

## บทที่ 4 บทสรุป

### 4.1 สรุปผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ที่ต้องการพัฒนาเทคนิคการโมเดลปัญหาการจัดตารางเวลา งานก่อสร้าง (Construction scheduling problems) ที่สามารถบูรณาการเงื่อนไขด้านทรัพยากรหลักของโครงการก่อสร้าง (Common project resources) ได้แก่ เวลา ต้นทุน วัสดุ แรงงาน/เครื่องจักร และเงินสด ซึ่งทรัพยากรหลักของโครงการเหล่านี้มีจำนวนอยู่อย่างจำกัด หน้าที่สำคัญของการบริหารโครงการก่อสร้างจึงเป็นการวางแผนและควบคุมการใช้ทรัพยากรหลักเหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด อย่างไรก็ตามทรัพยากรหลักเหล่านี้มีความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างกันอยู่อย่างซับซ้อนทั้งโดยตรงและโดยอ้อม การเปลี่ยนแปลงของจำนวนทรัพยากรหลักประเภทใดประเภทหนึ่งจะส่งผลกระทบต่อความต้องการใช้ทรัพยากรหลักประเภทอื่นๆ ทั้งในลักษณะที่แปรผันตามและแปรผกผัน ดังนั้นการวางแผนการใช้ทรัพยากรหลักเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นงานที่ต้องใช้ทักษะและการคำนวณขั้นสูง บ้างต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยงาน

ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาจำนวนมากได้มุ่งพัฒนาเทคนิคการโมเดลปัญหาการจัดตารางเวลา งานก่อสร้างนี้ แต่อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมที่เป็นงานวิจัยล่าสุดทำให้เห็นว่ายังไม่มีโมเดลการวางแผนใดที่ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างทรัพยากรหลัก โดยมักจะพิจารณาไปที่ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ทรัพยากรหลักคู่ใดคู่หนึ่งเพียงอย่างเดียวเพื่อลดความซับซ้อนของโมเดลลง เช่น โมเดลการแลกเปลี่ยนระหว่างเวลากับต้นทุน โมเดลการจัดสรรทรัพยากร (ดำเนินงาน) แต่เนื่องจากทรัพยากรหลักเหล่านี้มีความสัมพันธ์ระหว่างกันอยู่ การพิจารณาทรัพยากรหลักเหล่านี้แบบบูรณาการจึงจะเป็นวิธีการที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับความจริงมากที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้ได้แผนงานที่ใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด

การวิจัยนี้จึงได้เสนอการสร้างโมเดลปัญหาการวางแผนงานแบบบูรณาการทรัพยากรหลักของโครงการ เรียกว่า Integrated Common Resource Project Scheduling Problem (ICRPSP) และทดสอบโมเดลนี้ เพื่อให้ได้แผนงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น โมเดลปัญหาการวางแผนมีลักษณะทั่วไปเป็นปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization problems) จึงส่วนประกอบหลักของโมเดลได้แก่ ตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และฟังก์ชันข้อจำกัด ซึ่งส่วนประกอบหลักเหล่านี้จะถูกสร้างขึ้นในรูปแบบการต่างๆทางคณิตศาสตร์ ที่เป็นตัวกำหนดลักษณะคำตอบ ใช้ประเมินผลคำตอบ และใช้สร้างขอบเขตจำกัดของคำตอบที่ต้องการ

เนื่องจาก ICRPSP เป็นโมเดลแบบบูรณาการจึงทำให้ ตัวแปรตัดสินใจของโมเดลประกอบด้วยหลายกลุ่มตัวแปร (สองกลุ่มคือ กลุ่มตัวแปรเวลาเลื่อน (Shifting time) ของกิจกรรมใดๆ และกลุ่มการเลือกส่วนผสมของทรัพยากรดำเนินงาน (Work resource combinations)) และมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบบหลายวัตถุประสงค์ย่อย (Multi-objective functions) เพื่อใช้ชี้วัดเป้าหมาย

