

วิธีการจัดสรรค่าปรับเงินจากปัญหาความล่าช้าในโครงการก่อสร้าง : เปรียบเทียบวิธีดั้งเดิมและวิธีทฤษฎีเกม

Approach for Allocating a Penalty Cost of Delay in a Construction Project : a Comparison between Conventional Approach and Game Theory Approach

เอกอนันต์ อินทรทรัพย์ * วชรภูมิ เบญจโอฬาร
สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

Aekanan Intarasap * Vacharapoom Benjaoran
School of Civil Engineering, Suranaree University of Technology , Mueang, Nakhonratchasima 30000
E-mail: aekanan.ace@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัญหาความล่าช้าโครงการเป็นปัญหาหลักที่สำคัญปัญหาหนึ่งในการบริหารงานโครงการก่อสร้างซึ่งก่อให้เกิดความขัดแย้งระหว่างเจ้าของโครงการและผู้รับเหมาก่อสร้างหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการถูกปรับเงินจากการล่าช้า มักจะเกิดเหตุการณ์ที่ผู้รับเหมาย่อยต่างๆในโครงการก็จะมีความรู้สึกขัดแย้งต่อกัน ทำให้เกิดปัญหาเรียกร้อง กล่าวอ้างกันเองอีกซึ่งเป็นผลจากการต้องร่วมรับภาระค่าปรับเงินโครงการ ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการเปรียบเทียบวิธีการจัดสรรเงินด้วยวิธีการดั้งเดิม และ วิธีการทางทฤษฎีเกม โดยในงานวิจัยได้ยกตัวอย่างโจทย์ โครงการก่อสร้างถนนที่มีการล่าช้าเกิดขึ้น และมีค่าปรับเงินที่ต้องจัดสรรออกไปยังผู้รับเหมาย่อยต่างๆที่ร่วมกันทำงานในโครงการนี้ สำหรับวิธีการทางทฤษฎีเกมนั้นจะใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ของทฤษฎีเกมความร่วมมือ และใช้วิธีการสมการเชิงเส้น ช่วยหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

คำหลัก: ทฤษฎีเกม ปัญหาการล่าช้า การบริหารโครงการ

the owner and the main contractor. After being fined for the delay, it is often that subcontractors will have conflicting feelings towards each other. Claims against each other will arise as all parties must share the burden of penalties together. This research presents a comparison of how penalties are allocated and imposed using a conventional approach and a game theory approach. This research based these findings on an example road construction project. This road construction project incurred a penalty resulting from delay and wanted to know how to allocate the penalty among the project subcontractors responsible for this delay. The game theory approach used characteristics of a mathematical model of cooperative game theory and found its answers with linear programming equations.

Keywords: game theory, delay problem, project management

Abstract

Delay is one of major problems that can occur within Project Management. It is considered a major problem because it usually causes conflicts between

1. บทนำ

ปัญหาความล่าช้าในการดำเนินการก่อสร้างเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความขัดแย้งของผู้ร่วมรับผิดชอบของโครงการทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นเจ้าของ ผู้รับเหมาหลัก

ผู้รับเหมาย่อย ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากอุปสรรคปัญหาทำให้กำหนดการเสร็จงานต้องเลื่อนออกไปและส่งผลให้ต้องมีการปรับเงินจากการล่าช้าตามสัญญาซึ่งเป็นเหตุผลหลักของความขัดแย้ง [1]

โดยทั่วไปในโครงการก่อสร้างจะประกอบด้วยกลุ่มผู้รับเหมาหลาย ๆ กิจกรรมงานและแยกกันทำงานที่ได้รับมอบหมายตามความเชี่ยวชาญ โดยมีการทำงานต่อเนื่องกัน ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้เป็นโครงข่าย เมื่อโครงการดำเนินการไปจนแล้วเสร็จและเกิดระยะเวลาล่าช้าจากแผนงาน เจ้าของโครงการก็จะมีการบังคับผู้รับเหมาหลักสัญญาให้จ่ายค่าปรับ [2]

ค่าปรับนี้เป็นปัญหาของผู้รับเหมาหลักในการแบ่งปันความรับผิดชอบในการจ่ายค่าปรับต่อผู้รับเหมาย่อยต่าง ๆ อาจเรียกว่า ปัญหาการจัดสรรค่าปรับซึ่งหากไม่มีหลักการที่ยุติธรรมรองรับ เช่น ให้แบ่งจ่ายเท่า ๆ กันหรือให้จ่ายเพียงรายเดียว ก็จะทำให้เกิดการต่อต้านและไม่ยอมรับได้ [3]

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการที่ใช้ในการจัดสรรค่าปรับคือ วิธีแบบดั้งเดิม และ วิธีทฤษฎีเกมว่ามีแนวคิดและขั้นตอนในการหาคำตอบแตกต่างกันอย่างไร โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ได้วิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อลดความขัดแย้งในการเรียกร้องกล่าวอ้างต่อกันของกลุ่มผู้รับเหมาย่อยต่าง ๆ ในโครงการ

ตัวแปรที่พิจารณาเป็นหลัก คือ ค่าการจัดสรรค่าปรับการล่าช้า กลไกการแบ่งปันค่าใช้จ่ายต่อเนื่อง ค่าความร่วมมือ Coalition โดยใช้สมการของ Estevez-Fernandez [2] (Coalition คือ การสร้างความสัมพันธ์เป็นสายของความร่วมมือ) และ Koster [3] ที่มีพื้นฐานการคำนวณจากทฤษฎีเกม

2. ปรีทรรศนัวรรณกรรม

2.1 ที่มาและความหมาย

ทฤษฎีเกมได้มีการศึกษา เป็นสาขาเฉพาะครั้งแรกเมื่อ John Von Neumann นักคณิตศาสตร์ชาวฮังการีได้ตีพิมพ์ตำรา Theory of Games and Economic Behavior (ทฤษฎีเกมและพฤติกรรมทางเศรษฐศาสตร์) ร่วมกับ Oscar Morgenstern นักเศรษฐศาสตร์ชาวเยอรมันในปี 1944 [4] ซึ่งกล่าวถึง วิธีการหาทางเลือกที่สอดคล้องกันทั้งสองฝ่ายสำหรับเกมที่ต้องมีแพ้ - ชนะ

ของผู้เล่นสองคน โดยมีองค์ประกอบของเกมได้แก่

- 1) กติกา (rules) หมายถึง ขอบเขตในสิ่งที่ทำได้และทำไม่ได้ในเกม
- 2) ผู้เล่น (agents) หมายถึง ผู้ตัดสินใจในเกมซึ่งต้องมีตั้งแต่สองฝ่ายขึ้นไป
- 3) ผลได้ (payoffs) หมายถึง ผลลัพธ์ที่ผู้เล่นแต่ละฝ่ายจะได้รับซึ่งขึ้นอยู่กับกระทำของผู้เล่นฝ่ายอื่นๆ
- 4) กลยุทธ์ (strategies) หมายถึง การตัดสินใจหรือการเลือกอย่างรอบคอบและได้ไตร่ตรองดีแล้ว
- 5) เป้าหมายของเกม (goal) อยู่ที่การได้ผลลัพธ์ที่ทำให้ได้ความพอใจสูงที่สุด (maximized benefit) เท่าที่จะสามารถเป็นไปได้ [5]

ในช่วงเริ่มต้นนี้งานศึกษาทฤษฎีเกมส่วนใหญ่มุ่งศึกษา ทฤษฎีเกมร่วมมือ (cooperative game theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีวิเคราะห์หากกลยุทธ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกลุ่มบุคคลโดยสันนิษฐานว่าพวกเขาสามารถตกลงในข้อตกลงระหว่างกัน เพื่อใช้ตัดสินใจให้ได้ผลประโยชน์ร่วมกัน

