประมาณเวลา 9:00-9:30 น. ส่วนในตอนบ่ายประมาณ 12:00-13:00 น. จะมีรถ

มารับน้ำนมดิบที่เหลืออีกประมาณ 7-8 ตัน ซึ่งเป็นปริมาณน้ำนมดิบของเมื่อวานตอนเย็น



รูปที่ 3.17 : แสดงรถยนต์ 6 ล้อที่เกษตรกรใช้ในการส่งน้ำนมดิบที่ศูนย์น้ำพอง

1.2) ระบบบริหารจัดการการรับน้ำนมดิบจากเกษตรกร

ในปัจจุบัน ถึงแม้ศูนย์รับนมน้ำพองมีการจัดตารางเวลาให้เกษตรกรแต่ละรายมาส่งน้ำนมดิบในเวลาที่กำหนด รวมทั้งมีมาตรการป้องกันซึ่งจะทำการปรับผู้ที่มาส่งนมช้าและนำเงินส่วนที่ได้จากการปรับมาให้แก่ผู้ที่มาส่งตรงเวลา แต่อย่างไรก็ตาม ศูนย์รับน้ำนมดิบน้ำพองก็กำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับการบริหารจัดการดังนี้

- เกษตรกรมาส่งน้ำนมดิบไม่ตรงเวลาตามที่ศูนย์กำหนดเวลา บางครั้งก็เกิดการกระจุกของรถส่งน้ำนมดิบ ซึ่งจากเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้การส่งนมของเกษตรกรแต่ละรายมีความล่าช้าและเกิดการรอคอย และส่งผลให้การขนส่งนมไปยังโรงงานล่าช้า และทำให้ค่าใช้จ่ายในการเปิดอุปกรณ์เพื่อรองรับน้ำนมดิบมีค่าค่อนข้างสูง
- เนื่องจากศูนย์รับนมน้ำพองมีปริมาณน้ำไม่พอใช้จึงไม่มีการให้บริการการล้างอุปกรณ์ (ถังนม) ของเกษตรกรที่ศูนย์รับนมหลังจากที่ได้ลงนมเสร็จในทันที ดังนั้น ที่ศูนย์ฯ จะมีการประชุมกับเกษตรกรและผู้ส่งนมทุกๆ เดือน เพื่อชี้แจงและทำความเข้าใจกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องถึงแนวทางการปฏิบัติ และการแก้ไขปัญหาของการรับ/ส่งน้ำนมดิบที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

1.3) ข้อมูลการล้างถังพักนม

ในการรับซื้อนมดิบของศูนย์รับนมน้ำพองจากสมาชิกจะเปิดรับซื้อ 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่ 7.00 น. - 8.00 น. และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เวลา 16.30 น. - 17.30 น. ดังนั้นในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบในปัจจุบันมี 2 ลักษณะคือ (1) การล้างปกติ และ (2) การล้างด้วยกรด โดยในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบจะทำการล้าง (CIP) จำนวน 3 ครั้ง/วัน ซึ่งแยกเป็นการล้างแผ่นเพลทแลกเปลี่ยนความร้อนจำนวน 2 ครั้ง และการล้างถังเก็บนม 1 ครั้ง ซึ่งการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบมี 2 ลักษณะ ดังนี้

(1) การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างปกติ

ในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบของการล้างปกตินี้ ศูนย์รับนมจะทำการล้างเพลทและล้างระบบทุกวัน โดยการล้างเพลทจะทำการล้างทุกครั้งที่ได้มีการรับซื้อนมดิบเสร็จ (2 ครั้ง/วัน) ส่วนการล้างถังเก็บนมจะทำการล้างเพียงวันละ 1 ครั้งหลังจากรถขนส่งนมดิบมารับนมไปหมดแล้ว ซึ่งรายละเอียดของการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบของการล้างปกติมีดังนี้

ขั้นตอนการล้างแผ่นเพลท (2 ครั้ง/วัน)

1. ใส่คราบนมด้วยน้ำสะอาด โดยใช้เวลาประมาณ 3 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณ น้ำสะอาด 100 ลิตร
2. ล้างด้วยด่างความเข้มข้น 1% โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำด่าง 6 กิโลกรัม (ใช้ 2 วัน แล้วทิ้ง)
3. ใส่ด่างด้วยน้ำสะอาด โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำ สะอาด 200 ลิตร

ซึ่งขั้นตอนของการล้างเพลท ปริมาณวัตถุดิบ และเวลาที่ใช้ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 : แสดงขั้นตอนการล้างแผ่นเพลทของศูนย์รับนมน้ำพอง

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุดิบ	
				ลิตร	กก.
1	ใส่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	3	100	-
2	ล้างด้วยด่างความเข้มข้น 1 %	ด่าง	15	-	6
		น้ำสะอาด		150	
3	ใส่ด่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	200	-
รวม				450	-

ขั้นตอนการล้างถังเก็บนม (1 ครั้ง/วัน)

1. ใส่คราบนมด้วยน้ำสะอาด โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำสะอาด 200 ลิตร
2. ล้างด้วยด่างความเข้มข้น 1% โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำด่าง 6 กิโลกรัม (ใช้ 2 วัน แล้วทิ้ง)
3. ใส่ด่างด้วยน้ำสะอาด โดยใช้เวลา ประมาณ 5 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำสะอาด 200 ลิตร

ซึ่งขั้นตอนของการล้างระบบ ปริมาณวัตถุดิบ และเวลาที่ใช้ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบของศูนย์รับมมน้ำพอง

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภท วัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาท.)	ปริมาณวัตถุดิบ	
				ลิตร	กก.
1	ใส่คราบมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	200	-
2	ล้างด้วยต่างความเข้มข้น 1 %	ต่าง	15	-	6
		น้ำสะอาด		150	
3	ใส่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	200	-
รวม				550	-

(2) การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างด้วยกรด (2 วัน /ครั้ง)

ขั้นตอนการล้างระบบ (1 ครั้ง/วัน)

1. ใส่คราบมด้วยน้ำสะอาด โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำสะอาด 200 ลิตร
 2. ล้างด้วยต่างความเข้มข้น 1% โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำต่าง 6 กิโลกรัม (ใช้ 2 วัน แล้วทั้ง)
 3. ใส่ต่างด้วยน้ำสะอาด โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำสะอาด 200 ลิตร
 4. ล้างด้วยกรด โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำกรด 6 กิโลกรัม (2 วันล้าง 1 ครั้ง แล้วทั้ง)
 5. ใส่น้ำครั้งสุดท้าย โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำสะอาด 200 ลิตร
- ซึ่งขั้นตอนของการล้างระบบด้วยกรด ปริมาณวัตถุดิบ และเวลาที่ใช้ได้สรุปไว้ใน ตาราง ที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบด้วยกรดของศูนย์รับมมน้ำพอง

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาท.)	ปริมาณวัตถุดิบ	
				ลิตร	กก.
1	ใส่คราบมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	200	-
2	ล้างด้วยต่างความเข้มข้น 1 %	ต่าง	15	-	6
		น้ำสะอาด		150	
3	ใส่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	200	-
4	ล้างด้วยกรดความเข้มข้น 0.5 %	กรด	15	-	6
		น้ำสะอาด		100	
5	ใส่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	200	-
รวม				850	-

หมายเหตุ: ต่าง 6 กก. ใช้ 2 วัน แล้วทั้ง, กรด 6 กก. ใช้ 2 วันต่อครั้ง แล้วทั้ง

(3) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

จากการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบพบว่าทำให้มีลักษณะการใช้พลังงานของเครื่องจักรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการ ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 : แสดงรายการเครื่องใช้ไฟฟ้า/มอเตอร์ในการล้างอุปกรณ์การรับซื้อนมดิบของศูนย์รับนมน้ำพอง

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	Name Plate		ตรวจวัด					
		kW	Volt	Volt	Amp			kW	PF
					A1	A2	A3	(Meas)	
การล้าง									
1	ปั้มน้ำนมขึ้นรถ	1.5	380	395.00	1.43	1.52	1.59	0.47	0.45
2	ปั้มน้ำนมผ่านเพลท	1.5	380	395.00	1.42	1.40	1.39	0.42	0.44
3	ปั้ม CIP	1.5	380	395.00	1.46	1.54	1.49	0.45	0.44
4	ฮีตเตอร์	7.9	380	395.00	11.07	11.26	11.24	7.58	0.99
5	ปั้มน้ำบาดาล	1.1	220	228.00	6.41			0.61	0.42

จากตารางที่ 3.7 พบว่า ในแต่ละกระบวนการของการผลิตน้ำแข็ง การรับซื้อน้ำนม และการล้างอุปกรณ์ ทำให้การใช้อุปกรณ์ต่างๆ มีความแตกต่างกัน ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ (1) ค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ต่อครั้ง (q) ความถี่ที่ใช้ต่อช่วงเวลา (f_m) และต้นทุนของวัตถุดิบประเภทนั้นๆ (c_m) และ (2) ค่าใช้จ่ายจากการใช้กระแสไฟฟ้า จากการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะมีปริมาณค่าใช้จ่ายซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- Specification ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ : กิโลวัตต์ (P)
- ความถี่ของการใช้งานในแต่ละช่วงเวลา : ครั้ง (F)
- ระยะเวลาที่ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ในแต่ละครั้ง : ชั่วโมง (D)
- ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด : บาท/กิโลวัตต์ ($Ec1$)
- ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย : บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ($Ec2$)

ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าของสหกรณ์ เช่น อัตราปกติ TOD หรือ TOU เป็นต้น

ดังนั้น การคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 1 ดังนี้

$$TC = EC + RC \quad (3.1)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} TC &= \text{ค่าใช้จ่ายรวม} \\ EC &= \text{ค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้า} \\ RC &= \text{ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบ} \end{aligned}$$

โดย

$$EC = (P \times Ec1) + (F \times D \times P \times Ec2)$$

$$\text{และ } RC = q \times f_m \times \left(\frac{Q_m}{Q} \right)$$

เมื่อ Q = ปริมาณวัตถุดิบต่อ container

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 3.7 สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้าและค่าวัตถุดิบในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบได้โดยใช้สมการที่ 3.1 ซึ่งผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าของการล้างถึงกรณีการล้างปกติและการล้างถึงกรณีล้างด้วยกรดได้แสดงดังตารางที่ 3.8 และ 3.9 ตามลำดับ ส่วนการคำนวณค่าใช้จ่ายค่าวัตถุดิบได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าจากการใช้อุปกรณ์ปั้มน้ำเพื่อให้ได้น้ำที่เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการล้างอุปกรณ์ถังนม (ดังแสดงในตารางที่ 3.8) และค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบที่ใช้โดยตรงซึ่งสามารถสรุปได้แสดงดังตารางที่ 3.9 ดังนั้นหากพิจารณาค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อ นมดิบจึงมีค่า 5,425.70 บาท/เดือน

ตารางที่ 3.8 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของปั้มน้ำบาดาลของศูนย์รับนมน้ำพอง

ข้อมูลเบื้องต้น

ขนาดพิกัดปั้มน้ำบาดาล	17	ลิตร/นาที่
ปริมาณน้ำบาดาลที่ใช้ต่อเดือน (ประมาณ)	35,500.00	ลิตร
ปั้มน้ำบาดาลใช้เวลา/เดือน	2,088.24	นาที่ (หรือ 34.80 ชม.)

รายชื่ออุปกรณ์	kw	เวลาการใช้ อุปกรณ์ (ชม./เดือน)	ปริมาณ ไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้าน ไฟฟ้า (บาท/kWh) ¹	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/kw) ²	ค่าไฟฟ้าแบบ ปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/เดือน)
ปั้มน้ำบาดาล	0.61	34.80	21.23	1.7034	196.26	36.16	119.72
ค่าไฟฟ้าในการล้างด้วยกรด						36.16	119.72
รวมค่าไฟฟ้าในการล้างด้วยกรด (บาท/เดือน)						155.88	

หมายเหตุ : ¹ ศูนย์เสียค่าไฟฟ้าแบบปกติ หน่วยละ 1.7034 บาท

² ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 196.26 บาท/ kw

ตารางที่ 3.9 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบของศูนย์รับนมน้ำพอง

รายชื่อวัตถุดิบ	ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (กก./ครั้ง)	ความถี่ที่ใช้ (ครั้ง/วัน)	จำนวนวันที่ใช้ ต่อเดือน	รวมวัตถุดิบที่ใช้ (กก./เดือน)	ค่าวัตถุดิบ (บาท/ลิตร)	รวมค่าใช้จ่าย (บาท/เดือน)
ต่าง	6	2	15	180.00	6.43	1,157.40
กรด	6	1	10	60.00	9.20	552.00
รวมค่าวัตถุดิบในการล้าง						1,709.40

3.4.2 ศูนย์รับนมกระนวน

1.1) ข้อมูลทั่วไปของศูนย์รับนม

- จำนวนเกษตรกรที่ต้องมาส่งน้ำนมดิบ 141 ราย โดยส่วนใหญ่อยู่ห่างไกลศูนย์รับนมในรัศมี 400 เมตร - 50 กิโลเมตร
- ปริมาณน้ำนมดิบที่ส่งในแต่ละวัน : รอบเช้า 10 ตัน และรอบเย็น 6-7 ตัน
- เวลาเปิดรับน้ำนมดิบในตอนเช้า 7:00 – 8:30 น. และในตอนเย็น 16:30–17:30 น.
- เวลาปิดรับน้ำนมดิบในตอนเช้า 9:00 – 9:30 น. และในตอนเย็น 18:00 น.
- โดยส่วนใหญ่รถที่เกษตรกรใช้ในการส่งน้ำนมดิบคือ รถกระบะ ซึ่งเป็นรถจ้าง เหมามีประมาณ 4 คัน ซึ่งแต่ละคันสามารถจุได้ 20 ถัง (ถังละ 20 ลิตร) ซึ่งรถเหล่านี้จะไปรับนมจากเกษตรกรในจุดต่างๆ เพื่อรวบรวมให้เต็มคันรถ แล้วจึงนำมาส่งที่ศูนย์รับนม นอกจากนี้ยังมีรถขนส่งน้ำนมดิบของเกษตรกรเองประมาณ 15 คัน ที่ทำการขนส่งน้ำนมดิบมายังศูนย์ฯ อย่างไรก็ตามหากเกษตรกรรายใดที่อยู่ใกล้กับศูนย์รับนมในรัศมี 5-10 กิโลเมตรและมีปริมาณนมไม่มากก็อาจจะใช้รถมอเตอร์ไซด์ในการส่งน้ำนมดิบมายังศูนย์ฯ
- ที่ศูนย์มีถังพักน้ำนมดิบ 1 ถัง ขนาด 10 ตัน
- โดยปกติ รถของโรงงานขนาด 11.2 ตัน จะมารับน้ำนมดิบที่ศูนย์ในรอบเช้าก่อน 7:00 น. ส่วนในตอนสายประมาณ 10:00-11:00 น. จะมีรถจากสายอื่น (รถจากทุ่งฝน) มารับอีก 6-7 ตัน

1.2) ระบบบริหารจัดการการรับน้ำนมดิบจากเกษตรกร

ศูนย์รับนมกระนวนมีระบบบริหารจัดการในการส่งน้ำนมดิบของเกษตรกร หากเกษตรกรรายใดมาส่งน้ำนมดิบช้ากว่าเวลาที่กำหนดต้องแจ้งเข้ามาที่ศูนย์รับนมก่อนไม่เช่นนั้นทางศูนย์ฯ จะไม่รับน้ำนมดิบ นอกจากนี้ทางศูนย์ฯ จะทำการประชุมเกษตรกร และผู้ส่งน้ำนมดิบทุกๆ วันที่ 20 ของเดือน เพื่อชี้แจงและทำความเข้าใจกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องถึงแนวทางการปฏิบัติ และการแก้ไขปัญหาของการรับ/ส่งน้ำนมดิบ จากการดำเนินการดังกล่าวทำให้การส่งน้ำนมดิบของเกษตรกรมาค่อนข้างที่จะตรงเวลา นอกจากนี้ที่ศูนย์รับนมกระนวนยังมีการบริการน้ำให้กับเกษตรกรที่มาส่งน้ำนมดิบได้ล้างถังนมที่ศูนย์รับนมได้หลังจากที่ได้ส่งน้ำนมดิบเสร็จโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย (ดังแสดงในรูปที่ 3.18) โดยการให้บริการดังกล่าวจะทำให้ถังน้ำนมดิบได้ถูกทำความสะอาดอย่างทันที



รูปที่ 3.18 : แสดงการบริการน้ำให้กับเกษตรกรในการล้างถังนม

1.3) ข้อมูลการล้างถังพิกัด

จากการดำเนินการรับซื้อนมดิบของศูนย์รับนมกระนวนจากสมาชิกจะเปิดรับซื้อ 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่ 7.00 น. - 8.30 น. และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เวลา 16.30 น. - 17.30 น. ดังนั้นในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบในปัจจุบันมี 2 ลักษณะคือ (1) การล้างปกติ และ (2) การล้างด้วยกรด โดยในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบจะทำการล้าง (CIP) จำนวน 3 ครั้ง/วัน ซึ่งแยกเป็นการล้างแผ่นเพลทแลกเปลี่ยนความร้อนจำนวน 2 ครั้ง และการล้างถังนมและระบบ 1 ครั้ง ซึ่งการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบมี 2 ลักษณะของศูนย์รับนมกระนวนมีดังนี้

(1) การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างปกติ

การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างปกติของศูนย์รับนมกระนวนจะมีความคล้ายคลึงกับการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบของศูนย์รับน้ำนมดิบน้ำพอง ยกเว้นเพียงปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.10 และตารางที่ 3.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.10 : แสดงขั้นตอนการล้างแผ่นเพลทของศูนย์รับนมกระนวน

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุดิบ	
				ลิตร	กก.
1	ไล่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	300	-
2	ล้างด้วยด่างความเข้มข้น 1 %	ด่าง	20	-	1.5
		น้ำสะอาด		100	
3	ไล่ด่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	300	-
รวม				700	-

ตารางที่ 3.11 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบของศูนย์รับนมกระนวน

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุดิบ	
				ลิตร	กก.
1	ไล่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	300	-
2	ล้างด้วยด่างความเข้มข้น 1 %	ด่าง	20	-	1.5
		น้ำสะอาด		100	
3	ไล่ด่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	300	-
รวม				700	-

(2) การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างด้วยกรด (2 วัน /ครั้ง)

การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างด้วยกรดของศูนย์รับนมกระนวนจะมีความคล้ายคลึงกับการล้างอุปกรณ์กรณีล้างด้วยกรดในการรับซื้อนมดิบของศูนย์รับน้ำนมดิบน้ำพอง ยกเว้นเพียงปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบด้วยกรดของศูนย์รับนมกระนวน

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุ	
				ลิตร	กก.
1	ไล่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	300	-
2	ล้างด้วยน้ำความเข้มข้น 1 %	ต่าง	20	-	1.5
		น้ำสะอาด		100	
3	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	300	-
4	ล้างด้วยกรดความเข้มข้น 0.5 %	กรด	20	-	1.5
		น้ำสะอาด		100	
5	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	300	-
รวม				1100	-

หมายเหตุ : ต่าง 1.5 กก. ใช้ 2 วัน แล้วทิ้ง

กรด 1.5 กก. ใช้ 2 วันต่อครั้ง แล้วทิ้ง

(3) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

จากการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบพบว่าทำให้มีลักษณะการใช้พลังงานของเครื่องจักรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 : แสดงรายการเครื่องใช้ไฟฟ้า/มอเตอร์ในการล้างอุปกรณ์การรับซื้อนมดิบของศูนย์รับนมกระนวน

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	Name Plate		ตรวจวัด					
		kW	Volt	Volt	Amp			kW (Meas)	PF
					A1	A2	A3		
การล้าง									
1	ปั้มน้ำนมขึ้นรถ	1.5	380	395.00	1.43	1.52	1.59	0.47	0.45
2	ปั้มน้ำนมผ่านเพลท	1.5	380	395.00	1.42	1.40	1.39	0.42	0.44
3	ปั้ม CIP	1.5	380	395.00	1.46	1.54	1.49	0.45	0.44
4	ฮีตเตอร์	7.9	380	395.00	11.07	11.26	11.24	7.58	0.99
5	ปั้มน้ำบาดาล	1.1	220	228.00	6.41			0.61	0.42

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 3.13 สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้าและ ค่าวัตถุดิบในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบได้โดยใช้สมการที่ 3.1 ซึ่งผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าของการล้างถึงกรณีการล้างปกติและการล้างถึงกรณีล้างด้วยกรดได้แสดงดังตารางที่ 3.17 และ 3.18 ตามลำดับ ส่วนการคำนวณค่าใช้จ่ายค่าวัตถุดิบได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าจากการใช้อุปกรณ์ปั้มน้ำเพื่อให้ได้น้ำที่เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการล้างอุปกรณ์ถึงนม (ดังแสดงในตารางที่ 3.14) และค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบที่ใช้โดยตรงซึ่งสามารถสรุปได้แสดงดังตารางที่ 3.15 ดังนั้นหากพิจารณาค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบ จึงมีค่า **4,314.31 บาท/เดือน**

ตารางที่ 3.14 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของปั้มน้ำบาดาลของศูนย์รับนมกระนวน

ข้อมูลเบื้องต้น

ปริมาณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากปั้มน้ำบาดาล

ขนาดพิกัดปั้มน้ำบาดาล	17	ลิตร/นาที่
ปริมาณน้ำบาดาลที่ใช้ต่อเดือน (ประมาณ)	53,000.00	ลิตร
ปั้มน้ำบาดาลใช้เวลา/เดือน	3,117.65	นาที่ (หรือ 51.96 ชม.)

รายชื่ออุปกรณ์	kW	เวลาการใช้ อุปกรณ์ (ชม./เดือน)	ปริมาณ ไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้าน ไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/kW)	ค่าไฟฟ้าแบบ ปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/เดือน)
ปั้มน้ำบาดาล	0.61	51.96	31.70	1.7034	196.26	53.99	119.72
ค่าไฟฟ้าปั้มน้ำบาดาล						53.99	119.72
รวมค่าไฟฟ้าปั้มน้ำบาดาล (บาท/เดือน)						173.71	

ตารางที่ 3.15 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบของศูนย์รับนมกระนวน

รายชื่อวัตถุดิบ	ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (กก./ครั้ง)	ความถี่ที่ใช้ (ครั้ง/วัน)	จำนวนวันที่ใช้ ต่อเดือน	รวมวัตถุดิบที่ใช้ (กก./เดือน)	ค่าวัตถุดิบ (บาท/ลิตร)	รวมค่าใช้จ่าย (บาท/เดือน)
ต่าง	1.5	2	15	45.00	6.43	289.35
กรด	1.5	1	10	15.00	9.20	138.00
รวมค่าวัตถุดิบในการล้าง						427.35

3.4.3 ศูนย์รับนมศรีธาตุ

1.1) ข้อมูลทั่วไปของศูนย์รับนม

- จำนวนเกษตรกรที่ต้องมาส่งนํ้านมดิบ 104 ราย และอยู่ใกล้ศูนย์รับนมในรัศมี 10 กิโลเมตร
- เกษตรกรส่วนใหญ่จะทำการขนส่งนํ้านมดิบมายังศูนย์ด้วยตนเอง โดยใช้รถกระบะและรถอีแต่นเป็นส่วนใหญ่ หากเกษตรกรอยู่ใกล้ศูนย์ประกอบกับปริมาณนมก็มีไม่มาก เกษตรกรจะใช้รถเข็นหรือรถมอเตอร์ไซด์ในการส่งนํ้านมดิบมายังศูนย์ฯ (ดังแสดงในรูปที่ 3.19)



รูปที่ 3.19 : แสดงการใช้รถมอเตอร์ไซด์ในการส่งน้ำนมดิบมายังศูนย์ฯ

- ปริมาณน้ำนมดิบที่ส่งในแต่ละวัน : รอบเช้า 7.4 ตัน และรอบเย็น 4-5 ตัน
- เวลาเปิดรับน้ำนมดิบ : ตอนเช้า 7:00 – 8:30 น. และตอนเย็น 16:30 – 17:30 น.
- เวลาปิดรับน้ำนมดิบ : ตอนเช้า 9:00 – 9:30 น. และตอนเย็น 18:00 น.
- ที่ศูนย์ฯมีถังพักน้ำนมดิบ 1 ถัง ขนาด 10 ตัน
- โดยปกติ รถของโรงงานขนาด 11.2 ตัน จะมารับน้ำนมดิบที่ศูนย์ฯในรอบเช้าก่อน 8:00 น. (ซึ่งเป็นน้ำนมดิบที่ค้างไว้เมื่อวานตอนเย็นประมาณ 4 ตัน และเป็นน้ำนมดิบใหม่ของวันนี้ตอนเช้าอีกประมาณ 7 ตัน) ส่วนในตอนบ่ายจะมีรถจากสายอื่นมารับอีก 0.5 ตัน

1.2) ระบบบริหารจัดการการรับน้ำนมดิบจากเกษตรกร

- เนื่องจากเกษตรกรของศูนย์รับนมแห่งนี้ส่วนใหญ่อยู่ค่อนข้างไกลศูนย์รับนม ประกอบกับปริมาณน้ำนมดิบที่เกษตรกรนำมาส่งมีปริมาณค่อนข้างน้อย ศูนย์รับน้ำนมศรีธาตุจึงไม่มีการกำหนดช่วงเวลาลงน้ำนมดิบสำหรับเกษตรกรแต่ละราย จึงทำให้เกษตรกรมีการกระจายการมาส่งน้ำนมดิบ ซึ่งอาจจะส่งผลให้เสียเวลา setup time มากและอาจทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการเปิดอุปกรณ์ที่สูงขึ้นได้ นอกจากนี้ศูนย์รับนมศรีธาตุยังไม่มีให้บริการการล้างอุปกรณ์ (ถังนม) ของเกษตรกรที่ศูนย์รับนม ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ
- ที่ศูนย์ฯ จะมีการประชุมกับเกษตรกรและผู้ส่งนมทุกๆ 2 เดือน เพื่อชี้แจงและทำความเข้าใจกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องถึงแนวทางการปฏิบัติ และการแก้ไขปัญหาของการรับ/ส่งน้ำนมดิบ

1.3) ข้อมูลการล้างถังพักนม

ในการดำเนินรับซื้อนมดิบของศูนย์รับนมศรีธาตุจากสมาชิกจะเปิดรับซื้อ 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่ 7.00 น. - 8.30 น. และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เวลา 16.30 น. - 17.30 น. ดังนั้นในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบในปัจจุบันมี 2 ลักษณะคือ (1) การล้างปกติ และ (2) การล้างด้วยกรด โดยในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบจะทำการล้าง (CIP) จำนวน 3 ครั้ง/วัน ซึ่งการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบมี 2 ลักษณะของศูนย์รับนมศรีธาตุมีดังนี้

(1) การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างปกติ

การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างปกติของศูนย์รับนมศรีธาตุ ก็มีความคล้ายคลึงกับการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบของศูนย์รับน้ำนมดิบน้ำพอง ยกเว้นเพียงปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.16 และตารางที่ 3.17 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.16 : แสดงขั้นตอนการล้างแผ่นเพลทของศูนย์รับนมศรีธาตุ

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้	
				ลิตร	กก.
1	ใส่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	15	300	-
2	ล้างด้วยน้ำความเข้มข้น 1 %	ต่าง	20	-	4
		น้ำสะอาด		100	
3	ใส่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	7	150	-
รวม				550	-

ตารางที่ 3.17 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบศูนย์รับนมศรีธาตุ

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้	
				ลิตร	กก.
1	ใส่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	15	300	-
2	ล้างด้วยน้ำความเข้มข้น 1 %	ต่าง	20	-	4
		น้ำสะอาด		100	
3	ใส่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	7	150	-
รวม				550	-

(2) การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างด้วยกรด (2 วัน / ครั้ง)

การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างด้วยกรดของศูนย์รับนมศรีธาตุจะมีความคล้ายคลึงกับการล้างอุปกรณ์กรณีล้างด้วยกรดในการรับซื้อนมดิบของศูนย์รับน้ำนมดิบน้ำพอง ยกเว้นเพียงปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.18

ตารางที่ 3.18 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบด้วยกรดศูนย์รับนมศรีธาตุ

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้	
				ลิตร	กก.
1	ใส่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	15	300	-
2	ล้างด้วยน้ำความเข้มข้น 1 %	ต่าง	20	-	4
		น้ำสะอาด		100	
3	ใส่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	7	150	-

ตารางที่ 3.18 : แสดงขั้นตอนการล้างระบบด้วยกรดศูนย์รับนมศรีธาตุ (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุที่ใช้	
				ลิตร	กก.
4	ล้างด้วยกรดความเข้มข้น 0.5 %	กรด	20	-	1.5
		น้ำสะอาด		100	
5	ไล่ด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	7	150	-
	รวม			800	-

หมายเหตุ : ต่าง 4 กก. ใช้ 2 วัน แล้วทั้ง

กรด 1.5 กก. ใช้ 2 วันต่อครั้ง แล้วทั้ง

(3) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

จากการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบพบว่าทำให้มีลักษณะการใช้พลังงานของเครื่องจักรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3.19 : แสดงรายการเครื่องใช้ไฟฟ้า/มอเตอร์ในการล้างอุปกรณ์การรับซื้อนมดิบของศูนย์รับนมศรีธาตุ

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	Name Plate		ตรวจวัด					
		kW	Volt	Volt	Amp			kW (Meas)	PF
					A1	A2	A3		
การล้าง									
1	ปั้มน้ำขึ้นรถ	1.3	380	401.82	1.45	1.46	1.52	0.76	0.74
2	ปั้มน้ำนมผ่านเฟลท	1.3	380	400.00	1.42	1.40	1.39	0.75	0.77
3	ปั้ม CIP	1.3	380	401.00	1.46	1.54	1.49	0.78	0.75
4	ฮีตเตอร์		380	401.00	6.70	6.40	6.66	4.53	0.99
5	ปั้มน้ำบาดาล	0.8	220	231.00	4.40			0.62	0.61

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 3.19 สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้าและ ค่าวัตถุดิบในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบได้โดยใช้สมการที่ 3.1 ซึ่งผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าของการล้างถึงกรณีการล้างปกติและการล้างถึงกรณีล้างด้วยกรดได้แสดงดังตารางที่ 3.24 และ 3.25 ตามลำดับ ส่วนการคำนวณค่าใช้จ่ายค่าใช้จ่ายค่าวัตถุดิบได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าจากการใช้อุปกรณ์ปั้มน้ำเพื่อให้ได้น้ำที่เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการล้างอุปกรณ์ถึงนม (ดังแสดงในตารางที่ 3.20) และค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบที่ใช้โดยตรงซึ่งสามารถสรุปได้แสดงดังตารางที่ 3.21 ดังนั้นหากพิจารณาค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบ จึงมีค่า **4,861.35 บาท/เดือน**

ตารางที่ 3.20 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของปั้มน้ำบาดาล

ข้อมูลเบื้องต้น

ปริมาณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากปั้มน้ำบาดาล

ขนาดฟิตปั้มน้ำบาดาล	17	ลิตร/นาที่
ปริมาณน้ำบาดาลที่ใช้ต่อเดือน(ประมาณ)	41,000.00	ลิตร
ปั้มน้ำบาดาลใช้เวลา/เดือน	2,411.76	นาที่ (หรือ 40.20 ชม.)

รายชื่ออุปกรณ์	kw	เวลาการใช้ อุปกรณ์ (ชม./เดือน)	ปริมาณ ไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้าน ไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/kw)	ค่าไฟฟ้าแบบ ปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/เดือน)
ปั้มน้ำบาดาล	0.61	40.20	24.52	1.7034	196.26	41.77	119.72
ค่าไฟฟ้าในปั้มน้ำบาดาล/เดือน						41.77	119.72
รวมค่าไฟฟ้าในปั้มน้ำบาดาล/เดือน						161.49	

ตารางที่ 3.21 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ

รายชื่อวัตถุดิบ	ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (กก./ครั้ง)	ความถี่ที่ใช้ (ครั้ง/วัน)	จำนวนวันที่ ใช้ต่อเดือน	รวมวัตถุดิบที่ใช้ (กก./เดือน)	ค่าวัตถุดิบ (บาท/ลิตร)	รวมค่าใช้จ่าย (บาท/เดือน)
ต่าง	4	2	15	120.00	6.43	771.60
กรด	1.5	1	10	15.00	9.20	138.00
รวมค่าวัตถุดิบในการล้างปกติ						909.60

3.4.4 ศูนย์รับนมทุ่งฝน

1.1) ข้อมูลทั่วไปของศูนย์รับนม

- จำนวนเกษตรกรที่ต้องมาส่งนํ้านมดิบ 45 ราย และอยู่ค่อนข้างใกล้ศูนย์รับนมในรัศมี 2-25 กิโลเมตร)
- ปริมาณนํ้านมดิบที่ส่งในแต่ละวัน: รอบเช้า 2.2 ตัน และรอบเย็น 1.7 ตัน
- เวลาเปิดรับนมตอนเช้า 7:00 – 8:00 น. และเย็น 16:00 – 17:00 น.
- เวลาปิดรับนมตอนเช้า 8:30 น. และเย็น 17:30 น.
- โดยส่วนใหญ่รถที่เกษตรกรใช้ในการส่งนํ้านมดิบคือ รถกระบะ (ประมาณ 3-4 คัน)
- เกษตรกรส่วนใหญ่จะทำการขนส่งนํ้านมดิบมายังศูนย์ด้วยตนเอง โดยใช้รถกระบะและรถสกายแลปเป็นส่วนใหญ่ หากเกษตรกรอยู่ใกล้ศูนย์ประกอบกับปริมาณนมก็มีไม่มาก เกษตรกรจะใช้รถเข็นหรือรถมอเตอร์ไซด์ในการส่งนํ้านมดิบมายังศูนย์
- ที่ศูนย์มีถังพักนํ้านมดิบ 2 ถัง ขนาดถังละ 3 ตัน
- โดยปกติ รถของโรงงานขนาด 11 ตัน จะมารับนํ้านมดิบที่ศูนย์ทั้งหมดในรอบเช้าเวลา

ประมาณ 9:30 – 10:00 น. (ซึ่งเป็นนมดิบที่ค้างไว้เมื่อวานตอนเย็นประมาณ 1.7 ตัน และเป็นนมดิบใหม่ของวันนี้ตอนเช้าอีกประมาณ 2.2 ตัน)

1.2) ระบบบริหารจัดการการรับน้ำนมดิบจากเกษตรกร

ในการส่งน้ำนมดิบมายังศูนย์ของเกษตรกรก่อนข้างที่จะตรงเวลา อาจจะเนื่องมาจากจำนวนของเกษตรกรมีน้อยและปริมาณน้ำนมดิบก็มีไม่มากนัก นอกจากนี้ที่ศูนย์ฯ ยังมีการให้บริการน้ำในการล้างอุปกรณ์ (ถังนม) ของเกษตรกรโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย เพื่อที่เกษตรกรจะได้ทำความสะอาดถังทันทีที่ได้ลงนมเสร็จ

1.3) ข้อมูลการล้างถังพิกน

ในการดำเนินรับซื้อนมดิบของศูนย์รับนมทุ่งฝนจากสมาชิกจะเปิดรับซื้อ 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่ 7.00 น. - 8.00 น. และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เวลา 16.00 น. - 17.00 น. ดังนั้นในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบในปัจจุบันมีลักษณะดังนี้ คือ (1) การล้างปกติ โดยในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบจะทำการล้างภาชนะรับนมจำนวน 2 ครั้ง/วัน และการล้างถังนม 1 ครั้ง/วัน ซึ่งการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบของศูนย์รับนมทุ่งฝนมีดังนี้

(1) การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างปกติ

การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างปกติของศูนย์รับนมทุ่งฝนจะมีความแตกต่างจากการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบของศูนย์อื่นๆ คือ จะมีการใช้คนในการล้างถังเก็บนมและภาชนะรับนม เนื่องจากไม่มีแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิที่รับซื้อน้ำนมดิบจากเกษตรกร ซึ่งในการเก็บรักษาน้ำนมดิบจะใช้เครื่องทำความเย็นเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนในการล้างอุปกรณ์การคำนวณค่าน้ำปะปา และการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบได้ดังตารางที่ 3.22, 3.23, และ 3.24 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.22 : แสดงขั้นตอนการล้างอุปกรณ์ของศูนย์รับนมทุ่งฝน

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบ	
			ลิตร	ลิตร
1	ใส่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	250	-
2	ล้างด้วยสบู่เหลว	สบู่เหลว	-	0.5
3	ใส่ล้างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	250	-
รวม			500	0.5

ตารางที่ 3.23 : แสดงการคำนวณค่าน้ำปะปาของศูนย์รับนมทุ่งฝน

ค่าน้ำปะปา			
ปริมาณน้ำปะปาที่ใช้ต่อเดือน(ประมาณ)	15,000.00	ลิตร	
ราคาน้ำปะปา	0.013	บาท/ลิตร	
ค่าน้ำปะปา	195	บาท	

ตารางที่ 3.24 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบของศูนย์รับนมทุ่งฝน

รายชื่อวัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้ (ลิตร/ครั้ง)	ความถี่ของการใช้ (ครั้ง/วัน)	จำนวนวันที่ใช้ (วัน/เดือน)	รวมปริมาณที่ใช้ (ลิตร/เดือน)	ราคาวัตถุดิบ (บาท/ลิตร)	รวม (บาท/เดือน)
สบู่เหลว	0.5	1	30	15.00	59.00	885.00
รวมค่าวัตถุดิบในการล้าง						885.00

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 3.22, 3.23, และ 3.34 สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการล้างอุปกรณ์ในการรับชื้อนมดิบทั้งหมดคือ **1,080.0 บาท/เดือน**

3.4.5 ศูนย์รับนมกุดจับ

1.1) ข้อมูลทั่วไปของศูนย์รับนม

- จำนวนเกษตรกรที่ต้องมาส่งน้ำนมดิบ 57 ราย และอยู่ห่างจากศูนย์รับนมในรัศมี 15-40 กิโลเมตร
- ปริมาณน้ำนมดิบที่ส่งในแต่ละวัน: รอบเช้า 2.8 ตัน และรอบเย็น 1.7 ตัน
- เวลาเปิดรับนมตอนเช้า 7:30 – 8:30 น. และเย็น 16:30 – 17:30 น.
- เวลาปิดรับนมตอนเช้า 8:30 น. และเย็น 17:30 น.
- โดยส่วนใหญ่รถที่เกษตรกรใช้ในการส่งน้ำนมดิบคือ รถกระบะ (ประมาณ 5 คัน) และรถมอเตอร์ไซด์ (ประมาณ 6 คัน)
- เกษตรกรส่วนใหญ่จะทำการขนส่งน้ำนมดิบมายังศูนย์ด้วยตนเอง โดยใช้รถกระบะและรถมอเตอร์ไซด์เป็นส่วนใหญ่ แต่เกษตรกรบางรายก็จะจ้างรถกระบะเนื่องจากสะดวกในการขนส่ง
- ที่ศูนย์มีถังพักน้ำนมดิบ 1 ถัง ขนาดถังละ 10 ตัน
- โดยปกติ รถของโรงงานขนาด 11 ตัน จะมารับน้ำนมดิบที่ศูนย์ทั้งหมดในรอบเช้าเวลาประมาณ 9:30 – 10:00 น. (ซึ่งเป็นน้ำนมดิบที่ค้างไว้เมื่อวานตอนเย็นประมาณ 1.7 ตัน และเป็นน้ำนมดิบใหม่ของวันนี้ตอนเช้าอีกประมาณ 2.8 ตัน)

1.2) ระบบบริหารจัดการการรับน้ำนมดิบจากเกษตรกร

ในการส่งน้ำนมดิบมายังศูนย์ของเกษตรกรค่อนข้างที่จะตรงเวลา อาจจะเนื่องมาจากจำนวนของเกษตรกรมีน้อยและปริมาณน้ำนมดิบก็มีไม่มากนัก นอกจากนี้ที่ศูนย์ยังมีการให้บริการน้ำในการล้างอุปกรณ์ (ถังนม) ของเกษตรกรโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย เพื่อที่เกษตรกรจะได้ทำความสะอาดถังทันทีที่ได้ลงนมเสร็จ

1.3) ข้อมูลการล้างถังพักนม

ในการดำเนินรับชื้อนมดิบของศูนย์รับนมกุดจับจากสมาชิกจะเปิดรับชื้อ 2 เวลาคือ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่ 7.30 น. - 8.30 น. และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เวลา 16.30 น. - 17.30 น. ดังนั้นในการล้างอุปกรณ์ในการรับชื้อนมดิบของศูนย์ในปัจจุบันมี 2 ลักษณะคือ (1) การล้างท่อและแผ่นเพลทแลกเปลี่ยนความร้อน และ (2) การล้างถังเก็บนมและระบบ โดยในการล้างอุปกรณ์ในการรับชื้อนมดิบจะทำการล้าง (CIP) จำนวน 1 ครั้ง/วัน ซึ่งการล้างอุปกรณ์ในการรับชื้อนมดิบมี 2 ลักษณะของศูนย์รับนมกุดจับมีดังนี้

(1) การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างปกติ

การล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบกรณีล้างปกติของศูนย์รับนมกุดจับก็มีความคล้ายคลึงกับการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบของศูนย์รับน้ำนมดิบน้ำพอง ยกเว้นเพียงปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.25 และตารางที่ 3.26 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.25 : แสดงขั้นตอนการล้างท่อและแผ่นเพลทแลกเปลี่ยนความร้อนของศูนย์รับนมกุดจับ

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้	
				ลิตร	กก.
1	ไล่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	250	-
2	ล้างด้วยต่างความเข้มข้น 1 %	ต่าง	5	-	3
		น้ำสะอาด		200	
3	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	250	-
4	ล้างด้วยกรดความเข้มข้น 0.5 %	กรด	5	-	3
		น้ำสะอาด		200	
5	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	250	-

ตารางที่ 3.26 : แสดงขั้นตอนการล้างถังเก็บนมและระบบของศูนย์รับนมกุดจับ

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้	
				ลิตร	(นาที)
1	ไล่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	250	-
2	ล้างด้วยต่างความเข้มข้น 1 %	ต่าง	5	-	3
		น้ำสะอาด		200	
3	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	250	-
4	ล้างด้วยกรดความเข้มข้น 0.5 %	กรด	5	-	3
		น้ำสะอาด		200	
5	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	5	250	-

(1) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

จากการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบพบว่าทำให้มีลักษณะการใช้พลังงานของเครื่องจักรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.27

ตารางที่ 3.27 : แสดงรายการเครื่องใช้ไฟฟ้า/มอเตอร์ในการล้างอุปกรณ์การรับซื้อนมดิบของศูนย์รับนมกุดจับ

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	Name Plate		ตรวจวัด					
		kW	Volt	Volt	Amp			kW (Meas)	PF
					A1	A2	A3		
การล้าง									
1	ปั้มไล่น้ำ/โชตาไฟ/กรด	1.5	380	396.00	1.43	1.52	1.59	0.47	0.45
3	ปั้มขึ้นนม	1.5	380	396.00	1.49	1.51	1.48	0.48	0.47
4	ฮีตเตอร์		380	395.00	4.56	4.67	4.85	3.18	0.99
5	ปั๊มน้ำบาดาล	1.1	220	228.00	6.41			0.61	0.42

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 3.27 สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้าและ ค่าวัตถุดิบในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบได้โดยใช้สมการที่ 3.1 ซึ่งผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าของการล้างอุปกรณ์รับซื้อนมดิบ ได้แสดงดังตารางที่ 3.34 ส่วนการคำนวณค่าใช้จ่ายค่าใช้จ่ายค่าวัตถุดิบได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าจากการใช้อุปกรณ์ปั๊มน้ำเพื่อให้ได้น้ำที่เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการล้างอุปกรณ์ถังนม (ดังแสดงในตารางที่ 3.28) และค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบที่ใช้โดยตรงซึ่งสามารถสรุปได้แสดงดังตารางที่ 3.29 ดังนั้น หากพิจารณาค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบ จึงมีค่า **2,491.15 บาท/เดือน**

ตารางที่ 3.28 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำบาดาลของศูนย์รับนมกุดจับ

ข้อมูลเบื้องต้น

ปริมาณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากปั๊มน้ำบาดาล

ขนาดฟักัดปั๊มน้ำบาดาล	17	ลิตร/นาที่
ปริมาณน้ำบาดาลที่ใช้ต่อเดือน (ประมาณ)	69,000.00	ลิตร
ปั๊มน้ำบาดาลใช้เวลา/เดือน	4,058.82	นาที่ (หรือ 67.65 ชม.)

รายชื่ออุปกรณ์	kW	เวลาการใช้ อุปกรณ์ (ชม./เดือน)	ปริมาณ ไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้าน ไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/kW)	ค่าไฟฟ้าแบบ ปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/เดือน)
ปั๊มน้ำบาดาล	0.61	67.65	41.52	1.7034	196.26	70.73	120.47
ค่าไฟฟ้าปั๊มน้ำบาดาล						70.73	120.47
รวมค่าไฟฟ้าปั๊มน้ำบาดาล (บาท/เดือน)						191.20	

ตารางที่ 3.29 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบของศูนย์รับนมกุดจับ

รายชื่อวัตถุดิบ	ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (กก./ครั้ง)	ความถี่ที่ใช้ (ครั้ง/วัน)	จำนวนวันที่ใช้ ต่อเดือน	รวมวัตถุดิบที่ใช้ (กก./เดือน)	ค่าวัตถุดิบ (บาท/ลิตร)	รวมค่าใช้จ่าย (บาท/เดือน)
ต่าง	3	1	30	90.00	6.43	578.70
กรด	3	1	30	90.00	9.20	827.00
รวมค่าวัตถุดิบในการล้าง						1,406.00

3.4.6 โรงงาน

1.1) ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

- จำนวนศูนย์รับนม 5 ศูนย์ โดยส่วนใหญ่อยู่ห่างไกลโรงงานในรัศมี 61-200 กิโลเมตร
- ปริมาณน้ำนมดิบที่ส่งในแต่ละวัน 60 ตัน
- โดยส่วนใหญ่รถที่ใช้ในการส่งน้ำนมดิบคือ รถขนาด 11.2 ตัน จำนวน 6 คัน ซึ่งรถเหล่านี้จะไปรับนมจากศูนย์รับนม 5 ศูนย์ เพื่อรวบรวมให้เต็มคันรถ แล้วจึงนำมาส่งที่โรงงาน โดยต้องมีการตรวจคุณภาพน้ำนมดิบก่อนนำขึ้นรถ และถ้าความเย็นของนมไม่ถึงอุณหภูมิที่กำหนดจะยังไม่นำขึ้นรถจนกว่าอุณหภูมิจะถึง ยกเว้นกรณีไฟดับจะทำการนำขึ้นรถแต่แยกไว้ในช่องรับนมของรถบรรทุกโดยไม่ให้ปนกับนมจากศูนย์อื่น
- ที่โรงงานมีถังพักน้ำนมดิบ 2 ถัง ขนาด 20 ตัน
- โดยปกติ รถของโรงงานขนาด 11.2 ตัน จะมารับน้ำนมดิบที่ศูนย์ในรอบเช้าก่อน 7:00 น. ส่วนในตอนบ่ายประมาณ 12:00-13:00 น.

1.2) ระบบบริหารจัดการการรับน้ำนมดิบจากศูนย์รับนม

ในปัจจุบัน ถึงแม้โรงงานมีการจัดตารางเวลาให้รถบรรทุกไปรับน้ำนมดิบจากศูนย์รับนม แต่ก็ยังไม่มี Software ที่จะช่วยในการสนับสนุนการจัดการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ เพื่อความรวดเร็ว และง่ายต่อการ update ความไม่แน่นอนต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น ปริมาณน้ำนมดิบ จำนวนรถที่ใช้กันได้ หรือการ breakdown ของเครื่องจักร เป็นต้น

ในการบริหารจัดการการรับน้ำนมดิบจากศูนย์ต่างๆ นั้น จำเป็นต้องทราบปริมาณน้ำนมดิบของแต่ละศูนย์ล่วงหน้า เพื่อที่นักวางแผนการรับน้ำนมดิบจะได้ทำการวางแผนไปรับนมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การพยากรณ์ปริมาณน้ำนมดิบในแต่ละศูนย์ที่จะต้องนำเข้าสู่กระบวนการผลิตที่โรงงานจึงมีความสำคัญเพื่อให้การวางแผนการใช้ทรัพยากรต่างๆ ที่โรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งคณะวิจัยได้ทำการพยากรณ์น้ำนมดิบโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำนมดิบตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม 2546 ถึง 1 มิถุนายน 2549 (ทั้งหมด 27 ค่าข้อมูล ดังแสดงในตารางภาคผนวก ค.3) มาทำการพยากรณ์ปริมาณนมดิบเพื่อนำมาใช้ในการจัดการขนส่งนมจากศูนย์รับนมต่างๆ จากการพยากรณ์ปริมาณนมดิบในอดีตโดยใช้โปรแกรม QSB พบว่าการพยากรณ์ปริมาณนมดิบโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบ Adaptive Exponential Smoothing จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนแบบค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ต่ำที่สุดจากการพยากรณ์ทุกวิธี คือ 11,667.94 (ดังแสดงในภาพภาคผนวก ค.1 และ ค.2) โดยค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำนมดิบ 3 คาบเวลาล่วงหน้าสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.30

ตารางที่ 3.30 : แสดงการพยากรณ์ปริมาณน้ำนมดิบโดยใช้เทคนิคพยากรณ์แบบ

Adaptive Exponential Smoothing

วันที่	ปริมาณน้ำนมดิบ ที่ ขนส่งจริง (ตัน)	ปริมาณน้ำนมดิบ ที่ได้จากการ พยากรณ์ (ตัน)	ความผิดพลาด
พ.ค. 2546	1537.6	-	-
มิ.ย. 2546	1506.0	1537.600	31.59998
ก.ค. 2546	1441.4	1506.000	64.59998
ส.ค. 2546	1403.2	1441.400	38.20007
ก.ย. 2546	1312.5	1403.200	90.69995
ต.ค. 2546	1273.5	1312.500	39.00000
พ.ย. 2546	1411.0	1275.450	-135.55000
ธ.ค. 2546	1399.6	1397.445	-2.15491
ก.พ. 2547	1545.7	1399.492	-146.20800
มี.ค. 2547	1683.3	1545.700	-137.60000
พ.ค. 2547	1556.2	1676.420	120.22010
มิ.ย. 2547	1581.0	1568.222	-12.77800
ก.ค. 2547	1525.2	1579.083	53.88342
ส.ค. 2547	1357.8	1530.588	172.78820
ก.ย. 2547	1305.0	1366.439	61.43945
ต.ค. 2547	1434.6	1311.144	-123.45600
พ.ย. 2547	1560.0	1428.427	-131.57300
ธ.ค. 2547	1717.4	1560.000	-157.40000
ม.ค. 2548	1863.1	1717.400	-145.70000
ก.พ. 2548	1806.0	1855.815	49.81494
มี.ค. 2548	1910.7	1810.981	-99.71850
มิ.ย. 2548	1836.0	1895.742	59.74219
ม.ค. 2549	1758.0	1841.974	83.97412
ก.พ. 2549	1570.8	1762.199	191.39870
มี.ค. 2549	1745.3	1589.940	155.36000
เม.ย. 2549	1614.0	1721.996	107.99610
มิ.ย. 2549	1569.0	1624.800	55.79956
ก.ค. 2549	-	1571.790	-
ส.ค. 2549	-	1571.790	-
ก.ย. 2549	-	1571.790	-

1.3) ข้อมูลการล้างถังพักนม

ในการดำเนินรับนมดิบของโรงงานจะทำการเปิดรับนมตลอด 24 ชม. ส่วนเวลาเปิดรับนมจะมีเวลาที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับรถที่มาส่งนมจากศูนย์รับนมต่างๆ ส่วนในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบของโรงงานในปัจจุบันจะแบ่งออกตามอุปกรณ์ที่ล้างดังนี้คือ (1) การล้างถังของรถส่งนม (2) การล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน และ (3) การล้างถังพักน้ำนมดิบและระบบ (ซึ่งข้อมูลการล้างถังพักนมของโรงงานในปัจจุบันแสดงได้ดังภาคผนวก ค.4) โดยในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบจะทำการล้าง (CIP) แตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดภาชนะที่ทำการล้างซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) การล้างถังของรถส่งนม

ในการล้างรถส่งนมจากศูนย์ต่างๆ จำนวน 5 คัน จะมีการทำ CIP ทุกครั้งที่ส่งถ่ายนมเสร็จ โดยจะมีการล้าง (CIP) 2 ลักษณะคือ (1) การล้างด้วยถังโดยการล้าง 5 ครั้ง/วัน และ (2) การล้างด้วยกรด โดยทำการล้าง 5 ครั้ง/สัปดาห์ ซึ่งการล้างถังของรถส่งนมสามารถสรุปขั้นตอนได้ดังตารางที่ 3.31 และ 3.32 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.31 : แสดงขั้นตอนการล้างถังของรถส่งน้ำนมดิบด้วยถังต่างๆของโรงงาน อ.ส.ค

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาท)	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้	
				ลิตร	
1	ไล่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-
2	ล้างด้วยถังความเข้มข้น 1.5-2 %	ต่าง	20	8	
		น้ำสะอาด		800	
3	ไล่ถังด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-

ตารางที่ 3.32 : แสดงขั้นตอนการล้างถังของรถส่งน้ำนมดิบด้วยกรดของโรงงาน อ.ส.ค

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาท)	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้	
				ลิตร	
1	ไล่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-
2	ล้างด้วยถังความเข้มข้น 1.5-2 %	ต่าง	20	8	
		น้ำสะอาด		800	
3	ไล่ถังด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-
4	ล้างด้วยกรดความเข้มข้น 1-1.5 %	กรด	20	6	
		น้ำสะอาด		600	
5	ไล่ถังด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-

(2) การล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน

ในการล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนจะทำการล้าง (CIP) เฉลี่ย 2 ครั้ง/วัน โดยจะมีการล้าง (CIP) 3 ลักษณะคือ (1) การล้างด้วยถัง (2 ครั้ง/วัน) (2) การล้างด้วยกรด (2 ครั้ง/สัปดาห์) และ (3) การล้างด้วยน้ำร้อนในขั้นตอนก่อนรับนม ซึ่งการล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยถังและด้วยกรดจะมีขั้นตอนการล้างเหมือนการล้างถังนม ซึ่งจะมีความแตกต่างเฉพาะเวลาและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ ดังสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.33 และ 3.34 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.33 : แสดงขั้นตอนการล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยต่างของโรงงาน อ.ส.ค

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุที่ใช้	
				ลิตร	กก.
1	ไล่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-
2	ล้างด้วยต่างความเข้มข้น 1.5-2 %	ต่าง	20	8	
		น้ำสะอาด		800	
3	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-

ตารางที่ 3.34 : แสดงขั้นตอนการล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยกรดของโรงงาน อ.ส.ค

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุที่ใช้	
				ลิตร	กก.
1	ไล่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-
2	ล้างด้วยต่างความเข้มข้น 1.5-2 %	ต่าง	20	8	
		น้ำสะอาด		800	
3	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-
4	ล้างด้วยกรดความเข้มข้น 1-1.5 %	กรด	20	6	
		น้ำสะอาด		600	
5	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-

ขั้นตอนการล้างด้วยน้ำร้อน (1 ครั้ง/วัน)

ทำความสะอาดก่อนรับนมด้วยน้ำร้อน โดยใช้เวลาประมาณ 10 นาที ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำสะอาด 2500 ลิตร ซึ่งขั้นตอนการล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำร้อนได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.35

ตารางที่ 3.35 : แสดงขั้นตอนการล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำร้อนของโรงงาน อ.ส.ค

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณวัตถุที่ใช้	
				ลิตร	กก.
1	ทำความสะอาดด้วยน้ำร้อน	น้ำร้อน	10	2500	-

3) การล้างถึงนมดิบ

ในการล้างถึงนมดิบจะทำการล้าง(CIP) เฉลี่ย 1 ครั้ง/วัน/ถัง โดยจะมีการล้าง (CIP) 3 ลักษณะคือ (1) การล้างด้วยต่าง (2) การล้างด้วยกรด และ (3) การล้างด้วยน้ำร้อนในขั้นตอนก่อนรับนม ซึ่งการล้างด้วยต่าง การล้างด้วยกรด และการล้างด้วยน้ำร้อนก็มีกระบวนการที่มีความคล้ายคลึงกับการล้างท่อและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน ยกเว้นเพียงปริมาณวัตถุที่ใช้ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.36, 3.37, และ 3.38 ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 3.36 : แสดงขั้นตอนการล้างถังนมดิบด้วยต่างของโรงงาน อ.ส.ค

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาท)	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้	
				ลิตร	กก.
1	ไล่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-
2	ล้างด้วยต่างความเข้มข้น 1.5-2 %	ต่าง	30	8	
		น้ำสะอาด		800	
3	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-

ตารางที่ 3.37 : แสดงขั้นตอนการล้างถังนมดิบด้วยกรดของโรงงาน อ.ส.ค

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาท)	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้	
				ลิตร	วัตถุดิบ
1	ไล่คราบนมด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-
2	ล้างด้วยต่างความเข้มข้น 1.5-2 %	ต่าง	20	8	
		น้ำสะอาด		800	
3	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-
4	ล้างด้วยกรดความเข้มข้น 1-1.5 %	กรด	20	6	
		น้ำสะอาด		600	
5	ไล่ต่างด้วยน้ำสะอาด	น้ำสะอาด	10	2500	-

ตารางที่ 3.38 : แสดงขั้นตอนการล้างถังนมดิบด้วยน้ำร้อนของโรงงาน อ.ส.ค

ลำดับ	ขั้นตอน	ประเภทวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ (นาท)	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้	
				ลิตร	วัตถุดิบ
1	ทำความสะอาดด้วยน้ำร้อน	น้ำร้อน	10	2500	-

(4) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

จากการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบพบว่าทำให้มีลักษณะการใช้พลังงานของเครื่องจักรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.39

ตารางที่ 3.39 : แสดงรายการเครื่องใช้ไฟฟ้า/มอเตอร์ในการล้างอุปกรณ์การรับซื้อนมดิบของโรงงาน อ.ส.ค

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	Name Plate		ตรวจวัด					
		kW	Volt	Volt	Amp			kW (Meas)	PF
					A1	A2	A3		
การล้าง									
1	ปั้ม CIP (วงจร 1)	4.4	380	402.00	5.11	5.23	5.21	2.78	0.77
2	ปั้ม Return CIP รถนม	2.2	380	402.00	4.23	4.21	4.25	2.15	0.73
3	ปั้ม Return CIP ถังนม	2.2	380	402.00	4.21	4.22	4.25	2.15	0.73
4	ปั้มบาดาล	11.0	380	402.00	16.30	17.40	17.40	10.91	0.92

จากตารางที่ 3.39 พบว่า ในการล้างอุปกรณ์รับนมดิบ มีการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ มีความแตกต่างกัน ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ (1) ค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ต่อครั้ง (q) และความถี่ที่ใช้ต่อช่วงเวลา (f_m) และต้นทุนของวัตถุดิบประเภทนั้นๆ (c_m) และ (2) ค่าใช้จ่ายจากการใช้กระแสไฟฟ้า จากการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะมีปริมาณค่าใช้จ่ายซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- Specification ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ : กิโลวัตต์ (P)
- ความถี่ของการใช้งานในแต่ละช่วงเวลา : ครั้ง (F)
- ระยะเวลาที่ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ในแต่ละครั้ง : ชั่วโมง (D)
- ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด : บาท/กิโลวัตต์ ($Ec1$)
- ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย : บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ($Ec2$)

ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าของสหกรณ์ เช่น อัตราปกติ TOD หรือ TOU เป็นต้นและ (3) ค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำเพื่อมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำและสารเคมีเพื่อใช้ในการล้าง(CIP) ซึ่งจะมีปริมาณค่าใช้จ่ายที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- ค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ : กิโลจูล (Q)
- ความถี่ของการใช้งานในแต่ละช่วงเวลา : ครั้ง (F)
- ระยะเวลาที่ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ในแต่ละครั้ง : ชั่วโมง (D)
- ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง : กิโลจูล/กิโลกรัม (Qc)
- ค่าเชื้อเพลิง : บาท/กิโลกรัม (Fc)

ดังนั้น การคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 3.2 ดังนี้

$$TC = EC + RC + FC \quad (3.2)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} TC &= \text{ค่าใช้จ่ายรวม} \\ EC &= \text{ค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้า} \\ RC &= \text{ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบ} \\ FC &= \text{ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง} \end{aligned}$$

โดย

$$EC = (P \times Ec1) + (F \times D \times P \times Ec2)$$

$$\text{และ } RC = q \times f_m \times \left(\frac{Q_n}{Q} \right)$$

$$\text{เมื่อ } Q = \text{ปริมาณวัตถุดิบต่อ container}$$

$$FC = (Q \times F \times D) \times Q_c \times F_c$$

จากสมการที่ 3.2 สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้า ค่าวัตถุดิบ และค่าเชื้อเพลิงในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบได้ โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า ได้แสดงดังตารางที่ 3.47 - 3.54 ส่วนการคำนวณค่าใช้จ่ายค่าใช้จ่ายค่าวัตถุดิบในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบ และการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงได้แสดงดังตารางที่ 3.40, 3.41, และ 3.42 ตามลำดับ ดังนั้นหากพิจารณาค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในการล้างอุปกรณ์และรถบรรทุกในการรับซื้อนมดิบ จึงมีค่า **136,985.7 บาท/เดือน** อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเฉพาะค่าใช้จ่ายในการล้างอุปกรณ์ในการรับซื้อนมดิบแต่ไม่รวมการล้างรถบรรทุกคิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ **134,538.9 บาท/เดือน**

ตารางที่ 3.40 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของปั้มน้ำบาดาลของโรงงาน อ.ส.ค

ข้อมูลเบื้องต้น

ขนาดพิกัดปั้มน้ำบาดาล	500	ลิตร/นาที่
ปริมาณน้ำบาดาลที่ใช้ต่อเดือน (ประมาณ)	1,184,160.00	ลิตร
ปั้มน้ำบาดาลใช้เวลา/เดือน	2,368.32	นาที่ (หรือ 39.47 ชม.)

