

โปรแกรมตารางการจัดส่งคอนกรีตที่เหมาะสมที่สุด โดยเจเนติกอัลกอริทึม

ลัดดา ตันวานิชกุล^{*1)} และ อรรถพล ศิริสุวรรณ²⁾

บทคัดย่อ

การจัดตารางการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จเป็นหัวใจสำคัญในระบบขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จ การจัดตารางโดยประสิทธิภาพและการคาดคะเนอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดและเกิดช่องว่างของความสูญเสียกำไรที่อาจเกิดขึ้น เพื่อเพิ่มศักยภาพในการประกอบธุรกิจดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนในการวางแผนตารางการจัดส่งโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งเป็นวิธีที่เลียนแบบธรรมชาติในการค้นหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด ในระยะเวลาอันรวดเร็วและเหมาะสมกับการใช้งาน ร่วมกับการจำลองสถานการณ์การจัดส่ง จากกรณีศึกษาในจังหวัดขอนแก่นพบว่า ตารางการจัดส่งของ SDRMC มีระยะเวลาการรอคอยที่น้อยกว่าและยังใช้จำนวนรถในการจัดส่งที่น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับตารางการจัดส่งโดยพนักงานที่มีประสบการณ์ แสดงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพของระบบโลจิสติกส์ภาคอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จ

คำสำคัญ: การหาคำตอบที่เหมาะสม, การจัดตารางการขนส่ง, เจเนติกอัลกอริทึม, และ คอนกรีตผสมเสร็จ

^{*1)} อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

อีเมลล์ ladpit@kku.ac.th

²⁾ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

*corresponding author

Programming in Optimization of Scheduling and Dispatching for RMC Trucks using Genetic Algorithm

Ladda Tanwanichkul ¹⁾ and Attaphol Sirisuwan ²⁾

Abstract

Scheduling of dispatching ready mixed concrete (RMC) truck is the heart of RMC transportation system. By experience and expectation, error and loss gap of profits often occur because of manually scheduling by dedicated staff in the plant. In order to increase business potential, therefore, 'Scheduling and Dispatching RMC trucks, SDRMC' program has been developed as a support tool in planning scheduling and dispatching using Genetic Algorithm (GA) associated with Just – in – time simulation technique to find an optimal solution for this problem. From the case study in Khon Kaen, Thailand, it was found that scheduling of RMC dispatching from SDRMC have less total waiting time and also reduce number of RMC trucks for transporting RMC to the site comparing with ones from staffs' scheduling. This shows that SDRMC program could increase potential of logistics system in RMC plants and industry.

Keywords: Optimization, Scheduling, Genetic Algorithm, and Ready Mixed Concrete

^{*1)} Lecturer, Department of Civil Engineering, KhonKaen University, Khonkaen, 40002

E-mail: ladpit@kku.ac.th

²⁾ Post graduated Student, Department of Civil Engineering, KhonKaen University, Khonkaen, 40002

*corresponding author

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้ประกอบการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จมักประสบปัญหาในการจัดตารางการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จไปยังสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งโดยทั่วไปพนักงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องมักจะอาศัยประสบการณ์ของตนเองในการวางแผนการจัดส่งตามคำสั่งซื้อสินค้าจากลูกค้า ซึ่งพบว่าการจัดส่งขาดประสิทธิภาพและเกิดความสูญเสียต่อกำไรที่ควรจะได้รับ ทั้งนี้เนื่องจาก

(1) ยังไม่มีการพิจารณาในเรื่องลำดับการจัดส่งและการเลือกเส้นทางรถที่เป็นมาตรฐาน

(2) เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาของพนักงานแต่ละคนต่างกัน ทำให้ไม่สามารถควบคุมประสิทธิภาพของการจัดตารางการจัดส่งได้

(3) พนักงานอาจจะต้องใช้เวลาในการจัดตารางการจัดส่งวันละหลายชั่วโมง และจะต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มจำนวนการสั่งซื้อของลูกค้า

ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการจัดตารางการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จที่เหมาะสมที่สุด ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของผู้วางแผนการจัดส่ง และเพิ่มประสิทธิภาพ ความรวดเร็วในการวางแผนตารางการจัดส่ง ช่วยลดเวลาการทำงานรวมถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินการโดยพนักงาน

2. การจัดตารางเวลาการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จ

2.1 ปัญหาการจัดตารางเวลาการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จ

ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จไปยังสถานที่ก่อสร้างนั้นขึ้นอยู่กับลำดับของการจัดส่ง ซึ่งปัญหาการจัดตารางเวลาการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จเป็นปัญหาการตัดสินใจแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete decision problem) ที่มีความสลับซับซ้อน เนื่องจากประกอบด้วยตัวแปรในการตัดสินใจจำนวนมาก ซึ่งเราอาจไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ คำตอบของการตัดสินใจที่ดีที่สุดอาจหมายถึง การมีประสิทธิภาพสูงสุด ผลกำไรสูงสุด หรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินการน้อยที่สุด เป็นต้น โดยเป้าหมาย (Objective) เพื่อหาค่ามากที่สุด