2.2 ชนิดของเกม

2.2.1 เกมไม่ร่วมมือ (non-cooperative games)

เกมแบบนี้มักคิดว่าผู้เล่นแต่ละฝ่ายไม่สามารถร่วมมือกัน ได้ทำให้แต่ละฝ่ายต้องเลือกใช้กลยุทธ์โดยไม่ได้ปรึกษาหารือกันและไม่สามารถทำการตกลง (agreement) ใดๆ ระหว่างกันเลย โดยต้องตัดสินใจโดยใช้ผลตอบแทนของตนเป็นหลักเท่านั้น [6]

2.2.2 เกมร่วมมือ (cooperative games)

เกมร่วมมือเป็นเกมที่ผู้เล่นแต่ละฝ่ายสามารถตกลงกันได้เพื่อให้ได้รับผลตอบแทนรวมที่ดีที่สุด โดยจะถือว่าผู้เล่นที่ร่วมมือกันจะเป็นผู้เล่นฝ่ายเดียวกันและจะปฏิบัติตามข้อตกลงที่ได้ตกลงกันไว้ [7] ยกตัวอย่างเช่น สถานการณ์การแข่งขันซึ่งเกี่ยวข้องกับกฎเกณฑ์ทางการค้าระหว่างประเทศ หรือ การต่อรองผลประโยชน์ในด้านแรงงานหรือการบริหารจัดการ ซึ่งในเชิงคณิตศาสตร์นั้นสามารถสร้างเป็นสูตรของความร่วมมือได้ และ หากมีผู้เล่นมากกว่าสองคนจะมีการสร้างความสัมพันธ์เป็นสายของความร่วมมือที่เรียกว่า Coalition

2.3 งานวิจัยเกี่ยวกับเกมความร่วมมือ

งานของ Nash เรื่อง Bargaining Problem [8] ที่

พิจารณาถึงกระบวนการแลกเปลี่ยนระหว่างผู้เล่นซึ่งเป็นผลให้เกิดการกระทำที่เป็นการร่วมมือ ดังนั้นจึงใช้ดุลยภาพของ Nash ในการวิเคราะห์เกมนี้ในกระบวนการแลกเปลี่ยนผลประโยชน์ ผู้เล่นจะใช้กลยุทธ์ซึ่งให้ผลประโยชน์สูงสุดและยังมีดุลยภาพของคำตอบด้วย นอกจากนี้งานของ Myerson [9] ซึ่งเป็นผู้นิยามการร่วมมือเป็นการกระทำของผู้เล่นต่าง ๆ ด้วยกันโดยมีวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นการใช้ทฤษฎีเกมทำการวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การร่วมมือและเพื่อจัดสรรค่าใช้จ่าย (ถ้าไร) ด้วยกันต่อกลุ่มผู้เล่นที่รวมกลุ่มกัน Myerson [9] ได้พบว่า การต่อรองที่มีประสิทธิภาพหมายถึง ในกรณีที่กลุ่มตกลงที่จะเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์ซึ่งส่งผลถึงผลประโยชน์ของสมาชิกที่ร่วมมือกันใน Coalition สมาชิกจะตกลงใจที่ใช้กลยุทธ์นั้นนานจนกว่าจะมีการยกเลิกข้อตกลงด้วยผู้เล่นที่อยู่นอก Coalition

2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดสรรค่าปรับจากการล่าช้าโดยใช้ทฤษฎีเกม

Branzei และคณะ [10] ได้เสนอตัวอย่างของเกม Coalition ซึ่งเกี่ยวกับปัญหาความล่าช้าโดยหาวิธีคำนวณการแบ่งค่าใช้จ่ายอย่างยุติธรรมต่อสมาชิกในเกมซึ่งก่อให้เกิดการล่าช้า เมื่อโครงการแล้วเสร็จและเราทราบถึงเวลาล่าช้ารวมทั้งโครงการแล้ว Branzei และคณะยังได้เสนอกฎสองขั้นตอนโดยขั้นตอนแรกทำการจัดสรรความล่าช้ารวมโครงการไปยังแต่ละสายทางก่อน จากนั้นในขั้นที่สองในความล่าช้าจะถูกแบ่งย่อยไปที่แต่ละกิจกรรมแบบมีสัดส่วน และยังนำคุณสมบัติของสมการแบบ Bankruptcy และแบบ Taxation มาใช้ในการจัดสรรด้วย

Bergantinos และ Sanchez [11] ได้เสนอเกมที่เรียกว่า Non-Transferable Game ซึ่งสัมพันธ์กับปัญหาการวางแผนแบบ PERT (Program and Evaluation Review Technique) โดยทำการแบ่งค่าเวลาโฟลทไปยังกิจกรรมงานต่างๆในแผนผัง PERT นั้น พวกเขาได้เสนอกฎสองข้อ สำหรับการจัดสรรความล่าช้าโครงการเหมือน Branzei et al. [10] แต่ได้เลือกใช้สมการ Serial Cost Sharing และสมการ Shapley Value เป็นเครื่องมือ

Estevez-Fernandez และคณะ [2] พิจารณาโครงการเป็นเกม 2 ประเภท ได้แก่เกมปัญหาการล่าช้าและเกมปัญหาการเร่งรัดโครงการ ซึ่งฟังก์ชันของค่าปรับหรือรางวัลนั้นจะเป็นสัดส่วนกันกับการล่าช้ารวมหรือการ

เร่งรัดรวมโครงการ ต่อมา Estevez-Fernandez และคณะ [2] ได้พิจารณาในเหตุการณ์ในกรณีที่เมื่อดำเนินโครงการไปได้ระยะหนึ่งแล้วไม่เป็นไปตามแผน โดยสังเกตว่าเมื่อโครงการอยู่ในสภาวะเร่งรัด ฟังก์ชันรางวัลมีค่ามากขึ้นแต่หากเมื่อโครงการอยู่ในสภาวะล่าช้า ฟังก์ชันค่าปรับจะมากขึ้นตามลำดับ โดยมุ่งที่จะหาคำตอบการจัดสรรค่าใช้จ่ายหรือรางวัลที่มีเสถียรภาพมากขึ้น

San Cristobal [1] ถือว่าเป็นวิศวกรผู้เริ่มการนำทฤษฎีเกมมาประยุกต์ใช้ในการบริหารโครงการก่อสร้าง เขาใช้การจัดสรร Shapley Value มาใช้จัดสรรผลประโยชน์อย่างยุติธรรมระหว่างบริษัทต่าง ๆ ที่ร่วมกันก่อสร้างอยู่ต่อเรือเดินสมุทรและได้มีการเร่งรัดโครงการซึ่งมีผลต่อค่าใช้จ่ายโครงการที่เปลี่ยนแปลงต่อมา San Cristobal [1] ได้ประยุกต์ใช้นิยาม เกมความร่วมมือของทฤษฎีเกม โดยได้ยกตัวอย่างปัญหาโครงการก่อสร้างถนนที่มีการล่าช้าเกิดขึ้น และต้องจ่ายค่าปรับซึ่งเป็นการรับผิดชอบของบริษัทรับเหมาย่อยต่าง ๆ และทำการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยสมการ Linear Programming ในการจ่ายค่าปรับอย่างยุติธรรม