รายชื่ออุปกรณ์	kw	เวลาการใช้ อุปกรณ์ (ชม./เดือน)	ปริมาณไฟฟ้า ที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้าน ไฟฟ้า (บาท/kWh) ¹	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/kW) ²	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/เดือน)
ปั้มน้ำบาดาล	10.91	39.47	430.68	1.7034	196.26	733.61	2,141.38
ค่าไฟฟ้าในการล้างด้วยกรด						733.61	2,141.38
รวมค่าไฟฟ้าในการล้างด้วยกรด (บาท/เดือน)						2,874.99	

ตารางที่ 3.41 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบของโรงงาน อ.ส.ค

รายชื่อวัตถุดิบ	ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (กก./ครั้ง)	ความถี่ที่ใช้ (ครั้ง/วัน)	จำนวนวันที่ใช้ ต่อเดือน	รวมวัตถุดิบที่ใช้ (กก./เดือน)	ค่าวัตถุดิบ (บาท/ลิตร)	รวมค่าใช้จ่าย (บาท/เดือน)
ต่าง	8	11	10	880.00	6.43	5,658.40
กรด	6	11	8	528.00	9.20	4,857.60
รวมค่าวัตถุดิบในการล้าง						10,516.00

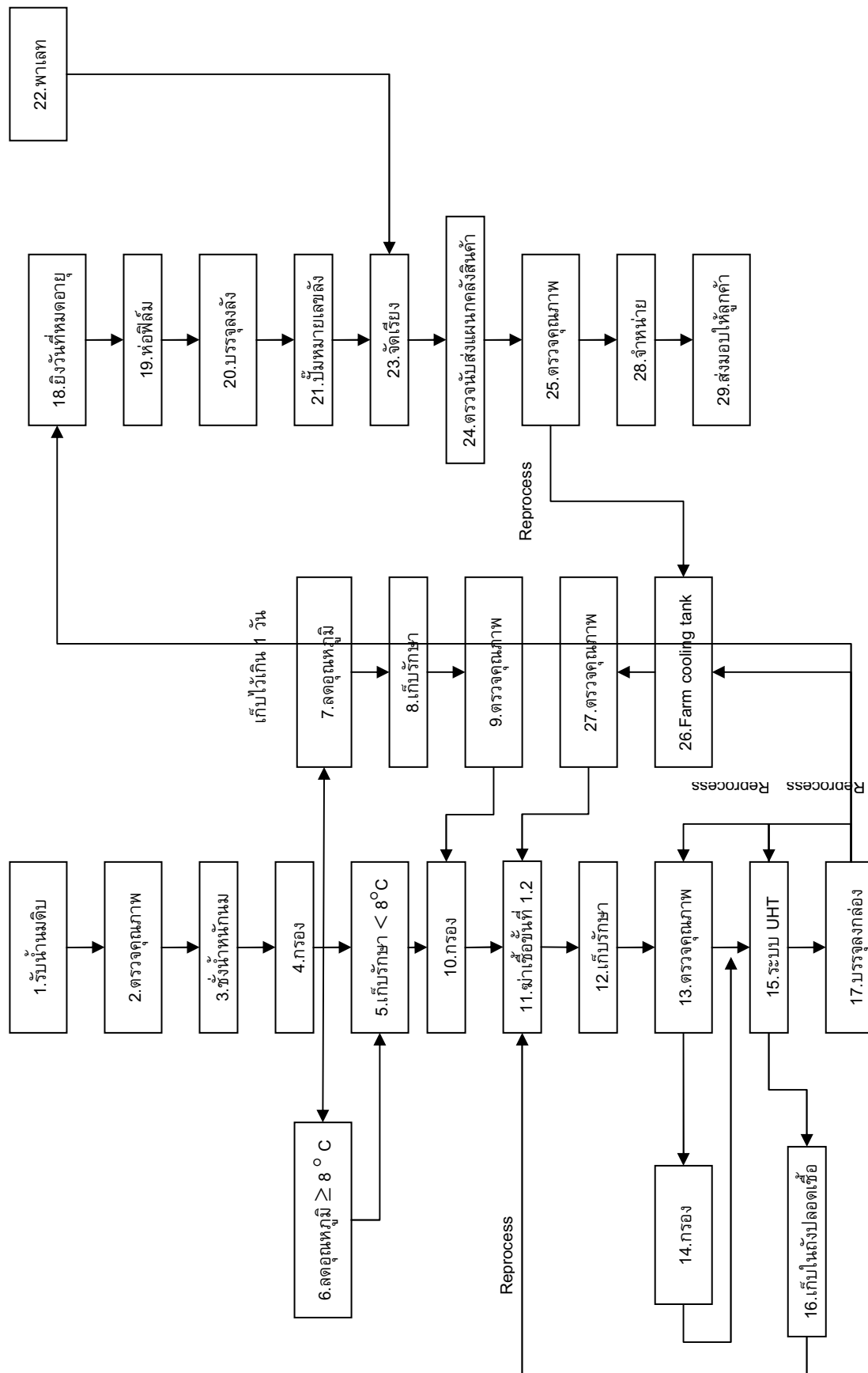
ตารางที่ 3.42 : แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงของโรงงาน อ.ส.ค

รายละเอียด	สัญลักษณ์	หน่วย	วิธีการหาค่า	ค่าที่ได้
อุณหภูมิน้ำเข้า	T_1	K	audit	303.00
อุณหภูมิน้ำออก	T_2	K	audit	353.00
ค่าอัตราไหลเชิงมวลของน้ำ	$\dot{m}$	kg/s	audit	2.63
ค่าความร้อนจำเพาะ	C	kJ/kg.K	const.	4.19
พลังงานความร้อน	Q	kJ/s	$\dot{m} C(T_2 - T_1)$	549.94
เวลาที่ใช้ต่อเดือน (นาฬิกา)	m	นาฬิกา	audit	7,480.00
เวลาที่ใช้ต่อเดือน (วินาที)	s	วินาที	audit	448,800.00
ความร้อนที่ใช้	Q	kJ	$Q \times s$	246,811,950.00
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	Qc	kJ/kg	audit	38,180.00
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้	F	kg	Q / Qc	6,464.43
ค่าเชื้อเพลิง	Fc	บาท/kg	audit	18.05
ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเชื้อเพลิง	FC	บาท/เดือน	audit	116,682.97

จากการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำบาดาล และการคำนวณค่าใช้จ่ายวัตถุดิบในการล้างถังพักนมของศูนย์รับนมต่างๆ ทั้ง 5 ศูนย์และการล้างถังพักนมที่โรงงานสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.43

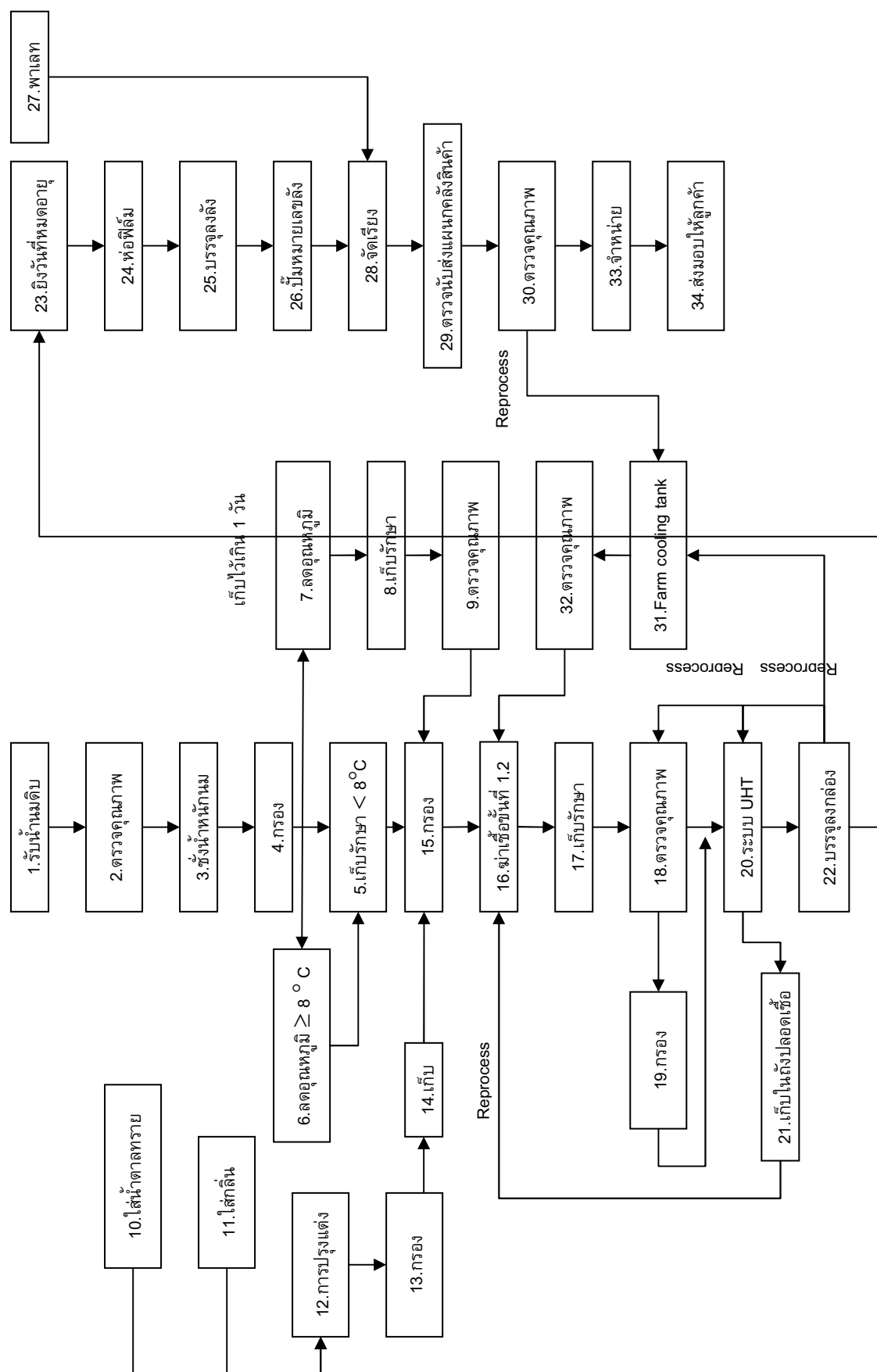
ตารางที่ 3.43 : แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละศูนย์/โรงงาน (บาท/เดือน)

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปริมาณค่าใช้จ่ายแต่ละศูนย์/โรงงาน (บาท/เดือน)						หมายเหตุ
	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุฉีชัย	ทุ่งฝน	โรงงาน	
น้ำ	155.88	173.71	161.49	1,800	195.0	2,874.99	
กรด และด่าง	1,709.40	427.35	909.60	238.90	885.0	10,516.0	
ค่าไฟฟ้าของการทำความสะอาดอุปกรณ์	3,560.42	3,713.25	3,790.26	452.25	-	4,464.94	
เชื้อเพลิง	-	-	-	-	-	116,682.97	
ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/เดือน)	5,425.70	4,314.31	4,861.35	2,491.15	1,080.0	134,538.9	
ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท/ครั้ง)	181.00	144.00	163.00	84.00	36.00	2,243.00	



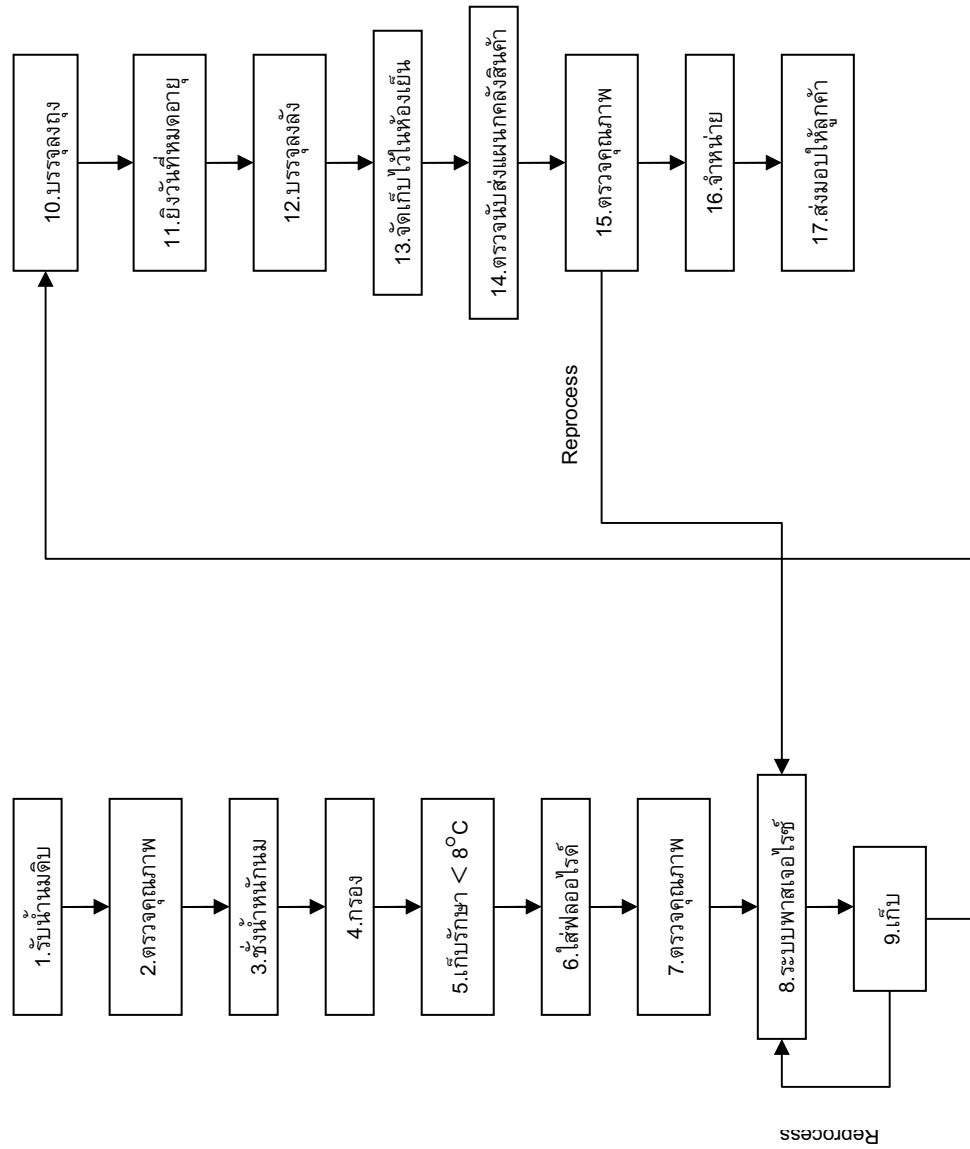
รูปที่ 3.20 แสดงกระบวนการการผลิตนม UHT รสจืด





รูปที่ 3.21 แสดงกระบวนการผลิตนม UHT รสหวาน





รูปที่ 3.22 แสดงกระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ (ฟลูออไรด์)

ตารางที่ 3.44 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในการผลิต

รายชื่ออุปกรณ์	kW	กรณีล้างปกติ										ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kWh)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)		
		ล้างเพลท						ล้างระบบ									รวม/วัน	วัน/เดือน
		ไล่คราบ	ล้างต่าง	ไล่คราบ	ล้างต่าง	ไล่คราบ	ล้างต่าง	จำนวนครั้ง/วัน	รวม (นาที/วัน)	จำนวนครั้งต่อวัน**	รวม (นาที/วัน)							
		ไล่คราบ	ล้างต่าง	ไล่คราบ	ล้างต่าง	ไล่คราบ	ล้างต่าง	ไล่คราบ	ล้างต่าง	ไล่คราบ	ล้างต่าง	จำนวนครั้ง/วัน	รวม (นาที/วัน)	จำนวนครั้งต่อวัน**	รวม (นาที/วัน)			
ปั๊ม CIP	0.45	3	10	10	2	46	5	15	5	16.67	1.04	20	9.41	1.7034	196.26	16.03	88.42	
ปั๊มหมัก																		
รถ	0.47	0	0	0	2	0	5	15	5	16.67	0.28	20	2.59	1.7034	196.26	4.41	91.44	
ฮีตเตอร์	7.58	0	10	0	2	20	0	15	0	10.00	0.50	20	75.79	1.7034	196.26	129.10	1487.45	
ค่าไฟฟ้าในการล้างปกติ/เดือน																		
																	149.54	1,667.31
รวมค่าไฟฟ้าในการล้างปกติ/เดือน																		
1,816.85																		

* หมายเหตุ : ต้นทุนรับนมเสียค่าไฟฟ้าแบบปกติ หน่วยละ 1.7034 บาท ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 1 ละ 196.26 บาท/ kW

**หมายเหตุ : ในการผลิต จะทำการล้างระบบ 20 วัน ใน 1 เดือน



ตารางที่ 3.45 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในกรณีล้างด้วยกรด

รายชื่ออุปกรณ์	kW	กรณีล้างด้วยกรด										ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kW)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)
		ล้างระบบ						รวม (นาที/วัน)	ชม./วัน	วัน/เดือน						
		ไล่คราบน้ำมัน (นาที)	ล้างต่าง (นาที)	ไล่ต่าง (นาที)	ล้างกรด (นาที)	ไล่กรด (นาที)	จำนวนครั้งต่อวัน									
		5	15	5	15	5	1	45	0.75	10	3.38	1.7034	196.26		88.42	
		5	15	5	15	5	1	45	0.75	10	3.49	1.7034	196.26		91.44	
		0	15	0	15	0	1	30	0.50	10	37.89	1.7034	196.26		1,487.45	
ค่าไฟฟ้าในการล้างด้วยกรด/เดือน																
														76.26	1,667.31	
รวมค่าไฟฟ้าในการล้างด้วยกรด/เดือน																
														1,743.09		

รายชื่ออุปกรณ์	kW	กรณีสร้างปกติ										ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่าไฟฟ้า แบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/เดือน)			
		ล้างเพลท				ล้างระบบ				รวม/วัน						วัน/เดือน		
		ไล่ต่าง (นาฬิกา)	ล้างต่าง (นาฬิกา)	ไล่ต่าง (นาฬิกา)	รวม (นาฬิกา/วัน)	ไล่ต่าง (นาฬิกา)	ล้างต่าง (นาฬิกา)	ไล่ต่าง (นาฬิกา)	รวม (นาฬิกา/วัน)									
ปั๊ม CIP	0.78	5	20	5	2	60	10	20	10	0.67	26.67	1.44	30	33.65	1.7034	196.26	57.31	152.39
ปั๊มน้ำผ่านเพลท	0.72	5	20	5	2	60	10	20	10	0.67	26.67	1.44	30	31.06	1.7034	196.26	52.90	140.66
ปั๊มน้ำขึ้น																		
รถ	0.77	0	0	0	2	0	10	20	10	0.67	26.67	0.44	30	10.21	1.7034	196.26	17.40	150.35
ฮีตเตอร์	4.50	0	20	0	2	40	0	20	0	0.67	13.33	0.89	30	119.88	1.7034	196.26	204.21	882.32
ค่าไฟฟ้าในการล้างปกติ/เดือน																		
รวมค่าไฟฟ้าในการล้างปกติ/เดือน																		

ตารางที่ 3.47 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในการผลิตด้วยกรด

รายชื่ออุปกรณ์	kW	กรณีล้างด้วยกรด										ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kWh)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)	
		ล้างระบบ								รวม (นาที/วัน)	ชม./วัน						วัน/เดือน
		ใส่คราบน้ำมัน (นาที)	ล้างล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)								
		ใส่คราบน้ำมัน (นาที)	ล้างล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)	ใส่ล้าง (นาที)								
ปั๊ม CIP	0.78	10	20	10	10	10	10	10	1	60	1.00	10	1.7034	196.26	13.23	152.39	
ปั๊มน้ำผ่านเพลท	0.72	10	20	10	10	10	10	10	1	60	1.00	10	1.7034	196.26	12.21	140.66	
ปั๊มน้ำขึ้นรถ	0.77	10	20	10	10	10	10	10	1	60	1.00	10	1.7034	196.26	13.05	150.35	
ฮีตเตอร์	7.58	0	20	0	10	10	10	10	1	40	0.67	10	1.7034	196.26	86.07	1,487.45	
ค่าไฟฟ้าในการล้างด้วยกรด/เดือน																	
															124.55	1,930.85	
รวมค่าไฟฟ้าในการล้างด้วยกรด/เดือน																	
															2,055.40		

ตารางที่ 3.48 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้ำ

รายชื่ออุปกรณ์	kW	กรรมวิธีล้างปกติ												ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)		
		ล้างเพลท						ล้างระบบ											รวม/วัน	วัน/เดือน
		ใส่คราบ น้ำนม (นาฬิกา)	ล้างต่าง (นาฬิกา)	ใส่ต่าง (นาฬิกา)	จำนวนครั้งต่อวัน	รวม (นาฬิกา/วัน)	ใส่คราบ น้ำนม (นาฬิกา)	ล้างต่าง (นาฬิกา)	ใส่ต่าง (นาฬิกา)	จำนวนครั้งต่อวัน**	รวม (นาฬิกา/วัน)									
ปั๊ม CIP	0.78	15	20	7	2	84	15	20	7	0.67	28.00	1.87	30	43.66	1.7034	196.26	74.37	153.01		
ปั๊มนมผ่าน																				
เพลทปั๊มนมขึ้น	0.75	15	20	7	2	84	15	20	7	0.67	28.00	1.87	30	41.92	1.7034	196.26	71.41	146.92		
รถ	0.76	0	0	0	2	0	15	20	7	0.67	28.00	0.47	30	10.65	1.7034	196.26	18.14	149.26		
ฮีตเตอร์	4.53	0	20	0	2	40	0	20	0	0.67	13.33	0.89	30	120.77	1.7034	196.26	205.72	888.84		
ค่าไฟฟ้าในการล้างปกติ/เดือน																				
รวมค่าไฟฟ้าในการล้างปกติ/เดือน																	369.64		1,338.03	
1,707.66																				

ตารางที่ 3.49 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในการผลิตพลังงาน

รายชื่ออุปกรณ์	kW	กรณีล้างด้วยกรด								ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kWh)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)	
		ล้างระบบ						รวม (นาที/วัน)	ชม./วัน						วัน/เดือน
ไล่คราบ น้ำมัน (นาที)	ล้างต่าง (นาที)	ไล่ต่าง (นาที)	ล้างกรด (นาที)	ไล่กรด (นาที)	จำนวนครั้งต่อวัน	รวม (นาที/วัน)									
ปั้ม CIP	0.78	15	20	7	20	7	1	69	1.15	10	8.97	1.7034	196.26	15.27	153.01
ปั้มนมผ่านฟลท	0.75	15	20	7	20	7	1	69	1.15	10	8.61	1.7034	196.26	14.66	146.92
ปั้มนมขึ้นรถ	0.76	15	20	7	20	7	1	69	1.15	10	8.75	1.7034	196.26	14.90	149.26
ฮีตเตอร์	7.58	0	20	0	20	7	1	47	0.78	10	59.37	1.7034	196.26	101.13	1,487.45
ค่าไฟฟ้าในการล้างด้วยกรด/เดือน														145.96	1,936.63
รวมค่าไฟฟ้าในการล้างด้วยกรด/เดือน														2,082.60	



ตารางที่ 3.50 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในล้างอุปกรณ์รับซื้อเนดิบ

รายชื่อ อุปกรณ์	kW	การล้างอุปกรณ์รับซื้อนมดิบ															ปริมาณ ไฟฟ้าที่ ใช้ (kWh)	ค่าไฟฟ้า แบบปกติ (บาท/ เดือน)*	ค่า กำลังไฟฟ้า สูงสุด (บาท/ เดือน)**	
		ล้างเพลท						ล้างระบบ												
		ไล่ คราบ น้ำมัน (นาทีก)	ล้าง ต่าง (นาทีก)	ไล่ ต่าง (นาทีก)	ล้าง กรด (นาทีก)	ไล่ กรด (นาทีก)	จน ครึ่ง ครั้ง	รวม (นาทีก/ วัน)	ไล่ คราบ น้ำมัน (นาทีก)	ล้าง ต่าง (นาทีก)	ไล่ กรด (นาทีก)	ล้าง กรด (นาทีก)	ไล่ กรด (นาทีก)	จน ครึ่ง ครั้ง	รวม (นาทีก/ วัน)	ชม./ วัน				วัน/ เดือน
ปั๊มไล่ น้ำ/ โซดาไฟ/ กรด	0.47	5	5	5	5	5	25	5	5	5	5	5	1	25	0.83	30	11.68	19.89	91.67	
ปั๊มขึ้น นม	0.48	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	1	25	0.42	30	6.02	10.25	94.48	
ฮีตเตอร์	3.18	0	5	0	0	5	10	0	0	0	5	0	1	10	0.33	30	31.79	54.15	623.87	
ค่าไฟฟ้าในการ ล้าง/เดือน																		84.29	810.02	
รวมค่าไฟฟ้าใน การล้าง/เดือน																		84.29	894.30	

หมายเหตุ : ศูนย์เสียค่าไฟฟ้าแบบปกติ หน่วยละ 1.7034 บาท

.. ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

196.26

บาท/

kW



ตารางที่ 3.51 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในตารางขนส่งด้วยต่าง

รายชื่ออุปกรณ์	kW	การติดตั้งด้วยต่าง				รวม(นาที่/วัน)	ชม./วัน	วัน/เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kWh)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)
		ได้ทราบน้ำมัน (นาที่)	ล้างต่าง (นาที่)	ได้ต่าง (นาที่)	จำนวนครั้งต่อวัน								
ปั้ม CIP (วงจร 1)	2.78	10	20	10	2	80	1.33	26	96.37	1.7034	196.26	164.16	545.60
ปั้ม Return CIPรถนม	2.20	10	20	10	2	80	1.33	26	76.27	1.7034	196.26	129.91	431.77
ค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน													
รวมค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน													1,271.45



ตารางที่ 3.52 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในถังรถส่งนมด้วยกรด

รายชื่ออุปกรณ์	kW	การฉีกล้างด้วยด่าง						ชม./วัน	วัน/เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kWh)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)
		ใส่คราบไขมัน (นาท)	ล้างต่าง (นาท)	ใส่ด่าง (นาท)	ล้างกรด (นาท)	ใส่กรด (นาท)	จำนวนครั้งต่อวัน							
ปั๊ม CIP (วงจร 1)	2.78	10	20	10	20	10	5	5.83	4	64.87	1,7034	196.26	110.49	545.60
ปั๊ม Return CIP รถนม	2.20	10	20	10	20	10	5	5.83	4	51.33	1,7034	196.26	87.44	431.77
ค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน														
รวมค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน													197.94	977.37
													1,175.31	

ตารางที่ 3.53 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในลำห่อและแผนแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยต่าง

รายชื่ออุปกรณ์	kW	การล้างด้วยต่าง				รวม/(นาที/วัน)	วัน/เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kWh)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)
		ไต้คราบน้ำมัน (นาที)	ล้างต่าง (นาที)	ไต้ต่าง (นาที)	จำนวนครั้งต่อวัน							
ปั๊ม CIP(วงจร 1)	2.78	10	20	10	2	80	1.33	111.2	1.7034	196.26	189.42	545.60
ค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน												
รวมค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน												735.02



ตารางที่ 3.54 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในถังทอและแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยการด

รายชื่ออุปกรณ์	kW	กรณีล้างด้วยกรด						รวม(นาที/วัน)	วัน/เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kWh)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)
		ใส่ทราย (นาที)	ล้างต่าง (นาที)	ใส่ต่าง (นาที)	ล้างกรด (นาที)	ใส่กรด (นาที)	จำนวนครั้งต่อวัน							
ปั๊ม CIP (วงจร 1)	2.78	10	20	10	20	10	2	140	2.33	4	25.95	1.7034	196.26	44.20
ค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน														
รวมค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน														
													44.20	545.60
													589.80	

ตารางที่ 3.55 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในลำต่อและแผนเปลี่ยนความร่อนด้วยน้ำร้อน

รายชื่ออุปกรณ์	kW	การล้างด้วยน้ำร้อน			ชม./วัน	วัน/เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kWh)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)
		ใส่ต่าง (นกก)	จำนวนครั้งต่อวัน	รวม(นกก/วัน)							
ปั๊ม CIP (วงจร 1)	2.78	10	1	10	0.17	30	13.90	1.7034	196.26	23.68	545.60
ค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน											
รวมค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน											
										569.28	545.60

ตารางที่ 3.56 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในถังถึงรับมติด้วยต่าง

รายชื่ออุปกรณ์	kW	กรณีถังด้วยต่าง					ชม./วัน	วัน/เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kWh)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)
		ใส่ทราย	ล้าง	ใส่ต่าง (นาท)	จำนวนครั้งต่อวัน	รวม(นาท/วัน)							
ปั้ม CIP	2.78	10	30	10	2	100	1.67	22	101.93	1.7034	196.26	173.63	545.60
ปั้ม Return CIP													
	2.15	10	30	10	2	100	1.67	22	78.83	1.7034	196.26	134.28	421.96
ค่าไฟฟ้าในการล้างปกติ/เดือน													
รวมค่าไฟฟ้าในการล้างปกติ/เดือน													
												307.92	967.56
												1,275.48	

ตารางที่ 3.57 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในถังถึงรับมิดิ้วยกรด

รายชื่ออุปกรณ์	kW	การล้างด้วยกรด						วัน/เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kW)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)
		ไล่คราบน้ำมัน (นาท)	ล้างถัง (นาท)	ไล่ต่าง (นาท)	ไล่กรด (นาท)	จำนวนครั้งต่อวัน	รวม(นาท/วัน)						
ปั๊ม CIP (วงจร 1)	2.78	10	20	10	20	2	140	8	51.89	1.7034	196.26	88.40	545.60
ปั๊ม Return CIP ถังนม	2.15	10	20	10	20	2	140	8	40.13	1.7034	196.26	68.36	421.96
ค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน													
รวมค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน												156.76	545.60
												702.36	

ตารางที่ 3.58 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในถังรับนมดิบด้วยน้ำร้อน

รายชื่ออุปกรณ์	kW	การเลี้ยงด้วยน้ำร้อน			ชม./วัน	วัน/เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kWh)	ค่าไฟฟ้าแบบปกติ (บาท/เดือน)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท/เดือน)
		ไต้ต่าง(นาถ)	จำนวนครั้งต่อวัน	รวม(นาถ/วัน)							
ปั๊ม CIP (วงจร 1)	2.78	10	2	20	0.33	30	27.80	1.7034	196.26	47.35	545.60
ปั๊ม Return CIP ถึงนม	2.15	10	2	20	0.33	30	21.50	1.7034	196.26	36.62	421.96
ค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน											
รวมค่าไฟฟ้าในการล้าง/เดือน											
										47.35	545.60
										592.96	

บทที่ 4

การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

4.1 ลักษณะปัญหาที่พิจารณา (Problem Statement)

ในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ คณะวิจัยได้ใช้เทคนิคการสร้างรูปแบบโดยวิธีโปรแกรมผสมเลขจำนวนเต็ม (Mixed Integer Programming) ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ของการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกที่มีหลายขนาดเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงพักนอนของโรงงานและศูนย์รับนมและค่าขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง) ต่ำที่สุด ซึ่งการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์มี 4 รูปแบบ คือ :

รูปแบบที่ 1: กรณีที่ช่องบรรจุน้ำมันดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำมันดิบมากกว่า 1 ศูนย์ และน้ำมันดิบต่างมือนั้น แต่ไม่เกิน 2 มือน และ**ไม่มีการพิจารณาเวลา**ในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows) ซึ่งจะแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 4.1

รูปแบบที่ 2: กรณีที่ช่องบรรจุน้ำมันดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำมันดิบมากกว่า 1 ศูนย์ และน้ำมันดิบต่างมือนั้น แต่ไม่เกิน 2 มือน รวมทั้ง**มีการกำหนดเวลา**ในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows) ซึ่งจะแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 4.2

รูปแบบที่ 3: กรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุก**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำมันดิบต่างศูนย์ แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำมันดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำมันดิบไม่เกิน 2 มือน และ**ไม่มีการพิจารณาเวลา**ในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows) ซึ่งจะแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 4.3 และ

รูปแบบที่ 4: กรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุก**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำมันดิบต่างศูนย์ แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำมันดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำมันดิบไม่เกิน 2 มือน รวมทั้ง**มีการกำหนดเวลา**ในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows) ซึ่งจะแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 4.4

โดยลักษณะปัญหาในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แต่ละรูปแบบประกอบด้วยเงื่อนไข 5 อย่าง คือ (1) รถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งน้ำมันดิบมีหลายขนาด (2) รถบรรทุกแต่ละคันสามารถไปรับนมได้มากกว่า 1 ศูนย์ และแต่ละศูนย์ก็สามารถจ่ายน้ำมันดิบให้กับรถบรรทุกได้มากกว่า 1 คัน (3) เมื่อรถบรรทุกไปรับน้ำมันดิบได้เต็มความจุของรถบรรทุกแล้วจะต้องกลับมามีที่โรงงาน (4) ปริมาณน้ำมันดิบในบางศูนย์อาจมีมากและเกินปริมาณความจุของรถบรรทุก และ (5) ปริมาณน้ำมันดิบจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มตามขนาดความจุของช่องรับนม หากปริมาณน้ำมันดิบมีปริมาณเกินความจุของรถบรรทุก ซึ่งรายละเอียดของสัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.2 ส่วนรายละเอียดของรูปแบบคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นทั้ง 4 รูปแบบได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.3 – 4.6 ตามลำดับดังนี้

4.2 สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์จะประกอบไปด้วยตัวห้อย (Subscripts) แสดงได้ดังตารางที่ 4.1 ส่วนตัวแปร (Parameters) และตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables) ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 : แสดงตัวห้อย (Subscripts)

อักษรย่อ	ความหมาย
i, j	ตัวชี้ (index) ของศูนย์รับนม
k	ตัวชี้ (index) ของรถบรรทุก
l	ตัวชี้ (index) ของรอบรถบรรทุกที่ไปรับน้ำนมดิบ
r	ตัวชี้ (index) ของกลุ่มปริมาณน้ำนมดิบ

ตารางที่ 4.2 : แสดงตัวแปร (Parameters)

ตัวแปร	ความหมาย
N	เซตของศูนย์รับนม $\{0, 1, 2, \dots, \text{point}\}$
E	เซตของรถบรรทุก $\{1, 2, \dots, \text{truck}\}$
S	เซตของรอบรถบรรทุกที่ไปรับน้ำนมดิบ $\{1, 2, \dots, \text{lot}\}$
F	เซตของกลุ่มปริมาณน้ำนมดิบ $\{1, 2, \dots, \text{group}\}$
point	จำนวนของศูนย์รับนม
truck	จำนวนของรถบรรทุก
lot	จำนวนของรอบรถบรรทุกที่ไปรับน้ำนมดิบ
group	กลุ่มปริมาณน้ำนมดิบ
cap_factory	กำลังการผลิตของโรงงาน (ตัน)
milk_tanks	ความจุของถังพักนมที่โรงงาน (ตัน)
m_{kl}	ความจุของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (ตัน)
m_{rkl}	ความจุของรับนมที่ r ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (ตัน)
V_j	จำนวนครั้งที่ต้องทำความสะอาดถังพักนมของศูนย์รับนม j
g	ปริมาณน้ำนมดิบที่ขนส่งต่อวัน (ตัน)
t_{ij}	เวลาเดินทางจากศูนย์รับนม i ไปศูนย์รับนม j (ชั่วโมง)
d_{ij}	ระยะทางจากศูนย์รับนม i ไปศูนย์รับนม j (กิโลเมตร)
h	อัตราการไหลของท่อสูบน้ำนมดิบจากถังพักนมที่ศูนย์รับนมลงสู่ถังของรถบรรทุก (ชั่วโมง/ตัน)
D_{kl}	เวลาออกจากโรงงานของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l
C_{kl}	เวลากลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l
a_i	ปริมาณน้ำนมดิบของศูนย์รับนม i (ตัน)
b	ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมของโรงงาน (บาท/ครั้ง): ได้จากบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.4
q_j	ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมของศูนย์รับนม j (บาท/ครั้ง)
G	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ลิตร)
F_k	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถบรรทุกคันที่ k (ลิตร/กิโลเมตร)

ตารางที่ 4.3 แสดงตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)

ชนิดของตัวแปร	ตัวแปร	ความหมาย
ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)	A	จำนวนครั้งในการทำความสะอาดถึงพิกณของโรงงาน (integer)
	Z	ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกณของโรงงานและศูนย์รับนมและค่าขนส่ง (บาท/วัน)
	distance	ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมดของรถบรรทุกทุกคัน (กิโลเมตร)
	W_{ikl}	ปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม i ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (ตัน)
	W_{irk}	ปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม i กลุ่มที่ r ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (ตัน)
	U_{ikl}, U_{jkl}	ตัวแปรความต่อเนื่องที่ป้องกันการเกิด subtour
ตัวแปรไบนารี (Binary Decision Variables)	X_{ijkl}	= 1 : เมื่อรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางจากศูนย์รับนม i ไปยังศูนย์รับนม j = 0 : เมื่อเป็นอย่างอื่น
	X_{0jkl}	รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม j
	X_{i0kl}	รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางจากศูนย์รับนม i กลับมายังโรงงาน
	Y_{ikl}	= 1 : เมื่อรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางไปยังศูนย์รับนม i = 0 : เมื่อเป็นอย่างอื่น
	Y_{irk}	= 1 : เมื่อรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางไปยังศูนย์รับนม i รับน้ำมันดิบกลุ่มที่ r = 0 : เมื่อเป็นอย่างอื่น

จากตัวห้อย ตัวแปร (Parameters) และตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables) ที่ได้กำหนดขึ้นมานั้น ได้นำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบทางทั้ง 4 รูปแบบ โดยมีสมการเป้าหมายเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการล้างถึงพิกณของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง) ให้มีค่าต่ำที่สุด โดยมีรายละเอียดของแต่ละรูปแบบมีดังนี้

4.3 การพัฒนารูปแบบคณิตศาสตร์รูปแบบที่ 1

รูปแบบนี้ข้้องบรรจุน้ำมันดิบแต่ละข้้องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำมันดิบมากกว่า 1 ศูนย์และน้ำมันดิบต่างมือกัน แต่ไม่เกิน 2 มือ และไม่มีพิจารณาเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows) สามารถแสดงได้ดังสมการ 4.1-4.15 ดังนี้

สมการเป้าหมาย (Objective Function):

$$\text{Minimize } Z \quad (4.1)$$

สมการเงื่อนไข (Constraints):

Constraints 1 : รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางจากศูนย์รับนม i ไปยังศูนย์รับนม j เท่ากับรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางไปยังศูนย์รับนม i

$$\sum_{\forall j} x_{ijkl} = y_{ikl} \quad \text{for } i \in N, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.2)$$

Constraints 2 : รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางจากศูนย์รับนม j ไปยังศูนย์รับนม i เท่ากับรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางไปยังศูนย์รับนม i

$$\sum_{\forall j} x_{jikl} = y_{ikl} \quad \text{for } i \in N, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.3)$$

Constraints 3 : รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางจากศูนย์รับนม i ไปยังศูนย์รับนม j เท่ากับรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางไปยังศูนย์รับนม j ไปยังศูนย์รับนม i

$$\sum_{\forall j} x_{ijkl} = \sum_{\forall j} x_{jikl} \quad \text{for } i \in N, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.4)$$

Constraints 4 : ผลรวมปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม i ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เท่ากับปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม i

$$\sum_{\forall k} \sum_{\forall l} w_{ikl} = a_i \quad \text{for } i \in \{1, 2, \dots, \text{point}\} \quad (4.5)$$

Constraints 5 : ผลรวมปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม i ไม่เกินความจุของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l

$$\sum_{i=1}^{\text{point}} w_{ikl} \leq m_{kl} \quad \text{for } k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.6)$$

Constraints 6 : ปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม i ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ไม่เกินปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม i

$$w_{ikl} \leq a_i \times y_{ikl} \quad \text{for } i \in \{1, 2, \dots, \text{point}\}, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.7)$$

Constraints 7 : ป้องกันการเกิด subtour

$$u_{ikl} - u_{jkl} + (\text{point} \times x_{ijkl}) + x_{jikl} \leq \text{point} \quad \text{for } i, j \in \{1, 2, \dots, \text{point}\}, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.8)$$

Constraints 8 : ปริมาณน้ำมันดิบของโรงงานจะไม่ถูกจัดส่ง

$$w_{0kl} = 0 \quad \text{for } k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.9)$$

Constraints 9 : ปริมาณน้ำมันดิบที่ขนส่งมาโรงงาน ไม่เกินกำลังการผลิตของโรงงาน

$$g \leq \text{cap_factory} \quad (4.10)$$

Constraints 10 : จำนวนครั้งในการทำความสะอาดถังพักนมของโรงงาน

$$\frac{g}{\text{milk_tank_cleaning_cost}} \leq A \quad (4.11)$$

Constraints 11 : ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมดของรถบรรทุกทุกคัน

$$\sum_{\forall i} \sum_{\forall j} \sum_{\forall k} \sum_{\forall l} (d_{ij} \times x_{ijkl}) = distance \quad (4.12)$$

Constraints 12 : ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง

$$(A \times b) + \sum_{j=1}^{point} (V_j \times q_j) + \sum_{\forall i} \sum_{\forall j} \sum_{\forall k} \sum_{\forall l} (F_k \times G \times d_{ij} \times x_{ijkl}) \leq Z \quad (4.13)$$

Constraints 13 : รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางจากศูนย์รับนม i ไปยังศูนย์รับนม j เมื่อ $i = j$

$$x_{iikl} = 0 \quad \text{for } i, j \in N, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.14)$$

Constraints 14 : ปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม i ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l มากกว่าหรือเท่ากับ 0

$$w_{ikl} \geq 0 \quad \text{for } i \in N, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.15)$$

4.4 การพัฒนารูปแบบคณิตศาสตร์รูปแบบที่ 2

รูปแบบนี้ของบรรจุน้ำมันดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำมันดิบมากกว่า 1 ศูนย์และน้ำมันดิบต่างมีอยู่กันแต่ไม่เกิน 2 มีอ รวมทั้งมีการกำหนดเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows)

รูปแบบที่ 2 จะมีสมการเป้าหมาย (Objective Function) และสมการเงื่อนไข (Constraints) เหมือนรูปแบบที่ 1 ในหัวข้อ 4.3 ยกเว้นแต่จะมีสมการเงื่อนไขที่เกี่ยวกับเวลา (Time Windows) เพิ่มเข้ามาในรูปแบบนี้ โดยสมการที่เพิ่มเข้ามาสามารถแสดงได้ดังสมการ (4.16) ดังนี้

Constraints 15 : รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ต้องกลับมาโรงงานไม่เกินกว่าเวลาที่โรงงานกำหนด

$$C_{kl} \geq D_{kl} + \sum_{\forall i} \sum_{\forall j} (t_{ij} \times x_{ijkl}) + \sum_{\forall i} (w_{ikl} \times h) \quad \text{for } k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.16)$$

4.5 การพัฒนารูปแบบคณิตศาสตร์รูปแบบที่ 3

รูปแบบนี้ของรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะไม่มีส่วนผสมกันของน้ำมันดิบต่างศูนย์ แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำมันดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำมันดิบไม่เกิน 2 มีอ และไม่มีมีการพิจารณาเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows) สามารถแสดงได้ดังสมการ 4.17-4.32 ดังนี้

สมการเป้าหมาย (Objective Function):

Minimize Z

(4.17)

สมการเงื่อนไข (Constraints):

Constraints 1 : รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางจากศูนย์รับนม i ไปยังศูนย์รับนม j มากกว่าหรือเท่ากับ
รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางไปยังศูนย์รับนม i รับน้ำมันดิบกลุ่มที่ r

$$\sum_{\forall j} x_{ijkl} \geq y_{irkl} \quad \text{for } i \in N, r \in F, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.18)$$

Constraints 2 : รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางจากศูนย์รับนม j ไปยังศูนย์รับนม i มากกว่าหรือเท่ากับ รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางไปยังศูนย์รับนม i รับน้ำหนักดิบกลุ่มที่ r

$$\sum_{\forall j} x_{ijkl} \geq y_{irkl} \quad \text{for } i \in N, r \in F, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.19)$$

Constraints 3 : รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางจากศูนย์รับนม i ไปยังศูนย์รับนม j เท่ากับรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางไปยังศูนย์รับนม j ไปยังศูนย์รับนม i

$$\sum_{\forall j} x_{ijkl} = \sum_{\forall j} x_{jikl} \quad \text{for } i \in N, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.20)$$

Constraints 4 : ผลรวมปริมาณน้ำหนักดิบของศูนย์รับนม i กลุ่มที่ r ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เท่ากับ ปริมาณน้ำหนักดิบของศูนย์รับนม i

$$\sum_{\forall k} \sum_{\forall l} w_{irkl} = a_i \quad \text{for } i \in \{1, 2, \dots, \text{point}\} \quad (4.21)$$

Constraints 5 : ผลรวมปริมาณน้ำหนักดิบของศูนย์รับนม i กลุ่มที่ r ไม่เกินความจุของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ช่องที่ r

$$\sum_{i=1}^{\text{point}} w_{irkl} \leq m_{rkl} \quad \text{for } r \in F, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.22)$$

Constraints 6 : ปริมาณน้ำหนักดิบของศูนย์รับนม i กลุ่มที่ r ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ไม่เกินปริมาณ น้ำหนักดิบของศูนย์รับนม i

$$w_{irkl} \leq a_i \times y_{irkl} \quad \text{for } i \in \{1, 2, \dots, \text{point}\}, r \in F, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.23)$$

Constraints 7 : ป้องกันการเกิด subtour

$$u_{ikl} - u_{jkl} + (\text{point} \times x_{ijkl}) + x_{ijkl} \leq \text{point} \quad \text{for } i, j \in \{1, 2, \dots, \text{point}\}, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.24)$$

Constraints 8 : ปริมาณน้ำหนักดิบของโรงงานจะไม่ถูกจัดส่ง

$$w_{0rkl} = 0 \quad \text{for } r \in F, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.25)$$

Constraints 9 : ปริมาณน้ำหนักดิบที่ขนส่งมาโรงงาน ไม่เกินกำลังการผลิตของโรงงาน

$$g \leq \text{cap_factory} \quad (4.26)$$

Constraints 10 : จำนวนครั้งในการทำความสะอาดถังพักนมของโรงงาน

$$\frac{g}{\text{milk_tank_size}} \leq A \quad (4.27)$$

Constraints 11 : ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมดของรถบรรทุกทุกคัน

$$\sum_{\forall i} \sum_{\forall j} \sum_{\forall k} \sum_{\forall l} (d_{ij} \times x_{ijkl}) = \text{distance} \quad (4.28)$$

Constraints 12 : ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงพิกณัมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง

$$(A \times b) + \sum_{j=1}^{point} (V_j \times q_j) + \sum_{\forall i} \sum_{\forall j} \sum_{\forall k} \sum_{\forall l} (F_k \times G \times d_{ij} \times x_{ijkl}) \leq Z \quad (4.29)$$

Constraints 13 : รถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l เดินทางจากศูนย์รับนม i ไปยังศูนย์รับนม j เมื่อ $i = j$

$$x_{iikl} = 0 \quad \text{for } i, j \in N, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.30)$$

Constraints 14 : ปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม i กลุ่มที่ r ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l มากกว่าหรือเท่ากับ 0

$$w_{irk} \geq 0 \quad \text{for } i \in N, r \in F, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.31)$$

Constraints 15 : น้ำมันดิบของศูนย์รับนม i กลุ่มที่ r ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1

$$\sum_{\forall i} y_{irk} \leq 1 \quad \text{for } r \in F, k \in E \text{ และ } l \in S \quad (4.32)$$

4.6 การพัฒนารูปแบบคณิตศาสตร์รูปแบบที่ 4

รูปแบบนี้ซึ่งรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะ**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำมันดิบต่างศูนย์ แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำมันดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำมันดิบไม่เกิน 2 มื้อ และ**มีการพิจารณาเวลา**ในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows)

รูปแบบที่ 4 นี้ได้มีการพัฒนาเป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีสมการเป้าหมาย (Objective Function) และสมการเงื่อนไข (Constraints) เหมือนในรูปแบบที่ 3 ในหัวข้อ 4.5 แต่จะมีสมการเกี่ยวกับเวลา (Time Windows) เพิ่มเข้ามาในรูปแบบนี้ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ (4.33) ดังนี้

จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ของรูปแบบที่ 1, 2, 3, และ 4 ที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นสามารถหาสมการเงื่อนไข และตัวแปรตัดสินใจได้ ดังแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.4 อย่างไรก็ตาม ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดของทั้ง 4 รูปแบบ สามารถหาได้โดยใช้โปรแกรม CPLEX/AMPL ซึ่งจะแสดงผลไว้ในบทที่ 5

ตารางที่ 4.4 : แสดงการเปรียบเทียบหาสมการเงื่อนไขและตัวแปรตัดสินใจได้ของสมการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ

รูปแบบที่	สมการเงื่อนไข	ตัวแปรตัดสินใจ
1	$4 + 3es + 2n + nesf$	$n^2esf + 2nesf + esf + nf + es + 7n + 2n^2 + e + 11$
2	$4 + 5es + 2n + nesf$	$n^2esf + 2nesf + esf + nf + 4es + 9n + 3n^2 + e + 13$
3	$4 + 3es + 2n + nesf$	$n^2esf + 2nesf + esf + nf + es + 7n + 2n^2 + e + 11$
4	$4 + 5es + 2n + nesf$	$n^2esf + 2nesf + esf + nf + 4es + 9n + 3n^2 + e + 13$

4.7 ตัวอย่างการหาคำตอบที่ดีที่สุดจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ

การทดสอบความถูกต้องของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Validation and Verification) ของปัญหา ซึ่งคณะวิจัยได้ทำการหาคำตอบของปัญหาที่มีขนาดเล็กโดยใช้โปรแกรม CPLEX/AMPL บนวินโดวส์ (ดังแสดงตัวอย่างในภาคผนวก ง.) และตรวจคำตอบที่ได้โดยการแทนค่าของตัวแปรแต่ละตัวในทุกเงื่อนไขว่าเป็นจริงหรือไม่ ถ้าการตรวจสอบพบว่าทุกเงื่อนไขเป็นจริงแสดงว่ารูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างนั้นมีความถูกต้อง ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 ลักษณะของปัญหามีดังนี้

- 1) **รถบรรทุกมี 2 ขนาด** ได้แก่ รถบรรทุกขนาด 7 ตัน มี 1 คัน และรถบรรทุกขนาด 11.2 ตัน มี 3 คัน
- 2) **ศูนย์รับนมมี 3 ศูนย์** ได้แก่ ศูนย์รับนมที่ 1 น้ำพอง, ศูนย์รับนมที่ 2 กระนวน และศูนย์รับนมที่ 3 ศรีธาตุ
- 3) จำนวนน้ำนมดิบที่ขนส่งทั้งหมด 36 ตัน/วัน
- 4) จำนวนน้ำนมดิบในแต่ละศูนย์ต่อวัน ได้แก่ น้ำพอง 19.2 ตัน, กระนวน 16.61 ตัน และศรีธาตุ 12.7 ตัน
- 5) กำลังการผลิตของโรงงาน 60 ตัน/วัน
- 6) อัตราการไหลของท่อดูดน้ำนมดิบจากถังพิกณที่ศูนย์รับนมลงสู่ถังของรถบรรทุก 1 ตัน/ชม. (6 นาที/ตัน)
- 7) ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกณของโรงงานเท่ากับ 2,243 บาท/ครั้ง (ข้อมูลจากหัวข้อ 3.4)
- 8) ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกณของศูนย์รับนมที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 181, 144 และ 163 บาท/ครั้ง ตามลำดับ (ข้อมูลจากหัวข้อ 3.4)
- 9) อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถขนาด 11.2 และ 7 ตันเฉลี่ยเท่ากับ 0.2967 และ 0.3311 ลิตร/กิโลเมตร (จากรายละเอียดในภาคผนวก ค.1)
- 10) น้ำมันเชื้อเพลิง 27.94 บาท/ลิตร (ข้อมูลจาก <http://www.ptplc.com/th> เมื่อวันที่ 11 ก.ค. 2549)
- 11) จำนวนครั้งที่ต้องทำความสะอาดถึงพิกณของศูนย์รับนมเท่ากับ 1 ครั้ง/ศูนย์รับนม
- 12) ความเร็วของรถบรรทุกนม 60 กม./ชม.
- 13) เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากศูนย์รับนม i ไปยังศูนย์รับนม j (t_{ij}) แสดงได้ดังตารางที่ 4.5
- 14) ระยะทางจากศูนย์รับนม i ไปศูนย์รับนม j (d_{ij}) แสดงได้ดังตารางที่ 4.6
- 15) ปริมาณน้ำนมดิบของศูนย์รับนม j กลุ่มที่ r (w_{jr}) แสดงได้ดังตารางที่ 4.7
- 16) ปริมาณน้ำนมดิบของศูนย์รับนม j กลุ่มที่ r (e_{jr}) แสดงได้ดังตารางที่ 4.8
- 17) เวลาออกจากโรงงานของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (D_{kl}) แสดงได้ดังตารางที่ 4.9
- 18) ระยะห่างระหว่างเวลาออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (O_{kl}) แสดงได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.5 : แสดงเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากศูนย์รับนม i ไปยังศูนย์รับนม j (ชั่วโมง) (t_{ij})

i	j			
	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ
โรงงาน	-	1.02	1.76	2.31
น้ำพอง	1.02	-	0.77	1.33
กระนวน	1.76	0.77	-	1.26
ศรีธาตุ	2.31	1.33	1.26	-

ตารางที่ 4.6 : แสดงระยะทางจากศูนย์รับนม i ไปศูนย์รับนม j (กิโลเมตร) (d_{ij})

i	j			
	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ
โรงงาน	0	61.01	105.37	138.83
น้ำพอง	61.01	0	46.35	79.82
กระนวน	105.37	46.35	0	75.46
ศรีธาตุ	138.83	79.82	75.46	0

ตารางที่ 4.7 : แสดงปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม j กลุ่มที่ r (w_{jr})

w_{jr}	ปริมาณน้ำมันดิบ (ตัน)
w_{11}	11.2
w_{12}	2.3
w_{21}	11.2
w_{22}	2.3
w_{31}	9.0
w_{32}	0.0

ตารางที่ 4.8 : แสดงปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม j กลุ่มที่ r (e_{jr})

e_{jr}	ปริมาณน้ำมันดิบ (ตัน)
e_{11}	11.2
e_{12}	2.3
e_{21}	11.2
e_{22}	2.3
e_{31}	7.0
e_{32}	2.0

ตารางที่ 4.9 : แสดงเวลาออกจากโรงงานของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (D_{kl})

D_{kl}	เวลาออกจากโรงงาน (น.)
D_{11}	6:00
D_{21}	6:00
D_{31}	6:00
D_{41}	6:00

ตารางที่ 4.10 : แสดงระยะห่างระหว่างเวลาออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (O_{kl})

O_{kl}	ระยะห่างระหว่างเวลาออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (ชม.)
O_{11}	8
O_{21}	8
O_{31}	8
O_{41}	8

การหาคำตอบที่ดีที่สุด

รูปแบบที่ 1: กรณีที่ช่องบรรจุน้ำมันดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำมันดิบมากกว่า 1 ศูนย์ และน้ำมันดิบต่างมือนกัน แต่ไม่เกิน 2 มือน และไม่มีพิจารณาเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการรันโปรแกรม CPLEX/AMPL มีดังนี้

- 1) เส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคัน แสดงได้ดังตารางที่ 4.11
- 2) จำนวนครั้งในการทำความสะอาดถึงพิกณัมของโรงงานประมาณ 2 ครั้ง
- 3) ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกณัมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง) เท่ากับ 12,010.21บาท/วัน
- 4) ระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการขนส่ง 823.15 กิโลเมตร

ตารางที่ 4.11 : แสดงเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคัน ของรูปแบบที่ 1

รูปแบบที่	รถคันที่ (ขนาดรถ)	เส้นทาง	ปริมาณน้ำมันแต่ละศูนย์ (ตัน)	ระยะทาง ทั้งหมด (กม)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/วัน)
1	1(11.2)	น้ำพอง	11.2	823.15	12,010.21
	2(11.2)	กระนวน	11.2		
	3(11.2)	ศรีธาตุ	9		
	4 (7)	น้ำพอง->กระนวน	2.3->2.3		

รูปแบบที่ 2: กรณีที่ช่องบรรจุน้ำมันดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำมันดิบมากกว่า 1 ศูนย์ และน้ำมันดิบต่างมือนกันแต่ไม่เกิน 2 มือน รวมทั้งมีการกำหนดเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการรันโปรแกรม CPLEX/AMPL มีดังนี้

- 1) เส้นทางการเดินทางและเวลากลับของรถบรรทุกแต่ละคัน แสดงได้ดังตารางที่ 4.12
- 2) จำนวนครั้งในการทำความสะอาดถึงพิกณัมของโรงงานประมาณ 2 ครั้ง
- 3) ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกณัมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง) เท่ากับ 12,010.21บาท/วัน
- 4) ระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการขนส่ง 823.15 กิโลเมตร

ตารางที่ 4.12 : แสดงเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคัน ของรูปแบบที่ 2

รถคันที่ (ขนาดรถ)	เวลากลับมาที่ โรงงาน (น.)	เส้นทาง	ปริมาณน้ำมันแต่ละศูนย์ (ตัน)	ระยะทาง ทั้งหมด (กม)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/วัน)
1(11.2)	8:02	น้ำพอง	11.2	823.15	12,010.21
2(11.2)	9:31	กระนวน	11.2		
3(11.2)	10:38	ศรีธาตุ	9		
4 (7)	9:33	น้ำพอง->กระนวน	2.3->2.3		

รูปแบบที่ 3: กรณีที่ห้องรับนมแต่ละห้องบนรถบรรทุกจะ**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำมันดิบต่างศูนย์ แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำมันดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำมันดิบไม่เกิน 2 มื้อ และ**ไม่มีการพิจารณาเวลาในการออกและกลับ**ที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการรันโปรแกรม CPLEX/AMPL มีดังนี้

- 1) เส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคัน แสดงได้ดังตารางที่ 4.13
- 2) จำนวนครั้งในการทำความสะอาดถังพักนมของโรงงานประมาณ 2 ครั้ง
- 3) ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง) เท่ากับ 12,975.54 บาท/วัน
- 4) ระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการขนส่ง 932.07 กิโลเมตร

ตารางที่ 4.13 : แสดงเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคันของรูปแบบที่ 3

รูปแบบที่	รถคันที่ (ขนาดรถ)	เส้นทาง	ปริมาณน้ำมัน แต่ละศูนย์ (ตัน)	ระยะทาง ทั้งหมด (กม)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/วัน)
3	1(11.2)	น้ำพอง	11.2	932.07	12,975.54
	2(11.2)	กระนวน	11.2		
	3(11.2)	น้ำพอง->กระนวน->ศรีธาตุ	2.3->2.3->2		
	4 (7)	ศรีธาตุ	7		

รูปแบบที่ 4: กรณีที่ห้องรับนมแต่ละห้องบนรถบรรทุก**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำมันดิบต่างศูนย์ แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำมันดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำมันดิบไม่เกิน 2 มื้อ รวมทั้ง**มีการกำหนดเวลา**ในการออกและกลับที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการรันโปรแกรม CPLEX/AMPL มีดังนี้

- 1) เส้นทางการเดินทางและเวลากลับของรถบรรทุกแต่ละคัน แสดงได้ดังตารางที่ 4.14
- 2) จำนวนครั้งในการทำความสะอาดถังพักนมของโรงงานประมาณ 2 ครั้ง
- 3) ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง) เท่ากับ 12,975.54 บาท/วัน
- 4) ระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการขนส่ง 932.07 กิโลเมตร

ตารางที่ 4.14 : แสดงเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคันของรูปแบบที่ 4

รถคันที่ (ขนาดรถ)	เวลากลับมาที่ โรงงาน (น.)	เส้นทาง	ปริมาณน้ำนม แต่ละศูนย์ (ตัน)	ระยะทาง ทั้งหมด (กม.)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/วัน)
1(11.2)	8:02	น้ำพอง	11.2	932.07	12,975.54
2(11.2)	9:31	กระนวน	11.2		
3(11.2)	11:22	น้ำพอง->กระนวน->ศรีธาตุ	2.3->2.3->2		
4 (7)	10:38	ศรีธาตุ	7		

จากการทดสอบความสมบูรณ์ของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาและนำที่ได้โดยการแทนค่าของตัวแปรแต่ละตัวในทุกๆ เงื่อนไขพบว่าทุกเงื่อนไขเป็นจริง ดังนั้นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นจึงมีความถูกต้อง นอกจากนี้คณะวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ 1 ของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ โดยสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.15 ดังนี้

ตารางที่ 4.15 : แสดงการสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบของตัวอย่างที่ 1

รถคันที่ (ขนาดรถ)	เวลากลับมาที่ โรงงาน (น.)	เส้นทาง	ปริมาณน้ำนม แต่ละศูนย์ (ตัน)	ระยะทาง ทั้งหมด (กม.)	ค่าใช้จ่าย ทั้งหมด (บาท/วัน)
1(11.2)	-	น้ำพอง	11.2	823.15	12,010.21
2(11.2)		กระนวน	11.2		
3(11.2)		ศรีธาตุ	9		
4 (7)		น้ำพอง->กระนวน	2.3->2.3		
1(11.2)	8:02	น้ำพอง	11.2	823.15	12,010.21
2(11.2)	9:31	กระนวน	11.2		
3(11.2)	10:38	ศรีธาตุ	9		
4 (7)	9:33	น้ำพอง->กระนวน	2.3->2.3		
1(11.2)	-	น้ำพอง	11.2	932.07	12,975.54
2(11.2)		กระนวน	11.2		
3(11.2)		น้ำพอง->กระนวน->ศรีธาตุ	2.3->2.3->2		
4 (7)		ศรีธาตุ	7		
1(11.2)	8:02	น้ำพอง	11.2	932.07	12,975.54
2(11.2)	9:31	กระนวน	11.2		
3(11.2)	11:22	น้ำพอง->กระนวน->ศรีธาตุ	2.3->2.3->2		
4 (7)	10:38	ศรีธาตุ	7		

4.8 ผลการทดลองการหาคำตอบที่ดีที่สุดจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ

จากการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาทั้ง 4 รูปแบบ คือ: **รูปแบบที่ 1:** กรณีที่ช่องบรรจุน้ำมันดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำมันดิบมากกว่า 1 ศูนย์และน้ำมันดิบต่างมือกัน แต่ไม่เกิน 2 มือ และ **ไม่มีการพิจารณาเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ** **รูปแบบที่ 2:** กรณีที่ช่องบรรจุน้ำมันดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำมันดิบมากกว่า 1 ศูนย์และน้ำมันดิบต่างมือกันแต่ไม่เกิน 2 มือ **รวมทั้งมีการกำหนดเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ** **รูปแบบที่ 3:** กรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะ **ไม่มีการผสมกันของน้ำมันดิบต่างศูนย์** แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำมันดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำมันดิบไม่เกิน 2 มือ และ **ไม่มีการพิจารณาเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ** และ **รูปแบบที่ 4:** กรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุก **ไม่มีการผสมกันของน้ำมันดิบต่างศูนย์** แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำมันดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำมันดิบไม่เกิน 2 มือ **รวมทั้งมีการกำหนดเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ** นั้น คณะวิจัยได้มีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.14 ดังนี้

ตารางที่ 4.16 แสดงผลลัพธ์ของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบของปี 2549

ตัวอย่างที่	เดือน	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4
1	มกราคม	<u>ช่วงที่ 1</u> 24,302.66	n/a	26,384.26	n/a
2		<u>ช่วงที่ 2</u> 23422.75	n/a	23422.75	n/a
3	กุมภาพันธ์	22,006.88	n/a	24,261.44	n/a
4	มีนาคม	22527.87	n/a	22527.87	n/a
5	เมษายน	21274.10	n/a	21274.10	n/a
6	มิถุนายน	21274.10	n/a	21274.10	n/a

หมายเหตุ: * ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้

จากตารางที่ 4.14 พบว่าผลลัพธ์ของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบที่ได้นั้น สามารถหาได้จากการนำข้อมูลการขนส่งในอดีตของโรงงานตั้งแต่เดือน มกราคม 2549 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 มาเป็นกรณีศึกษา ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า

1. รูปแบบที่ 2 และรูปแบบที่ 4 ไม่สามารถหาผลลัพธ์ที่จากการรันโปรแกรม CPLEX/AMPL ได้ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของปัญหานี้มีข้อจำกัดของการพิจารณาการกำหนดเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows Constraints) ทำให้จำนวนตัวแปรตัดสินใจและจำนวนสมการเงื่อนไขได้เพิ่มขึ้นมาก (NP-Hard Problem) แม้จะเป็นการแก้ปัญหาขนาดเล็กก็ตาม ซึ่งรูปแบบทางคณิตศาสตร์รูปแบบที่ 2 นี้สามารถใช้แก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้เพียง 3 ศูนย์รับนม และรถบรรทุกในระบบมีเพียง 5 คัน (ดังผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.15) ดังนั้น การแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของโรงงาน อ.ส.ค. ในปัจจุบันที่ระบบมีรถบรรทุก 6 คัน และมีศูนย์รับนมดิบทั้งหมด 5 ศูนย์ จึงไม่สามารถหาผลลัพธ์ที่จากการรันโปรแกรม CPLEX/AMPL ได้

ในทำนองเดียวกัน รูปแบบที่ 4 นอกจากมีการพิจารณาการกำหนดเวลาในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำมันดิบเสร็จ (Time Windows Constraints) แล้วยังมีการพิจารณาการไม่มีการผสมกันของน้ำมันดิบต่างศูนย์ของช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุก จึงทำให้รูปแบบที่ 4 มีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ขนาดเล็กลงเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบที่ 2

- คำตอบที่ได้จากรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 3 จะมีค่าแตกต่างกัน โดยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากรูปแบบที่ 3 มีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากรูปแบบที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากจากรูปแบบที่ 3 นั้นช่องรับน้ำมันดิบจะไม่มีการผสมกันของน้ำมันดิบต่างศูนย์ จึงทำให้รูปแบบนี้มีการใช้รถหรือใช้เส้นทางมากขึ้น ส่งผลให้มีระยะทางในการขนส่งสูงขึ้น

ตารางที่ 4.17 แสดงคำตอบของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ

ตัวอย่างที่	รูปแบบที่	จำนวน ศูนย์	ปริมาณน้ำมัน ดิบ (ตัน)	จำนวน รถ (คัน)	จำนวน ขนาด ของรถ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/วัน)
1	1	3	32.81	2	1	652	7018.83
2	1	3	32.81	3	1	652	7018.83
3	1	3	50	5	1	1048	10156
4	1	4	43.71	2	1	702	8788.68
5	1	4	43.71	4	1	702	8788.68
6	1	3	32.81	2	2	774	7829.94
7	1	3	32.81	3	2	652	7018.83
8	1	3	50	5	2	1048	10156
9	1	4	43.71	3	2	702	8788.68
10	1	4	43.71	4	2	702	8788.68
11	1	3	32.81	3	3	652	7048.34
12	1	3	32.81	4	3	652	7048.34
13	1	3	32.81	5	3	652	7048.34
14	1	4	43.71	3	3	688	8809.4
15	1	4	43.71	4	3	688	8809.4
16	2	3	32.81	2	1	652	7018.83
17	2	3	32.81	3	1	652	7018.83
18	2	3	50	5	1	1048	10156
19	2	4	43.71	2	1	702	8788.68
20	2	4	43.71	4	1	702	8788.68
21	2	3	32.81	2	2	774	7829.94

ตารางที่ 4.18 แสดงคำตอบของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	รูปแบบที่	จำนวน ศูนย์	ปริมาณน้ำมัน ดิบ (ตัน)	จำนวน รถ (คัน)	จำนวน ขนาด ของรถ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/วัน)
22	2	3	32.81	3	2	652	7018.83
23	2	3	50	5	2	1048	10156
24	2	4	43.71	3	2	702	8788.68
25	2	4	43.71	4	2	702	8788.68
26	2	3	32.81	3	3	652	7048.34
27	2	3	32.81	4	3	652	7048.34
28	2	3	32.81	5	3	652	7048.34
29	2	4	43.71	3	3	688	8809.4
30	2	4	43.71	4	3	688	8809.4
31	3	3	32.81	2	1	772	7666.46
32	3	3	32.81	3	1	1016	8983.32
33	3	3	32.81	5	1	894	8324.89
34	3	3	32.81	3	2	1016	9136
35	3	3	32.81	4	2	1260	10605.5
36	3	3	32.81	5	2	894	8477.57
37	3	3	32.81	3	3	652	7099.15
38	3	3	32.81	4	3	652	7099.15
39	3	3	32.81	5	3	652	7099.15
40	4	3	32.81	2	1	772	7666.46
41	4	3	32.81	3	1	772	7666.46
42	4	3	32.81	5	1	772	7666.46
43	4	3	32.81	3	2	772	7742.8
44	4	3	32.81	4	2	820	8133.26
45	4	3	32.81	5	2	772	7742.8
46	4	3	32.81	3	3	652	7099.15
47	4	3	32.81	4	3	652	7099.15
48	4	3	32.81	5	3	652	7099.15

ราคาน้ำมัน 18.19 บาท/ลิตร

การจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกที่มีหลายขนาดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งต่ำที่สุด ซึ่งปัญหาเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) มีรูปแบบปัญหาที่ไม่เป็นโพลิโนเมียล (NP-Problem) ที่ยากในการหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (Optimal Solution) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ มีการพิจารณาเงื่อนไขเพิ่มเติม (เช่น การพิจารณา Time Window Constraints หรือการห้ามผสมกันของน้ำมันดิบต่างศูนย์ หรือต่างมือ) ตลอดจนการพิจารณาค่า parameters ที่เพิ่มขึ้น เช่น จำนวนรถมีหลายคันและหลายขนาด จำนวนศูนย์หรือปริมาณนมในแต่ละศูนย์เพิ่มมากขึ้น เป็นต้น ทำให้การหาผลเฉลยที่ดีที่สุดอาจจะใช้เวลาการคำนวณหาผลเฉลยนานมากหรืออาจเป็นไปได้ที่จะหาผลเฉลยที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม รูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ถูกพัฒนาขึ้นเนื่องจากเหตุผล 2 ประการคือ (1) รูปแบบทางคณิตศาสตร์ช่วยให้เกิดการทำความเข้าใจในปัญหาได้เป็นอย่างดีและจะทำให้การพัฒนาวิธีการมีประสิทธิภาพดีขึ้น และ (2) ถึงแม้ว่าในปัจจุบันระบบคอมพิวเตอร์ยังไม่สามารถช่วยแก้ปัญหาขนาดใหญ่ได้ แต่ในอนาคตหากระบบคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาให้มีความเร็วที่มากขึ้น อาจทำให้การหาคำตอบของปัญหขนาดกลางและขนาดใหญ่มีความเป็นไปได้ในอนาคต อย่างไรก็ตาม คณะวิจัยจึงได้นำเสนอวิธีการทางฮิวริสติกส์เพื่อหาคำตอบที่ยอมรับได้สำหรับปัญหาปัจจุบันของกรณีดังกล่าว ดังจะแสดงรายละเอียดในบทที่ 5

บทที่ 5

การพัฒนาวิทยาการศึกษาสำนึก

รายละเอียดของเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีวิทยาการศึกษาสำนึก หรือฮิวริสติก (Heuristic) ซึ่งนำมาใช้ในการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกที่มีหลายขนาดเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง) ต่ำที่สุด โดยฮิวริสติกที่ได้พัฒนามี 2 ฮิวริสติกคือ “Heuristic 1” ซึ่งใช้ในกรณีที่มีการผสมของน้ำมันดิบในช่องรับนมเดียวกันบนรถบรรทุกไม่เกิน 2 ศูนย์และไม่เกิน 2 มือ (เข้าและเย็น) ส่วนฮิวริสติกที่ 2 คือ “Heuristic 2” ซึ่งใช้ในกรณีช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกไม่มีการผสมกันของน้ำมันดิบต่างศูนย์และต่างมือ เนื่องจากต้องคำนึงถึงคุณภาพของน้ำมันดิบที่นำส่งน้ำมันดิบมายังโรงงาน วิธีฮิวริสติกทั้ง 2 วิธีจะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ระยะคือ ระยะที่ 1 การพัฒนาฮิวริสติกเพื่อให้ได้คำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) และระยะ ที่ 2 คือการพัฒนาคำตอบเริ่มแรกจากระยะที่ 1 โดยใช้วิธีทางเมตา-ฮิวริสติก (Meta - Heuristic) คือ วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search) โดยรายละเอียดของ Heuristic 1 และ Heuristic 2 ได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 5.1 และ 5.2 ตามลำดับดังนี้

5.1 Heuristic 1

การจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกที่มีหลายขนาดของวิธีการทางฮิวริสติก “Heuristic 1” นี้ได้มีการพิจารณาในกรณีช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกมีการผสมกันของน้ำมันดิบต่างศูนย์ไม่เกิน 2 ศูนย์และศูนย์เดียวกันสามารถผสมน้ำมันดิบได้ไม่เกิน 2 มือ (เข้าและเย็น) เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งต่ำที่สุด โดยมีการคำนึงถึงคุณภาพของน้ำมันดิบที่นำส่งน้ำมันดิบมายังโรงงานและค่าขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งหลักการในการจัดเส้นทางการขนส่งน้ำมันดิบนั้น คณะวิจัยได้พิจารณาให้ความสำคัญกับศูนย์รับน้ำมันดิบที่มีปริมาณน้ำมันมากและอยู่ใกล้กับโรงงานก่อน และให้ความสำคัญกับศูนย์รับนมที่มีปริมาณน้ำมันดิบมากรองลงไป ทั้งนี้เนื่องจากคณะวิจัยได้ตระหนักถึงความต่อเนื่องของกระบวนการผลิต (นมพาสเจอร์ไรซ์) ซึ่งจะใช้เวลา 1 ชั่วโมงต่อปริมาณน้ำมันดิบ 6 ตัน ซึ่งในการผลิตโรงงานจะเริ่มผลิตเวลา 8:00 น. โดยใช้ปริมาณน้ำมันดิบที่สำรองไว้ตั้งแต่เมื่อวาน 1 ถึงประมาณ 20 ตัน ดังนั้นปริมาณน้ำมันดิบที่ได้สำรองไว้จึงใช้เวลาในการผลิต 3 ชั่วโมง (สำหรับการผลิตนมที่ใช้เวลาเร็วที่สุด เช่น การผลิตนมจืด หากเป็นกระบวนการผลิตนมประเภทอื่นจะใช้เวลามากกว่า 3 ชั่วโมง) ดังนั้นหากต้องการให้กระบวนการผลิตมีความต่อเนื่อง รถบรรทุกรับน้ำมันดิบต้องมาถึงโรงงานดังแสดงในตารางที่ 5.1 (ตามความต้องการของโรงงาน) ซึ่งกระบวนการรับน้ำมันดิบของถังพักนมทั้ง 2 ถังที่โรงงานจึงแสดงได้ดังตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.1 นอกจากนี้ในการคิดค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนม นั้น คณะวิจัยได้พิจารณาจากจำนวนการล้างถังพักนมที่ต่ำที่สุด นั่นคือจะทำการล้างถังพักนมแต่ละครั้งเมื่อถังพักน้ำมันดิบมีปริมาณสูงสุด (20 ตัน/ถัง) ซึ่งเวลาในการดำเนินการล้างถังพักน้ำมันดิบจึงสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.3 ดังนั้นในการพัฒนาหาคำตอบเริ่มแรกของวิธีฮิวริสติก Heuristic 1 มีขั้นตอนการทำงาน 4 ขั้นตอน โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.2 และมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ตารางที่ 5.1 : แสดงการกำหนดเวลาถึงโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคัน

รถคันที่	เวลาถึง โรงงาน (น.)	เวลาตรวจคุณภาพ นมเสร็จ (น.)	เวลาส่งนํ้านมดิบลงถังพัก นมโรงงานเสร็จ (น.)	เวลาล้างถังพักนม รถบรรทุกเสร็จ (น.)
1	9:00	10:00	11:00	12:00
2	10:00	11:00	12:00	13:00
3	11:00	12:00	13:00	14:00
4	12:00	13:00	14:00	15:00
5	14:00	15:00	16:00	17:00
6	15:00	16:00	17:00	18:00
7	17:00	18:00	19:00	20:00
8	18:00	19:00	20:00	21:00