(Maximization) หรือหาค่าที่น้อยที่สุด (Minimization) ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ (Constraints) จะเรียกปัญหาในลักษณะนี้ว่าปัญหาเอ็นพีแบบยาก (NP-hard problem) [4] เช่นเดียวกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling salesman problem, TSP) แต่สถานที่ที่รถเดินทางไปเพื่อการจัดส่งจะสามารถเดินทางไปได้มากกว่าหนึ่งครั้งเท่านั้น โดยถ้าเงื่อนไขหรือตัวแปรเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะทำให้คำตอบของปัญหาจะยิ่งเพิ่มมากขึ้น หากจำนวนลูกค้าและจำนวนเที่ยวรถที่ต้องใช้ส่งมีจำนวนมากขึ้นจะทำให้มีคำตอบของการจัดตารางมากขึ้นตามอย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ศึกษาทฤษฎีและวิธีการที่สามารถใช้ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมกับการแก้ไขปัญหาการตัดสินใจของการจัดตารางเวลาการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จที่เหมาะสมที่สุด ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานได้จริง

2.2 การใช้เจนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จ

เจนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm หรือ GA) ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาด้านการดำเนินการวิจัย (Operation Research Problem) ในหลากหลายลักษณะ รวมถึงการแก้ปัญหการจัดตารางการจัดส่งคอนกรีต โดย (Feng et al., 2003) ได้ทำการศึกษาการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จในรูปแบบ One Plant – Multi Sites ในประเทศไต้หวัน และได้กล่าวไว้ว่าประสิทธิภาพของตารางขนส่งจะขึ้นอยู่กับลำดับการขนส่งของรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จในการจัดส่งไปยังลูกค้า ได้ทันกับความต้องการ ประเภทและปริมาณถูกต้อง ในกรอบเวลาที่ลูกค้าเป็นผู้กำหนด ซึ่งคำตอบของปัญหาจะยิ่งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามจำนวนลูกค้าและจำนวนเที่ยวรถที่ต้องใช้ส่ง โดยมีการวิเคราะห์หาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อขบวนการจัดส่งได้แก่

- (1) ระยะเวลาการเดินทางระหว่างแหล่งผลิตกับสถานที่ก่อสร้าง
- (2) ระยะเวลาในการเทคอนกรีต ณ สถานที่ก่อสร้าง
- (3) จำนวนของการจัดส่งที่ต้องการ
- (4) ระยะเวลาในการผสมและการถ่วงลงสู่รถบรรทุกคอนกรีต ใช้เป็นตัวแปรเดียวกันคือ 3 นาที และ
- (5) ระยะเวลาเพื่อเป็นเวลาที่สถานที่ก่อสร้างนั้นๆ สามารถที่จะรอคอยการมาถึงของรถบรรทุกคอนกรีตได้ โดยใช้ Genetic Algorithms (GA) และ Simulation technique ในการพัฒนา

ระบบของแบบจำลองการจัดตารางเวลาการจัดส่งรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จที่สมดุลต่อทั้งโรงงานผลิตและลูกค้า เพื่อให้มีระยะเวลาการรอคอยที่น้อยที่สุดของรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จ ณ สถานที่ก่อสร้าง และ ในปี 2005 (Feng and Wu, 2005) ได้ใช้ The fast messy genetic Algorithms (fmGA) และ CYCLONE Simulation technique ในการพัฒนาระบบของแบบจำลองเพิ่มเติมจากปี 2003 ในลักษณะตัวแปรที่ไม่แน่นอน และได้ใช้ระบบของแบบจำลองของการจัดส่ง Supply chain management (SCM) concept เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์และได้สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายขึ้นมาเพื่อให้ผู้วางแผนการจัดส่ง สามารถใช้ในการหาตารางการจัดส่งที่เหมาะสมที่สุด ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และมีความยืดหยุ่นได้ของตารางการจัดส่ง มาใช้แทนการจัดตารางการจัดส่งโดยอาศัยประสบการณ์ของผู้วางแผนการจัดส่ง ผลจากการศึกษาพบว่า มีการรู้เข้าของคำตอบได้เร็วกว่างานวิจัยเมื่อปี 2003 และผลที่ได้ทำให้ผู้วางแผนตารางการจัดส่งสามารถหาตารางการจัดส่งโดยใช้โปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว และเพียงพอต่อความต้องการของสถานที่ก่อสร้างหลายๆแห่ง

นอกจากนี้ (Lu and Lam, 2005) ได้ทำการศึกษาวิธีการจัดตารางการจัดส่งของรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จ โดยใช้ Simulation ร่วมกับ Genetic Algorithms ในการสร้างและวิเคราะห์แบบจำลอง โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่เรียกว่า HKCONSIM มาเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการจัดตารางการจัดส่งของโรงงานผลิตรูปแบบ One plant – Multi-site ในประเทศฮ่องกง โดยใช้หลักการของการวางแผนทางด้านโลจิสติกส์ มาวิเคราะห์ในลักษณะการหาผลตอบแทนของกำไรที่มีค่ามากที่สุด จากต้นทุนที่ใช้ไปอย่างมีประสิทธิภาพจากการจัดส่งตามการสั่งซื้อคอนกรีตผสมเสร็จ และใช้วิธีการจัดการทางด้าน Supply chain management (SCM) ในส่วนของเรื่อง Just-in-time (JIT) มาอธิบายคุณลักษณะของคอนกรีต ที่มีความจำกัดในเรื่องของเวลาการจัดส่ง (Tommelin and Li, 1999) เพื่อนำมาใช้ในส่วนของการสร้างตารางการจัดส่งในขณะ (Naso et al., 2007) ได้ทำการศึกษา การกระจายของจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จ โดยใช้ Genetic Algorithm (GA) ในการวางแผนทางด้านซัพพลายเชน