จากการตรวจสอบบทความพบว่างานของ San Cristobal [1] ได้มีการประยุกต์ใช้งานได้อย่างน่าสนใจ แต่ผู้วิจัยพิจารณาว่าในกระบวนการหาค่า Coalition นั้นค่อนข้างที่จะรวบรัดใช้เกณฑ์อย่างง่ายมากเกินไป จึงไม่ได้ใช้คุณสมบัติแท้จริงของค่า Coalition ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำ สมการ Serial Cost sharing ของ Koster [3] ที่เคยแสดงวิธีการจัดสรรค่าใช้จ่ายไว้อย่างเป็นเหตุผลซึ่งได้ใช้คุณสมบัติของเกมความร่วมมือได้ดีกว่า อีกประการหนึ่งคำตอบของเกมความร่วมมือนั้นจากสมการจะเห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะได้คำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบและการหาคำตอบค่อนข้างซับซ้อนและใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์สูง

สมมุติฐานการวิจัยนี้เราจะทำการเปรียบเทียบวิธีการหาคำตอบของการจัดสรรค่าปรับคือ วิธีการดั้งเดิมที่ได้สัมภาษณ์มา และ วิธีการของทฤษฎีเกม ผ่านผลลัพธ์ที่ได้มีขั้นตอนแตกต่างกันอย่างไร โดยผู้วิจัยทำการสร้างโจทย์ตัวอย่างโครงการขึ้นมาทดสอบ

3. ทฤษฎีเกมและวิธีการที่ใช้ในงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมองค์ความรู้ที่ได้ศึกษา

เกี่ยวกับทฤษฎีเกมมาไว้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ คณิตศาสตร์เกมโครงการ, เกมโครงการที่มีการล่าช้าและฟังก์ชันค่าใช้จ่าย, Core เซตของคำตอบเกมความร่วมมือและการหาค่า Coalition, กลไกการแบ่งปันค่าใช้จ่ายแบบต่อเนื่อง, การเลือกตัวแปรเวลามาคำนวณในฟังก์ชัน K และ สุดท้ายคือการหาคำตอบที่เหมาะสมด้วย Linear Programming ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 โจทย์เกมโครงการที่มีการล่าช้า

เราสามารถนิยามค่าเวลาการล่าช้า และการเร่งรัดในเชิงสมการได้ว่า

$$\text{การล่าช้า เมื่อ } N \rightarrow [0, \infty) \\ d(i) = [r(i) - p(i)]_+ \quad (1)$$

$$\text{การเร่งรัด เมื่อ } N \rightarrow [0, \infty) \\ e(i) = [p(i) - r(i)]_+ \quad (2)$$

โดยที่

$d(i)$ คือ ระยะเวลาล่าช้าของกิจกรรม (i) ใดๆ

$e(i)$ คือ ระยะเวลาเร่งรัดของกิจกรรม (i) ใดๆ

$r(i)$ คือ ระยะเวลาเสร็จงานจริงของกิจกรรม (i) ใดๆ

$p(i)$ คือ ระยะเวลาเสร็จงานตามแผนของกิจกรรม (i) ใดๆ

C คือฟังก์ชันค่าใช้จ่ายซึ่งมีตัวแปรตามคือ $d(i)$

K คือ อัตราค่าปรับรายวันมีหน่วยเป็นบาทต่อวัน

ในโจทย์ปัญหานี้เราจะศึกษาโครงการที่มีการล่าช้าซึ่งมีผลทำให้ระยะเวลาโครงการต้องขยายออกไป และเกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น โดย ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายเป็นสมการเส้นตรงด้วย สามารถแสดงได้เป็น $C = K \times d(i)$ ทำให้สามารถหาค่าปรับรวมโครงการจากสมการนี้ได้ [2]

3.2 เกมความร่วมมือซึ่งมีคำตอบเป็น Core เซต

วิธีเกมความร่วมมือค่าใช้จ่ายนั้นมีพื้นฐานจากการนำสมการของเกม เป็นสมการหาคำตอบ โดยเกมนี้มีลักษณะเป็นฟังก์ชันของคู่ลำดับ (N, c) เมื่อ c แทนค่าใช้จ่ายมากที่สุดที่จะจ่ายได้จากทุก ๆ ความร่วมมือ Coalition และคำตอบของโจทย์ได้แก่ $Core(c)$ เซตคำตอบของเกมความร่วมมือค่าใช้จ่ายแสดงได้เป็น

$$Core(c) = \{x \in \mathbb{R}^N \mid \sum_{i \in N} x_i = c(N), \sum_{i \in S} x_i \leq c(S) \} \quad (3)$$

สำหรับทุกๆ $S \in 2^N$

S คือเซตของกิจกรรมต่างๆที่ร่วมมือต่อกันเป็น

Coalition

N คือเซตแทนจำนวนกิจกรรมทั้งหมดในโครงการ

$c(N)$ คือค่าปรับทั้งหมดจากการล่าช้าโครงการ

$c(S)$ คือฟังก์ชันกลไกการแบ่งปันค่าใช้จ่ายของ

ความร่วมมือของกิจกรรม ใน Coalition ที่พิจารณา

2^N คือ จำนวนสมาชิกในเซตคำตอบทั้งหมดของ $Core(c)$

x_i คือ ค่าใช้จ่ายของแต่ละกิจกรรม (i) ใดๆ

y_i^α คือ นั่นคือกลไกการแบ่งปันค่าใช้จ่ายใน Coalition เดียวกัน เรียกว่า Serial Cost Sharing Mechanism [3]

$C_y(S)$ คือ ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายของ Coalition (S)

เมื่อกิจกรรมต่างๆสัมพันธ์กันเป็นความร่วมมือแล้ว จากงานของ Estevez-Fernandez สามารถแสดงฟังก์ชันค่าใช้จ่ายของ Coalition (S) ของทุกกิจกรรมได้เป็น

$$C_y(S) = \max_{x \in P(S)} \left\{ \min \left\{ \sum_{i \in N_\alpha \cap S} y_i^\alpha, K \left(D(N_\alpha, (p|_{\varepsilon \setminus S}, r|_{N \setminus (\varepsilon \setminus S)})) - D(p) \right) \right\} \right\} \quad (4)$$

โดยที่

$D(p)$ คือ ระยะเวลาตามแผนของทั้งโครงการ

$K(y)$ คือ ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายตามนิยามของสมการของ Estevez-Fernandez

3.3 กลไกการแบ่งปันค่าใช้จ่าย

ตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งคือ $\sum y_i^\alpha$

แสดงได้จากสมการ

$$y_i^S(N, q, c) = \sum_{k=1}^j \frac{c(q_k) - c(q_{k-1})}{n - k + 1} \quad (5)$$

, $j = 1, \dots, n$

โดยที่ $q_1 \leq q_2 \leq q_3 \leq \dots \leq q_n$ และ $q_0 = 0$ ซึ่ง q คือความต้องการในการแบ่งปันค่าปรับของแต่ละกิจกรรม ในที่นี้ก็คือค่าการล่าช้า $d(i)$ นั่นเอง ซึ่งในค่า Coalition นั้น แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมไหนล่าช้า

มากก็จะถูกค่าปรับมาก กิจกรรมไหนล่าช้าหน่อยก็จะถูกปรับน้อยตามสัดส่วนแต่ทุกๆ กิจกรรมในสายความร่วมมือเดียวกันก็จะช่วยกันจ่ายค่าปรับตามความล่าช้านั้นๆ

3.4 การพิจารณาเลือกค่าตัวแปรเวลานำมาคำนวณในฟังก์ชันค่าใช้จ่าย K

การหาเวลา $D(N_{\alpha}, (p_{|\mathcal{E}|S}, r_{|N \setminus (\mathcal{E}|S)}))$ ในสมการ (4) สามารถพิจารณาได้ดังนี้

- 1) หากสายทางที่พิจารณาล่าช้า ให้เลือกเวลาที่แยกกว่าคือ เวลาทำงานจริงของกิจกรรม $D(N_{\alpha}, r)$
- 2) หากสายทางที่พิจารณามีการเร่งรัดให้พิจารณาแยกออกเป็น 2 กรณีดังนี้