หลายด้านพร้อมกัน (สองกลุ่มคือ กลุ่มด้านต้นทุนทั้งหมดของโครงการ (Total project cost: TC) และกลุ่มด้านระดับการจัดสรรทรัพยากร (Resource fluctuation)) นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันข้อจำกัด แบ่งหลายกลุ่มตามประเภทของทรัพยากรหลัก (เวลา ทรัพยากรดำเนินงาน และวงเงินเครดิต) และข้อจำกัดด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมก่อสร้าง หลักในการสร้างโมเดล ICRPSP นี้ได้มุ่งเน้นไปที่การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทรัพยากรหลักแต่ละประเภท เพื่อนำมากำหนดเป็นข้อมูลนำเข้า เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์และฟังก์ชันข้อจำกัด

จากนั้นจึงได้พัฒนาโมเดลให้อยู่ในรูปแบบโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้งานได้สะดวก ด้วยการพัฒนาโมเดลบนโปรแกรมสำนักงานพื้นฐาน Microsoft Excel ที่มีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลและการคำนวณที่ซับซ้อนได้ นอกจากนี้โปรแกรม Microsoft Excel ยังเป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย จึงช่วยให้ผู้ใช้ที่คุ้นเคยกับโปรแกรมนี้อยู่เดิมสามารถเรียนรู้การทำงานกับโมเดล ICRPSP ได้อย่างรวดเร็วนำไปสู่ความสำเร็จในการนำไปใช้งาน รวมถึงการใช้เงินลงทุนกับโปรแกรมนี้ต่ำ

ขั้นตอนการใช้งานโมเดลเพื่อสร้างแผนงานคำตอบที่ดีที่สุด เริ่มจากการป้อนข้อมูลนำเข้าที่เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนโครงการก่อสร้างทั่วไป ทั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้ 1.กลุ่มข้อมูลนำเข้าด้านกิจกรรมก่อสร้างเพื่อการสร้างแผนงานอย่างรวดเร็ว (Earliest start schedule) 2.กลุ่มข้อมูลนำเข้าด้านเงื่อนไขทางการเงินสำหรับการคำนวณกระแสเงินสด 3.กลุ่มข้อมูลนำเข้าด้านขีดจำกัดของทรัพยากรหลักของโครงการแต่ละประเภทตามจำนวนที่มีอยู่ในโครงการ จากนั้นจึงสั่งให้โปรแกรมคำนวณรอบเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization) โดยการวิจัยนี้ได้เลือกเอาโปรแกรม Optimization สำเร็จรูปที่ใช้หลักการค้นหาคำตอบแบบ Genetic Algorithms ซึ่งมีหลักฐานปรากฏชัดเจนว่ามีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งในการค้นหาคำตอบของโมเดลปัญหาที่ซับซ้อนเช่น ICRPSP นี้ โดยจะใช้พลังการคำนวณของโปรแกรม Excel เพื่อสร้าง Trials จำนวนมากและประเมินคำตอบ แผนงานคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากโมเดลอาจต่างกันจากการค้นหาแต่ละครั้ง (Runtime) เนื่องจากลักษณะการหาคำตอบแบบ Genetic Algorithms ใช้การสุ่มค่าและความน่าจะเป็น ดังนั้นเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีจนเป็นที่น่าพอใจจึงอาจใช้จำนวน Trials และ Runtimes ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดจริงๆ