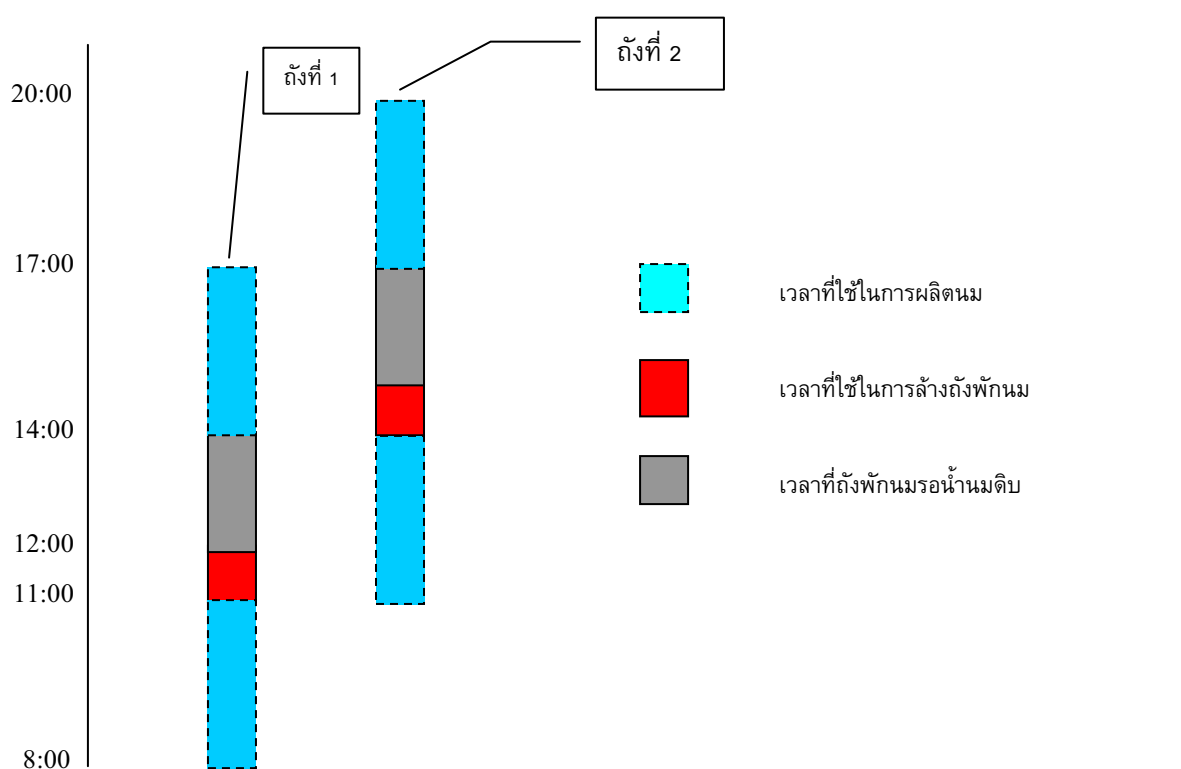
ตารางที่ 5.2 : แสดงกระบวนการผลิตนม (นมพาสเจอร์ไรซ์) ที่กระบวนการผลิตที่เร็วที่สุด

รอบที่	เวลาเริ่มผลิตนม (น.)		เวลาผลิตนมเสร็จ (น.)		เวลาแล้วเสร็จของการล้างถังพักนมของโรงงาน ¹ (น.)	
	ถึงที่ 1	ถึงที่ 2	ถึงที่ 1	ถึงที่ 2	ถึงที่ 1	ถึงที่ 2
1	8:00	12:00	11:00-12:00	15:00	12:00	15:00
2	14:00	17:00	17:00	20:00	18:00	21:00
3	20:00	-	-	17:00	-	-

หมายเหตุ¹ : ถังพักนมดิบมี 2 ถังๆ ละ 20 ตัน

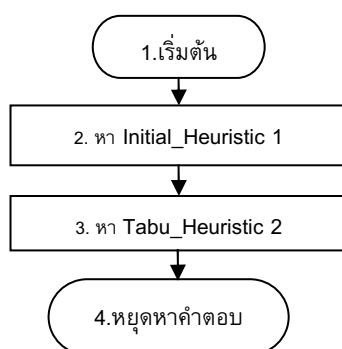
ตารางที่ 5.3 : แสดงเวลาในการคิดจำนวนถังพักนมของโรงงาน

เวลาในการคิดจำนวนถังพักนมของโรงงาน
ไม่เกิน 10:00 น. ----- ล้าง 1 ครั้ง
ไม่เกิน 12:00 น. ----- ล้าง 1 ครั้ง
ไม่เกิน 15:00 น. ----- ล้าง 1 ครั้ง
ไม่เกิน 18:00 น. ----- ล้าง 1 ครั้ง
เพิ่มทีละ 3 ชม



รูปที่ 5.1 : แสดงผังการรับน้ำนมดิบของถึงพักนมที่โรงงาน

- ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้น
- ขั้นตอนที่ 2 จัดเส้นทางเดินทางของรถบรรทุกเริ่มต้น (Initial Solution) ซึ่งมีชื่อว่า “ Initial_Heuristic 1 ” โดยมีขั้นตอนการทำงานดังหัวข้อ 5.1.1 และรูปที่ 5.2
- ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุง Initial_Heuristic 1 โดยใช้วิธีทาบูนารีซึ่งมีชื่อว่า “Tabu_Heuristic 1” โดยมีขั้นตอนการทำงานดังหัวข้อ 5.1.2 และรูปที่ 5.3
- ขั้นตอนที่ 4 หยุดหาคำตอบ



รูปที่ 5.2 : แสดงขั้นตอนการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกของฮิวริสติกวิธีที่ 1

5.1.1 ระยะที่ 1: การหาคำตอบเริ่มต้นของฮิวริสติกที่ 1 (Initial_Heuristic 1)

การจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกที่มีหลายขนาดของ Heuristic 1 ในกรณีนี้ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกมีการผสมกันของน้ำนมดิบต่างศูนย์ไม่เกิน 2 ศูนย์และศูนย์เดียวกันสามารถผสมน้ำนมดิบได้ไม่เกิน 2 มื้อ (เช้าและเย็น) โดยการหาคำตอบเริ่มต้นของวิธีการทางฮิวริสติก Heuristic 1 โดยใช้ Initial_Heuristic 1 นี้ประยุกต์มาจากวิธี Next Best Algorithm และการนำน้ำหนัก (Weight) มาคิด

ในขั้นแรกนั้นจะทำการหาน้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) โดยหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักระยะทางจากจุด i ไปจุด j ($w_{d_{ij}}$) และปริมาณน้ำนมดิบของจุด i (w_{a_i}) เพื่อนำมาใช้ในการจัดเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคัน (x_{ijkl}) โดยทำการเลือกศูนย์รับนมจากค่า $\bar{w}_{ij}$ ที่มีค่าสูงที่สุด และเลือกศูนย์รับนมที่จะไปต่อที่มีค่า $\bar{w}_{ij}$ รองลงมา จนกว่าจะบรรทุกได้เต็มความจุของรถบรรทุก โดยพิจารณาเวลาออก (D_{kl}) และกลับมาที่โรงงาน (C_{kl}) ต้องไม่เกินเวลาที่โรงงานกำหนดในแต่ละรอบการเดินทาง แต่ถ้าตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุกนั้นมีการปรับน้ำนมดิบจากศูนย์รับนมเดียวกันในเวลาพร้อมๆ กันหรือกลับมาที่โรงงาน (C_{kl}) เกินเวลาที่โรงงานกำหนดจะต้องมีการปรับ (update) ตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุกใหม่ (x'_{ijkl}) โดย Initial_Heuristic 1 จะทำการจัดเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคันไปเรื่อยๆ จนกว่าจะรับน้ำนมดิบหมดทุกศูนย์รับนม ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนการหาคำตอบเริ่มต้นโดยใช้ Initial_Heuristic 1 ได้ดังหัวข้อ 5.1.1.1 และสัญลักษณ์ที่ใช้ในการจัดเส้นทางสามารถแสดงได้ดังนี้

สัญลักษณ์:

ข้อมูลป้อนเข้า (Parameter)

i	= ศูนย์รับนมที่ i
j	= ศูนย์รับนมที่ j
n	= จำนวนศูนย์รับนม
k	= รถบรรทุกคันที่ k
l	= รอบที่ l
r	= ช่องรับนมที่ r
m_k	= ความจุของรถบรรทุกคันที่ k (ตัน)
A_{rkl}	= ความจุช่องรับนมที่ r ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (ตัน)
Eb_i	= จำนวนครั้งในการล้างถังพักนมของศูนย์รับนม i (ครั้ง)
Ca	= ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมของโรงงานต่อครั้ง (บาท)
Cb_i	= ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่ศูนย์รับนม i ต่อครั้ง (บาท)
d_{ij}	= ระยะทางจากจุด i ไปจุด j (กิโลเมตร)
a_i	= ปริมาณน้ำนมดิบของศูนย์รับนม i (ตัน)
$milk_tanks$	= ความจุของถังพักนมที่โรงงาน (ตัน/ถัง)
D_{kl}	= เวลาออกจากโรงงานของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l
C_{kl}	= เวลากลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l
$w_{d_{ij}}$	= น้ำหนักของระยะทางจากจุด i ไปจุด j

W_{a_i}	= น้ำหนักของปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม i
F_k	= อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถบรรทุกคันที่ k (ลิตร/กิโลเมตร)
G	= ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ลิตร)
S	= ความเร็วของรถบรรทุก (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

x_{ijkl}	= เส้นทางการเดินทางจากจุด i ไปจุด j ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l (binary)
$\bar{w}_{ij}$	= น้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์
Total_Cost	= ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงพิกณของโรงงานและศูนย์รับนมและค่าขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง) (บาท/วัน)
Ea	= จำนวนครั้งในการล้างถังพิกณของโรงงาน (ครั้ง)
Cp_i	= ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพิกณที่ศูนย์รับนม i (บาท)
Cc	= ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพิกณที่ศูนย์รับนมและโรงงาน (บาท)
Cd	= ค่าขนส่ง (บาท)
t_{ij}	= เวลาเดินทางจากจุด i ไปจุด j (ชั่วโมง)
distance	= ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางทั้งหมด (กิโลเมตร)
y_{irkl}	= รถบรรทุกคันที่ k ชั่งรับนมที่ r รอบที่ l รับน้ำมันดิบจากจุด i (binary)
v_{irkl}	= ปริมาณน้ำมันดิบที่รถบรรทุกคันที่ k ชั่งรับนมที่ r รอบที่ l รับจากศูนย์รับนม i (ตัน)

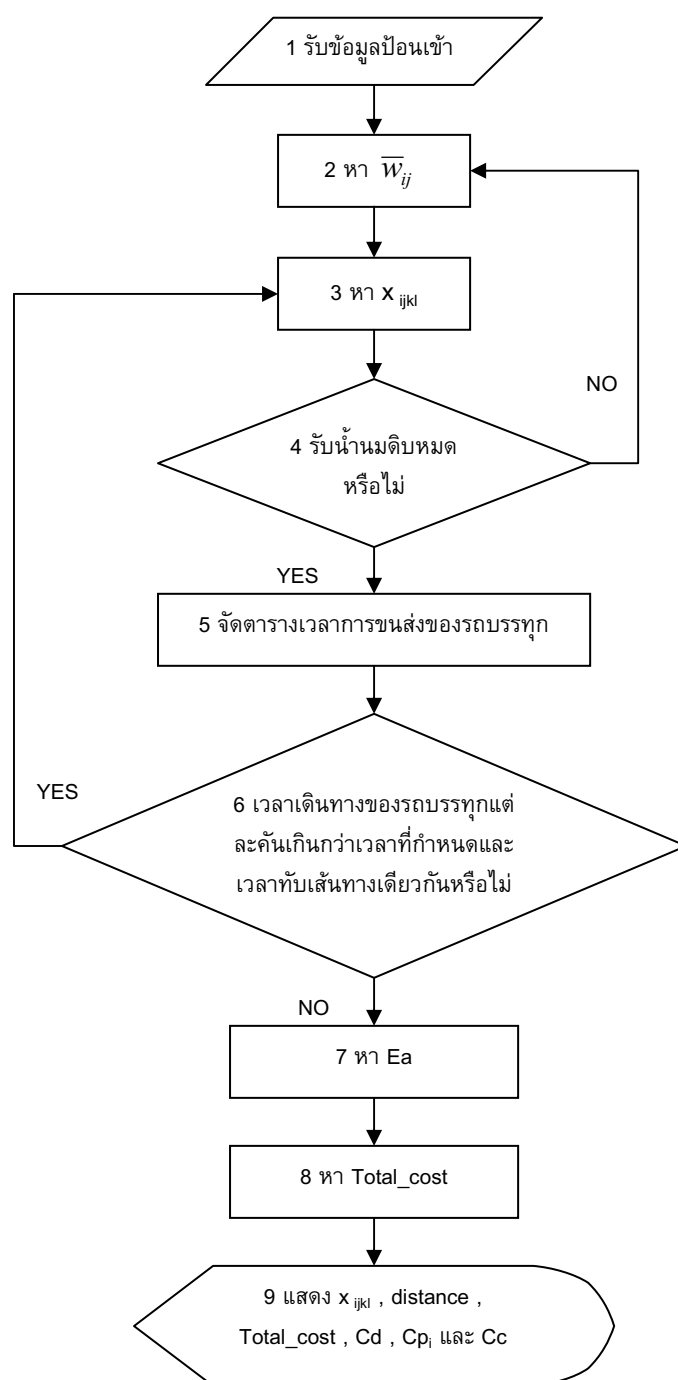
5.1.1.1 ขั้นตอนการหาคำตอบเริ่มต้นโดยใช้ Initial_Heuristic 1

ขั้นตอนการทำงานของการทำงานหาคำตอบเริ่มต้นของฮิวริสติก Initial_Heuristic 1 มีขั้นตอนย่อยทั้งหมด 9 ขั้นตอน และสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.2 ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การรับข้อมูลป้อนเข้าของการจัดเส้นทางเดินทางของรถบรรทุก

ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถคำนวณได้จากสมการ 5.1 โดยการกำหนดน้ำหนักของระยะทางที่มีการพิจารณาลักษณะสภาพผิวของถนนที่เดินทางของรถบรรทุกจากระยะทางจากจุด i ไปจุด j และปริมาณน้ำมันดิบของจุด i สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 ตามลำดับ

$$\bar{w}_{ij} = \frac{w_{dij} + w_{a_i}}{2} \quad (5.1)$$



รูปที่ 5.3 : แสดงขั้นตอนการทำงานของ Initial_ Heuristic 1

ตารางที่ 5.4 : แสดงการกำหนดน้ำหนัก (Weight) ของระยะทางจากจุด i ไปจุด j (w_{dij})

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ลักษณะผิวถนน	น้ำหนัก (Weight)
0.00 – 66.99	เรียบ	5.0 (มากที่สุด)
	ขรุขระ	4.5
67.00 – 132.99	เรียบ	4.0
	ขรุขระ	3.5
133.00 – 198.99	เรียบ	3.0
	ขรุขระ	2.5
199.00 – 264.99	เรียบ	2.0
	ขรุขระ	1.5
265.00 ขึ้นไป	เรียบ	1.0
	ขรุขระ	0.5 (น้อยที่สุด)

ตารางที่ 5.5 : แสดงการกำหนดน้ำหนัก (Weight) ของปริมาณน้ำมันดิบจุด i (w_{ai})

ปริมาณน้ำมันดิบ (ตัน)	น้ำหนัก (Weight)
18.00 ขึ้นไป	5.0 (มากที่สุด)
16.00 - 17.99	4.5
14.00 - 15.99	4.0
12.00 - 13.99	3.5
10.00 - 11.99	3.0
8.00 - 9.99	2.5
6.00 - 7.99	2.0
4.00 - 5.99	1.5
2.00 - 3.99	1.0
0.00 – 1.99	0.5 (น้อยที่สุด)

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำมันดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijkl}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

- 3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด
- 3.2) ให้รถบรรทุกคันที่มีค่า m_k มากที่สุดที่เรียงไว้ในข้อ 5.1 ไปรับน้ำมันดิบที่ศูนย์ i โดยศูนย์ที่เลือกต้องมีค่า $\bar{w}_{ij}$ ที่มีค่าสูงสุด และให้รถบรรทุกคันนั้นไปรับน้ำมันดิบที่ศูนย์ถัดไปโดยศูนย์ที่เลือกต้องเป็นศูนย์รับนมที่มีค่า $\bar{w}_{ij}$ รองลงมา จนกว่าจะบรรทุกคันนั้นจะบรรจุได้เต็มความจุของรถบรรทุกนั้นมากที่สุด ถ้า $\bar{w}_{ij}$ ที่เลือกมีค่าเท่ากันมากกว่า 1 ตัวให้เลือกศูนย์รับนมที่มีระยะทางน้อยที่สุด โดยช่องรับน้ำมันดิบในแต่ละช่องของรถบรรทุกมีการผสมกันของนมได้ไม่เกิน 2 ศูนย์ ดังสมการ 5.2 ปริมาณน้ำมันดิบในแต่ละช่องรับนมของรถบรรทุกแต่ละคันต้องมีปริมาณน้อยกว่าหรือเท่ากับความจุช่องรับนมที่ r ของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ดังสมการ 5.3 และ 5.4

$$\sum_{\forall i} y_{irkl} \leq 2 \quad ; \forall r \forall k \forall l \quad (5.2)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{\forall l} v_{irkl} \leq A_{rk} \quad ; \forall r \forall k \quad (5.3)$$

$$v_{irkl} \leq a_i \times y_{irkl} \quad ; i \in \{1, 2, \dots, n\}, \forall r \forall k \forall l \quad (5.4)$$

- 3.3) เมื่อได้เส้นทางของรถบรรทุกแต่ละคัน (x_{ijkl}) แล้วในกรณีเส้นทางเดินทางของรถบรรทุกคันนั้นๆ ใช้น้ำมันดิบมากกว่า 1 ศูนย์ จะทำการจัดเส้นทางเดินทางของรถบรรทุกใหม่อีกครั้งโดยมีการสลับไปรับน้ำมันดิบจากศูนย์ที่อยู่ไกลที่สุดก่อน เนื่องจากพิจารณาถึงน้ำหนักบรรทุกถ้าไปรับจุดที่อยู่ไกลสุดของเส้นทางก่อนจะช่วยให้ประหยัดน้ำมันมากขึ้น

ขั้นตอนที่ 4

เชื่อว่ารับน้ำมันดิบหมดจากทุกศูนย์แล้วหรือไม่

ถ้า Yes รับน้ำมันดิบหมดให้ทำขั้นตอนที่ 5

ถ้า No รับน้ำมันดิบไม่หมดกลับไป update w_{ij} ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 5

จัดตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุก โดยคำนวณได้จากเส้นทางของรถบรรทุกแต่ละคัน จากขั้นตอนที่ 3 ส่วนเวลา (t_{ij}) คำนวณได้จากความเร็วของรถบรรทุก (S) และระยะทางระหว่างศูนย์ (d_{ij}) ดังสมการ 5.5 และหาเวลากลับมาถึงที่โรงงานของรถบรรทุกแต่ละคัน (C_{kl}) ดังสมการ 5.6 (h = อัตราการดูดน้ำมันดิบจากถังพิกัดของศูนย์รับนมเข้าสู่รถบรรทุก 0.1 ชั่วโมง/ตัน)

$$t_{ij} = d_{ij} / S \quad ; \forall i \forall j \quad (5.5)$$

$$C_{kl} = D_{kl} + (t_{ij} \times x_{ijkl}) + (v_{irkl} \times h) \quad ; \forall k \forall l \quad (5.6)$$

ขั้นตอนที่ 6

พิจารณาเวลาออก (D_{kl}) และกลับมาถึงที่โรงงาน (C_{kl}) ต้องไม่เกินเวลาที่โรงงานกำหนดโดยต้องพิจารณากระบวนการผลิต ดังตารางที่ 5.3 เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดเวลาถึงโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคัน ดังตารางที่ 5.4 และพิจารณาว่าเวลาทับเส้นทางเดียวกันหรือไม่ โดยสามารถแสดงขั้นตอนในการพิจารณาตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุกได้ดังตารางที่ 5.6 และ 5.7 ดังนี้คือ

ตารางที่ 5.6 : แสดงกระบวนการผลิตนม (นมพาสเจอร์ไรซ์) ที่กระบวนการผลิตเร็วที่สุด

ถึงพิกัดโรงงานที่	เวลาเริ่มผลิตนม (น.)	เวลาผลิตนมเสร็จ (น.)	เวลาล้างถึงพิกัดของโรงงานเสร็จ (น.)
1 (ค้างอยู่ในถังเมื่อคืน)	8:00	11:00	12:00
2	11:00	14:00	15:00
3	14:00	17:00	18:00
4	17:00	20:00	21:00

ตารางที่ 5.7 : แสดงการกำหนดเวลาถึงโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคัน

รถคันที่	เวลาถึงโรงงาน (น.)	เวลาตรวจคุณภาพนมเสร็จ (น.)	เวลาส่งนํ้านมดิบลงถึงฟักนมโรงงานเสร็จ (น.)	เวลาล้างถึงฟักนมรถบรรทุกเสร็จ (น.)
1	8:00	9:00	10:00	11:00
2	9:00	10:00	11:00	12:00
3	11:00	12:00	13:00	14:00
4	12:00	13:00	14:00	15:00
5	14:00	15:00	16:00	17:00
6	15:00	16:00	17:00	18:00
7	17:00	18:00	19:00	20:00
8	18:00	19:00	20:00	21:00

6.1) ถ้า $C_{kl} \leq D_{kl} + (t_{ij} \times x_{ijkl}) + (v_{irkl} \times h)$; $\forall k \forall l$ ทำขั้นตอนที่ 7

6.2) ถ้า $C_{kl} \geq D_{kl} + (t_{ij} \times x_{ijkl}) + (v_{irkl} \times h)$; $\forall k \forall l$

- หากเวลาการกลับมาของรถบรรทุกมีค่าเกินกว่าที่ตั้งไว้ อัลกอริทึมจะให้เวลาการเลื่อนเวลากลับของรถบรรทุกออกไปได้ในเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง แต่ถ้าพนักงานวางแผนไม่ต้องการเลื่อนเวลากลับของรถบรรทุก อัลกอริทึมจะทำการคำนวณหาเส้นทางใหม่ โดยให้ย้อนกลับไปที่ขั้นตอน ที่ 3 และทำการเลือก $\overline{w}_{ij}$ ที่มีค่ารองลงมาโดยเวลาต้องไม่เกินกว่าที่กำหนด แต่ถ้าเวลากลับมาถึงโรงงานเกินกว่าที่กำหนดอีกก็ให้เลือกศูนย์รับนมแรกที่มีค่า $\overline{w}_{ij}$ สูงที่สุด
- จากนั้นอัลกอริทึมจะทำการพิจารณาเวลาในแต่ละเส้นทางว่ามีรถบรรทุกมากกว่า 1 คันมาถึงศูนย์รับนํ้านมดิบเวลาเดียวกันหรือไม่ ถ้ามีอัลกอริทึมจะแสดงให้เห็นและให้ผู้ใช้ (User) สามารถทำการแก้ไขเวลาที่เหมาะสมได้

ขั้นตอนที่ 7 หาจำนวนครั้งในการล้างถึงฟักนมของโรงงาน (Ea) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.5 จะเห็นว่าสามารถแบ่งช่วงเวลาในการรวบรวมปริมาณนํ้านมดิบโดยต้องไม่เกินเวลาที่กำหนดในแต่ละช่วงเวลาเพื่อให้ทันกระบวนการผลิตนมของโรงงาน

ตารางที่ 5.8 : แสดงช่วงเวลาในการคิดจำนวนถึงฟักนมของโรงงาน (ปริมาณนมสามารถรวมกันได้ไม่เกินความจุถึงฟัก (20 ตัน) และถ้าเหลือให้คิดทบในถังถัดไป)

เวลาในการคิดจำนวนถึงฟักนมของโรงงาน
ไม่เกิน 9:00 น. ----- ล้าง 1 ครั้ง
ไม่เกิน 12:00 น. ----- ล้าง 1 ครั้ง
ไม่เกิน 15:00 น. ----- ล้าง 1 ครั้ง
ไม่เกิน 18:00 น. ----- ล้าง 1 ครั้ง
เพิ่มทีละ 3 ชม.

ขั้นตอนที่ 8 หาค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงพิกณของโรงงานและศูนย์รับนม ดังสมการ 5.7, 5.8, 5.9 และ 5.10

$$Cc = (Ca \times Ea) + \sum_{\forall i} (Cb_i \times Eb_i) \quad (5.7)$$

$$Cp_i = (Cb_i \times Eb_i) \quad ; \forall i \quad (5.8)$$

$$Cd = \sum_{\forall i} \sum_{\forall k} \sum_{\forall l} F_k \times G \times d_{ij} \times x_{ijkl} \quad (5.9)$$

$$Total_cost = Cc + Cd \quad (5.10)$$

ขั้นตอนที่ 9 แสดง x_{ijkl} , distance , Total_cost , Cd , Cp_i และ Cc

5.1.1.2 ตัวอย่างการหาค่าตอบเริ่มแรก ของฮิวริสติก Heuristic 1 (Initial_Heuristic 1)

ขั้นตอนที่ 1 ป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งเป็นข้อมูลของวันที่ 1 พ.ค. 2548 ดังตารางที่ 5.9, 5.10 และ 5.11

ตารางที่ 5.9 : แสดงสัญลักษณ์ของตัวแปร

สัญลักษณ์	ค่า
n	5
a_i	$a_1 = 19.2$ $a_2 = 16.61$ $a_3 = 12.7$ $a_4 = 6.8$ $a_5 = 4.4$
m_k	$m_{1-5} = 11.2$ $m_6 = 7$
Eb_i	$Eb_{1-4} = 1$
Ca	2,243
Cb_i	$Cb_1 = 181$ $Cb_2 = 144$ $Cb_3 = 163$ $Cb_4 = 84$ $Cb_5 = 36$
milk_tanks	20
S	60
G	18.19
F_k	$F_{1-5} = 0.2967$ $F_6 = 0.3311$

ตารางที่ 5.9 : แสดงสัญลักษณ์ของตัวแปร (ต่อ)

สัญลักษณ์	ค่า
A_{rk}	$A_{11} = 3.73, A_{21} = 3.73, A_{31} = 3.74$ $A_{12} = 3.73, A_{22} = 3.73, A_{32} = 3.74$ $A_{13} = 3.73, A_{23} = 3.73, A_{33} = 3.74$ $A_{14} = 3.73, A_{24} = 3.73, A_{34} = 3.74$ $A_{15} = 3.73, A_{25} = 3.73, A_{35} = 3.74$ $A_{16} = 7$

ตารางที่ 5.10 : แสดงเวลาที่ออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุก

รถคันที่	รอบที่	เวลาออกจากโรงงานไม่ควรเกิน(D_{kl})	เวลากลับมาที่โรงงานไม่ควรเกิน(C_{kl})
1	1	5:00	8:00
2	1	5:00	9:00
3	1	5:00	11:00
4	1	5:00	12:00
5	1	5:00	14:00
6	1	5:00	15:00

ตารางที่ 5.11 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง (กิโลเมตร) (d_{ij})

ศูนย์ (i,j)	โรงงาน (0)	น้ำพอง (1)	กระนวน (2)	ศรีธาตุ (3)	กุดจับ (4)	ทุ่งฝน (5)
โรงงาน (0)	-	51	103	136	168	183
น้ำพอง (1)	51	-	46	80	122	162
กระนวน (2)	103	46	-	75	154	168
ศรีธาตุ (3)	136	80	75	-	110	118
กุดจับ (4)	168	122	154	110	-	120
ทุ่งฝน (5)	183	162	168	118	120	-

ขั้นตอนที่ 2 น้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\overline{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	51,19.2 (ร,5)	103,16.61 (ร,4.25)	136,12.7 (ร,3.25)	168,6.8 (ร,2.5)	183,4.4 (ร,2.25)
น้ำพอง	51,19.2 (ร,5)	-	46,16.61 (ร,4.75)	80,12.7 (ข,3.5)	122,6.8 (ร,3)	162,4.4 (ร,2.25)
กระนวน	103,16.61 (ร,4.25)	46,19.2 (ร,5)	-	75,12.7 (ร,3.75)	154,6.8 (ข,2.25)	168,4.4 (ร,2.25)

ตารางที่ 5.12 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์) (ต่อ)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
ศรีธาตุ	136,12.7 (ร,3.25)	80,19.2 (ข,4.25)	75,16.61 (ร,4.25)	-	110,6.8 (ร,3)	118,4.4 (ข,2.5)
กุดจับ	168,6.8 (ร,2.5)	122,19.2 (ร,4.5)	154,16.61 (ข,3.5)	110,12.7 (ร,3.75)	-	120,4.4 (ร,2.75)
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	162,19.2 (ร,4)	168,16.61 (ร,3.75)	118,12.7 (ข,3.5)	120,6.8 (ร,3)	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำมันดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijk}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_1

3.2) จากตารางที่ 5.12 จะเห็นได้ว่าศูนย์รับนม น้ำพองมี $\bar{w}_{ij}$ สูงที่สุด และสามารถรับน้ำมันดิบได้เต็มคัน ดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 1 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำมันดิบ(ตัน)
		1	2	3		
1	1	น้ำพอง	น้ำพอง	น้ำพอง	โรงงาน – น้ำพอง - โรงงาน	11.2

ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำมันดิบไม่หมดกลับไป update $\bar{w}_{ij}$ ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน, น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	51,8 (ร,3.75)	103,16.61 (ร,4.25)	136,12.7 (ร,3.25)	168,6.8 (ร,2.5)	183,4.4 (ร,2.25)
น้ำพอง	51,8 (ร,3.75)	-	46,16.61 (ร,4.75)	80,12.7 (ข,3.5)	122,6.8 (ร,3)	162,4.4 (ร,2.25)
กระนวน	103,16.61 (ร,4.25)	46,8 (ร,3.75)	-	75,12.7 (ร,3.75)	154,6.8 (ข,2.25)	168,4.4 (ร,2.25)
ศรีธาตุ	136,12.7 (ร,3.25)	80,8 (ข,3)	75,16.61 (ร,4.25)	-	110,6.8 (ร,3)	118,4.4 (ข,2.5)

ตารางที่ 5.14 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน, น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์) (ต่อ)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
กุดจับ	168,6.8 (ร,2.5)	122,8 (ร,3.25)	154,16.61 (ข,3.5)	110,12.7 (ร,3.75)	-	120,4.4 (ร,2.75)
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	162,8 (ร,2.75)	168,16.61 (ร,3.75)	118,12.7 (ข,3.5)	120,6.8 (ร,3)	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำมันดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijk}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_2

3.2) จากตารางที่ 5.14 จะเห็นได้ว่าศูนย์รับนมกระนวนมี $\bar{w}_{ij}$ สูงที่สุด และสามารถรับน้ำมันดิบได้เต็มคัน ดังตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 2 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำมันดิบ(ตัน)
		1	2	3		
2	1	กระนวน	กระนวน	กระนวน	โรงงาน – กระนวน - โรงงาน	11.2

ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำมันดิบไม่หมดกลับไป update $\bar{w}_{ij}$ ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	51,8 (ร,3.75)	103,5.41 (ร,2.75)	136,12.7 (ร,3.25)	168,6.8 (ร,2.5)	183,4.4 (ร,2.25)
น้ำพอง	51,8 (ร,3.75)	-	46, 5.41 (ร,3.25)	80,12.7 (ข,3.5)	122,6.8 (ร,3)	162,4.4 (ร,2.25)
กระนวน	103,5.41 (ร,2.75)	46,8 (ร,3.75)	-	75,12.7 (ร,3.75)	154,6.8 (ข,2.25)	168,4.4 (ร,2.25)
ศรีธาตุ	136,12.7 (ร,3.25)	80,8 (ข,3)	75, 5.41 (ร,2.75)	-	110,6.8 (ร,3)	118,4.4 (ข,2.5)
กุดจับ	168,6.8 (ร,2.5)	122,8 (ร,3.25)	154, 5.41 (ข,2)	110,12.7 (ร,3.75)	-	120,4.4 (ร,2.75)
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	162,8 (ร,2.75)	168, 5.41 (ร,2.25)	118,12.7 (ข,3.5)	120,6.8 (ร,3)	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำมันดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijkl}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_3

3.2) จากตารางที่ 5.16 จะเห็นได้ว่าเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 3 รอบที่ 1 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 3 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำมันดิบ(ตัน)
		1	2	3		
3	1	น้ำพอง	น้ำพอง	ศรีธาตุ	โรงงาน – ศรีธาตุ – น้ำพอง - โรงงาน	3.2 - 8
รวม						11.2

ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำมันดิบไม่หมดกลับไป update $\bar{w}_{ij}$ ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	-	103,5.41 (ร,2.75)	136,9.5 (ร,2.75)	168,6.8 (ร,2.5)	183,4.4 (ร,2.25)
น้ำพอง	-	-	-	-	-	-
กระนวน	103,5.41 (ร,2.75)	-	-	75,9.5 (ร,3.25)	154,6.8 (ข,2.25)	168,4.4 (ร,2.25)
ศรีธาตุ	136, 9.5 (ร,2.75)	-	75, 5.41 (ร,2.75)	-	110,6.8 (ร,3)	118,4.4 (ข,2.5)
กุดจับ	168,6.8 (ร,2.5)	-	154, 5.41 (ข,2)	110, 9.5 (ร,3.25)	-	120,4.4 (ร,2.75)
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	-	168, 5.41 (ร,2.25)	118, 9.5 (ข,3)	120,6.8 (ร,3)	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำมันดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijkl}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_4

3.2) จากตารางที่ 5.18 จะเห็นว่าเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 4 รอบที่ 1 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 4 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำหนักดิบ(ตัน)
		1	2	3		
4	1	กระนวน	กระนวน ศรีธาตุ	ศรีธาตุ	โรงงาน – ศรีธาตุ – กระนวน - โรงงาน	5.79 - 5.41
รวม						11.2

ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำหนักไม่หมดกลับไป update $\bar{w}_{ij}$ ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.20

ตารางที่ 5.20 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำหนักดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	-	-	136,3.71 (ร,2)	168,6.8 (ร,2.5)	183,4.4 (ร,2.25)
น้ำพอง	-	-	-	-	-	-
กระนวน	-	-	-	-	-	-
ศรีธาตุ	136, 3.71 (ร,2)	-	-	-	110,6.8 (ร,3)	118,4.4 (ข,2.5)
กุดจับ	168,6.8 (ร,2.5)	-	-	110, 3.71 (ร,2.5)	-	120,4.4 (ร,2.75)
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	-	-	118, 3.71 (ข,2.25)	120,6.8 (ร,3)	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำหนักจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijkl}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_5

3.2) จากตารางที่ 5.20 จะเห็นว่าเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 5 รอบที่ 1 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.21

ตารางที่ 5.21 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 5 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำหนักดิบ(ตัน)
		1	2	3		
5	1	กุดจับ	กุดจับ ทุ่งฝน	ทุ่งฝน	โรงงาน – ทุ่งฝน – กุดจับ - โรงงาน	4.4 - 6.8
รวม						11.2

ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำหนักไม่หมดกลับไป update $\bar{w}_{ij}$ ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำหนักดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	-	-	136,3.71 (ร,2)	-	-
น้ำพอง	-	-	-	-	-	-
กระนวน	-	-	-	-	-	-
ศรีธาตุ	136, 3.71 (ร,2)	-	-	-	-	-
กุดจับ	-	-	-	-	-	-
ทุ่งฝน	-	-	-	-	-	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำหนักจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijkl}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_6

3.2) จากตารางที่ 5.19 จะเห็นได้ว่าศูนย์รับนมกระนวนมี $\bar{w}_{ij}$ สูงที่สุด และสามารถรับน้ำหนักดิบได้เต็มคัน ดังตารางที่ 5.20

ตารางที่ 5.23 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 6 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่	เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำหนักดิบ(ตัน)
		1		
6	1	ศรีธาตุ	โรงงาน – ศรีธาตุ - โรงงาน	3.71

- ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำหนักดิบหมดให้ทำขั้นตอนที่ 5
- ขั้นตอนที่ 5 จัดตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุก โดยคำนวณได้จากเส้นทางของรถบรรทุกแต่ละคัน จากขั้นตอนที่ 3 ดังตารางที่ 5.23 และตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุก สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.24

ตารางที่ 5.24 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกแต่ละคัน

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำหนักดิบ(ตัน)
		1	2	3		
1	1	น้ำพอง	น้ำพอง	น้ำพอง	โรงงาน – น้ำพอง - โรงงาน	11.2
2	1	กระนวน	กระนวน	กระนวน	โรงงาน – กระนวน - โรงงาน	11.2
3	1	น้ำพอง	น้ำพอง	ศรีธาตุ	โรงงาน – ศรีธาตุ – น้ำพอง - โรงงาน	3.2 - 8
4	1	กระนวน	กระนวน	ศรีธาตุ	โรงงาน – ศรีธาตุ – กระนวน - โรงงาน	5.79 - 5.41
5	1	กุดจับ	กุดจับ	ทุ่งฝน	โรงงาน – ทุ่งฝน – กุดจับ - โรงงาน	4.4 - 6.8
6	1	ศรีธาตุ	-	-	โรงงาน – ศรีธาตุ - โรงงาน	3.71
รวม						59.71

ตารางที่ 5.25 : แสดงตารางเวลาไปรับน้ำหนักดิบของรถบรรทุกแต่ละคัน

ว/ด/ป	รถบรรทุก ขนาด (ตัน)	คันที่	รอบที่	ศูนย์ ที่ไปรับ	เวลาออก จากโรงงาน	เวลาถึง ศูนย์	เวลาออก จากศูนย์	เวลาถึง โรงงาน	ปริมาณนม (ตัน)
1/5/2548	11.2	1	1	น้ำพอง	5:00	5:51	6:59	7:50	11.2
	11.2	2	1	กระนวน	5:00	6:43	7:51	9:34	11.2
	11.2	3	1	ศรีธาตุ	5:00	7:16	7:36	10:35	3.2
	11.2	4	1	น้ำพอง		8:56	9:44		8
				ศรีธาตุ	5:00	7:16	7:51	11:22	5.79
	11.2	5	1	กระนวน		9:06	9:39		5.41
				ทุ่งฝน	5:00	8:03	8:30	13.59	4.4
	7	6	1	กุดจับ		10:30	11:11		6.8
				ศรีธาตุ	5:00	7:16	7:39	9.55	3.71

- ขั้นตอนที่ 6 พิจารณาเวลาออก (D_{kl}) และกลับไปที่โรงงาน (C_{kl}) ต้องไม่เกินเวลาที่โรงงานกำหนดโดยต้องพิจารณากระบวนการผลิต ดังตารางที่ 5.3 เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดเวลาถึงโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคัน ดังตารางที่ 5.4 และพิจารณาว่าเวลาที่เส้นทางเดียวกันหรือไม่ โดยสามารถแสดงขั้นตอนในการพิจารณาตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุกจากตารางที่ 5.25 ได้ดังนี้คือ

- 6.1) พบว่าเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 1,3,4,5,6 จะเห็นได้ว่า $C_{kl} \leq D_{kl} + (t_{ij} \times x_{ijkl}) + (v_{irkl} \times h)$; $\forall k \forall l$ ทำขั้นตอนที่ 7

6.2) พบว่าเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 2 จะเห็นได้ว่า $C_{kl} \geq D_{kl} + (t_{ij} \times x_{ijkl}) + (v_{irkl} \times h)$; $\forall k \forall l$

- โปรแกรม (อัลกอริทึม) จะถามว่าต้องการเลื่อนเวลาของรถบรรทุกออกไปหรือไม่ โดยสามารถเลื่อนเวลาได้ในเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง ซึ่งเราตอบ “OK” ว่าต้องการเลื่อนเวลาไปจากเวลาเดิมคือ 9:00 น. เป็น 9:34 น. เนื่องจากเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดแล้วของรถบรรทุกคันนี้เนื่องจากบรรทุกน้ำมันดิบได้เต็มคัน
- จากตารางที่ 5.25 จะเห็นได้ว่ารถบรรทุกคันที่ 3,4,6 ศูนย์รับนมศรีธาตุเวลาทับกัน เราทำการแก้ไขเวลาโดยผู้ใช้ (Manual) ซึ่งสามารถแสดงตารางเวลาไปรับน้ำมันดิบของรถบรรทุกแต่ละคันใหม่ได้ดังตารางที่ 5.26

ตารางที่ 5.26 : แสดงตารางเวลาไปรับน้ำมันดิบของรถบรรทุกแต่ละคัน

ว/ด/ป	รถบรรทุก ขนาด (ตัน)	คันที่	รอบที่	ศูนย์ ที่ไปรับ	เวลาออก จากโรงงาน	เวลาถึง ศูนย์	เวลาออก จากศูนย์	เวลาถึง โรงงาน	ปริมาณนม (ตัน)
1/5/2548	11.2	1	1	น้ำพอง	5:00	5:51	6:59	7:50	11.2
	11.2	2	1	กระนวน	4:26	6:09	7:17	9:00	11.2
	11.2	3	1	ศรีธาตุ น้ำพอง	5:00	7:16	7:36	10:35	3.2
						8:56	9:44		8
	11.2	4	1	ศรีธาตุ กระนวน	5:30	7:46	8:21	11:52	5.79
						9:36	10:09		5.41
	11.2	5	1	ทุ่งฝน กุดจับ	5:00	8:03	8:30	13.59	4.4
						10:30	11:11		6.8
	7	6	1	ศรีธาตุ	6:30	8:46	9:09	11.25	3.71

ขั้นตอนที่ 7 หาคำนวนครั้งในการล้างถังพิกัดของโรงงาน (Ea) โดยพิจารณาจากตารางที่ 5.8 และตารางที่ 5.25

$$\therefore Ea = 3 \text{ ครั้ง}$$

ขั้นตอนที่ 8 หาค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกัดของโรงงานและศูนย์รับนม

$$\begin{aligned}
 Cc &= (Ca \times Ea) + \sum_{\forall i} (Cb_i \times Eb_i) \\
 &= (2,243 \times 3) + (181 + 144 + 163 + 84 + 36) \\
 &= 7,337 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cd &= \sum_{\forall i} \sum_{\forall k} \sum_{\forall l} F_k \times G \times d_{ij} \times x_{ijkl} \\
 &= (1,360 \times 0.2967 \times 18.19) + (272 \times 0.3311 \times 18.19) \\
 &= 8,978.06 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total_cost} &= Cc + Cd \\
 &= 7,337 + 8,978.06 \\
 &= 16,315.06 \text{ บาท/วัน}
 \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 9

แสดง x_{ijkl} ดังตารางที่ 5.26, distance , Total_cost , Cd , Cp_i และ Cc

∴ distance = 1632 กิโลเมตร

Total_cost = 16,315.06 บาท/วัน

Cd = 8,978.06 บาท

Cc = 7,337 บาท

Cp₁ = 181 บาท

Cp₂ = 144 บาท

Cp₃ = 163 บาท

Cp₄ = 84 บาท

Cp₅ = 36 บาท

5.1.2 ระยะที่ 2: วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search)

วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search) หรือการค้นหาที่มีข้อห้าม หรือการห้ามการค้นหาคำตอบในบางขอบเขต ในวิธีการหามดังกล่าวนั้นจะเป็นการห้ามเพื่อที่จะช่วยให้ไม่ต้องไปค้นหาผลเฉลยเดิม หรือหลงในวัฏจักร (Cyclic) การค้นหาคำตอบซึ่งอยู่ในขอบเขตของการค้นหาเดิม ซึ่งจะส่งผลให้สามารถหาคำตอบที่ดีขึ้นได้ (ศุภชัย และวนิดา, 2546) โดยในหัวข้อ 5.1.2 นี้จะอธิบายรายละเอียดของใช้วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search) ทำการปรับปรุงคำตอบเริ่มต้น (initial solution) จากหัวข้อที่ 5.1.1 โดยจะแบ่งการหาคำตอบออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักดิบต่างเส้นทางกัน และระยะที่ 2 การแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักดิบในเส้นทางเดียวกัน ซึ่งจะแสดงองค์ประกอบหลักของวิธีทาบูเสิร์ชในหัวข้อ 5.1.2.1 และขั้นตอนการทำงานของวิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search) ในหัวข้อ 5.1.2.2 สามารถแสดงได้ดังนี้

5.1.2.1 องค์ประกอบหลักของวิธีทาบูเสิร์ช

องค์ประกอบหลักของวิธีทาบูเสิร์ชมี 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ทาบูลิสต์ (Tabu List)

ทาบูลิสต์ (Tabu List) เป็นตัวเก็บลักษณะ (Attributes) ของการแทรกจุดในแต่ละเส้นทาง และใช้ในการควบคุมการย้อนกลับ (Reverse) หรือการหลงในวัฏจักร (Cyclic) อยู่ในขอบเขตการค้นหาเดิมๆ ซึ่งมีสัญลักษณ์คือ (i,j) โดย i,j คือ ศูนย์รับนม โดยตอนแรกทาบูลิสต์ (Tabu List) จะเป็นเซตว่าง งานวิจัยนี้จะใช้วิธีการแทรกจุด (Insertion Move) ไปยังตำแหน่งต่างๆ ในแต่ละเส้นทางที่กำหนดไว้ในเนบอฮูดไซส์ (Neighborhood Size) ดังแสดงในหัวข้อ 2 โดยทาบูลิสต์ (Tabu List) จะมีความยาว (Tabu List Size) เท่ากับ T_{max} จากการศึกษาของ Laguna et al. (1993) พบว่าขนาดของทาบูลิสต์สามารถกำหนดได้ดังนี้

- ถ้า $n \leq 12$ แล้ว $|T| = \lfloor \frac{n}{2} \rfloor$;
เมื่อ $|T|$ = ขนาดของทาบูลิสต์ และ
 n = จำนวนของศูนย์รับนม
- ถ้า $n > 12$ แล้ว $|T| = 7$

∴ อย่างไรก็ตาม คณะวิจัยได้ทำการทดลอง run เพื่อหาค่า T_{max} ที่เหมาะสม จึงทำให้สามารถได้ค่า T_{max} เพื่อที่จะทำการแทรกของการแทรกทั้งสองระยะข้างต้น ดังนี้

$$T_{max} = \left\lceil \frac{n}{3} \right\rceil \quad \text{ถ้า } n \leq 14 \text{ และ}$$

$$= 5 \quad \text{ถ้า } n > 14$$

จากการกำหนดขนาดของทาบูลิสต์ ทำให้มีการกำหนดทาบูลิสต์ของการหาคำตอบ แต่ละระยะดังนี้คือ

(1) ระยะที่ 1 การแทรกจุดที่ไปรับน้ำหนักดิบต่างเส้นทางกัน

การแทรกจุดในแต่ละเส้นทางจะมีคู่ของศูนย์รับนม 1 หรือ 2 คู่เท่านั้นที่จะถูกเพิ่มเข้าไปในทาบูลิสต์ (Tabu List) ซึ่งการแทรกจุดที่ไปรับน้ำหนักดิบต่างเส้นทางกัน (k คือเส้นทางที่หรือรถบรรทุกคันที่) จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 $x = 1$ หรือ $x = \text{final}$

กรณี x อยู่ตำแหน่งที่ 1 ตัวแปร $(L, i_{(x)}, j_{(x+1)})$ จะถูกเพิ่มเข้าไปในทาบูลิสต์ (Tabu List) หรือ กรณี x อยู่ตำแหน่งสุดท้าย ตัวแปร $(L, i_{(x-1)}, j_{(x)})$ จะถูกเพิ่มเข้าไปในทาบูลิสต์

กรณีที่ 2 $1 < x < \text{final}$

กรณี x อยู่ระหว่างตำแหน่งที่ 1 และสุดท้าย ตัวแปร $(L, i_{(x)}, j_{(x+1)})$ และตัวแปร $(L, i_{(x-1)}, j_{(x)})$ จะถูกเพิ่มเข้าไปในทาบูลิสต์ (Tabu List) ดังรูปที่ 5.4

(2) ระยะที่ 2 การแทรกจุดที่ไปรับน้ำหนักดิบในเส้นทางเดียวกัน

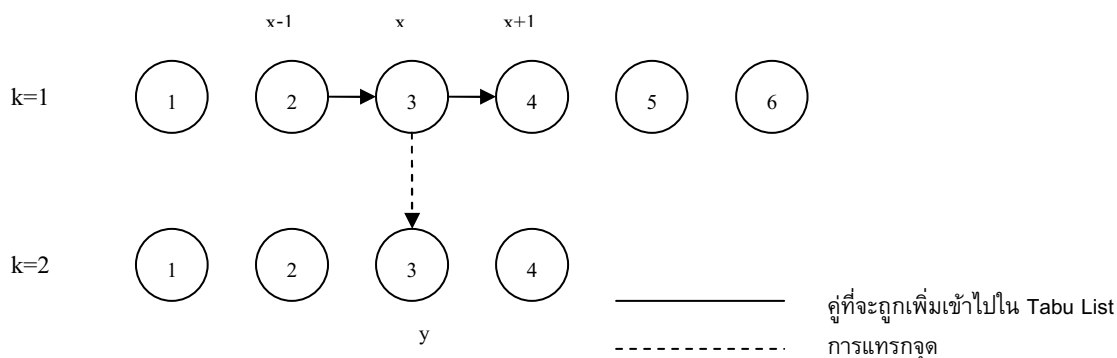
การแทรกจุดในแต่ละเส้นทางจะมีคู่ของศูนย์รับนมเพียง 1 คู่เท่านั้นที่จะถูกเพิ่มเข้าไปในทาบูลิสต์ (Tabu List) ซึ่งการแทรกจุดที่ไปรับน้ำหนักดิบในเส้นทางเดียวกันจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 $x < y$ (x คือ ตำแหน่งที่ต้องการนำไปแทรก และ y คือ ตำแหน่งที่ถูกแทรก)

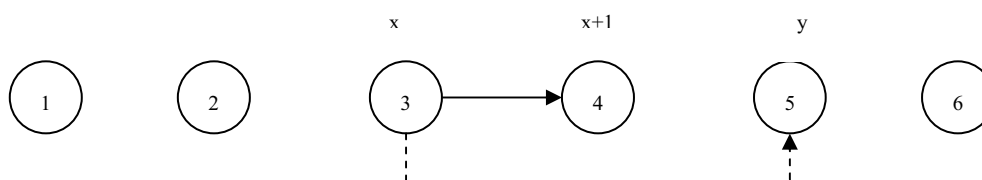
ในกรณี $x < y$ ตัวแปร $(L, i_{(x)}, j_{(x+1)})$ จะถูกเพิ่มเข้าไปในทาบูลิสต์ ซึ่งตัวแปร $(L, i_{(x)}, j_{(x+1)})$ คือ ศูนย์รับนม i ที่จะย้ายจากตำแหน่ง x และศูนย์รับนม j ที่อยู่ด้านขวาของศูนย์รับนม i ที่ตำแหน่ง $x+1$ ดังแสดงในรูปที่ 5.5

กรณีที่ 2 $x > y$

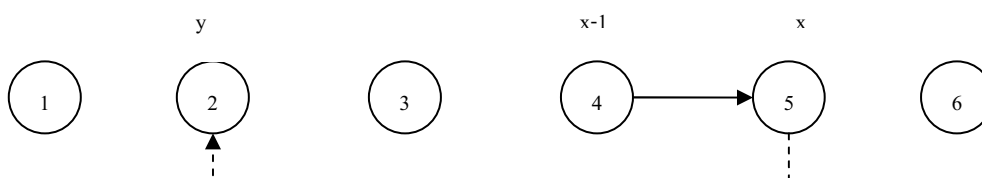
ในกรณี $x > y$ ตัวแปร $(L, i_{(x-1)}, j_{(x)})$ จะถูกเพิ่มเข้าไปในทาบูลิสต์ ซึ่งตัวแปร $(L, i_{(x-1)}, j_{(x)})$ คือ ศูนย์รับนม i ที่อยู่ด้านซ้ายของศูนย์รับนม j ที่ตำแหน่ง $x-1$ และศูนย์รับนม j ที่จะย้ายจากตำแหน่ง x ดังแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.4 : แสดงกรณี $1 < x < \text{final}$ ในการแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักติดต่างเส้นทาง



รูปที่ 5.5 : แสดงกรณี $x < y$ ในการแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักติดในเส้นทางเดียวกัน



รูปที่ 5.6 : แสดงกรณี $x > y$ ในการแทรกจุดที่ปรับน้ำหนักติดในเส้นทางเดียวกัน

2) เนเบอะฮุดไซส (Neighborhood Size)

เนเบอะฮุดไซส (Neighborhood Size) คือ การกำหนดวิธีในการแทรกจุดที่ปรับน้ำหนัก เนเบอะฮุดไซส (Neighborhood Size) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของทฤษฎีที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการค้นหาคำตอบ ดังนั้นเนเบอะฮุดไซส คือ การกำหนดขอบเขตในค้นหาคำตอบที่เหมาะสม เพราะการมีจำนวนเนเบอะฮุดไซสน้อยจนเกินไปอาจทำให้เกิดการมองข้ามคำตอบที่ดีไปได้ ในทางตรงกันข้าม หากมีจำนวนเนเบอะฮุดไซสมากจนเกินไปก็จะทำให้เกิดการเสียเวลาที่ไม่จำเป็นในการค้นหาคำตอบ ดังนั้นการ

กำหนดขนาดของจำนวนเนเบอะฮูตไซสที่เหมาะสมจึงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งการกำหนดจำนวนเนเบอะฮูตไซสสามารถกำหนดได้จากขอบเขตของการมูฟ (move distance: d)

โดยทั่วไปแล้ว การกำหนดขอบเขตของการมูฟจะขึ้นอยู่กับลักษณะความซับซ้อนของปัญหา จากการศึกษาของ Laguna et al. (1993) และ Barns and Laguna (1993) ได้กำหนดค่าของ d ที่เป็นไปได้ ดังนี้

- ถ้า $n \leq 30$ แล้ว $d = \lfloor \frac{n}{2} \rfloor - 1$;
เมื่อ $|T|$ = ขนาดของทาบูลิสท์ และ
 n = จำนวนศูนย์รับนมในเส้นทางนั้นๆ
- ถ้า $n > 30$ แล้ว $d = \lfloor \frac{n}{2} \rfloor \cdot \frac{c}{4}$
เมื่อ c = ค่าตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 4

∴ อย่างไรก็ตาม คณะวิจัยได้ทำการทดลอง run เพื่อหาค่า d ที่เหมาะสม จึงทำให้สามารถได้ค่า d เพื่อที่จะทำการแทรกของการแทรกทั้งสองระยะข้างต้น ซึ่งจะมีทั้งหมด 3 วิธี ดังนี้

(1) ในกรณีเส้นทางเดียวกันและจุดที่ไปรับน้ำนมดิบในแต่ละเส้นทางมีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 จุด การแทรกจุดจะมี 3 วิธีคือ

วิธีที่ 1 จุดที่นำไปแทรกอยู่ซ้ายสุด แทรกได้ 2 ตำแหน่งจากซ้ายไปขวา ดังรูปที่ 5.7

วิธีที่ 2 จุดที่นำไปแทรกอยู่ขวาสุด แทรกได้ 2 ตำแหน่งจากขวาไปซ้าย ดังรูปที่ 5.8

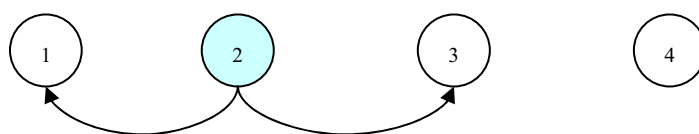
วิธีที่ 3 จุดที่นำไปแทรกอยู่ระหว่างกลาง แทรกจากขวาไปซ้าย และซ้ายไปขวา ด้านละ 1 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.7 : แสดงจุดที่จะนำไปแทรกอยู่ซ้ายสุด



รูปที่ 5.8 : แสดงจุดที่จะนำไปแทรกอยู่ขวาสุด



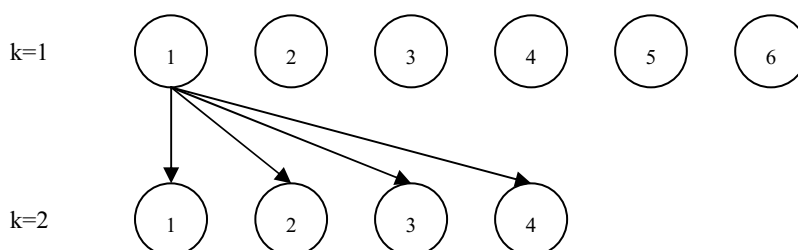
รูปที่ 5.9 : แสดงจุดที่จะนำไปแทรกอยู่ระหว่างกลาง

(2) ในกรณีเส้นทางเดียวกันและจุดที่ไปรับน้ำมันดิบในแต่ละเส้นทางมีมากกว่า 4 จุด การแทรกจุดจะมี 3 วิธีคือ

- วิธีที่ 1 จุดที่นำไปแทรกอยู่ซ้ายสุด แทรกได้ 3 ตำแหน่งจากซ้ายไปขวา
- วิธีที่ 2 จุดที่นำไปแทรกอยู่ขวาสุด แทรกได้ 3 ตำแหน่งจากขวาไปซ้าย
- วิธีที่ 3 จุดที่นำไปแทรกอยู่ระหว่างกลาง แทรกจากขวาไปซ้ายและซ้ายไปขวาด้านละ 1 ตำแหน่ง

(3) ในกรณีการแทรกจุดที่ไปรับน้ำมันดิบต่างเส้นทางกัน

การแทรกจุดที่ไปรับน้ำมันดิบต่างเส้นทางกันจะมีการแทรกจุดทุกจุดในแต่ละเส้นทาง โดยการแทรกจุดจะแทรกได้ก็ต่อเมื่อไม่เกินความจุของรถบรรทุกคันนั้นๆ ดังรูปที่ 5.10



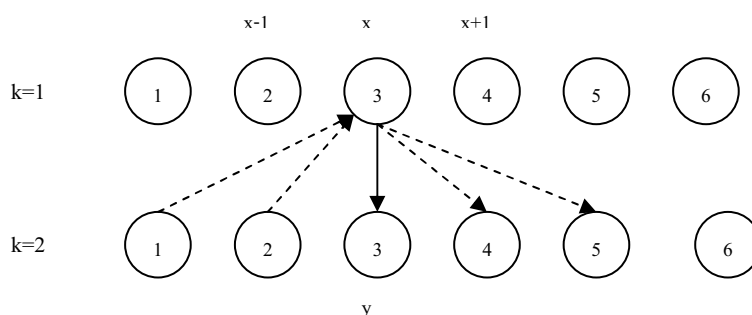
รูปที่ 5.10 : แสดงการแทรกจุดที่ไปรับน้ำมันดิบต่างเส้นทางกัน

3) ทาบูเรสทริคชัน (Tabu Restriction)

ทาบูเรสทริคชัน (Tabu Restriction) คือ การป้องกันการแทรกจุดที่จะทำให้เกิดการย้อนกลับไปยังตำแหน่งเดิม โดยทั่วไปแล้วจะมีหลายวิธีในการกำหนดทาบูเรสทริคชัน แต่วิธีที่ดีที่สุดคือการกำหนดทาบูเรสทริคชันโดยการประยุกต์ขอบเขตของการมูฟ (move distance: d) ซึ่งการมูฟ (move) แต่ละครั้งนั้น จะต้องตรวจสอบก่อนว่ามีทาบูเรสทริคชันอยู่ในทาบูลิสต์หรือไม่ หากมีทาบูเรสทริคชันอยู่ในทาบูลิสต์แล้วการมูฟ (move) นั้นก็ไม่สามารถทำได้ ในทางตรงกันข้ามหากไม่มีทาบูเรสทริคชันอยู่ใน ทาบูลิสต์ การมูฟ (move) นั้นก็สามารถทำได้ ซึ่งสัญลักษณ์ของทาบูเรสทริคชัน คือ (i,j) โดยปกติแล้ว ทาบูเรสทริคชัน (Tabu Restriction) จะมีจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 1 คู่ ซึ่งทาบูเรสทริคชันแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

(1) ระยะที่ 1 การแทรกจุดที่ไปรับน้ำมันดิบต่างเส้นทางกัน

การแทรกจุดที่ไปรับน้ำมันดิบต่างเส้นทางกัน จำนวนของทาบูเรสทริคชันจะมีจำนวนเท่ากับ d ($d = n - 1$; n คือ จำนวนศูนย์รับนมของเส้นทางที่ถูกแทรกจุด) ดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 : แสดงทาบูเรสทริคชันของการแทรกจุดที่ไปรับน้ำหนักดับต่างเส้นทางกัน

(2) ระยะที่ 2 การแทรกจุดที่ไปรับน้ำหนักดับในเส้นทางเดียวกัน

การแทรกจุดที่ไปรับน้ำหนักดับในเส้นทางเดียวกันแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 $x < y$; $x < b \leq y$

ทาบูเรสทริคชันประกอบไปด้วยคู่ของศูนย์รับนมในแต่ละเส้นทาง คือ ตัวแปร

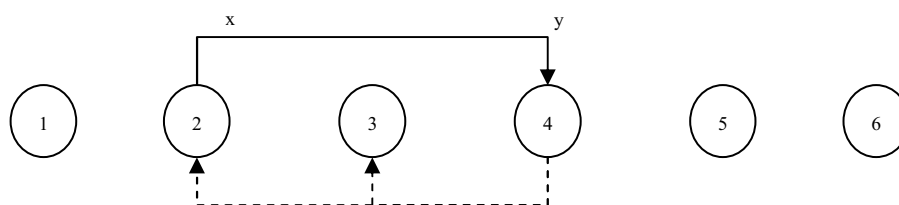
$(l, i_{(b)}, j_{(x)})$ ดังรูปที่ 5.11

กรณีที่ 2 $x > y$; $y' \leq b \leq x$ ($y' = -1$ ตำแหน่ง คือ ขวาไปซ้ายจาก

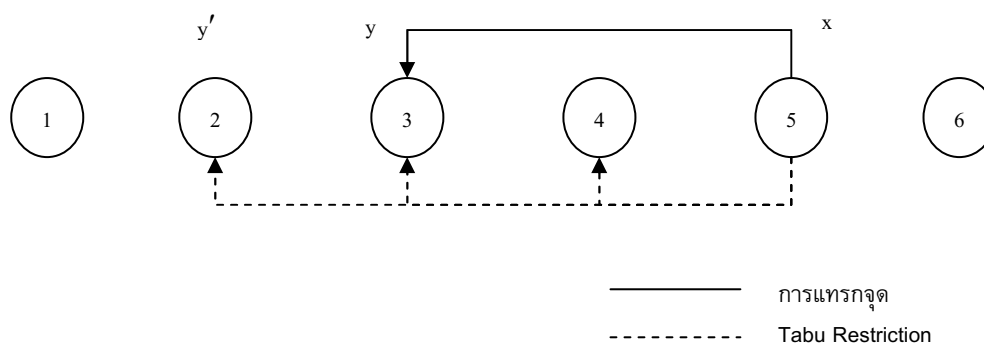
ตำแหน่ง y)

ทาบูเรสทริคชันประกอบไปด้วยคู่ของศูนย์รับนมในแต่ละเส้นทาง คือ ตัวแปร

$(l, i_{(x)}, j_{(b)})$ โดย $y \neq 1$ ดังรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 : แสดงทาบูเรสทริคชันของกรณี $x < y$ ในการแทรกจุดที่ไปรับน้ำหนักดับในเส้นทางเดียวกัน



รูปที่ 5.13 : แสดงทาบูเรสทริคชันของกรณี $x > y$ ในการแทรกจุดที่ไปรับน้ำหนักดับในเส้นทางเดียวกัน

4) แอดมิชซิเบิลมูฟส์ (Admissible Moves)

แอดมิชซิเบิลมูฟส์ คือ การย้ายจุดที่เป็นไปได้ โดยจะมีการพิจารณาหาบุเรสทริคชัน ว่ามีค่าที่อยู่ในหาบูลิสต์ หรือไม่ ซึ่งจะแยกออกเป็น 2 กรณี คือ

- (1) ถ้าในหาบุเรสทริคชันไม่มีค่าที่อยู่ในหาบูลิสต์จะมีการย้ายจุดเกิดขึ้น
- (2) ถ้าในหาบุเรสทริคชันมีค่าที่อยู่ในหาบูลิสต์จะไม่มีการย้ายจุดเกิดขึ้น ยกเว้นเมื่อค่าฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) ที่ได้จากการย้ายจุดให้ค่าฟังก์ชันเป้าหมายต่ำกว่าแอชไพเรชันเลเวล (Aspiration Level) จึงอนุญาตให้ย้ายจุดได้

5.1.2.2 ขั้นตอนการทำงานของวิธีหาบุเรส (Tabu Search)

ขั้นตอนการทำงานของวิธีหาบุเรส (Tabu Search) มีขั้นตอนย่อย 9 ขั้นตอน โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การแทรกศูนย์รับนมระหว่างเส้นทาง ในขั้นตอนที่ 1 - 5 และระยะที่ 2 การแทรกศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกัน ในขั้นตอนที่ 6 - 11 ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.13

ระยะที่ 1 ทำการแทรกศูนย์รับนมต่างเส้นทางกัน

การแทรกศูนย์รับนมต่างเส้นทางกันจะมีการแทรกศูนย์รับนมทุกจุดระหว่างเส้นทางที่ต่างกัน โดยการแทรกจุดจะแทรกได้ก็ต่อเมื่อปริมาณนมที่ไปรับที่ศูนย์ต่าง ๆ จะต้องบรรจุไม่เกินความจุของรถบรรทุกคันนั้นๆ สำหรับการแทรกศูนย์รับนมที่ได้จากคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) นั้นได้มีการกำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ ในกระบวนการค้นหาคำตอบโดยใช้ หาบุเรสดังนี้

T_{max_br}	=	ขนาดของหาบูลิสต์จากการแทรกศูนย์รับนมระหว่างเส้นทางที่ต่างกัน
max_lter_br	=	จำนวนรอบสูงสุดที่อนุญาตให้มีขั้นตอนการแทรกศูนย์รับนมระหว่างเส้นทางที่ต่างกัน
tor_lter_br	=	จำนวนรอบสูงสุดที่อนุญาตให้หยุดการค้นหาคำตอบจากการแทรกศูนย์รับนมระหว่างเส้นทางที่ต่างกันหากการค้นหาคำตอบไม่มีค่าที่ดีขึ้น
$iter_br$	=	รอบปัจจุบันของการค้นหาคำตอบจากการแทรกศูนย์รับนมระหว่างเส้นทางที่ต่างกัน
$move_val_br$	=	การรวมที่ให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุดจากการแทรกศูนย์รับนมระหว่างเส้นทางที่ต่างกันและบันทึกค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำที่สุดนั้น
$move_seq_br$	=	เส้นทางของการขนส่งจากการแทรกศูนย์รับนมระหว่างเส้นทางที่ต่างกันที่มีค่า $move_val_br$ ต่ำที่สุดในรอบนั้น
$best_val_br$	=	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุดจากการแทรกศูนย์รับนมระหว่างเส้นทางที่ต่างกันที่ได้ปัจจุบัน
$best_seq_br$	=	เส้นทางของการขนส่งที่มีค่า $move_val_br$ ต่ำที่สุดจากการแทรกศูนย์รับนมระหว่างเส้นทางที่ต่างกันที่ได้ปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ 1

ป้อนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คือ

$$1.1 \quad T_{\max_br} = \begin{cases} \lceil \frac{n}{3} \rceil & \text{ถ้า } n \leq 14 \text{ และ} \\ 5 & \text{ถ้า } n > 14 \end{cases}$$

$$1.2 \quad \text{best_value_br} = \text{ค่าคำตอบเริ่มต้น (initial solution)}$$

$$1.3 \quad \text{best_iter_br} = 0$$

$$1.4 \quad \text{max_iter_br} = 100$$

$$1.5 \quad \text{tor_iter_br} = 30$$

1.6 เงื่อนไขที่ใช้สำหรับการหยุดค้นหาคำตอบ (Stopping Criteria): มี 2 ลักษณะคือ

1.6.1 ถ้าครบจำนวนรอบของการค้นหาคำตอบที่กำหนด คือ “Max_Iter_br” ให้หยุดค้นหาคำตอบ

1.6.2 ถ้าฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าไม่ดีขึ้นจากเดิมเป็นจำนวน “tor_iter_br” รอบให้ทำการหยุดค้นหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2

ปรับ (Update) จำนวนรอบในสถานะปัจจุบัน (iter_br) โดย iter_br = iter_br + 1

ขั้นตอนที่ 3

ตรวจสอบสถานะการหยุดค้นหาคำตอบ ซึ่งจะมี 2 กรณีคือ

3.1 ถ้าครบจำนวนครั้งของการค้นหาคำตอบที่กำหนด คือ “max_iter_br” ให้หยุดค้นหาคำตอบ

3.2 ถ้าฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าไม่ดีขึ้นจากเดิมเป็นจำนวน “tor_iter_br” รอบให้ทำการหยุดค้นหาคำตอบ

∴ ถ้าการค้นหาคำตอบไม่ได้หยุด ให้ไปทำขั้นตอนที่ 4 หรือไประยะที่ 2 เพื่อแทรกศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกัน ในขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 4

แทรกตำแหน่งศูนย์รับนม

4.1 แทรกจุดโดยใช้หลักการของเนบอฮูดไซส (Neighborhood Size)

4.2 พิจารณาว่าการแทรกตำแหน่งเป็นไปได้หรือไม่โดยใช้หลักการของแอดมิสซิเบิลมูวส์ (Admissible Moves)