2.1) หากมีกิจกรรมที่เป็นสมาชิก ของเซต $\mathcal{E}$ อยู่ใน Coalition S ที่พิจารณาอยู่ให้เลือกค่าเวลาที่ดีกว่า คือ เวลาทำงานจริงของกิจกรรม $D(N_{\alpha}, r)$

2.2) หากไม่มีกิจกรรมที่เป็นสมาชิกของเซต $\mathcal{E}$ อยู่ใน Coalition S ที่พิจารณาอยู่ให้เลือกค่าเวลาที่ดีกว่า คือ เวลาตามแผนของกิจกรรม $D(N_{\alpha}, p)$ [2]

โดยที่

$\mathcal{E}$ คือ เซตของกิจกรรมที่มีการเร่งรัด

$p_{|\mathcal{E}|S}$ คือ เวลาตามแผนงานของกิจกรรมที่

เซต $\mathcal{E}$ นั้นไม่อยู่ใน Coalition ที่พิจารณา

$r_{|N \setminus (\mathcal{E}|S)}$ คือ เวลาทำงานจริงของกิจกรรมที่เซต $\mathcal{E}$ อยู่ใน Coalition ที่พิจารณาด้วย

3.5 ปัญหา Linear Programing และการหาคำตอบ

เมื่อคำนวณหาค่า Coalition $c(S)$ ที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้ว เพื่อช่วยหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของการจัดสรรจะใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดย Linear Programing ต่อมาเมื่อกำหนดสมการได้แล้ว เครื่องมือที่ใช้หาคำตอบของโจทย์ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ Solver ซึ่งเป็นโปรแกรม Add in ใน MS Excel ซึ่งอ้างอิงจากงานของ San Cristobal [1]

สมการวัตถุประสงค์

$$\text{Maximize } (X_1 + X_2 + \dots + X_n) \quad (6)$$

การจัดสรรรวมของทุกกิจกรรมในโครงการ

$$X_1 + X_2 + \dots + X_n = c(N) \quad (7)$$

สมการข้อจำกัดของทุกๆ S

$$\sum_{i \in S} X_i \leq c(S) \quad (8)$$

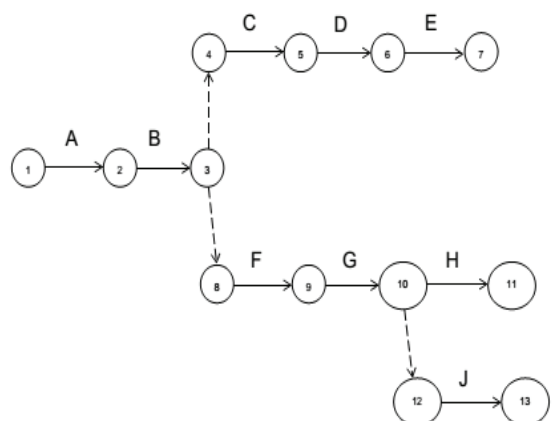
โดยที่ X_i คือ ค่าปรับของกิจกรรม i ในโครงการ

4. การดำเนินงานวิจัย

ในกรอบการวิจัยจะแบ่งมีตัวอย่างโจทย์โครงการที่จะเปรียบเทียบวิธีการจัดสรรค่าปรับสองวิธี ระหว่างวิธีดั้งเดิมที่ใช้กันอยู่ที่ได้ทราบรายละเอียดจากการสัมภาษณ์ส่วนวิธีการที่สองจะนำวิธีแนวคิดของทฤษฎีเกมมาใช้เพื่อเปรียบเทียบกันถึงผลลัพธ์ของแต่ละวิธีการ

ผู้วิจัยจะขอยกโจทย์ตัวอย่างโครงการก่อสร้างถนนแห่งหนึ่ง มีมูลค่าโครงการรวม 9,900,000 บาท ซึ่งโครงการนี้มีการล่าช้าเกิดขึ้นและจะต้องถูกเจ้าของงานปรับเงิน โดยในสัญญากำหนดค่าปรับไว้วันละ 9,900 บาท สิ่งที่ต้องการทราบคือค่าปรับเงินทั้งโครงการนั้นจะถูกแบ่งภาระค่าปรับไปที่กิจกรรมต่างๆอย่างไร เป็นจำนวนเงินเท่าไร

โครงการนี้ประกอบด้วยรายละเอียดของกิจกรรมตามตารางที่ 1 และ มีความสัมพันธ์เป็นโครงข่ายดังรูปที่ 1 ตามลำดับ



รูปที่ 1 ผังเครือข่ายกิจกรรมงานโครงการก่อสร้างถนน

ตารางที่ 1 รายละเอียดโครงการก่อสร้างถนน

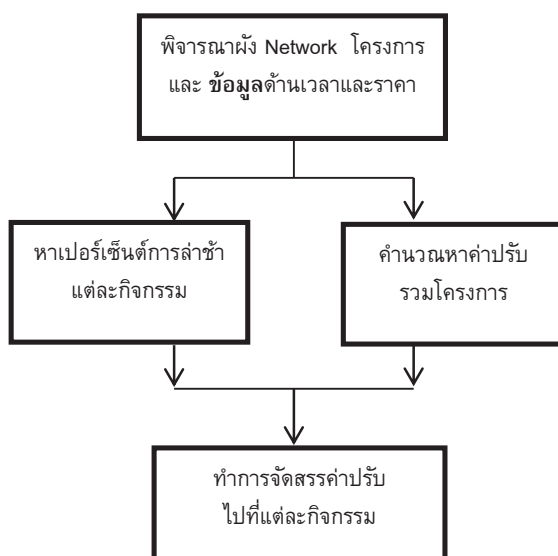
งาน	ปม	รายละเอียด	งบประมาณบาท	งานก่อนหน้า
A	1-2	งานถมป่าขุดต่อและเตรียมพื้นที่ก่อนการก่อสร้าง	1,000,000	-
B	2-3	งานดินตัดและงานดินถม	2,500,000	A
C	4-5	งานขุดหลุมเพื่อวางท่อ	500,000	B
D	5-6	งานวางท่อระบายน้ำ และ บ่อพัก	2,500,000	C
E	6-7	งานถมดินกลับและบดอัด	300,000	D
F	8-9	งานรองพื้นทาง	1,000,000	B
G	9-10	งานผิวจราจร	1,500,000	F
H	10-11	งานแต่งไหล่ทาง	300,000	G
J	12-13	ตีเส้นจราจรและป้ายไฟจราจร	300,000	G

จากนั้นเมื่อเริ่มดำเนินโครงการไปจนแล้วเสร็จปรากฏว่าโครงการเสร็จล่าช้าจากแผนและมีรายละเอียดข้อมูลด้านเวลาตามตารางที่ 3 จากนั้นเราทำการทดสอบหาคำตอบของโจทย์ด้วยวิธีการทั้งสองวิธีคือวิธีการดั้งเดิม และวิธีการหาคำตอบด้วยทฤษฎีเกม

4.1 วิธีการดั้งเดิม

ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ข้อมูล คุณอนุวัฒน์ เรืองเดชาวิวัฒน์ มีตำแหน่งเป็น รองผู้อำนวยการแขวงการทางนครราชสีมาที่ 1 ฝ่ายวิศวกรรม กรมทางหลวง เคยมีประสบการณ์ในการบริหารงานก่อสร้างถนนที่มีการล่าช้าและมีการปรับเงินมาหลายโครงการ ได้อธิบายให้ผู้วิจัยทราบว่า โดยทั่วไปหากเป็นโครงการก่อสร้างถนนที่คู่สัญญาเป็นกรมทางหลวงกับ บริษัทผู้รับเหมาหลักผู้ได้

