

การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตและการจัดส่ง คอนกรีตผสมเสร็จรูปแบบหลายโรงงาน

Increasing Production and Transportation Efficiency for Ready-Mixed Concrete—A Multiple Plants Type

กิตติพงษ์ ถาวงษ์กลาง (Kittipong Thawongklang)¹* ดร.ลัดดา ตันวานิชกุล (Dr.Ladda Tanwanichkul)**

บทคัดย่อ

การแก้ปัญหาการจัดตารางการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จถือเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปแบบการจัดส่งแบบหลายโรงงานผลิต (Multiple Plants) เนื่องจากมีตัวแปรเกี่ยวข้องมากมายภายใต้สถานการณ์ที่รีบเร่งในการตัดสินใจ ในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ปัญหาออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วนที่ 1 การจัดสรรคำสั่งผลิต (Allocation) ให้โรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จแต่ละสาขาด้วยวิธีการที่เหมาะสมและส่วนที่ 2 การจัดตารางการผลิตและการจัดส่ง (Scheduling) โดยแบบจำลองนี้ประยุกต์ใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น (Integer Linear Programming) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจกระจายคำสั่งซื้อให้แต่ละโรงงานที่เหมาะสมเพื่อนำไปวางแผนผลิต ผลลัพธ์ที่ได้ส่งผลให้ลดระยะเวลาการรอคอยและลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับหน่วยงานก่อสร้างด้วยเกณฑ์การใช้ระยะเวลาการเดินทางรวมของแต่ละเที่ยวที่น้อยที่สุดเป็นเป้าหมายวัตถุประสงค์

ABSTRACT

Solving scheduling problems associated with the transportation of ready mixed concrete is regarded as extremely complicated, particularly those involving multi-plant transportation due to many relevant factors under hasty decision-making circumstances. In this study, problems were analyzed into 2 main parts: 1) allocation of production orders to each branch of ready-mixed concrete production plants in proper ways and 2) production and transportation scheduling. In this model, Integer Linear Programming was applied to increase efficiency in proper allocation of production orders to each plant to be applied in production planning. The outcomes obtained result in reduction of waiting time and labor costs, which is able to create satisfaction to construction units based on the criterion of the minimum total travel time spent at a time as an objective.

คำสำคัญ: การจัดส่งแบบหลายโรงงานผลิต การจัดสรรคำสั่งผลิต เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น

Keywords: Multiple plants, Allocation, Integer linear programming

¹Corresponding author: ladpit@gmail.com

*นักศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 (Industry 4.0) ส่งผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างสิ้นเชิงในหลายอุตสาหกรรม เพราะการพลิกผันของเทคโนโลยี (Technology disruption) ได้สร้างผู้ประกอบการใหม่โดยเฉพาะธุรกิจสตาร์ทอัพที่ใช้รูปแบบดิจิทัลให้สามารถเข้าถึงลูกค้าใหม่ได้อย่างรวดเร็ว มีต้นทุนต่ำ และสามารถแข่งขันกับภาคธุรกิจแบบดั้งเดิมที่ไม่เคยทำได้มาก่อนในอดีต สำหรับอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จซึ่งถือเป็นวัสดุที่สำคัญเป็นอย่างมากในงานก่อสร้างโครงสร้างอาคาร ไม่ว่าจะเป็นขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ในปัจจุบันคอนกรีตผสมเสร็จยังมีความต้องการเพิ่มขึ้นตลอดมาเนื่องจากในหลายประเทศยังคงมุ่งเน้นในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างชัดเจน โดยเฉพาะประเทศไทยที่มีความคืบหน้าเป็นอย่างมากในการลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่ง เหตุนี้จึงส่งผลให้ผู้ประกอบการธุรกิจคอนกรีตผสมเสร็จต่างช่วงชิงความได้เปรียบเพื่อเพิ่มส่วนแบ่งการตลาด นอกจากนี้ยังมีกำลังการผลิตที่เพียงพอแล้ว อีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดความได้เปรียบอย่างชัดเจนคืองานบริการที่รวดเร็วเนื่องจากธรรมชาติของธุรกิจนี้มีการวางแผนล่วงหน้าควบคู่กับการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเสมอ โดยทั่วไปผู้ประกอบการมีรูปแบบการจัดระบบการผลิตและการจัดส่งจำแนกเป็น 3 รูปแบบคือ

1. แบบหนึ่งโรงงานผลิตหนึ่งเครื่องจักร (Single Plant) เป็นโรงงานเดียวไม่มีสาขาที่มีเครื่องจักรผลิตหนึ่งเครื่องรองรับคำสั่งซื้อภายในรัศมีการขนส่งและดำเนินการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จให้หลายหน่วยงานก่อสร้าง
2. แบบหนึ่งโรงงานผลิตหลายเครื่องจักร (Multi Mixers) เป็นการตั้งโรงงานผลิตหนึ่งโรงงานพร้อมเครื่องจักรผลิตหลายตัวเพื่อใช้ในการสำรองหรือเพิ่มศักยภาพในการผลิตให้กับลูกค้าภายในรัศมีการขนส่งหลายหน่วยงานก่อสร้าง
3. แบบหลายโรงงานผลิตจัดส่งไปยังลูกค้าหลายราย (Multiple Plants) เป็นการตั้งโรงงานหลายสาขาเป็นโครงข่ายเพื่อประโยชน์ในการขนส่งให้ครอบคลุมพื้นที่และลดระยะทางการขนส่งไปยังลูกค้าให้สั้นที่สุด