4.3 เลือกการมูฟที่ให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุด และบันทึกค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ได้เป็นค่า move_val_br และบันทึกลำดับการผลิตเป็น move_seq_br

ขั้นตอนที่ 5

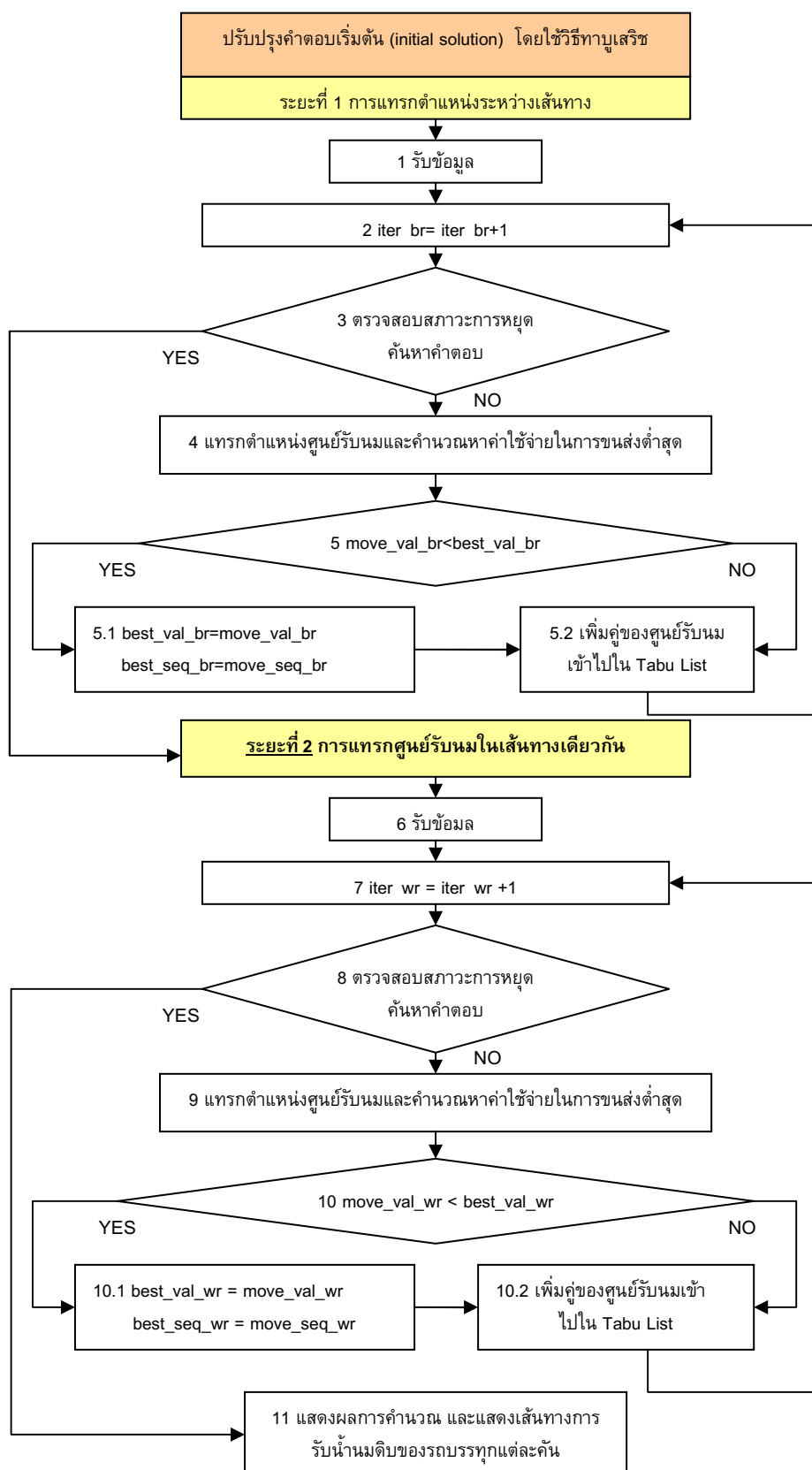
ตรวจสอบว่า move_val_br มีค่าน้อยกว่า best_val_br หรือไม่

5.1 ถ้าใช่ ให้ปรับ best_val_br = move_val_br

best_seq_br = move_seq_br

เก็บค่าของทาบูลิสต์ และไปขั้นตอนที่ 2

5.2 ถ้าไม่ใช่ ให้เก็บค่าของทาบูลิสต์ และไปขั้นตอนที่ 2



รูปที่ 5.14 : แสดงขั้นตอนการทำงานของวิธีหาอนุสรณ์

ระยะที่ 2 การแทรกศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกัน

นำคำตอบของรอบสุดท้ายของระยะที่ 1 มาเป็นคำตอบเริ่มต้นของระยะที่ 2 แต่ถ้าจุดที่ไปรับน้ำมันดิบในแต่ละเส้นทางมี 2 จุดจะไม่มี การแทรกจุดเกิดขึ้น เนื่องจากไม่ให้คำตอบที่ดีขึ้นจากเดิม ซึ่งวิธีสักระยะที่ 2 มีขั้นตอนการทำงาน 6 ขั้นตอนเหมือนระยะที่ 1 ยกเว้นมีการแทรกจุดที่ไปรับน้ำมันดิบในเส้นทางเดียวกัน ซึ่งสัญลักษณ์ต่างๆ ในกระบวนการค้นหาคำตอบโดยการใช้ ทาบูลูเซิร์ระยะที่ 2 มีดังนี้

T_{max_wr}	=	ขนาดของทาบูลูสท์จากการแทรกศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกัน
max_iter_wr	=	จำนวนรอบสูงสุดที่อนุญาตให้มีขั้นตอนการแทรกศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกัน
tor_iter_wr	=	จำนวนรอบสูงสุดที่อนุญาตให้หยุดการค้นหาคำตอบจากการแทรกศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกันหากการค้นหาคำตอบไม่มีค่าที่ดีขึ้น
$iter_wr$	=	รอบปัจจุบันของการค้นหาคำตอบจากการแทรกศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกัน
$move_val_wr$	=	การผูกที่ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุดจากการแทรกศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกันและบันทึกค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำที่สุดนั้น
$move_seq_wr$	=	เส้นทางของการขนส่งจากการแทรกศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกันที่มีค่า $move_val_wr$ ต่ำที่สุดในรอบนั้น
$best_val_wr$	=	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุดจากการแทรกศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกันที่ได้ปัจจุบัน
$best_seq_wr$	=	เส้นทางของการขนส่งที่มีค่า $move_val_wr$ ต่ำที่สุดจากการแทรกศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกันที่ได้ปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ 6 ป้อนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คือ

- 6.1 $T_{max_wr} = \begin{cases} \lceil \frac{n}{3} \rceil & \text{ถ้า } n \leq 14 \text{ และ} \\ 5 & \text{ถ้า } n > 14 \end{cases}$
- 6.2 $best_value_wr =$ ค่าคำตอบเริ่มต้น (initial solution)
- 6.3 $best_iter_wr = 0$
- 6.4 $max_iter_wr = 100$
- 6.5 $tor_iter_wr = 30$
- 6.6 เงื่อนไขที่ใช้สำหรับการหยุดค้นหาคำตอบ (Stopping Criteria) : มี 2 ลักษณะคือ
 - 6.6.1 ถ้าครบจำนวนรอบของการค้นหาคำตอบที่กำหนด คือ “Max_iter_wr” ให้หยุดค้นหาคำตอบ
 - 6.6.2 ถ้าฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าไม่ดีขึ้นจากเดิมเป็นจำนวน “tor_iter_wr” รอบให้ทำการหยุดค้นหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 7 ปรับ (Update) จำนวนรอบในสถานะปัจจุบัน (iter_wr) โดย $iter_wr = iter_wr + 1$

- ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบสภาวะการหยุดค้นหาคำตอบ ซึ่งจะมี 2 กรณีคือ
- 8.1 ถ้าครบจำนวนครั้งของการค้นหาคำตอบที่กำหนด คือ “max_iter_wr” ให้หยุดค้นหาคำตอบ
 - 8.2 ถ้าฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าไม่ดีขึ้นจากเดิมเป็นจำนวน “tor_iter_wr” รอบให้ทำการหยุดค้นหาคำตอบ
- ถ้าการค้นหาคำตอบไม่ได้หยุด ให้ไปทำขั้นตอนที่ 9
- ขั้นตอนที่ 9 แทรกตำแหน่งศูนย์รับนมในเส้นทางเดียวกัน
- 9.1 แทรกจุดโดยใช้หลักการของเนบะฮูดไซส (Neighborhood Size)
 - 9.2 พิจารณาว่าการแทรกตำแหน่งเป็นไปได้หรือไม่โดยใช้หลักการของแอ็ดมิช-ซิเบิลมูส (Admissible Moves)
 - 9.3 เลือกการมูฟที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และบันทึกค่าค่าใช้จ่ายที่ได้เป็นค่า move_val_wr และบันทึกลำดับการผลิตเป็น move_seq_wr
- ขั้นตอนที่ 10 ตรวจสอบว่า move_val_wr มีค่าน้อยกว่า best_val_wr หรือไม่
- 10.1 ถ้าใช่ ให้ปรับ best_val_wr = move_val_wr
best_seq_wr = move_seq_wr
เก็บค่าของทาบูลิสต์ และไปขั้นตอนที่ 7
 - 10.2 ถ้าไม่ใช่ ให้เก็บค่าของทาบูลิสต์ และไปขั้นตอนที่ 7
- ขั้นตอนที่ 11 แสดงผลการคำนวณค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดและแสดงเส้นทางการรับน้ำนมดิบของรถบรรทุกแต่ละคัน

5.2 Heuristic 2

การจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกที่มีหลายขนาดของวิธีการทางฮิวริสติก Heuristic 2 นี้ได้มีการพิจารณาในกรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะ**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำนมดิบต่างศูนย์ แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำนมดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำนมดิบไม่เกิน 2 มื้อ (เช้าและเย็น) เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพิกัดของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งต่ำที่สุด โดยมีการคำนึงถึงคุณภาพของน้ำนมดิบที่นำส่งน้ำนมดิบมายังโรงงานและค่าขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งฮิวริสติก Heuristic 2 มีขั้นตอนการทำงาน**เหมือนฮิวริสติก Heuristic 1** ทุกอย่างยกเว้นช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะ**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำนมดิบต่างศูนย์ ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณของการหาคำตอบเริ่มแรก (Initial Solution) และวิธีทาบูลิซ (Tabu Search) ของฮิวริสติก Heuristic 2 ได้ดังหัวข้อ 5.3 และ 3.4 ตามลำดับ

5.2.1 ตัวอย่างการหาคำตอบเริ่มแรกของฮิวริสติกวิธีที่ 2 (Initial_Heuristic 2)

- ขั้นตอนที่ 1 ป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งเป็นข้อมูลของวันที่ 1 พ.ค. 2548 เหมือนกับตัวอย่างของวิธี Initial_Heuristic 1
- ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.28

ตารางที่ 5.27 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	51,19.2 (ร,5)	103,16.61 (ร,4.25)	136,12.7 (ร,3.25)	168,6.8 (ร,2.5)	183,4.4 (ร,2.25)
น้ำพอง	51,19.2 (ร,5)	-	46,16.61 (ร,4.75)	80,12.7 (ข,3.5)	122,6.8 (ร,3)	162,4.4 (ร,2.25)
กระนวน	103,16.61 (ร,4.25)	46,19.2 (ร,5)	-	75,12.7 (ร,3.75)	154,6.8 (ข,2.25)	168,4.4 (ร,2.25)
ศรีธาตุ	136,12.7 (ร,3.25)	80,19.2 (ข,4.25)	75,16.61 (ร,4.25)	-	110,6.8 (ร,3)	118,4.4 (ข,2.5)
กุดจับ	168,6.8 (ร,2.5)	122,19.2 (ร,4.5)	154,16.61 (ข,3.5)	110,12.7 (ร,3.75)	-	120,4.4 (ร,2.75)
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	162,19.2 (ร,4)	168,16.61 (ร,3.75)	118,12.7 (ข,3.5)	120,6.8 (ร,3)	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำมันดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijkl}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_1

3.2) จากตารางที่ 5.28 จะเห็นได้ว่าศูนย์รับนม น้ำพองมี $\bar{w}_{ij}$ สูงที่สุด และสามารถรับน้ำมันดิบได้เต็มคัน ดังตารางที่ 5.29

ตารางที่ 5.28 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 1 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำมันดิบ(ตัน)
		1	2	3		
1	1	น้ำพอง	น้ำพอง	น้ำพอง	โรงงาน – น้ำพอง - โรงงาน	11.2

ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำมันดิบไม่หมดกลับไป update $\bar{w}_{ij}$ ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.30

ตารางที่ 5.29 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	51,8 (ร,3.75)	103,16.61 (ร,4.25)	136,12.7 (ร,3.25)	168,6.8 (ร,2.5)	183,4.4 (ร,2.25)



ตารางที่ 5.29 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์) (ต่อ)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
น้ำพอง	51,8 (ร,3.75)	-	46,16.61 (ร,4.75)	80,12.7 (ข,3.5)	122,6.8 (ร,3)	162,4.4 (ร,2.25)
กระนวน	103,16.61 (ร,4.25)	46,8 (ร,3.75)	-	75,12.7 (ร,3.75)	154,6.8 (ข,2.25)	168,4.4 (ร,2.25)
ศรีธาตุ	136,12.7 (ร,3.25)	80,8 (ข,3)	75,16.61 (ร,4.25)	-	110,6.8 (ร,3)	118,4.4 (ข,2.5)
กุดจับ	168,6.8 (ร,2.5)	122,8 (ร,3.25)	154,16.61 (ข,3.5)	110,12.7 (ร,3.75)	-	120,4.4 (ร,2.75)
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	162,8 (ร,2.75)	168,16.61 (ร,3.75)	118,12.7 (ข,3.5)	120,6.8 (ร,3)	-

ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

- ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำมันดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijkl}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ
- 3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_2
 - 3.2) จากตารางที่ 5.30 จะเห็นได้ว่าศูนย์รับนมกระนวนมี $\bar{w}_{ij}$ สูงที่สุด และสามารถรับน้ำมันดิบได้เต็มคัน ดังตารางที่ 5.31

ตารางที่ 5.30 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 2 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำมันดิบ(ตัน)
		1	2	3		
2	1	กระนวน	กระนวน	กระนวน	โรงงาน – กระนวน - โรงงาน	11.2

- ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำมันดิบไม่หมดกลับไป update $\bar{w}_{ij}$ ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

- ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.29

ตารางที่ 5.31 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำนมดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	51,8 (ร,3.75)	103,5.41 (ร,2.75)	136,12.7 (ร,3.25)	168,6.8 (ร,2.5)	183,4.4 (ร,2.25)
น้ำพอง	51,8 (ร,3.75)	-	46, 5.41 (ร,3.25)	80,12.7 (ข,3.5)	122,6.8 (ร,3)	162,4.4 (ร,2.25)
กระนวน	103,5.41 (ร,2.75)	46,8 (ร,3.75)	-	75,12.7 (ร,3.75)	154,6.8 (ข,2.25)	168,4.4 (ร,2.25)
ศรีธาตุ	136,12.7 (ร,3.25)	80,8 (ข,3)	75, 5.41 (ร,2.75)	-	110,6.8 (ร,3)	118,4.4 (ข,2.5)
กุดจับ	168,6.8 (ร,2.5)	122,8 (ร,3.25)	154, 5.41 (ข,2)	110,12.7 (ร,3.75)	-	120,4.4 (ร,2.75)
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	162,8 (ร,2.75)	168, 5.41 (ร,2.25)	118,12.7 (ข,3.5)	120,6.8 (ร,3)	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

- ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำนมดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijkl}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ
- 3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_3
 - 3.2) จากตารางที่ 5.32 จะเห็นได้ว่าเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 3 รอบที่ 1 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.33

ตารางที่ 5.32 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 3 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำนมดิบ(ตัน)
		1	2	3		
3	1	น้ำพอง	น้ำพอง	น้ำพอง	โรงงาน – น้ำพอง - โรงงาน	8

- ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำนมดิบไม่หมดกลับไป update $\bar{w}_{ij}$ ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

- ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.31

ตารางที่ 5.33 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	-	103,5.41 (ร,2.75)	136,12.7 (ร,3.25)	168,6.8 (ร,2.5)	183,4.4 (ร,2.25)
น้ำพอง	-	-	-	-	-	-
กระนวน	103,5.41 (ร,2.75)	-	-	75,12.7 (ร,3.75)	154,6.8 (ข,2.25)	168,4.4 (ร,2.25)
ศรีธาตุ	136,12.7 (ร,3.25)	-	75, 5.41 (ร,2.75)	-	110,6.8 (ร,3)	118,4.4 (ข,2.5)
กุดจับ	168,6.8 (ร,2.5)	-	154, 5.41 (ข,2)	110,12.7 (ร,3.75)	-	120,4.4 (ร,2.75)
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	-	168, 5.41 (ร,2.25)	118,12.7 (ข,3.5)	120,6.8 (ร,3)	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำมันดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijkl}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_4

3.2) จากตารางที่ 5.34 จะเห็นได้ว่าเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 4 รอบที่ 1 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.35

ตารางที่ 5.34 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 4 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำมันดิบ(ตัน)
		1	2	3		
4	1	ศรีธาตุ	ศรีธาตุ	ศรีธาตุ	โรงงาน – ศรีธาตุ - โรงงาน	11.2

ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำมันดิบไม่หมดกลับไป update $\bar{w}_{ij}$ ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.36

ตารางที่ 5.35 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทางและปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน, น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	-	103,5.41 (ร,2.75)	136,1.5 (ร,1.75)	168,6.8 (ร,2.5)	183,4.4 (ร,2.25)
น้ำพอง	-	-	-	-	-	-
กระนวน	103,5.41 (ร,2.75)	-	-	75,1.5 (ร,2.25)	154,6.8 (ข,2.25)	168,4.4 (ร,2.25)
ศรีธาตุ	136,1.5 (ร,2)	-	75, 5.41 (ร,2.75)	-	110,6.8 (ร,3)	118,4.4 (ข,2.5)
กุดจับ	168,6.8 (ร,2.5)	-	154, 5.41 (ข,2)	110,1.5 (ร,2.25)	-	120,4.4 (ร,2.75)
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	-	168, 5.41 (ร,2.25)	118,1.5 (ข,2)	120,6.8 (ร,3)	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำมันดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijkl}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_5

3.2) จากตารางที่ 5.36 จะเห็นได้ว่าเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 5 รอบที่ 1 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.37

ตารางที่ 5.36 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 5 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำมันดิบ(ตัน)
		1	2	3		
5	1	กระนวน	กระนวน	ศรีธาตุ	โรงงาน – ศรีธาตุ – กระนวน - โรงงาน	1.5 - 5.41
รวม						6.91

ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำมันดิบไม่หมดกลับไป update $\bar{w}_{ij}$ ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.38



ตารางที่ 5.37 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	-	-	-	168,6.8 (ร,2.5)	183,4.4 (ร,2.25)
น้ำพอง	-	-	-	-	-	-
กระนวน	-	-	-	-	-	-
ศรีธาตุ	-	-	-	-	-	-
กุดจับ	168,6.8 (ร,2.5)	-	-	-	-	120,4.4 (ร,2.75)
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	-	-	-	120,6.8 (ร,3)	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำมันดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijkl}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_0

3.2) จากตารางที่ 5.38 จะเห็นได้ว่าศูนย์รับนมกุดจับมี $\bar{w}_{ij}$ สูงที่สุด สามารถแสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ดังตารางที่ 5.39

ตารางที่ 5.38: แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 6 รอบที่ 1

คันที่	รอบที่	ช่องที่	เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำมันดิบ(ตัน)
		1		
6	1	กุดจับ	โรงงาน – กุดจับ - โรงงาน	6.8

ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำมันดิบไม่หมดกลับไป update $\bar{w}_{ij}$ ใหม่ทำขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 หาน้ำหนัก (Weight) เฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์ ($\bar{w}_{ij}$) สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตารางที่ 5.40

ตารางที่ 5.39 : แสดงระยะทางที่ใช้เดินทาง,ปริมาณน้ำมันดิบ (สภาพผิวถนน,น้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์รับนมแต่ละศูนย์)

ศูนย์	โรงงาน	น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรงงาน	-	-	-	-	-	183,4.4 (ร,2.25)
น้ำพอง	-	-	-	-	-	-
กระนวน	-	-	-	-	-	-
ศรีธาตุ	-	-	-	-	-	-
กุดจับ	-	-	-	-	-	-
ทุ่งฝน	183,4.4 (ร,2.25)	-	-	-	-	-

∴ ร : สภาพผิวถนนเรียบ

ข : สภาพผิวถนนขรุขระ

ขั้นตอนที่ 3 หาเส้นทางของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ที่รับน้ำมันดิบจากจุด i ไปยังจุด j (x_{ijk}) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดเส้นทางดังนี้ คือ

3.1) เรียง m_k จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด โดยเลือก m_0

3.2) จากตารางที่ 5.40 จะเห็นได้ว่าศูนย์รับนมทุ่งฝนมี w_{ij} สูงที่สุด สามารถแสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ k รอบที่ l ดังตารางที่ 5.41

ตารางที่ 5.40 : แสดงเส้นทางรถบรรทุกคันที่ 1 รอบที่ 2

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางรถบรรทุก	ปริมาณน้ำมันดิบ(ตัน)
		1	2	3		
1	2	ทุ่งฝน	ทุ่งฝน	-	โรงงาน – ทุ่งฝน - โรงงาน	4.4

ขั้นตอนที่ 4 รับน้ำมันดิบหมดให้ทำขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 5 จัดตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุก โดยคำนวณได้จากเส้นทางของรถบรรทุกแต่ละคัน จากขั้นตอนที่ 3 ดังตารางที่ 5.41 และตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุก สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.42

ตารางที่ 5.41 : แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกแต่ละคัน

คันที่	รอบที่	ช่องที่			เส้นทางการขนส่ง	ปริมาณน้ำมันดิบ(ตัน)
		1	2	3		
1	1	น้ำพอง	น้ำพอง	น้ำพอง	โรงงาน – น้ำพอง - โรงงาน	11.2
2	1	กระนวน	กระนวน	กระนวน	โรงงาน – กระนวน - โรงงาน	11.2
3	1	น้ำพอง	น้ำพอง	น้ำพอง	โรงงาน – น้ำพอง - โรงงาน	8
4	1	ศรีธาตุ	ศรีธาตุ	ศรีธาตุ	โรงงาน – ศรีธาตุ - โรงงาน	11.2
5	1	กระนวน	กระนวน	ศรีธาตุ	โรงงาน – ศรีธาตุ – กระนวน - โรงงาน	1.5 - 5.41
6	1	กุดจับ	-	-	โรงงาน – กุดจับ - โรงงาน	6.8
1	2	ทุ่งฝน	ทุ่งฝน	-	โรงงาน – ทุ่งฝน - โรงงาน	4.4
รวม						59.71

ตารางที่ 5.42 : แสดงตารางเวลาไปรับน้ำมันดิบของรถบรรทุกแต่ละคัน

ว/ด/ป	รถบรรทุก ขนาด (ตัน)	คันที่	รอบที่	ศูนย์ ที่ไปรับ	เวลาออก จากโรงงาน	เวลาถึง ศูนย์	เวลาออก จากศูนย์	เวลาถึง โรงงาน	ปริมาณนม (ตัน)
1/5/2548	11.2	1	1	น้ำพอง	5:00	5:51	6:59	7:50	11.2
	11.2	2	1	กระนวน	5:00	6:43	7:51	9:34	11.2
	11.2	3	1	น้ำพอง	5:00	5:51	6:39	7:30	8
	11.2	4	1	ศรีธาตุ	5:00	7:16	8:24	10:40	11.2
	11.2	5	1	ศรีธาตุ	5:00	7:16	7:25	10:56	1.5
				กระนวน		8:40	9:13		5.41
	7	6	1	กุดจับ	5:00	7:48	8:29	11:17	6.8
	11.2	1	2	ทุ่งฝน	10:50	13:53	14:20	17:23	4.4

ขั้นตอนที่ 6

พิจารณาเวลาออก (D_{kl}) และกลับไปที่โรงงาน (C_{kl}) ต้องไม่เกินเวลาที่โรงงานกำหนดโดยต้องพิจารณากระบวนการผลิต ดังตารางที่ 5.3 เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดเวลาถึงโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคัน ดังตารางที่ 5.4 และพิจารณาว่ารถบรรทุกมาถึงศูนย์รับนมพร้อมกันหรือไม่ โดยสามารถแสดงขั้นตอนในการพิจารณาตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุกจากตารางที่ 5.43 ได้ดังนี้คือ

6.1) พบว่าเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 1 v.s.3 และคันที่ 4 v.s. 5 รอบที่ 1 มาถึงศูนย์รับนมพร้อมกัน จะเห็นได้ว่า $C_{kl} \leq D_{kl} + (t_{ij} \times x_{ijkl}) + (v_{irkl} \times h)$; $\forall k \forall l$ ดังนั้นให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 7

6.2) พบว่าเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกคันที่ 2 รอบที่ 1 เกินกว่าเวลาที่กำหนดจะเห็นได้ว่า $C_{kl} \geq D_{kl} + (t_{ij} \times x_{ijkl}) + (v_{irkl} \times h)$; $\forall k \forall l$

- โปรแกรม (ฮิวริสติก) จะถามว่าต้องการเลื่อนเวลาของรถบรรทุกออกไปหรือไม่ โดยสามารถเลื่อนเวลาได้ในเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง ซึ่งเราตอบ “OK” ว่าต้องการเลื่อนเวลาไปจากเวลาเดิมคือ 9:00 น. เป็น 9:34 น. เนื่องจากเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดแล้วของรถบรรทุกคันนี้เนื่องจากบรรทุกน้ำมันดิบได้เต็มคัน
- จากตารางที่ 5.43 จะเห็นได้ว่ารถบรรทุกคันที่ 1 และคันที่ 3 ไปรับนมที่ศูนย์รับมน้ำพองและรถบรรทุกคันที่ 4 และที่ 5 ไปรับนมที่ศูนย์รับนมศรีธาตุเวลาทับกัน เราจะทำ



การแก้ไขเวลาโดยผู้ใช้ (Manual) ซึ่งสามารถแสดงตารางเวลาไปรับน้ำมันดิบของรถบรรทุกแต่ละคันใหม่ได้ดังตารางที่ 5.44

ตารางที่ 5.43 : แสดงตารางเวลาไปรับน้ำมันดิบของรถบรรทุกแต่ละคัน

ว/ด/ป	รถบรรทุก ขนาด (ตัน)	คันที่	รอบที่	ศูนย์ ที่ไปรับ	เวลาออก จากโรงงาน	เวลาถึง ศูนย์	เวลาออก จากศูนย์	เวลาถึง โรงงาน	ปริมาณนม (ตัน)
1/5/2548	11.2	1	1	น้ำพอง	5:00	5:51	6:59	7:50	11.2
	11.2	2	1	กระนวน	4:26	6:09	7:17	9:00	11.2
	11.2	3	1	น้ำพอง	6:30	7:21	8:09	9:00	8
	11.2	4	1	ศรีธาตุ	6:00	8:16	9:24	11:40	11.2
	11.2	5	1	ศรีธาตุ	5:00	7:16	7:25	10:56	1.5
				กระนวน		8:40	9:13		5.41
	7	6	1	กุดจับ	5:00	7:48	8:29	11.17	6.8
	11.2	1	2	ทุ่งฝน	10:50	13.53	14.20	17.23	4.4

ขั้นตอนที่ 7 หาจำนวนครั้งในการล้างถังพิกัดของโรงงาน (Ea) โดยพิจารณาจากตารางที่ 5.8 และตารางที่ 5.26
 $\therefore Ea = 4$ ครั้ง

ขั้นตอนที่ 8 หาค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงพิกัดของโรงงานและศูนย์รับนม

$$\begin{aligned}
 Cc &= (Ca \times Ea) + \sum_{\forall i} (Cb_i \times Eb_i) \\
 &= (2,243 \times 4) + (181 + 144 + 163 + 84 + 36) \\
 &= 9,580 \text{ บาท} \\
 &= (1,362 \times 0.2967 \times 18.19) + (336 \times 0.3311 \times 18.19) \\
 &= 9,374.31 \text{ บาท} \\
 \text{Total_cost} &= Cc + Cd \\
 &= 9,580 + 9,374.31 \\
 &= 18,954.31 \text{ บาท/วัน}
 \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 9 แสดง x_{ijkl} ดังตารางที่ 5.26, distance, Total_cost, Cd, Cp_i และ Cc

$$\therefore \text{distance} = 1,698 \text{ กิโลเมตร}$$

$$\text{Total_cost} = 18,954.31 \text{ บาท/วัน}$$

$$Cd = 9,374.31 \text{ บาท}$$

$$Cc = 9,580 \text{ บาท}$$

$$Cp_1 = 181 \text{ บาท}$$

$$Cp_2 = 144 \text{ บาท}$$

$$Cp_3 = 163 \text{ บาท}$$

$$Cp_4 = 84 \text{ บาท}$$

$$Cp_5 = 36 \text{ บาท}$$

5.3 การใช้โปรแกรมเพื่อหาการจัดเส้นทางขนส่งของวิธีฮิวริสติก

5.3.1 การเข้ารหัสโปรแกรมการจัดเส้นทางขนส่งของวิธีฮิวริสติก

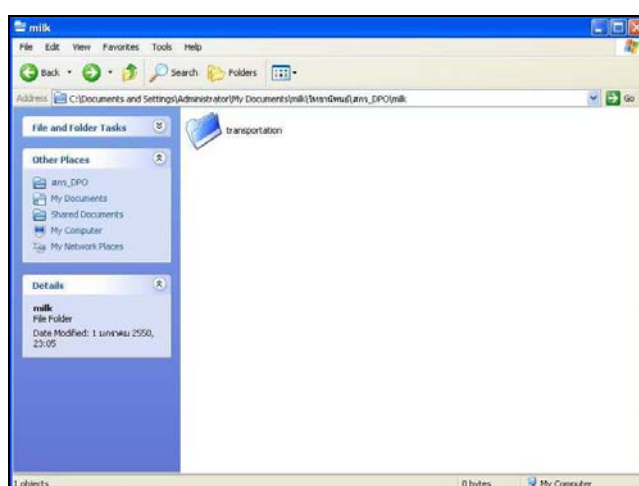
จากขั้นตอนการจัดเส้นทางขนส่งของวิธีฮิวริสติกทั้ง 2 วิธี คือ 1.ฮิวริสติกวิธีที่ 1 (Heuristic 1) ในกรณีช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกมีการผสมกันของน้ำนมดิบต่างศูนย์ไม่เกิน 2 ศูนย์และศูนย์เดียวกันสามารถผสมน้ำนมดิบได้ไม่เกิน 2 มื้อ (เช้าและเย็น) 2.ฮิวริสติกวิธีที่ 2 (Heuristic 2) ในกรณีช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกไม่มีการผสมกันของน้ำนมดิบต่างศูนย์และศูนย์เดียวกันสามารถผสมน้ำนมดิบได้ไม่เกิน 2 มื้อ (เช้าและเย็น) ซึ่งวิธีฮิวริสติกทั้ง 2 วิธีจะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ระยะคือ ระยะที่ 1 การพัฒนาฮิวริสติก (Heuristic) เพื่อให้ได้คำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) และระยะที่ 2 คือการพัฒนาคำตอบเริ่มต้นจากระยะที่ 1 โดยใช้วิธีทางเมตา-ฮิวริสติก (Meta - Heuristic) คือ วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search)

5.3.2 การใช้งานโปรแกรมการจัดเส้นทางขนส่งของวิธีฮิวริสติก

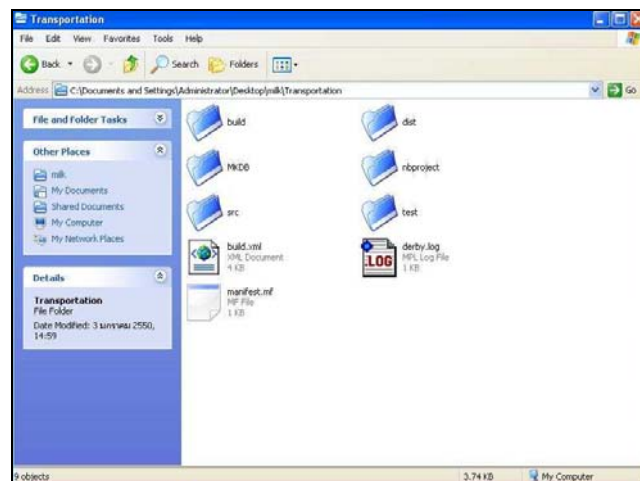
การใช้งานโปรแกรมจำเป็นต้องลงโปรแกรม Java Script Runtime version 1.0.5 หรือรุ่นที่สูงกว่า เพื่อให้โปรแกรมการจัดเส้นทางขนส่งของวิธีฮิวริสติกสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามความเร็วในการทำงานของโปรแกรมขึ้นอยู่กับความเร็วและหน่วยความจำหลักภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ ซึ่งวิธีการใช้งานโปรแกรมแสดงดังนี้

5.3.2.1 การเปิดโปรแกรม

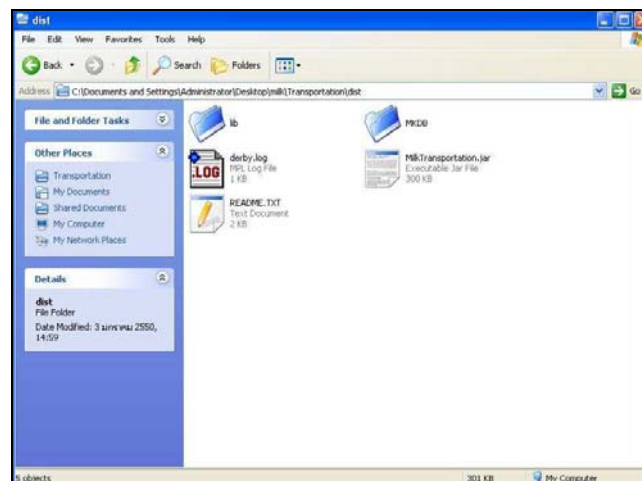
การเปิดโปรแกรมให้เข้าไปที่แฟ้มชื่อ **“transportation”** ที่ทำการคัดลอกไว้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังในรูปที่ 5.15 และดับเบิลคลิกไฟล์ชื่อ **“milk transportation”** เพื่อทำการเรียกใช้งานโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 5.16 และ 5.17 เมื่อทำการดับเบิลคลิกไฟล์ชื่อ **“milk transportation”** แล้วจะพบกับส่วนติดต่อผู้ใช้ดังแสดงในรูปที่ 5.18



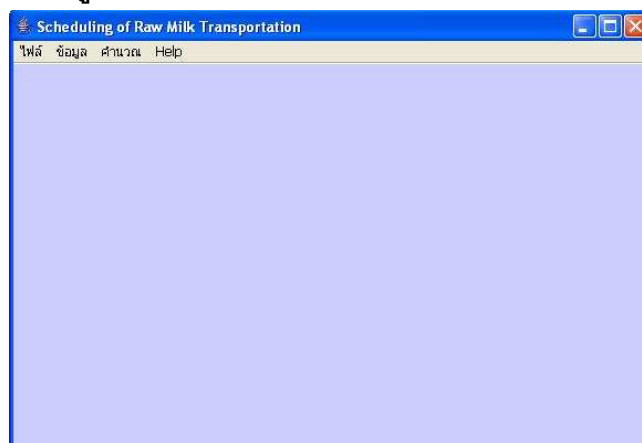
รูปที่ 5.15 : แสดงแฟ้มโปรแกรมการหาขีดจำกัดล่าง



รูปที่ 5.16 : แสดงไฟล์ที่ใช้ในการเรียกใช้โปรแกรม



รูปที่ 5.17 : แสดงไฟล์ที่ใช้ในการเรียกใช้โปรแกรม



รูปที่ 5.18 : แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้

จากส่วนติดต่อผู้ใช้ ดังรูปที่ 5.18 นั้นจะพบว่ามีเฟรมอยู่ 4 เฟรมคือ “ไฟล์”, “ข้อมูล”, “คำนวณ” และ “help” โดยการกรอกข้อมูลประกอบไปด้วย ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลรถบรรทุก ข้อมูลศูนย์รับนม ข้อมูลระยะทาง และข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกโรงงานของรถบรรทุกรอบแรก ดังหัวข้อ 5.3.2.2 และ run คือส่วนที่ทำการคำนวณขีดจำกัดล่าง (Lower bound) ซึ่งจะได้รายงานในบทที่ 4

5.3.2.2 การกรอกข้อมูล

เมื่อคลิกที่เฟรมข้อมูลจะพบกับส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานดังรูปที่ 5.19 เมื่อเริ่มโปรแกรมจะพบส่วนประกอบของข้อมูลจะมี 5 ข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลรถบรรทุก ข้อมูลศูนย์รับนม ข้อมูลระยะทาง และข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกโรงงานของรถบรรทุกรอบแรก



รูปที่ 5.19 : แสดงส่วนประกอบของข้อมูล

(1) ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไปที่ต้องกรอกข้อมูลจะประกอบไปด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง(บาท/ลิตร) ค่าทำความสะอาดถึงพิกณของโรงงาน (บาท/ถัง) และความเร็วของรถบรรทุก (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ดังรูปที่ 5.20 โดยสามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ต้องการกรอกลงไปได้ โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลทันทีเมื่อปิดเฟรม

รูปที่ 5.20 : แสดงการป้อนข้อมูลทั่วไป

(2) ข้อมูลรถบรรทุก

ข้อมูลรถบรรทุกที่ต้องกรอกข้อมูลจะประกอบไปด้วย ID (หมายเลขรถบรรทุก) ขนาดรถบรรทุก (ตัน) ขนาดของแต่ละช่องของรถบรรทุก (ตัน) อัตราการกินน้ำมัน (ลิตร/กม.) และจำนวนของรถบรรทุก (คัน) ดังรูปที่ 5.21 โดยสามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ต้องการกรอกลงไปได้ดังนี้

ID	ขนาดรถบรรทุก (ตัน)	ขนาดของแต่ละช่อง ...	อัตราการกินน้ำมัน (...	จำนวนรถ (คัน)
1	7.0	7		0.243
2	11.2	3.73, 3.73, 3.74		0.269

รูปที่ 5.21 : แสดงการป้อนข้อมูลรถบรรทุก

เพิ่มข้อมูล

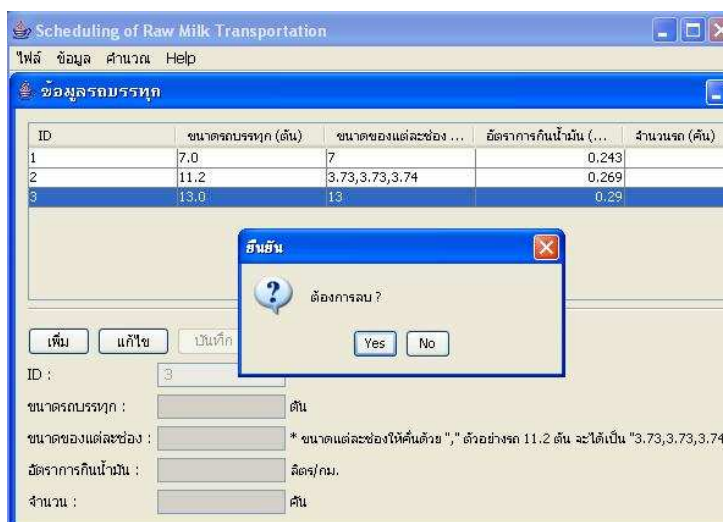
เมื่อต้องการเพิ่มจำนวนรถบรรทุกให้คลิกที่ปุ่ม “เพิ่ม” แล้วกรอกข้อมูลที่ต้องการลงไป แล้วทำการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “บันทึก” แต่ถ้าต้องการยกเลิกข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ยกเลิก” ดังแสดงในรูปที่ 5.22

ID	ขนาดรถบรรทุก (ตัน)	ขนาดของแต่ละช่อง ...	อัตราการกินน้ำมัน (...	จำนวนรถ (คัน)
1	7.0	7		0.243
2	11.2	3.73, 3.73, 3.74		0.269

รูปที่ 5.22 : แสดงการเพิ่มข้อมูลรถบรรทุก

ลบข้อมูล

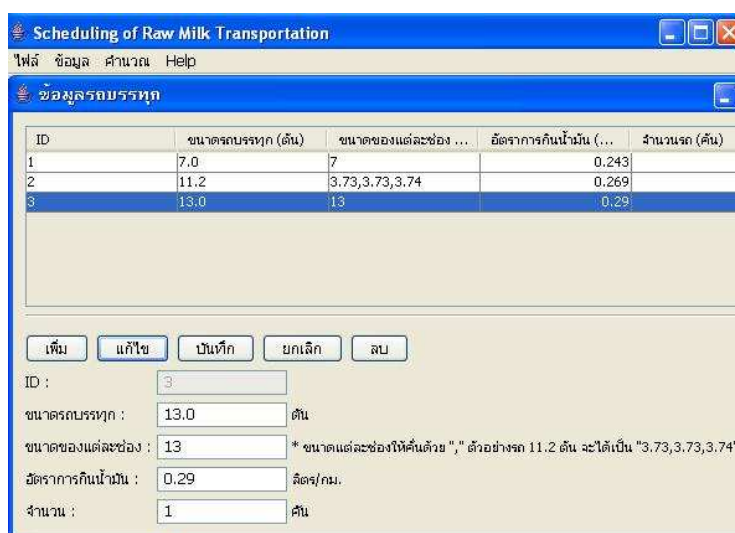
เมื่อต้องการลบข้อมูลให้ใช้เมาส์คลิกข้อมูลที่ต้องการลบโดยให้แท็บขึ้นที่ข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ลบ” จะมีไดอะล็อกบ็อกเพื่อยืนยันการลบข้อมูลหากต้องการลบให้คลิกที่ปุ่ม “Yes” ดังรูปที่ 5.23



รูปที่ 5.23 : แสดงการลบข้อมูลรถบรรทุก

แก้ไขข้อมูล

เมื่อต้องการแก้ไขข้อมูลให้ใช้เมาส์คลิกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขโดยให้แท็บขึ้นที่ข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “แก้ไข” แล้วกรอกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขลงไปแล้วทำการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “บันทึก” แต่ถ้าต้องการยกเลิกข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ยกเลิก” ดังแสดงในรูปที่ 5.24



รูปที่ 5.24 : แสดงการแก้ไขข้อมูลรถบรรทุก

(3) ข้อมูลศูนย์รับนม

ข้อมูลศูนย์รับนมที่ต้องการกรอกข้อมูลจะประกอบไปด้วย ศูนย์รับนมลำดับที่ ชื่อศูนย์รับนม ปริมาณน้ำนมในแต่ละศูนย์รับนม (ตัน) ค่าทำความสะอาดถังพักนมในแต่ละศูนย์รับนม(บาท/ครั้ง) และการทำความสะอาดถังพักนมในแต่ละศูนย์รับนม (ครั้ง/วัน) ดังรูปที่ 5.25 โดยสามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ต้องการกรอกลงไปได้นี้

ศูนย์รับนมลำดับที่	ชื่อศูนย์รับนม	ปริมาณน้ำนม (ตัน)	ค่าทำความสะอาด...	จำนวนครั้งการท...
1	น้ำพอง	19.2	500.0	1
2	กระแวน	16.61	500.0	1
3	ศรีธาตุ	2	500.0	1
4	ภูคด	2	500.0	1
5	ทุ่งฝน	4.4	500.0	1

Buttons: เพิ่ม, แก้ไข, บันทึก, ยกเลิก, ลบ

ID : การทำความสะอาด : ครั้ง/วัน

ชื่อศูนย์รับนม :

ปริมาณน้ำนม : ตัน

ค่าทำความสะอาด : บาท/ครั้ง

รูปที่ 5.25 : แสดงการป้อนข้อมูลศูนย์รับนม

เพิ่มข้อมูล

เมื่อต้องการเพิ่มจำนวนศูนย์รับนมให้คลิกที่ปุ่ม “เพิ่ม” แล้วกรอกข้อมูลที่ต้องการลงไปแล้วทำการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “บันทึก” แต่ถ้าต้องการยกเลิกข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ยกเลิก” ดังรูปที่ 5.26

ศูนย์รับนมลำดับที่	ชื่อศูนย์รับนม	ปริมาณน้ำนม (ตัน)	ค่าทำความสะอาด...	จำนวนครั้งการท...
1	น้ำพอง	19.2	500.0	1
2	กระแวน	16.61	500.0	1
3	ศรีธาตุ	2	500.0	1
4	ภูคด	2	500.0	1
5	ทุ่งฝน	4.4	500.0	1

Buttons: เพิ่ม, แก้ไข, บันทึก, ยกเลิก, ลบ

ID : การทำความสะอาด : ครั้ง/วัน

ชื่อศูนย์รับนม :

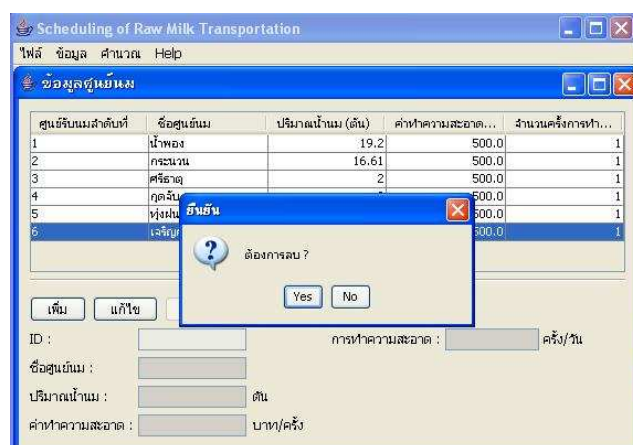
ปริมาณน้ำนม : ตัน

ค่าทำความสะอาด : บาท/ครั้ง

รูปที่ 5.26 : แสดงการเพิ่มข้อมูลศูนย์รับนม

ลบข้อมูล

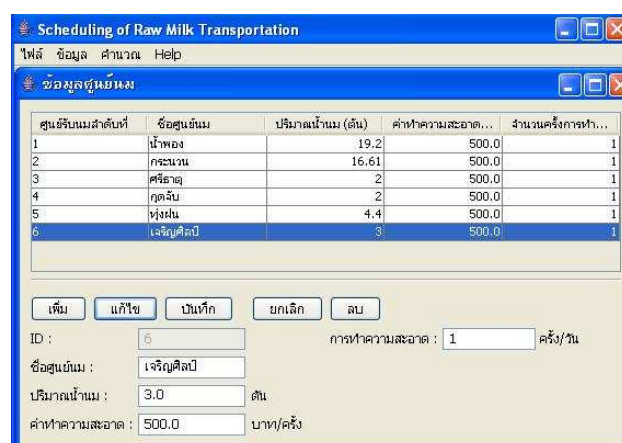
เมื่อต้องการลบข้อมูลให้ใช้เมาส์คลิกข้อมูลที่ต้องการลบโดยให้แท็บขึ้นที่ข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ลบ” จะมีไดอะล็อกบ็อกเพื่อยืนยันการลบข้อมูลหากต้องการลบให้คลิกที่ปุ่ม “Yes” ดังรูปที่ 5.27



รูปที่ 5.27 : แสดงการลบข้อมูลศูนย์รับนม

แก้ไขข้อมูล

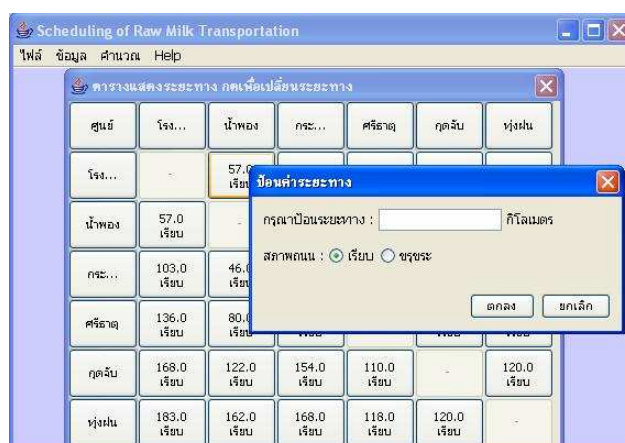
เมื่อต้องการแก้ไขข้อมูลให้ใช้เมาส์คลิกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขโดยให้แท็บขึ้นที่ข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “แก้ไข” แล้วกรอกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขลงไปแล้วทำการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “บันทึก” แต่ถ้าต้องการยกเลิกข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ยกเลิก” ดังรูปที่ 5.28



รูปที่ 5.28 : แสดงการแก้ไขข้อมูลศูนย์รับนม

(4) ข้อมูลระยะทาง

การป้อนข้อมูลระยะทางระหว่างศูนย์รับนมต่างๆ สามารถป้อนข้อมูลระยะทางระหว่างศูนย์และสภาพผิวถนนได้ เมื่อทำการป้อนข้อมูลต่างๆ ลงไปหมดแล้วต้องการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “ตกลง” ดังรูปที่ 5.29



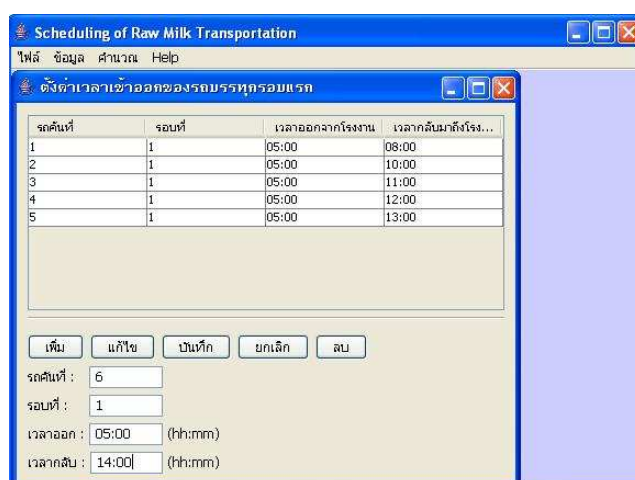
รูปที่ 5.29 : แสดงการป้อนข้อมูลระยะทาง

(5) ข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกจากโรงงานของรถบรรทุก

การป้อนข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกจากโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคันและแต่ละรอบ โดยสามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ต้องการกรอกลงไปได้ดังนี้

เพิ่มข้อมูล

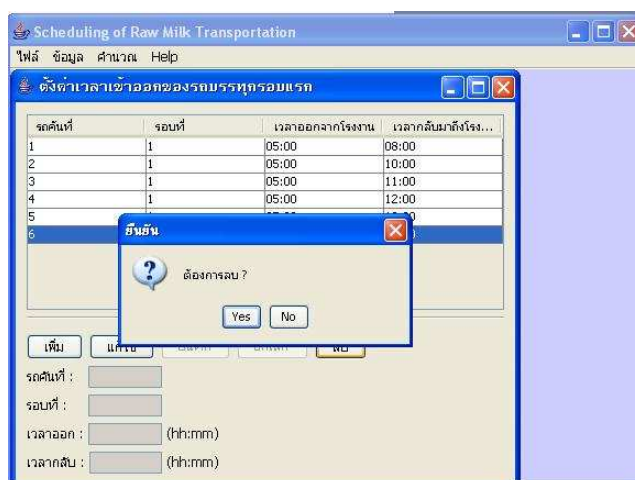
เมื่อต้องการเพิ่มการตั้งเวลาเข้าและออกจากโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคันและแต่ละรอบให้คลิกที่ปุ่ม “เพิ่ม” แล้วกรอกข้อมูลที่ต้องการลงไปแล้วทำการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “บันทึก” แต่ถ้าต้องการยกเลิกข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ยกเลิก” ดังรูปที่ 5.20 แต่ถ้าไม่ทำการตั้งเวลาเข้าและออกจากโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคันและแต่ละรอบโปรแกรมจะทำการกำหนดเวลาเข้าและออกจากโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคันในรอบที่ 1 และ 2 ดังนี้ เวลาเข้าและออกจากโรงงานคือ 5:00 และ 12:00 น. และเวลาเข้าและออกจากโรงงานคือ 12:00 และ 18:00 น.



รูปที่ 5.30 : แสดงการเพิ่มข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกจากโรงงานของรถบรรทุก

ลบข้อมูล

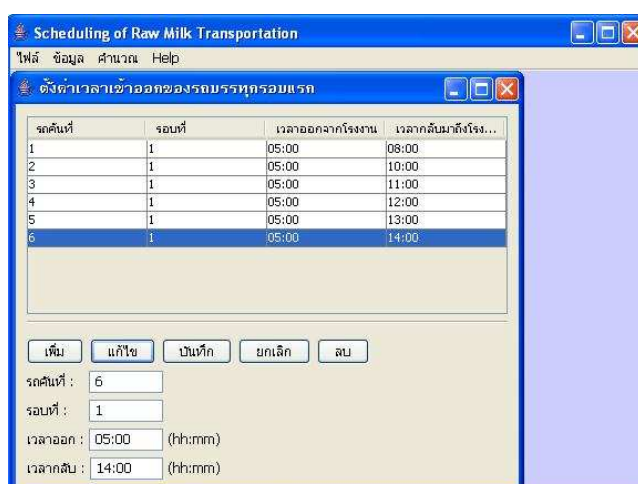
เมื่อต้องการลบข้อมูลให้ใช้เมาส์คลิกข้อมูลที่ต้องการลบโดยให้แท็บขึ้นที่ข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ลบ” จะมีไดอะล็อกบ็อกเพื่อยืนยันการลบข้อมูลหากต้องการลบให้คลิกที่ปุ่ม “Yes” ดังรูปที่ 5.31



รูปที่ 5.31 : แสดงการลบข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกจากโรงงานของรถบรรทุก

แก้ไขข้อมูล

เมื่อต้องการแก้ไขข้อมูลให้ใช้เมาส์คลิกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขโดยให้แท็บขึ้นที่ข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “แก้ไข” แล้วกรอกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขลงไปแล้วทำการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “บันทึก” แต่ถ้าต้องการยกเลิกข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ยกเลิก” ดังรูปที่ 5.32



รูปที่ 5.32 : แสดงการแก้ไขข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกจากโรงงานของรถบรรทุก

5.3.3 การคำนวณ

เมื่อคลิกที่เฟรมคำนวณ จะพบกับส่วนติดต่อกับผู้ใช้ดังรูปที่ 5.33 จะพบปุ่มชื่อ “Heuristic 1 (ผสมน้ำนมได้ 2 ศูนย์)” และ “Heuristic 2 (ห้ามมีการผสมน้ำนมต่างศูนย์)” เมื่อคลิกปุ่ม “Heuristic 1” โปรแกรมจะทำการคำนวณเส้นทางของการขนส่งของรถบรรทุกโดยช่องรับนมแต่ละช่องมีการผสมน้ำนมได้ 2 ศูนย์ ถ้าคลิกปุ่ม “Heuristic 2)” โปรแกรมจะทำการคำนวณเส้นทางของการขนส่งของรถบรรทุกโดยช่องรับนมแต่ละช่องห้ามมีการผสมน้ำนมต่างศูนย์

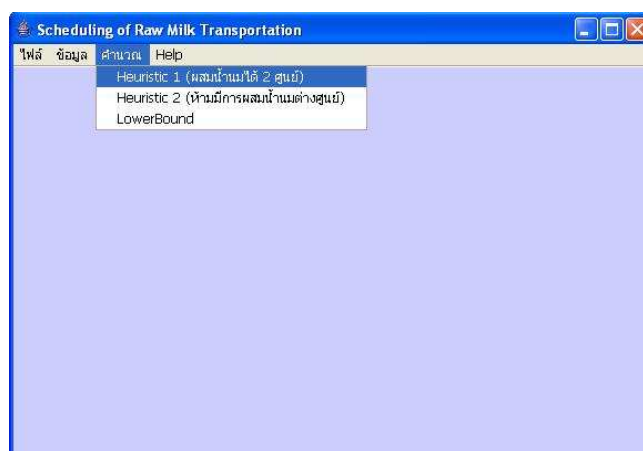


รูปที่ 5.33 : แสดงการคำนวณของวิธีต่างๆ

1. Heuristic 1 (ผสมน้ำนมได้ 2 ศูนย์)

วิธีสถิติวิธีที่ 1 การคำนวณเส้นทางของการขนส่งของรถบรรทุกโดยช่องรับนมแต่ละช่องมีการผสมน้ำนมได้ 2 ศูนย์ เมื่อคลิกปุ่ม “Heuristic 1 (ผสมน้ำนมได้ 2 ศูนย์)” ดังรูปที่ 5.34 โปรแกรมจะทำการ

คำนวณเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธี Initial Solution ดังหัวข้อ 5.3.3.1 จากนั้นจะทำการคำนวณโดยใช้วิธี Tabu Search ดังหัวข้อ 5.3.3.2



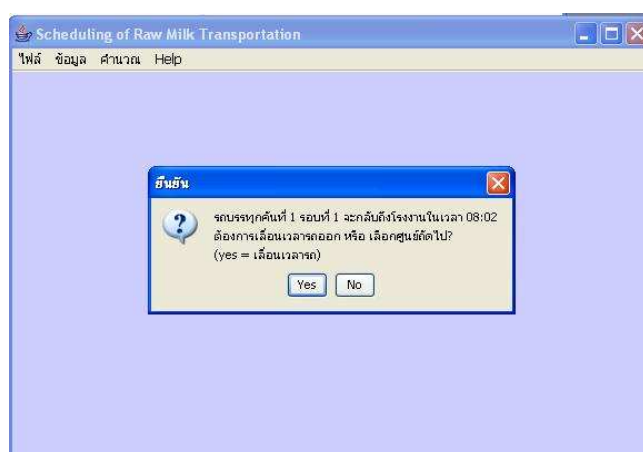
รูปที่ 5.34 : แสดงฮิวริสติกวิธีที่ 1

5.3.3.1 วิธี Initial Solution

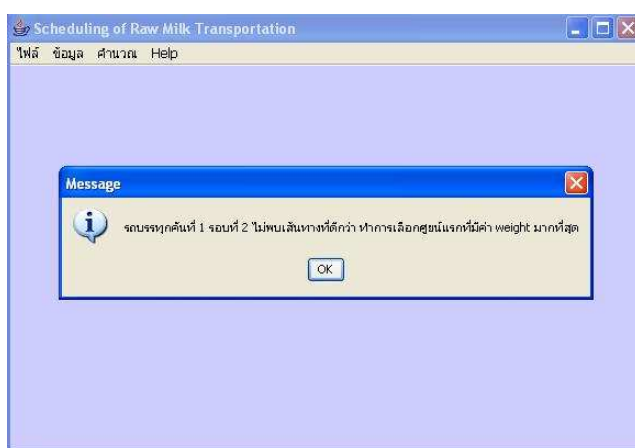
โปรแกรมจะทำการคำนวณเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธี Initial Solution โดยการพิจารณา weight เฉลี่ยที่มีค่าสูงที่สุด จากนั้นจะพิจารณาว่าเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกในแต่ละเส้นทางที่ทำการเลือกโดยใช้วิธี Initial Solution เวลาออกและเข้าโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคันเกินกว่าเวลาที่เรากำหนดหรือไม่ ถ้าเวลาออกและเข้าโรงงานของรถบรรทุกแต่ละคันในแต่ละรอบเกินกว่าเวลาที่เรากำหนดจะมีไดอะล็อกบ็อกเพื่อยืนยันว่าต้องการที่จะเลื่อนเวลารถออกหรือไม่หากต้องการเลื่อนเวลารถออกให้คลิกที่ปุ่ม “Yes” ถ้าต้องการให้เลิกศูนย์ถัดไปที่มี weight รองลงมาให้คลิกที่ปุ่ม “No” ดังรูปที่ 5.35 ถ้าการเลื่อนเวลารถออกหรือเลิกศูนย์ถัดไปที่มี weight รองลงมาไม่พบเส้นทางที่ดีกว่าจะทำการเลือกศูนย์แรกที่มี weight มากที่สุด จะมีไดอะล็อกบ็อกเพื่อยืนยันว่าทำการเลือกศูนย์แรกที่มี weight มากที่สุดให้คลิกที่ปุ่ม “Yes” ดังรูปที่ 5.36

การจัดตารางเวลาเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคันสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.37 จะเห็นได้ว่าถ้าตารางเวลาซ้อนกันตารางเวลาจะขึ้นแท็บสีแดง ให้ทำการเปลี่ยนแปลงเวลาโดยการใช้ผู้เป็นคนกำหนด (Manual) ให้เลื่อนแท็บไปที่ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงเวลาให้คลิกที่ปุ่ม “เปลี่ยนเวลา” จะมีไดอะล็อกบ็อกให้ป้อนเวลาที่ต้องการเปลี่ยนแปลงให้คลิกที่ปุ่ม “ตกลง” ดังรูปที่ 5.38 และทำการตรวจสอบเวลาให้คลิกที่ปุ่ม “ตรวจสอบเวลา” ถ้าเวลาไม่ซ้อนกันจะไม่ขึ้นแท็บสีแดง แต่ถ้าขึ้นแท็บสีแดงอีกให้ทำการเปลี่ยนแปลงเวลาใหม่จนกว่าเวลาจะไม่ซ้อนเวลากัน จากนั้นให้ปิดหน้าต่างของตารางเวลาการขนส่งจะปรากฏผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยใช้วิธี Initial Solution ดังรูปที่ 5.39 ถ้าต้องการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ให้คลิกที่ปุ่ม “Export to HTML” ถ้าต้องการให้ข้อมูลเก่าหายไปเพื่อที่จะทำการคำนวณใหม่ให้คลิกที่ปุ่ม “clear” ถ้าต้องการคำนวณใหม่ให้คลิกที่ปุ่ม “คำนวณใหม่” และถ้าต้องการคำนวณหาคำตอบโดยใช้วิธี Tabu Search ให้คลิกที่ปุ่ม “Tabu Search”

ผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยใช้วิธี Initial Solution จะประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (ดังรูปที่ 5.40) หมายเลขศูนย์รับนมในแต่ละช่องของรถบรรทุก (ดังรูปที่ 5.41) และตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุก (ดังรูปที่ 5.42)



รูปที่ 5.35 : แสดงไดอะล็อกบ็อกซ์ว่าต้องการที่จะเลื่อนเวลารถออกหรือเลือกศูนย์ถัดไปที่มี weight รองลงมา



รูปที่ 5.36 : แสดงไดอะล็อกบ็อกซ์ว่าต้องการที่จะทำการเลือกศูนย์แรกที่มี weight มากที่สุด

ID	ขนาด	รอบ	ศูนย์	เวลาถึง	เวลาออก	ระยะทางศูนย์...	ปริมาณนม (ตัน)
1	11.2	1	โรงงาน		04:58	57	
1	11.2	1	น้ำพอง	05:55	07:03	57	11.2
1	11.2	1	โรงงาน	08:00			
2	11.2	1	โรงงาน		04:26	103	
2	11.2	1	กระนวน	06:09	07:17	103	11.2
2	11.2	1	โรงงาน	09:00			
3	7	1	โรงงาน		05:00	57	
3	7	1	น้ำพอง	06:57	06:39	57	7
3	7	1	โรงงาน	07:36			
1	11.2	2	โรงงาน		11:00	183	
1	11.2	2	ทุ่งฝน	14:03	14:20	118	2.79
1	11.2	2	ศรีธาตุ	16:18	16:30	75	2
1	11.2	2	กระนวน	17:45	18:18	46	5.41
1	11.2	2	น้ำพอง	19:04	19:10	57	1
1	11.2	2	โรงงาน	20:07			
2	11.2	2	โรงงาน		11:47	183	

รูปที่ 5.37 : แสดงตารางเวลาการจัดเส้นทางรถขนส่งของวิธี Initial Solution

ID	ขนาด	รอบ	ศูนย์	เวลาถึง	เวลาออก	ระยะทางศูนย์...	ปริมาณนม (ตัน)
1	11.2	1	โรงงาน		04:58	57	
1	11.2	1	น้ำพอง	05:55	07:03	57	11.2
1	11.2	1	โรงงาน	08:00			
2	11.2	1	โรงงาน		04:26	103	
2	11.2	1	กระนวน	06:09	07:17	103	11.2
2	11.2	1	โรงงาน	09:00			
3	7	1	โรงงาน		05:00	57	
3	7	1	น้ำพอง	06:57	06:39	57	7
3	7	1	โรงงาน	07:36			
1	11.2	2			11:00	183	
1	11.2	2				118	2.79
1	11.2	2				75	2
1	11.2	2				46	5.41
1	11.2	2				57	1
1	11.2	2					
2	11.2	2	โรงงาน		11:47	183	

รูปที่ 5.38 : แสดงการป้อนเวลาที่ต้องการเปลี่ยนแปลงในการจัดตารางเวลา

Scheduling of Raw Milk Transportation

ไฟล์ ข้อมูล คำถาม Help

Heuristic วิธีที่ 1

ทำการค้นหา Initial solution

รถขนาด 11.2 ตัน

น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
5.0	4.25	2.0	2.0	2.25

ทำการเลือก : น้ำพอง
โรงงาน ----> น้ำพอง:11.2 ตัน ----> โรงงาน
ปริมาณน้ำนมเหลือ : 33.01 ตัน

รถขนาด 11.2 ตัน

น้ำพอง	กระนวน	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
3.75	4.25	2.0	2.0	2.25

ทำการเลือก : กระนวน
โรงงาน ----> กระนวน:11.2 ตัน ----> โรงงาน
ปริมาณน้ำนมเหลือ : 21.81 ตัน

Export to HTML ค้นหาใหม่ Clear Tabu Search

รูปที่ 5.39 : แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยใช้วิธี Initial Solution

Scheduling of Raw Milk Transportation

ไฟล์ ข้อมูล คำช่วยเหลือ

Heuristic วิธีที่ 1

2	11.2	2	โรงงาน		11:47	183.0	
2	11.2	2	ทุ่งฝน	14:50	15:00	120.0	1.61
2	11.2	2	กุดจับ	17:00	17:12	168.0	2.0
2	11.2	2	โรงงาน	20:00			

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น
 ค่าจ้างรถบรรทุกโรงงาน : 3000.0 บาท
 ค่าทำความสะอาดถังพักนมแต่ละกลุ่ม
 $500.0 + 500.0 + 500.0 + 500.0 = 2500$ บาท
 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
 ระยะทางทั้งหมด 1384 กิโลเมตร
 เป็นเงิน 8811.48 บาท
ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 14311.48 บาท

Export to HTML ค้นหาใหม่ Clear Tabu Search

รูปที่ 5.40 : แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยใช้วิธี Initial Solution

Scheduling of Raw Milk Transportation

ไฟล์ ข้อมูล คำช่วยเหลือ

Heuristic วิธีที่ 1

รถคันที่ 1 รถม : [1][1][1]
 รถคันที่ 2 รถม : [2][2][2]
 รถคันที่ 3 รถม : [1]
 รถคันที่ 1 รถม : [2][2][3][5]
 รถคันที่ 2 รถม : [4][5][]

แสดงตารางเวลาเดินรถ

รถคันที่	ขนาด	รอบที่	ศูนย์ที่ไปรับ	เวลาถึง	เวลาออก	ระยะทางไปศูนย์ต่อไป	ปริมาณนม
1	11.2	1	โรงงาน		04:58	57.0	
1	11.2	1	น้ำพอง	05:55	07:03	57.0	11.2
1	11.2	1	โรงงาน	08:00			
2	11.2	1	โรงงาน		04:26	103.0	
2	11.2	1	กระนวน	06:09	07:17	103.0	11.2
2	11.2	1	โรงงาน	09:00			

Export to HTML ค้นหาใหม่ Clear Tabu Search

รูปที่ 5.41 : แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยใช้วิธี Initial Solution

Scheduling of Raw Milk Transportation

ไฟล์ ข้อมูล คำช่วยเหลือ

Heuristic วิธีที่ 1

แสดงตารางเวลาเดินรถ

รถคันที่	ขนาด	รอบที่	ศูนย์ที่ไปรับ	เวลาถึง	เวลาออก	ระยะทางไปศูนย์ต่อไป	ปริมาณนม
1	11.2	1	โรงงาน		04:58	57.0	
1	11.2	1	น้ำพอง	05:55	07:03	57.0	11.2
1	11.2	1	โรงงาน	08:00			
2	11.2	1	โรงงาน		04:26	103.0	
2	11.2	1	กระนวน	06:09	07:17	103.0	11.2
2	11.2	1	โรงงาน	09:00			
3	7	1	โรงงาน		06:20	57.0	
3	7	1	น้ำพอง	07:17	07:59	57.0	7.0
3	7	1	โรงงาน	08:56			