ซึ่งพบปัญหา ระหว่างการผลิตและลำดับการจัดส่งมีความขัดแย้งกับการวางแผนและการจัดเส้นทางของการจัดส่ง จึงใช้วิธีการ Meta-heuristics ร่วมกับ GA ในการสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ไขปัญหาที่พบ

จากงานวิจัยที่ได้ค้นคว้าพบว่างานวิจัยเกี่ยวกับตารางการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จที่มีการดำเนินการจัดส่งในรูปแบบหนึ่งโรงงานผลิตดำเนินการจัดส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างภายในรัศมีการบริการหลายแห่ง (One plant – Multi sites) โดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นในด้านการออกแบบแบบจำลองและความรวดเร็วในการค้นหาคำตอบแต่ยังไม่มีมีการนำไปใช้ในสถานการณ์จริงน้อย ดังนั้นผู้ศึกษาจึงมีความสนใจในการนำแบบจำลองของ Feng และคณะที่ได้ทำการศึกษาที่ประเทศไต้หวันเนื่องจากมีความยืดหยุ่นต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงของการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จของบริษัทต้นแบบของการศึกษา พร้อมทั้งปรับเทคนิคการค้นหาคำตอบด้วยเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อความเร็วในการค้นหาคำตอบ

3. การสร้างตารางการจัดส่งคอนกรีตโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

การสร้างตารางการจัดส่ง ใช้กระบวนการจำลองร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในที่นี้จะเรียกโดยย่อว่า SDRMC (Scheduling and Dispatch Ready Mixed Concrete) โดย GA (Genetic Algorithm) คือ วิธีแก้ปัญหาหนึ่งในใช้ในการค้นหา (search) เพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้พัฒนาและจำลองวิธีการมาจากทฤษฎีการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ดาร์วิน โดย John Holland นักวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ได้ทำการคิดค้นการลอกเลียนแบบขั้นตอนธรรมชาติของการพัฒนาสิ่งมีชีวิตมาประยุกต์ใช้ในปี ค.ศ. 1970

หลักการทำงานของ GA จึงถูกนำเสนอข้อมูลในรูปแบบโครโมโซม นั้นหมายความว่า คำตอบที่สามารถเป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหาจะถูกนำมาแปลงเป็นโครโมโซม เพื่อนำโครโมโซมไปใช้ในกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยจะใช้ Fitness Function (ค่าความเหมาะสม) ที่มีความสอดคล้องกับ Objective Function (วัตถุประสงค์) กำหนดให้แต่ละโครโมโซม

และโครโมโซมเหล่านั้นจะถูกนำมาพิจารณาว่าโครโมโซมใดควรนำมาสืบสายพันธุ์ต่อไปหรือโครโมโซมใดไม่ควรนำมาสืบสายพันธุ์ และจากการหาคำตอบโดยใช้โครโมโซม ในแต่ละรุ่นจะมีการสุ่ม(Generations) คำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา จึงทำให้ Genetic Algorithm สามารถหาคำตอบที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดได้สมบูรณ์ และเหมาะสมที่สุด การสร้าง SDRMC โดยใช้เจนติกอัลกอริทึมมีส่วนประกอบ 6 ส่วนหลักดังนี้

3.1 รูปแบบโครโมโซม (Chromosome encoding)

รูปแบบโครโมโซมที่ใช้เป็นการนำเสนอทางเลือกที่สามารถจะเป็นได้ของแต่ละปัญหา การถอดรหัสโครโมโซมคือปัญหาแรกที่จะเริ่มแก้ปัญหาโดยใช้ GA ในการถอดรหัสนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะปัญหาที่แตกต่างกัน ทำให้รูปแบบของโครโมโซมมีความแตกต่างกันออกไปตามปัญหานั้นๆ การศึกษาที่ใช้การถอดรหัสโครโมโซมแบบ Value Encoding หรือเรียกว่า Direct Encoding ซึ่งทุกตำแหน่งของยีนของโครโมโซมจะมีค่าบางค่าซึ่งสามารถเชื่อมโยงไปยังปัญหาได้ เช่น ตัวอักษร, จำนวนจริง, คำสั่ง หรืออื่นๆ รูปแบบโครโมโซมแบบนี้สามารถใช้ได้กับปัญหาที่ค่อนข้างซับซ้อน