รูปแบบการผลิตและการจัดส่งที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันคือรูปแบบหลายโรงงานผลิตหรือ Multiple Plants เนื่องจากเป็นการขนส่งที่ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายถือเป็นกลยุทธ์ที่สร้างความได้เปรียบจากคู่แข่งทั้งในแง่ปริมาณการขายสินค้าและการสร้างความพึงพอใจในการบริการส่งมอบเพราะสามารถลดระยะทางการขนส่งโดยการนำรถบรรทุกไปรับคอนกรีตจากโรงงานที่มีระยะทางหรือเวลาขนส่งไปยังลูกค้าที่สั้นที่สุด ส่วนในมิติของการแก้ปัญหาถือว่าเป็นรูปแบบปัญหาที่ซับซ้อนมากกว่าประเภทอื่น การจัดการการจัดส่งให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการทำงานจริงจำเป็นต้องสร้างความเชื่อมโยงและสอดคล้องระหว่างโรงงานที่อยู่คนละแห่งกับหลายหน่วยงานก่อสร้างที่ต้องการใช้คอนกรีต สำหรับประเทศไทยซึ่งยังคงมีความต้องการคอนกรีตผสมเสร็จอย่างต่อเนื่องและถือเป็นประเทศที่มีความพร้อมในด้านดิจิทัล คาดว่าแนวทางการทำธุรกิจรูปแบบนี้จะมีผู้สนใจหลายรายเริ่มนำมาพัฒนาปรับใช้ให้เหมาะสมกับการซื้อขายคอนกรีตผสมเสร็จของคนไทยในไม่ช้า ดังนั้นการแข่งขันในธุรกิจตลาดกลางออนไลน์ด้วยตนเองจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพของตนเองเพื่อดึงดูดลูกค้าเข้ามาใช้งานให้มากกว่าคู่แข่ง ในงานวิจัยนี้เห็นว่าการแก้ไขปัญหาแบบ Multiple Plants Platform ควรแบ่งกลไกการแก้ปัญหาออกเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 กระบวนการจัดสรรคำสั่งซื้อ (Allocation) เป็นกระบวนการคัดกรองและจัดสรรปริมาณคอนกรีตที่เหมาะสมให้แก่แต่ละโรงงานจัดส่งได้รวดเร็ว ทันเวลาและมีประสิทธิภาพด้วยเวลาการเดินทางที่สั้นที่สุด

ส่วนที่ 2 กระบวนการสร้างตารางการผลิตและการจัดส่ง (Scheduling) เป็นการแก้ปัญหาในการวางแผนจัดลำดับงานจัดส่งให้มีประสิทธิภาพ ยืดหยุ่นและแม่นยำหลังจากได้รับการจัดสรรคำสั่งซื้อ

ปัจจัยในการทำกลไกการแก้ปัญหาแบบ Multiple Plants Platform มีประสิทธิภาพประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ

ส่วนที่ 1 การออกแบบอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็ว มีความสมจริงและแม่นยำ

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนการวิเคราะห์และเลือกใช้อำนาจนำเข้าเพื่อประมวลผลที่มีความแม่นยำและสมจริง เห็นได้ว่าการมีอัลกอริทึมที่ดีแต่ขาดอำนาจนำเข้าที่มีความแม่นยำและสมจริง ผลลัพธ์ที่ได้ไม่สามารถสะท้อนความมีประสิทธิภาพได้อย่างแท้จริง

ในบทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของการแก้ไขปัญหาในรูปแบบ Multiple Plants Platform เท่านั้น โดยมุ่งเน้นเฉพาะกลไกการแก้ปัญหาส่วนกระบวนการจัดสรรคำสั่งซื้อ (Allocation) โดยให้ความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลนำเข้าที่มีประสิทธิภาพโดยมีกฎเกณฑ์สำคัญของการแก้ปัญหาคือการหาข้อมูลตัวแทนระยะเวลาเดินทางที่แม่นยำและความสมจริง หากมีการนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง ผู้ประกอบการสามารถสร้างความได้เปรียบเชิงธุรกิจจากการมีวิธีการตัดสินใจล่วงหน้าที่เป็นระบบและตอบสนองได้รวดเร็ว ใช้เวลาวางแผนน้อยลง มีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือเป็นที่ยอมรับ เพิ่มโอกาสทางการขายและลดการใช้จำนวนรถบรรทุกเกินความจำเป็นในการศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพแบบองค์รวมในการจัดการตารางการผลิตและการจัดส่งรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จสำหรับธุรกิจรูปแบบผลิตหลายโรงงาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดส่งรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จ ถือเป็นปัญหาที่ซับซ้อนมากเนื่องจากการนำทรัพยากรที่แตกต่างกัน มาจัดสรรด้วยทักษะของคนเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดภายใต้ระยะเวลาที่จำกัด พร้อมทั้งให้สอดคล้องระหว่างโรงงานและความต้องการใช้คอนกรีตของหน่วยงานก่อสร้าง [1] รวบรวมแนวทางการแก้ปัญหาที่นิยมใช้ในการจัดการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันออกเป็น 2 แนวทางคือ

1. วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Methods) เป็นวิธีการแก้ปัญหาด้วยการกำหนดเป้าหมายวัตถุประสงค์ของตัวชี้วัดจากค่าจำนวนมากที่สุดหรือน้อยที่สุด โดยสามารถใช้กับปัญหาที่มีจำนวนตัวแปรไม่มากนัก เหมาะกับปัญหาที่ต้องการระยะเวลาในการแก้ปัญหาที่รวดเร็ว สำหรับเทคนิคที่นิยมใช้ยกตัวอย่างคือ

1.1 เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น (Integer Linear Programming) เป็นการกำหนดเป้าหมาย ข้อจำกัดต่างๆ ของปัจจัยหรือทรัพยากรในรูปสมการหรืออสมการ เป็นแบบสมการเชิงเส้นซึ่งคำตอบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดที่กำหนดให้

2. วิธีฮิวริสติก (Heuristic) เป็นวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาที่มีลักษณะซับซ้อนและตัวแปรจำนวนมาก มีความยืดหยุ่นสามารถแก้ปัญหาได้หลากหลาย วิธีการนี้ไม่ได้หาคำตอบที่ดีที่สุดแต่จะได้คำตอบที่มีคุณภาพเพียงพอต่อความต้องการนำไปใช้ เทคนิคที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหาคือการจัดตารางจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จยกตัวอย่างคือ

2.1 เทคนิคเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นการเลียนแบบกลไกการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่มีโครโมโซมไม่เหมือนกัน โดยการแทนคำตอบที่มีอยู่ในลักษณะโครโมโซมแล้วปรับปรุงคำตอบแต่ละชุดเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น โดยทั่วไปจะแทนคำตอบด้วยเลขฐานสอง