Export to HTML ค้นหาใหม่ Clear Tabu Search

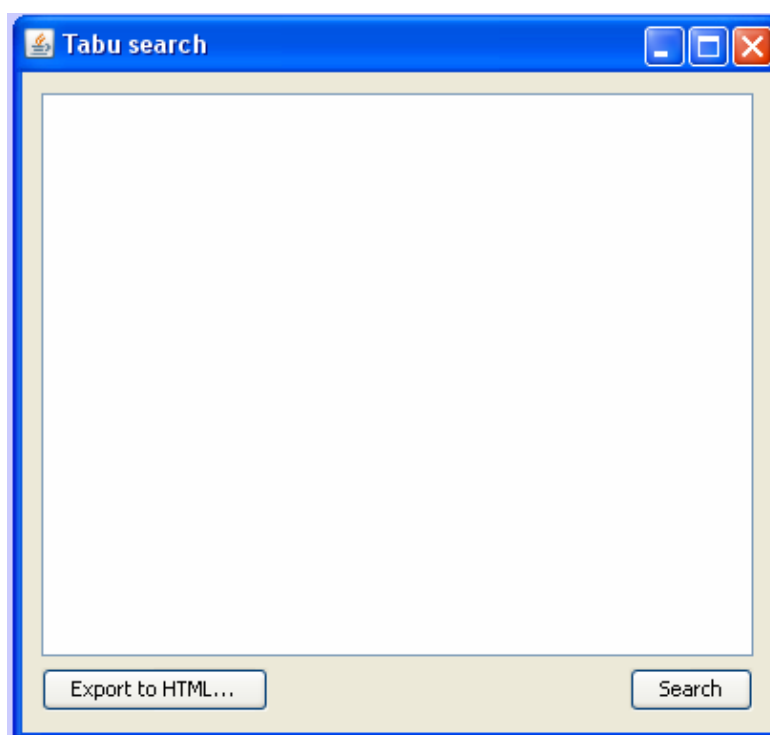
รูปที่ 5.42 : แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยใช้วิธี Initial Solution

5.3.3.2 วิธี Tabu Search

โปรแกรมจะทำการคำนวณเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธี Tabu Search เมื่อคลิกที่ปุ่ม **“Search”** ดังรูปที่ 5.43 เพื่อเป็นการง่ายต่อการใช้งานสำหรับ user และเพื่อให้คำตอบที่ได้มีคุณภาพมากขึ้น โปรแกรมจะป้องกันไม่ให้ user เปลี่ยนค่าหรือแก้ไขข้อมูลต่างๆ ได้แก่ Aspiration Level, Tabu List Size, Max Iteration และ Min Iteration ได้

การจัดตารางเวลาเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคันสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.44 ถ้าตารางเวลาซ้อนกันตารางเวลาจะขึ้นแท็บสีแดง ให้ทำการเปลี่ยนแปลงเวลาโดยการให้ผู้ใช้เป็นคนกำหนด (Manual) ให้เลื่อนแท็บไปที่ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงเวลาให้คลิกที่ปุ่ม **“เปลี่ยนเวลา”** จะมีไดอะล็อกบ็อกให้ป้อนเวลาที่ต้องการเปลี่ยนแปลงให้คลิกที่ปุ่ม **“ตกลง”** และทำการตรวจสอบเวลาให้คลิกที่ปุ่ม **“ตรวจสอบเวลา”** ถ้าเวลาไม่ซ้อนกันจะไม่ขึ้นแท็บสีแดง แต่ถ้าขึ้นแท็บสีแดงอีกให้ทำการเปลี่ยนแปลงเวลาใหม่จนกว่าเวลาจะไม่ซ้อนเวลากัน จากนั้นให้ปิดหน้าต่างของตารางเวลาการขนส่งจะปรากฏผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยใช้วิธี Tabu Search ถ้าต้องการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ให้คลิกที่ปุ่ม **“Export to HTML”** และถ้าต้องการคำนวณใหม่ให้คลิกที่ปุ่ม **“Search”**

ผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยใช้วิธี Tabu Search จะประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (ดังรูปที่ 5.45) หมายเลขศูนย์รับนมในแต่ละช่องของรถบรรทุกและตารางเวลาการขนส่งของรถบรรทุก (ดังรูปที่ 5.46)



รูปที่ 5.43 : แสดงการคำนวณเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธี Tabu Search

จัดกำหนดเวลา

ID	ขนาด	รอบ	ศูนย์	เวลาถึง	เวลาออก	ระยะทางศูนย์...	ปริมาณนม (ตัน)
1	11.2	1	โรงงาน		04:58		
1	11.2	1	น้ำพอง	05:55	07:03		11.2
1	11.2	1	โรงงาน	08:00			
2	11.2	1	โรงงาน		04:26		
2	11.2	1	กระนวน	06:09	07:17		11.2
2	11.2	1	โรงงาน	09:00			
3	7	1	โรงงาน		05:00		
3	7	1	น้ำพอง	05:57	06:39		7
3	7	1	โรงงาน	07:36			
1	11.2	2	โรงงาน		11:00		
1	11.2	2	กระนวน	12:43	13:16		5.41
1	11.2	2	น้ำพอง	14:02	14:08		1
1	11.2	2	โรงงาน	15:05			
2	11.2	2	โรงงาน		12:00		
2	11.2	2	ทุ่งฝน	15:03	15:30		4.4
2	11.2	2	ศรีธาตุ	17:28	17:40		2
2	11.2	2	โรงงาน	19:56			

ตารางเวลาขึ้นเกิน หรือใส่เวลาผิดพลาด

เปลี่ยนเวลา ตรวจสอบเวลา

รูปที่ 5.44 : แสดงตารางเวลาการจัดเส้นทางรถขนส่งของวิธี Tabu Search โดยให้เปลี่ยนเวลาได้

Scheduling of Raw Milk Transportation

ไฟล์ ข้อมูล คำนำ Help

Tabu search

Aspiration level : 13354.23 Max iteration : 100
 Tabu list size : 3 Min iteration : 30 แก้ไข

4	11.2	1	กระนวน	11:55	12:09	154.0	2.21
4	11.2	1	ภูผามิ่ง	14:43	14:55	168.0	2.0
4	11.2	1	โรงงาน	17:43			

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น
 ค่าล้างถังพักที่โรงงาน : 3000.0 บาท
 ค่าทำความสะอาดถังพักในแต่ละศูนย์ = 2500 บาท
 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
 เป็นเงิน 7854.23 บาท
ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 13354.23 บาท

Search

รูปที่ 5.45 : แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยการใช้วิธี Tabu Search

Heuristic วิธีที่ 2

รถคันที่ 1 รอบ 2 ถึงนม : [1][4][4]
 รถคันที่ 2 รอบ 2 ถึงนม : [5][5][3]
 รถคันที่ 3 รอบ 2 ถึงนม : [4]

แสดงตารางเวลาเดินรถ

รถคันที่	ขนาด	รอบที่	ศูนย์ที่ไปรับ	เวลาถึง	เวลาออก	ระยะทางไปศูนย์ต่อไป	ปริมาณนม
1	11.2	1	โรงงาน		04:58	57.0	
1	11.2	1	น้ำพอง	05:55	07:03	57.0	11.2
1	11.2	1	โรงงาน	08:00			
2	11.2	1	โรงงาน		04:26	103.0	
2	11.2	1	กระนวน	06:09	07:17	103.0	11.2
2	11.2	1	โรงงาน	09:00			
3	7	1	โรงงาน		05:00	57.0	

Export to HTML คำนวณใหม่ Clear Tabu Search

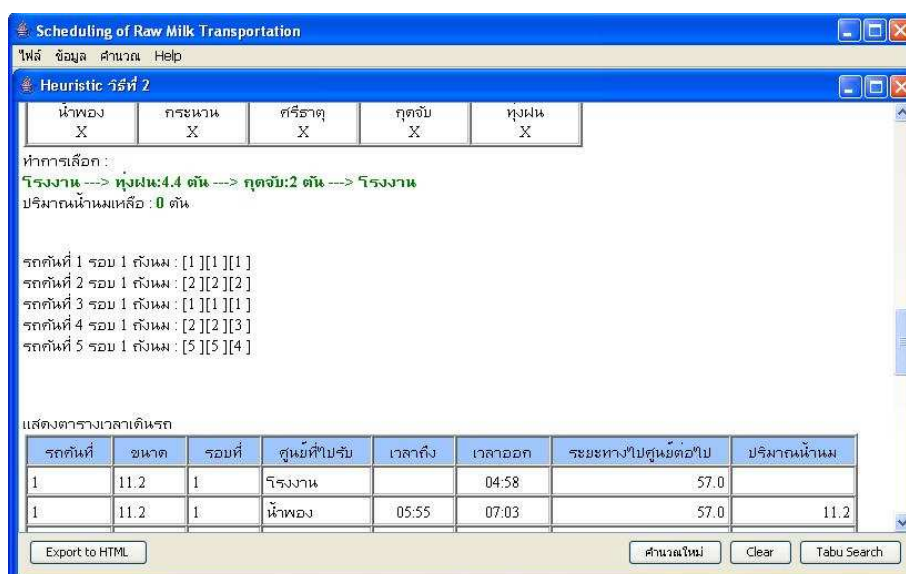
รูปที่ 5.46 : ตารางแสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบโดยใช้วิธี Tabu Search

2. Heuristic 2

ฮิวริสติกวิธีที่ 2 การคำนวณเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกโดยช่องรับนมแต่ละช่องห้ามมีการผสมนมต่างศูนย์ เมื่อคลิกปุ่ม “Heuristic 2 (ห้ามมีการผสมนมต่างศูนย์)” ดังรูปที่ 5.47 โปรแกรมจะทำการคำนวณเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกแต่ละคัน ซึ่งการใช้โปรแกรมจะเหมือนกับฮิวริสติกวิธีที่ 1 แต่ต่างกันตรงที่เวลาการคำนวณเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกโดยพิจารณาช่องรับนมแต่ละช่องห้ามมีการผสมนมต่างศูนย์ ซึ่งผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.48 จะเห็นได้ว่าหมายเลขศูนย์รับนมในแต่ละช่องของรถบรรทุกแต่ละคันในแต่ละรอบจะไม่มีมีการผสมของนมชนิดต่างศูนย์



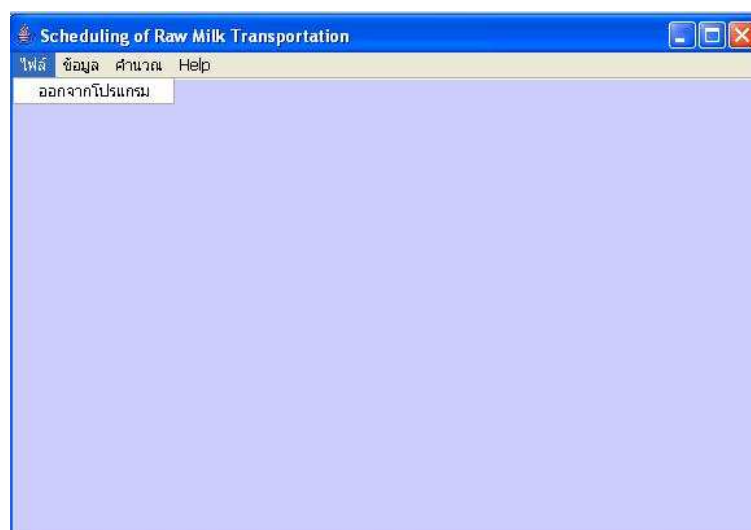
รูปที่ 5.47 : แสดงฮิวริสติกวิธีที่ 2



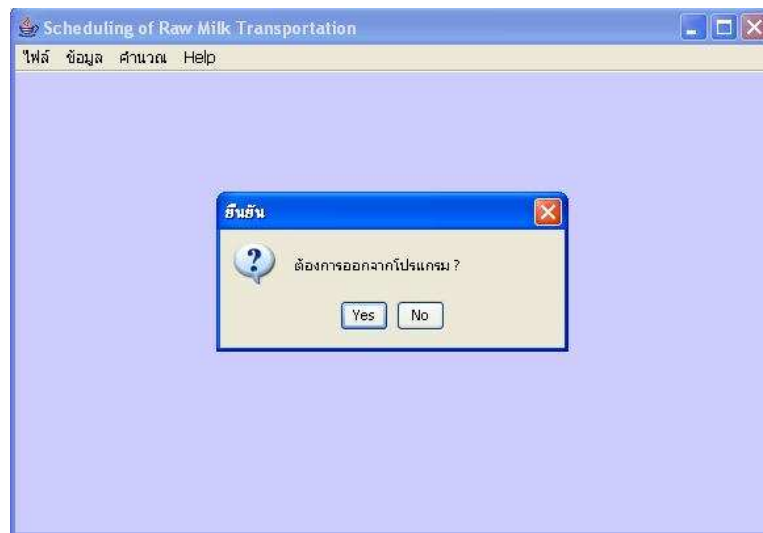
รูปที่ 5.48: แสดงผลลัพธ์จากการค้นหาคำตอบของฮิวริสติกวิธีที่ 2

5.3.3.3 การปิดโปรแกรม

การปิดโปรแกรมวิธีที่ขัดจกัด้านล่างให้คลิกที่เฟรมไฟล์ จะพบกับส่วนติดต่อกับผู้ใช้ดังรูปที่ 5.49 จะพบปุ่มชื่อ “ออกจากโปรแกรม” เมื่อคลิกปุ่ม “ออกจากโปรแกรม” จะมีไดอะล็อกบ็อกเพื่อยืนยันการออกจากโปรแกรมหากต้องการออกจากโปรแกรมให้คลิกที่ปุ่ม “Yes” ดังรูปที่ 5.50 โปรแกรมจะทำการปิดหน้าต่างลง



รูปที่ 5.49 : แสดงการออกจากโปรแกรม

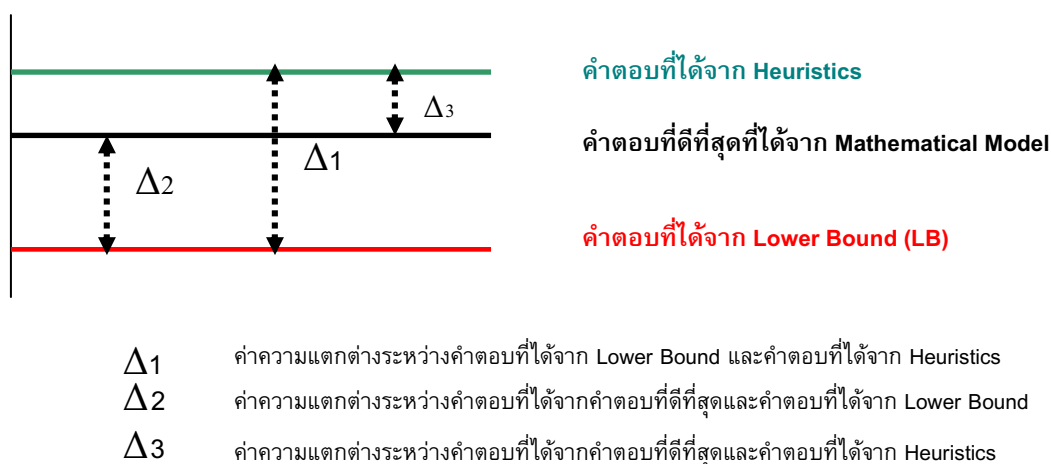


รูปที่ 5.50 : แสดงการยืนยันการออกจากโปรแกรม

บทที่ 6

การพัฒนาวิธีขีดจำกัดล่าง (Lower Bound)

วิธีขีดจำกัดล่างที่พัฒนาขึ้นมา (Lower Bounds) นี้มีสมการเป้าหมาย (Objective Function) เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง) ต่ำที่สุด โดยคำตอบที่ได้จากวิธีขีดจำกัดล่างนี้จะเป็นคำตอบที่อาจจะเป็นไปได้หรือไม่ได้ที่เกิดจากการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกนมที่มีหลายขนาด โดยช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกมีการผสมกันของน้ำมันดิบหลายศูนย์และศูนย์เดียวกันสามารถผสมน้ำมันดิบได้ไม่เกิน 2 มื้อ (เช้าและเย็น) เนื่องจากปัญหาการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกนมนี้เป็นปัญหาแบบ NP-Hard ซึ่งการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด (optimal solution) จะใช้เวลานานมาก นอกจากนั้นแล้วยังขึ้นอยู่กับขนาดของปัญหาด้วย ดังนั้นในการพยายามหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหขนาดกลางและปัญหขนาดใหญ จึงได้ทำการพัฒนาวิธีสถิติเพื่อหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว โดยปกติแล้ว คุณภาพของวิธีสถิติสามารถประเมินได้โดยการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จาก (1) คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (optimal solution) (2) ขีดจำกัดล่าง (lower bound) หรือขีดจำกัดบน (upper bound) และ/หรือ (3) คำคำตอบอ้างอิงจากวิธีสถิติที่ได้รับการยอมรับจากงานวิจัยที่ผ่านมา (ดังแสดงในรูปที่ 6.1) อย่างไรก็ตามสำหรับปัญหาการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกนมนี้เป็นปัญหาแบบ NP-Hard ดังนั้นการหาคำตอบที่ดีที่สุด (optimal solution) จึงไม่สามารถหาได้สำหรับปัญหขนาดกลางและปัญหขนาดใหญ ดังนั้นคณะวิจัยจึงทำการพัฒนาวิธีขีดจำกัดล่างขึ้นมา เพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าว



รูปที่ 6.1 : แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าตอบที่ได้จาก Lower Bound, Mathematical Model, และ Heuristics

สำหรับปัญหาที่กำลังพิจารณานี้จะใช้คำตอบที่ได้จากการพัฒนาขีดจำกัดล่างในการประเมินประสิทธิภาพของวิธีสถิติที่ได้พัฒนาขึ้นในบทที่ 3 โดยรายละเอียดของวิธีขีดจำกัดล่าง การประเมินประสิทธิภาพของขีดจำกัดล่าง และการใช้โปรแกรมเพื่อหาค่าขีดจำกัดบน สามารถแสดงได้ในหัวข้อที่ 6.1 ถึง 6.3 ตามลำดับ

6.1 วิธีขีดจำกัดล่าง (Lower Bound: LB)

วิธีขีดจำกัดล่างนี้จะประยุกต์มาจากวิธี **Next Best Algorithm (NB Rlue)** ซึ่งวิธีนี้จะทำการเลือกเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดต่างๆ (x_{ij}) โดยเลือกจุดที่มีระยะทางน้อยที่สุด (d_{ij}) ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งได้เส้นทางการเดินทางที่สมบูรณ์ โดยสามารถแสดงขั้นตอนในการหาคำตอบของวิธีขีดจำกัดล่างได้ดังหัวข้อ 6.1 และรูปที่ 6.2 โดยและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการหาค่าขีดจำกัดล่างสามารถแสดงได้ดังนี้

สัญลักษณ์:

ข้อมูลป้อนเข้า (Parameter)

i, j	= ดัชนีของศูนย์รับนม
g	= ปริมาณน้ำมันดิบที่ขนส่งมาโรงงานต่อวัน (ตัน)
m_k	= ความจุของรถบรรทุกคันที่ k (ตัน)
a_j	= ปริมาณน้ำมันดิบของศูนย์รับนม j (ตัน)
d_{0j}	= ระยะทางจากโรงงานไปศูนย์รับนม j (กิโลเมตร)
d_{ij}	= ระยะทางจากศูนย์รับนม i ไปศูนย์รับนม j (กิโลเมตร)
E_{b_j}	= จำนวนครั้งในการล้างถังพักนมของศูนย์รับนม j (ครั้ง)
Ca	= ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมของโรงงานต่อครั้ง (บาท)
C_{b_j}	= ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่ศูนย์รับนม j ต่อครั้ง (บาท)
$milk_tanks$	= ความจุของถังพักนมที่โรงงานต่อถัง (ตัน)
F_k	= อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถบรรทุกคันที่ k (ลิตร/กิโลเมตร)
G	= ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ลิตร)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

Z	= set ของศูนย์รับนม j โดยที่ $a_j \geq b$
Z'	= set ของศูนย์รับนม j โดยที่ $a_j < b$
$\lceil x \rceil$	= ค่าจำนวนเต็มที่มากกว่าหรือเท่ากับ x
b	= ค่าความจุของรถบรรทุกคันที่สูงสุด $= \max_{\forall k} \{m_k\} ; k \in E$
total truck	= จำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด (คัน) $= \left\lceil \frac{\sum_{\forall j} a_j}{b} \right\rceil$
e	= จำนวนศูนย์รับนมที่เหลือที่ต้องไปรับนม $= Z - \lceil \text{total truck} \rceil$

M	= set ของศูนย์รับนม j ที่มีระยะทางจากโรงงานถึงศูนย์รับนม j ต่ำที่สุด จำนวน total truck ค่า นั่นคือ $ M = \{j_1, j_2, \dots, j_{\text{total truck}}\}$
Q	= set ของศูนย์รับนมที่มีระยะทางจากศูนย์รับนม i ถึงศูนย์รับนม j ต่ำที่สุด จำนวน e ค่า นั่นคือ $ M = e$
Total_Cost	= ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถังพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง) (บาท/วัน)
Ea	= จำนวนครั้งในการล้างถังพักนมของโรงงาน (ครั้ง)
Cp _j	= ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่ศูนย์รับนม j (บาท)
C _{fac}	= ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่โรงงาน (บาท)
Cd	= ค่าขนส่ง (บาท)
distance	= ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางทั้งหมด (กิโลเมตร)
D ₁	= ระยะทางรวม (กิโลเมตร) จากโรงงานไปศูนย์รับนม j; $j \in Z$ $= 2 * \sum_{j \in Z} d_{oj}$
F'	= ค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถบรรทุกคันที่มีความจุสูงสุด $\max \{F_k\} ; k \in E$ $\forall k$

6.1.1 ขั้นตอนการทำงานของวิธีขีดจำกัดล่าง (LB)

ขั้นตอนการทำงานของวิธีขีดจำกัดล่างมี 15 ขั้นตอน ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนในการจัดเส้นทางทาง
เดินทางของวิธีขีดจำกัดล่างได้ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้น
- ขั้นตอนที่ 2 หา set Z
- ขั้นตอนที่ 3 เช็คว่า $Z = \emptyset$ หรือไม่
- 3.1 ถ้า $Z \neq \emptyset$ ไปขั้นตอนที่ 4
- 3.2 ถ้า $Z = \emptyset$ ไปขั้นตอนที่ 7
- ขั้นตอนที่ 4 หา D₁
- ขั้นตอนที่ 5 update a_j
- โดย $a_j = a_j - b; j \in Z$
- ขั้นตอนที่ 6 เช็คว่า $a_j \geq b$ หรือไม่
- 6.1 ถ้า $a_j \geq b$ ไปขั้นตอนที่ 2
- 6.2 ถ้า $a_j < b$ ไปขั้นตอนที่ 7
- ขั้นตอนที่ 7 หา set Z'
- ขั้นตอนที่ 8 หา total truck

$$\text{โดย } total \text{ truck} = \left\lceil \frac{\sum_j a_j}{b} \right\rceil ; j \in Z'$$

ขั้นตอนที่ 9 หา D_2 โดยที่

$$D_2 = 2 * \sum_{j \in M} d_{oj} + \sum_{i,j \in Q} d_{ij}$$

ขั้นตอนที่ 10 หา distance

$$\text{distance} = D_1 + D_2$$

ขั้นตอนที่ 11 หาจำนวนครั้งในการล้างถังพักนมของโรงงาน

$$\text{โดย } E_a = \frac{g}{\text{milk_tanks}}$$

ขั้นตอนที่ 12 หาค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่ศูนย์รับนม j

$$\text{โดย } C_{pj} = E_{bj} \times C_{bj} \quad ; \forall j$$

ขั้นตอนที่ 13 หาค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมของโรงงาน

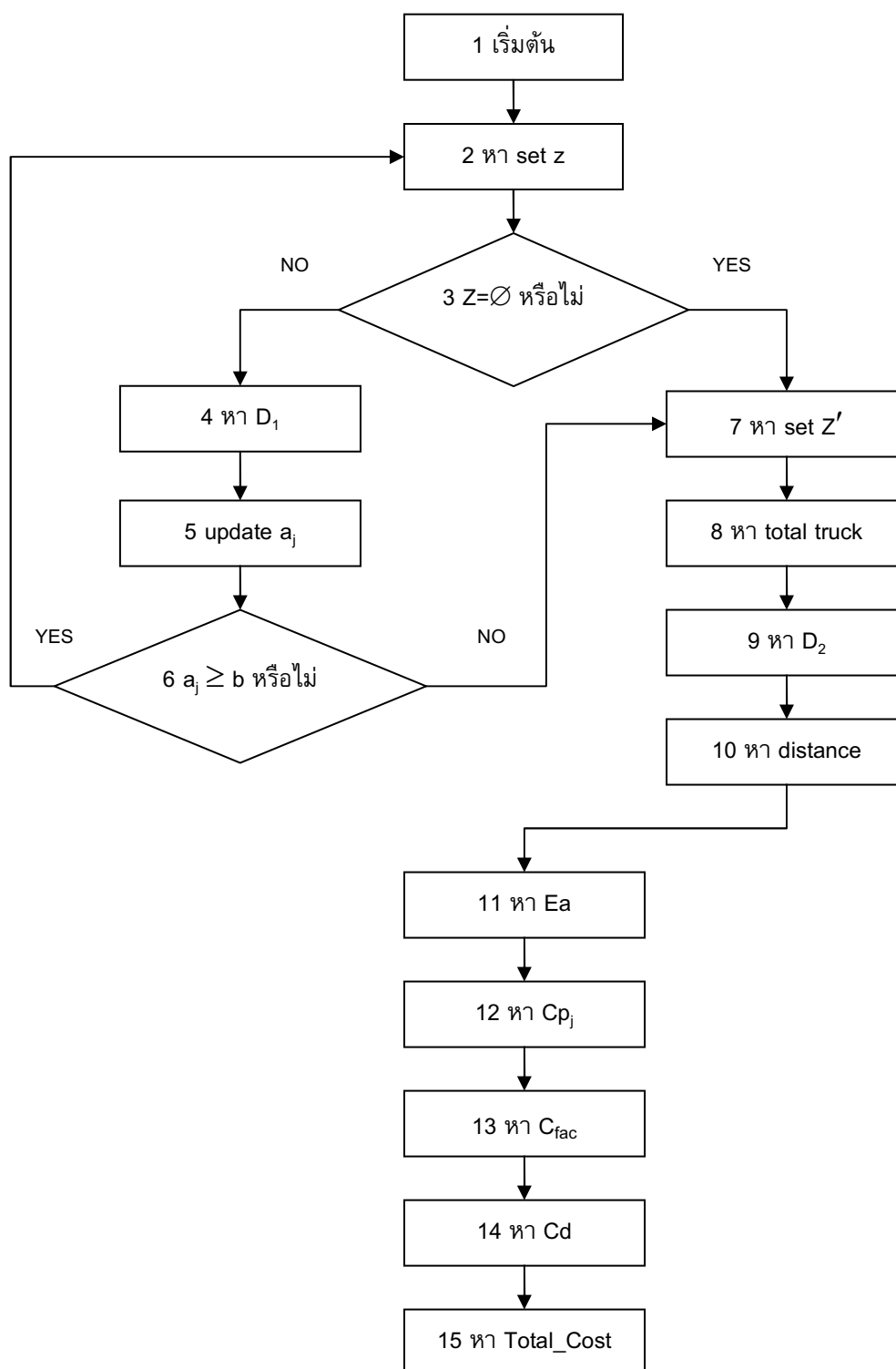
$$\text{โดย } C_{fac} = E_a \times C_a$$

ขั้นตอนที่ 14 หาค่าขนส่ง

$$\text{โดย } C_d = F' \times G \times \text{distance}$$

ขั้นตอนที่ 15 หาค่าใช้จ่ายทั้งหมด

$$\text{โดย } total \text{ cost} = \sum_j C_{pj} + C_d + C_{fac}$$



รูปที่ 6.2 : แสดงขั้นตอนในการหาคำตอบของวิธีหาค่าต่ำสุด

6.1.2 ตัวอย่างการหาค่าซีดจำกัดล่าง (LB)

สัญลักษณ์:

ข้อมูลป้อนเข้า (Parameter)

ตารางที่ 6.1 : แสดงสัญลักษณ์ของตัวแปร

สัญลักษณ์	ค่า
n	3
e	2
a_j	$a_1 = 14.2$ $a_2 = 16.61$ $a_3 = 2$
g	32.81
m_k	$m_1 = 11.2$ $m_2 = 7$
d_{ij}	$d_{01} = 61$ $d_{02} = 105$ $d_{03} = 138$ $d_{12} = 46$ $d_{13} = 79$ $d_{21} = 46$ $d_{23} = 75$ $d_{31} = 79$ $d_{32} = 75$ $d_{10} = 61$ $d_{20} = 105$ $d_{30} = 138$
Eb_j	$Eb_1 = 1$ $Eb_2 = 1$ $Eb_3 = 1$
Ca	1000
Cb_j	$Cb_1 = 500$ $Cb_2 = 500$ $Cb_3 = 500$
milk_tanks	20
G	18.19
F_k	$F_1 = 0.2967$ $F_2 = 0.3311$

- ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้น
- ขั้นตอนที่ 2 หา set Z ดังนั้น ได้ $Z = \{1,2\}$
- ขั้นตอนที่ 3 เช็คว่า $Z = \emptyset$ หรือไม่ ซึ่ง $Z \neq \emptyset$ จึงไปขั้นตอนที่ 4
- ขั้นตอนที่ 4 หา $D_1 = d_{01} + d_{02}$
 $= 2 \times 61 + 2 \times 105 = 332$ กิโลเมตร
- ขั้นตอนที่ 5 update $a_j ; j \in z$
 โดย $a_1 = 14.2 - 11.2 = 3$ ตัน
 $a_2 = 16.61 - 11.2 = 5.41$ ตัน
- ขั้นตอนที่ 6 6.1) เช็คว่า $a_j \geq b$ หรือไม่
 6.2) ถ้า $a_j < b$ ไปขั้นตอนที่ 7
- ขั้นตอนที่ 7 หา set Z' ดังนั้น ได้ $Z' = \{1,2,3\}$
- ขั้นตอนที่ 8 หา total truck
 โดย $\text{total truck} = \frac{3 + 5.41 + 2}{11.2} = 1$
- ขั้นตอนที่ 9 หา D_2
 $D_2 = 2 \times (61) + 46 + 75 = 243$ กม.
- ขั้นตอนที่ 10 หา distance
 $\text{distance} = 332 + 243 = 575$ กม.
- ขั้นตอนที่ 11 หาจำนวนครั้งในการล้างถังพักนมของโรงงาน
 โดย $Ea = \frac{g}{\text{milk_tanks}} = \frac{32.81}{20} \approx 2$ ครั้ง
- ขั้นตอนที่ 12 หาค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่ศูนย์รับนม j
 โดย $Cp_j = Eb_j \times Cb_j ; \forall j$
 $Cp_1 = Eb_1 \times Cb_1 = (1 \times 500) = 500$ บาท
 $Cp_2 = Eb_2 \times Cb_2 = (1 \times 500) = 500$ บาท
 $Cp_3 = Eb_3 \times Cb_3 = (1 \times 500) = 500$ บาท
- ขั้นตอนที่ 13 หาค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมของโรงงาน
 โดย $C_{fac} = Ea \times Ca = (2 \times 1000) = 2000$ บาท
- ขั้นตอนที่ 14 หาค่าขนส่ง
 โดย $Cd = F' \times G \times \text{distance} = (0.2967 \times 18.19 \times 575) = 3103.26$ บาท
- ขั้นตอนที่ 15 หาค่าใช้จ่ายทั้งหมด
 โดย $\text{total cost} = \sum_{\forall j} Cp_j + Cd + C_{fac} = (500 + 500 + 500) + 3103.26 + 2000$
 $= 6603.26$ บาท/วัน

6.2 การประเมินประสิทธิภาพของขีดจำกัดล่าง

ในการประเมินประสิทธิภาพของขีดจำกัดล่างสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ได้จากวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์กับวิธีขีดจำกัดล่างของการจัดตารางการขนส่งของรถบรรทุกที่มีหลายขนาด โดยต้องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกมีการผสมกันของน้ำมันดิบหลายศูนย์และศูนย์เดียวกันสามารถผสมน้ำมันดิบได้ไม่เกิน 2 มื้อ (เช้าและเย็น) จากตารางที่ 6.2 จะเห็นได้จากการเปรียบเทียบคำตอบจากตัวอย่างทั้งหมด 15 ตัวอย่าง พบว่าค่าใช้จ่ายทั้งหมดของวิธีขีดจำกัดล่างมีค่าน้อยกว่าวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 7.03 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าวิธีขีดจำกัดล่างมีประสิทธิภาพดีเพราะมีค่าเข้าใกล้วิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ จึงทำให้ขีดจำกัดล่างที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกที่ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งได้นำเสนอรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 แล้วนั้น

ตารางที่ 6.2 : แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์กับวิธีขีดจำกัดล่าง

ตัวอย่าง	รถ		จำนวน ศูนย์	ค่าใช้จ่าย (บาท/วัน)		ความ แตกต่าง(%)
	ขนาดรถ (ขนาด)	จำนวน รถ (คัน)		mathematical model	Lower bound	
1	2	2	3	7829.94	6603.26	15.67
2	1	2	3	7018.83	6603.26	5.92
3	1	3	3	7018.83	6603.26	5.92
4	1	5	3	10156	9821.42	3.29
5	1	2	4	8788.68	8022.30	8.72
6	1	4	4	8788.68	8022.30	8.72
7	2	3	3	7018.83	6603.26	8.72
8	2	5	3	10156	9821.42	3.29
9	2	3	4	8788.68	8022.30	8.72
10	2	4	4	8788.68	8022.30	8.72
11	3	3	3	7048.34	6742.37	4.34
12	3	4	3	7048.34	6742.37	4.34
13	3	5	3	7048.34	6742.37	4.34
14	3	3	4	8809.4	8157.78	7.40
15	3	4	4	8809.4	8157.78	7.40
เฉลี่ย						7.03

6.3 การใช้โปรแกรมเพื่อหาค่าขีดจำกัดล่าง

6.3.1 การเข้ารหัสโปรแกรมการหาขีดจำกัดล่าง

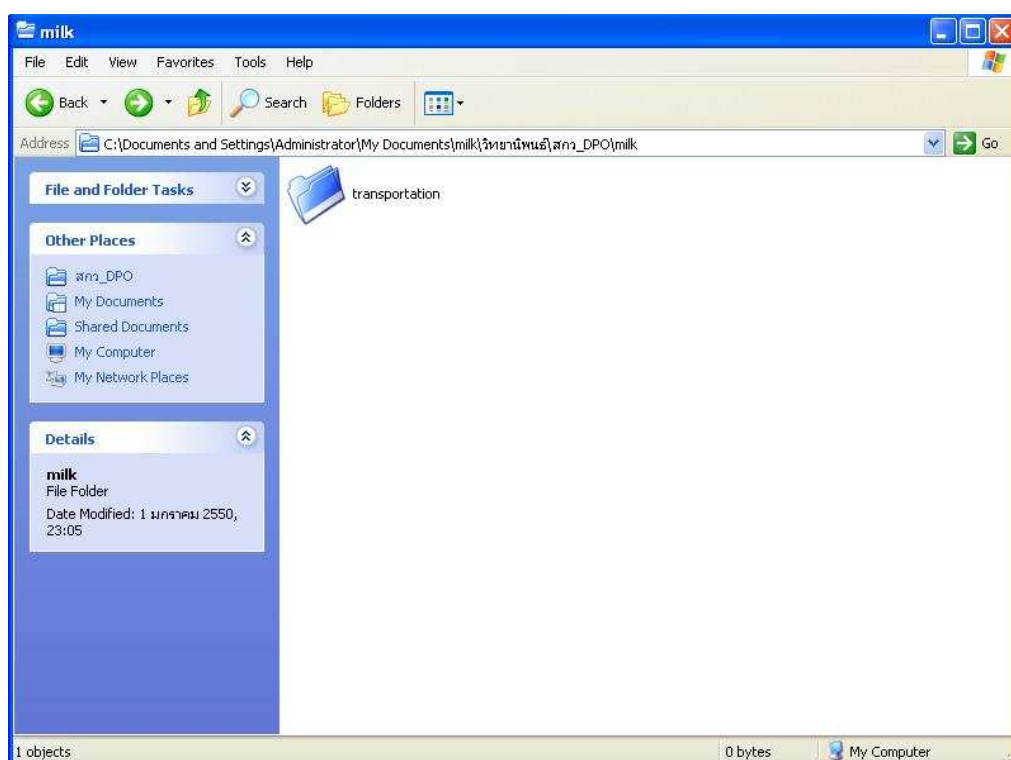
จากขั้นตอนการหาขีดจำกัดล่าง คณะวิจัยได้นำมาทำการเข้ารหัสโปรแกรม (Coding) โดยใช้โปรแกรมจาวา สคริป 1.0.5 (Java Script version 1.0.5)

6.3.2 การใช้งานโปรแกรมการหาขีดจำกัดล่าง

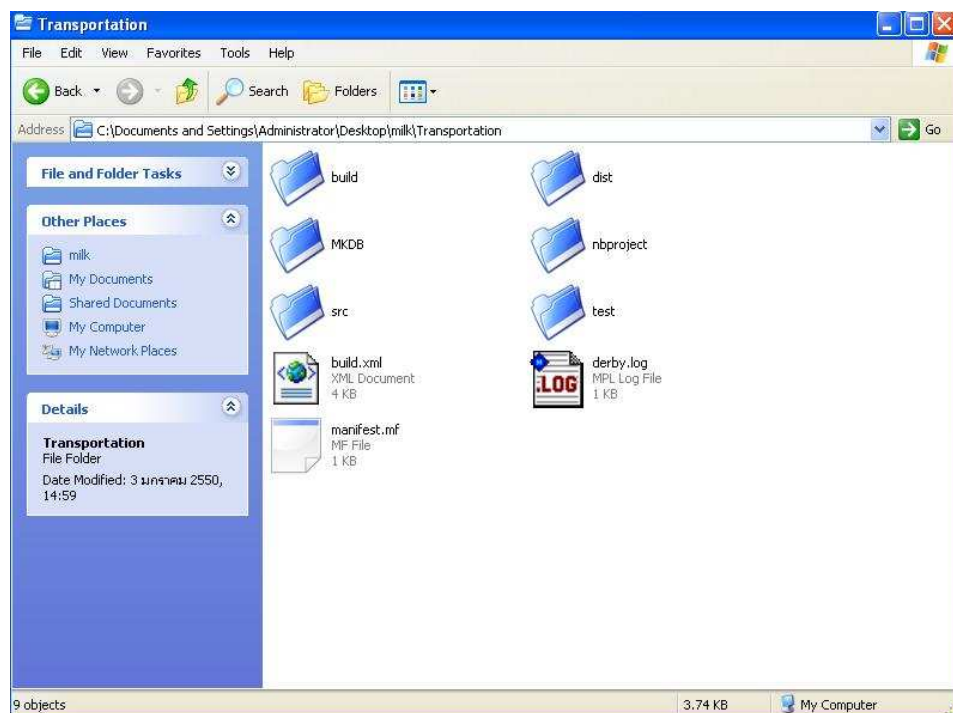
การใช้งานโปรแกรมจำเป็นต้องลงโปรแกรม Java Script Runtime version 1.0.5 หรือรุ่นที่สูงกว่า เพื่อให้โปรแกรมการหาขีดจำกัดล่างสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามความเร็วในการทำงานของโปรแกรมขึ้นอยู่กับความเร็วและหน่วยความจำหลักภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ ซึ่งวิธีการใช้งานโปรแกรมแสดงได้ดังนี้

6.3.2.1 การเปิดโปรแกรม

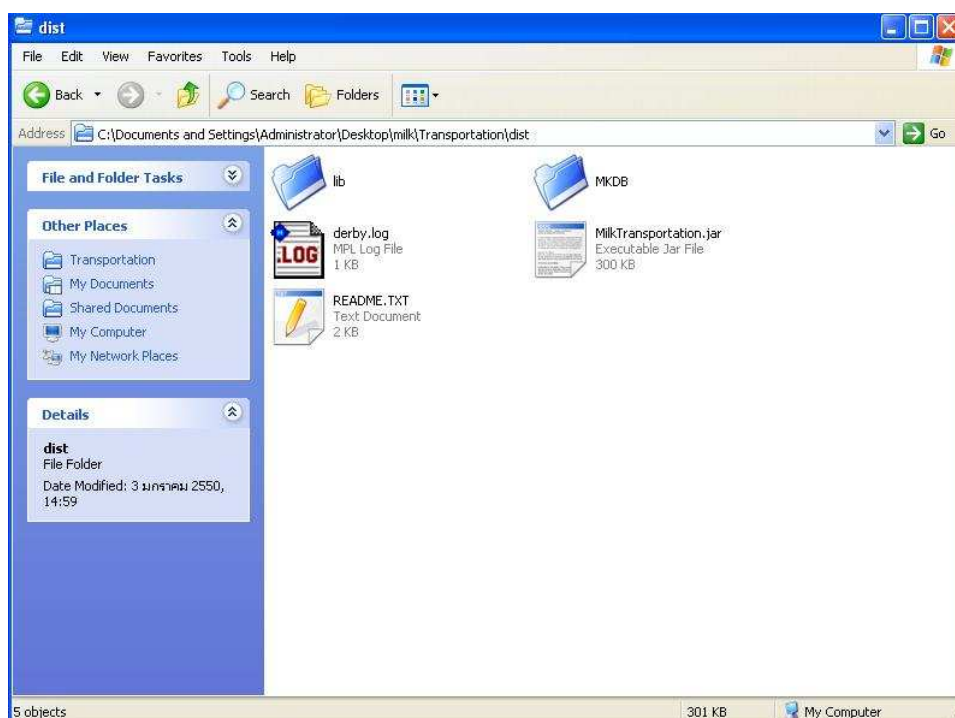
การเปิดโปรแกรมให้เข้าไปที่แฟ้มชื่อ **“transportation”** ที่ทำการคัดลอกไว้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 6.3 และดับเบิลคลิกไฟล์ชื่อ **“milk transportation”** เพื่อทำการเรียกใช้งานโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 6.4 และ 6.5 เมื่อทำการดับเบิลคลิกไฟล์ชื่อ **“milk transportation”** แล้วจะพบกับส่วนติดต่อผู้ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 6.6



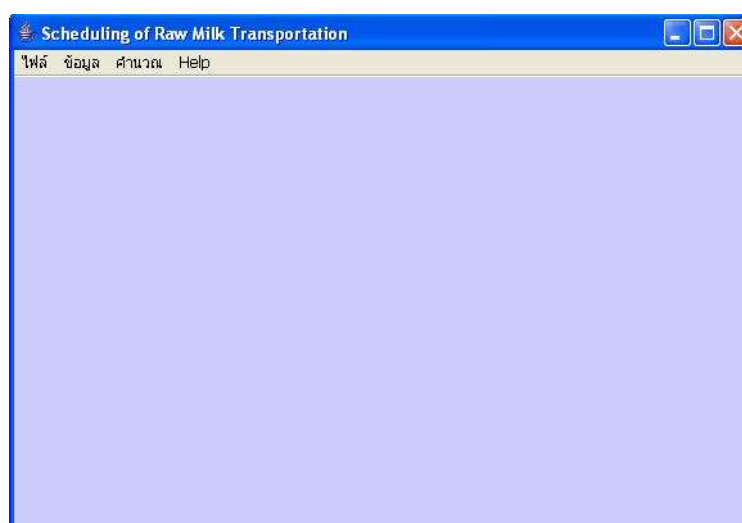
รูปที่ 6.3 : แสดงแฟ้มโปรแกรมการหาขีดจำกัดล่าง



รูปที่ 6.4 : แสดงไฟล์ที่ใช้ในการเรียกใช้โปรแกรม



รูปที่ 6.5 : แสดงไฟล์ที่ใช้ในการเรียกใช้โปรแกรม



รูปที่ 6.6 : แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้

จากส่วนติดต่อผู้ใช้ ที่แสดงในดังรูปที่ 6.6 นั้นจะพบว่ามีเฟรมอยู่ 4 เฟรมคือ “ไฟล์”, “ข้อมูล”, “คำนวณ” และ “help” โดย ข้อมูลประกอบไปด้วย ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลรถบรรทุก ข้อมูลศูนย์รับนม ข้อมูลระยะทาง และข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกโรงงานของรถบรรทุกรอบแรก ดังหัวข้อ 6.3.2.2 และ run คือส่วนที่ทำการคำนวณขีดจำกัดล่าง (Lower bound) ดังหัวข้อ 6.3.2.3

6.3.2.2 การกรอกข้อมูล

เมื่อคลิกที่เฟรมข้อมูลจะพบกับส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานดังรูปที่ 6.7 เมื่อเริ่มโปรแกรมจะพบส่วนประกอบของข้อมูลซึ่งมี 5 ข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลรถบรรทุก ข้อมูลศูนย์รับนม ข้อมูลระยะทาง และข้อมูลการกำหนดเวลาเข้าและออกโรงงานของรถบรรทุกรอบแรก



รูปที่ 6.7 : แสดงส่วนประกอบของข้อมูล

1) ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไปที่ต้องการกรอกข้อมูลจะประกอบไปด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ลิตร) ค่าทำความสะอาดถังพั่นนมของโรงงาน (บาท/ถัง) และความเร็วของรถบรรทุก (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ดังรูปที่ 6.8 โดยสามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ต้องการกรอกลงไปได้ โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลทันทีเมื่อปิดเฟรม

รูปที่ 6.8 : แสดงการป้อนข้อมูลทั่วไป

2) ข้อมูลรถบรรทุก

ข้อมูลรถบรรทุกที่ต้องการกรอกข้อมูลจะประกอบไปด้วย ID (หมายเลขรถบรรทุก ขนาดรถบรรทุก (ตัน) ขนาดของแต่ละช่องของรถบรรทุก (ตัน) อัตราการกินน้ำมัน (ลิตร/กม.) และจำนวนของรถบรรทุก (คัน) ดังรูปที่ 6.9 โดยสามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ต้องการกรอกลงไปได้ดังนี้

ID	ขนาดรถบรรทุก (ตัน)	ขนาดของแต่ละช่อง ...	อัตราการกินน้ำมัน (...)	จำนวน (คัน)
1	7.0	7	0.243	
2	11.2	3.73, 3.73, 3.74	0.269	

ปุ่ม: เพิ่ม, แก้ไข, บันทึก, ยกเลิก, ลบ

ID :

ขนาดรถบรรทุก : ตัน

ขนาดของแต่ละช่อง : * ขนาดแต่ละช่องให้คั่นด้วย "," ตัวอย่างกรอก 11.2 ตัน จะได้เป็น "3.73, 3.73, 3.74"

อัตราการกินน้ำมัน : ลิตร/กม.

จำนวน : คัน

รูปที่ 6.9 : แสดงการป้อนข้อมูลรถบรรทุก

เพิ่มข้อมูล

เมื่อต้องการเพิ่มจำนวนรถบรรทุกให้คลิกที่ปุ่ม “เพิ่ม” แล้วกรอกข้อมูลที่ต้องการลงไป แล้วทำการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “บันทึก” แต่ถ้าต้องการยกเลิกข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ยกเลิก” ดังรูปที่ 6.10

The screenshot shows the 'Scheduling of Raw Milk Transportation' window. The 'เพิ่ม' (Add) button is highlighted. Below the table, the data entry form is visible with the following fields:

ID	ขนาดรถบรรทุก (ตัน)	ขนาดของแต่ละช่อง ...	อัตราการกินน้ำมัน (...)	จำนวนรถ (คัน)
1	7.0	7		0.243
2	11.2	3.73, 3.73, 3.74		0.269

Buttons: เพิ่ม, แก้ไข, บันทึก, ยกเลิก, ลบ

Form fields:

- ID : 3
- ขนาดรถบรรทุก : 13 ตัน
- ขนาดของแต่ละช่อง : 13 * ขนาดแต่ละช่องให้คั่นด้วย " , " ตัวอย่างรถ 11.2 ตัน จะได้เป็น "3.73, 3.73, 3.74"
- อัตราการกินน้ำมัน : 0.29 ลิตร/กม.
- จำนวน : 1 คัน

รูปที่ 6.10 : แสดงการเพิ่มข้อมูลรถบรรทุก

ลบข้อมูล

เมื่อต้องการลบข้อมูลให้ใช้เมาส์คลิกข้อมูลที่ต้องการลบโดยให้แท็บขึ้นที่ข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ลบ” จะมีไดอะล็อกบ็อกเพื่อยืนยันการลบข้อมูลหากต้องการลบให้คลิกที่ปุ่ม “Yes” ดังรูปที่ 6.11

The screenshot shows the 'Scheduling of Raw Milk Transportation' window. The 'ลบ' (Delete) button is highlighted. A confirmation dialog box is displayed with the text 'ต้องการลบ ?' (Do you want to delete?).

Buttons: เพิ่ม, แก้ไข, บันทึก, ยกเลิก, ลบ

Form fields:

- ID : 3
- ขนาดรถบรรทุก : ตัน
- ขนาดของแต่ละช่อง : * ขนาดแต่ละช่องให้คั่นด้วย " , " ตัวอย่างรถ 11.2 ตัน จะได้เป็น "3.73, 3.73, 3.74"
- อัตราการกินน้ำมัน : ลิตร/กม.
- จำนวน : คัน

Dialog box: ต้องการลบ ? (Yes/No)

รูปที่ 6.11 : แสดงการลบข้อมูลรถบรรทุก

แก้ไขข้อมูล

เมื่อต้องการแก้ไขข้อมูลให้ใช้เมาส์คลิกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขโดยให้แท็บขึ้นที่ข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “แก้ไข” แล้วกรอกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขลงไปแล้วทำการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “บันทึก” หากต้องการยกเลิกข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ยกเลิก” ดังรูปที่ 6.12

ID	ขนาดรถบรรทุก (ตัน)	ขนาดของถังแต่ละช่อง ...	อัตราการกักเก็บนม (...)	จำนวนรถ (คัน)
1	7.0	7	0.243	
2	11.2	3.73, 3.73, 3.74	0.269	
3	13.0	13	0.29	

รูปที่ 6.12 : แสดงการแก้ไขข้อมูลรถบรรทุก

3) ข้อมูลศูนย์รับนม

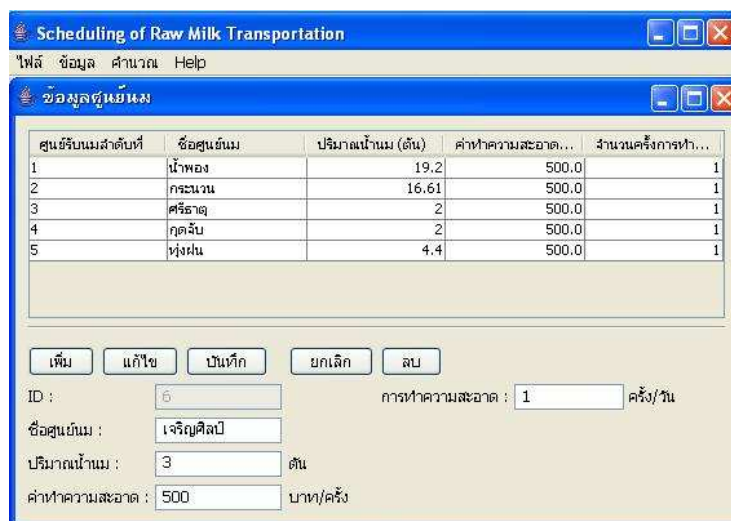
ข้อมูลศูนย์รับนมที่ต้องกรอกข้อมูลจะประกอบไปด้วย ศูนย์รับนมลำดับที่ ชื่อศูนย์รับนม ปริมาณน้ำนมในแต่ละศูนย์รับนม (ตัน) ค่าทำความสะอาดถังพักนมในแต่ละศูนย์รับนม (บาท/ครั้ง) และการทำความสะอาดถังพักนมในแต่ละศูนย์รับนม (ครั้ง/วัน) ดังรูปที่ 6.13 โดยสามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ต้องการกรอกลงไปได้ดังนี้

ศูนย์รับนมลำดับที่	ชื่อศูนย์รับนม	ปริมาณน้ำนม (ตัน)	ค่าทำความสะอาด...	จำนวนครั้งการทำ...
1	น้ำพอง	19.2	500.0	1
2	กระนวน	16.61	500.0	1
3	ศรีธาตุ	2	500.0	1
4	ภูพาน	2	500.0	1
5	ทุ่งฝน	4.4	500.0	1

รูปที่ 6.13 : แสดงการป้อนข้อมูลศูนย์รับนม

เพิ่มข้อมูล

เมื่อต้องการเพิ่มจำนวนศูนย์รับนมให้คลิกที่ปุ่ม “เพิ่ม” แล้วกรอกข้อมูลที่ต้องการลงไปแล้วทำการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “บันทึก” หากต้องการยกเลิกข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ยกเลิก” ดังรูปที่ 6.14



ศูนย์รับนมลำดับที่	ชื่อศูนย์รับนม	ปริมาณน้ำนม (ตัน)	ค่าทำความสะอาด...	จำนวนครั้งการทำ...
1	น้ำพอง	19.2	500.0	1
2	กระนวน	16.61	500.0	1
3	ศรีธาตุ	2	500.0	1
4	กุดจับ	2	500.0	1
5	ทุ่งฝน	4.4	500.0	1

Buttons: เพิ่ม, แก้ไข, บันทึก, ยกเลิก, ลบ

ID : 6 การทำความสะอาด : 1 ครั้ง/วัน

ชื่อศูนย์รับนม : เจริญศิลป์

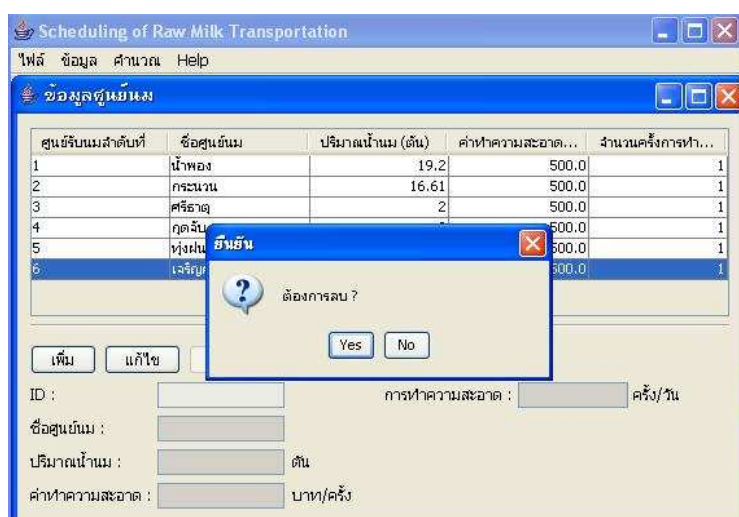
ปริมาณน้ำนม : 3 ตัน

ค่าทำความสะอาด : 500 บาท/ครั้ง

รูปที่ 6.14 : แสดงการเพิ่มข้อมูลศูนย์รับนม

ลบข้อมูล

เมื่อต้องการลบข้อมูลให้ใช้เมาส์คลิกข้อมูลที่ต้องการลบโดยให้แท็บขึ้นที่ข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ลบ” จะมีไดอะล็อกบ็อกเพื่อยืนยันการลบข้อมูลหากต้องการลบให้คลิกที่ปุ่ม “Yes” ดังรูปที่ 6.15



ศูนย์รับนมลำดับที่	ชื่อศูนย์รับนม	ปริมาณน้ำนม (ตัน)	ค่าทำความสะอาด...	จำนวนครั้งการทำ...
1	น้ำพอง	19.2	500.0	1
2	กระนวน	16.61	500.0	1
3	ศรีธาตุ	2	500.0	1
4	กุดจับ	2	500.0	1
5	ทุ่งฝน	4.4	500.0	1
6	เจริญ		500.0	1

Dialog Box: ต้องการลบ ? (Yes/No)

Buttons: เพิ่ม, แก้ไข, บันทึก, ยกเลิก, ลบ

ID : การทำความสะอาด : ครั้ง/วัน

ชื่อศูนย์รับนม :

ปริมาณน้ำนม : ตัน

ค่าทำความสะอาด : บาท/ครั้ง

รูปที่ 6.15 : แสดงการลบข้อมูลศูนย์รับนม

แก้ไขข้อมูล

เมื่อต้องการแก้ไขข้อมูลให้ใช้เมาส์คลิกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขโดยให้แท็บขึ้นที่ข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “แก้ไข” แล้วกรอกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขแล้วทำการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “บันทึก” หากต้องการยกเลิกข้อมูลให้คลิกที่ปุ่ม “ยกเลิก” ดังรูปที่ 6.16

ศูนย์นมลำดับที่	ชื่อศูนย์นม	ปริมาณน้ำนม (ตัน)	ค่าทำความสะอาด...	จำนวนเครื่องการ...
1	น้ำพอง	19.2	500.0	1
2	กระนวน	16.61	500.0	1
3	ศรีธาตุ	2	500.0	1
4	กุดจับ	2	500.0	1
5	ทุ่งฝน	4.4	500.0	1
6	เจริญศิลป์	3	500.0	1

รูปที่ 6.16 : แสดงการแก้ไขข้อมูลศูนย์รับนม

4) ข้อมูลระยะทาง

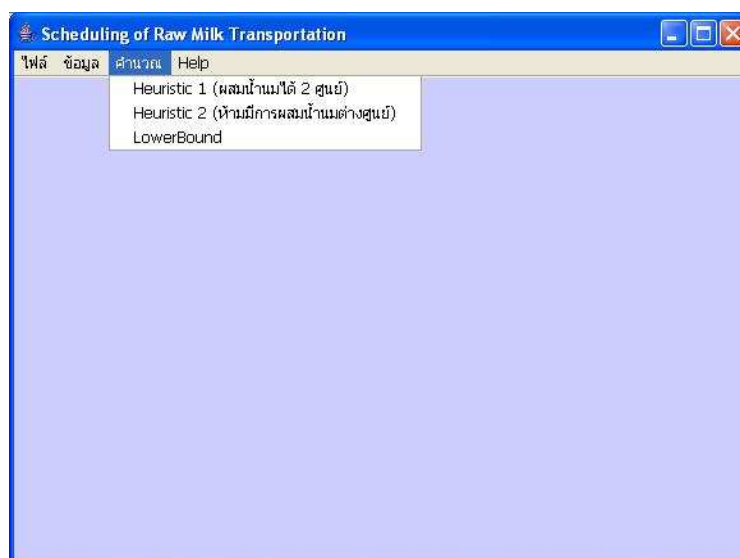
การป้อนข้อมูลระยะทางระหว่างศูนย์รับนมต่างๆ สามารถป้อนข้อมูลระยะทางระหว่างศูนย์และสรุปผิวถนนได้ เมื่อทำการป้อนข้อมูลต่างๆ หหมดแล้ว ต้องการบันทึกให้คลิกที่ปุ่ม “ตกลง” ดังรูปที่ 6.17

ศูนย์	โรง...	น้ำพอง	กระ...	ศรีธาตุ	กุดจับ	ทุ่งฝน
โรง...	-	57.0	103.0	136.0	168.0	183.0
น้ำพอง	57.0	-	46.0	80.0	122.0	162.0
กระ...	103.0	46.0	-	154.0	110.0	168.0
ศรีธาตุ	136.0	80.0	154.0	-	118.0	120.0
กุดจับ	168.0	122.0	110.0	118.0	-	120.0
ทุ่งฝน	183.0	162.0	168.0	120.0	120.0	-

รูปที่ 6.17 : แสดงการป้อนข้อมูลระยะทาง

6.3.2.3 การคำนวณ

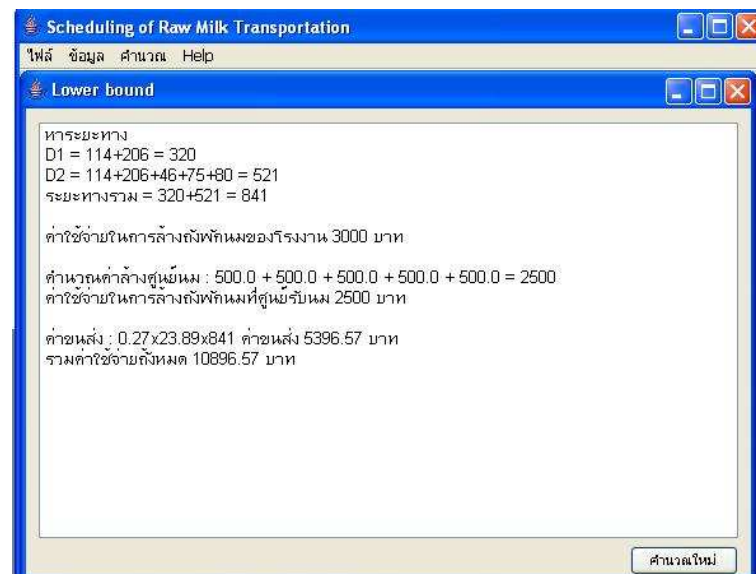
เมื่อคลิกที่เฟรมคำนวณ จะพบกับส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานดังรูปที่ 6.18 และ 6.19 จะพบปุ่มชื่อ **“Lower Bound”** เมื่อคลิกปุ่ม **“Lower Bound”** โปรแกรมจะทำการคำนวณ และแสดงผลลัพธ์คือ ระยะทางที่เดินทางทั้งหมด ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม ค่าขนส่ง และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ดังรูปที่ 6.20



รูปที่ 6.18 : แสดงส่วนติดต่อกับผู้ใช้ในการคำนวณ



รูปที่ 6.19 : แสดงส่วนติดต่อกับผู้ใช้ในการคำนวณ



รูปที่ 6.20 : แสดงผลลัพธ์การคำนวณจาก Lower Bound

บทที่ 7

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะทำการรายงานเกี่ยวกับผลการทดลองที่ได้จากทั้งรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้หาคำตอบสำหรับปัญหาที่ไม่ซับซ้อน และผลการทดลองที่ได้จากฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนในระบบ สำหรับผลการทดลองที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์นั้นจะใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวางแผนรถการไปรับน้ำมันดิบวิธีปัจจุบันของโรงงาน โดยจะแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 7.1 ส่วนการหาผลการทดลองที่ได้จากฮิวริสติกส์ได้มีการพิจารณา 2 หัวข้อ คือ (1) การหาประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ ซึ่งสามารถหาได้โดยการเปรียบเทียบระหว่างคำตอบของฮิวริสติกส์และคำตอบที่ได้จากซิดจำกัดล่าง และ (2) การหาประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 กับ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 โดยจะแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 7.2 และ 7.3 ตามลำดับดังนี้

7.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวางแผนรถบรรทุกในการไปรับน้ำมันดิบวิธีปัจจุบันของโรงงานกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ในกรณีช่องบรรจุน้ำมันดิบในแต่ละช่องของรถบรรทุกมีการผสมน้ำมันดิบมากกว่า 1 ศูนย์ และการผสมน้ำมันดิบต่างมือนกันแต่ไม่เกิน 2 มือน

เนื่องจากในปัจจุบัน โรงงานได้มีรูปแบบการวางแผนรถบรรทุกในการไปรับน้ำมันดิบ โดยช่องบรรจุน้ำมันดิบในแต่ละช่องของรถบรรทุกมีการผสมน้ำมันดิบมากกว่า 1 ศูนย์ และการผสมน้ำมันดิบต่างมือนกันแต่ไม่เกิน 2 มือน และได้มีการพิจารณา Time Window Constraints อย่างไรก็ดีในการในการทดสอบประสิทธิภาพการวางแผนการจัดรถบรรทุกของโรงงานนั้น คณะวิจัยไม่สามารถทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งทั้งหมดที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน กับคำตอบที่ดีที่สุดจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์รูปแบบที่ 2 ได้ ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบที่ 2 นี้ไม่สามารถหาคำตอบสำหรับปัญหาของโรงงานปัจจุบันได้ (ดังแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 4.8 ของบทที่ 4) ดังนั้นในการหาประสิทธิภาพของค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งในปัจจุบันของโรงงานจึงได้ทำการเปรียบเทียบกับรูปแบบที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบนี้มีลักษณะปัญหาใกล้เคียงกับลักษณะการจัดรถบรรทุกเพื่อไปรับน้ำมันดิบจากศูนย์ต่างๆ ของโรงงานในปัจจุบัน อีกทั้งรูปแบบที่ 1 นี้ก็เป็นค่าขีดจำกัดล่าง (Lower Bound) ของรูปแบบลักษณะการจัดรถบรรทุกเพื่อไปรับน้ำมันดิบจากศูนย์ต่างๆ ของโรงงานในปัจจุบันด้วย ซึ่งในการหาคำตอบที่ดีที่สุดจากรูปแบบที่ 1 นั้น คณะวิจัยได้ใช้โปรแกรม CPLEX/AMPL บนคอมพิวเตอร์ Pentium M 1.6 GHz และ 376 MB of RAM

ดังนั้นในการหาประสิทธิภาพของค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถึงพักนมของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งในปัจจุบันของโรงงานจึงหาได้โดยใช้สมการที่ 7.1 โดยในการทดสอบประสิทธิภาพการวางแผนการจัดรถบรรทุกของโรงงานนั้น คณะวิจัยได้มีการทดสอบทั้งสิ้น 29 ตัวอย่าง โดยเป็นข้อมูลการขนส่งน้ำมันดิบตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม 2546 ถึง 1 มิถุนายน 2548 ซึ่งผลการคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโรงงานในปัจจุบัน และคำตอบที่ดีที่สุดจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 7.1 ส่วนประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ในการดำเนินงาน ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 7.2

$$P_F = \left(\frac{Op_1}{F} \right) \times 100 \quad (7.1)$$

- เมื่อ P_F ประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ในการดำเนินงาน (%)
- Op_1 ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักแก๊สของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์รูปแบบที่ 1 (บาท/วัน)
- F ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักแก๊สของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งของโรงงานในปัจจุบัน (บาท/วัน)

ตารางที่ 7.1 แสดงค่าใช้จ่ายทั้งหมดในปัจจุบันของโรงงานและรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของการจัดเส้นทางการขนส่งน้ำมันดิบรูปแบบที่ 1

ตัวอย่างที่	วันที่ขนส่ง	จำนวนศูนย์	ปริมาณน้ำมันดิบ (ตัน)	ราคาน้ำมัน (บาท/ลิตร)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/วัน)	
					วิธีปัจจุบันของโรงงาน	รูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Op_1)
1	1/5/2546	6	49.6	14.49	25,068.65	23,336.78
2	1/6/2546	6	50.2	13.29	24,640.91	22,661.44
3	1/7/2546	6	47.8	12.79	24,412.51	20,969.42
4	2/7/2546	6	47.6	12.79	24,412.51	21,024.42
5	1/9/2546	6	51.2	13.99	23,935.00	22,638.59
6	2/9/2546	6	39.7	13.99	22,476.48	21,605.07
7	1/10/2546	6	40.5	13.99	22,483.96	21,145.52
8	17/10/2546	6	41.7	13.99	22,483.96	20,568.96
9	1/11/2546	6	45.9	13.79	23,858.30	21,837.58
10	11/11/2546	6	47.6	13.79	24,597.73	22,234.94
11	1/12/2546	6	40.4	14.39	23,541.62	21,813.05
12	16/12/2546	6	49.6	14.39	25,013.25	22,340.00
13	1/2/2547	6	53.3	14.59	25,110.60	23,156.99
14	1/3/2547	6	54.3	14.59	25,110.60	23,206.99
15	1/5/2547	6	50.2	14.59	25,102.80	22,856.16
16	1/6/2547	6	52.7	14.59	25,102.80	23,126.99
17	1/7/2547	6	49.2	14.59	25,102.80	22,099.90
18	1/8/2547	6	43.8	14.59	22,755.26	21,732.09
19	16/9/2547	6	43.2	14.59	22,755.30	21,275.24
20	8/10/2547	6	42.4	14.59	22,694.71	20,814.71
21	9/10/2547	6	49.4	14.59	24,520.58	21,990.58

ตารางที่ 7.1 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายทั้งหมดในปัจจุบันของโรงงานและรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของการจัดเส้นทางการขนส่งน้ำมันดิบรูปแบบที่ 1

ตัวอย่างที่	วันที่ขนส่ง	จำนวน ศูนย์	ปริมาณน้ำมัน ดิบ (ตัน)	ราคาน้ำมัน (บาท/ลิตร)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/วัน)	
					วิธีปัจจุบันของ โรงงาน	รูปแบบทาง คณิตศาสตร์ (Op ₁)
22	23/10/2547	6	49.1	14.59	25,102.80	23,414.59
23	1/11/2547	6	52.0	14.59	25,102.80	23,091.99
24	1/12/2547	6	55.4	14.59	25,102.80	22,717.46
25	1/1/2548	6	60.1	14.59	26,580.98	23,763.28
26	1/2/2548	6	64.5	14.59	26,936.46	24,706.18
27	1/3/2548	5	62.2	15.19	25,778.15	23,415.23
28	3/3/2548	6	63.7	15.19	27,182.08	25,048.15
29	1/6/2548	5	59.71	18.19	27,122.75	23,391.74

* ข้อมูลจาก <http://www.eppo.go.th/petro/index.html>

ตารางที่ 7.2 แสดงประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ในการดำเนินงาน (P_F)

ตัวอย่างที่	ประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ ในการดำเนินงาน (%)	ความแตกต่างของ ประสิทธิภาพทั้ง 2 วิธี (%)
1	93.09	6.91
2	91.97	8.03
3	85.90	14.10
4	86.12	13.88
5	94.58	5.42
6	96.12	3.88
7	94.05	5.95
8	91.48	8.52
9	91.53	8.47
10	90.39	9.61
11	92.66	7.34
12	89.31	10.69
13	92.22	7.78
14	92.42	7.58
15	91.05	8.95
16	92.13	7.87
17	88.04	11.96

ตารางที่ 7.2 (ต่อ) แสดงประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ในการดำเนินงาน (P_F)

ตัวอย่างที่	ประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ ในการดำเนินงาน (%)	ความแตกต่างของ ประสิทธิภาพทั้ง 2 วิธี (%)
18	95.50	4.50
19	93.50	6.50
20	91.72	8.28
21	89.68	10.32
22	93.27	6.73
23	91.99	8.01
24	90.50	9.50
25	89.40	10.60
26	91.72	8.28
27	90.83	9.17
28	92.15	7.85
29	86.24	13.76
ค่าเฉลี่ย	91.36	8.64