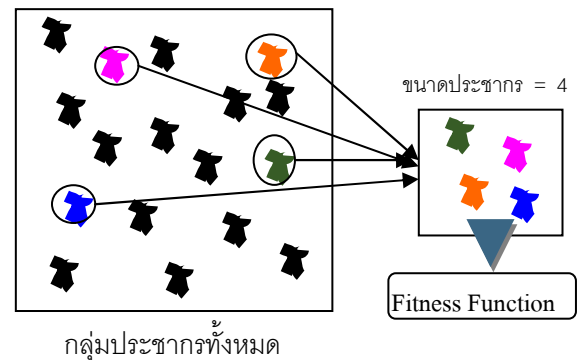
เนื่องจากในการศึกษานี้ประสิทธิภาพของตารางการจัดส่งขึ้นอยู่กับลำดับการจัดส่งที่มีความเหมาะสมที่สุดตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ [1] ดังนั้นจึงกำหนดให้ความยาวของโครโมโซมเท่ากับจำนวนเที่ยวรถทั้งหมดในการจัดส่งของโรงงานผลิต [1-2] เช่น มีจำนวน 3 สถานีที่ก่อสร้าง มีความต้องการจำนวนรถในการจัดส่งจำนวน 2, 3 และ 4 คันตามลำดับ ดังนั้นจะได้จำนวนยีนที่เป็นความยาวของโครโมโซมเท่ากับ $(2+3+4)$ เท่ากับ 9 ยีนหรือ 9 ลำดับของการจัดส่ง เป็นการกำหนดโครงสร้างโครโมโซมให้อยู่ในรูปแบบการเรียงสลับของตัวเลขทางพีชคณิต (Permutation Coding) (ปณิธาน, 2549) ดังแสดงในรูปที่ 1

1	1	2	2	2	3	3	3	3
---	---	---	---	---	---	---	---	---

รูปที่ 1 โครงสร้างโครโมโซม

3.2 ประชากรต้นกำเนิด (Initial Population)

ประชากรต้นกำเนิด คือ ประชากรกลุ่มที่จะนำเข้าไปในกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นการกระทำอันดับแรกก่อนที่จะเข้ากระบวนการของ Genetic Algorithm โดยใช้การสุ่มเลือก (Random) ดังรูปที่ 2 เพื่อนำประชากรเข้าไปในกระบวนการ ในการสุ่มจะต้องสุ่มให้ได้จำนวนเท่ากับขนาดของรุ่นที่ได้กำหนดไว้ โดยที่ยังไม่มีการสนใจค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม



รูปที่ 2 การสุ่มหาประชากรเริ่มต้นจำนวน 4 โครโมโซม

3.3 ค่าความเหมาะสม (Fitness Values)

สำหรับการประเมินค่าความเหมาะสม เพื่อให้คะแนนในแต่ละทางเลือกของคำตอบ โครโมโซมทุกตัวจะต้องมีค่าซึ่งบ่งบอกถึงความเหมาะสมที่จะพิจารณาว่าสมควรนำไปสืบสายพันธุ์ต่อไปหรือไม่ ดังนั้นจึงต้องมีการให้ค่าความเหมาะสมกับแต่ละโครโมโซมเพื่อนำค่าความเหมาะสมไปพิจารณา โดยใช้สมการหาค่าความเหมาะสมที่สอดคล้องกับปัญหา สรุปได้ว่า ค่าความเหมาะสม คือตัวที่ใช้ประเมินว่าแต่ละทางเลือก (Solution) นั้นมีความเหมาะสม หรือสามารถใช้แก้ปัญหาได้ดีเพียงใด ขั้นตอนการคำนวณหาโดยมีข้อมูลนำเข้าเพื่อใช้ในการจัดส่งดังนี้

- จำนวนสถานที่จัดส่งและปริมาณการจัดส่ง
- ความต้องการจำนวนของรถที่ใช้ในการจัดส่ง ของ Site ขึ้นอยู่กับปริมาณคอนกรีตที่ส่งต่อขนาดความจุในการบรรทุกของรถที่ใช้ในการจัดส่ง ระยะเวลาในการเทคอนกรีตของแต่ละ Site
- ระยะเวลาในการเดินทางไปและกลับระหว่างโรงงานและ Site
- ระยะเวลาเพื่อที่ Site สามารถรองรับได้ถึง

เริ่มด้วยการจัดเก็บข้อมูลจากการรับคำสั่งซื้อคำนวณหาความต้องการที่เร็วที่สุดของการจัดส่ง โดยให้สถานที่การเดินทางถึงเร็วที่สุดจะได้รับการจัดส่งก่อน (First-arrive-first-serve)(Feng, et al 2003 and Fend, et al 2005) คำนวณหาหมายกำหนดเวลาของตารางการจัดส่งทั้งหมดโดยใช้หลักการทางด้าน Supply chain management ในการจำลองสถานการณ์ของการจัดส่งแบบ Just in Time (JIT) (Tommelin and Li 1999) คือ รถจะทำการจัดส่งทันทีเมื่อถ่ายลงรถบรรทุกเสร็จ และเพื่อความต่อเนื่องของการทำงานของแต่ละ Site, รถจะทำการเททันทีเมื่อเดินทางถึงเมื่อค้นก่อนหน้าเทแล้วเสร็จ

ตารางที่ 1 ตารางผลลัพธ์การจัดส่ง

ลำดับที่ i	1	2	3	4	5	6	7
Site j	1	3	1	2	3	2	3
เที่ยวที่ k	1	1	2	1	2	2	3
SDT _i	07:30	07:33	07:36	07:39	07:42	08:08	08:33
TAC _j	07:50	08:03	07:56	07:54	08:12	08:23	09:03
PTF _j	08:00	08:20	08:15	08:00	08:40	08:25	09:00
WC _j (นาท)	10	17	19	6	28	2	-3
LT _j	08:15	08:40	08:30	08:25	09:00	08:50	09:23
TBB _i	08:30	08:05	08:45	08:35	09:25	09:00	09:48