โมเดล ICRPSP ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์นี้ได้ถูกนำมาทดสอบกับโจทย์ตัวอย่างโครงการก่อสร้าง เพื่อประเมินผลความสำเร็จของโมเดลที่สร้างขึ้น การทดสอบได้ถูกออกแบบไว้หลากหลายด้านเพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของโมเดล ซึ่งผลการทดสอบได้ชี้ให้เห็นว่าทรัพยากรหลักประเภทต่างๆของโครงการมีผลต่อแผนงานคำตอบที่ค้นหาได้อย่างซับซ้อน ซึ่ง ICRPSP แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำมาใช้เพื่อช่วยการวางแผนและควบคุมโครงการก่อสร้าง โดยจะเป็นเครื่องมือสำหรับประเมินค่าจำนวนทรัพยากรหลักประเภทต่างๆเพื่อหาจำนวนที่เหมาะสมเท่าที่จำเป็นต้องใช้ได้ ทั้งนี้ทำให้ได้แผนงานก่อสร้างที่จัดสรรการใช้ทรัพยากรหลักต่างๆอย่างมีประสิทธิภาพดีที่สุด นอกจากนี้ผลการทดสอบยังชี้ให้เห็นว่าการพิจารณาวางแผนทรัพยากรหลักเฉพาะที่คู่ใดคู่หนึ่ง เป็นการละเลยผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรหลักอื่นที่ไม่ได้ถูกพิจารณาในคราวนั้นได้ แผนงานที่ได้จึงไม่

สมเหตุสมผล ซึ่งไม่เกิดกับแผนงานคำตอบที่ได้จากโมเดล ICRPSP ที่เป็นโมเดลแบบบูรณาการ ทรัพยากรหลักทั้งหมดของโครงการไว้ด้วยกัน ผลลัพธ์ของการวิจัยนี้จึงทำให้ได้วิธีในการโมเดล ปัญหาแผนงานโครงการก่อสร้างเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรโครงการต่างๆและทำให้ได้ แผนงานคำตอบที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น เพื่อนำไปใช้ควบคุมและดำเนินการโครงการต่อไป

#### 4.2 ข้อจำกัด

ข้อจำกัดของโมเดล ICRPSP ส่วนหนึ่งจะเป็นข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาโมเดลบน โปรแกรม Spreadsheet การเก็บข้อมูลจะมีขีดความสามารถในการจัดเก็บได้จำกัดตามขนาดของ จำนวนแถวและคอลัมน์ของ Worksheet รวมทั้งความเร็วในการประมวลผลข้อมูลอาจลดลงในกรณีที่ เก็บข้อมูลจำนวนมาก อย่างไรก็ตามสำหรับโครงการก่อสร้างทั่วไปทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่ นำมาทดสอบโมเดลนั้นไม่เกิดปัญหาความเร็วในการประมวลผลแต่อย่างใด อีกทั้งการวางแผน โครงการยังทำเป็นครั้งคราว ไม่ได้ทำอย่างต่อเนื่องตลอด ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการค้นหาแผนงาน คำตอบ (run time) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี เพียงประมาณหนึ่งชั่วโมง จึงเป็นสิ่งที่คุ้มค่า

ข้อจำกัดของโมเดล ICRPSP อีกส่วนคือการจัดเตรียมข้อมูลนำเข้าที่ต้องการใช้ในการหา คำตอบ เนื่องจากโมเดล ICRPSP เป็นโมเดลปัญหาแบบบูรณาการที่พิจารณาปัญหาอย่างรอบด้าน จึงต้องการข้อมูลนำเข้าจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผน โครงการโดยทั่วไปอยู่แล้ว จึงมีเพียงข้อมูลนำเข้าที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรหลัก ที่ต้องการเพิ่มเติม ซึ่งข้อมูลกลุ่มนี้มักอยู่ในตัวของผู้วางแผนที่รับรู้ด้วยสำนึกหรือดุลยพินิจ แต่ไม่ได้ แสดงออกมาเป็นรูปธรรมเป็นตัวเลขที่ชัดเจน เช่น จำนวนทรัพยากรดำเนินงานที่ต้องการใช้ ต้นทุน ทางอ้อมต่อหน่วยเวลา อัตราผลผลิตของทรัพยากรดำเนินงานประเภทต่างๆ เป็นต้น