จากตารางที่ 7.1 และ 7.2 พบว่าประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ในการดำเนินงานทั้ง 29 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 85.90 - 96.12 % โดยค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ในการดำเนินงานมีค่า 91.36 % และค่าเฉลี่ยความแตกต่างของประสิทธิภาพทั้ง 2 วิธี มีค่า 8.64 %

ในการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ในการดำเนินงานกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติทดสอบคือ t - test จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ในการดำเนินงานกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวก จ

7.2 การหาประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์

ในการหาประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์นั้น คณะวิจัยได้มีการกำหนดระดับปัจจัยต่างๆ คือ ระยะทางเฉลี่ยระหว่างศูนย์ ขนาดรถ จำนวนรถ ปริมาณน้ำมันดิบเฉลี่ยของแต่ละศูนย์ และจำนวนศูนย์ โดยข้อมูลต่างๆ ได้มีการสุ่มจากค่าที่กำหนดและนำมาใช้ในการทดลอง จะเห็นได้ว่าการทดลองนั้นจะมีทั้งหมด $2^5 = 32$ กรณี ซึ่งในแต่ละกรณีจะทำการทดลองด้วยชุดข้อมูลที่ต่างกัน 5 ซ้ำ (replications) จึงทำให้มีจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น $32 \times 5 = 160$ ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 7.3

ฮิวริสติกส์ทั้ง 2 ฮิวริสติกส์ที่พัฒนา คือ Heuristic 1 และ Heuristic 2 ได้ถูก coded ด้วยภาษา JAVA และ run บนเครื่อง PC 1.7 GHz 512 Megabyte Ram ซึ่งการทดสอบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์นี้ได้มีการประเมิน 2 ลักษณะคือ (1) คุณภาพของฮิวริสติกส์ และ (2) เวลาที่ใช้ในการคำนวณ

และได้มาซึ่งผลลัพธ์ ซึ่งคุณภาพของฮิวริสติกส์สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (7.1)

$$HE = \frac{\text{sol_heu}}{\text{sol_LB}} \times 100\% \quad (7.1)$$

เมื่อ HE = ประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์
sol_LB = ค่าผลลัพธ์ของชุดจำกัดล่างที่ดีที่สุด
sol_heu = ค่าผลลัพธ์จากฮิวริสติกส์

ตารางที่ 7.3 แสดงการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^5 ของปัจจัยต่างๆ ในการทดลองแต่ละระดับ

ปัจจัย						ปริมาณน้ำหนัมน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละศูนย์ (ตัน/วัน)			
						12		(7.5,16.5)	
						จำนวนศูนย์		จำนวนศูนย์	
						10	(3,17)	10	(3,17)
ระยะทางเฉลี่ยระหว่างศูนย์ (กิโลเมตร)	123	จำนวนของขนาดของรถ	3	จำนวนรถ (คัน)	10	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ
					(2,18)	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ
		(1,5)	จำนวนรถ (คัน)	10	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ
				(2,18)	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ
	(70,176)	จำนวนของขนาดของรถ	3	จำนวนรถ (คัน)	10	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ
					(2,18)	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ
		(1,5)	จำนวนรถ (คัน)	10	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ
				(2,18)	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ	5 ซ้ำ

ส่วนการคำนวณเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการคำนวณของฮิวริสติกส์นั้นจะเป็นการวัดค่าเวลาของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU Time) ซึ่งรวมเวลาของการแปลผลโปรแกรม (compilation) การเชื่อมโยง (linkage) และเวลาปฏิบัติการ (execution time) และในการรายงานการคำนวณผลของฮิวริสติกส์นั้น จะมีการรายงานเวลาในหน่วยของ วินาที (seconds) และวินาทีต่อรอบ (seconds per iteration) สำหรับฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 ตามลำดับ สำหรับปัญหาแต่ละรูปแบบนั้น จะใช้ฮิวริสติกส์และชุดจำกัดล่างเพื่อหาคำตอบ ซึ่งผลการทดลองของปัญหาแต่ละชุด (combination) แสดงได้ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและเวลาที่ใช้จากการหาค่าขีดจำกัดล่าง

Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1, และ Heuristic 2

ตัวอย่าง ที่	ระยะทาง เฉลี่ย ระหว่าง ศูนย์	ขนาด รถ	จำนวน รถ	ปริมาณ น้ำมัน ดิบ เฉลี่ย ของแต่ละ ศูนย์	จำนวน ศูนย์	ค่าผลลัพธ์ (บาท)				
						Lower bound	Initial_Heuristic1	Heuristic1	Initial_Heuristic2	Heuristic2
1	84	1	2	10.94	3	6603.26	8018.83	8018.83	8925.52	8666.46
2	70	1	3	10.94	3	6603.26	7018.83	7018.83	8925.52	8666.46
3	84	1	5	10.94	3	6603.26	10997.96	10156.03	10156.03	10156.03
4	70	1	2	10.93	4	8022.3	9912.81	9788.68	10479.49	10479.49
5	70	1	4	10.93	4	8022.3	8912.81	8788.68	10479.49	9355.36
6	123	3	10	12	10	27439.31	38289.94	38289.94	38093	38093
7	123	3	10	12	10	27439.31	38289.94	38289.94	38093	38093
8	123	3	10	12	10	27439.31	38289.94	38289.94	38093	38093
9	123	3	10	12	10	27439.31	38289.94	38289.94	38093	38093
10	123	3	10	12	10	27439.31	38289.94	38289.94	38093	38093
11	123	3	10	12	12	34638.37	44899.71	44283.71	47960.4	47960.4
12	123	3	10	12	13	35425.96	49989.83	49662.77	51206.41	51206.41
13	123	3	10	12	14	39158.96	53160.72	53160.72	54856.49	54856.49
14	123	3	10	12	13	33535.84	50143.46	48237.35	46207.94	45886.53
15	123	3	10	12	14	33535.84	51623.38	51247.03	51175.73	49593.74
16	123	3	10	7.6	10	16340.57	26675.14	24966	25313.34	24689.88
17	123	3	10	9.1	10	19110.46	26783	26318.25	28789.36	26166.09
18	123	3	10	10.9	10	22192.31	32236.01	31340.34	31470.07	31470.07
19	123	3	10	12.5	10	22612.96	31154.47	31154.47	33833.63	32786.39
20	123	3	10	15	10	22612.96	31154.47	31154.47	33833.63	32786.39
21	123	3	10	9.5	10	15416.97	21580.57	20846.6	20697.44	18848.15
22	123	3	10	10.9	5	8134.31	11098.45	10458.23	12145.1	11923.46
23	123	3	10	12.5	8	9612.96	19288.2	18567.13	21501	20856.2
24	123	3	10	15	12	32612.96	50205.4	48988.16	50445.95	49238.15
25	123	3	10	10	15	37515.6	51276.5	50292	54369.24	53130.6
26	123	3	6	12	10	22555.2	33180.25	32649.65	34230.85	33258.96
27	123	3	8	12	10	22555.2	33571.65	30718.28	30954.21	30954.21

ตารางที่ 7.4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและเวลาที่ใช้จากการหาค่าขีดจำกัดล่าง

Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1, และ Heuristic 2 (ต่อ)

ตัวอย่าง ที่	ระยะทาง เฉลี่ย ระหว่าง ศูนย์	ขนาด รถ	จำนวน รถ	ปริมาณ น้ำมัน ดิบ เฉลี่ย ของแต่ละ ศูนย์	จำนวน ศูนย์	ค่าผลลัพธ์ (บาท)				
						Lower bound	Initial_Heuristic1	Heuristic1	Initial_Heuristic2	Heuristic2
28	123	3	9	12	10	22555.2	33514.28	31840.27	31321.83	31321.83
29	123	3	15	12	10	22555.2	31736.51	31577.35	30660.76	30406.46
30	123	3	12	12	10	22555.2	30736.51	30736.51	30660.76	30406.46
31	123	3	9	9.7	10	19165.58	27947.99	27420.39	30791.18	29240.48
32	123	3	11	12	13	36850.27	50888.11	50888.11	52999.1	52999.1
33	123	3	15	12	13	33535.84	48356.77	46691.02	48803.55	48374.19
34	123	3	14	12	14	35131.33	49622.62	49126.04	48987.87	48452.9
35	123	3	13	12	14	35360.53	46621.91	46125.32	48404.31	47643.24
36	123	3	7	7.6	10	16340.57	25277.69	25111.89	25011.66	24361.91
37	123	3	10	9.1	10	16340.57	29586	27874.56	28981.93	28135.83
38	123	3	10	10.9	10	22192.31	32236.01	31340.34	31470.07	31470.07
39	123	3	12	12.5	10	22612.96	31888.86	30985.18	30660.76	30406.46
40	123	3	12	15	10	25764.83	36875.62	34577.95	35509.98	35509.98
41	123	3	8	9.5	10	15416.97	21238.51	20568.2	21034.36	19766.19
42	123	3	9	10.9	5	8134.31	12251.12	11535.65	13566.24	12456.75
43	123	3	12	12.5	8	9612.96	18457.26	17024.33	20356.78	19754.26
44	123	3	15	15	12	32612.96	49243.68	48988.16	49445.95	47579.34
45	123	3	17	10	15	37515.6	49757.57	49075.35	48689.34	48359.68
46	123	2	10	12	10	22555.2	31736.51	31736.51	30660.76	30406.46
47	123	1	10	12	10	22555.2	32665.66	31749.34	30036.29	28992.19
48	123	3	10	12	10	22555.2	33327.69	33327.69	31561.71	31241.93
49	123	4	10	12	10	22555.2	33327.69	33327.69	31860.75	31860.75
50	123	5	10	12	10	22555.2	34677.46	34587.78	35606.27	35606.27
51	123	1	10	9.7	12	19165.58	28007.65	26028.58	29137.53	28222.21
52	123	3	10	12	13	36850.27	49989.83	47662.77	49662.77	49662.77
53	123	3	10	12	13	33535.84	49044.45	49044.45	46102.46	45781.05
54	123	3	10	12	14	36850.27	52419.53	51922.95	50095.38	49773.96

ตารางที่ 7.4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและเวลาที่ใช้จากการหาค่าขีดจำกัดล่าง

Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1, และ Heuristic 2 (ต่อ)

ตัวอย่าง ที่	ระยะทาง เฉลี่ย ระหว่าง ศูนย์	ขนาด รถ	จำนวน รถ	ปริมาณ น้ำมัน ดิบ เฉลี่ย ของแต่ละ ศูนย์	จำนวน ศูนย์	ค่าผลลัพธ์ (บาท)				
						Lower bound	Initial_Heuristic1	Heuristic1	Initial_Heuristic2	Heuristic2
55	123	2	10	12	14	36850.27	33327.69	33327.69	31860.75	31860.75
56	123	1	10	7.6	10	16340.57	34677.46	34587.78	35606.27	35606.27
57	123	2	10	9.1	10	19110.46	28007.65	26028.58	29137.53	28222.21
58	123	3	10	10.9	10	22192.31	49989.83	47662.77	49662.77	49662.77
59	123	3	10	12.5	10	22612.96	49044.45	49044.45	46102.46	45781.05
60	123	5	10	15	10	25764.83	52419.53	51922.95	50095.38	49773.96
61	123	1	10	9.5	10	15416.97	47070.8	46334.65	45003.96	44357.94
62	123	3	10	10.9	5	8134.31	27011.29	23999.93	25508.79	25508.79
63	123	2	10	12.5	8	9612.96	27476.04	27260.04	29465.3	29465.3
64	123	5	10	15	12	32612.96	32236.01	31340.34	31470.07	31470.07
65	123	5	10	10	15	37515.6	31085.86	31085.86	33731.87	32669.03
66	123	1	10	12	10	22862.06	40153.5	39002.44	41935.42	41935.42
67	123	1	9	12	10	22555.2	22456.43	20356.13	24643.22	23454.34
68	123	3	10	12	10	22555.2	12566.34	11535.65	14554.13	13565.78
69	123	4	12	12	10	22555.2	18944.34	17334.56	19855.45	19598.35
70	123	5	15	12	10	22555.2	49243.68	48988.16	49445.95	47579.34
71	123	1	8	9.7	12	19165.58	48494.23	48442.5	48957	48067.96
72	123	3	12	12	13	36850.27	29953.89	29459.13	33198.9	33198.9
73	123	4	13	12	13	33535.84	32665.66	30749.34	30036.29	28992.19
74	123	1	12	12	14	36850.27	33327.69	33327.69	31561.71	31241.93
75	123	2	14	12	14	36850.27	32040.47	30339.16	32444.46	32229.82
76	123	1	5	7.6	10	16340.57	31164.07	31164.07	31887.85	31887.85
77	123	2	7	9.1	10	19110.46	28007.65	26028.58	29137.53	28222.21
78	123	3	10	10.9	10	22192.31	52948.76	52835.98	54403.47	54403.47
79	123	3	12	12.5	10	22612.96	47791.55	47125.8	48987.87	46215.16
80	123	3	12	15	10	25764.82	48144.92	47648.33	50749.28	48883.89
81	123	1	15	9.5	10	15416.97	49848.96	49352.37	48900.89	48079.17

ตารางที่ 7.4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและเวลาที่ใช้จากการหาค่าขีดจำกัดล่าง

Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1, และ Heuristic 2 (ต่อ)

ตัวอย่าง ที่	ระยะทาง เฉลี่ย ระหว่าง ศูนย์	ขนาด รถ	จำนวน รถ	ปริมาณ น้ำหนัก ดิบ เฉลี่ย ของแต่ละ ละศูนย์	จำนวน ศูนย์	ค่าผลลัพธ์ (บาท)				
						Lower bound	Initial_Heuristic1	Heuristic1	Initial_Heuristic2	Heuristic2
82	123	3	13	10.9	5	8134.31	27011.29	23999.93	25508.79	25508.79
83	123	2	13	12.5	8	9612.96	27636.3	25816.39	30380.9	26891.33
84	123	5	16	15	12	32612.96	32236.01	31340.34	31470.07	31470.07
85	123	5	13	10	15	37515.6	29919.43	29511.97	31586.08	31096.14
86	84	3	10	12	10	22854.88	35559.88	33041.11	35283.1	35283.1
87	105	3	10	12	10	26967.64	20434.66	20244.4	23669.24	22559.35
88	126	3	10	12	10	30235.24	13446.64	12556.25	13664.35	13566.36
89	145	3	10	12	10	34893.78	18944.34	17334.56	19855.45	19598.35
90	156	3	10	12	10	38214.23	50143.45	49883.35	52156.6	51605
91	84	3	10	12	4	9141.95	48256.38	48150.7	50356.67	49363.84
92	105	3	10	12	8	21574.11	26455.23	25766.01	28403.74	27521.35
93	126	3	10	12	10	30235.24	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
94	145	3	10	12	12	41872.54	42489.45	41248.43	44782.32	43195.25
95	156	3	10	12	12	53499.92	50894.32	49289.94	52448.4	51843.3
96	84	3	10	8	10	15084.22	58234.94	57248.21	60348.21	59234.5
97	84	3	10	10	10	18969.55	10582.1	10306.4	11361.5	11008.54
98	84	3	10	12	10	22854.88	27838.54	27071.79	29210.94	28551.29
99	84	3	10	14	10	26511.6	42489.45	41248.43	44782.32	43195.25
100	84	3	10	16	10	30397	61073.18	59147.93	62938.08	62211.96
101	84	3	10	8	8	12067.38	69881.93	68697.85	72417.85	71081.4
102	84	3	10	10	10	18969.55	17460.45	17005.57	18746.47	18164.09
103	84	3	10	12	12	27425.86	21957.84	21385.79	23575.1	22842.72
104	84	3	10	14	12	31813.92	26455.23	25766.01	28403.74	27521.35
105	84	3	10	16	10	30397	30688.07	29888.57	32948.34	31924.77
106	105	3	8	12	10	26967.64	35185.46	34268.79	37776.97	36603.4
107	105	3	9	12	10	26967.64	13968.36	13604.46	14997.18	14531.27
108	105	3	10	12	10	26967.64	21957.84	21385.79	23575.1	22842.72

ตารางที่ 7.4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและเวลาที่ใช้จากการหาค่าขีดจำกัดล่าง

Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1, และ Heuristic 2 (ต่อ)

ตัวอย่าง ที่	ระยะทาง เฉลี่ย ระหว่าง ศูนย์	ขนาด รถ	จำนวน รถ	ปริมาณ น้ำมัน ดิบ เฉลี่ย ของแต่ละ ศูนย์	จำนวน ศูนย์	ค่าผลลัพธ์ (บาท)				
						Lower bound	Initial_Heuristic1	Heuristic1	Initial_Heuristic2	Heuristic2
109	105	3	11	12	10	26967.64	31746.28	30919.21	34084.49	33025.62
110	105	3	12	12	10	26967.64	36825.68	35866.28	39538.01	38309.72
111	105	3	8	12	8	21574.11	35185.46	34268.79	37776.97	36603.4
112	105	3	9	12	9	24270.88	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
113	105	3	10	12	11	29664.4	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
114	105	3	11	12	12	32361.17	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
115	105	3	12	12	13	35057.93	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
116	105	3	8	8	10	17798.64	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
117	105	3	9	9	10	20225.73	27838.54	27071.79	29210.94	28551.29
118	105	3	10	10	10	22383.14	31318.35	30455.77	32862.3	32120.2
119	105	3	11	11	10	24810.23	38277.99	37223.71	40165.04	39258.02
120	105	3	12	13	10	29125.05	41757.8	40607.69	43816.4	42826.93
121	105	3	8	8	8	14238.91	45237.62	43991.66	47467.77	46395.84
122	105	3	9	9	9	18203.16	22966.79	22334.23	24099.02	23554.81
123	105	3	10	10	11	24621.45	26098.63	25379.81	27385.25	26766.83
124	105	3	11	11	12	29772.28	28882.48	28086.98	30306.35	29621.96
125	105	3	12	13	13	37862.56	32014.32	31132.56	33592.58	32833.98
126	84	1	10	12	10	22854.88	37582.02	36546.92	39434.76	38544.24
127	105	2	10	12	10	26967.64	18373.44	17867.38	19279.22	18843.85
128	126	3	10	12	10	30235.24	23488.76	22841.83	24646.73	24090.15
129	145	1	10	12	10	34893.78	31770.73	30895.68	33336.98	32584.16
130	156	2	10	12	10	38214.23	38417.18	37359.07	40311.09	39400.78
131	84	3	10	12	4	9141.95	48856.63	47510.99	51265.19	50107.51
132	105	1	10	12	8	21574.11	26455.23	25766.01	28403.74	27521.35
133	126	2	10	12	10	30235.24	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
134	145	3	10	12	12	41872.54	42489.45	41248.43	44782.32	43195.25
135	156	1	10	12	12	53499.92	50894.32	49289.94	52448.4	51843.3

ตารางที่ 7.4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและเวลาที่ใช้จากการหาค่าขีดจำกัดล่าง

Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1, และ Heuristic 2 (ต่อ)

ตัวอย่าง ที่	ระยะทาง เฉลี่ย ระหว่าง ศูนย์	ขนาด รถ	จำนวน รถ	ปริมาณ น้ำมัน ดิบ เฉลี่ย ของแต่ละ ศูนย์	จำนวน ศูนย์	ค่าผลลัพธ์ (บาท)				
						Lower bound	Initial_Heuristic1	Heuristic1	Initial_Heuristic2	Heuristic2
136	84	2	10	8	10	15084.22	17460.45	17005.57	18746.47	18164.09
137	84	3	10	10	10	18969.55	21957.84	21385.79	23575.1	22842.72
138	84	1	10	12	10	22854.88	26455.23	25766.01	28403.74	27521.35
139	84	2	10	14	10	26511.6	30688.07	29888.57	32948.34	31924.77
140	84	3	10	16	10	30397	35185.46	34268.79	37776.97	36603.4
141	84	1	10	8	8	12067.38	13968.36	13604.46	14997.18	14531.27
142	84	2	10	10	10	18969.55	21957.84	21385.79	23575.1	22842.72
143	84	3	10	12	12	27425.86	31746.28	30919.21	34084.49	33025.62
144	84	1	10	14	12	31813.92	36825.68	35866.28	39538.01	38309.72
145	84	2	10	16	10	30397	35185.46	34268.79	37776.97	36603.4
146	105	3	8	12	10	26967.64	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
147	105	1	9	12	10	26967.64	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
148	105	2	10	12	10	26967.64	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
149	105	3	11	12	10	26967.64	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
150	105	1	12	12	10	26967.64	34798.17	33839.74	36513.67	35689.11
151	105	2	8	12	8	21574.11	27838.54	27071.79	29210.94	28551.29
152	105	3	9	12	9	24270.88	31318.35	30455.77	32862.3	32120.2
153	105	1	10	12	11	29664.4	38277.99	37223.71	40165.04	39258.02
154	105	2	11	12	12	32361.17	41757.8	40607.69	43816.4	42826.93
155	105	3	12	12	13	35057.93	45237.62	43991.66	47467.77	46395.84
156	105	1	8	8	10	17798.64	22966.79	22334.23	24099.02	23554.81
157	105	2	9	9	10	20225.73	26098.63	25379.81	27385.25	26766.83
158	105	3	10	10	10	22383.14	28882.48	28086.98	30306.35	29621.96
159	105	1	11	11	10	24810.23	32014.32	31132.56	33592.58	32833.98
160	105	3	12	13	10	29125.05	37582.02	36546.92	39434.76	38544.24
เฉลี่ย						25017.13	33982.25	33166.26	35001.43	34301.22



จากตารางที่ 7.4 สามารถนำมาหาการหาประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2, และหาประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 ได้ดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ และเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์

ตัวอย่างที่	ประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ (%)				เวลาที่ใช้ (นาที่:วินาที)			
	Heuristic 1	Heuristic 2	Initial_Heuristic 1	Initial_Heuristic2	Heuristic1	Heuristic2	Initial_Heuristic1	Initial_Heuristic2
1	82.3	74.0	82.3	76.2	0:10	0:12	0:19	0:26
2	94.1	74.0	94.1	76.2	0:10	0:12	0:20	0:26
3	65.0	65.0	60.0	65.0	0:11	0:12	0:20	0:28
4	82.0	76.6	80.9	76.6	0:11	0:12	0:20	0:27
5	91.3	76.6	90.0	85.8	0:10	0:13	0:21	0:28
6	71.7	72.0	71.7	72.0	0:16	0:19	0:29	0:36
7	71.7	72.0	71.7	72.0	0:16	0:19	0:29	0:36
8	71.7	72.0	71.7	72.0	0:16	0:19	0:29	0:36
9	71.7	72.0	71.7	72.0	0:16	0:19	0:29	0:36
10	71.7	72.0	71.7	72.0	0:16	0:19	0:29	0:36
11	78.2	72.2	77.1	72.2	0:18	0:21	0:30	0:38
12	71.3	69.2	70.9	69.2	0:19	0:21	0:31	0:38
13	73.7	71.4	73.7	71.4	0:19	0:22	0:30	0:39
14	69.5	72.6	66.9	73.1	0:18	0:21	0:31	0:39
15	65.4	65.5	65.0	67.6	0:19	0:22	0:31	0:40
16	65.5	64.6	61.3	66.2	0:12	0:19	0:25	0:35
17	72.6	66.4	71.4	73.0	0:12	0:19	0:26	0:35
18	70.8	70.5	68.8	70.5	0:12	0:19	0:27	0:35
19	72.6	66.8	72.6	69.0	0:13	0:20	0:29	0:36
20	72.6	66.8	72.6	69.0	0:14	0:20	0:31	0:38
21	74.0	74.5	71.4	81.8	0:13	0:19	0:26	0:35
22	77.8	67.0	73.3	68.2	0:10	0:13	0:20	0:28
23	51.8	44.7	49.8	46.1	0:12	0:19	0:25	0:35
24	66.6	64.6	65.0	66.2	0:19	0:21	0:31	0:38
25	74.6	69.0	73.2	70.6	0:16	0:19	0:29	0:36

ตารางที่ 7.5 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ และเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ (%)				เวลาที่ใช้ (นาที่:วินาที)			
	Heuristic 1	Heuristic 2	Initial_Heuristic 1	Initial_Heuristic2	Heuristic1	Heuristic2	Initial_Heuristic1	Initial_Heuristic2
26	69.1	67.8	68.0	65.9	0:12	0:16	0:24	0:33
27	73.4	72.9	67.2	72.9	0:12	0:17	0:24	0:34
28	70.8	72.0	67.3	72.0	0:13	0:18	0:25	0:34
29	71.4	74.2	71.1	73.6	0:20	0:22	0:32	0:36
30	73.4	74.2	73.4	73.6	0:19	0:22	0:31	0:36
31	69.9	65.5	68.6	62.2	0:12	0:17	0:24	0:32
32	72.4	69.5	72.4	69.5	0:18	0:23	0:32	0:40
33	71.8	69.3	69.4	68.7	0:19	0:24	0:33	0:40
34	71.5	72.5	70.8	71.7	0:20	0:24	0:33	0:40
35	76.7	74.2	75.8	73.1	0:19	0:22	0:32	0:39
36	65.1	67.1	64.6	65.3	0:11	0:16	0:21	0:29
37	58.6	58.1	55.2	56.4	0:13	0:19	0:25	0:34
38	70.8	70.5	68.8	70.5	0:16	0:20	0:25	0:34
39	73.0	74.4	70.9	73.8	0:18	0:21	0:27	0:34
40	74.5	72.6	69.9	72.6	0:20	0:21	0:29	0:36
41	75.0	78.0	72.6	73.3	0:13	0:17	0:22	0:29
42	70.5	65.3	66.4	60.0	0:10	0:12	0:19	0:26
43	56.5	48.7	52.1	47.2	0:17	0:21	0:29	0:35
44	66.6	68.5	66.2	66.0	0:21	0:22	0:33	0:36
45	76.4	77.6	75.4	77.1	0:19	0:20	0:31	0:35
46	71.1	74.2	71.1	73.6	0:17	0:18	0:27	0:34
47	71.0	77.8	69.0	75.1	0:16	0:18	0:27	0:35
48	67.7	72.2	67.7	71.5	0:16	0:19	0:29	0:36
49	67.7	70.8	67.7	70.8	0:17	0:20	0:30	0:38
50	65.2	63.3	65.0	63.3	0:17	0:22	0:31	0:39
51	73.6	67.9	68.4	65.8	0:15	0:17	0:28	0:34
52	77.3	74.2	73.7	74.2	0:18	0:21	0:31	0:39
53	68.4	73.3	68.4	72.7	0:19	0:20	0:31	0:38
54	71.0	74.0	70.3	73.6	0:20	0:22	0:32	0:40
55	79.5	83.1	78.3	81.9	0:17	0:21	0:27	0:34
56	68.1	64.1	60.5	64.1	0:16	0:19	0:25	0:33
57	70.1	64.9	69.6	64.9	0:17	0:19	0:27	0:33

ตารางที่ 7.5 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ และเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ (%)				เวลาที่ใช้ (นาที่:วินาที)			
	Heuristic 1	Heuristic 2	Initial_Heuristic 1	Initial_Heuristic2	Heuristic1	Heuristic2	Initial_Heuristic1	Initial_Heuristic2
58	70.8	70.5	68.8	70.5	0:16	0:18	0:29	0:35
59	72.7	69.2	72.7	67	0:16	0:19	0:30	0:35
60	66.1	61.4	64.2	61.4	0:17	0:22	0:32	0:37
61	75.7	65.7	68.7	62.6	0:15	0:17	0:28	0:32
62	70.5	60.0	64.7	55.9	0:11	0:13	0:19	0:27
63	55.5	49.0	50.7	48.4	0:13	0:14	0:19	0:28
64	66.6	68.5	66.2	66	0:15	0:14	0:20	0:29
65	77.4	78.0	77.4	76.6	0:13	0:13	0:19	0:27
66	77.6	68.9	76.3	68.9	0:17	0:18	0:27	0:34
67	73.4	77.8	69	75.1	0:16	0:17	0:26	0:32
68	67.7	72.2	67.7	71.5	0:17	0:18	0:27	0:34
69	74.3	70.0	70.4	69.5	0:19	0:19	0:28	0:36
70	72.4	70.7	72.4	70.7	0:20	0:18	0:31	0:33
71	73.6	67.9	68.4	65.8	0:13	0:17	0:22	0:29
72	69.7	67.7	69.6	67.7	0:19	0:19	0:28	0:36
73	71.2	72.6	70.2	68.5	0:21	0:21	0:29	0:36
74	77.3	75.4	76.5	72.6	0:13	0:17	0:21	0:29
75	74.7	76.6	73.9	75.4	0:13	0:18	0:23	0:32
76	68.1	64.1	60.5	64.1	0:11	0:15	0:19	0:27
77	74.0	71.1	69.1	62.9	0:12	0:17	0:19	0:28
78	70.8	70.5	68.8	70.5	0:17	0:18	0:27	0:34
79	76.6	72.7	75.6	71.6	0:19	0:19	0:28	0:36
80	78.0	73.0	72.5	73	0:20	0:21	0:29	0:36
81	76.2	68.3	75.4	65.1	0:12	0:17	0:21	0:31
82	64.8	60.0	60.5	59.5	0:10	0:12	0:19	0:26
83	55.5	49.0	50.7	48.4	0:17	0:21	0:29	0:35
84	65.4	63.2	65	62.5	0:21	0:22	0:33	0:36
85	77.9	76.0	77.7	74.5	0:17	0:20	0:31	0:35
86	88.7	83.0	86.4	80.5	0:19	0:18	0:27	0:34
87	79.7	75.6	77.5	73.9	0:17	0:19	0:28	0:36
88	73.3	70.0	71.2	67.5	0:16	0:18	0:27	0:34
89	70.8	67.3	68.6	66.5	0:16	0:18	0:27	0:35

ตารางที่ 7.5 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ และเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ (%)				เวลาที่ใช้ (นาที่:วินาที)			
	Heuristic 1	Heuristic 2	Initial_Heuristic 1	Initial_Heuristic2	Heuristic1	Heuristic2	Initial_Heuristic1	Initial_Heuristic2
90	66.8	64.5	65.6	63.3	0:17	0:19	0:29	0:36
91	88.7	83	86.4	80.5	0:12	0:20	0:30	0:38
92	79.7	75.6	77.5	73.9	0:17	0:28	0:25	0:35
93	73.3	70	71.2	67.5	0:18	0:21	0:27	0:34
94	70.8	67.3	68.6	66.5	0:18	0:20	0:30	0:38
95	77.9	75.3	76.6	73.9	0:16	0:19	0:29	0:36
96	88.7	83	86.4	80.5	0:17	0:19	0:25	0:33
97	88.7	83	86.4	80.5	0:16	0:19	0:27	0:33
98	88.7	83	86.4	80.5	0:17	0:22	0:29	0:36
99	88.7	83	86.4	80.5	0:17	0:23	0:32	0:37
100	88.7	83	86.4	80.5	0:13	0:19	0:33	0:38
101	88.7	83	86.4	80.5	0:17	0:19	0:26	0:35
102	88.7	83	86.4	80.5	0:18	0:20	0:27	0:33
103	88.7	83	86.4	80.5	0:19	0:21	0:30	0:37
104	88.7	83	86.4	80.5	0:20	0:20	0:31	0:38
105	88.7	83	86.4	80.5	0:12	0:17	0:32	0:38
106	79.7	75.6	77.5	73.9	0:13	0:18	0:24	0:32
107	79.7	75.6	77.5	73.9	0:16	0:19	0:25	0:34
108	79.7	75.6	77.5	73.9	0:17	0:28	0:29	0:36
109	79.7	75.6	77.5	73.9	0:19	0:22	0:27	0:34
110	79.7	75.6	77.5	73.9	0:13	0:28	0:31	0:36
111	79.7	75.6	77.5	73.9	0:16	0:19	0:24	0:34
112	79.7	75.6	77.5	73.9	0:18	0:20	0:27	0:34
113	79.7	75.6	77.5	73.9	0:20	0:28	0:30	0:37
114	79.7	75.6	77.5	73.9	0:19	0:23	0:29	0:36
115	79.7	75.6	77.5	73.9	0:12	0:17	0:31	0:37
116	79.7	75.6	77.5	73.9	0:13	0:19	0:24	0:32
117	79.7	75.6	77.5	73.9	0:17	0:19	0:25	0:34
118	79.7	75.6	77.5	73.9	0:17	0:28	0:27	0:33
119	79.7	75.6	77.5	73.9	0:19	0:22	0:27	0:34
120	79.7	75.6	77.5	73.9	0:11	0:16	0:31	0:36
121	79.7	75.6	77.5	73.9	0:13	0:19	0:23	0:31

ตัวอย่างที่	ประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ (%)				เวลาที่ใช้ (นาท:วินาที)			
	Heuristic 1	Heuristic 2	Initial_Heuristic 1	Initial_Heuristic2	Heuristic1	Heuristic2	Initial_Heuristic1	Initial_Heuristic2
122	79.7	75.6	77.5	73.9	0:18	0:20	0:25	0:33
123	79.7	75.6	77.5	73.9	0:19	0:20	0:27	0:34
124	79.7	75.6	77.5	73.9	0:20	0:28	0:28	0:35
125	79.7	75.6	77.5	73.9	0:17	0:23	0:32	0:37
126	88.7	83	86.4	80.5	0:16	0:18	0:27	0:34
127	79.7	75.6	77.5	73.9	0:16	0:18	0:27	0:35
128	73.3	70	71.2	67.5	0:17	0:19	0:29	0:36
129	70.8	67.3	68.6	66.5	0:17	0:20	0:30	0:38
130	66.8	64.5	65.6	63.3	0:16	0:22	0:31	0:39
131	88.7	83	86.4	80.5	0:17	0:12	0:19	0:26
132	79.7	75.6	77.5	73.9	0:17	0:21	0:29	0:35
133	73.3	70	71.2	67.5	0:18	0:21	0:27	0:34
134	70.8	67.3	68.6	66.5	0:19	0:20	0:31	0:39
135	77.9	75.3	76.6	73.9	0:16	0:22	0:31	0:38
136	88.7	83	86.4	80.5	0:17	0:19	0:25	0:33
137	88.7	83	86.4	80.5	0:17	0:19	0:27	0:33
138	88.7	83	86.4	80.5	0:16	0:21	0:27	0:34
139	88.7	83	86.4	80.5	0:16	0:18	0:27	0:35
140	88.7	83	86.4	80.5	0:13	0:19	0:29	0:36
141	88.7	83	86.4	80.5	0:17	0:17	0:24	0:32
142	88.7	83	86.4	80.5	0:21	0:19	0:27	0:33
143	88.7	83	86.4	80.5	0:23	0:22	0:33	0:36
144	88.7	83	86.4	80.5	0:25	0:23	0:33	0:38
145	88.7	83	86.4	80.5	0:13	0:24	0:34	0:39
146	79.7	75.6	77.5	73.9	0:17	0:17	0:22	0:29
147	79.7	75.6	77.5	73.9	0:18	0:21	0:27	0:34
148	79.7	75.6	77.5	73.9	0:19	0:22	0:27	0:35
149	79.7	75.6	77.5	73.9	0:18	0:28	0:28	0:35
150	79.7	75.6	77.5	73.9	0:13	0:21	0:27	0:34
151	79.7	75.6	77.5	73.9	0:13	0:17	0:22	0:29
152	79.7	75.6	77.5	73.9	0:17	0:18	0:25	0:34
153	79.7	75.6	77.5	73.9	0:18	0:18	0:27	0:34

ตารางที่ 7.5 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ และประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของฮิวริสติกส์เริ่มแรก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ (%)				เวลาที่ใช้ (นาที:วินาที)			
	Heuristic 1	Heuristic 2	Initial_Heuristic 1	Initial_Heuristic2	Heuristic1	Heuristic2	Initial_Heuristic1	Initial_Heuristic2
154	79.7	75.6	77.5	73.9	0:21	0:23	0:32	0:40
155	79.7	75.6	77.5	73.9	0:21	0:22	0:33	0:36
156	79.7	75.6	77.5	73.9	0:12	0:17	0:24	0:32
157	79.7	75.6	77.5	73.9	0:13	0:19	0:25	0:34
158	79.7	75.6	77.5	73.9	0:17	0:19	0:27	0:33
159	79.7	75.6	77.5	73.9	0:17	0:20	0:27	0:34
160	79.7	75.6	77.5	73.9	0:21	0:22	0:33	0:36
เฉลี่ย	76.2	85.8	74.1	71.5	0:16	0:19	0:27	0:34

จากตารางที่ 7.5 พบว่า หากพิจารณาแต่ละการทดลอง (individual test runs) แล้ว ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic1 และ Initial_Heuristic2 อยู่ระหว่าง 49.8-94.1% และ 44.7-81.9% ตามลำดับ หากพิจารณาค่าเฉลี่ยพบว่า มีค่า 74.1% และ 71.5% ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 จะมีค่าสูงกว่าฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 เล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 51.8-94.1% และ 46.1-85.1% และมีค่าโดยเฉลี่ย 76.2% และ 73.2% ตามลำดับ

หากพิจารณาเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1, และ Heuristic 2 พบว่ามีค่าน้อยมากโดยมีค่าน้อยกว่า 40 วินาที ซึ่งเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะไม่เพิ่มขึ้นตามขนาดของปัญหา ทั้งที่รวมเวลาที่ใช้ในการคำนวณ เวลาที่ใช้ในการเลื่อนเวลาของรถ และเวลาที่ใช้ในการแสดงผล อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาเฉพาะเวลาที่ใช้ในการคำนวณโดยยังไม่มีเวลาเลื่อนเวลาของรถ กรณีที่รถมาถึงพร้อมกันพบว่าทุกฮิวริสติกส์ใช้เวลาไม่ถึง 15 วินาที นั้นหมายความว่าฮิวริสติกส์ทั้ง 4 รูปแบบนั้นมีประสิทธิภาพที่สูงมาก

ในการประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์นั้น จะมีการประเมินโดยใช้วิธีทางสถิติ ซึ่งใช้ Factorial design ซึ่งได้มีการพิจารณาปัจจัยทั้ง 5 อย่างดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ในการวิเคราะห์ได้ใช้ซอฟต์แวร์ SAS for windows V8 ซึ่งได้แสดงผลไว้ในตารางภาคผนวกที่ จ.1 จากผลการวิเคราะห์พบว่า:

1. ปัจจัยใดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของฮิวริสติก Initial_Heuristic1 และ Initial_Heuristic 2 มีเพียงปัจจัยเดียว คือ ระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับนํ้านมดิบ
2. ปัจจัยใดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของฮิวริสติก Heuristic1 คือ ปริมาณนํ้านมดิบที่ศูนย์รับนํ้านมดิบ และระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับนํ้านมดิบ ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อฮิวริสติก Heuristic 2 คือ ระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับนํ้านมดิบเท่านั้น

7.3 การเปรียบเทียบคุณภาพคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 กับ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2

หัวข้อนี้จะทำการรายงานการหาค่าผลลัพธ์ที่ได้มีการปรับปรุง (Relative Improvement: RI) ของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 จากการได้ประยุกต์ใช้ทาบูลีเซิร์ช โดยใช้สมการที่ 7.2 ซึ่งผลการปรับปรุงของคำตอบแสดงได้ดังตารางที่ 7.6

$$RI = \frac{sol_Heuristic - sol_Initial}{sol_Initial} \times 100\% \quad (7.2)$$

เมื่อ RI = ค่าผลลัพธ์ที่มีการปรับปรุงระหว่างฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 และ Heuristic 2

Sol_Initial = ค่าคำตอบของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2

Sol_Heuristic = ค่าคำตอบของฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2

ตารางที่ 7.6 แสดงผลการปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้จากฮิวริสติกส์เริ่มแรก Initial_Heuristic1 และ Initial_Heuristic 2

ตัวอย่างที่	การพัฒนาของคำตอบเริ่มต้นโดยใช้วิธีทาบูลีเซิร์ช (%)	
	Initial_Heuristic 1	Initial_Heuristic2
1	0.0	2.2
2	0.0	2.2
3	5.0	0.0
4	1.0	0.0
5	1.3	9.2
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	1.1	0.0
12	0.5	0.0
13	0.0	0.0
14	2.6	0.5
15	0.5	2.1
16	4.2	1.6
17	1.3	6.7
18	2.0	0.0

ตารางที่ 7.6 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอีวีรติคัส และประสิทธิภาพการพัฒนาของ
คำตอบของอีวีรติคัสเริ่มแรก (ต่อ)

ตารางที่ 7.6 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิวิริสติกส์ และประสิทธิภาพการพัฒนาของ
คำตอบของอิวิริสติกส์เริ่มแรก (ต่อ)

ตารางที่ 7.6 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอีวีรติคัส และประสิทธิภาพการพัฒนาของ
คำตอบของอีวีรติคัสเริ่มแรก (ต่อ)

ตารางที่ 7.6 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ และประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของฮิวริสติกส์เริ่มแรก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	การพัฒนาของคำตอบเริ่มต้นโดยใช้วิธีหาบุเรช (%)	
	Initial_Heuristic 1	Initial_Heuristic2
112	2.2	1.7
113	2.2	1.7
114	2.2	1.7
115	2.2	1.7
116	2.2	1.7
117	2.2	1.7
118	2.2	1.7
119	2.2	1.7
120	2.2	1.7
121	2.2	1.7
122	2.2	1.7
123	2.2	1.7
124	2.2	1.7
125	2.2	1.7
126	2.3	2.6
127	2.2	1.7
128	2.1	2.5
129	2.2	0.8
130	1.1	1.2
131	2.3	2.6
132	2.2	1.7
133	2.1	2.5
134	2.2	0.8
135	1.3	1.4
136	2.3	2.6
137	2.3	2.6
138	2.3	2.6
139	2.3	2.6
140	2.3	2.6
141	2.3	2.6
142	2.3	2.6

ตารางที่ 7.6 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ และประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของฮิวริสติกส์เริ่มแรก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	การพัฒนาของคำตอบเริ่มต้นโดยใช้วิธีหาบุเรช (%)	
	Initial_Heuristic 1	Initial_Heuristic2
143	2.3	2.6
144	2.3	2.6
145	2.3	2.6
146	2.2	1.7
147	2.2	1.7
148	2.2	1.7
149	2.2	1.7
150	2.2	1.7
151	2.2	1.7
152	2.2	1.7
153	2.2	1.7
154	2.2	1.7
155	2.2	1.7
156	2.2	1.7
157	2.2	1.7
158	2.2	1.7
159	2.2	1.7
160	2.2	1.7
เฉลี่ย	2.0	1.7

จากตารางที่ 7.6 พบว่าหากพิจารณาแต่ละการทดลอง (individual test runs) แล้ว ฮิวริสติก Heuristic 1 จะให้คำตอบที่ดีกว่าฮิวริสติก Initial_Heuristic 1 ระหว่าง 0.0-7.6 % และฮิวริสติก Heuristic 2 จะให้คำตอบที่ดีกว่าฮิวริสติก Initial_Heuristic 2 ระหว่าง 0.0-9.2% ในการประเมินค่าปรับปรุงของคำตอบ (RI) ที่ได้จากฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 นั้น จะประเมินโดยวิธีทางสถิติซึ่งใช้ Factorial design โดยมีการพิจารณาปัจจัยทั้ง 5 อย่างดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ในการวิเคราะห์ได้ใช้ซอฟต์แวร์ SAS for windows V8 ซึ่งได้แสดงผลไว้ในตารางภาคผนวกที่ ฉ.2 จากผลการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยใดที่มีผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของฮิวริสติก Initial_Heuristic1 คือ ปริมาณน้ำมันดิบที่ศูนย์รับน้ำมันดิบ ส่วนปัจจัยใดที่มีผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของฮิวริสติก Initial_Heuristic 2 คือ ระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับน้ำมันดิบ ปริมาณน้ำมันดิบที่ศูนย์รับน้ำมันดิบ และจำนวนศูนย์รับน้ำมันดิบ

บทที่ 8

กลยุทธ์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์

8.1 กลยุทธ์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์ (Logistics)

กลยุทธ์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์ (Logistics) ได้แบ่งกลยุทธ์เป็น 4 ด้านคือ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านการขนส่ง ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง และด้านการจัดการข้อมูลและติดต่อสื่อสาร ซึ่งรายละเอียดของแต่ละด้านสามารถสรุปได้ดังนี้

8.1.1 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก

สิ่งอำนวยความสะดวกในการดำเนินการแปรรูปนมพาสเจอร์ไรส์นั้น ได้แก่ รถบรรทุก ถังรับน้ำนมดิบ และห้องรับนม เป็นต้น ซึ่งทั้งในศูนย์ และโรงงานจำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกให้มีความเพียงพอกับการดำเนินการ เช่น ศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ หากมีห้องรับน้ำนมดิบไม่เพียงพอจะทำให้เวลาที่ใช้ในการรับน้ำนมดิบจากเกษตรกรเป็นไปด้วยความล่าช้าและส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงมากขึ้น และที่สำคัญคืออาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำนมดิบได้ นอกจากนี้ สำหรับรถที่ใช้ในการบรรทุกน้ำนมดิบนั้นจะต้องมีระบบการดูแลรักษาที่มีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะทำให้รถบรรทุกมีสภาพที่เหมาะสมในการใช้งาน หากรถบรรทุกคันใดที่ต้องรับน้ำนมดิบจากศูนย์ มากกว่า 1 แห่ง แล้วรถบรรทุกคันนั้นควรไปรับน้ำนมดิบศูนย์ที่ห่างไกลก่อน เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง แต่อย่างไรก็ตาม ในการจัดลำดับเส้นทางการขนส่งนี้ ได้แสดงรายการรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 8.1.2 และ 8.1.4

8.1.2 ด้านการขนส่ง

ในด้านการขนส่งนั้น สามารถแบ่งการขนส่งนมในช่วงโลจิสติกส์เข้าเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกเป็นการขนส่งนมของเกษตรกรจากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ และการขนส่งนมจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบมายังโรงงาน โดยในการขนส่งระยะแรก เกษตรกรจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ส่วนการขนส่งในระยะที่ 2 โรงงานจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เพื่อให้การขนส่งนมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการด้านในช่วงโลจิสติกส์เข้าจึงสามารถสรุปได้ดังนี้

การขนส่งในระยะที่ 1 การขนส่งนมของเกษตรกรจากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ

- ในการขนส่งนมของเกษตรกรจากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่จะส่งน้ำนมดิบมายังโรงงานเอง ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80) เป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีปริมาณน้ำนมดิบน้อยกว่า 200 กิโลกรัม/วัน ดังนั้น เพื่อให้เกิดความรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (economy of scale and economy of distance) เกษตรกรควรมีการรวมกลุ่มในการขนส่ง โดยอาจจะให้เกษตรกรรายใหญ่ที่มีศักยภาพหรือมีความพร้อมเกี่ยวกับรถบรรทุกในการขนส่งเป็นผู้จัดการรวบรวมปริมาณน้ำนมของเกษตรกรรายย่อยที่อยู่ในเส้นทางหรือบริเวณใกล้เคียง อย่างไรก็ตามในบางพื้นที่อาจจะมีการรวมกลุ่มเพื่อการขนส่งน้ำนมดิบอยู่แล้ว แต่ในหลายๆ พื้นที่ยังไม่มีการดำเนินการดังกล่าวอย่างจริงจัง ทั้งนี้เนื่องจากความยุ่งยากในการบริหารจัดการหากมีจำนวนเกษตรกรรายย่อยจำนวนมาก และมีที่ตั้งของฟาร์มอยู่อย่างกระจายกระจาย อย่างไรก็ตาม หากได้มีการนำการวิจัยที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ในการขนส่งดังกล่าว จะทำให้การขนส่งน้ำนมดิบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นและเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งให้กับเกษตรกรโดยตรง

- กำหนดเวลาที่เกษตรกรมาส่งน้ำนมดิบที่ศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบในตอนเช้า คือ 7:00 – 8:00 น. และตอนเย็น คือ 16:30 – 17:30 น. ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมกับการมาส่งน้ำนมดิบและสัมพันธ์กับการรีดน้ำนมดิบเนื่องจากเป็นเวลาที่โคนมให้น้ำนมดิบมากที่สุด

- การกำหนดเวลาที่เกษตรกรมาส่งนํ้านมดิบที่ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบจะแบ่งช่วงเวลา (Time slots) ในแต่ละมื้อมื้อ ทั้งในตอนเช้าและตอนเย็น และควรแบ่งเป็นหลายช่วง เพื่อใช้ในการกำหนดให้เกษตรกรแต่ละรายเข้าเป็นช่วงเพื่อทำให้การบริหารจัดการเวลาที่เกษตรกรมาส่งนํ้านมดิบยังศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมีความยืดหยุ่นและต่อเนื่อง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้กระบวนการรับนมที่ศูนย์ เป็นไปอย่างรวดเร็วและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอุปกรณ์รับนม และที่สำคัญคือทำให้การขนส่งนํ้านมดิบมายังโรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการผลิตนมก็เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และจำนวนครั้งของการล้างถังพักนมที่โรงงานและศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมีจำนวนครั้งในการล้างต่ำ
- ถ้าเกษตรกรมาส่งนํ้านมดิบที่ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบเกินช่วงเวลาที่ยอมรับ กำหนด ต้องเสียค่าปรับ ในกรณีดังกล่าว ศูนย์ ควรนำเงินส่วนที่ได้จากการปรับเกษตรกรที่มาส่งนํ้านมดิบเข้ามาให้กับเกษตรกรที่มาส่งนํ้านมดิบตรงเวลาเพื่อให้เกษตรกรมีความกระตือรือร้นในการมาส่งนํ้านมดิบยังศูนย์ ให้ตรงเวลา
- ควรมีการเตรียมงาน (เช่น การปลดล๊อคฝาของถังนํ้านมดิบ) ของรถส่งนํ้านมดิบของเกษตรกร คันถัดไปก่อนทำการ load นํ้านมดิบสู่ถังพักนมของศูนย์ เพื่อลดระยะเวลานำ (Lead Time) และนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ดังแสดงในภาพที่ 8.1



ภาพที่ 8.1 แสดงการขนส่งนํ้านมดิบของเกษตรกรที่ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบ

การขนส่งในระยะที่ 2 การขนส่งจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมายังโรงงาน

ในการขนส่งนมจากศูนย์ มายังโรงงานนั้น จำเป็นต้องมีการใช้ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับระบบของการขนส่งนํ้านมดิบของโรงงานในปัจจุบัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบซอฟต์แวร์ดังกล่าวขึ้น โดยมีเป้าหมายในการเลือกเส้นทางและปริมาณการรับนํ้านมดิบจากศูนย์ ต่างๆ มายังโรงงานโดยพิจารณาเวลาออกและเวลากลับมายังโรงงาน (Time window constraints) ของรถบรรทุกที่ทำให้กระบวนการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และทำให้ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมและค่าใช้จ่ายในการขนส่งมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นจะช่วยให้การตัดสินใจในการวางแผนการขนส่งนํ้านมดิบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เพราะสามารถปรับให้ทันต่อความไม่แน่นอนในสถานการณ์ต่างๆ ได้ในเวลาที่รวดเร็ว เช่น ปริมาณนํ้านมดิบมีการเปลี่ยนแปลง จำนวนรถที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง หรือการ break down ของรถบรรทุกหรือเครื่องจักรในระบบการผลิต เป็นต้น ดังนั้นกลยุทธ์การบริหารจัดการด้านการขนส่งนํ้านมดิบจากศูนย์ มายังโรงงาน สามารถสรุปได้ดังนี้

- เพื่อให้ระบบการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง รถบรรทุกแต่ละคันจะต้องมาถึงโรงงานไม่เกินเวลาที่กำหนดเพื่อให้ทันเวลาการผลิตของโรงงาน โดยการกำหนดเวลามาถึงโรงงานจำเป็นต้องพิจารณาเวลาครบรอบของการผลิต (Cycle time) เป็นสำคัญ นั่นหมายความว่า เวลาในการขนส่งจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมายังโรงงาน รวมกับเวลาตรวจคุณภาพนํ้านมดิบ เวลาขนถ่ายนํ้านมดิบเข้าสู่ถังพักนมของโรงงาน และเวลาเผื่อสำหรับความไม่แน่นอนต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น จะต้องไม่เกินเวลาครบรอบของการผลิต
- รถบรรทุกแต่ละคันจะต้องมาถึงโรงงานไม่เกินเวลาที่กำหนดเพื่อให้ทันเวลาการผลิตของโรงงาน โดยสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 8.1 เพื่อที่จะเผื่อเวลาสำหรับความไม่แน่นอนต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นได้

ตารางที่ 8.1 : แสดงการกำหนดเวลาถึงโรงงานของรถบรรทุก

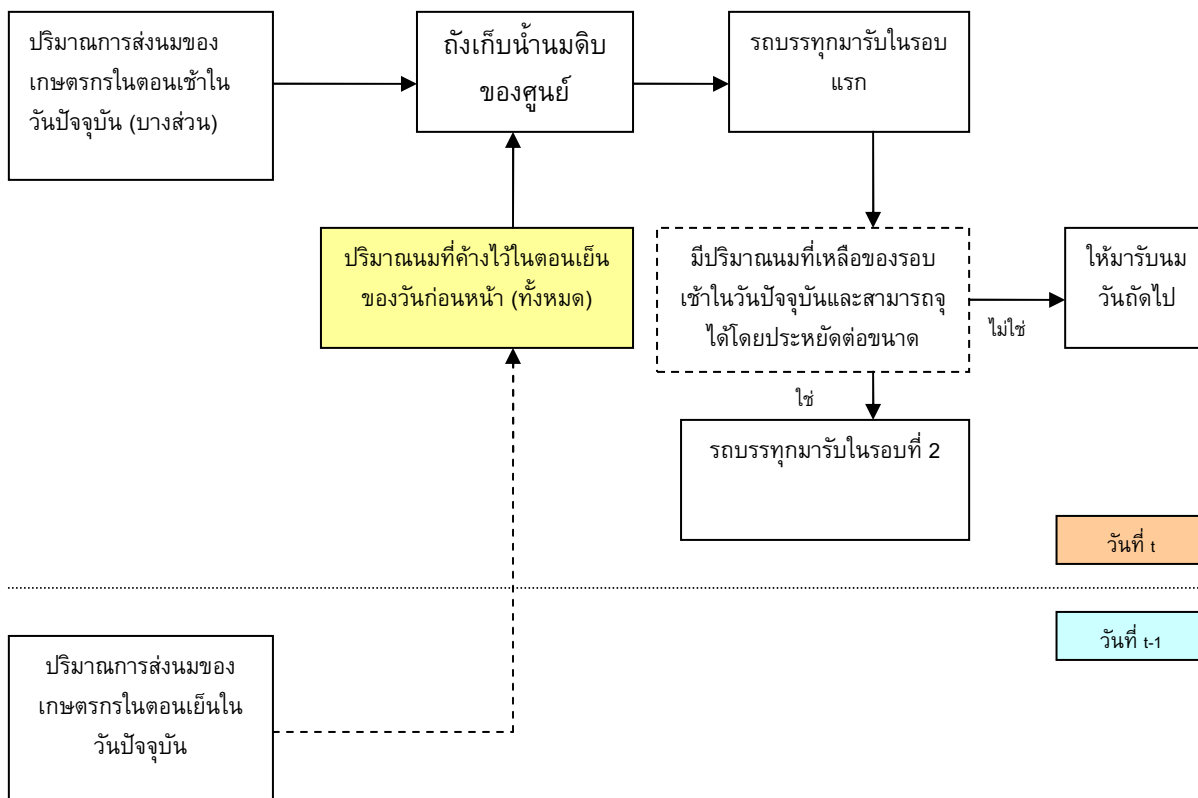
รถคันที่	เวลาถึงโรงงาน (น.)	เวลาตรวจคุณภาพนมเสร็จ (น.)	เวลาส่งนํ้านมดิบลงถังพักนมโรงงานเสร็จ (น.)	เวลาล้างถังพักนมรถบรรทุกเสร็จ (น.)
1	8:00	9:00	10:00	11:00
2	9:00	10:00	11:00	12:00
3	11:00	12:00	13:00	14:00
4	12:00	13:00	14:00	15:00
5	14:00	15:00	16:00	17:00
6	15:00	16:00	17:00	18:00
7	17:00	18:00	19:00	20:00
8	18:00	19:00	20:00	21:00

- รถบรรทุกที่ไปรับนํ้านมดิบ 2 รอบต้องได้รับการขนถ่ายนํ้านมดิบในรอบที่ 1 ลงสู่ถังพักนมที่โรงงานก่อนรถบรรทุกคันที่ไปรับนํ้านมดิบเพียงรอบเดียว
- รถบรรทุกที่ต้องไปรับนํ้านมดิบในรอบที่ 2 ต้องออกจากโรงงานเวลา 12:00 น. เนื่องจากเมื่อมาถึงโรงงานในรอบที่ 1 ต้องทำการตรวจคุณภาพนํ้านมดิบ 1 ชั่วโมง ขนถ่ายนํ้านมดิบเข้าสู่ถังพักนมของโรงงาน (10 ดัน/ชั่วโมง) และล้างถังของรถบรรทุก 1 ชั่วโมง
- หากพิจารณาถึงน้ำหนักบรรทุกการจัดเส้นทางเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคันจะไปรับนํ้านมดิบจากศูนย์ที่อยู่ไกลที่สุดก่อน เพื่อจะช่วยทำให้ประหยัดนํ้ามันมากขึ้น

8.1.3 ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง

ในปัจจุบัน เกษตรกรได้นำส่งนํ้านมดิบให้แก่ศูนย์ฯ 2 รอบคือ ในช่วงเช้าและช่วงบ่าย ดังนั้นการจัดการสินค้าคงคลังจึงเป็นเรื่องสำคัญที่นำมาพิจารณาเพื่อลดค่าใช้จ่ายและทำให้การขนส่งนํ้านมดิบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ซึ่งกลยุทธ์การจัดการสินค้าคงคลังสามารถทำได้โดยการจัดปริมาณนมที่เหมาะสมกับแต่ละรอบของการรับนม (หากศูนย์ฯ นั้นมีปริมาณนํ้านมมากและจำเป็นต้องรับนํ้านมดิบมากกว่า 1 รอบ) และควรมีการกะปริมาณนํ้านมดิบที่เหมาะสมกับขนาดของรถบรรทุกที่จะต้องเก็บไว้เพื่อรอให้รถมารับได้ทันทีในตอนเช้าในวันถัดไป ซึ่งการจัดเก็บปริมาณนํ้านมดิบให้เป็นสินค้าคงคลังดังกล่าว จะช่วยลดเวลาการรอคอยในการรับนํ้านมดิบของ

รถบรรทุกและทำให้การใช้รถบรรทุกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากรถบรรทุกมีเวลาเพียงพอที่สามารถนำไปใช้ในการรับน้ำนมดิบในรอบที่ 2 ได้ ดังแสดงในรูปที่ 8.2



รูปที่ 8.2 : แสดงปริมาณการจัดเก็บน้ำนมดิบ

8.1.4 ด้านการจัดการข้อมูลและการติดต่อสื่อสาร

กลยุทธ์การจัดการข้อมูลและการติดต่อสื่อสาร สามารถสรุปได้ดังนี้

- การติดต่อประสานงานระหว่างศูนย์ฯ กับเกษตรกรรายใหญ่ เพื่อทราบปริมาณและเวลาการขนส่งน้ำนมดิบ และส่งข้อมูลให้กับโรงงานเพื่อให้โรงงานจะได้จัดตารางการรับน้ำนมดิบได้อย่างเหมาะสม โดยการติดต่อประสานงานระหว่างศูนย์ฯ กับเกษตรกรรายใหญ่นั้นควรหาแนวทางให้เกษตรกรรายใหญ่มาส่งน้ำนมดิบในช่วง time slot แรกๆ เพื่อลดเวลาในขั้นตอนการรับน้ำนมดิบลง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้การรับน้ำนมดิบของรถบรรทุกไปยังโรงงานมีปริมาณที่เพียงพอต่อระบบการผลิตและสามารถไปถึงโรงงานได้เร็วขึ้น ซึ่งเป็นการใช้รถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ควรมีการนำเทคนิคการพยากรณ์ปริมาณน้ำนมดิบในแต่ละฤดูกาล เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการน้ำนมดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งคณะวิจัยได้มีการอบรมสัมมนาการพยากรณ์

โดยเทคนิคต่างๆ พร้อมกับการใช้ software การพยากรณ์ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการน้ำมดบได้ในแต่ละฤดูกาลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

บทที่ 9

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

9.1 การสรุปผลการศึกษา (Research Summary)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนมของโรงงานผลิตนมขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น โดยพิจารณาเฉพาะจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมายังโรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางการขนส่งนํ้านมดิบเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่โรงงานและค่าขนส่ง โดยการให้รถบรรทุกขนส่งนํ้านมดิบมายังโรงงานให้มีอัตราการมาแบบเป็นเวลาและมาพร้อมกันหลายๆคันในระยะเวลาที่สั้นที่ทำให้นํ้านมดิบถูกส่งลงสู่ถังพักนมของโรงงานให้พร้อมกันเพียง เพื่อลดจำนวนการใช้ถังพักนมและค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมน้อยลงโดยกระบวนการผลิตนมต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปัจจุบัน โรงงานจะไปรับนํ้านมดิบจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบหลายศูนย์ซึ่งกระจายตามพื้นที่ต่างๆ ซึ่งศูนย์รวมนํ้านมดิบจะมีปริมาณนํ้านมดิบที่แตกต่างกันออกไป โดยขึ้นอยู่กับจำนวนของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม จำนวนโคนม และอัตราการให้นมเฉลี่ยต่อตัว โดยปกติแล้วเกษตรกรจะส่งนํ้านมดิบให้แก่ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบทุกวัน โดยเกษตรกรจะต้องเป็นผู้ขนส่งมายังศูนย์ฯ เอง และส่วนใหญ่จะอยู่กระจัดกระจายและห่างจากศูนย์ฯ ในรัศมี 400 เมตร - 50 กิโลเมตร ในการขนส่งนํ้านมดิบนั้น รถที่เกษตรกรใช้โดยส่วนใหญ่คือ รถบรรทุก 6 ล้อ รถกระบะ ซึ่งอาจจะเป็นรถจ้างเหมาหรือรถของเกษตรกรเอง หากเกษตรกรรายได้อยู่ใกล้กับศูนย์รับนํ้านมดิบและมีปริมาณนมไม่มากนักก็จะใช้รถจักรยานยนต์หรือรถเข็น

ในการรับนํ้านมดิบจากเกษตรกรที่ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบ ศูนย์ฯ จะต้องเปิดอุปกรณ์ที่ต้องลดอุณหภูมิ นํ้านมดิบจากเกษตรกรให้ได้ 4°C ก่อนทำการขนส่งไปยังโรงงานเพื่อป้องกันการบูดเสีย จากข้อจำกัดนี้ ศูนย์ฯ จำเป็นต้องมีระบบการจัดการที่ยังเหมาะสม เช่น การจัดคิวให้เกษตรกรมาส่งนํ้านมดิบเพื่อให้ปริมาณของนํ้านมดิบมีความสม่ำเสมอ และใช้เวลาในการ unload/load นํ้านมดิบให้สั้นที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ทำความเย็นที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานโดยตรง ซึ่งในการขนส่งนํ้านมดิบจากศูนย์รวบรวมนมมายังโรงงานนั้น รถที่ใช้จะเป็นรถบรรทุกที่มีหลายขนาด ซึ่งรถบรรทุกโดยส่วนใหญ่จะมีช่องบรรจุนม 3 ช่องที่บรรจุได้โดยอิสระต่อกัน เนื่องจากนมเป็นสินค้าเกษตรที่เน่าเสียง่าย เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของนํ้านมดิบให้มีคุณภาพที่ดี ช่องรับนํ้านมดิบแต่ละช่องไม่ควรมีการผสมกันของนํ้านมดิบต่างศูนย์ฯ และต่างมือ และนํ้านมดิบที่รวบรวมได้จำเป็นต้องมีการรักษาอุณหภูมิตั้งแต่อยู่ในถังบรรจุ นํ้านมดิบของรถบรรทุกที่ไปรับจากแต่ละศูนย์ฯ ไปจนถึงกระบวนการผลิต โดยปกติแล้ว รถบรรทุกแต่ละคันจะไปรับนมจากหลายศูนย์เนื่องจากนํ้านมดิบจากบางศูนย์มีปริมาณไม่มากนัก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีอย่างยิ่งที่ต้องมีการจัดระบบการขนส่งรถบรรทุกนมที่ไปส่งยังโรงงานผลิตนมให้มีประสิทธิภาพ ต้องขนส่งรวดเร็ว และสามารถบรรทุกนมได้จำนวนมากตามปริมาตรการบรรจุของรถบรรทุก เพื่อให้ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยมีค่าต่ำที่สุด

เมื่อรถบรรทุกมาถึงโรงงานกระบวนการแรกของการผลิตนม คือการตรวจคุณภาพของนํ้านมดิบ ถ้า นํ้านมดิบได้คุณภาพตามที่ต้องการก็นำนํ้านมดิบจากรถบรรทุกเข้าสู่ถังพักนมโดยระบบท่อส่งจากนํ้านมดิบจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตทันที อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการผลิตนมจากกระบวนการนำนํ้านมดิบสู่ถังพักนมของโรงงานคือ นํ้านมดิบจากรถบรรทุกที่รออยู่หรือมาถึงโรงงานพร้อมกันจะถูกนำเข้าสู่ถังพักนมเพียงครั้งเดียวเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมลง หลังจากนั้นนํ้านมดิบจากถังพักนมถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตแล้ว โรงงานจะต้องทำความสะอาดถังพักนมทันทีเพื่อที่จะป้องกันการบูดเสียของนมของล็อต (Lots) ต่อไปที่จะต้องถูกพักไว้ที่ถังพัก

จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้โรงงานผลิตนมของ อ.ส.ค. จังหวัดขอนแก่น มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง 2 ประเภทคือ (1) ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ซึ่งจะมีค่าที่สูงมากหากปริมาณน้ำนมดิบในถังบรรจุของรถบรรทุกมีน้อย เพราะทำให้มีจำนวนครั้งในการขนส่งมากขึ้น (2) ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถังพักนมคือ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าสารเคมี และค่าแรงงาน ค่อนข้างสูง ซึ่งในปัจจุบันการขนส่งน้ำนมดิบของรถบรรทุกนมส่วนใหญ่จะบรรทุกนมได้ไม่เต็มคันรถ ประกอบกับการที่รถบรรทุกมีอัตราการมาถึงโรงงานไม่เป็นเวลาและมาไม่พร้อมกัน ทำให้ไม่สามารถบรรจุนมได้เต็มปริมาณของถังพักนม และทำให้ต้องใช้ถังพักนมที่บรรจุนมก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตจำนวนหลายถังต่อวัน ดังนั้นทางโรงงานจึงต้องมีการทำความสะอาดถังวันละหลายครั้งก่อนที่จะบรรจุนมเข้าไปใหม่ไม่เช่นนั้นจะทำให้หมักครั้งใหม่ที่บรรจุอยู่ในถังพักนมบูดได้เนื่องจากมีคราบนมติดอยู่ที่ก้นถัง

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนม โดยพิจารณาเฉพาะจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบมายังโรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางการขนส่งน้ำนมดิบเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่โรงงานและค่าขนส่ง โดยการให้รถบรรทุกขนส่งน้ำนมดิบมายังโรงงานให้มีอัตราการมาแบบเป็นเวลาและมาพร้อมกันหลายๆ คันในระยะเวลาที่สั้นๆ ที่ทำให้น้ำนมดิบถูกส่งลงสู่ถังพักนมของโรงงานให้พร้อมกันเพียง เพื่อลดจำนวนการใช้ถังพักนมและค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถังพักนมอย่างลงโดยกระบวนการผลิตนมต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบของปัญหา คณะวิจัยได้เริ่มต้นที่การพัฒนาแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution) ของปัญหา โดยวิธีการโปรแกรมเชิงจำนวนเต็มและไม่เป็นจำนวนเต็ม (Mixed Integer Programming: MIP) จำนวน 4 รูปแบบ คือ: **รูปแบบที่ 1:** กรณีที่ช่องบรรจุน้ำนมดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำนมดิบมากกว่า 1 ศูนย์และน้ำนมดิบต่างมือนอกกัน แต่ไม่เกิน 2 มื้อ และ**ไม่มีการพิจารณาเวลา**ในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำนมดิบเสร็จ **รูปแบบที่ 2:** กรณีที่ช่องบรรจุน้ำนมดิบแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะมีการผสมน้ำนมดิบมากกว่า 1 ศูนย์และน้ำนมดิบต่างมือนอกกันแต่ไม่เกิน 2 มื้อ รวมทั้ง**มีการกำหนดเวลา**ในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำนมดิบเสร็จ **รูปแบบที่ 3:** กรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกจะ**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำนมดิบต่างศูนย์ แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำนมดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำนมดิบไม่เกิน 2 มื้อ และ**ไม่มีการพิจารณาเวลา**ในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำนมดิบเสร็จ และ **รูปแบบที่ 4:** กรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุก**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำนมดิบต่างศูนย์ แต่หากจะมีการผสมต้องเป็นน้ำนมดิบจากศูนย์เดียวกันและมีการผสมของน้ำนมดิบไม่เกิน 2 มื้อ รวมทั้ง**มีการกำหนดเวลา**ในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำนมดิบเสร็จ