งานแล้ว เมื่อมีการล่าช้า บริษัทผู้รับเหมาหลักก็จะมีวิธีการจัดสรรค่าปรับให้กับผู้รับเหมาย่อยโดยวิธีการดังนี้ ขั้นตอนแรกผู้รับเหมาหลักทำการพิจารณาจากเนื้องานที่เหลืออยู่ของผู้รับเหมาย่อยทุกบริษัท ณ วันสิ้นสุดงานตามแผนที่แต่ละบริษัทเหลือเนื้องานอยู่ที่เปอร์เซ็นต์ ขั้นตอนต่อมาเมื่อส่งงานงวดสุดท้ายเสร็จแล้วผู้รับเหมาหลักก็จะทราบเวลาทำงานเสร็จจริงของแต่ละกิจกรรมทั้งหมด และทำการล่าช้าได้ด้วย ขั้นตอนสุดท้ายหลังจากมีการรับทราบค่าปรับที่จะต้องจ่ายให้กรมทางหลวงแล้วก็จะนำยอดค่าปรับมาทำการจัดสรรตามสัดส่วนเปอร์เซ็นต์เนื้องานที่ ผู้รับเหมาย่อยแต่ละบริษัทล่าช้าจากแผนที่ ณ วันที่สิ้นสุดงานตามแผนที่นั้น เราอาจสรุปขั้นตอนการหาคำตอบได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การหาคำตอบการจัดสรรค่าปรับด้วยวิธีดั้งเดิม

ขั้นตอนที่ 1 สร้างตารางบันทึกข้อมูลราคางาน และข้อมูลด้านเวลาของโครงการ ของแต่ละกิจกรรม ในตารางที่ 3

ขั้นตอนที่ 2 ทำการคำนวณหาเวลาล่าช้าของแต่ละกิจกรรมจากสมการ (1) แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การล่าช้าเทียบกับมูลค่าโครงการทั้งหมด (ใช้มูลค่างานเป็นฐาน) ตัวอย่าง เช่น กิจกรรม A

การล่าช้า $d(i) = r(i) - p(i) = 20 - 15 = 5$ วัน

เปอร์เซ็นต์การล่าช้า

$$\text{มูลค่าการล่าช้า} = \frac{5}{15} \times 1,000,000 \text{ บาท}$$

$$= 333,333.3 \text{ บาท}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การล่าช้า} = \frac{333,333.3}{9,900,000} \times 100\% = 3.36\%$$

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าปรับรวม

ทำการเขียนแผนผัง Network Precedence รูปที่ 1 ทำให้สามารถคำนวณเวลาโครงการตามแผนได้ 105 วัน เวลาโครงการจริง 127 วัน ดังนั้นล่าช้า 22 วัน

$$\text{ค่าปรับรวม} = 9,900 \times 22 = 217,800 \text{ บาท}$$

ตารางที่ 3 ข้อมูลกิจกรรมโครงการและค่าปรับเงิน

Act.	Value บาท	Plan Dur.	Actual Dur.	% Delay	Penalty บาท
A	1,000,000	15	20	3.40%	36,300
B	2,500,000	30	40	8.40%	89,682
C	500,000	30	35	0.80%	8,541
D	2,500,000	20	25	6.30%	67,262
E	300,000	10	7	0	-
F	1,000,000	20	15	0	-
G	1,500,000	7	7	0	-
H	300,000	7	7	0	-
J	300,000	2	3	1.50%	16,015
Total	9,900,000			20.40%	217,800

ขั้นตอนที่ 4 เมื่อทำการคำนวณครบทุกกิจกรรมแล้วในตารางที่ 3 จะได้เปอร์เซ็นต์การล่าช้าโครงการทั้งหมดเป็น 20.4% ซึ่งเราทราบว่าค่าปรับรวมเป็น 217,800 บาท ดังนั้นจะจัดสรรค่าปรับไปที่กิจกรรมต่างๆได้จากเปอร์เซ็นต์การล่าช้าของแต่ละกิจกรรม เช่น

$$\text{ค่าปรับกิจกรรม A} = \frac{3.40}{20.4} \times 217,800 \text{ บาท}$$

$$= 363,300 \text{ บาท}$$

จากนั้นคำนวณค่าตอบที่เราต้องการทราบในสัณทียสุดท้ายของตารางที่ 3 จากเปอร์เซ็นต์การล่าช้าแต่ละกิจกรรมซึ่งคือภาระค่าปรับของแต่ละกิจกรรมนั่นเอง

$$\text{สรุปคำตอบที่ได้ดังนี้ } X_A = 36300 \quad X_B =$$

$$89682 \quad X_C = 8541 \quad X_D = 67262 \quad X_E = X_F = X_G = X_H = 0 \text{ และ } X_J = 16015 \text{ ตามลำดับ}$$

4.2 วิธีการหาคำตอบด้วยทฤษฎีเกม

จากหัวข้อทฤษฎีและวิธีการวิจัยที่ผ่านมา เราจะได้เข้าใจโครงการมาทดสอบหาคำตอบซึ่ง สามารถแสดงเป็นขั้นตอนได้ดังรูปที่ 3

ขั้นตอนที่ 1 จากข้อมูลด้านเวลาในตารางที่ 2 สามารถหาค่าการล่าช้า $d(i)$ และเวลาเร่งรัด $e(i)$ ของแต่ละกิจกรรมได้จากสมการ (1) และ (2)

ขั้นตอนที่ 2 ทำการพิจารณาโครงข่ายในรูปที่ 1 จะพบว่ามีสายงานที่พบ 3 สายงานได้แก่ N_1 ซึ่งเป็นสายงานที่ประกอบด้วยความร่วมมือ Coalition ต่อกัน 2 อัน คือ AB และ CDE, สายงาน N_2 ซึ่งเป็นสายงานที่ประกอบด้วยความร่วมมือ Coalition ต่อกัน 3 อัน คือ AB FG และ H และ สายงาน N_3 ซึ่งเป็นสายงานที่ประกอบด้วยความร่วมมือ Coalition ต่อกัน 3 อัน คือ AB FG และ J ทำให้สามารถคำนวณค่าเวลาตามแผนงาน $D(N\alpha, p)$ เวลา Float $Float(N\alpha, p)$ และ เวลาทำงานจริง $D(N\alpha, r)$ ของแต่ละสายงานได้ตามลำดับ โดยแสดงในตารางที่ 4

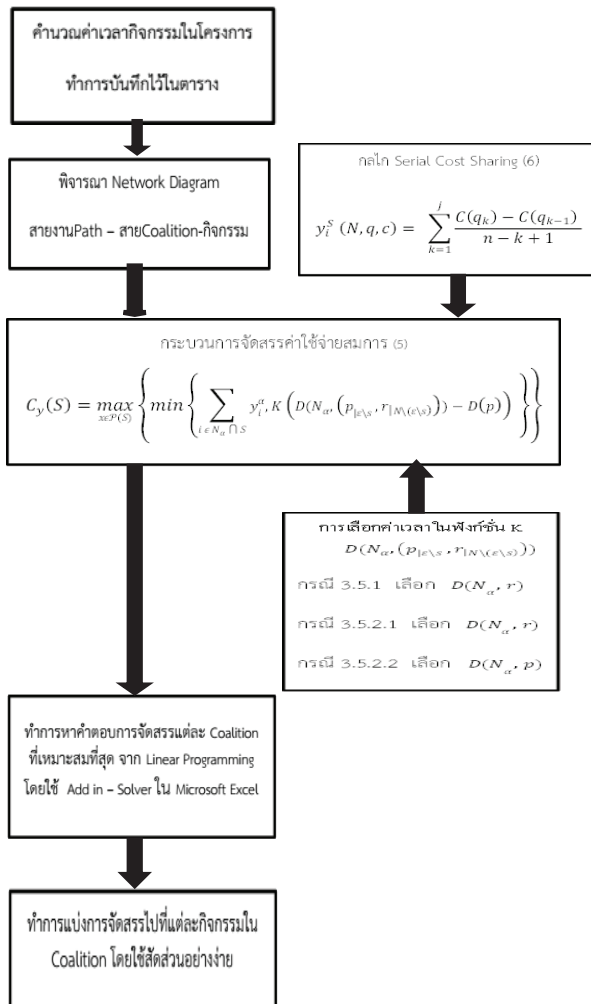
ตารางที่ 4 เวลาตามแผน, เวลาทำงานจริง และ Float ของแต่ละสายทาง