ในการสร้างโมเดล ICRPSP ได้จำกัดขนาดของโมเดลไว้ให้เหมาะสม ได้แก่ จำนวน ทางเลือกส่วนผสมของทรัพยากรดำเนินงานที่กำหนดไว้เป็นสองทางเลือก และประเภททรัพยากร ดำเนินงานที่กำหนดไว้เป็นสองประเภท เหล่านี้สามารถปรับขยายเพิ่มเติมให้เหมาะสมได้ไม่ยาก ด้วยการเพิ่มขนาดของโมเดลให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ โดยที่ไม่ได้เป็นการเปลี่ยนแปลงหลักการที่ สำคัญแต่อย่างใด

คำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากโมเดล ICRPSP และทิศทางและความสัมพันธ์ของค่าต่างๆของ คำตอบที่ดีที่สุดที่ได้วิเคราะห์ไว้จากผลการทดสอบ อาจขึ้นอยู่กับตัวโจทย์ปัญหาอย่างมาก จึงไม่อาจ ใช้บทสรุปที่ได้อธิบายไว้เป็นบทสรุปทั่วไปสำหรับทุกโจทย์ปัญหาได้ อย่างไรก็ตามคำตอบที่ดีที่สุดที่ ได้ ทิศทางและความสัมพันธ์ของค่าต่างๆที่เกี่ยวข้อง ควรเป็นไปอย่างสมเหตุสมผล

#### 4.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไปคือ โมเดลปัญหาการวางแผนงานแบบบูรณาการ เช่น โมเดล ICRPSP ไม่ได้เป็นโมเดลที่สมบูรณ์แบบที่สุด โดยการวางแผนทุกวิธีก็ยังคงต้องมีสมมติฐานเป็น

พื้นฐานในการพิจารณากับปัญหา ดังนั้น ICRPSP จึงใช้ได้กับในกรณีที่เป็นไปตามสมมติฐานของโมเดลเท่านั้น โดยเฉพาะลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรหลักของโครงการต่างๆ และการกำหนดข้อมูลนำเข้าเบื้องต้นของโมเดล โดยการวิจัยต่อไปก็อาจนำข้อสมมติฐานของโมเดล ICRPSP นี้ไปพัฒนาปรับปรุงต่อไป

รูปลักษณะของโมเดล ICRPSP นั้นเป็นไปเพื่อการวิจัย ยังคงมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User interface) ที่ไม่สวยงามเหมือนกับโปรแกรมช่วยวางแผนสำเร็จรูปที่มีอยู่ โดยเฉพาะไม่มีส่วนการแสดงผลเป็นรูปภาพ หรือกราฟฟิคต่างๆ อย่างไรก็ตามการวิจัยต่อไปอาจเลือกที่จะพัฒนาโมเดลการวางแผนบนโปรแกรมช่วยวางแผนสำเร็จรูป เช่น Microsoft Project ก็จะทำให้ได้ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ที่คุ้นเคย

#### 4.4 ผลลัพธ์

การวิจัยนี้ได้นำเสนอผลการวิจัยในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 16 จำนวน 2 บทความ และตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ จำนวน 1 บทความ มีรายละเอียดดังนี้

1. น้ำผึ้ง แซ่แต้ และ วชรภูมิ เบญจโอพาร (2554) “การจัดสรรเวลาและต้นทุนด้วยเงื่อนไขจำนวนทรัพยากรแรงงานและชนิดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลาย.” เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 16, 18-20 พฤษภาคม 2554, พัทยา

2. วชรภูมิ เบญจโอพาร และ น้ำผึ้ง แซ่แต้ (2554) “การวางแผนงานก่อสร้างที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรด้วยเงื่อนไขความสัมพันธ์.” เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 16, 18-20 พฤษภาคม 2554, พัทยา

3. Benjaoran, V. and Sae-Tae, N. (2011) “Time-Cost Trade-off Scheduling under Construction Labor Resource Constraints.” Suranaree Journal of Science and Technology, 18(1), pp 29-39.