จากผลการศึกษาพบว่า รูปแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาของโรงงานได้ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของปัญหานี้มีข้อจำกัดของการพิจารณา**การกำหนดเวลา**ในการออกและกลับมาที่โรงงานของรถบรรทุกเมื่อรับน้ำนมดิบเสร็จ (Time Windows Constraints) การพิจารณาการ**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำนมดิบต่างศูนย์ของช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุก ตลอดจนการพิจารณาค่า parameters ที่เพิ่มขึ้น เช่น จำนวนรถมีหลายคันและหลายขนาด จำนวนศูนย์หรือปริมาณนมในแต่ละศูนย์เพิ่มมากขึ้น เป็นต้น ทำให้การหาผลเฉลยที่ดีที่สุดอาจใช้เวลาการคำนวณหาผลเฉลยนานมากหรืออาจเป็นไปได้ที่จะหาผลเฉลยที่ดีที่สุด ดังนั้น คณะวิจัยจึงได้นำเสนอวิธีการทางฮิวริสติกส์เพื่อใช้หาคำตอบที่ยอมรับได้สำหรับปัญหาคณิตศาสตร์ดังกล่าวในปัจจุบัน โดยฮิวริสติกส์ที่ได้พัฒนาขึ้นมามี 2 รูปแบบ คือ “Heuristic 1” ซึ่งใช้ในกรณีที่มีการผสมของน้ำนมดิบในช่องรับนมเดียวกันบนรถบรรทุกไม่เกิน 2 ศูนย์และไม่เกิน 2 มื้อ (เข้าและเย็น) ส่วนฮิวริสติกที่ 2 คือ “Heuristic 2” ซึ่งใช้ในกรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุก**ไม่มีการผสมกัน**ของน้ำนมดิบต่างศูนย์และต่างมื้อ เนื่องจากต้องคำนึงถึงคุณภาพของน้ำนมดิบที่นำส่งน้ำนมดิบมายังโรงงาน วิธีฮิวริสติกทั้ง 2 วิธีจะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ระยะ

คือ ระยะที่1 การพัฒนาฮิวริสติกเพื่อให้ได้คำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) และระยะ ที่ 2 คือการพัฒนาคำตอบเริ่มแรกจากระยะที่ 1 โดยใช้วิธีทางเมตา-ฮิวริสติก (Meta - Heuristic) คือ วิธีทาบูลาร์เซิร์ช (Tabu Search)

เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพของฮิวริสติกส์ที่ได้พัฒนาขึ้น จึงต้องทำการประสิทธิภาพก่อนนำไปใช้ โดยเปรียบเทียบกับ ขีดจำกัดล่าง (lower bound) โดยหลักการ (Key Idea) ในการหาค่าขีดจำกัดล่างที่ได้พัฒนาขึ้นได้พิจารณาทั้งระยะทางการขนส่งและจำนวนครั้งของการล้างถังพักนมนมดิบที่ต่ำที่สุด นอกจากการประเมินการประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์แล้ว ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของฮิวริสติกส์ “Heuristic 1” และ “Heuristic 2” และทดสอบประสิทธิภาพของการจัดลำดับการขนส่งนมนมดิบของโรงงานกรณีศึกษาด้วยเช่นกัน ดังนั้นเพื่อให้การทดลองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้ผลการวิเคราะห์น่าเชื่อถือ คณะวิจัยจึงได้ทำการทดลองโดยใช้ Factorial Design เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ทั้งสอง และหาประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของฮิวริสติกส์ “Heuristic 1” และ “Heuristic 2” จากคำตอบเริ่มแรกโดยใช้ฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 ตามลำดับ โดยในการทดสอบมีการพิจารณาปัจจัย 5 ปัจจัย ดังนี้คือ (1) ระยะทางเฉลี่ยระหว่างศูนย์ (2) ขนาดรถ (3) จำนวนรถ (4) ปริมาณนมนมดิบเฉลี่ยของแต่ละศูนย์ และ (5) จำนวนศูนย์ จากนั้นได้ทำการสุ่มข้อมูลต่างๆ จากค่าที่กำหนดและนำมาใช้ในการทดลองโดยใช้ตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 160 ตัวอย่าง ในการวิเคราะห์ได้ใช้ซอฟต์แวร์ SAS for windows V8 หากพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ จากผลการวิเคราะห์พบว่า:

1. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของฮิวริสติก Initial_Heuristic1 คือ ขนาดความจุของรถบรรทุกและจำนวนรถบรรทุก ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อฮิวริสติก Initial_Heuristic2 คือ ขนาดความจุของรถบรรทุกจำนวนรถบรรทุก และระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับนมนมดิบ
2. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของฮิวริสติก Heuristic1 คือ ปริมาณนมนมดิบที่ศูนย์รับนมนมดิบ ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อฮิวริสติก Heuristic2 คือ ปริมาณนมนมดิบที่ศูนย์รับนมนมดิบ ระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับนมนมดิบ และจำนวนศูนย์รับนมนมดิบ

ในการหาค่าประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ คณะวิจัยได้ code ฮิวริสติกส์ทั้งสี่ (Initial_Heuristic1, Initial_Heuristic2, Heuristic1, และ Heuristic 2) ด้วยภาษา JAVA และ run บนเครื่อง PC 1.7 GHz 512 Megabyte Ram และได้ทำการประเมินค่า 2 ลักษณะคือ (1) คุณภาพของฮิวริสติกส์ และ (2) เวลาที่ใช้ในการคำนวณ (CPU Time) จากทดลองพบว่า หากพิจารณาแต่ละการทดลอง (individual test runs) แล้ว ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic1 และ Initial_Heuristic2 อยู่ระหว่าง 49.8-94.1% และ 44.7-81.9% ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ย 74.1% และ 71.5% ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 จะมีค่าสูงกว่าฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 เล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 51.8-94.1% และ 46.1-85.1% และมีค่าโดยเฉลี่ย 76.2 และ 73.2% ตามลำดับ

หากพิจารณาเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Heuristic 1, และ Heuristic 2 พบว่ามีค่าน้อยมากโดยมีค่าน้อยกว่า 40 วินาที ซึ่งเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะไม่เพิ่มขึ้นตามขนาดของปัญหา ทั้งที่รวมเวลาที่ใช้ในการคำนวณ เวลาที่ใช้ในการเลื่อนเวลาของรถ และเวลาที่ใช้ในการแสดงผล อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาเฉพาะเวลาที่ใช้ในการคำนวณโดยยังไม่มีเวลาในการเลื่อนเวลาของรถกรณีทั้งหมดมาถึงพร้อมกันพบว่าทุกฮิวริสติกส์ใช้เวลาไม่ถึง 15 วินาที นั้นหมายความว่าฮิวริสติกส์ทั้ง 4 รูปแบบนั้นมีประสิทธิภาพที่สูงมาก

ส่วนผลการหาประสิทธิภาพการพัฒนาของคำตอบของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 พบว่า หากพิจารณาแต่ละการทดลอง (individual test runs) แล้ว ฮิวริสติก Heuristic 1 จะให้คำตอบที่ดีกว่าฮิวริสติก Initial_Heuristic 1 ระหว่าง 0.0-7.6 % และฮิวริสติก Heuristic 2 จะให้คำตอบที่ดีกว่าฮิวริสติก Initial_Heuristic 2 ระหว่าง 0.0-9.2% ในการประเมินค่าปรับปรุงของคำตอบ (RI) ที่ได้จากฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 นั้น จะประเมินโดยวิธีทางสถิติซึ่งใช้ Factorial design โดยมีการพิจารณาปัจจัยทั้ง 5 อย่างดังที่กล่าวมาแล้วนั้น จากการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยใดที่มีผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของฮิวริสติก Initial_Heuristic1 คือ ปริมาณน้ำหนักบรรทุกที่ศูนย์รับน้ำหนัก ส่วนปัจจัยใดที่มีผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของฮิวริสติก Initial_Heuristic 2 คือ ระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์รับนม/ระยะทางระหว่างศูนย์รับน้ำหนัก ปริมาณน้ำหนักบรรทุกที่ศูนย์รับน้ำหนัก และจำนวนศูนย์รับน้ำหนัก จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1, Initial_Heuristic 2, Initial_Heuristic1 และ Initial_Heuristic 2 สามารถสรุปได้ว่า สถานประกอบการสามารถเลือกใช้ฮิวริสติกส์ Initial_Heuristic 1 Initial_Heuristic 2 ก็ได้ เนื่องจากฮิวริสติกส์ทั้งสองนี้ก็สามารถให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีและใกล้เคียงกับฮิวริสติกส์ Heuristic 1 และ Heuristic 2 หากสถานประกอบการเลือกใช้ฮิวริสติก Initial_Heuristic 1 และ Initial_Heuristic 2 ก็จะทำให้เกิดความสะดวกโดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของทาบูลาร์ นอกจากนั้นระบบฮาร์ดแวร์ที่จะมารองรับกับโปรแกรมก็ไม่จำเป็นต้องมีประสิทธิภาพที่สูงมาก

เนื่องจากในปัจจุบันโรงงานได้มีรูปแบบการวางแผนการใช้รถบรรทุกในการไปรับน้ำหนัก โดยช่องบรรทุกน้ำหนักในแต่ละช่องของรถบรรทุกมีการผสมน้ำหนักมากกว่า 1 ศูนย์ และมีการผสมน้ำหนักต่างม้อกันแต่ไม่เกิน 2 ม้อ และได้มีการพิจารณา Time Window Constraints ดังนั้น ในการประเมินประสิทธิภาพการวางแผนการจัดรถบรรทุกของโรงงานต่อค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงพิกณของโรงงานและศูนย์รับนม และค่าขนส่งในปัจจุบัน คณะวิจัยได้มีการทดสอบทั้งสิ้น 29 ตัวอย่าง จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพของการวางแผนการใช้รถบรรทุกในการไปรับน้ำหนักในปัจจุบันของโรงงานมีค่าอยู่ระหว่าง 85.90 - 96.12 % โดยมีค่าเฉลี่ย 91.36 %

นอกจากนี้ คณะวิจัยได้เสนอกลยุทธ์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์ (Logistics) ขาเข้า (Inbound Logistics) ของอุตสาหกรรมนม โดยได้แบ่งกลยุทธ์เป็น 4 ด้านคือ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านการขนส่ง ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง และด้านการจัดการข้อมูลและติดต่อสื่อสาร ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ซึ่งทั้งศูนย์ฯ และโรงงานจำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกให้มีความเพียงพอกับการดำเนินการ มิฉะนั้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการดำเนินการเป็นไปด้วยความล่าช้าและส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงมากขึ้น และที่สำคัญคืออาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำหนักได้ นอกจากนี้ สำหรับรถที่ใช้ในการบรรทุกน้ำหนักนั้นจะต้องมีระบบการดูแลรักษาที่มีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะทำให้รถบรรทุกมีสภาพที่เหมาะสมในการใช้งาน หากรถบรรทุกคันใดที่ต้องรับน้ำหนักจากศูนย์ฯ มากกว่า 1 แห่ง แล้วรถบรรทุกคันนั้นควรไปรับน้ำหนักศูนย์ที่ห่างไกลก่อน เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

ในด้านการขนส่ง นั้น สามารถแบ่งการขนส่งนมในช่วงโลจิสติกส์ขาเข้าเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกเป็นการขนส่งนมของเกษตรกรจากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมน้ำหนัก และการขนส่งนมจากศูนย์รวบรวมน้ำหนักมายังโรงงาน โดยในการขนส่งระยะแรก เกษตรกรจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ส่วนการขนส่งในระยะที่ 2 โรงงานจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เพื่อให้การขนส่งนมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การขนส่งในระยะที่ 1นั้น เพื่อให้เกิดความรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (economy of scale and economy of distance) เกษตรกรรายย่อยควรมีการรวมกลุ่มในการขนส่ง โดยอาจจะให้เกษตรกรรายใหญ่ที่มีศักยภาพหรือมี

ความพร้อมเกี่ยวกับรถบรรทุกในการขนส่งเป็นผู้จัดการรวบรวมปริมาณน้ำมันของเกษตรกรรายย่อยที่อยู่ในเส้นทางหรือบริเวณใกล้เคียง และในการขนส่งน้ำมันดิบของเกษตรกรนั้น ศูนย์รับน้ำมันดิบควรมีการกำหนดเวลาช่วงเวลา (Time slots) ให้กับเกษตรกรมาส่งน้ำมันดิบที่ศูนย์ ในแต่ละมือ ทั้งในตอนเช้าและตอนเย็น และควรแบ่งเป็นหลายช่วง เพื่อใช้ในการกำหนดให้เกษตรกรแต่ละรายเข้าเป็นช่วงเพื่อทำให้การบริหารจัดการเวลาที่เกษตรกรมาส่งน้ำมันดิบยังศูนย์รวบรวมน้ำมันดิบมีความยืดหยุ่นและต่อเนื่อง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้กระบวนการรับนมที่ศูนย์ เป็นไปอย่างรวดเร็วและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอุปกรณ์รับนม และที่สำคัญคือทำให้การขนส่งน้ำมันดิบมายังโรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการผลิตนมก็เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และจำนวนครั้งของการล้างถังพิกนัมที่โรงงานและศูนย์รวบรวมน้ำมันดิบมีจำนวนครั้งในการล้างต่ำ ส่วนการขนส่งในระยะที่ 2 ซึ่งเป็นการขนส่งจากศูนย์รวบรวมน้ำมันดิบมายังโรงงาน ในการขนส่งนมจากศูนย์ มายังโรงงานนั้น จำเป็นต้องมีการใช้ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับระบบของการขนส่งน้ำมันดิบของโรงงานในปัจจุบัน ดังนั้นคณะวิจัยจึงได้พัฒนาระบบซอฟต์แวร์ดังกล่าวขึ้น โดยมีเป้าหมายในการเลือกเส้นทางและปริมาณการรับน้ำมันดิบจากศูนย์ต่างๆ มายังโรงงานโดยพิจารณาเวลาออกและเวลากลับมายังโรงงาน (Time window constraints) ของรถบรรทุกที่ทำให้กระบวนการผลิตนมเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และทำให้ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพิกนัมและค่าใช้จ่ายในการขนส่งมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นจะช่วยให้การตัดสินใจในการวางแผนการขนส่งน้ำมันดิบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เพราะสามารถปรับให้ทันต่อความไม่แน่นอนในสถานการณ์ต่างๆ ได้ในเวลาอย่างรวดเร็ว เช่น ปริมาณน้ำมันดิบมีการเปลี่ยนแปลง จำนวนรถที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง หรือการเสียของรถบรรทุกหรือเครื่องจักรในระบบการผลิต เป็นต้น ดังนั้นกลยุทธ์การบริหารจัดการด้านการขนส่งน้ำมันดิบจากศูนย์ มายังโรงงาน รถบรรทุกแต่ละคันจะต้องมาถึงโรงงานไม่เกินเวลาที่กำหนดเพื่อให้ทันเวลาการผลิตของโรงงาน โดยการกำหนดเวลามาถึงโรงงานจำเป็นต้องพิจารณาเวลาครบรอบของการผลิต (Cycle time) เป็นสำคัญ นอกจากนี้ รถบรรทุกที่ไปรับน้ำมันดิบ 2 รอบต้องได้รับการขนถ่ายน้ำมันดิบในรอบที่ 1 ลงสู่ถังพิกนัมที่โรงงานก่อนรถบรรทุกคันที่ไปรับน้ำมันดิบเพียงรอบเดียว และรถบรรทุกแต่ละคันจะไปรับน้ำมันดิบจากศูนย์ที่อยู่ไกลที่สุดก่อน เพื่อจะช่วยให้ประหยัดน้ำมันมากขึ้น

ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง ซึ่งกลยุทธ์การจัดการสินค้าคงคลังสามารถทำได้โดยการจัดปริมาณนมที่เหมาะสมกับแต่ละรอบของการรับนม (หากศูนย์ นั้นมีปริมาณน้ำมันมากและจำเป็นต้องรับน้ำมันดิบมากกว่า 1 รอบ) และควรมีการกะปริมาณน้ำมันดิบที่เหมาะสมกับขนาดของรถบรรทุกที่จะต้องเก็บไว้เพื่อรอให้รถมารับได้ทันทีในตอนเช้าในวันถัดไป ซึ่งการจัดเก็บปริมาณน้ำมันดิบให้เป็นสินค้าคงคลังดังกล่าว จะช่วยลดเวลาการรอคอยในการรับน้ำมันดิบของรถบรรทุกและทำให้การใช้รถบรรทุกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากรถบรรทุกมีเวลาเพียงพอที่สามารถนำไปใช้ในการรับน้ำมันดิบในรอบที่ 2 ได้ ส่วนตัวขับเคลื่อนด้านโลจิสติกส์ตัวสุดท้ายคือ **ด้านการจัดการข้อมูลและการติดต่อสื่อสาร** ศูนย์ควรมีการติดต่อสื่อสาร กับเกษตรกรรายใหญ่ เพื่อทราบปริมาณและเวลาการขนส่งน้ำมันดิบ และส่งข้อมูลให้กับโรงงานเพื่อที่โรงงานจะได้จัดตารางการรับน้ำมันดิบได้อย่างเหมาะสม โดยการติดต่อประสานงานระหว่างศูนย์ กับเกษตรกรรายใหญ่นั้นควรมีแนวทางให้เกษตรกรรายใหญ่มาส่งน้ำมันดิบในช่วง time slot แรกๆ เพื่อลดเวลาในขั้นตอนการรับน้ำมันดิบลง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้การรับน้ำมันดิบของรถบรรทุกไปยังโรงงานมีปริมาณที่เพียงพอต่อระบบการผลิตและสามารถไปถึงโรงงานได้เร็วขึ้น ซึ่งเป็นการใช้รถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ควรมีการนำเทคนิคการพยากรณ์ปริมาณน้ำมันดิบในแต่ละฤดูกาล เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการน้ำมันดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งคณะวิจัยได้มีการอบรมสัมมนาการพยากรณ์โดยเทคนิคต่างๆ พร้อมกับการใช้ software การพยากรณ์ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการน้ำมันดิบได้ในแต่ละฤดูกาลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

9.2 สิ่งที่ได้จากการวิจัย (Contribution of the Research)

จากการศึกษาครั้งนี้ ทำให้ได้ผลงานต่างๆ ดังนี้

1. ซอฟต์แวร์การหาขีดจำกัดล่างในการจัดตารางการขนส่งน้ำมันดิบเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่โรงงานและค่าขนส่งในกรณีที่มีการผสมของน้ำมันดิบในช่องรับนมเดียวกันบนรถบรรทุกไม่เกิน 2 ศูนย์ และไม่เกิน 2 มื้อ (เช้าและเย็น) และในกรณีที่ช่องรับนมแต่ละช่องบนรถบรรทุกไม่มีการผสมกันของน้ำมันดิบต่างศูนย์และต่างมื้อ เนื่องจากต้องคำนึงถึงคุณภาพของน้ำมันดิบที่นำส่งน้ำมันดิบมายังโรงงาน
2. ซอฟต์แวร์เพื่อใช้จัดตารางการขนส่งน้ำมันดิบเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมที่โรงงานและค่าขนส่งมีประสิทธิภาพสูงมาก หากนักวางแผนได้นำไปใช้เป็นเครื่องมือจัดตารางการขนส่งเพื่อให้สามารถปรับให้ทันต่อเหตุการณ์และความไม่แน่นอนต่างๆ จะทำให้ผู้วางแผนสามารถวางแผนการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการดำเนินการทางธุรกิจได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว และทำให้เกิดประโยชน์ทางธุรกิจมากขึ้น นอกจากนี้ ซอฟต์แวร์ดังกล่าวยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมที่มีรูปแบบของการผลิตใกล้เคียงกันได้ซึ่งจะเป็นประหยัดค่าใช้จ่ายให้แก่องค์กรและประเทศ เนื่องจากไม่ต้องมีการนำเข้าซอฟต์แวร์จากต่างประเทศ

9.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย (Recommendation)

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยต่างๆ มีดังนี้

1. ควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการบริหารจัดการการเลี้ยงโคนมของเกษตรกร เนื่องจากปัจจุบันมีเกษตรกรรายเล็กจำนวนมากได้เลิกกิจการการเลี้ยงโคนม ทั้งนี้เนื่องจากได้ประสบปัญหาหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริหารจัดการและต้นทุนต่อหน่วยที่สูงขึ้น ดังนั้น หากได้มีการให้ความช่วยเหลือ แนะนำและแก้ปัญหาให้กับเกษตรกรแล้ว จะทำให้สถานประกอบ/โรงงานมีปริมาณน้ำมันดิบที่สม่ำเสมอ มีความต่อเนื่อง และต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ก็จะมีค่าต่ำ
2. ถึงแม้ซอฟต์แวร์การจัดตารางการขนส่งที่ได้พัฒนาขึ้นจะเป็นแบบการใช้งานแบบเอกเทศ (stand alone) และมีประสิทธิภาพการใช้งานที่สูง อย่างไรก็ตามควรจะมีการศึกษาวิธีการค้นหาคำตอบโดยใช้ Search Techniques อื่นๆ มาเปรียบเทียบกับคุณภาพของวิธีสถิติที่ได้พัฒนาขึ้น เช่น Simulated Annealing หรือ Genetic Algorithm เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพลังงาน. (2549). **ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง**. ค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2549, จาก http://www.eppo.go.th/retail_prices.html
- กาญจนา เศรษฐนันท์. (2548). การแก้ปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน (Travelling Salesman Problem: TSP). **เอกสารประกอบการสอนวิชาการจัดการการผลิต (Scheduling)**, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. อ้างจาก Gravett. (1964). Next Best Rule. **Management Science**, 11(8), 13-166.
- จินตนา บุญบงการ, & ชาร์ทน์ โมกขมรรคกุล. (2547). การเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขันของสินค้าเกษตรโดยใช้การจัดเส้นทาง: กรณีศึกษาของสหกรณ์โคนมบ้านโป่ง. เอกสารการประชุมประจำปีของโซ่อุปทานและการจัดการทางโลจิสติกส์ ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โครงการวิจัยโลจิสติกส์.
- ณรงค์ วงศ์เณร. (25 กรกฎาคม 2548). **สัมภาษณ์**. ผู้อำนวยการองค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. องค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.
- ปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. (2549). **ข้อมูลราคาน้ำมัน**. ค้นเมื่อ 7 มกราคม 2549, จาก http://www.pttplc.com/th/ptt_core.asp?page=nc_oi
- วิโรจน์ พุทธิวิทย์. (2547). การมอบหมายและจัดเส้นทางสำหรับการขนส่งด้วยรถบรรทุกด้วยวิธี **Vehicle Routing Problem (VRP)** ปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งให้ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยสินค้าต่ำที่สุด. ค้นเมื่อ 15 เมษายน 2547, จาก <http://www.ieboard.com>
- วีรวัฒน์ เศรษฐสมบุรณ์, กฤษฎา จำรัส, & ประวิทย์ โนทยาโรจน์. (2546). การปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งและกระจายสินค้าของวิสาหกิจอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรณีศึกษาโรงงานขนมปังและเบเกอรี่). เอกสารประกอบการประชุมวิชาการชาয়งานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2546. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วีรวัฒน์ เศรษฐสมบุรณ์, ศุภกฤษฎี ช่วยชูหนู, & วิเรชา มีแฮมม. (2547). การหาเส้นทางและจำนวนยานยนต์ที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งและกระจายสินค้า. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการชาয়งานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2547. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศุภชัย ปทุมนากุล. (2546). การวางแผนและควบคุมการผลิต. ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศุภชัย ปทุมนากุล, & วนิดา รัตนมณี. (2546). การหาผลเฉลยโดยวิธี Tabu search. **วารสารมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**, 25 (6), 799-805.
- สุชน นิตยาธารีกุล. (2544). การจัดตารางเวลาการเดินทางขนส่งน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เอกภพ กองกาญจน์. (2545). การจัดตารางเวลาเดินทางจัดส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลมไปยังลูกค้ารายใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุดม สาภ. (20 สิงหาคม 2548). **สัมภาษณ์**. หัวหน้าแผนกควบคุมการผลิต 2 องค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. องค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.



เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- A.E. Dooley, W.J. Parker, & H.T. Blair. (2005). Modelling of transport costs and logistics for on-farm milk segregation in New Zealand dairying. **Computers and Electronics in Agriculture**, **48**, 75–91.
- Chi-Guhn Lee, Marina A. Epelman, Chelsea C. White III, & Yavuz A. Bozer . (2006). A shortest path approach to the multiple-vehicle routing problem with split pick-ups. **Transportation Research Part B**, (40), 265–284.
- Chung-Lun Li, George Vairaktarakis, & Chung-Yee Lee. (2005). Machine scheduling with deliveries to multiple customer locations. **European Journal of Operational Research**, (164), 39–51.
- Clarke, G., & Wright, J.W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. **European Journal of Operations Research**, **12**(4), 568-581.
- Douglas M. Lambert, James R. Stock, & Lisa M. Ellram. (1998). **Fundamentals of Logistics Management**. Boston: Irwin McGraw Hill.
- Eiichi Taniguchi, & Hiroshi Shimamoto. (2004). Intelligent transportation system based dynamic vehicle routing and scheduling with variable travel times. **Transportation Research Part** , (12), 235–250.
- Glover, F. (1993). A user's guide to Tabu search. **Annual of Operations Research**, (41), 3-28. Higgins, A. J. (2006). Scheduling of road vehicles in sugarcane transport: a case study at an Australian sugar mill. **European Journal of Operational Research**, (170), 987-1000.
- Jose' Brand~ao, & Alan Mercer. (1997). A tabu search algorithm for the multi-trip vehicle routing and scheduling problem, **European Journal of Operations Research**, (100), 180-191.
- Kanchana Sethanan. (2001). **Scheduling Flexible Flowshops with Sequence Dependent Setup Times**, Ph.D. Disseation, Department of Industrial Engineering, University of West Virginia. USA.
- Karg , R., & Thompson, G. L.. (1964). A Heuristic Approach to Solving Travelling Salesman Problem. **Management Science**, **10** (2).
- Magid Igbaria, Ralph H. Sprague Jr., Chuda Basnet, & Les Foulds. (1996). The impact and benefits of a DSS: The case of FleetManager. **Information & Management**, (31), 215-225.
- P.W. Frizzell, & J.W. Griffin. (1995). The Split Delivery Vehicle Scheduling Problem With Time Windows and Grid Network Distance. **Computer Operational Research**, **22** (6), 655-667.
- Ronald H. Ballou. (1999). **Business Logistics Management**. New Jersey: Prentice Hall.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผน
และกิจกรรมที่ได้ดำเนินการ

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผน และกิจกรรมที่ได้ดำเนินการ

ตารางที่ ก.1 แสดงแผนและกิจกรรมที่ดำเนินการในปีที่ 1

รายละเอียด	ระยะเวลาดำเนินงาน (จากเดือนที่ถึงเดือนที่)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. การเก็บและรวบรวมข้อมูล*												
1.1) เก็บและรวบรวมข้อมูลการไปรับนมและปริมาณนมของศูนย์รับนมต่างๆ	←→											
1.2) เก็บและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายต่างๆในการทำความสะอาดถังพักนม โดยนำข้อมูลที่ได้นำไปคำนวณในรูปของค่าใช้จ่ายทั้งหมด		←→										
1.3) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับขนาดและจำนวนถังพักนม		←→										
1.4) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการลำเลียงของนมลงสู่ถังพักนม		←→	←→									
1.5) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการมาของรถบรรทุกนมที่มายังโรงงาน			←→									
1.6) ศึกษากระบวนการจัดการเชิง logistics ในการรับส่งน้ำมันดิบของโรงงานในปัจจุบัน	←→											
1.7) ศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการนำส่งนมของเกษตรกรมายังศูนย์ต่างๆ	←→											
2. การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์												
2.1) การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์	←→											
2.2) ทดสอบความถูกต้องโดยการ validation และ verification รูปแบบทางคณิตศาสตร์			←→									
2.3) หาค่าจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม CPLEX/AMPL ในการหาคำตอบ				←→								
3. การวิเคราะห์ระบบการจัดการในการส่งน้ำมันดิบของเกษตรกร												
3.1) การพยากรณ์ปริมาณนมดิบเพื่อนำมาใช้ในการขนส่งนมที่เหมาะสม				←→								
3.2) การวิเคราะห์ระบบการจัดการเชิง logistics ของการส่งและรับนมของเกษตรกรและโรงงาน						←→						
3.3) การออกแบบระบบบริหารจัดการเพื่อให้เกษตรกรสามารถนำส่งนมมายังศูนย์ต่างๆ ในปริมาณและเวลาที่เหมาะสมที่จะทำให้การขนส่งน้ำมันดิบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ							←→					
3.4) การพัฒนาวิธี Lowerbound							←→					
3.5) การพัฒนา heuristics							←→	←→				
3.6) การพัฒนา metaheuristic								←→	←→			
3.7) การทดสอบความถูกต้องโดยการ validation และ verification วิธีการทาง heuristics วิธีที่1 และ วิธีที่2									←→	←→		
3.8) เขียนโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลวิธีการทาง heuristic วิธีที่1 ในรูปแบบ GUI										←→	←→	
3.9) การจัดทำรายงานประจำปี 1												←→



ตารางที่ ก.2 แสดงแผนและกิจกรรมที่ดำเนินการปีที่ 2

รายละเอียด	ระยะเวลาดำเนินงาน (จากเดือนที่ถึงเดือนที่)		
	1	2	3
3.10) เขียนโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลวิธีการทาง heuristic วิธีที่ 1 และ 2 (metaheuristic) ในรูปแบบของ GUI	←→		
4. การวิเคราะห์ผล			
4.1) การทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมทั้งที่โรงงานและศูนย์รับนมและระยะทางที่ใช้ในการเดินทางที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ และวิธีการทาง heuristic วิธีที่ 1 กับวิธีปัจจุบันที่ใช้ในการดำเนินงานโดยใช้โปรแกรม SAS	←→		
4.2) การทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดถังพักนมทั้งที่โรงงานและศูนย์รับนมและระยะทางที่ใช้ในการเดินทางที่ได้จากวิธี Lowerbound กับวิธีการทาง heuristic วิธีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม SAS	←→		
5. สรุปผลการวิจัย			←→
6. จัดทำรายงานการวิจัย			←→

หมายเหตุ

- แผนการดำเนินงาน
 ----> กิจกรรมการดำเนินงาน

ตารางที่ ก.3 แสดงตารางสรุปผลงานของโครงการ

Output		หมายเหตุ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ	ผลสำเร็จ (%)	
1. สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ของปัญหา	100	
2. การสร้างและพัฒนาซอฟต์แวร์ขีดจำกัดล่างเพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึม	100	
3. การสร้างและพัฒนาซอฟต์แวร์อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพในการจัดลำดับการขนส่งน้ำมันดิบเพื่อหาผลลัพธ์สำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ จำนวน 2 รูปแบบที่ต่างกัน	100	
4. ผลการประเมินประสิทธิภาพของการจัดลำดับการขนส่งน้ำมันดิบในปัจจุบัน	100	
5. ผลการประเมินประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์การจัดลำดับการขนส่งน้ำมันดิบที่พัฒนาขึ้น	100	
6. กลยุทธ์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมการผลิตนม	100	

ลงนาม.....

(หัวหน้าโครงการ)
 วันที่ 30 กันยายน 2550



ภาคผนวก ข
บทความสำหรับการเผยแพร่
และการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

ประชาคมวิจัย

RESEARCH COMMUNITY



ISSN : 1686-008X

ปีที่ 12 ฉบับที่ 72
มีนาคม-เมษายน 2555

Logistics ไทย

ไปไกลแค่ไหน?

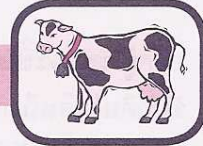


โลจิสติกส์ : ศาสตร์แห่งการเอาชนะในเวทีการแข่งขัน
ดาวดวงที่ 5 ของสินค้า OTOP

สัมภาษณ์พิเศษ : พศ.ดร.ดวงพรรณ คฤปการินทร์



รศ.ดร.กาญจนา เครษฐนนท์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
skandhi@kku.ac.th



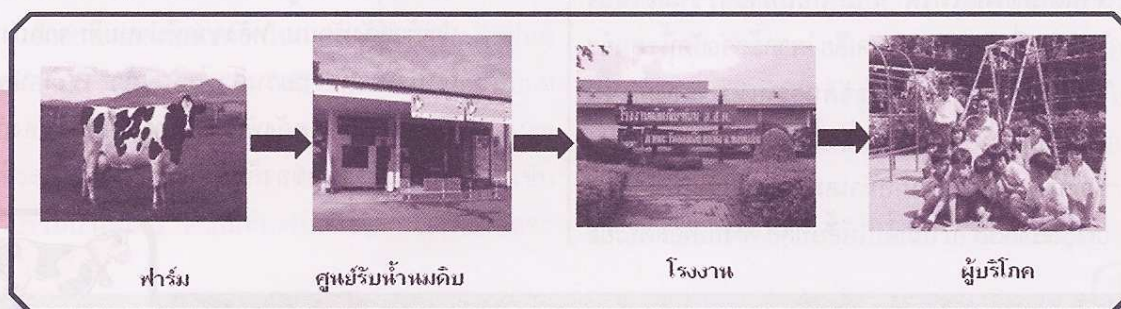
การบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์ขาเข้า ของอุตสาหกรรมนม

“นม” เป็นคำที่ทุกคนคงได้ยินแทบทุกเช้าของแต่ละวัน ก่อนที่จะออกไปทำงาน เรียบหนังสือ หรือทำภารกิจต่างๆ นมเป็นอาหารธรรมชาติที่สมบูรณ์กว่าอาหารธรรมชาติอย่างอื่นที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเป็นอย่างมาก เพราะนมนั้นประกอบด้วยอาหารหลัก 5 หมู่ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามิน สำหรับนมที่ผ่านการแปรรูปนั้นสามารถแบ่งได้ 3 ชนิดคือ นมพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurized milk) นมสเตอไรซ์ (sterilized milk) และนม ยู เอช ที (U.H.T: Ultra-High Temperature) นำนที่ผ่านการแปรรูปนี้จะเป็นผลิตภัณฑ์นมที่เป็นน้ำนมสีขาว แต่ก็อาจนำมาปรุงแต่งเป็น นมเปรี้ยว นมรสจืด หรือนมรสต่างๆ ได้ตามความต้องการของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์นมที่ผลิตขายในท้องตลาดส่วนใหญ่มาจากนมโค ซึ่งในปัจจุบันปริมาณน้ำนมดิบจากการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยมีประมาณ 2,260 ตันต่อวัน และมีแนวโน้มสูงขึ้น มีศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบกว่า 180 ศูนย์ ซึ่งเป็นศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบสหกรณ์ 117 ศูนย์ และศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบของเอกชนประมาณ 63 ศูนย์

ปัจจุบันอุตสาหกรรมนมได้รับผลกระทบจากราคาน้ำนมที่ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้อุตสาหกรรมนี้ยังมีการแข่งขันกันอย่างรุนแรง เนื่องจากการมีผู้ผลิตจำนวนมากในตลาด และผู้บริโภคมีทางเลือกที่หลากหลายในการเลือกซื้อสินค้าเพื่อให้ได้คุณภาพ ราคา และการบริการที่สามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างทั่วถึง ภายใต้อุตสาหกรรมการนมเช่นนี้ จึงทำให้การบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์กลายเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทำให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลตั้งแต่จุดเริ่มต้นของการหาวัตถุดิบจนถึงตลาดที่ต้องตอบสนองให้ได้ตามความต้องการของผู้บริโภค

ในการผลิตนม วัตถุดิบที่สำคัญคือ **น้ำนมดิบ** (raw milk) ที่เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่บูดเสียได้ง่าย (perishable products) หากมีการจัดการไม่เหมาะสม ประกอบกับน้ำนมที่ได้รับจากเกษตรกรในแต่ละฟาร์มอาจมีปริมาณไม่แน่นอน และไม่สม่ำเสมอในแต่ละวัน ซึ่งเป็นผลให้การขนส่งปริมาณน้ำนมดิบเข้าสู่โรงงานผลิตอาจมีปริมาณที่ไม่ตรงตามความต้องการ จากประสบการณ์ในการทำงานวิจัยที่ผ่านมา โดยมีองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น เป็นกรณีศึกษา ผู้เขียนจะอธิบายถึงข้อจำกัดในการผลิตของอุตสาหกรรมนม และแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้กลยุทธ์ด้านโลจิสติกส์

องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น เป็นองค์กรที่ช่วยเหลือ แนะนำ และให้คำปรึกษาแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมโดยตรง ซึ่งการผลิตนมของ อ.ส.ค. นั้นจะเริ่มต้นจากการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงโคนม และส่งน้ำนมดิบให้แก่ศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบซึ่งกระจายตามพื้นที่ต่างๆ จากนั้น อ.ส.ค. ก็จะส่งรถบรรทุกทุกไปรับน้ำนมดิบที่ศูนย์รวบรวมน้ำนมเหล่านั้น และส่งเข้าสู่โรงงานเพื่อทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมต่อไป

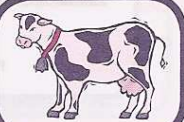


ผู้เขียนจะชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดต่างๆ ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบไปจนถึงการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นม ซึ่งมีหลายประการด้วยกันดังนี้คือ

1. โรงงานจะไปรับนํ้านมดิบจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบหลายศูนย์ซึ่งกระจายตามพื้นที่ต่างๆ ซึ่งศูนย์รวมนํ้านมดิบจะมีปริมาณนํ้านมดิบที่แตกต่างกันออกไป โดยขึ้นอยู่กับจำนวนของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม จำนวนโคนม และอัตราการให้นมเฉลี่ยต่อตัวเช่นเดียวกัน โรงงานผลิตนมขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น จะรับนํ้านมดิบทุกวันจากศูนย์ฯ 5 แห่ง คือ (1) ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบศรีธาตุ อ.ศรีธาตุ จังหวัดอุดรธานี (2) ศูนย์รวมนํ้านมดิบกุดจับ อ.กุดจับ จังหวัดอุดรธานี (3) ศูนย์รวมนํ้านมดิบทุ่งฝน อ.ทุ่งฝน จังหวัดอุดรธานี (4) ศูนย์รวมนํ้านมดิบน้ำพอง อ.น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น และ (5) ศูนย์รวมนํ้านมดิบกระนวน อ.กระนวน จังหวัดขอนแก่น
2. ปกติแล้วเกษตรกรจะส่งนํ้านมดิบให้แก่ศูนย์รวมนํ้านมดิบทุกวัน โดยเกษตรกรจะต้องเป็นผู้ขนส่งมายังศูนย์ฯ เอง และส่วนใหญ่จะอยู่กระจัดกระจายและห่างจากศูนย์ฯ ในรัศมี 400 เมตร - 50 กิโลเมตร ในการขนส่งนํ้านมดิบนั้น รถที่เกษตรกรใช้โดยส่วนใหญ่คือ รถบรรทุก 6 ล้อ รถกระบะ ซึ่งอาจจะเป็นรถจ้างเหมาหรือรถของเกษตรกรเอง หากเกษตรกรรายใดอยู่ใกล้กับศูนย์รับนํ้านมดิบและมีปริมาณนมไม่มากนักก็จะใช้รถจักรยานยนต์หรือรถเข็น
3. ในการรับนํ้านมดิบจากเกษตรกรที่ศูนย์รวมนํ้านมดิบศูนย์ฯ จะต้องเปิดอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ นํ้านมดิบจากเกษตรกรให้ได้ 4°C ก่อนทำการขนส่งไปยังโรงงานเพื่อป้องกันการบูดเสีย จากข้อจำกัดนี้ ศูนย์ฯ จำเป็นต้องมีระบบการจัดการที่เหมาะสม เช่น การจัดคิวให้เกษตรกรมาส่งนํ้านมดิบเพื่อให้ปริมาณของนํ้านมดิบมีความสม่ำเสมอ และใช้เวลาในการ unload/load นํ้านมดิบให้สั้นที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดระยะเวลา

เวลาการทำงานของอุปกรณ์ทำความเย็นที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานโดยตรง

4. ในการขนส่งนํ้านมดิบจากศูนย์รวบรวมมายังโรงงานนั้น รถที่ใช้จะเป็นรถบรรทุกที่มีหลายขนาด ซึ่งรถบรรทุกโดยส่วนใหญ่จะมีช่องบรรจุนม 3 ช่องที่บรรจุได้โดยอิสระต่อกัน เนื่องจากรถเป็นสินค้าเกษตรที่เน่าเสียง่าย เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของนํ้านมดิบให้มีคุณภาพที่ดี ช่องรับนํ้านมดิบแต่ละช่องไม่ควรมีการผสมกันของนํ้านมดิบต่างศูนย์ฯ และต่างมือ และนํ้านมดิบที่รวบรวมได้จำเป็นต้องมีการรักษาอุณหภูมิตั้งแต่อยู่ในถังบรรจุ นํ้านมดิบของรถบรรทุกที่ไปรับจากแต่ละศูนย์ฯ ไปจนถึงกระบวนการผลิต ดังนั้น ช่องบรรจุนมของรถบรรทุกแต่ละคันจะเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมที่สามารถเก็บนํ้านมดิบได้ 24 ชั่วโมงโดยไม่บูดเน่า อย่างไรก็ตาม โดยปกติแล้ว รถบรรทุกแต่ละคันจะไปรับนมจากหลายศูนย์เนื่องจากนํ้านมดิบจากบางศูนย์มีปริมาณไม่มากนัก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดระบบการขนส่งรถบรรทุกนมที่ไปส่งยังโรงงานผลิตนมให้มีประสิทธิภาพ การขนส่งต้องรวดเร็ว และสามารถบรรทุกนมได้จำนวนมากเต็มปริมาตรการบรรจุของรถบรรทุกเพื่อให้ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยมีค่าต่ำที่สุด
5. เมื่อรถบรรทุกมาถึงโรงงานกระบวนการแรกของการผลิตนม คือการตรวจคุณภาพของนํ้านมดิบ ถ้านํ้านมดิบได้คุณภาพตามที่ต้องการก็นำนํ้านมดิบจากรถบรรทุกเข้าสู่ถังพักนมโดยระบบท่อส่งจากนั้น นํ้านมดิบจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตทันที อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการผลิตนมจากกระบวนการนำนํ้านมดิบสู่ถังพักนมของโรงงานคือ นํ้านมดิบจากรถบรรทุกที่รออยู่หรือมาถึงโรงงานใกล้เคียงกันจะถูกนำเข้าสู่ถังพักนม หลังจากที่นํ้านมดิบจากถังพักนมถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตแล้ว โรงงานจะต้องทำความสะอาดถังพักนมทันทีเพื่อที่จะป้องกันการบูดเสียของนมของล็อต (lots) ต่อไปที่จะต้องถูกพักไว้ที่ถังพัก



จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้โรงงานผลิตนมของ อ.ส.ค. จังหวัดขอนแก่น มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง 2 ประเภทคือ (1) **ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง** ซึ่งสูงมากหากปริมาณน้ำนมดิบในถังบรรจุของรถบรรทุกมีน้อย เพราะทำให้มีจำนวนครั้งในการขนส่งมากขึ้น (2) **ค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงฟักนม** คือ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าสารเคมี และค่าแรงงาน ค่อนข้างสูง ซึ่งในปัจจุบันการขนส่งน้ำนมดิบของรถบรรทุกนมส่วนใหญ่จะบรรจุนมได้ไม่เต็มคันรถ ประกอบกับการที่รถบรรทุกมาถึงโรงงานไม่เป็นเวลาและมาไม่พร้อมกัน ทำให้ไม่สามารถบรรจุนมได้เต็มปริมาณของถังฟักนม และทำให้ต้องใช้ถังฟักนมที่บรรจุนมก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตจำนวนหลายถังต่อวัน ซึ่งเป็นผลให้โรงงานต้องทำความสะอาดถังวันละหลายครั้งก่อนที่จะบรรจุนมเข้าไปใหม่ ไม่เช่นนั้นจะทำให้นมครั้งใหม่ที่บรรจุอยู่ในถังฟักนมบูดได้เนื่องจากมีคราบนมติดอยู่ที่ถัง

ดังนั้น ในการศึกษากระบวนการโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนม ผู้เขียนศึกษาเฉพาะกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบถึงโรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางการขนส่งน้ำนมดิบเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการล้างถังฟักนมที่โรงงานและค่าขนส่ง โดยการให้รถบรรทุกขนส่งน้ำนมดิบมาถึงโรงงานแบบเป็นเวลาและมาพร้อมกันหลายๆ คันในระยะเวลาที่สั้นๆ ทำให้น้ำนมดิบถูกส่งลงสู่ถังฟักนมของโรงงานพร้อมเพียงกัน เพื่อลดจำนวนการใช้ถังฟักนมและค่าใช้จ่ายในการทำความสะดวกถึงฟักนมให้น้อยลง โดยกระบวนการผลิตนมต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่อง จากการศึกษาพบว่า **กลยุทธ์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์ขาเข้า (inbound logistics)** ของอุตสาหกรรมนม แยกตามชนิดของตัวขับเคลื่อน (driver) อันได้แก่ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านการขนส่ง ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง และด้านการจัดการข้อมูลและติดต่อสื่อสาร สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก

สิ่งอำนวยความสะดวกในการดำเนินการแปรรูปนมพาสเจอร์ไรส์นั้น ได้แก่ รถบรรทุก ถังรับน้ำนมดิบ และห้องรับนมเป็นต้น ซึ่งทั้งในศูนย์ฯ และโรงงานจำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกให้มีความเพียงพอกับการดำเนินการ เช่น ศูนย์รวมน้ำนมดิบ หากมีห้องรับน้ำนมดิบไม่เพียงพอจะ

ทำให้เวลาที่ใช้ในการรับน้ำนมดิบจากเกษตรกรเป็นไปด้วยความล่าช้าและส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงมากขึ้น และที่สำคัญคืออาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำนมดิบได้นอกจากนี้ สำหรับรถที่ใช้ในการบรรทุกน้ำนมดิบนั้นจะต้องมีระบบการดูแลรักษาที่มีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะทำให้รถบรรทุกมีสภาพที่เหมาะสมในการใช้งาน หากรถบรรทุกคันใดที่ต้องรับน้ำนมดิบจากศูนย์ฯ มากกว่า 1 แห่ง แล้วรถบรรทุกคันนั้นควรไปรับน้ำนมดิบศูนย์ที่ห่างไกลก่อน เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง แต่อย่างไรก็ตาม ในการจัดลำดับเส้นทางการขนส่งนี้ ได้แสดงรายการรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 2 และ 4

2. ด้านการขนส่ง

ในด้านการขนส่งนั้น สามารถแบ่งการขนส่งนมในช่วงโลจิสติกส์ขาเข้าเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกเป็นการขนส่งนมของเกษตรกรจากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ และการขนส่งนมจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบมายังโรงงาน โดยในการขนส่งระยะแรก เกษตรกรจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ส่วนการขนส่งในระยะที่ 2 โรงงานจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เพื่อให้การขนส่งนมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการในช่วงโลจิสติกส์ขาเข้าจึงสามารถสรุปได้ดังนี้

การขนส่งในระยะที่ 1 การขนส่งนมของเกษตรกรจากฟาร์มมายังศูนย์รวมน้ำนมดิบ

- ในการขนส่งนมของเกษตรกรจากฟาร์มมายังศูนย์รวมน้ำนมดิบนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่จะส่งน้ำนมดิบมายังโรงงานเอง ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80) เป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีปริมาณน้ำนมดิบน้อยกว่า 200 กิโลกรัม/วัน ดังนั้น เพื่อให้เกิดความรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (economy of scale and economy of distance) เกษตรกรควรมีการรวมกลุ่มในการขนส่ง โดยอาจจะให้เกษตรกรรายใหญ่ที่มีศักยภาพหรือมีความพร้อมเกี่ยวกับรถบรรทุกในการขนส่งเป็นผู้จัดการรวบรวมปริมาณน้ำนมของเกษตรกรรายย่อยที่อยู่ในเส้นทางหรือบริเวณใกล้เคียง อย่างไรก็ตาม ในบางพื้นที่อาจจะมีการรวมกลุ่มเพื่อการขนส่งน้ำนมดิบอยู่แล้ว แต่ในหลายๆ พื้นที่ยังไม่มีการดำเนินการดังกล่าวอย่างจริงจัง ทั้งนี้เนื่องมาจากความยุ่งยากในการ



บริหารจัดการหากมีจำนวนเกษตรกรรายย่อยจำนวนมาก และมีที่ตั้งของฟาร์มอยู่อย่างกระจัดกระจาย อย่างไรก็ตาม หากได้มีการนำการวิจัยที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ในการขนส่งดังกล่าว จะทำให้การขนส่งนํ้ามันดิบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นและเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งให้กับเกษตรกรโดยตรง

- กำหนดเวลาที่เกษตรกรมาส่งนํ้ามันดิบที่ศูนย์รวบรวม นํ้ามันดิบในตอนเช้า คือ 7:00 - 8:00 น. และตอนเย็น คือ 16:30 - 17:30 น. ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมกับการมาส่งนํ้ามันดิบ และสัมพันธ์กับการรีดนํ้ามันดิบ เนื่องจากเป็นเวลาที่โคนมให้นํ้ามันดิบมากที่สุด

- การกำหนดเวลาที่เกษตรกรมาส่งนํ้ามันดิบที่ศูนย์รวบรวม นํ้ามันดิบจะแบ่งช่วงเวลา (time slots) ในแต่ละมือ ทั้งในตอนเช้า และตอนเย็น และควรแบ่งเป็นหลายช่วง เพื่อใช้ในการกำหนดให้เกษตรกรแต่ละรายเข้าเป็นช่วงเพื่อทำให้การบริหารจัดการเวลาที่เกษตรกรมาส่งนํ้ามันดิบยังศูนย์รวบรวม นํ้ามันดิบมีความยืดหยุ่น และต่อเนื่อง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้กระบวนการรับนมที่ศูนย์ฯ เป็นไปอย่างรวดเร็วและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอุปกรณ์รับนม และที่สำคัญคือทำให้การขนส่งนํ้ามันดิบมายังโรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการผลิตนมก็เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และจำนวนครั้งของการล้างถังพักนมที่โรงงาน และศูนย์รวบรวม นํ้ามันดิบจะลดลง

- ถ้าเกษตรกรมาส่งนํ้ามันดิบที่ศูนย์รวบรวม นํ้ามันดิบเกินช่วงเวลาที่ยื่นฯ กำหนด ต้องเสียค่าปรับ ในกรณีดังกล่าว ศูนย์ฯ ควรนำเงินส่วนที่ได้จากการปรับเกษตรกรที่มาส่ง นํ้ามันดิบเข้ามาให้กับเกษตรกรที่มาส่งนํ้ามันดิบตรงเวลาเพื่อให้เกษตรกรมีความกระตือรือร้นในการมาส่งนํ้ามันดิบยังศูนย์ฯ ให้ตรงเวลา

- ควรมีการเตรียมงานของรถส่งนํ้ามันดิบของเกษตรกร คันถัดไปก่อนทำการ load นํ้ามันดิบสู่ถังพักนมของศูนย์ฯ เพื่อลดระยะเวลานํ้า (lead time) และนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

การขนส่งในระยะที่ 2 การขนส่งจากศูนย์รวบรวม นํ้ามันดิบมายังโรงงาน

ในการขนส่งนมจากศูนย์ฯ มายังโรงงานนั้น จำเป็นต้องมีการใช้ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับระบบของการขนส่งนํ้ามันดิบของโรงงานในปัจจุบัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบซอฟต์แวร์ดังกล่าวขึ้น โดยมีเป้าหมายในการเลือกเส้นทางและปริมาณการรับนํ้ามันดิบจากศูนย์ฯ ต่างๆ มายังโรงงานโดยพิจารณาเวลาออกและเวลากลับมายังโรงงาน (time window constraints) ของรถบรรทุกที่ทำให้กระบวนการผลิตนมเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และทำให้ค่าใช้จ่ายในการล้างถังพักนมและค่าใช้จ่ายในการขนส่งมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นนั้น จะช่วยให้การตัดสินใจในการวางแผนการขนส่งนํ้ามันดิบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เพราะสามารถปรับให้ทันต่อความไม่แน่นอนในสถานการณ์ต่างๆ ได้ในเวลาที่รวดเร็ว เช่น ปริมาณนํ้ามันดิบมีการเปลี่ยนแปลง จำนวนรถที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง หรือการเสียของรถบรรทุกหรือเครื่องจักรในระบบการผลิต เป็นต้น ดังนั้นกลยุทธ์การบริหารจัดการด้านการขนส่งนํ้ามันดิบจากศูนย์ฯ มายังโรงงาน สามารถสรุปได้ดังนี้

เพื่อให้ระบบการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง รถบรรทุกแต่ละคันจะต้องมาถึงโรงงานไม่เกินเวลาที่กำหนดเพื่อให้ทันเวลาการผลิตของโรงงาน โดยการกำหนดเวลามายังโรงงานจำเป็นต้องพิจารณาเวลาครบรอบของการผลิต (cycle time) เป็นสำคัญ



แสดงการขนส่งนํ้ามันดิบ
ของเกษตรกร
ที่ศูนย์รวบรวม นํ้ามันดิบ

นั่นหมายความว่า เวลาในการขนส่งจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมายังโรงงาน รวมกับเวลาตรวจคุณภาพนํ้านมดิบ เวลาขนถ่ายนํ้านมดิบเข้าสู่ถังพักนมของโรงงาน และเวลาเพื่อสำหรับความไม่แน่นอนต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น จะต้องไม่เกินเวลาครบรอบของการผลิต

- รถบรรทุกคันที่ไปรับนํ้านมดิบ 2 รอบต้องได้รับการขนถ่ายนํ้านมดิบในรอบที่ 1 ลงสู่ถังพักนมที่โรงงานก่อนรถบรรทุกคันที่ไปรับนํ้านมดิบเพียงรอบเดียว
- รถบรรทุกที่ต้องไปรับนํ้านมดิบในรอบที่ 2 ต้องออกจากโรงงานเวลา 12:00 น. เนื่องจากเมื่อมาถึงโรงงานในรอบที่ 1 ต้องทำการตรวจคุณภาพนํ้านมดิบ 1 ชั่วโมง ขนถ่ายนํ้านมดิบเข้าสู่ถังพักนมของโรงงาน (10 ตัน/ชั่วโมง) และล้างถังของรถบรรทุก 1 ชั่วโมง
- หากพิจารณาถึงน้ำหนักบรรทุกการจัดเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคันจะไปรับนํ้านมดิบจากศูนย์ที่อยู่ไกลที่สุดก่อน เพื่อจะช่วยให้ประหยัดน้ำมันมากขึ้น

3. ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง

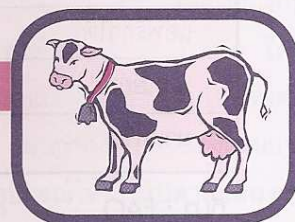
ในปัจจุบัน เกษตรกรได้นำส่งนํ้านมดิบให้แก่ศูนย์ฯ 2 รอบคือ ในช่วงเช้าและช่วงบ่าย ดังนั้นการจัดการสินค้าคงคลังจึงเป็นเรื่องสำคัญที่นำมาพิจารณาเพื่อลดค่าใช้จ่ายและทำให้การขนส่งนํ้านมดิบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ซึ่งกลยุทธ์การจัดการสินค้าคงคลังสามารถทำได้โดยการจัดปริมาณนมที่เหมาะสมกับแต่ละรอบของการรับนม (หากศูนย์ฯ นั้นมีปริมาณนํ้านมมากและจำเป็นต้องรับนํ้านมดิบมากกว่า 1 รอบ) และควรมีการกะปริมาณนํ้านมดิบที่เหมาะสมกับขนาดของรถบรรทุกที่จะต้องเก็บไว้เพื่อรอให้รถมารับได้ทันทีในตอนเช้าในวันถัดไป ซึ่งการจัดเก็บปริมาณนํ้านมดิบให้เป็นสินค้าคงคลังดังกล่าว จะช่วยลดเวลาการรอคอยในการรับนํ้านมดิบของรถบรรทุกและทำให้การใช้รถบรรทุกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากรถบรรทุกมีเวลาเพียงพอที่สามารถนำไปใช้ในการรับนํ้านมดิบในรอบที่ 2 ได้

4. ด้านการจัดการข้อมูลและการติดต่อสื่อสาร

กลยุทธ์การจัดการข้อมูลและติดต่อสื่อสาร สามารถสรุปได้ดังนี้

- การติดต่อประสานงานระหว่างศูนย์ฯ กับเกษตรกรรายใหญ่ เพื่อทราบปริมาณและเวลาการขนส่งนํ้านมดิบ และส่งข้อมูลให้กับโรงงานเพื่อที่โรงงานจะได้จัดตารางการรับนํ้านมดิบได้อย่างเหมาะสม โดยการติดต่อประสานงานระหว่างศูนย์ฯ กับเกษตรกรรายใหญ่นั้นควรหาแนวทางให้เกษตรกรรายใหญ่นำส่งนํ้านมดิบในช่วง time slot แรกๆ เพื่อลดเวลาในขั้นตอนการรับนํ้านมดิบลง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้การรับนํ้านมดิบของรถบรรทุกไปยังโรงงานมีปริมาณที่เพียงพอต่อระบบการผลิตและสามารถไปถึงโรงงานได้เร็วขึ้นซึ่งเป็นการใช้รถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ควรมีการนำเทคนิคการพยากรณ์ปริมาณนํ้านมดิบในแต่ละฤดูกาล เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการนํ้านมดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาด้านโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนมพบว่าสิ่งที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี มีต้นทุนต่ำ และสามารถตอบสนองความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว นั้น องค์กรจะต้องมีระบบบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะขั้นตอนการนำวัตถุดิบเข้าสู่โรงงานหรือที่เรียกกันว่า **“โลจิสติกส์ขาเข้า”** ดังนั้นในการวิจัยดังกล่าว ผู้เขียนได้เสนอกลยุทธ์ต่างๆ เพื่อให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้การดำเนินงานนั้นมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น สุดท้ายนี้ คณะวิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ในการสนับสนุนให้การวิจัยนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดี และองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่นที่ได้ให้ข้อมูลสนับสนุนการวิจัยพร้อมเป็นกรณีศึกษา ระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนมให้ประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี ■





ที่ ศธ 0514.18.1.2/พิเศษ

คณะสัตวแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
จังหวัดขอนแก่น 40002

15 มิถุนายน 2550

เรื่อง ขออนุญาตนำบทความตีพิมพ์ในจดหมายข่าวโคนม

เรียน รศ.ดร.กาญจนา เศรษฐนันท์

สิ่งที่ส่งมาด้วย จดหมายข่าวโคนม ปีที่ 11 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม 2550 จำนวน 1 ฉบับ

ตามที่ท่านได้เขียนบทความเรื่อง “การบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมนม” ตีพิมพ์ลงหนังสือประชาคมวิจัย ฉบับที่ 72 ประจำเดือนมีนาคม-เมษายน 2550 นั้น ทางบรรณาธิการจดหมายข่าวโคนม เห็นว่า บทความดังกล่าวมีเนื้อหาสาระสำคัญ และมีประโยชน์อย่างยิ่ง ในครั้งนี้ จึงใคร่ขออนุญาตนำบทความดังกล่าวตีพิมพ์ในจดหมายข่าวโคนม ปีที่ 11 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม 2550 และหากท่านมีบทความที่จะตีพิมพ์ใคร่ขอให้ท่านส่งไปที่ บรรณาธิการจดหมายข่าวโคนม คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002 อนึ่ง ทางบรรณาธิการฯ จะจัดส่งจดหมายข่าวโคนมที่มีการตีพิมพ์ให้ท่านทุกฉบับต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์สุตธีรัตน์ เอี่ยมละมัย)

บรรณาธิการ

สำนักงานจดหมายข่าวโคนม

โทรศัพท์ 08-6890-0747, 08-15677989

โทรสาร 0-4320-2404 ต่อ 150



จดหมายข่าวโคนม

THE TRF DAIRY NEWSLETTER



ปีที่ 11 ฉบับที่ 5: กันยายน 2550

ISSN 8059-9025



ร.ศ.ดร.จันทร์จรัส เรียวเดชะ (ที่ปรึกษา), รศ.สพ.ญ.ดร.สุนิรัตน์ เอี่ยมละมัย (บรรณาธิการ)

เรื่องราวข่าวดี เกิดขึ้นมากมายในวงการโคนมไทย ทั้งราคานมดิบที่ปรับขึ้นอีกครั้ง 0.75 สตางค์ และผลจากนมผงต่างประเทศราคาสูงมาก ทำให้ความต้องการใช้น้ำมันดิบโคในประเทศมีมากกว่าที่ผลิตได้ ทำให้การแย่งซื้อน้ำมันดิบขึ้นอีกครั้ง ดูน่าจะดีกับเกษตรกร แต่ความน่าเป็นห่วง คือ การแย่งซื้อนมทำให้ผู้ซื้อผู้ขายละเลยคุณภาพน้ำนม ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าเป็นห่วงต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมโคนมไทยในปัจจุบันและอนาคต หากทุกคนคิดเพียงสั้นๆ ในการผลิตนมขาย โดยแข่งงวดด้านคุณภาพลดลง อุตสาหกรรมโคนมและอาชีพเกษตรกรโคนมจะลำบากมากขึ้นในอนาคต ต้องขอฝากเกษตรกร สหกรณ์ฯ และโรงงานแปรรูป ให้มีมาตรฐานการซื้อขายที่ดีและยุติธรรมเพื่อโคนมไทยของเรา

ปัญหาความเครียดจากความร้อนขึ้นในประเทศไทย นับเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลต่อการผลิตโคนมโดยเฉพาะต่อการผสมติด มีนักวิชาการโคนมไทย ไปอบรมการเลี้ยงโคนมประเทศอิสราเอลในปีนี เพื่อนำความรู้การเลี้ยงโคนมในประเทศร้อน นำมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย โดยเฉพาะด้านการปรับปรุงโรงเรือน คงได้ข้อมูลดีๆ มาถ่ายทอดให้ชาวโคนมได้ทราบต่อไป อย่างไรก็ตามในฉบับนี้อ่านผลงานการวิจัยด้านนี้ที่ สกว. ได้ให้การสนับสนุนในระยะ 3 ปี ที่ผ่านมาในเรื่องผลของความเครียดจากความร้อนต่อการสืบพันธุ์และผลผลิตโคนม

สกว. โดย รศ.ดร.จันทร์จรัส เรียวเดชะ เชิญทุกท่านร่วมงานนิทรรศการ “เกษตรเพื่อคุณภาพชีวิต: สายธารแห่งคุณค่าจากภูมิปัญญาเกษตรไทย” ในวันที่ 16-18 พฤศจิกายน 2550 ณ ไลฟสไตล์อลล์ สยามพารากอน และในวันที่ 19 พฤศจิกายน 2550 ร่วมฟังสัมมนาในส่วนของโคนม เรื่อง “นมคุณภาพ เพื่อสุขภาพคนไทย” และร่วมให้ข้อคิดเห็นแนวทางวิจัย

ในปี พ.ศ. 2551 มีการประชุมที่น่าสนใจด้านโคนม คือ Dairy Focus Asia 2008 วันที่ 3-4 มีนาคม 2551 ที่ The Imperial Queen's Park Hotel ผู้ที่สนใจเข้าร่วม สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ www.positiveaction.co.uk หรือ www.qsncc.co.th

สุนิรัตน์ เอี่ยมละมัย

สาระ

- ❖ การเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวพระราชดำริ
- ❖ การบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมนม (ตอนจบ)
- ❖ อาหารและการจัดการให้อาหารโคนมฯ (ตอนที่ 5): การประเมินคุณภาพของอาหารหยาบ
- ❖ ลักษณะมูลโค.....สิ่งบ่งชี้สุขภาพระบบทางเดินอาหาร (ตอน 1)
- ❖ เลี้ยงโคนมให้อยู่อย่างเย็นสบายจะเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร (ตอน1)
- ❖ สถานการณ์อุตสาหกรรมนมไทย 2550 (6 เดือนแรก)
- ❖ ศึกษาดูงาน สหกรณ์โคนมท่าม่วง จำกัด จังหวัดกาญจนบุรี
- ❖ ขับเคลื่อนสังคม: คณะกรรมการจัดทำนโยบายเกษตรที่มีผลกระทบต่อสูง อุตสาหกรรมโคนมไทยและอาชีพเกษตรกรโคนม

แนวพระราชดำริเกี่ยวกับทฤษฎีใหม่

- (1) เป็นวิธีปฏิบัติของเกษตรกรที่เป็นเจ้าของที่ดินจำนวนน้อย (ประมาณ 15 ไร่) ซึ่งเป็นที่ถือครองโดยเฉลี่ยของเกษตรกรโดยทั่วไป
- (2) ให้เกษตรกรมีความพอเพียง โดยเลี้ยงตัวเองได้ในระดับที่ประหยัดก่อน ทั้งนี้ต้องมีความสามัคคีกันในท้องถิ่น
- (3) มีข้าวบริโภคเพียงพอประจำปี โดยถือว่าครอบครัวหนึ่งทำนา 5 ไร่ จะมีข้าวพอกินตลอดปี
- (4) เพื่อการนี้จะต้องใช้หลักเกณฑ์ที่ว่าต้องมีน้ำใช้ระหว่างช่วงฤดูแล้ง 1,000 ลูกบาศก์เมตร ต่อ 1 ไร่

ประโยชน์ของทฤษฎีใหม่

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงพระกรุณาพระราชทานสรุปประโยชน์ของทฤษฎีใหม่ไว้ดังนี้

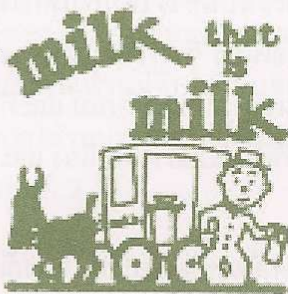
- (1) ทำให้ประชาชนมีกินแบบตามอัตภาพ คือ ไม่ได้รวยมาก แต่พอกิน ไม่อดอยาก
- (2) ถ้าน้ำมีพอดีปีไหนก็สามารถที่จะทำการเกษตรหรือปลูกข้าวนาปีได้ และถ้าต่อไปในหน้าแล้ง น้ำมีน้อยก็สามารถใช้น้ำที่กักเอาไว้ในสระเก็บน้ำของแต่ละแปลงมาปลูก แม้แต่ข้าวที่ยังปลูกได้ไม่ต้องเบียดเบียนชลประทานระบบใหญ่ และอาจปลูกผักหรือเลี้ยงปลาหรือทำอะไรก็ได้ ฉะนั้นทฤษฎีใหม่นี้มีไว้สำหรับป้องกันการขาดแคลนน้ำ
- (3) ถ้าในภาวะปกติ ก็สามารถทำให้มีรายได้มากขึ้น (รวยขึ้น)
- (4) ถ้าในภาวะที่มีอุทกภัยก็สามารถฟื้นตัวได้ โดยไม่ต้องให้ทางราชการไปช่วยมากเกินไป ทำให้ประชาชนพึ่งตนเองได้เป็นอย่างดี

ที่มา: สมพร เทพสิทธิ. 2546. เศรษฐกิจพอเพียงตามแนวพระราชดำริ. บริษัทธรรมสาร จำกัด กรุงเทพฯ หน้า 57-64.

การบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมนม (ตอน 2)

กาญจนา เศรษฐนันท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



จากการศึกษาพบว่า กลยุทธ์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์ขาเข้า (inbound logistics) ของอุตสาหกรรมนม แยกตามชนิดของตัวขับเคลื่อน (driver) อันได้แก่ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านการขนส่ง ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง และด้านการจัดการข้อมูลและติดต่อสื่อสาร....

1. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก

สิ่งอำนวยความสะดวกในการดำเนินการแปรรูปนมพาสเจอร์ไรส์นั้น ได้แก่ รถบรรทุก ถึงรับน้ำนมดิบ และห้องรับนม เป็นต้น ซึ่งทั้งในศูนย์ และโรงงานจำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวก ให้มีความเพียงพอกับการดำเนินการ เช่น ศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ หากมีห้องรับน้ำนมดิบไม่เพียงพอ จะทำให้เวลาที่ใช้ในการรับน้ำนมดิบจากเกษตรกรเป็นไปด้วยความล่าช้า และส่งผลต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงมากขึ้น และที่สำคัญคือ อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำนมดิบได้ นอกจากนี้ สำหรับรถที่ใช้ในการบรรทุกน้ำนมดิบนั้น จะต้องมีระบบการดูแลรักษาที่มีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะทำให้รถบรรทุกมีสภาพที่เหมาะสมในการใช้งาน หากรถบรรทุกคันใดที่ต้องรับน้ำนมดิบจากศูนย์ มากกว่า 1 แห่ง แล้วรถบรรทุกคันนั้นควรไปรับน้ำนมดิบศูนย์ที่ห่างไกลก่อน เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง แต่อย่างไรก็ตาม ในการจัดลำดับเส้นทางขนส่งนี้ ได้แสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 2 และ 4

2. ด้านการขนส่ง

ในด้านการขนส่งนั้น สามารถแบ่งการขนส่งในช่วงโลจิสติกส์ขาเข้าเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกเป็นการขนส่งนมของเกษตรกรจากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบ และการขนส่งนมจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมายังโรงงาน โดยในการขนส่งระยะแรก เกษตรกรจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ส่วนการขนส่งในระยะที่ 2 โรงงานจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เพื่อให้การขนส่งนมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการในช่วงโลจิสติกส์ขาเข้าจึงสามารถสรุปได้ดังนี้ ...