2.2 การเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) เป็นการเลียนแบบเทคนิคในการให้ความร้อนและการควบคุมความอุณหภูมิของโลหะ นำมาประยุกต์ใช้โดยการเปรียบเทียบสถานะของโลหะแทนด้วยผลคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด สถานะของพลังงานจะเสมือนเป็นค่าของฟังก์ชันเป้าหมาย

2.3 เทคนิคหาผลเฉลยแบบเฉพาะที่ (Local Search) คือวิธีค้นหาคำตอบจากการกำหนดผลเฉลยเริ่มต้นและกำหนดดัชนีวัดความเหมาะสมเพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะผลเฉลยไปจนกว่าจะพบผลเฉลยที่พอใจ

2.4 วิธีจัดลำดับความสำคัญ (Priority Rules) เป็นการการจัดลำดับให้กับงานที่เข้ามายังหน่วยผลิตด้วยเกณฑ์เงื่อนไขที่เหมาะสมกับปัญหา เช่น ใช้เกณฑ์มาก่อนทำก่อน เกณฑ์เวลาผลิตสั้นที่สุด เป็นต้น

สำหรับการเลือกเทคนิคการแก้ปัญหาขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของปัญหาส่วนมากใช้เกณฑ์พิจารณาจากจำนวนตัวแปร ความซับซ้อนของปัญหาและเวลาที่ใช้ในการประมวลผล หากแบ่งการแก้ปัญหามารูปแบบการผลิตและการจัดส่งในปัจจุบันสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. รูปแบบหนึ่งโรงงานผลิตหนึ่งเครื่องจักร (Single Plant) เป็นรูปแบบปัญหาที่พบมากที่สุด ส่วนใหญ่นิยมใช้เทคนิค Genetic Algorithm (GA) เข้ามาช่วยแก้ปัญหา [2] สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ชื่อ RMCDiSO จากแนวคิดจากเทคนิค Genetic Algorithm (GA) วัดประสิทธิภาพของโปรแกรมจากเวลารอคอยรวมของหน่วยงานก่อสร้างที่น้อยที่สุด ได้ผลลัพธ์ที่ดีในกรณีสถานการณ์ปริมาณงานน้อยจึงมีการพัฒนาโดย [3] ให้สามารถรองรับปริมาณงานที่มีจำนวนมากขึ้นด้วยการผสมผสานเทคนิค Cyclone Simulation เข้ามาร่วมประมวลผล ในการแก้ไขปัญหามีผู้พัฒนาเพิ่มตัวแปรเพื่อให้เกิดความสมจริงมากขึ้น [4] ได้นำลักษณะงานที่มีการใช้รถปัมคอนกรีตเข้ามาช่วยด้วย วัตถุประสงค์ของแบบจำลองนี้ต้องการหาตารางการจัดงานที่มีค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานที่น้อยที่สุด นอกจากนั้นยังมีการนำวิธีฮิวริสติกแบบง่ายมาแก้ปัญหาได้เช่นกัน [5] วิเคราะห์รูปแบบการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จเป็น Job Shop Problem โดยสมมุติฐานโรงงานผลิตและหน่วยงานก่อสร้างเป็นเหมือนสถานีปฏิบัติการและรถบรรทุกจัดลำดับงานด้วยวิธี Priority Rules ด้วยเทคนิค Early Due Date (EDD) เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่น้อยที่สุด อีกหนึ่งแนวทางที่มักพบในการแก้ปัญหาคือการใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น (Integer Linear Programming) [5] สร้างแบบจำลองเพื่อใช้จัดตารางการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จ โดยสะท้อนรูปแบบของปัญหาเป็นแบบ Network Flow Problem โดยนำข้อมูลจากสถานการณ์จริงของบริษัทต้นแบบในได้หวั่นพบว่าสามารถวางแผนงานได้ประสิทธิภาพที่ดีภายใต้ปริมาณงานที่มีจำนวนไม่มากเท่านั้นและด้วยข้อจำกัดนี้ [6] จึงได้เพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยนำวิธีฮิวริสติกด้วยเทคนิค Local Search เข้ามาช่วยในการคัดเลือกลูกค้าที่เหมาะสมเบื้องต้นก่อนเข้าสู่ขั้นตอนจัดตารางงานของรถขนส่งด้วยวิธี Integer Linear Programming พบว่าสามารถหาคำตอบที่มีค่าใช้จ่ายรวมในการเดินทางที่น้อยที่สุดได้

2. รูปแบบหลายโรงงานผลิตจัดส่งไปยังลูกค้าหลายราย (Multiple Plants) ได้รับความสนใจในการแก้ปัญหการจัดตารางงานมากขึ้นถึงแม้จะมีความซับซ้อนมากกว่ารูปแบบอื่นเนื่องจากมีรูปแบบที่สอดคล้องต่อการแข่งขันธุรกิจ ส่วนใหญ่นิยมเลือกวิธีฮิวริสติกเข้ามาช่วยในการจัดตารางงาน [7] เสนอวิธีการจัดสรรรถบรรทุกคอนกรีตและโรงงานผลิตคอนกรีตที่อยู่ต่างที่กันให้เหมาะสมกับคำสั่งซื้อของลูกค้าด้วยเทคนิค Genetic Algorithm (GA) โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่น้อยที่สุดเป็นตัวชี้วัดผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด อีกเทคนิคหนึ่งที่มีผู้นำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาคือวิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing หรือ SA) [8] ใช้พื้นที่การศึกษาในประเทศศรีลังกาสามารถเพิ่มทั้งจำนวนการรับงานและผลกำไรรวม โดยมีสมมุติฐานใหม่คือรถบรรทุกสามารถวิ่งกลับไปยังโรงงานผลิตอื่นที่มีระยะทางใกล้กว่าได้ สำหรับการแก้ปัญหาคือวิธีการหาค่าที่ดีที่สุด (Exact Methods) ได้มีผู้พยายามนำมาใช้ในเชิงเปรียบเทียบเทคนิคอื่น [9] พบว่าวิธีการ Integer Linear Programming ให้คำตอบที่เกิดค่าใช้จ่ายน้อยกว่าวิธีอื่นแต่ไม่สามารถรองรับปริมาณงานจำนวนมากได้ จากข้อจำกัดของวิธีการนี้จึงมีงานวิจัยที่พยายามเพิ่มประสิทธิภาพจากการใช้วิธีหาคำตอบที่ดีที่สุด ด้วยการนำวิธีฮิวริสติกส์เข้ามาช่วยในบางขั้นตอน [10] ประยุกต์ใช้เทคนิค Neighborhood Search ในการช่วยหาคำตอบเบื้องต้นก่อนจากนั้นจึงนำวิธี Multiple Integer Linear Programming (MILP) หาผลลัพธ์พบว่าสามารถจัดตารางงานจัดส่งที่มีปริมาณงานมากได้และใช้เวลาประมวลผลเร็วขึ้น