: จำนวนรถที่ใช้เท่ากับ 5 คัน

: WC_j ที่มีค่าเป็นบวก หมายถึง รถรอคอยเข้าคิวเทคอนกรีตเนื่องจากคันก่อนหน้ายังไม่เสร็จ

: WC_j ที่มีค่าเป็นลบ หมายถึง Site_j รอคอยการเทคอนกรีต เนื่องจากรถยังเดินทางมาถึง

ค่าความเหมาะสมของโครโมโซม คือ ลำดับการจัดส่งหรือโครโมโซมที่มีระยะเวลาการรอคอย (WC_{ji}) ทั้งหมดในโครโมโซม มีค่าไม่เกินระยะเวลาเผื่อของแต่ละ Site_j ที่กำหนดไว้ ค่า WC_{ji} ที่มีค่าเป็นบวกหมายถึงรถไปรอเพื่อทำการเท ณ สถานที่ก่อสร้าง ค่า WC_{ji} ที่มีค่าเป็นลบ หมายถึงสถานที่ก่อสร้างรอการมาถึงของรถ ลำดับการจัดส่งหรือโครโมโซมที่มีระยะเวลาการรอคอยรวมน้อยที่สุดของรถ ณ สถานที่ก่อสร้าง นั่นคือการกำหนดให้กระบวนการจัดส่งมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับหลักการของ JIT มากที่สุด

3.4 การคัดเลือก (Selection)

การดำเนินการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ (Parent Strings) สำหรับใช้ในกระบวนการสร้างสตริงรุ่นใหม่ (Offspring) โดยดูจากค่าความเหมาะสม (Fitness value) ที่ได้จากฟังก์ชันกำหนดค่าความเหมาะสม (Fitness function) ที่กำหนดเป็นเป้าหมายไว้ของแต่ละโครโมโซมที่สุ่มขึ้นมา สตริงที่มีค่าความเหมาะสมที่สูงกว่าจะมีโอกาสที่จะถูกเลือกเป็นสตริงพ่อแม่พันธุ์มากกว่า สตริงที่มีความเหมาะสมที่ต่ำกว่า โดยการศึกษาใช้วิธีการสุ่มคัดเลือกภายใต้หลักความน่าจะเป็นที่สิ่งที่ดีกว่าจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่า การศึกษานี้ค่าของฟังก์ชันความเหมาะสม ($f(x)$) คือ ลำดับการจัดส่งหรือโครโมโซมที่มีระยะเวลาการรอคอยรวมน้อยที่สุดของรถ ($\text{Min } z$) ณ สถานที่ก่อสร้าง

3.5 การดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operation)

ใช้ในการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของข้อมูลตลอดกระบวนการ ได้แก่ การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation)

3.5.1 การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) เป็นการนำโครโมโซมหรือประชากรที่มีค่าความเหมาะสมที่ได้จากการคัดเลือก มาทำการดำเนินการข้ามสายพันธุ์กันระหว่างโครโมโซมภายใต้ความน่าจะเป็นการศึกษาใช้วิธีการข้ามสายพันธุ์แบบลำดับจุดเดียว (One Point Order Crossover) เนื่องจากรหัสจะเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าแบบอื่นโดยเป็นการรักษาสภาพเดิมไว้ได้มากที่สุด (พิรพัฒน์, 2549) ดังแสดงในรูปที่ 3

Parent A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Offspring A	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parent B	2	3	1	9	4	7	6	8	5	Offspring B	2	3	1	9	5	8	6	7	9

รูปที่ 3 การข้ามสายพันธุ์แบบลำดับจุดเดียว

การข้ามสายพันธุ์แบบนี้ จะเป็นการแลกเปลี่ยนส่วนประกอบทั้งหมดหลังจุดตัดโดยพิจารณาลำดับการเรียงของสตริงตรงข้าม เป็นวิธีการที่คำนึงลำดับของพ่อแม่พันธุ์ในการสร้างสตริงรุ่นลูก ส่วนการข้ามกันของ

ส่วนประกอบจะทำให้ได้คำตอบที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible solution)

3.5.2 การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของสตริงหลังจากกระบวนการข้ามสายพันธุ์ เป็นการค้นหาคำตอบในบริเวณใกล้เคียง (Neighborhood Search) ทำให้เกิดความหลากหลายของคำตอบ โดยทำการสุ่มเลือกสองส่วนประกอบของสตริงเพื่อทำการสลับตำแหน่งซึ่งกันและกัน (Arbitrary Two-Element Change) (ปณิธาน, 2549) เช่น ถ้าตำแหน่งที่เกิดการผ่าเหล่าที่สุ่มได้คือตำแหน่งที่ 2 และ 7 ดังแสดงในรูปที่ 4

2 3 1 9 4 7 6 8 5 → 2 6 1 9 4 7 3 8 5

รูปที่ 4 การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่งซึ่งกันและกัน

3.6 เงื่อนไขในการหยุดกระบวนการหาคำตอบ

ในการหยุดกระบวนการหาคำตอบของ GA มีได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น