การขนส่งในระยะที่ 1 การขนส่งนมของเกษตรกรจากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบ

- ในการขนส่งนมของเกษตรกรจากฟาร์มมายังศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่จะส่งนํ้านมดิบมายังโรงงานเอง ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ (80 %) เป็นเกษตรกรรายย่อย ที่มีปริมาณนํ้านมดิบน้อยกว่า 200 กก./วัน ดังนั้นเพื่อให้เกิดความรวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (economy of scale and economy of distance) เกษตรกรควรมีการรวมกลุ่มในการขนส่ง โดยอาจจะให้เกษตรกรรายใหญ่ที่มีศักยภาพ หรือมีความพร้อมเกี่ยวกับรถบรรทุกในการขนส่ง เป็นผู้จัดการรวบรวมปริมาณนํ้านมของเกษตรกรรายย่อย ที่อยู่ในเส้นทางหรือบริเวณใกล้เคียง อย่างไรก็ตาม ในบางพื้นที่อาจจะมีการรวมกลุ่ม เพื่อการขนส่งนํ้านมดิบอยู่แล้ว แต่ในหลายๆ พื้นที่ที่ยังไม่มีการดำเนินการดังกล่าวอย่างจริงจัง ทั้งนี้เนื่องมาจากความยุ่งยากในการบริหารจัดการ หากมีจำนวนเกษตรกรรายย่อยจำนวนมาก และมีที่ตั้งของฟาร์มอยู่อย่างกระจัดกระจาย อย่างไรก็ตาม หากได้มีการนำการวิจัยที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ในการขนส่งดังกล่าว จะทำให้การขนส่งนํ้านมดิบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น และเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งให้กับเกษตรกรโดยตรง

- กำหนดเวลาที่เกษตรกรมาส่งนํ้านมดิบ ที่ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบในตอนเช้า คือ 7.00-8.00 น. และตอนเย็น คือ 16.30-17.30 น. ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมกับการส่งนํ้านมดิบและสัมพันธ์กับการรีदनํ้านมดิบ เนื่องจากเป็นเวลาที่โคนมให้นํ้านมดิบมากที่สุด

- การกำหนดเวลาที่เกษตรกรมาส่งนํ้านมดิบที่ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบจะแบ่งช่วงเวลา (time slots) ในแต่ละมื้อทั้งในตอนเช้าและตอนเย็น และควรแบ่งเป็นหลายช่วง เพื่อใช้ในการกำหนดให้เกษตรกรแต่ละรายเข้าเป็นช่วง เพื่อให้การบริหารจัดการเวลาที่เกษตรกรมาส่งนํ้านมดิบยังศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมีความยืดหยุ่นและต่อเนื่อง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าว จะทำให้กระบวนการรับนมที่ศูนย์ เป็นไปอย่างรวดเร็ว และลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอุปกรณ์รับนม และที่สำคัญคือ ทำให้การขนส่งนํ้านมดิบมายังโรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการผลิตนมก็เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และจำนวนครั้งของการล้างถังพักนมที่โรงงาน และศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบลดลง

- ถ้าเกษตรกรมาส่งนํ้านมดิบ ที่ศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบเกินช่วงเวลาที่ยุ้มนั้ กำหนด ต้องเสียค่าปรับ ในกรณีดังกล่าวศูนย์ฯ ควรนำเงินส่วนที่ได้จากการปรับเกษตรกรที่มาส่งนํ้านมดิบช้า มาให้เกษตรกรที่มาส่งนํ้านมดิบตรงเวลา เพื่อให้เกษตรกรมีความกระตือรือร้น ในการมาส่งนํ้านมดิบยังศูนย์ฯ ให้ตรงเวลา

- ควรมีการเตรียมงาน ของรถส่งนํ้านมดิบของเกษตรกรคันถัดไปก่อนทำการ load นํ้านมดิบสู่ถังพักนมของศูนย์ฯ เพื่อลดระยะเวลานํ้า (lead time) และนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

การขนส่งในระยะที่ 2 การขนส่งจากศูนย์รวบรวมนํ้านมดิบมายังโรงงาน

ในการขนส่งนมจากศูนย์ฯ มายังโรงงานนั้น จำเป็นต้องมีการใช้ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับระบบของการขนส่งนํ้านมดิบของโรงงานในปัจจุบัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบซอฟต์แวร์ดังกล่าวขึ้น โดยมีเป้าหมายในการเลือกเส้นทางและปริมาณการรับนํ้านมดิบจากศูนย์ฯ ต่างๆ มายังโรงงานโดยพิจารณาเวลาออกและเวลากลับมายังโรงงาน (time window constraints) ของรถบรรทุกที่ทำให้กระบวนการผลิตนมเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ได้

พัฒนาขึ้นนั้น จะช่วยให้การตัดสินใจในการวางแผนการขนส่งน้ำนมดิบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เพราะสามารถปรับให้ทันต่อความไม่แน่นอนในสถานการณ์ต่างๆ ได้ในเวลาที่ยรวดเร็ว เช่น ปริมาณน้ำนมดิบมีการเปลี่ยนแปลง จำนวนรถที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง หรือการเสียของรถบรรทุกหรือเครื่องจักรในระบบการผลิต เป็นต้น ดังนั้นกลยุทธ์การบริหารจัดการด้านการขนส่งน้ำนมดิบจากศูนย์ฯ มายังโรงงาน สามารถสรุปได้ดังนี้

เพื่อให้ระบบการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง รถบรรทุกแต่ละคันจะต้องมาถึงโรงงานไม่เกินเวลาที่กำหนดเพื่อให้ทันเวลาการผลิตของโรงงาน โดยการกำหนดเวลามาถึงโรงงานจำเป็นต้องพิจารณาเวลาครบรอบของการผลิต (cycle time) เป็นสำคัญ นั่นหมายความว่า เวลาในการขนส่งจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบมายังโรงงาน รวมกับเวลาตรวจคุณภาพน้ำนมดิบ เวลาขนถ่ายน้ำนมดิบเข้าสู่ถังพักนมของโรงงาน และเวลาเพื่อสำหรับความไม่แน่นอนต่างๆ ที่เกิดขึ้น ต้องไม่เกินเวลาครบรอบของการผลิต

- รถบรรทุกคันที่ไปรับน้ำนมดิบ 2 รอบ ต้องได้รับการขนถ่ายน้ำนมในรอบที่ 1 ลงสู่ถังพักนมที่โรงงานก่อนรถบรรทุกคันที่ไปรับน้ำนมดิบเพียงรอบเดียว
- รถบรรทุกที่ต้องไปรับน้ำนมดิบในรอบที่ 2 ต้องออกจากโรงงานเวลา 12.00 น. เนื่องจากเมื่อมาถึงโรงงานในรอบที่ 1 ต้องทำการตรวจคุณภาพน้ำนมดิบ 1 ชั่วโมง ขนถ่ายน้ำนมดิบเข้าสู่ถังพักนมของโรงงาน (10 ตัน/ชั่วโมง) และล้างถังของรถบรรทุก 1 ชั่วโมง
- หากพิจารณาถึงน้ำหนักบรรทุก การจัดเส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคัน จะไปรับน้ำนมดิบจากศูนย์ที่อยู่ไกลที่สุดก่อน เพื่อช่วยทำให้ประหยัดน้ำมันมากขึ้น

3. ด้านการจัดการสินค้าคงคลัง

ในปัจจุบัน เกษตรกรได้นำส่งน้ำนมดิบให้แก่ศูนย์ฯ 2 รอบ คือ ในช่วงเช้าและช่วงบ่าย ดังนั้นการจัดการสินค้าคงคลัง จึงเป็นเรื่องสำคัญที่นำมาพิจารณาเพื่อลดค่าใช้จ่ายและทำให้การขนส่งน้ำนมดิบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ซึ่งกลยุทธ์การจัดการสินค้าคงคลังสามารถทำได้โดยการจัดปริมาณนมที่เหมาะสมกับแต่ละรอบของการรับนม (หากศูนย์ฯ นั้นมีปริมาณน้ำนมมากและจำเป็นต้องรับน้ำนมดิบมากกว่า 1 รอบ) และควรมีการกะปริมาณน้ำนมดิบที่เหมาะสมกับขนาดของรถบรรทุกที่จะต้องเก็บไว้เพื่อรอให้รถมารับได้ทันทีในตอนเช้าในวันถัดไป ซึ่งการจัดเก็บปริมาณน้ำนมดิบให้เป็นสินค้าคงคลังดังกล่าว จะช่วยลดเวลาการรอคอยในการรับน้ำนมดิบของรถบรรทุก และทำให้การใช้รถบรรทุกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากรถบรรทุกมีเวลาเพียงพอที่สามารถนำไปใช้ในการรับน้ำนมดิบในรอบที่ 2 ได้

4. ด้านการจัดการข้อมูลและการติดต่อสื่อสาร

กลยุทธ์การจัดการข้อมูลและการติดต่อสื่อสาร สามารถสรุปได้ดังนี้

- การติดต่อประสานงานระหว่างศูนย์ฯ กับเกษตรกรรายใหญ่ เพื่อทราบปริมาณและเวลาการขนส่งน้ำนมดิบ และส่งข้อมูลให้กับโรงงานเพื่อให้โรงงานจะได้จัดตารางการรับน้ำนมดิบได้อย่างเหมาะสม โดยการติดต่อประสานงานระหว่างศูนย์ฯ กับเกษตรกรรายใหญ่นั้นควรหาแนวทางให้เกษตรกรรายใหญ่มาส่งน้ำนมดิบในช่วง time slot แรกๆ เพื่อลดเวลาในขั้นตอนการรับน้ำนมดิบลง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้การรับน้ำนมดิบของรถบรรทุกไปยังโรงงานมีปริมาณที่เพียงพอต่อระบบการผลิต และสามารถไปถึงโรงงานได้เร็วขึ้น ซึ่งเป็นการใช้รถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ควรมีการนำเทคนิคการพยากรณ์ปริมาณน้ำนมดิบในแต่ละฤดูกาล เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการน้ำนมดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

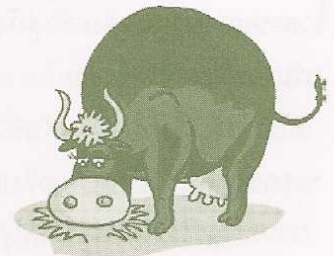
จากการศึกษาด้านโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนม พบว่าการที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี มีต้นทุนต่ำ และสามารถตอบสนองความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วนั้น องค์กรจะต้องมีระบบบริหารจัดการที่มี

ประสิทธิภาพ โดยเฉพาะขั้นตอนการนำวัตถุดิบเข้าสู่โรงงานหรือที่เรียกกันว่า “โลจิสติกส์ขาเข้า” ดังนั้นในการวิจัยดังกล่าว ผู้เขียนได้เสนอกลยุทธ์ต่างๆ เพื่อให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อให้การดำเนินงานนั้นมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น สุดท้ายนี้คณะวิจัยใคร่ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ในการสนับสนุนให้การวิจัยนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดี และองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) จังหวัดขอนแก่น ที่ได้ให้ข้อมูลสนับสนุนการวิจัยพร้อมเป็นกรณีศึกษาระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมนมให้ประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี

ที่มา: ประชาคมวิจัย ฉบับที่ 72 มีนาคม-เมษายน 2550.

รื่องนำรู้ของอาหารโคนม...

โดย รศ.ดร.ฉลอง วชิราภกร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



อาหารและการจัดการให้อาหารโคนมในทศวรรษหน้า

ตอนที่ 5: การประเมินคุณภาพของอาหารหยาบ

ฉบับที่แล้ว ได้กล่าวถึง “การจัดการการให้อาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น” โดยสัดส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้มนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณการให้ผลผลิตของโคนมเป็นสำคัญ การเลือกใช้อาหารหยาบร่วมกับอาหารข้มนั้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในด้านการจัดการการให้อาหารสำหรับโคนมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เป็นที่ทราบอยู่แล้วว่า อาหารหยาบในเขตร้อนรวมทั้งในประเทศไทย มีปริมาณเยื่อใยค่อนข้างสูงและมีโปรตีนต่ำ การย่อยได้ต่ำหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่ามีพลังงานต่ำ อย่างไรก็ตาม หากเกษตรกรทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบ เช่น ปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) สามารถที่จะประเมินถึงคุณภาพของอาหารหยาบชนิดนั้นได้

ในต่างประเทศ มีนักวิชาการได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของปริมาณเยื่อใยในอาหารหยาบกับปริมาณการกินได้และความสามารถในการย่อยได้ของอาหารหยาบ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของอาหารหยาบ Grant (1997) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของปริมาณเยื่อใยกับปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ (dry matter intake, DMI) และความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบ (digestible dry matter, DDM) ดังแสดงในสมการข้างล่างนี้

$$\text{ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ (\% น้ำหนักตัว)} = 120 / \% \text{NDF}$$

$$\text{ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบ (\%)} = 88.9 - (0.779 \times \% \text{ADF})$$

หลังจากได้ค่าปริมาณการกินได้และความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบแล้ว นำมาคำนวณหาค่า “คุณค่าทางอาหารสัมพันธ์” (relative feed value, RFV) ดังนี้

$$\text{RFV} = \text{DDM}\% \times \text{DMI}\% \times 0.775$$

คุณค่าทางอาหารสัมพันธ์ หมายความว่า หากอาหารหยาบชนิดใดมีค่านี้เท่ากับ 100 แสดงว่า คุณค่าทางอาหารชนิดนั้นมีค่าเทียบเท่ากับ อัลฟัลฟาเฮย์ (alfalfa hay) ซึ่งอัลฟัลฟาเฮย์ถือได้ว่ามีคุณค่าทางอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ดี แต่หากมีค่าน้อยกว่า 100 แสดงว่า คุณค่าทางอาหารของอาหารหยาบชนิดนั้นๆ ยังไม่ดี และมีค่ามากกว่า 100 แสดงว่า คุณค่าทางอาหารของอาหารหยาบชนิดนั้นดีมาก

ภาคผนวก ค
การเก็บข้อมูล

ภาคผนวก ค.1

การเก็บข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถบรรทุก

ตารางภาคผนวก ค.1 แสดงการเก็บข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถบรรทุก

เดือน	คันที่ (ขนาด)	ระยะทาง (กม.)	น้ำมันที่ใช้ (ลิตร)	จำนวนเงิน (บาท)	อัตราสิ้นเปลือง น้ำมันเชื้อเพลิง (กม./ลิตร)
พ.ย. 2548	1(11.2)	8,374	2,464	60,774.49	3.39
	2(11.2)	8,323	2,332	57,540.10	3.56
	3(11.2)	8,566	2,351	52,960.16	3.64
	4(11.2)	8,139	2,465	56,833.30	3.30
	5(11.2)	7,457	2,526	61,391.74	2.95
	6(11.2)	744	256	6,235.64	2.90
	7(7)	1,020	379	9,357.51	2.69
ธ.ค. 2548	1(11.2)	8,396	2,330	55,197.70	3.60
	2(11.2)	9,477	2,783	65,929.27	3.40
	3(11.2)	8,491	2,511	59,485.59	3.38
	4(11.2)	8,771	2,443	55,794.97	3.59
	5(11.2)	7,703	2,188	52,123.02	3.52
	6(11.2)	1,428	455	10,778.95	3.13
	7(7)	204	60	1,421.40	3.40
เฉลี่ย	11.2 คัน				3.37 (0.2967 ล /กม.)
	7 คัน				3.02 (0.3311 ล /กม.)



ภาคผนวก ค.2

การเก็บข้อมูลการขนส่งน้ำมันดิบ

ตารางภาคผนวก ค.2 แสดงการเก็บข้อมูลการขนส่งน้ำมันดิบ

เดือน	คันที่	เส้นทางเดินรถ	ปริมาณน้ำมันแต่ละศูนย์ (ตัน)	เวลาที่รถออกจากโรงงาน (น.)	เวลาที่รถถึงโรงงาน (น.)
มกราคม 2549	1	รูปแบบที่ 1 (1 ม.ค.2549)	รูปแบบที่ 1		
		กุดจับ->กระนวน	6 -> 5.2	6:30	15:30
		ศรีธาตุ	11.2	6:30	13:30
		กระนวน	11.2	6:30	11:30
		น้ำพอง	11.2	6:30	14:30
		น้ำพอง	7	10:30	14:30
	2	เจริญศิลป์->ทุ่งฝน->ศรีธาตุ->กระนวน	0.5 -> 4 -> 0.3 -> 1	6:30	15:00
		รูปแบบที่ 2 (2-31 ม.ค.2549)	รูปแบบที่ 2		
		กุดจับ->กระนวน	6 -> 5	6:30	15:30
		ศรีธาตุ	11.2	6:30	13:30
		กระนวน	11.2	6:30	11:30
		น้ำพอง	11.2	6:30	14:30
กุมภาพันธ์ 2549	1	รูปแบบที่ 1 (1-28 ก.พ.2549)	รูปแบบที่ 1		
		กุดจับ	6	6:30	15:30
		ศรีธาตุ	11.2	6:30	13:30
		กระนวน	11.2	6:30	11:30
		น้ำพอง	11.2	6:30	14:30
		น้ำพอง	7	10:30	14:30
มีนาคม 2549	1	รูปแบบที่ 1 (1-31 มี.ค.2549)	รูปแบบที่ 1		
		กุดจับ	6	6:30	15:30
		ศรีธาตุ	11.2	6:30	13:30
		กระนวน	11.2	6:30	11:30
		น้ำพอง	11.2	6:30	14:30
		น้ำพอง	7	10:30	14:30
เมษายน 2549	1	รูปแบบที่ 1 (1-30 เม.ย.2549)	รูปแบบที่ 1		
		กุดจับ->น้ำพอง	5.5 -> 5.5	6:30	15:30
		ศรีธาตุ	11.2	6:30	13:30
		กระนวน	11.2	6:30	11:30
		น้ำพอง	11.2	10:30	14:30
		ทุ่งฝน-> กระนวน->น้ำพอง	3 -> 5 -> 1.2	6:30	15:00



ตารางภาคผนวก ค.2 แสดงการเก็บข้อมูลการขนส่งนมดิบ (ต่อ)

เดือน	คันที่	เส้นทางการเดินรถ	ปริมาณนมแต่ละศูนย์ (ตัน)	เวลาที่รถออก จากโรงงาน (น.)	เวลาที่รถถึง โรงงาน (น.)
มิถุนายน 2549	1	รูปแบบที่ 1 (1-30 มิ.ย.2549) กุดจับ->น้ำพอง	รูปแบบที่ 1 5 -> 6	6:30	15:30
	2	ศรีธาตุ	10.5	6:30	13:30
	3	กระนวน	11.2	6:30	11:30
	4	น้ำพอง	11.2	10:30	14:30
	5	ทุ่งฝน-> กระนวน	2.9 -> 5.5	6:30	15:00



ภาคผนวก ค.3

การเก็บข้อมูลปริมาณน้ำนมดิบที่ขนส่งมาโรงงาน

ตารางภาคผนวก ค.4 แสดงการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำนมดิบที่ขนส่งมาโรงงาน

วันที่	ปริมาณน้ำนมดิบ (ตัน)
พ.ค. 2546	1537.6
มิ.ย. 2546	1506.0
ก.ค. 2546	1441.4
ส.ค. 2546	1403.2
ก.ย. 2546	1312.5
ต.ค. 2546	1273.5
พ.ย. 2546	1411.0
ธ.ค. 2546	1399.6
ก.พ. 2547	1545.7
มี.ค. 2547	1683.3
พ.ค. 2547	1556.2
มิ.ย. 2547	1581.0
ก.ค. 2547	1525.2
ส.ค. 2547	1357.8
ก.ย. 2547	1305.0
ต.ค. 2547	1434.6
พ.ย. 2547	1560.0
ธ.ค. 2547	1717.4
ม.ค. 2548	1863.1
ก.พ. 2548	1806.0
มี.ค. 2548	1910.7
มิ.ย. 2548	1836.0
ม.ค. 2549	1758.0
ก.พ. 2549	1570.8
มี.ค. 2549	1745.3
เม.ย. 2549	1614.0
มิ.ย. 2549	1569.0



C:\DOCUME-1\ADMINI-1\MYDOCU-1\qsb2\TSFC.EXE

Adaptive exponential smoothing for forecast Page: 1

Period	Act. Demand	F(t)	$\hat{\alpha}$ (alpha)	Forecast	Error
1	1537.600	1537.600	.9500000		
2	1506	1506	1	1537.600	31.59998
3	1441.400	1441.400	1	1506	64.59998
4	1403.200	1403.200	1	1441.400	38.20007
5	1312.500	1312.500	1	1403.200	90.69995
6	1273.500	1275.450	.9500000	1312.500	39
7	1411	1397.445	.9000000	1275.450	-135.550
8	1399.600	1399.492	.9500000	1397.445	-2.15491
9	1545.700	1545.700	1	1399.492	-146.208
10	1683.300	1676.420	.9500000	1545.700	-137.600
11	1556.200	1568.222	.9000000	1676.420	120.2201
12	1581	1579.083	.8500000	1568.222	-12.7780
13	1525.200	1530.588	.9000000	1579.083	53.88342
14	1357.800	1366.439	.9500000	1530.588	172.7882
15	1305	1311.144	.9000000	1366.439	61.43945

MAD = 94.94826 MSD = 11667.94 Bias = -1.01312 R-square = .6317973
 $\hat{\alpha}$ (alpha) = 0.950

ภาพภาคผนวก ค.1 แสดงเทคนิคการพยากรณ์แบบ Adaptive Exponential Smoothing

C:\DOCUME-1\ADMINI-1\MYDOCU-1\qsb2\TSFC.EXE

Adaptive exponential smoothing for forecast Page: 2

Period	Act. Demand	F(t)	$\hat{\alpha}$ (alpha)	Forecast	Error
16	1434.600	1428.427	.9500000	1311.144	-123.456
17	1560	1560	1	1428.427	-131.573
18	1717.400	1717.400	1	1560	-157.400
19	1863.100	1855.815	.9500000	1717.400	-145.700
20	1806	1810.981	.9000000	1855.815	49.81494
21	1910.700	1895.742	.8500000	1810.981	-99.7185
22	1836	1841.974	.9000000	1895.742	59.74219
23	1758	1762.199	.9500000	1841.974	83.97412
24	1570.800	1589.940	.9000000	1762.199	191.3987
25	1745.300	1721.996	.8500000	1589.940	-155.360
26	1614	1624.800	.9000000	1721.996	107.9961
27	1569	1571.790	.9500000	1624.800	55.79956
28				1571.790	
29				1571.790	
30				1571.790	

MAD = 94.94826 MSD = 11667.94 Bias = -1.01312 R-square = .6317973
 $\hat{\alpha}$ (alpha) = 0.950

ภาพภาคผนวก ค.2 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนแบบค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (MSE)



ภาคผนวก ค.4

การเก็บข้อมูลตารางการล้างถังพักนมที่โรงงาน

ตารางภาคผนวก ค.3 แสดงการเก็บข้อมูลตารางการล้างถังพักนมที่โรงงาน

วันที่	จำนวนการล้างถังพักนม (ครั้ง)	ปริมาณน้ำนมดิบ (ตัน)	เวลาที่ใช้ในการล้างถังพักนม (ชั่วโมง)
1/1/2548	8	150	8
2/1/2548	7	130	7
3/1/2548	6	110	6
4/1/2548	7	130	7
5/1/2548	4	80	4
6/1/2548	5	90	5
7/1/2548	6	110	6
8/1/2548	6	110	6
9/1/2548	5	90	5
10/1/2549	6	110	6
11/1/2548	7	130	7
12/1/2548	5	100	5
13/1/2548	5	90	5
14/1/2548	7	130	7
15/1/2548	7	130	7
16/1/2548	3	60	3
17/1/2548	3	60	3
18/1/2548	3	60	3
19/1/2548	3	60	3
20/1/2548	4	70	4
21/1/2548	6	110	6
22/1/2548	6	120	6
23/1/2548	5	90	5
24/1/2548	5	90	5
25/1/2548	4	70	4
26/1/2548	3	50	3
27/1/2548	6	110	6
28/1/2548	5	90	5
29/1/2549	5	90	5
30/1/2548	5	90	5
31/1/2548	4	70	4
15/5/2549	1	20	0.1



ตารางภาคผนวก ค.3 แสดงการเก็บข้อมูลตารางการล้างถังพักนม (ต่อ)

วันที่	จำนวนการล้างถังพักนม (ครั้ง)	ปริมาณน้ำนมดิบ (ตัน)	เวลาที่ใช้ในการล้างถังพักนม (ชั่วโมง)
20/5/2549	1	20	1
21/5/2549	1	20	1
22/5/2549	1	20	0.83
5/6/2549	1	20	0.83
19/6/2549	1	20	1
22/6/2549	2	40	2
23/6/2549	1	20	1
29/6/2549	1	20	1
2/7/2549	1	20	1
6/7/2549	1	20	0.83
7/7/2549	2	40	1.66
8/7/2549	1	20	0.83
9/7/2549	1	20	0.83
20/1/2548	4	70	4
21/1/2548	6	110	6
22/1/2548	6	120	6
23/1/2548	5	90	5
24/1/2548	5	90	5
25/1/2548	4	70	4
26/1/2548	3	50	3
27/1/2548	6	110	6
28/1/2548	5	90	5
29/1/2549	5	90	5
30/1/2548	5	90	5
31/1/2548	4	70	4
15/5/2549	1	20	0.1
20/5/2549	1	20	1
21/5/2549	1	20	1
22/5/2549	1	20	0.83
5/6/2549	1	20	0.83
19/6/2549	1	20	1
22/6/2549	2	40	2



ภาคผนวก ง

Mixed Integer Programming Model

รูปแบบทางคณิตศาสตร์รูปแบบที่1 ของตัวอย่างที่1

PROGRAM CODE

```

param truck>=0;
param lot>=0;
param point>=0;
param cap_factory>=0;
param m{k in 1..truck,l in 1..lot};
param g>=0;
param d{i in 0..point,j in 0..point};
param a{i in 1..point};
param b>=0;
param G>=0;
param q{j in 0..point};
param V{j in 0..point};
param F{k in 1..truck};
param milk_tanks>=0;
var A>=0:integer;
var distance>=0;
var Z>=0;
var w{i in 0..point,k in 1..truck,l in 1..lot};
var u{i in 0..point,k in 1..truck,l in 1..lot};
var y{i in 0..point,k in 1..truck,l in 1..lot}binary;
var x{i in 0..point,j in 0..point,k in 1..truck,l in 1..lot}binary;
minimize cost:Z;
subject to cont1{i in 0..point,k in 1..truck,l in 1..lot}:
sum{j in 0..point}x[i,j,k,l]=y[i,k,l];
subject to cont2{i in 0..point,k in 1..truck,l in 1..lot}:
y[i,k,l]=sum{j in 0..point}x[j,i,k,l];
subject to cont3{i in 0..point,k in 1..truck,l in 1..lot}:
sum{j in 0..point}x[i,j,k,l]=sum{j in 0..point}x[j,i,k,l];
subject to cont4{i in 1..point}:
sum{l in 1..lot,k in 1..truck}w[i,k,l]=a[i];
subject to cont5{k in 1..truck,l in 1..lot}:
sum{i in 1..point}w[i,k,l]<=m[k,l];
    
```



```

subject to cont6{i in 1..point,k in 1..truck,l in 1..lot}:
w[i,k,l]<=a[i]*y[i,k,l];
subject to cont7{i in 1..point,j in 1..point,k in 1..truck,l in 1..lot}:
u[i,k,l]-u[j,k,l]+point*x[i,j,k,l]+x[i,j,k,l]<=point;
subject to cont8{k in 1..truck,l in 1..lot}:
w[0,k,l]=0;
subject to cont9:
g<=cap_factory;
subject to cont10:
g/milk_tanks<=A;
subject to cont11:
sum{i in 0..point,j in 0..point,k in 1..truck,l in 1..lot}d[i,j]*x[i,j,k,l]=distance;
subject to cont12:
(A*b)+(sum{j in 1..point}V[j]*q[j])+(sum{i in 0..point,j in 0..point,k in 1..truck,l in
1..lot}F[k]*G*d[i,j]*x[i,j,k,l])<=Z;
subject to cont13{i in 0..point,j in 0..point,k in 1..truck,l in 1..lot:i=j}:
x[i,i,k,l]=0;
subject to cont14{i in 0..point,k in 1..truck,l in 1..lot}:
w[i,k,l]>=0;

```

DATA FILE

```

param milk_tanks:=20;
param truck:=4;
param lot:=1;
param point:=3;
param g:=32.81;
param G:=18.19;
param F:=
1      0.2967
2      0.2967
3      0.3311
4      0.2967;
param cap_factory:=60;
param b:=2243;
param m:=
[*,*]:  1:=
1      11.2
2      11.2
3      7
4      11.2;
param a:=
1      14.2
2      16.61
3      2;
param V:=
1      1
2      1
3      1;
param q:=
1      181
2      144
3      163;
param d:=
[*,*]:  0      1      2      3:=
0      0      61     105     138
1      61     0      46     79
    
```



2	105	46	0	75
3	138	79	75	0;



ภาคผนวก จ.
ผลการวิเคราะห์โดยใช้ SPSS

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์โดยใช้ SPSS

ตารางภาคผนวก จ.1 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีปัจจุบันที่โรงงานใช้ในการดำเนินงานกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ตัวสถิติทดสอบคือ t - test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-8.6359	2.54876	.47329	-9.6054	-7.6664	-18.246	28	.000



ภาคผนวก จ.

การวิเคราะห์ Factorial Design โดยใช้ SAS Software

ภาคผนวก จ.1

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของอีวีรูดิกส์โดยใช้ซอฟต์แวร์ SAS for Windows

1. Initial_Heuristic 1 V.S. Lower Bound

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CARSIZE	2	1 2
NUMCAR	2	1 2
MILK	2	1 2
PLACE	2	1 2

Number of observations in data set = 160

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.63351114	0.02043584	6.51	0.0001
Error	128	0.40182360	0.00313925		
Corrected Total	159	1.03533474			
R-Square		C.V.	Root MSE		RESP Mean
0.611890		7.560055	0.05602898		0.74111875

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.43691451	0.43691451	139.18	0.0001
CARSIZE	1	0.00015016	0.00015016	0.05	0.8272
DIST*CARSIZE	1	0.00036301	0.00036301	0.12	0.7344
NUMCAR	1	0.00698281	0.00698281	2.22	0.1383
DIST*NUMCAR	1	0.00743926	0.00743926	2.37	0.1262
CARSIZE*NUMCAR	1	0.00326706	0.00326706	1.04	0.3096
DIST*CARSIZE*NUMCAR	1	0.00066831	0.00066831	0.21	0.6453
MILK	1	0.00616281	0.00616281	1.96	0.1636
DIST*MILK	1	0.09895276	0.09895276	31.52	0.0001
CARSIZE*MILK	1	0.00024256	0.00024256	0.08	0.7815
DIST*CARSIZE*MILK	1	0.00024751	0.00024751	0.08	0.7793
NUMCAR*MILK	1	0.03044281	0.03044281	9.70	0.0023
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.02432956	0.02432956	7.75	0.0062
CARSIZE*NUMCAR*MILK	1	0.00043891	0.00043891	0.14	0.7091
DIST*CARS*NUMCA*MILK	1	0.00010726	0.00010726	0.03	0.8536
PLACE	1	0.00065206	0.00065206	0.21	0.6493
DIST*PLACE	1	0.00164481	0.00164481	0.52	0.4705
CARSIZE*PLACE	1	0.00028891	0.00028891	0.09	0.7621
DIST*CARSIZE*PLACE	1	0.00020476	0.00020476	0.07	0.7988
NUMCAR*PLACE	1	0.00001626	0.00001626	0.01	0.9427
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00005641	0.00005641	0.02	0.8936
CARSIZE*NUMCAR*PLACE	1	0.00086956	0.00086956	0.28	0.5996
DIST*CARS*NUMC*PLACE	1	0.00369601	0.00369601	1.18	0.2799
MILK*PLACE	1	0.00261631	0.00261631	0.83	0.3630
DIST*MILK*PLACE	1	0.00227256	0.00227256	0.72	0.3965
CARSIZE*MILK*PLACE	1	0.00007701	0.00007701	0.02	0.8758
DIST*CARS*MILK*PLACE	1	0.00160656	0.00160656	0.51	0.4757
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00161926	0.00161926	0.52	0.4739
DIST*NUMC*MILK*PLACE	1	0.00066831	0.00066831	0.21	0.6453
CARS*NUMC*MILK*PLACE	1	0.00036301	0.00036301	0.12	0.7344
DIS*CAR*NUM*MIL*PLAC	1	0.00015016	0.00015016	0.05	0.8272

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.003139

Number of Means 2
Critical Range .01753

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.793375	80	2
B	0.688862	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.003139

Number of Means 2
Critical Range .01753

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	CARSIZE
A	0.742087	80	2
A			
A	0.740150	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.003139

Number of Means 2
Critical Range .01753

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.747725	80	1
A			
A	0.734512	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.003139

Number of Means 2
Critical Range .01753

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.747325	80	2
A			
A	0.734912	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.003139

Number of Means 2
Critical Range .01753

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.743137	80	2
A			
A	0.739100	80	1

2. Initial_Heuristic 2 V.S. Lower Bound

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CARSize	2	1 2
NUMCAR	2	1 2
MILK	2	1 2
PLACE	2	1 2

Number of observations in data set = 160

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.37571310	0.01211978	4.55	0.0001
Error	128	0.34077080	0.00266227		
Corrected Total	159	0.71648390			

R-Square	C.V.	Root MSE	RESP Mean
0.524385	7.216645	0.05159721	0.71497500

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.18346702	0.18346702	68.91	0.0001
CARSize	1	0.00017640	0.00017640	0.07	0.7973
DIST*CARSize	1	0.00006503	0.00006503	0.02	0.8761
NUMCAR	1	0.00481802	0.00481802	1.81	0.1809
DIST*NUMCAR	1	0.00428490	0.00428490	1.61	0.2069

CAR SIZE*NUMCAR	1	0.00001563	0.00001563	0.01	0.9391
DIST*CAR SIZE*NUMCAR	1	0.00000160	0.00000160	0.00	0.9805
MILK	1	0.00203062	0.00203062	0.76	0.3841
DIST*MILK	1	0.10732960	0.10732960	40.32	0.0001
CAR SIZE*MILK	1	0.00126563	0.00126563	0.48	0.4918
DIST*CAR SIZE*MILK	1	0.00092160	0.00092160	0.35	0.5573
NUMCAR*MILK	1	0.01204090	0.01204090	4.52	0.0354
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.03358202	0.03358202	12.61	0.0005
CAR SIZE*NUMCAR*MILK	1	0.00010890	0.00010890	0.04	0.8400
DIST*CARS*NUMCA*MILK	1	0.00024503	0.00024503	0.09	0.7621
PLACE	1	0.00366722	0.00366722	1.38	0.2427
DIST*PLACE	1	0.00789610	0.00789610	2.97	0.0875
CAR SIZE*PLACE	1	0.00002723	0.00002723	0.01	0.9196
DIST*CAR SIZE*PLACE	1	0.00010890	0.00010890	0.04	0.8400
NUMCAR*PLACE	1	0.00234090	0.00234090	0.88	0.3502
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00009302	0.00009302	0.03	0.8520
CAR SIZE*NUMCAR*PLACE	1	0.00068890	0.00068890	0.26	0.6118
DIST*CARS*NUMC*PLACE	1	0.00044223	0.00044223	0.17	0.6843
MILK*PLACE	1	0.00524410	0.00524410	1.97	0.1629
DIST*MILK*PLACE	1	0.00113422	0.00113422	0.43	0.5151
CAR SIZE*MILK*PLACE	1	0.00179560	0.00179560	0.67	0.4130
DIST*CARS*MILK*PLACE	1	0.00138063	0.00138063	0.52	0.4728
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00048302	0.00048302	0.18	0.6709
DIST*NUMC*MILK*PLACE	1	0.00004000	0.00004000	0.02	0.9026
CARS*NUMC*MILK*PLACE	1	0.00000123	0.00000123	0.00	0.9829
DIS*CAR*NUM*MIL*PLAC	1	0.00001690	0.00001690	0.01	0.9366

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002662

Number of Means 2
Critical Range .01614

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.748837	80	2
B	0.681112	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002662

Number of Means 2
Critical Range .01614

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	CAR SIZE
A	0.716025	80	1
A			
A	0.713925	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002662

Number of Means 2
Critical Range .01614

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.720462	80	1
A			
A	0.709487	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002662

Number of Means 2
Critical Range .01614

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.718537	80	1
A			
A	0.711412	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002662

Number of Means 2
Critical Range .01614

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.719762	80	1
A			
A	0.710187	80	2

3. Heuristic 1 V.S. Lower Bound

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CARSIZE	2	1 2
NUMCAR	2	1 2
MILK	2	1 2
PLACE	2	1 2

Number of observations in data set = 160

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.64230939	0.02071966	7.69	0.0001
Error	128	0.34474680	0.00269333		
Corrected Total	159	0.98705619			
R-Square		C.V.	Root MSE	RESP Mean	
0.650732		6.814196	0.05189734	0.76160625	

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.45103141	0.45103141	167.46	0.0001
CARSize	1	0.00092641	0.00092641	0.34	0.5586
DIST*CARSize	1	0.00002326	0.00002326	0.01	0.9261
NUMCAR	1	0.00442051	0.00442051	1.64	0.2025
DIST*NUMCAR	1	0.01127281	0.01127281	4.19	0.0428
CARSize*NUMCAR	1	0.00206641	0.00206641	0.77	0.3827
DIST*CARSize*NUMCAR	1	0.00039376	0.00039376	0.15	0.7028
MILK	1	0.01522951	0.01522951	5.65	0.0189
DIST*MILK	1	0.07460641	0.07460641	27.70	0.0001
CARSize*MILK	1	0.00035106	0.00035106	0.13	0.7187
DIST*CARSize*MILK	1	0.00004731	0.00004731	0.02	0.8948
NUMCAR*MILK	1	0.03591006	0.03591006	13.33	0.0004
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.02428026	0.02428026	9.01	0.0032
CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00043231	0.00043231	0.16	0.6894
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00002326	0.00002326	0.01	0.9261
PLACE	1	0.00073531	0.00073531	0.27	0.6022
DIST*PLACE	1	0.00112891	0.00112891	0.42	0.5185
CARSize*PLACE	1	0.00018276	0.00018276	0.07	0.7949
DIST*CARSize*PLACE	1	0.00014631	0.00014631	0.05	0.8161
NUMCAR*PLACE	1	0.00103531	0.00103531	0.38	0.5364
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00051481	0.00051481	0.19	0.6627
CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00170956	0.00170956	0.63	0.4271
DIST*CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00448381	0.00448381	1.66	0.1993
MILK*PLACE	1	0.00343176	0.00343176	1.27	0.2611
DIST*MILK*PLACE	1	0.00241026	0.00241026	0.89	0.3459
CARSize*MILK*PLACE	1	0.00062806	0.00062806	0.23	0.6300
DIST*CARSize*MILK*PLACE	1	0.00256801	0.00256801	0.95	0.3307
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00135141	0.00135141	0.50	0.4800
DIST*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00057381	0.00057381	0.21	0.6452
CARS*NUMC*MILK*PLACE	1	0.00004951	0.00004951	0.02	0.8924
DIS*CAR*NUM*MIL*PLAC	1	0.00034516	0.00034516	0.13	0.7209

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002693

Number of Means 2
Critical Range .01624

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.814700	80	2
B	0.708513	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002693

Number of Means 2
Critical Range .01624

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	CARSIZE
A	0.764012	80	2
A			
A	0.759200	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002693

Number of Means 2
Critical Range .01624

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.766863	80	1
A			
A	0.756350	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002693

Number of Means 2
Critical Range .01624

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.771362	80	2
B	0.751850	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002693

Number of Means 2
Critical Range .01624

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.763750	80	2
A			
A	0.759462	80	1

4. Heuristic 2 V.S. Lower Bound

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CARSize	2	1 2
NUMCAR	2	1 2
MILK	2	1 2
PLACE	2	1 2

Number of observations in data set = 160

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.40492998	0.01306226	4.41	0.0001
Error	128	0.37883400	0.00295964		
Corrected Total	159	0.78376397			
R-Square		C.V.	Root MSE		RESP Mean
0.516648		7.435983	0.05440258		0.73161250

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.21918802	0.21918802	74.06	0.0001
CARSize	1	0.00014822	0.00014822	0.05	0.8233
DIST*CARSize	1	0.00022563	0.00022563	0.08	0.7829
NUMCAR	1	0.00540562	0.00540562	1.83	0.1789
DIST*NUMCAR	1	0.00647703	0.00647703	2.19	0.1415
CARSize*NUMCAR	1	0.00004623	0.00004623	0.02	0.9007
DIST*CARSize*NUMCAR	1	0.00001562	0.00001562	0.01	0.9422
MILK	1	0.00000562	0.00000562	0.00	0.9653
DIST*MILK	1	0.09712103	0.09712103	32.82	0.0001
CARSize*MILK	1	0.00267323	0.00267323	0.90	0.3437
DIST*CARSize*MILK	1	0.00297562	0.00297562	1.01	0.3179
NUMCAR*MILK	1	0.01718103	0.01718103	5.81	0.0174
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.03141603	0.03141603	10.61	0.0014

CAR SIZE*NUMCAR*MILK	1	0.00048302	0.00048302	0.16	0.6869
DIST*CARS*NUMCA*MILK	1	0.00036602	0.00036602	0.12	0.7257
PLACE	1	0.00108160	0.00108160	0.37	0.5466
DIST*PLACE	1	0.00488410	0.00488410	1.65	0.2012
CAR SIZE*PLACE	1	0.00004840	0.00004840	0.02	0.8984
DIST*CAR SIZE*PLACE	1	0.00001690	0.00001690	0.01	0.9399
NUMCAR*PLACE	1	0.00174240	0.00174240	0.59	0.4443
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00010890	0.00010890	0.04	0.8482
CAR SIZE*NUMCAR*PLACE	1	0.00123210	0.00123210	0.42	0.5199
DIST*CARS*NUMC*PLACE	1	0.00144000	0.00144000	0.49	0.4867
MILK*PLACE	1	0.00412090	0.00412090	1.39	0.2402
DIST*MILK*PLACE	1	0.00108160	0.00108160	0.37	0.5466
CAR SIZE*MILK*PLACE	1	0.00182250	0.00182250	0.62	0.4341
DIST*CARS*MILK*PLACE	1	0.00207360	0.00207360	0.70	0.4041
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00038440	0.00038440	0.13	0.7191
DIST*NUMC*MILK*PLACE	1	0.00030250	0.00030250	0.10	0.7497
CARS*NUMC*MILK*PLACE	1	0.00037210	0.00037210	0.13	0.7235
DIS*CAR*NUM*MIL*PLAC	1	0.00049000	0.00049000	0.17	0.6848

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.00296

Number of Means 2
Critical Range .01702

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.768625	80	2
B	0.694600	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.00296

Number of Means 2
Critical Range .01702

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	CAR SIZE
A	0.732575	80	1
A			
A	0.730650	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.00296

Number of Means 2
Critical Range .01702

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.737425	80	1
A			
A	0.725800	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.00296

Number of Means 2
Critical Range .01702

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.731800	80	2
A			
A	0.731425	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.00296

Number of Means 2
Critical Range .01702

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.734213	80	1
A			
A	0.729013	80	2

ภาคผนวก จ.2

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของอีวีรสถิกส์โดยใช้ซอฟต์แวร์ SAS for Windows

1. Initial_Heuristic 1 V.S. Heuristic1

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CARSize	2	1 2
NUMCAR	2	1 2
MILK	2	1 2
PLACE	2	1 2

Number of observations in data set = 160

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.00900389	0.00029045	1.33	0.1394
Error	128	0.02800560	0.00021879		
Corrected Total	159	0.03700949			
R-Square		C.V.	Root MSE		RESP Mean
0.243286		72.35306	0.01479168		0.02044375

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.00011391	0.00011391	0.52	0.4719
CARSize	1	0.00031641	0.00031641	1.45	0.2314
DIST*CARSize	1	0.00055876	0.00055876	2.55	0.1125
NUMCAR	1	0.00027301	0.00027301	1.25	0.2661
DIST*NUMCAR	1	0.00036906	0.00036906	1.69	0.1964
CARSize*NUMCAR	1	0.00014631	0.00014631	0.67	0.4150
DIST*CARSize*NUMCAR	1	0.00003901	0.00003901	0.18	0.6736
MILK	1	0.00198106	0.00198106	9.05	0.0032
DIST*MILK	1	0.00167056	0.00167056	7.64	0.0066
CARSize*MILK	1	0.00001266	0.00001266	0.06	0.8103
DIST*CARSize*MILK	1	0.00008851	0.00008851	0.40	0.5259
NUMCAR*MILK	1	0.00023766	0.00023766	1.09	0.2993
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.00000001	0.00000001	0.00	0.9957
CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00000016	0.00000016	0.00	0.9787
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00002976	0.00002976	0.14	0.7129
PLACE	1	0.00000141	0.00000141	0.01	0.9362
DIST*PLACE	1	0.00004101	0.00004101	0.19	0.6658
CARSize*PLACE	1	0.00001381	0.00001381	0.06	0.8021
DIST*CARSize*PLACE	1	0.00000456	0.00000456	0.02	0.8855
NUMCAR*PLACE	1	0.00133981	0.00133981	6.12	0.0146
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00090726	0.00090726	4.15	0.0438
CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00014631	0.00014631	0.67	0.4150
DIST*CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00003901	0.00003901	0.18	0.6736
MILK*PLACE	1	0.00006891	0.00006891	0.31	0.5756
DIST*MILK*PLACE	1	0.00000331	0.00000331	0.02	0.9024
CARSize*MILK*PLACE	1	0.00026781	0.00026781	1.22	0.2706

DIST*CARS*MILK*PLACE	1	0.00011056	0.00011056	0.51	0.4785
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00000951	0.00000951	0.04	0.8352
DIST*NUMC*MILK*PLACE	1	0.00000456	0.00000456	0.02	0.8855
CARS*NUMC*MILK*PLACE	1	0.00016201	0.00016201	0.74	0.3911
DIS*CAR*NUM*MIL*PLAC	1	0.00004731	0.00004731	0.22	0.6427

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000219

Number of Means 2
Critical Range .004628

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.021287	80	2
A			
A	0.019600	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000219

Number of Means 2
Critical Range .004628

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	CARSIZE
A	0.021850	80	2
A			
A	0.019038	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000219

Number of Means 2
Critical Range .004628

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.021750	80	2
A			
A	0.019137	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000219

Number of Means 2
Critical Range .004628

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.023962	80	2
B	0.016925	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000219

Number of Means 2
Critical Range .004628

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.020538	80	2
A			
A	0.020350	80	1

2. Initial_Heuristic 2 V.S. Heuristic2

Analysis of Variance Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CARSIZE	2	1 2
NUMCAR	2	1 2
MILK	2	1 2
PLACE	2	1 2

Number of observations in data set = 160
Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.00924659	0.00029828	1.58	0.0411
Error	128	0.02417960	0.00018890		
Corrected Total	159	0.03342619			
R-Square		C.V.	Root MSE		RESP Mean
0.276627		81.84118	0.01374420		0.01679375

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.00173581	0.00173581	9.19	0.0029
CARSize	1	0.00000181	0.00000181	0.01	0.9223
DIST*CARSize	1	0.00004516	0.00004516	0.24	0.6257
NUMCAR	1	0.00003706	0.00003706	0.20	0.6586
DIST*NUMCAR	1	0.00028356	0.00028356	1.50	0.2228
CARSize*NUMCAR	1	0.00011056	0.00011056	0.59	0.4457
DIST*CARSize*NUMCAR	1	0.00000601	0.00000601	0.03	0.8588
MILK	1	0.00234856	0.00234856	12.43	0.0006
DIST*MILK	1	0.00020931	0.00020931	1.11	0.2945
CARSize*MILK	1	0.00025251	0.00025251	1.34	0.2498
DIST*CARSize*MILK	1	0.00057381	0.00057381	3.04	0.0838
NUMCAR*MILK	1	0.00052926	0.00052926	2.80	0.0966
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.00002641	0.00002641	0.14	0.7091
CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00012781	0.00012781	0.68	0.4123
DIST*CARS*NUMCAR*MILK	1	0.00001051	0.00001051	0.06	0.8139
PLACE	1	0.00078766	0.00078766	4.17	0.0432
DIST*PLACE	1	0.00037516	0.00037516	1.99	0.1612
CARSize*PLACE	1	0.00000276	0.00000276	0.01	0.9040
DIST*CARSize*PLACE	1	0.00004101	0.00004101	0.22	0.6421
NUMCAR*PLACE	1	0.00004306	0.00004306	0.23	0.6339
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00000076	0.00000076	0.00	0.9496
CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00008266	0.00008266	0.44	0.5095
DIST*CARS*NUMCAR*PLACE	1	0.00029431	0.00029431	1.56	0.2142
MILK*PLACE	1	0.00006891	0.00006891	0.36	0.5469
DIST*MILK*PLACE	1	0.00000076	0.00000076	0.00	0.9496
CARSize*MILK*PLACE	1	0.00000016	0.00000016	0.00	0.9771
DIST*CARS*MILK*PLACE	1	0.00007156	0.00007156	0.38	0.5393
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00000766	0.00000766	0.04	0.8408
DIST*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00013141	0.00013141	0.70	0.4058
CARS*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00033931	0.00033931	1.80	0.1825
DIST*CAR*NUMCAR*MIL*PLAC	1	0.00070141	0.00070141	3.71	0.0562

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000189

Number of Means 2
Critical Range .004300

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.020087	80	2
B	0.013500	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000189

Number of Means 2
Critical Range .004300

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	CARSize
A	0.016900	80	2
A	0.016687	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000189

Number of Means 2
Critical Range .004300

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.017275	80	1
A			
A	0.016313	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000189

Number of Means 2
Critical Range .004300

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.020625	80	2
B	0.012963	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000189

Number of Means 2
Critical Range .004300

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.019012	80	2
B	0.014575	80	1

ภาคผนวก จ.

การวิเคราะห์ Factorial Design โดยใช้ SAS Software

ภาคผนวก จ.2

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของอีวริสติกส์โดยใช้ซอฟต์แวร์ SAS for Windows

1. Initial_Heuristic 1 V.S. Heuristic1

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CARSize	2	1 2
NUMCAR	2	1 2
MILK	2	1 2
PLACE	2	1 2

Number of observations in data set = 160

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.00900389	0.00029045	1.33	0.1394
Error	128	0.02800560	0.00021879		
Corrected Total	159	0.03700949			
	R-Square	C.V.	Root MSE	RESP Mean	
	0.243286	72.35306	0.01479168	0.02044375	

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.00011391	0.00011391	0.52	0.4719
CARSize	1	0.00031641	0.00031641	1.45	0.2314
DIST*CARSize	1	0.00055876	0.00055876	2.55	0.1125
NUMCAR	1	0.00027301	0.00027301	1.25	0.2661
DIST*NUMCAR	1	0.00036906	0.00036906	1.69	0.1964
CARSize*NUMCAR	1	0.00014631	0.00014631	0.67	0.4150
DIST*CARSize*NUMCAR	1	0.00003901	0.00003901	0.18	0.6736
MILK	1	0.00198106	0.00198106	9.05	0.0032
DIST*MILK	1	0.00167056	0.00167056	7.64	0.0066
CARSize*MILK	1	0.00001266	0.00001266	0.06	0.8103
DIST*CARSize*MILK	1	0.00008851	0.00008851	0.40	0.5259
NUMCAR*MILK	1	0.00023766	0.00023766	1.09	0.2993
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.00000001	0.00000001	0.00	0.9957
CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00000016	0.00000016	0.00	0.9787
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00002976	0.00002976	0.14	0.7129
PLACE	1	0.00000141	0.00000141	0.01	0.9362
DIST*PLACE	1	0.00004101	0.00004101	0.19	0.6658
CARSize*PLACE	1	0.00001381	0.00001381	0.06	0.8021
DIST*CARSize*PLACE	1	0.00000456	0.00000456	0.02	0.8855
NUMCAR*PLACE	1	0.00133981	0.00133981	6.12	0.0146
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00090726	0.00090726	4.15	0.0438
CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00014631	0.00014631	0.67	0.4150
DIST*CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00003901	0.00003901	0.18	0.6736
MILK*PLACE	1	0.00006891	0.00006891	0.31	0.5756



DIST*MILK*PLACE	1	0.00000331	0.00000331	0.02	0.9024
CARSize*MILK*PLACE	1	0.00026781	0.00026781	1.22	0.2706
DIST*CARS*MILK*PLACE	1	0.00011056	0.00011056	0.51	0.4785
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00000951	0.00000951	0.04	0.8352
DIST*NUMC*MILK*PLACE	1	0.00000456	0.00000456	0.02	0.8855
CARS*NUMC*MILK*PLACE	1	0.00016201	0.00016201	0.74	0.3911
DIS*CAR*NUM*MIL*PLAC	1	0.00004731	0.00004731	0.22	0.6427

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000219

Number of Means 2
Critical Range .004628

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.021287	80	2
A			
A	0.019600	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000219

Number of Means 2
Critical Range .004628

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	CARSize
A	0.021850	80	2
A			
A	0.019038	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000219

Number of Means 2
Critical Range .004628

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.021750	80	2
A			
A	0.019137	80	1



Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000219

Number of Means 2
Critical Range .004628

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.023962	80	2
B	0.016925	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000219

Number of Means 2
Critical Range .004628

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.020538	80	2
A			
A	0.020350	80	1

2. Initial_Heuristic 2 V.S. Heuristic2

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CARSIZE	2	1 2
NUMCAR	2	1 2
MILK	2	1 2
PLACE	2	1 2

Number of observations in data set = 160
Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.00924659	0.00029828	1.58	0.0411
Error	128	0.02417960	0.00018890		
Corrected Total	159	0.03342619			



	R-Square	C.V.	Root MSE		RESP Mean
	0.276627	81.84118	0.01374420		0.01679375
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.00173581	0.00173581	9.19	0.0029
CARSize	1	0.00000181	0.00000181	0.01	0.9223
DIST*CARSize	1	0.00004516	0.00004516	0.24	0.6257
NUMCAR	1	0.00003706	0.00003706	0.20	0.6586
DIST*NUMCAR	1	0.00028356	0.00028356	1.50	0.2228
CARSize*NUMCAR	1	0.00011056	0.00011056	0.59	0.4457
DIST*CARSize*NUMCAR	1	0.00000601	0.00000601	0.03	0.8588
MILK	1	0.00234856	0.00234856	12.43	0.0006
DIST*MILK	1	0.00020931	0.00020931	1.11	0.2945
CARSize*MILK	1	0.00025251	0.00025251	1.34	0.2498
DIST*CARSize*MILK	1	0.00057381	0.00057381	3.04	0.0838
NUMCAR*MILK	1	0.00052926	0.00052926	2.80	0.0966
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.00002641	0.00002641	0.14	0.7091
CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00012781	0.00012781	0.68	0.4123
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00001051	0.00001051	0.06	0.8139
PLACE	1	0.00078766	0.00078766	4.17	0.0432
DIST*PLACE	1	0.00037516	0.00037516	1.99	0.1612
CARSize*PLACE	1	0.00000276	0.00000276	0.01	0.9040
DIST*CARSize*PLACE	1	0.00004101	0.00004101	0.22	0.6421
NUMCAR*PLACE	1	0.00004306	0.00004306	0.23	0.6339
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00000076	0.00000076	0.00	0.9496
CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00008266	0.00008266	0.44	0.5095
DIST*CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00029431	0.00029431	1.56	0.2142
MILK*PLACE	1	0.00006891	0.00006891	0.36	0.5469
DIST*MILK*PLACE	1	0.00000076	0.00000076	0.00	0.9496
CARSize*MILK*PLACE	1	0.00000016	0.00000016	0.00	0.9771
DIST*CARSize*MILK*PLACE	1	0.00007156	0.00007156	0.38	0.5393
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00000766	0.00000766	0.04	0.8408
DIST*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00013141	0.00013141	0.70	0.4058
CARSize*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00033931	0.00033931	1.80	0.1825
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00070141	0.00070141	3.71	0.0562

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000189

Number of Means 2
Critical Range .004300

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.020087	80	2
B	0.013500	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000189

Number of Means 2
Critical Range .004300

Means with the same letter are not significantly different.



Duncan Grouping	Mean	N	CARSize
A	0.016900	80	2
A			
A	0.016687	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000189

Number of Means 2
Critical Range .004300

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.017275	80	1
A			
A	0.016313	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000189

Number of Means 2
Critical Range .004300

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.020625	80	2
B	0.012963	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.000189

Number of Means 2
Critical Range .004300

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.019012	80	2
B	0.014575	80	1



ภาคผนวก จ.1

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของอิวิริสติกส์โดยใช้ซอฟต์แวร์ SAS for Windows

1. Initial_Heuristic 1 V.S. Lower Bound

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CARSize	2	1 2
NUMCAR	2	1 2
MILK	2	1 2
PLACE	2	1 2

Number of observations in data set = 160

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.63351114	0.02043584	6.51	0.0001
Error	128	0.40182360	0.00313925		
Corrected Total	159	1.03533474			

R-Square	C.V.	Root MSE	RESP Mean
0.611890	7.560055	0.05602898	0.74111875

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.43691451	0.43691451	139.18	0.0001
CARSize	1	0.00015016	0.00015016	0.05	0.8272
DIST*CARSize	1	0.00036301	0.00036301	0.12	0.7344
NUMCAR	1	0.00698281	0.00698281	2.22	0.1383
DIST*NUMCAR	1	0.00743926	0.00743926	2.37	0.1262
CARSize*NUMCAR	1	0.00326706	0.00326706	1.04	0.3096
DIST*CARSize*NUMCAR	1	0.00066831	0.00066831	0.21	0.6453
MILK	1	0.00616281	0.00616281	1.96	0.1636
DIST*MILK	1	0.09895276	0.09895276	31.52	0.0001
CARSize*MILK	1	0.00024256	0.00024256	0.08	0.7815
DIST*CARSize*MILK	1	0.00024751	0.00024751	0.08	0.7793
NUMCAR*MILK	1	0.03044281	0.03044281	9.70	0.0023
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.02432956	0.02432956	7.75	0.0062
CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00043891	0.00043891	0.14	0.7091
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00010726	0.00010726	0.03	0.8536
PLACE	1	0.00065206	0.00065206	0.21	0.6493
DIST*PLACE	1	0.00164481	0.00164481	0.52	0.4705
CARSize*PLACE	1	0.00028891	0.00028891	0.09	0.7621
DIST*CARSize*PLACE	1	0.00020476	0.00020476	0.07	0.7988
NUMCAR*PLACE	1	0.00001626	0.00001626	0.01	0.9427
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00005641	0.00005641	0.02	0.8936
CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00086956	0.00086956	0.28	0.5996
DIST*CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00369601	0.00369601	1.18	0.2799
MILK*PLACE	1	0.00261631	0.00261631	0.83	0.3630
DIST*MILK*PLACE	1	0.00227256	0.00227256	0.72	0.3965
CARSize*MILK*PLACE	1	0.00007701	0.00007701	0.02	0.8758
DIST*CARSize*MILK*PLACE	1	0.00160656	0.00160656	0.51	0.4757
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00161926	0.00161926	0.52	0.4739
DIST*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00066831	0.00066831	0.21	0.6453
CARSize*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00036301	0.00036301	0.12	0.7344
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00015016	0.00015016	0.05	0.8272



Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.003139

Number of Means 2
Critical Range .01753

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.793375	80	2
B	0.688862	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.003139

Number of Means 2
Critical Range .01753

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	CARSIZE
A	0.742087	80	2
A			
A	0.740150	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.003139

Number of Means 2
Critical Range .01753

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.747725	80	1
A			
A	0.734512	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.003139

Number of Means 2
Critical Range .01753



Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.747325	80	2
A			
A	0.734912	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.003139

Number of Means 2
Critical Range .01753

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.743137	80	2
A			
A	0.739100	80	1

2. Initial_Heuristic 2 V.S. Lower Bound

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CARSize	2	1 2
NUMCAR	2	1 2
MILK	2	1 2
PLACE	2	1 2

Number of observations in data set = 160

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.37571310	0.01211978	4.55	0.0001
Error	128	0.34077080	0.00266227		
Corrected Total	159	0.71648390			
	R-Square	C.V.	Root MSE		RESP Mean
	0.524385	7.216645	0.05159721		0.71497500
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.18346702	0.18346702	68.91	0.0001
CARSize	1	0.00017640	0.00017640	0.07	0.7973
DIST*CARSize	1	0.00006503	0.00006503	0.02	0.8761
NUMCAR	1	0.00481802	0.00481802	1.81	0.1809



DIST*NUMCAR	1	0.00428490	0.00428490	1.61	0.2069
CARSize*NUMCAR	1	0.00001563	0.00001563	0.01	0.9391
DIST*CARSize*NUMCAR	1	0.00000160	0.00000160	0.00	0.9805
MILK	1	0.00203062	0.00203062	0.76	0.3841
DIST*MILK	1	0.10732960	0.10732960	40.32	0.0001
CARSize*MILK	1	0.00126563	0.00126563	0.48	0.4918
DIST*CARSize*MILK	1	0.00092160	0.00092160	0.35	0.5573
NUMCAR*MILK	1	0.01204090	0.01204090	4.52	0.0354
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.03358202	0.03358202	12.61	0.0005
CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00010890	0.00010890	0.04	0.8400
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00024503	0.00024503	0.09	0.7621
PLACE	1	0.00366722	0.00366722	1.38	0.2427
DIST*PLACE	1	0.00789610	0.00789610	2.97	0.0875
CARSize*PLACE	1	0.00002723	0.00002723	0.01	0.9196
DIST*CARSize*PLACE	1	0.00010890	0.00010890	0.04	0.8400
NUMCAR*PLACE	1	0.00234090	0.00234090	0.88	0.3502
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00009302	0.00009302	0.03	0.8520
CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00068890	0.00068890	0.26	0.6118
DIST*CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00044223	0.00044223	0.17	0.6843
MILK*PLACE	1	0.00524410	0.00524410	1.97	0.1629
DIST*MILK*PLACE	1	0.00113422	0.00113422	0.43	0.5151
CARSize*MILK*PLACE	1	0.00179560	0.00179560	0.67	0.4130
DIST*CARSize*MILK*PLACE	1	0.00138063	0.00138063	0.52	0.4728
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00048302	0.00048302	0.18	0.6709
DIST*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00004000	0.00004000	0.02	0.9026
CARSize*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00000123	0.00000123	0.00	0.9829
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00001690	0.00001690	0.01	0.9366

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002662

Number of Means 2
Critical Range .01614

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.748837	80	2
B	0.681112	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002662

Number of Means 2
Critical Range .01614

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	CARSize
A	0.716025	80	1
A			
A	0.713925	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP



NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002662

Number of Means 2
Critical Range .01614

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.720462	80	1
A			
A	0.709487	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002662

Number of Means 2
Critical Range .01614

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.718537	80	1
A			
A	0.711412	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002662

Number of Means 2
Critical Range .01614

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.719762	80	1
A			
A	0.710187	80	2

3. Heuristic 1 V.S. Lower Bound

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CAR SIZE	2	1 2
NUMCAR	2	1 2



MILK 2 1 2
PLACE 2 1 2

Number of observations in data set = 160

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.64230939	0.02071966	7.69	0.0001
Error	128	0.34474680	0.00269333		
Corrected Total	159	0.98705619			
R-Square		C.V.	Root MSE	RESP Mean	
0.650732		6.814196	0.05189734	0.76160625	

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.45103141	0.45103141	167.46	0.0001
CARSize	1	0.00092641	0.00092641	0.34	0.5586
DIST*CARSize	1	0.00002326	0.00002326	0.01	0.9261
NUMCAR	1	0.00442051	0.00442051	1.64	0.2025
DIST*NUMCAR	1	0.01127281	0.01127281	4.19	0.0428
CARSize*NUMCAR	1	0.00206641	0.00206641	0.77	0.3827
DIST*CARSize*NUMCAR	1	0.00039376	0.00039376	0.15	0.7028
MILK	1	0.01522951	0.01522951	5.65	0.0189
DIST*MILK	1	0.07460641	0.07460641	27.70	0.0001
CARSize*MILK	1	0.00035106	0.00035106	0.13	0.7187
DIST*CARSize*MILK	1	0.00004731	0.00004731	0.02	0.8948
NUMCAR*MILK	1	0.03591006	0.03591006	13.33	0.0004
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.02428026	0.02428026	9.01	0.0032
CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00043231	0.00043231	0.16	0.6894
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00002326	0.00002326	0.01	0.9261
PLACE	1	0.00073531	0.00073531	0.27	0.6022
DIST*PLACE	1	0.00112891	0.00112891	0.42	0.5185
CARSize*PLACE	1	0.00018276	0.00018276	0.07	0.7949
DIST*CARSize*PLACE	1	0.00014631	0.00014631	0.05	0.8161
NUMCAR*PLACE	1	0.00103531	0.00103531	0.38	0.5364
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00051481	0.00051481	0.19	0.6627
CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00170956	0.00170956	0.63	0.4271
DIST*CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00448381	0.00448381	1.66	0.1993
MILK*PLACE	1	0.00343176	0.00343176	1.27	0.2611
DIST*MILK*PLACE	1	0.00241026	0.00241026	0.89	0.3459
CARSize*MILK*PLACE	1	0.00062806	0.00062806	0.23	0.6300
DIST*CARSize*MILK*PLACE	1	0.00256801	0.00256801	0.95	0.3307
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00135141	0.00135141	0.50	0.4800
DIST*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00057381	0.00057381	0.21	0.6452
CARSize*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00004951	0.00004951	0.02	0.8924
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00034516	0.00034516	0.13	0.7209

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002693

Number of Means 2
Critical Range .01624



Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.814700	80	2
B	0.708513	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002693

Number of Means 2
Critical Range .01624

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	CARSize
A	0.764012	80	2
A			
A	0.759200	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002693

Number of Means 2
Critical Range .01624

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.766863	80	1
A			
A	0.756350	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002693

Number of Means 2
Critical Range .01624

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.771362	80	2
B	0.751850	80	1



Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.002693

Number of Means 2
Critical Range .01624

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.763750	80	2
A			
A	0.759462	80	1

4. Heuristic 2 V.S. Lower Bound

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
DIST	2	1 2
CARSIZE	2	1 2
NUMCAR	2	1 2
MILK	2	1 2
PLACE	2	1 2

Number of observations in data set = 160

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: RESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	31	0.40492998	0.01306226	4.41	0.0001
Error	128	0.37883400	0.00295964		
Corrected Total	159	0.78376397			
R-Square		C.V.	Root MSE		RESP Mean
0.516648		7.435983	0.05440258		0.73161250



Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
DIST	1	0.21918802	0.21918802	74.06	0.0001
CARSize	1	0.00014822	0.00014822	0.05	0.8233
DIST*CARSize	1	0.00022563	0.00022563	0.08	0.7829
NUMCAR	1	0.00540562	0.00540562	1.83	0.1789
DIST*NUMCAR	1	0.00647703	0.00647703	2.19	0.1415
CARSize*NUMCAR	1	0.00004623	0.00004623	0.02	0.9007
DIST*CARSize*NUMCAR	1	0.00001562	0.00001562	0.01	0.9422
MILK	1	0.00000562	0.00000562	0.00	0.9653
DIST*MILK	1	0.09712103	0.09712103	32.82	0.0001
CARSize*MILK	1	0.00267323	0.00267323	0.90	0.3437
DIST*CARSize*MILK	1	0.00297562	0.00297562	1.01	0.3179
NUMCAR*MILK	1	0.01718103	0.01718103	5.81	0.0174
DIST*NUMCAR*MILK	1	0.03141603	0.03141603	10.61	0.0014
CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00048302	0.00048302	0.16	0.6869
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK	1	0.00036602	0.00036602	0.12	0.7257
PLACE	1	0.00108160	0.00108160	0.37	0.5466
DIST*PLACE	1	0.00488410	0.00488410	1.65	0.2012
CARSize*PLACE	1	0.00004840	0.00004840	0.02	0.8984
DIST*CARSize*PLACE	1	0.00001690	0.00001690	0.01	0.9399
NUMCAR*PLACE	1	0.00174240	0.00174240	0.59	0.4443
DIST*NUMCAR*PLACE	1	0.00010890	0.00010890	0.04	0.8482
CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00123210	0.00123210	0.42	0.5199
DIST*CARSize*NUMCAR*PLACE	1	0.00144000	0.00144000	0.49	0.4867
MILK*PLACE	1	0.00412090	0.00412090	1.39	0.2402
DIST*MILK*PLACE	1	0.00108160	0.00108160	0.37	0.5466
CARSize*MILK*PLACE	1	0.00182250	0.00182250	0.62	0.4341
DIST*CARSize*MILK*PLACE	1	0.00207360	0.00207360	0.70	0.4041
NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00038440	0.00038440	0.13	0.7191
DIST*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00030250	0.00030250	0.10	0.7497
CARSize*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00037210	0.00037210	0.13	0.7235
DIST*CARSize*NUMCAR*MILK*PLACE	1	0.00049000	0.00049000	0.17	0.6848

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.00296

Number of Means 2
Critical Range .01702

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	DIST
A	0.768625	80	2
B	0.694600	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.00296

Number of Means 2
Critical Range .01702



Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	CARSize
A	0.732575	80	1
A			
A	0.730650	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.00296

Number of Means 2
Critical Range .01702

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	NUMCAR
A	0.737425	80	1
A			
A	0.725800	80	2

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.00296

Number of Means 2
Critical Range .01702

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	MILK
A	0.731800	80	2
A			
A	0.731425	80	1

Analysis of Variance Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: RESP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 128 MSE= 0.00296

Number of Means 2
Critical Range .01702

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	PLACE
A	0.734213	80	1
A			
A	0.729013	80	2