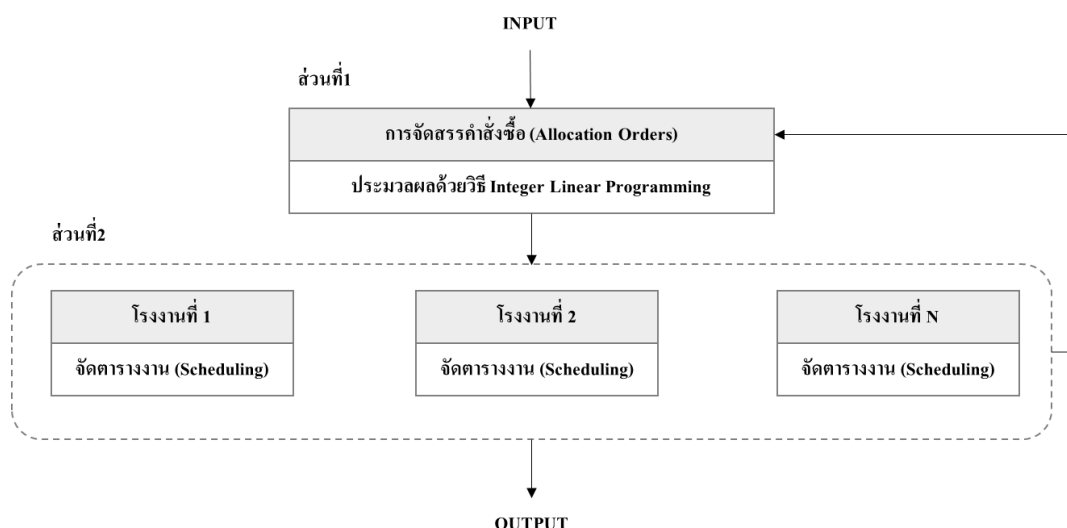
ภาพรวมแนวทางการแก้ปัญหการจัดตารางการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จในปัจจุบันเห็นได้ชัดว่าการแก้ปัญหสำหรับรูปแบบหนึ่งโรงงานผลิตหนึ่งเครื่องจักร (Single Plant) เริ่มถึงจุดอิ่มตัวเนื่องจากมีผู้สนใจศึกษามาเป็นระยะเวลานานและหลากหลายแง่มุม วิธีการที่นำมาใช้มีลักษณะวนเวียนระหว่างวิธีฮิวริสติกโดยเฉพาะเทคนิค GA และวิธี Integer Linear Programming เพียงเปลี่ยนเงื่อนไขให้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากขึ้น แต่ในลักษณะปัญหาอีกรูปแบบ

หนึ่งที่มีความท้าทายและมีความสำคัญต่อธุรกิจคอนกรีตผสมเสร็จในอนาคตคือหลายโรงงานผลิตส่งไปยังลูกค้าหลายราย (Multiple Plants) ในพื้นที่ใกล้เคียงกันเห็นได้จากเริ่มมีงานวิจัยที่เล็งเห็นความสำคัญและเสนอวิธีการที่หลากหลาย โดยส่วนใหญ่ยอมรับว่าเทคนิคจากวิธีฮิวริสติกเป็นวิธีการที่เหมาะสมและยังสนับสนุนเทคนิคที่ได้จากวิธีการ Exact Method ในแง่ของเวลาประมวลผลที่เร็วกว่าภายใต้เงื่อนไขที่ต้องกำหนดบางตัวแปรให้เป็นค่าคงที่ จากการสำรวจภาคสนามและการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานจริง พบว่ากฎเกณฑ์สำคัญอันดับแรกของการแก้ปัญหาให้สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงคือการใช้เวลาในการตัดสินใจที่รวดเร็วและสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนทดแทนข้อจำกัดของคนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเห็นสมควรต้องมีเครื่องมือเข้าช่วยแก้ปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดส่งแบบบูรณาการดังนี้

1. ใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Methods) ด้วยเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น (Integer Linear Programming) แก้ปัญหากระบวนการจัดสรรคำสั่งซื้อ (Allocation) เพื่อลดระยะเวลาการตัดสินใจจากการประมวลผลที่รวดเร็วโดยกำหนดบางตัวแปรให้เป็นค่าคงที่ซึ่งสอดคล้องกับความเป็นจริง
2. เลือกวิธีฮิวริสติก (Heuristic) ด้วยเทคนิค Tabu Search แก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนและมีปริมาณข้อมูลจำนวนมาก แต่ใช้เวลาประมวลผลน้อยกว่าเทคนิคอื่นสำหรับขั้นตอนการสร้างตารางการผลิตและการจัดส่ง (Scheduling)

วิธีการวิจัย

ในการศึกษานี้ได้นำวิธีการทำงานจริงและข้อมูลภาคสนามของบริษัทต้นแบบเข้าร่วมในการวิเคราะห์เพื่อให้สอดคล้องและสมจริงในการทำงาน โดยมีการสำรวจและจัดเก็บข้อมูลจริงที่เกี่ยวข้องในการจัดตารางงานไปทำการวิเคราะห์และคำนวณเบื้องต้นเพื่อเตรียมเป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง ในส่วนของแบบจำลองได้นำหลายเทคนิคร่วมกันแก้ปัญหาทั้งวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Methods) และวิธีฮิวริสติก (Heuristic) เพื่อให้ได้ตารางการจัดส่งแบบหลายโรงงานผลิตที่มีประสิทธิภาพโดยแบ่งแนวคิดแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลักดังภาพที่ 1 คือ