Path	Coalition	$D(N\alpha, p)$	$Float(N\alpha, p)$	$D(N\alpha, r)$
N_1	AB-CDE	105	0	127
N_2	AB-FG-H	79	26	89
N_3	AB-FG-J	74	31	85

โดยเมื่อพิจารณาค่าเวลาตามแผน ในสายที่ N_1 ค่า Float เป็นศูนย์และมีค่าเวลาตามแผนมากที่สุดคือ 105 วัน ดังนั้นก่อนการดำเนินงาน N_1 จึงเป็นสายงานวิกฤตและโครงการนี้มีระยะเวลาดำเนินการ $D(p)$ เป็น 105 วัน

ทำให้สามารถคำนวณเวลาโครงการตามแผนได้ 105 วัน ส่วนเวลาโครงการจริงคือ 127 วัน ล่าช้า 22 วัน

ดังนั้นค่าปรับรวม = $9,900 \times 22 = 217,800$ บาท



รูปที่ 3 แผนผังการหาคำตอบด้วยทฤษฎีเกม

ขั้นตอนที่ 3

ทำการคำนวณค่าผลรวม Serial Cost Sharing $\sum Y_i^\alpha$ ของทุก Coalition จากสูตร (5) เมื่อคำนวณเสร็จนำไปบันทึกในตารางที่ 5 เช่น

ตัวอย่างที่ 1 Coalition $\{AB\}$ มีกิจกรรมทั้งหมด 2 กิจกรรม

ค่า $d(i) = q_i$ และสามารถนำมาเขียนเรียงค่ากันจากน้อยไปมากได้ว่า $q_1 < q_2$ ซึ่งสำหรับ AB คือ $q_A < q_B$ เป็นค่าการล่าช้า $d(i)$ คือ 5 และ 10 วันตามลำดับ

ส่วนฟังก์ชันค่าปรับนั้นสร้างสมการได้ว่า

$$C = 9,900q \quad \text{บาท}$$

สมการที่จะจัดสรรค่าใช้จ่ายได้สามส่วนคือ

$$Y_1^{AB} = \frac{C(2q_1)}{2}$$

$$= \frac{C(2 \times 5)}{2} = \frac{(10 \times 9900)}{2}$$

$$= 49,500 \quad \text{บาท}$$

$$Y_2^{AB} = \frac{C(2q_1)}{2} + \frac{C(q_1 + q_2) - C(2q_1)}{1}$$

$$= 49,500 + C(5 + 10) - C(2 \times 5)$$

$$= 49,500 + 148,500 - 9,900$$

$$= 99,000$$

ดังนั้นการจัดสรรค่าใช้จ่าย

$$\{AB\} = (49,500, 99,000)$$

$$\text{และ } \sum y_i^{AB} = 49,500 + 99,000 = 148,500$$

ตัวอย่างที่ 2 Coalition $\{CDE\}$ มีกิจกรรมทั้งหมด 3 กิจกรรม ซึ่งสำหรับ CDE คือ $q_E < q_C < q_D$ เป็นค่าการล่าช้า $d(i)$ คือ 0, 5 และ 5 วันตามลำดับ

$$Y_1^{CDE} = \frac{C(3q_1)}{3}$$

$$= \frac{C(3 \times 0)}{3} = \frac{(0 \times 9900)}{3}$$

$$= 0 \quad \text{บาท}$$

$$Y_2^{CDE} = \frac{C(3q_1)}{3} + \frac{C(q_1 + 2q_2) - C(3q_1)}{2}$$

$$= 0 + \frac{C(0 + 2 \times 5) - C(3 \times 0)}{2}$$

$$= 0 + \frac{99000 - 0}{2}$$

$$= 49,500 \quad \text{บาท}$$

$$Y_3^{CDE} = \frac{C(3q_1)}{3} + \frac{C(q_1 + 2q_2) - C(3q_1)}{2} + \frac{C(q_1 + q_2 + q_3) - C(2q_1 + 2q_2)}{1}$$

$$= 0 + \frac{C(10)}{2} + C(0 + 5 + 5) - C(0 + 2 \times 5)$$

$$= 0 + 49,500 + 99,000 - 99,000$$

$$= 49,500$$

ดังนั้นการจัดสรรค่าใช้จ่าย

$$\{CDE\} = (49,500, 49,500, 0)$$

$$\text{และ } \sum y_i^{CDE} = 49,500 + 49,500 + 0 = 99,000$$

ตัวอย่างที่ 3 Coalition J มีกิจกรรมทั้งหมด 1 กิจกรรม จึงไม่ต้องแบ่ง

ค่า $d(i) = q_i$ ซึ่งสำหรับ J คือ $q_D = 1$
สามารถที่จะจัดสรรค่าใช้จ่ายได้คือ

$$y_1^J = \frac{C(1q_1)}{1}$$

$$= \frac{C(1q_1)}{1} = \frac{C(1 \cdot 9900)}{1} = 9,900$$

$$\text{ดังนั้น } \sum y_i^H = 9,900$$

ตารางที่ 5 สรุปผลรวมการจัดสรรค่าใช้จ่าย $\sum y_i^\alpha$

Coalition	$\sum y_i^\alpha$
AB	148,500
CDE	99,000
FG	0
H	0
J	9,900

ขั้นตอนที่ 4

การพิจารณาเลือกค่าตัวแปรเวลานำมาคำนวณในฟังก์ชันค่าใช้จ่าย K

การหาค่าเวลา $D(N_\alpha, (p_{|\varepsilon|s}, r_{|N(\varepsilon|s)}))$
สามารถหาได้ด้วยวิธีการจากหัวข้อ 3.3 ดังตัวอย่าง

ตารางที่ 6 พิจารณา $C_y(AB)$ ซึ่ง $\varepsilon = \{F, G\}$

สายทาง	คุณสมบัติ	ตัวแปรเวลา	หมายเหตุ
AB-CDE	ล่าช้า	$D(N_\alpha, r) = 127$	-
AB-FG-H	ล่าช้า	$D(N_\alpha, r) = 89$	F, G ∈ เขต ε

AB-FG-J	ล่าช้า	$D(N_\alpha, r) = 85$	F, G ∈ เขต ε
---------	--------	-----------------------	--------------

ตารางที่ 7 พิจารณา $C_y(AB, CDE)$ ซึ่ง $\varepsilon = \{F, G\}$

สายทาง	คุณสมบัติ	ตัวแปรเวลา	หมายเหตุ
AB-CDE	ล่าช้า	$D(N_\alpha, r) = 127$	-
AB-FG-H	ล่าช้า	$D(N_\alpha, r) = 89$	F, G ∈ เขต ε
AB-FG-J	ล่าช้า	$D(N_\alpha, r) = 85$	F, G ∈ เขต ε

ขั้นตอนที่ 5

จากสูตร (3) ทำการคำนวณค่า Coalition $C_y(S)$ ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของทั้ง 3 สาย โดยที่ ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายคือ $K = 9,900q$ เช่น