- ครบจำนวนรอบที่ได้กำหนดไว้
- พบเป้าหมายหรือคำตอบที่ต้องการ
- พบคำตอบมีใกล้เคียงกับที่ต้องการ เช่นโครโมโซมมีค่า ณ ตำแหน่งของยีนเดียวกันเหมือนกันถึงร้อยละ 95

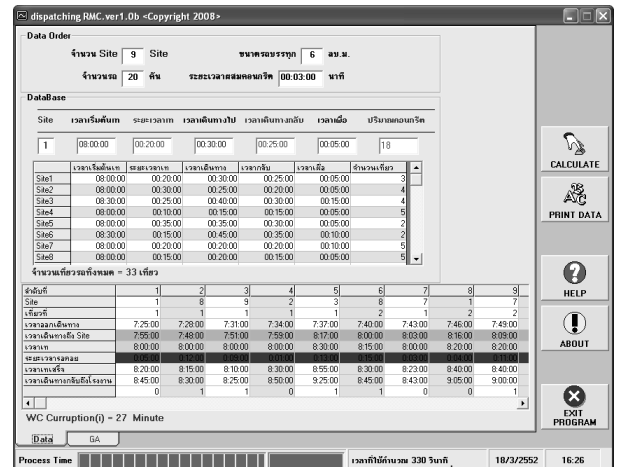
4. การประยุกต์โปรแกรมในการจัดทำ SDRMC

ตารางการจัดส่งคอนกรีตสำเร็จรูปที่เหมาะสม (Scheduling and Dispatching for RMC Trucks, SDRMC) จัดทำขึ้นโดยการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาโปรแกรม (Programming Language) Microsoft Visual Basic version 6.0 บนระบบปฏิบัติการ Windows XP ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6

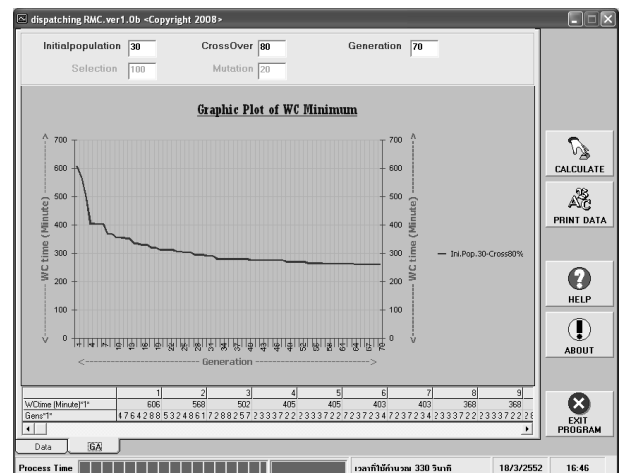
4.1 การนำเข้าข้อมูล ประกอบด้วย 3 ส่วน

- ส่วนของโรงงานผลิต ได้แก่ จำนวนลูกค้านั่ง, ขนาดรถบรรทุกที่ใช้จัดส่ง, จำนวนรถที่ใช้ในการจัดส่ง และระยะเวลาสมคอนกรีตพร้อมถ่ายลงสู่รถ

- ส่วนของข้อมูลลูกค้า ได้แก่ เวลาเริ่มต้นเทคอนกรีต, ระยะเวลาเท, ระยะเวลาเดินทางไป, ระยะเวลาเดินทางกลับ, ระยะเวลาเผื่อ และปริมาณคอนกรีตที่ต้องการ
- ส่วนของพารามิเตอร์ของเจนติกอัลกอริทึม ได้แก่ ขนาดของประชากรเริ่มต้น, ขนาดของประชากร, อัตราการข้ามพวก, อัตราการกลายพันธุ์ และจำนวนวิวัฒนาการ



(ก) ส่วนของการแสดงผลพิธีการจัดตารางที่เหมาะสม

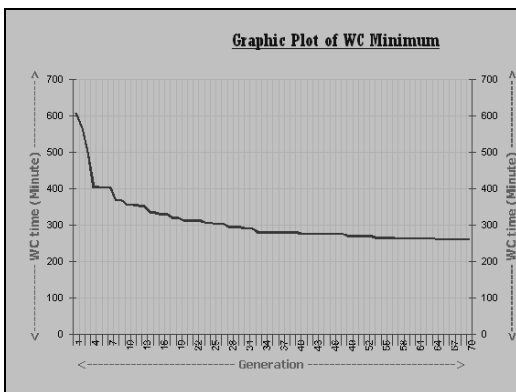


(ข) ส่วนของการแสดงสถานการณ์ทำงานของ SDRMC

รูปที่ 5 หน้าต่างการทำงานของแบบจำลองในโปรแกรม SDRMC

4.2 แสดงผลลัพธ์ (Output)

การแสดงผลลัพธ์จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนของการแสดงผลลัพธ์ตารางการจัดส่งที่เหมาะสมที่สุดและส่วนของการแสดงสถานะของเจนติกอัลกอริทึม ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 หน้าต่างแสดงผลแบบจำลอง SDRMC