ภาพที่ 1 โครงสร้างแบบจำลองหลายโรงงานผลิต

ขั้นตอนที่ 1 จัดสรรคำสั่งซื้อให้โรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จแต่ละสาขาด้วยวิธีการที่เหมาะสมจากวิธีการเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น (Integer Linear Programming) ในเชิงเวลา ประมวลผลภายใต้เงื่อนไขที่ต้องกำหนดบางตัว

แปรให้มีค่าคงที่เช่น ระยะเวลาเดินทางระหว่างโรงงานกับหน่วยงาน กำลังการผลิตสูงสุดของโรงงานและความจุของรถบรรทุก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การเดินทางรวมใช้เวลาน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 แบ่งเป็นขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอนคือจัดตารางงานหลักและปรับตารางงานเพื่อรับงานรูปแบบรถบรรทุกวิธีวิวิธวิธีด้วย 2 เทคนิคคือ

1. เทคนิค Tabu Search เป็นการสร้างคำตอบซึ่งหมายถึงแผนผลิตคอนกรีตเริ่มต้นไว้ก่อน แล้วกระทำการวนซ้ำในการหาคำตอบรอบที่ผ่านมาด้วยการห้ามบางส่วนหรือห้ามทั้งหมดของคำตอบที่ดีที่สุดในรอบที่แล้วมาเป็นส่วนหนึ่งของคำตอบที่สร้างขึ้นใหม่ในรอบปัจจุบัน นั่นคือคำตอบปัจจุบันนั้นต้องไม่เหมือนกับคำตอบที่อยู่ในรายการคำตอบต้องห้าม เทคนิคนี้มีจุดเด่นคือมีประสิทธิภาพสูงและใช้เวลาประมวลผลสั้น

2. เทคนิค Priority Rules เป็นขั้นตอนปรับปรุงตารางแผนการผลิตหลังจากได้คำตอบจากขั้นตอน Tabu Search แล้ว โดยนำงานประเภทที่มีเวลาเริ่มผลิตไม่แน่นอนซึ่งได้คัดแยกไว้ก่อนการจัดตารางผลิต มาเติมในช่องเวลาผลิตที่ยังว่างอยู่ด้วยเกณฑ์มาก่อนทำก่อนจนครบจำนวนงานที่รับไว้

การรวบรวมและจัดเก็บข้อมูล

ข้อมูลในการศึกษานี้มีความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมภายในโรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จและการจัดส่งซึ่งเป็นกิจกรรมภายนอกซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อทั้งการผลิตและการจัดส่งหาได้จากการรวบรวมความต้องการและสมมุติฐานตั้งต้นจากหน่วยงานและข้อจำกัดภายในโรงงาน แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

กลุ่มที่ 1 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของโรงงาน เป็นข้อมูลแสดงปริมาณทรัพยากรที่มีและขนาดความจุหรือประสิทธิภาพสูงสุด

กลุ่มที่ 2 ข้อมูลจากคำสั่งซื้อ เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่างเจ้าหน้าที่จัดส่งกับลูกค้า และ

กลุ่มที่ 3 ข้อมูลเตรียมก่อนการคำนวณ ใช้สำหรับเป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลองที่ได้จากการนำคำสั่งซื้อมาคำนวณเบื้องต้น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

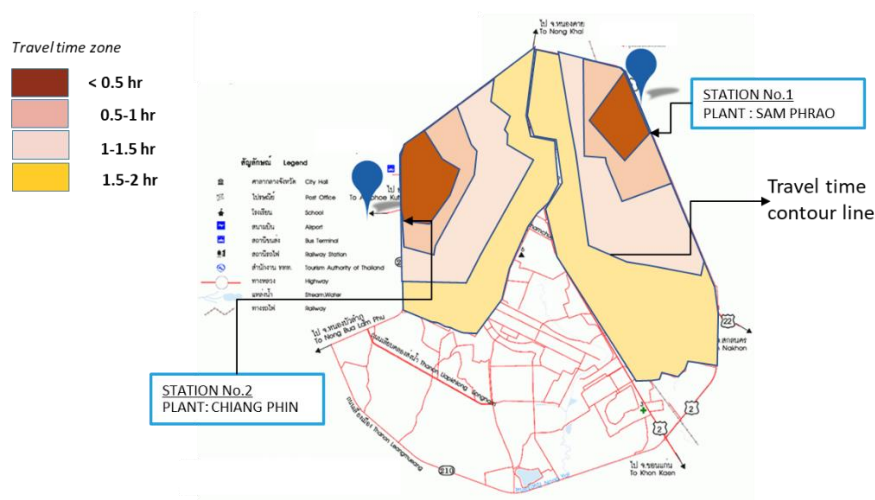
ที่	ข้อมูลลักษณะทั่วไปของโรงงาน	ข้อมูลคำสั่งซื้อ	ข้อมูลเตรียมก่อนการคำนวณ
1	ขนาดความจุรถบรรทุก	รหัสและชื่อพนักงาน	จำนวนเที่ยวจัดส่ง
2	จำนวนรถบรรทุก	รหัสส่วนผสมคอนกรีต	เวลาเริ่มผลิตแต่ละเที่ยว
3	จำนวนเวลาเตรียมตัวในโรงงาน	ปริมาณความต้องการคอนกรีต	เวลารถกลับถึงโรงงาน
4	จำนวนเวลาผลิตต่อคัน	เวลานัดหมายส่งสินค้า	
5	จำนวนสาขาโรงงาน	ตำแหน่งหน่วยงานก่อสร้าง	
6		ลักษณะการเทคอนกรีต	

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลนำเข้าแบบจำลองถือเป็นกุญแจสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของแบบจำลองเนื่องจากข้อมูลที่สะท้อนถึงความสมจริงและเป็นตัวแทนที่มีความน่าเชื่อถือจะสร้างผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพและยืดหยุ่นตามสถานการณ์ได้ดี สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. ข้อมูลเวลาเดินทาง