ตัวอย่างที่ 4

$$C_y(AB) = \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \min \left\{ \sum y_i^x, K \left(D(N_\alpha, (p_{|\varepsilon|s}, r_{|N(\varepsilon|s)})) - D(p) \right) \right\} \right\}$$

$$= \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \begin{array}{l} \min\{148500, K(127 - 105)\} \\ \min\{148500, K(89 - 105)\} \\ \min\{148500, K(85 - 105)\} \end{array} \right\}$$

$$= \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \begin{array}{l} \min\{148500, K(22)\} \\ \min\{148500, K(16)\} \\ \min\{148500, K(20)\} \end{array} \right\}$$

$$= \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \begin{array}{l} \min\{148500, 217800\} \\ \min\{148500, 158400\} \\ \min\{148500, 198000\} \end{array} \right\}$$

$$= \text{Max } (148,500, 148,500, 148,500) = 148,500$$

ตัวอย่างที่ 5

$$C_y(CDE) = \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \min \left\{ \sum y_i^x, K \left(D(N_\alpha, (p_{|\varepsilon|s}, r_{|N(\varepsilon|s)})) - D(p) \right) \right\} \right\}$$

$$\begin{aligned}
&= \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \begin{array}{l} \min\{99000, K(127 - 105)\} \\ \min\{0, K(89 - 105)\} \\ \min\{0, K(85 - 105)\} \end{array} \right\} \\
&= \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \begin{array}{l} \min\{99000, K(22)\} \\ \min\{0, K(16)\} \\ \min\{0, K(20)\} \end{array} \right\} \\
&= \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \begin{array}{l} \min\{99000, 217800\} \\ \min\{0, 158400\} \\ \min\{0, 198000\} \end{array} \right\}
\end{aligned}$$

$$= \text{Max}(99,000, 0, 0) = 99,000 \text{ บาท}$$

ขั้นตอนที่ 6

ทำการสร้างสมการข้อจำกัดจากค่าCoalition ในตารางที่ 8

สมการวัตถุประสงค์:

$$\text{Maximize } (X_{AB} + X_{CDE} + X_{FG} + X_H + X_J) \quad (9)$$

ข้อจำกัด :

$$X_{AB} \leq 148500 \quad (10)$$

$$X_{CDE} \leq 99000 \quad (11)$$

$$X_{AB} + X_{CDE} \leq 217800 \quad (12)$$

$$X_{AB} + X_{FG} \leq 148500 \quad (13)$$

$$X_{AB} + X_H \leq 148500 \quad (14)$$

$$X_{AB} + X_J + X_{FG} \leq 158400 \quad (15)$$

$$X_{FG} + X_{CDE} + X_H \leq 99000 \quad (16)$$

$$X_{FG} + X_{CDE} + X_J \leq 99000 \quad (17)$$

$$X_{AB} + X_{CDE} + X_{FG} + X_H \leq 217800 \quad (18)$$

$$X_{FG}, X_H = 0 \quad (19)$$

$$X_{AB} + X_{CDE} + X_{FG} + X_J = 217800 \quad (20)$$

$$X_{AB} + X_{CDE} + X_{FG} + X_H + X_J = 217800 \quad (21)$$

และทำการหาคำตอบโดยการหาคำตอบที่เหมาะสมจาก Linear Programming ซึ่งคำตอบที่ได้คือ

$$X_{AB} = 148,500, X_{CDE} = 59,400, X_{FG} = 0, X_H = 0, X_J = 9,900 \text{ มีหน่วยเป็นบาท}$$

ตัวอย่างที่ 6

$$c_y(ABC, DE) = \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \min \left\{ \sum y_i^x, K(D(N_{\alpha'}(p|_{\mathcal{E}|S}, r|_{N(\mathcal{E}|S)})) - D(p)) \right\} \right\}$$

$$= \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \begin{array}{l} \min\{247500, K(127 - 105)\} \\ \min\{148500, K(89 - 105)\} \\ \min\{148500, K(85 - 105)\} \end{array} \right\}$$

$$= \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \begin{array}{l} \min\{247500, K(22)\} \\ \min\{148500, K(16)\} \\ \min\{148500, K(20)\} \end{array} \right\}$$

$$= \max_{x \in (1,2,3)} \left\{ \begin{array}{l} \min\{247500, 217800\} \\ \min\{148500, 158400\} \\ \min\{148500, 198000\} \end{array} \right\}$$

$$= \text{Max}(217800, 148500, 148500) = 217800 \text{ บาท}$$

จากนั้นสรุปค่า $C_y(S)$ ที่คำนวณได้ทั้งหมดในตารางที่ 6

ตารางที่ 8 สรุปค่า Coalition $C_y(S)$ ของโครงการ

S	$C_y(S)$	S	$C_y(S)$	S	$C_y(S)$
AB	148,500	AB,CDE	217,800	AB,CDE,FG,H	217,800
CDE	99,000	AB,FG,H	148,500	AB,CDE,FG,J	217,800
FG	0	AB,FG,J	158,400	AB,FG,H,J	217,800
H	0	CDE,FG,H	99,000	N	217,800
J	9,900	CDE,FG,J	99,000		

ขั้นตอนที่ 7

ทำการจัดสรรค่าไปยังไปที่แต่ละกิจกรรมใน Coalition ที่ทราบค่าแล้ว โดยใช้สัดส่วน Serial Cost Sharing อย่างง่ายที่เคยหาไว้แล้ว

จากคำตอบที่ได้เมื่อ $X_{AB} = 148500$ แสดงว่ากิจกรรม A และ B จำเป็นต้องร่วมรับผิดชอบต่อค่าปรับนั้นเป็นสัดส่วนโดยจะใช้ Serial Cost Sharing ของ Coalition ทำการแบ่งค่าใช้จ่ายแยกไปที่กิจกรรม A และ

B การจัดสรรค่าใช้จ่าย AB = (49500, 99000) ซึ่งใน ต.ย.1 เป็นอัตราส่วนเดียวกัน และ

$$\sum y_i^{AB} = 49,500 + 99,000 = 148,500 \text{ ดังนั้นจะได้}$$

$$X_A = 49,500 \text{ และ } X_B = 99,000$$

จากคำตอบที่ได้เมื่อ $X_{CDE} = 59,400$ แสดงว่า กิจกรรม C และ D จำเป็นต้องร่วมรับผิดชอบต่อค่าปรับนั้นเป็นสัดส่วน 1 : 1 เพราะการจัดสรรค่าใช้จ่าย $\{CDE\} = (49500, 49500, 0)$ ดังนั้น $X_C = X_D = \frac{1}{2} \times 59,400 = 29,700$ ส่วนกิจกรรมที่ไม่มีการล่าช้า ได้แก่ E,F,G,H ก็จะไม่ถูกปรับเงินเลยโดย $X_E = X_F = X_G = X_H = 0$ ตามลำดับ

$$\text{สรุปคำตอบที่ได้ดังนี้ } X_A = 49,500 \quad X_B = 99,000 \quad X_C = 29,700 \quad X_D = 29,700 \quad X_E = X_F = X_G = X_H = 0 \text{ และ } X_J = 9,900 \text{ ตามลำดับ}$$

ตารางที่ 9 แสดงผลลัพธ์การจัดสรรค่าปรับเงินไปที่กิจกรรมต่างๆ จากวิธีดั้งเดิมและวิธีทฤษฎีเกม