5. ตรวจสอบและประเมินความถูกต้องแม่นยำของโปรแกรม

5.1 การกำหนดพารามิเตอร์

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ควบคุมของเจนดิกอัลกอริทึมในสัดส่วนที่เหมาะสมจะทำให้แบบจำลองสามารถให้ค่า Best fitness เฉลี่ยที่ดีที่สุดและมีความผันแปรค่า Best Fitness น้อย และมีความรวดเร็วในการประมวลผล ซึ่งการกำหนดค่าพารามิเตอร์จะเป็นลักษณะการทดสอบความเสถียรแบบจำลองภายใน (Internal Parameter Test) ประกอบด้วย การกำหนดค่าของ ขนาดของประชากร, ขนาดประชากรต้นกำเนิด, อัตราการข้ามสายพันธุ์ และอัตราการกลายพันธุ์ สรุปผลของวิธีการทดสอบและค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดพารามิเตอร์ใน SDRMC

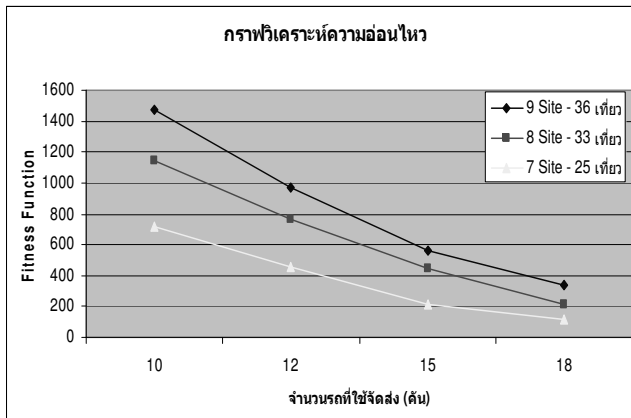
พารามิเตอร์ (Parameters)	ขนาด/สัดส่วน
ขนาดประชากร	100 โคโรโมโซม
ขนาดประชากรต้นกำเนิด	30 โคโรโมโซม
อัตราการข้ามสายพันธุ์	ร้อยละ 70
อัตราการกลายพันธุ์	ร้อยละ 30

5.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจะเป็นการทดสอบความเสถียรของโปรแกรม ซึ่งเป็นการทดสอบให้มีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ภายนอก (External Parameter Test) โดยเลือกใช้จำนวนหน้างาน (Site) เป็นตัวแปรในการเปลี่ยนค่าขณะที่ยังคงค่าของตัวแปรอื่นๆ ไว้ ซึ่ง แบ่งการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3 และแสดงผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่

ตารางที่ 3 ตัวแปรใช้ในการทดสอบความอ่อนไหว

ลำดับที่	1	2	3	4	5
Site	1	8	9	2	3
เที่ยวที่	1	1	1	1	1
เวลาออกเดินทาง	7:25:00	7:28:00	7:31:00	7:34:00	7:37:00
เวลาเดินทางถึง Site	7:55:00	7:48:00	7:51:00	7:59:00	8:17:00
เวลาพัก	8:00:00	8:00:00	8:00:00	8:00:00	8:30:00
ระยะเวลาออก	0:05:00	0:12:00	0:09:00	0:01:00	0:13:00
เวลาพักเสร็จ	8:20:00	8:15:00	8:10:00	8:30:00	8:55:00
เวลาเดินทางกลับถึงโรงงาน	8:45:00	8:30:00	8:25:00	8:50:00	9:25:00
	0	1	1	0	1



รูปที่ 7 ผลการทดสอบความอ่อนไหว

5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดตารางโดย SDRMC และพนักงาน

โดยทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลของตารางการจัดส่งที่ได้จากของพนักงาน และจาก SDRMC ด้วยการให้พารามิเตอร์ของระยะเวลาการเดินทาง และระยะเวลาในการเทคอนกรีตตามข้อมูลเดิมของพนักงานที่ได้จัดเก็บไว้เพื่อทำการเปรียบเทียบ พร้อมทั้งเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้น โดยแบ่งเป็น 3 กรณีศึกษา A, B และ C มีพารามิเตอร์ของแต่ละกรณีดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 กรณีศึกษา D, E และ F

	Site (Trips)No	Manual Scheduling		SDRMC Scheduling		% Change (Wait time)
		Truck No.	Total Wait time	Min TruckNo	Total Wait time	
กรณี A	2 (10)	5	118	2	34	71
กรณี B	3(5)	4	383	3	87	77
กรณี C	4 (10)	7	611	5	339	44

ตารางการเปรียบเทียบผลการจัดตารางการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จโดยใช้ข้อมูลคำสั่งซื้อจริงจากบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณีคือ กรณี AB และ C โดยจะมีจำนวนปริมาณคำสั่งซื้อที่ต่างกันไปตั้งแต่จำนวน จาก

ผลการจัดพบว่าตารางการจัดส่งโดย SDRMC มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าในแง่ของระยะเวลาการรอคอยและจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในการจัดส่ง นั่นคือ

1. มีผลรวมของระยะเวลาการรอคอยเพื่อทำการเทคอนกรีตน้อยกว่าตั้งแต่ % ถึง %

2. ปริมาณการใช้รถบรรทุกคอนกรีตเพื่อการจัดส่งน้อยกว่า

3. ให้เวลาสิ้นสุดของทั้งกระบวนการทำงานจัดส่งของรถบรรทุกคอนกรีตได้เร็วขึ้น จำนวนรถที่ว่างจากการสิ้นสุดของกระบวนการทำงานจัดส่งที่เร็วขึ้น