เป็นข้อมูลที่ได้จากการนำแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์หรือแผนที่ GIS ภายในเขตพื้นที่ศึกษา โดยเลือกเก็บข้อมูลตามช่วงเวลาได้แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ 1 ช่วงเวลาเร่งด่วนตั้งแต่ 7.00 น.จนถึง 9.00 น.และ 15.00 น.จนถึง 18.00 น. และกลุ่มที่ 2 เป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 9.00 น.จนถึง 15.00 น. เพื่อให้เกิดความสมจริงและแม่นยำ ในการศึกษานี้ได้ออกแบบเครื่องมือสนับสนุนการหาระยะเวลาเดินทางให้อยู่ในลักษณะคล้ายเส้นชั้นความสูงโดยใช้เส้นชั้นความสูงแต่ละเส้นแทนข้อมูลเวลาเดินทางจากโรงงานผลิตไปยังพื้นที่ส่งมอบคอนกรีตซึ่งในการศึกษานี้แทนชื่อว่าแผนที่เส้นชั้นเวลาเดินทาง (Travel time contour map) ตามภาพที่ 2 ด้วยการประยุกต์ใช้โปรแกรม ArcGIS 10.2 โดยการกำหนดตำแหน่งที่มีระยะเวลาเดินทางจากโรงงานผลิตที่เท่ากันลงบนแผนที่หลายช่วงเวลาเพื่อสร้างความเชื่อโยงเป็นชั้นเวลาต่อไป



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแผนที่เส้นชั้นเวลาเดินทาง (Travel time contour map)

2. ข้อมูลเวลาที่ใช้เทคอนกรีต

ใช้ข้อมูลที่รวบรวมจากภาคสนามจริงของบริษัทต้นแบบโดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 กลุ่มหลักตามประเภทของการใช้เครื่องทุ่นแรงสนับสนุนในการเทคอนกรีตคือกลุ่มที่ไม่ใช้เครื่องมือเครื่องจักรเป็นหลักเช่น การใช้ถังปูนลำเลียง การใช้รถเข็น เป็นต้นและกลุ่มที่ใช้เครื่องมือเครื่องจักรเป็นหลักเช่น รถคอน สายพาน การสูบลังด้วยรถบีบ เป็นต้นซึ่งแต่ละกลุ่มหลักแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามลักษณะโครงสร้างหลักของอาคาร

การสร้างแบบจำลอง

โครงสร้างของแบบจำลองประกอบด้วย 2 กระบวนหลักดังภาพที่ 4 คือ

ส่วนที่ 1 เป็นวิธีการจัดสรร (Allocation) ปริมาณคอนกรีต ใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นโดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้เวลาเดินทางในการจัดส่งรวมน้อยที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้ในส่วนนี้คือปริมาณคอนกรีตที่ถูกจัดสรรให้แต่ละโรงงานเพื่อจัดการรายการผลิตการจัดส่งในขั้นตอนถัดไป สำหรับตัวแปรที่ใช้ในการสร้างสมการประกอบด้วยจำนวนโรงงานผลิต ปริมาณความต้องการคอนกรีต จำนวนลูกค้า เวลาเดินทางและกำลังการผลิตของโรงงาน

กำหนดค่าตัวแปร

X_{ij} = ปริมาณคอนกรีตที่จัดส่งจาก PLANT i ไปยัง SITE j

T_{ij} = เวลาเดินทางจาก PLANT i ไปยัง SITE j

C_i = กำลังการผลิตของ PLANT i

D_i = ปริมาณความต้องการคอนกรีตของโรงงาน i

สมการเป้าหมาย (Objective function)

เวลาเดินทางรวมน้อยที่สุด = $T_{11}X_{11} + T_{12}X_{12} + T_{13}X_{13} + \dots + T_{ij}X_{ij}$

สมการแสดงความสัมพันธ์ภายใต้ข้อจำกัดของความต้องการคอนกรีต

$X_{11} + X_{21} + X_{31} + \dots + X_{n1} = D_1$

สมการแสดงความสัมพันธ์ภายใต้ข้อจำกัดของกำลังการผลิต

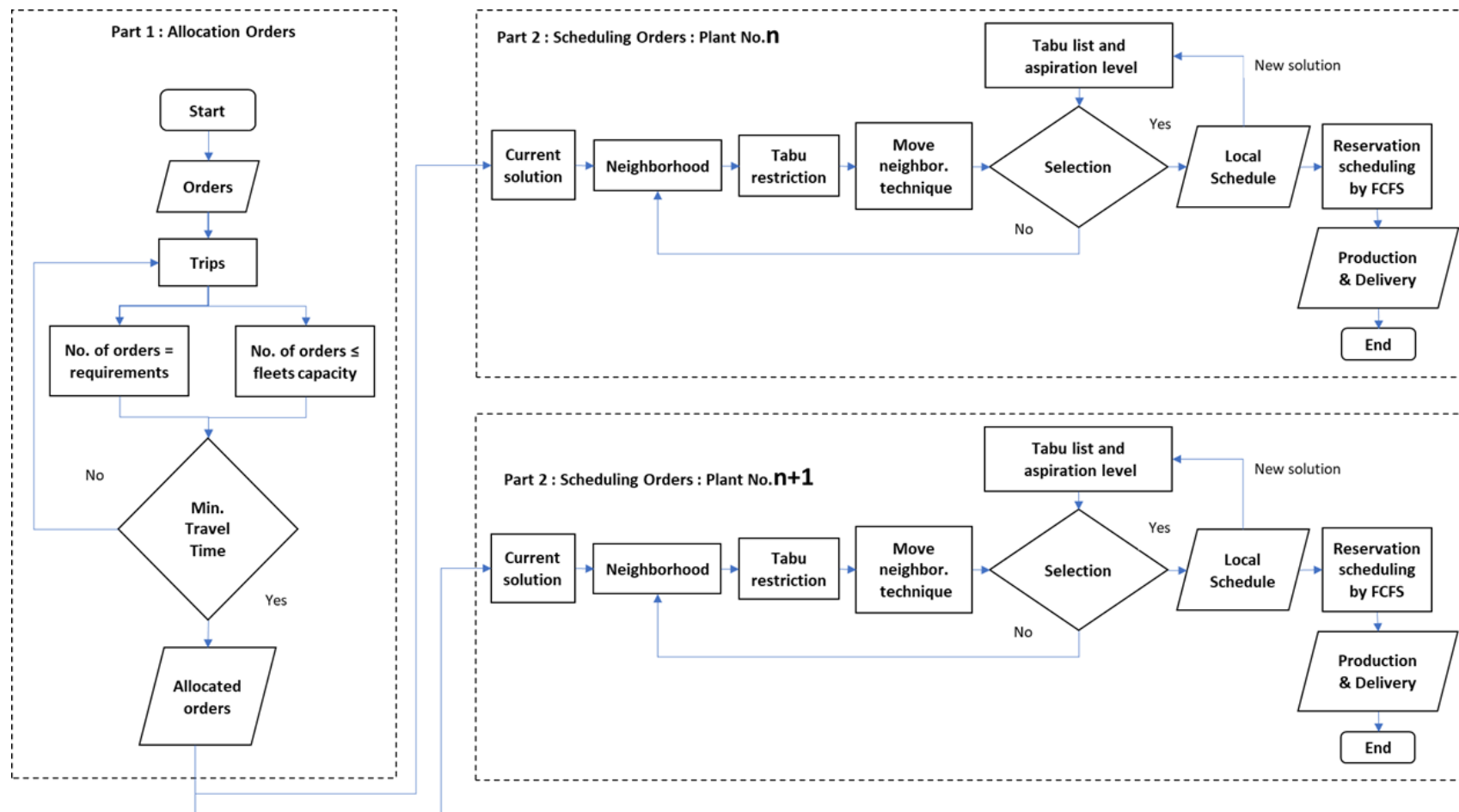
$X_{11} + X_{12} + X_{13} + \dots + X_{1n} \leq C_1$