Act.	Budget Value (บาท)	Plan Dur. (วัน)	Actual Dur. (วัน)	วิธีดั้งเดิม ค่าปรับ (บาท)	วิธีทฤษฎีเกม ค่าปรับ (บาท)
A	1,000,000	15	20	36,300	49,500
B	2,500,000	30	40	89,682	99,000
C	500,000	30	35	8,541	29,700
D	2,500,000	20	25	67,262	29,700
E	300,000	10	7	-	-
F	1,000,000	20	15	-	-
G	1,500,000	7	7	-	-
H	300,000	7	7	-	-
J	300,000	2	3	16,015	9,900
Total	9,900,000			217,800	217,800

4.3 เปรียบเทียบผลลัพธ์

การที่ผลลัพธ์นั้นแตกต่างกันเพราะวิธีทฤษฎีเกมนั้นทำการจัดสรรโดยคำนึงถึงความสามารถในการรับค่าปรับของแต่ละ Coalition จากการล่าช้าและยังคำนึงถึงผลประโยชน์จากการเร่งรัดงานใน Coalition ด้วย เช่น กรณี Coalition AB นั้นถูกจัดสรรให้รับภาระเต็ม 100 %

จากการล่าช้า (148,500 บาท) เพราะทั้ง A และ B ต่างก็ล่าช้ากันทั้งคู่โดยล่าช้า 5 และ 10 วันตามลำดับ ส่วน Coalition J นั้นก็รับภาระเต็ม 100 % (9,900 บาท) ซึ่งไม่สามารถรับค่าปรับได้มากกว่านี้แล้วเพราะล่าช้าเพียง 1 วัน และสุดท้ายในกรณี Coalition CDE เพราะว่าเมื่อทั้ง Coalition AB และ J ต่างก็รับภาระเต็ม 100 % ไปแล้วทำให้ CDE รับภาระน้อยลงมาเหลือเพียง 60% (59,400 บาท จาก 99,000 บาท) เพราะได้ผลประโยชน์จากการเร่งรัดงานของกิจกรรม E จนทำให้ภาระค่าปรับที่ C และ D ต้องรับเหลือเพียงกิจกรรมละ 29,700 บาท

5. การอภิปรายผลงานวิจัย

จากการเปรียบเทียบคำตอบของโจทย์ตัวอย่างในงานวิจัยทำให้ทราบข้อแตกต่างในผลลัพธ์ของทั้งสองวิธีการ นั่นคือจะเห็นว่าในวิธีการแบบดั้งเดิมนั้นในการคิดค่าปรับรวมจะใช้เวลาล่าช้าเป็นฐานคุณด้วยค่าปรับรายวัน แต่เมื่อจะจัดสรรค่าปรับ กลับใช้เปอร์เซ็นต์เนื้องานที่ล่าช้าโดยใช้มูลค่างานแต่ละกิจกรรมถ่วงน้ำหนักความสำคัญ อีกข้อบกพร่องหนึ่งของวิธีการนี้คือการคิดการล่าช้าแบบแยกส่วนแต่ละกิจกรรมไม่เกี่ยวข้องกัน หากบริษัทผู้รับเหมาหลักใช้การจัดสรรค่าปรับด้วยวิธีแบบนี้ ก็อาจเกิดการต่อต้านจากกลุ่มที่เสียประโยชน์และนำไปสู่การไม่ยอมรับหรือขัดแย้งในโครงการได้ แตกต่างจากวิธีทฤษฎีเกมที่แม้เวลาคิดค่าปรับรวมใช้วิธีการเดียวกันแต่ เมื่อจะจัดสรรค่าปรับจะใช้ค่า Coalition เป็นฐาน ซึ่งมีข้อดีกว่าสองข้อคือ ข้อแรกมีความสมเหตุสมผลมากกว่า เพราะค่า Coalition ได้มาจากการคำนวณฟังก์ชันค่าใช้จ่ายซึ่งก็ได้มาจากการจัดสรรเวลาล่าช้าเป็นฐาน จึงถือว่ามีเหตุผลมากกว่าวิธีดั้งเดิม ข้อดีข้อที่สองคือ การใช้ทฤษฎีเกมทำให้แต่ละกิจกรรมใน Coalition มีคุณสมบัติที่จะช่วยเหลือกันรับภาระได้ ตามคุณสมบัติของ Coalition ที่สัมพันธ์กัน ดังนั้นหากเราประยุกต์นำวิธีคิดแบบทฤษฎีเกมมาใช้ก็จะสามารถแก้ปัญหาการจัดสรรค่าปรับและลดความขัดแย้งในกลุ่มได้ดีกว่า

กระบวนการตัดสินใจในการแก้ปัญหาวิธีการจัดสรรค่าปรับจากการล่าช้าโดยใช้การประยุกต์ทฤษฎีเกมความร่วมมือ เป็นเครื่องมือใน การบริหารงานโครงการก่อสร้าง นั้นอาศัยหลักการประสานผลประโยชน์ร่วมกัน

ต่อสมาชิกทั้งหมด โดยในกรณีนี้คือผู้รับเหมาย่อยทุกกลุ่มในโครงการก่อสร้าง

การนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ อาจทำได้โดยกำหนดข้อบังคับในสัญญาว่าจ้างระหว่างผู้รับเหมาหลักและผู้รับเหมาย่อย ซึ่งมีข้อตกลงร่วมกันที่จะยอมรับในการรับผิดชอบในการจ่ายค่าปรับด้วยกัน หากโครงการล่าช้า และต้องอธิบายถึงการคำนวณการจัดสรรค่าปรับจากทฤษฎีเกมด้วย จึงจะเกิดการยอมรับในความเป็นธรรมของสัญญาและลดความขัดแย้งได้

แนวคิดการแก้ปัญหาโดยทฤษฎีเกมนั้นเน้น การร่วมมือร่วมใจกันทำงานแบ่งปันกันเพื่อความสำเร็จโดยส่วนรวมอย่างยั่งยืน แทนที่จะเป็นการเอาตัวรอด หรือแข่งขันกันชิงดีชิงเด่นกันเท่านั้น เพราะอย่างไรก็ตามเป็นไปได้สูงมากที่สมาชิกในเกมหรือผู้รับเหมาต่างๆในโครงการเหล่านี้จะได้กลับมาทำงานร่วมกันอีกในอนาคต ดังนั้นจึงจะเป็นการดีกว่าที่ทุกฝ่ายในโครงการก่อสร้างจะมีความสามัคคีกลมเกลียวต่อกันในการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] San Cristobal, J.R. 2014. Cost allocation between activities that have caused delay in project using game theory. CENTRIS 2014 Conference on Enterprise International Conference on Project Management / HCIST2014 - International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies :1017-1026.
- [2] Estevez-Fernandez, A. 2012. A game theoretical approach to sharing penalties and reward in projects. European Journal of Operation Research 216: 647-657.
- [3] Koster, M. 1999. Cost sharing in production. Situation and Network Exploitation, Ph.D. Thesis, Tilburg University.
- [4] Von Neumann, J., and Morgenstern, O. 1944 Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press, Princeton, USA.
- [5] Drechsel, J. 2010. Cooperative lot sizing game in supply chains. Lecture Note in Economics and Mathematical Systems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [6] คมสัน สุริยะ. 2542. ทฤษฎีเศรษฐศาสตร์จุลภาค 2. เอกสารการสอนในคณะเศรษฐศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ :91-132.
- [7] Hougard, J.L. 2009. An introduction to Allocation Rules, Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
- [8] Nash, J.F. 1950. The Bargaining Problem, Econometrica 18, 1950b : 155-162.
- [9] Myerson, R.B. 1991. Game Theory. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
- [10] Branzei, R., Ferrari, G., Fragnelli, V. and Tijs. S. 2002. Two approaches to the problem of sharing delay costs in joint projects. Annals of Operations Research 109 : 359-374.
- [11] Bergantinoz, R. and Sanchez, G. 2002. How to Distribute costs associated with a Delayed Project., Annals of Operations Research 109 : 159-17.