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

กรณีเปรียบเทียบพบว่าตารางการจัดส่งจาก SDRMC มีประสิทธิภาพในแง่ของระยะเวลาการรอคอยรวมดีกว่าตารางการจัดส่งของพนักงานผู้จัด ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของโรงงานที่สามารถทำให้ผู้ประกอบการสามารถรับคำสั่งซื้อได้เพิ่มมากขึ้นจากการมีระยะเวลาในการรอคอยโดยรวมน้อยกว่าการจัดตารางจัดส่งด้วยพนักงาน ซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพของผู้ประกอบการทั้งในส่วนของเพิ่มรายได้จากการที่สามารถรับคำสั่งซื้อเพิ่มจากเวลารอคอยที่ลดลง จากการลดรายจ่ายของค่าน้ำมันที่ต้องเสียไประหว่างการรอคอยอยู่ที่สถานที่จัดส่ง และสุดท้ายจะทำให้เป็นการเพิ่มกำไรของผู้ประกอบการ

อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยยังมีข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาปัญหาการจัดตารางการจัดส่งคอนกรีตที่เหมาะสมที่สุด สำหรับผู้ประกอบการที่ดำเนินการจัดส่งในรูปแบบหนึ่งโรงงานผลิตที่ดำเนินการจัดส่งไปยังลูกค้าหลายแห่ง (One plant – Multi sites) มีดังต่อไปนี้

(1) การพัฒนาแบบจำลองของการศึกษาให้กำหนดเวลาของการออกเดินทางจัดส่งของรถบรรทุกคอนกรีตแต่ละคันให้มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับเวลาในกระบวนการทำงานของสถานที่ก่อสร้างนั้น ให้มีความเหมาะสมของเวลาการออกเดินทางมากยิ่งขึ้น จะช่วยให้ตารางการจัดส่งที่ได้มีความเหมาะสม และมีระยะเวลาของการรอคอยรวมที่น้อยลงมากยิ่งขึ้น

(2) การศึกษาและพัฒนาฮิวริสติกของวิธีการค้นหาคำตอบที่ดียิ่งขึ้น เช่น การใช้เทคนิคของวิธีเจเนติก

อัลกอริทึมในส่วนของการข้ามสายพันธุ์หรือการกลายพันธุ์แบบอื่นมาใช้ในการค้นหาคำตอบ หรือการกำหนดให้มีฟังก์ชันลงโทษในของประชากรที่มีค่าไม่เหมาะสมในขั้นตอนการคัดเลือก จะช่วยให้ตารางการจัดส่งที่ได้มีคำตอบที่ดีและมีประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบมากยิ่งขึ้น

(3) การประยุกต์ใช้โปรแกรมที่ได้จัดทำขึ้นสำหรับใช้ในรูปแบบโรงงานผลิต ที่มีรูปแบบการผลิตและดำเนินการจัดส่งแบบโครงข่าย (Multi plant – Multi sites) จะช่วยให้แก้ไขปัญหาทางด้านข้อจำกัดด้านกรอบเวลาความต้องการการจัดส่งของลูกค้าที่ใกล้เคียงกันมีมากเกินไป กำลังการดำเนินการจัดส่งของโรงงานผลิตแบบเดียวได้ หรือกรณีที่มีการรับคำสั่งซื้อเพิ่มเติมจากแผนการจัดส่งที่ได้จัดทำไปแล้วได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้โครงการ TRF MAG WINDOW II และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในการสนับสนุนโครงงานวิจัยนี้พร้อมด้วยบริษัท ขอนคอนกรีตที่เอื้ออำนวยความสะดวกและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ทำให้ดำเนินงานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

- FENG, C.-W., CHENG, T.-M. & WU, H.-T. (2003). Optimizing the schedule of dispatching RMC trucks through genetic algorithms. . Automation in Construction, Vol 13, No. 3, 327 -340.
- FENG, C.-W. & WU, H.-T. (2005). Integrating fmGA and CYCLONE to Optimize the Schedule Of Dispatching RMC Trucks. Automation in Construction, Vol 15, No. 2, 186 -199.
- LU, M. & LAM, H.-C. (2005). Optimized Concrete Delivery Scheduling Using Combined Simulation and Genetic Algorithms, Proceeding of the 37th Conference on Winter Simulation, 2572-2580

- NASO, D., SURICO, M., TURCHIANO, B. & KAYMAK, U. (2007). Genetic algorithms for supply-chain scheduling: A case study in the distribution of ready-mixed concrete. *European Journal of Operational Research*, Vol 177, No. 2, 2069-2099.
- TOMMELIN, I. & LI, A. E. Y. (1999). Just-in-time concrete delivery: Mapping alternatives for Vertical supply chain integration, 7th Conference of the International Group for Lean Construction, Berkeley, CA, 97-108
- ปณิธาน พีรพัฒนา. (2549,กรกฎาคม-สิงหาคม). เจเนติกส์อัลกอริทึมกับปัญหาการวางแผนโรงงาน. *วิศวกรรมสาร มช.* 33(4), 313-324.