ส่วนที่ 2 การจัดตารางการผลิตและการจัดส่ง ในขั้นตอนนี้อาศัยความเชื่อมโยงของกิจกรรมในวัฏจักรคอนกรีตผสมเสร็จ ดังภาพที่ 3 โดยกำหนดให้เวลาเดินทางถึงโรงงานคือเวลานัดหมายจากนั้นย้อนกลับกระบวนในวัฏจักรคอนกรีตผสมเสร็จเพื่อหาเวลาเริ่มผลิต ซึ่งเวลาเริ่มผลิตถูกนำมาจัดลำดับใหม่ด้วย เทคนิค Tabu Search ได้ตารางงานหลักและทำการปรับตารางหลักด้วยการนำคำสั่งซื้อที่มีสถานะรอโทรมาเติมในช่องเวลาผลิตที่ยังว่างอยู่โดยเลือกงานจากเทคนิคมาก่อนทำก่อน (First come first served) สุดท้ายก็นำตารางการผลิตแปลงเป็นตารางการจัดส่งตามวัฏจักรคอนกรีตผสมเสร็จ ผลลัพธ์จากกระบวนการนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลต่างสะสมของเวลานัดหมายของโรงงานกับเวลาเดินทางถึงโรงงานจากการวางแผนล่วงหน้าหรือเวลารอคอยรวมน้อยที่สุด



ภาพที่ 3 วัฏจักรคอนกรีตผสมเสร็จ

ในการพัฒนาแบบจำลองนี้ได้เลือกการเขียน โปรแกรมด้วย Python เนื่องจากมีศักยภาพสูงและมีจุดเด่นสำคัญคือมีระบบนิเวศน์ที่สนับสนุนให้สามารถสร้างเงื่อนไขการคำนวณที่เป็นรูปแบบเฉพาะตัว



ภาพที่ 4 Multiple Plants Production and Delivery Ready-Mixed Concrete (M-PDRMC) Flow Chart

ผลการวิจัย

สมมุติฐานและการป้อนข้อมูลเข้าแบบจำลอง

การคำนวณของแบบจำลองในส่วนนี้เป็นการจัดสรรปริมาณคอนกรีตด้วยเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นร่วมกับแนวคิดการขนส่งแบบทันเวลาพอดี (Just in Time) เป็นตัวกำหนดระยะห่างระหว่างรถบรรทุกแต่ละคันผลที่ได้สามารถนำไปจัดลำดับถัดไปโดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้เวลาเดินทางในการจัดส่งรวมน้อยที่สุด สำหรับการจัดเตรียมข้อมูลประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. ข้อมูลจากภาคสนามจริง ได้แก่ จำนวนรถบรรทุก ขนาดความจุรถบรรทุก จำนวนเที่ยววิ่งเฉลี่ยต่อวัน จำนวนสาขาโรงงาน ปริมาณความต้องการคอนกรีตของหน่วยงาน

2. ข้อมูลจากการวิเคราะห์และคำนวณเบื้องต้น ได้แก่ ข้อมูลกำลังการผลิตของโรงงานและอัตราการใช้เวลาเดินทางต่อการบรรทุก ซึ่งคำนวณได้จากสมการพร้อมทั้งตัวอย่างผลลัพธ์ตามตารางที่ 2 และ 3

กำลังการผลิตของโรงงาน = จำนวนรถ x จำนวนบรรทุกเฉลี่ย x จำนวนเที่ยววิ่งเฉลี่ยต่อวัน

เวลาเดินทางรวมน้อยที่สุด = ผลรวม (อัตราการใช้เวลาเดินทางต่อการบรรทุก x ปริมาณการจัดส่งคอนกรีต)

ตารางที่ 2 ข้อมูลกำลังการผลิตของโรงงาน

Plant_name	Plant capacity (cu./day)
Plant A	144
Plant B	90
Plant C	90

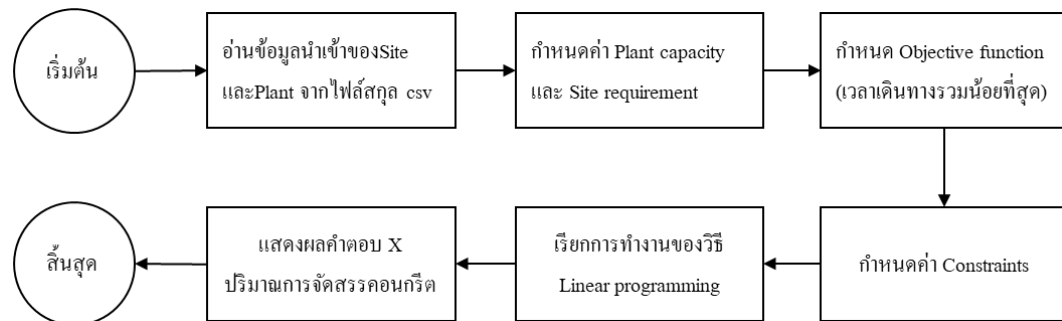
ตารางที่ 3 ข้อมูลปริมาณความต้องการคอนกรีตและอัตราใช้เวลาเดินทางต่อการบรรทุก 1 ลบ.ม.

site_name	plant_a	plant_b	plant_c	site_require (cu.)
Site A	6.67	5	10	8
Site B	1.67	10	12	10
Site C	2	10	1	6
Site D	6.67	5	5	20
Site E	1.67	1	6	50
Site F	1.67	5	8	6
Site G	0.83	6	1	10
Site H	1.67	3	2	3

การประมวลผล

ผลลัพธ์ของแบบจำลองเป็นการประมวลผลด้วยโปรแกรม Python version 3.7.4 เพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณคอนกรีตที่เหมาะสมในการจัดสรรให้กับแต่ละโรงงาน โดยมีกระบวนการเริ่มจากการนำเข้าข้อมูลประเภท Constraints ได้แก่ ความจุของ

โรงงาน (Plants Capacity) ข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้า (Sites Requirement) และข้อมูลระยะเวลาเดินทางต่อปริมาณบรรทุก จากนั้นกำหนดวัตถุประสงค์เป้าหมาย (Objective function) คือเวลาเดินทางรวมน้อยที่สุด ดังภาพที่ 5 ผลลัพธ์ที่ได้สามารถคำนวณค่า X หรือปริมาณคอนกรีตที่เหมาะสมให้แต่ละโรงงานภายใต้เงื่อนไขให้มีเวลาเดินทางรวมน้อยที่สุด ดังตารางที่ 4



ภาพที่ 5 Allocation Processing Flow Chart

ตารางที่ 4 แสดงการจัดสรรปริมาณคอนกรีตให้แต่ละโรงงาน (ลบ.ม.)

site_name	plant_a	plant_b	plant_c	site_require (cu.)
Site A	0	8	0	8
Site B	10	0	0	10
Site C	0	0	6	6
Site D	0	20	0	20
Site E	0	50	0	50
Site F	6	0	0	6
Site G	10	0	0	10
Site H	3	0	0	3

Objective Function :

จำนวนเวลาเดินทางรวมน้อยที่สุด = 236.03 นาที

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

กุญแจสำคัญของการจัดการการผลิตและการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จรูปแบบหลายโรงงานผลิตจัดส่งไปยังลูกค้าหลายราย (Multiple Plants) คือการจัดสรรคำสั่งซื้อให้แต่ละโรงงานที่เหมาะสมและรวดเร็ว ผลลัพธ์จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นสามารถประยุกต์ใช้ในการจัดสรรปริมาณคอนกรีตให้แต่ละโรงงานอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นปริมาณคอนกรีตที่สามารถจัดส่งให้แต่ละหน่วยงานก่อสร้างด้วยระยะเวลาเดินทางส่งมอบน้อยที่สุด ส่งผลให้สร้างความพึงพอใจจากการลดเวลารอคอยและลดค่าใช้จ่ายจากการจ้างแรงงาน ผลลัพธ์ในขั้นตอนนี้นำไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าพื้นฐานในส่วนที่ 2 ของแบบจำลองคือขั้นตอนการจัดการการผลิตและการจัดส่งของแต่ละ

โรงงาน (Scheduling) หากนำผลลัพธ์ของทั้ง 2 ส่วนมาประกอบกันจะได้วิธีการแก้ปัญหาการจัดส่งคอนกรีตรูปแบบหลายโรงงานผลิตแบบองค์รวมที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. Moons S, Ramaekers K, Caris A, Arda Y. Integrating production scheduling and vehicle routing decisions at the operational decision level: A review and discussion. *Comput Ind Eng* [Internet]. 2017;104:224–245. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2016.12.010>
2. Feng CW, Cheng TM, Wu HT. Optimizing the schedule of dispatching RMC trucks through genetic algorithms. *Autom Constr*. 2004;13(3):327–340.
3. Feng CW, Wu HT. Integrating fmGA and CYCLONE to optimize the schedule of dispatching RMC trucks. *Autom Constr*. 2006;15(2):186–199.
4. Liu Z, Zhang Y, Li M. Automation in Construction Integrated scheduling of ready-mixed concrete production and delivery. *Autom Constr* [Internet]. 2014;48:31–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.08.004>
5. Lin PC, Wang J, Huang SH, Wang YT. Dispatching ready mixed concrete trucks under demand postponement and weight limit regulation. *Autom Constr* [Internet]. 2010;19(6):798–807. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.05.002>
6. Kinable J, Wauters T, Vanden Berghe G. The concrete delivery problem. *Comput Oper Res* [Internet]. 2014;48:53–68. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2014.02.008>
7. Maghrebi M, Travis Waller S, Sammut C. Optimality gap of experts' decisions in concrete delivery dispatching. *J Build Eng* [Internet]. 2015;2:17–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2015.04.001>
8. Hettiarachchi BD, Bandara HMND, Samarasekera NA. Automated Multi-Plant Scheduling of Ready-Mixed Concrete Trucks. 2018 IEEE Int Conf Serv Oper Logist Informatics. 2016;43–48.
9. Garcia JM, Lozano S. Production and vehicle scheduling for ready-mix operations. *Comput Ind Eng*. 2004;46(4 SPEC. ISS.):803–816.
10. Schmid V, Doerner KF, Hartl RF, Salazar-González JJ. Hybridization of very large neighborhood search for ready-mixed concrete delivery problems. *Comput Oper Res* [Internet]. 2010;37(3):559–74. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2008.07.010>