

วารสารวิศวกรรมศาสตร์

การสร้างโครงสร้างการประมาณการทรัพยากรเบื้องต้น ของอุปกรณ์เครื่องกลสำหรับงานโครงการ

นิภาพร สาหล้า^{a,*} และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน^b

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

อีเมล: nipaporn.s@hotmail.com^{a,*}, suthas.r@chula.ac.th^b

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบการประมาณการต้นทุนเบื้องต้นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการนำระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนมาเป็นเครื่องมือในการจัดสร้างระบบการประมาณการต้นทุนเบื้องต้นสำหรับอุปกรณ์เครื่องกล เพื่อชี้ให้เห็นถึงปริมาณทรัพยากรที่แท้จริงในแต่ละกิจกรรมงาน และทำให้การประมาณการต้นทุนเบื้องต้นมีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ผลจากการวิจัยพบว่า ต้นทุนที่คำนวณตามระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนนั้นให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับต้นทุนที่เกิดตามจริงมากกว่าการคำนวณด้วยระบบเดิม โดยมีค่าผลต่างเพียง 0.07% และเมื่อเปรียบเทียบในส่วนของปริมาณชั่วโมงทำงานของทรัพยากรบุคคล พบว่าการคำนวณตามระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนมีค่าน้อยกว่าช่วงของการก่อสร้างโครงการจริงเพียง 9.06% ในขณะที่ปริมาณชั่วโมงทำงานที่คำนวณด้วยระบบเดิมนั้นมีค่าน้อยกว่าโครงการก่อสร้างจริงถึง 30.64% ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการคำนวณต้นทุนโดยการสร้างระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนนั้นสามารถช่วยให้การประมาณการต้นทุนและทรัพยากรมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น และยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับผู้บริหารองค์กรในการจัดการและวางแผนการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดอีกด้วย

คำสืบค้น: โครงสร้างการจำแนกต้นทุน, โครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงาน, โครงสร้างทรัพยากร

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ (ISSN: 1906-3636) ปีที่ 5 ฉบับที่ 2

วันที่ส่ง 18 กันยายน 2556

วันที่ตอบรับ 4 เมษายน 2557

วันที่ตีพิมพ์ 31 สิงหาคม 2557

Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

DOI:10.4186/ejth.2013.5.2.13



Resource Breakdown Structure Development of Mechanical Equipment Project

Nipaporn Salah^{a,*} and Suthas Ratanakuakangwan^b

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

E-mail: nipaporn.s@hotmail.com^{a,*}, suthas.r@chula.ac.th^b

Abstract. The objective of this research was to design a more effective fundamental cost estimation system by using Cost Breakdown Structure as a tool to create the fundamental cost estimation system for mechanical equipment. As the Cost Breakdown Structure can identify actual quantity of resources for each working activity, the result is that the fundamental cost estimation is more correct and accurate.

The research found that cost calculated by Cost Breakdown Structure was deducted 0.07% from actual period of the construction project. And when compared to the actual period of the construction project, it was found that quantity of man-hour calculated by Cost Breakdown Structure was decreased 9.06% from actual period of the construction project but we found that actual cost of the construction project is higher than cost calculated by old system is 30.64%. Thus, it can be summarized that the process of cost calculation by Cost Breakdown Structure can be estimated more correct and accurate. And Cost Breakdown Structure is also an important tool for the organization's management to plan and utilize their available resources the most effectively.

Keywords: Cost breakdown structure, work breakdown structure, resource breakdown structure.

Engineering Journal (ISSN: 1906-3636) Volume 5 Issue 2

Received 18 September 2013

Accepted 4 April 2014

Published 31 August 2014

Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

DOI:10.4186/ejth.2013.5.2.13

1. บทนำ

โครงการก่อสร้างที่มีขนาดใหญ่ส่วนใหญ่มักจะมีโครงสร้างที่มีความซับซ้อน และประกอบด้วยกิจกรรมงานต่างๆจำนวนมาก ดังนั้นในการประมาณการต้นทุนสำหรับโครงการก่อสร้างจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมงานเหล่านั้น เพื่อนำมาประกอบการประมาณการต้นทุนที่ครอบคลุมทุกกิจกรรม อันได้แก่ ราคาค่าอุปกรณ์และวัสดุก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายสำหรับทรัพยากรต่างๆที่ใช้ในโครงการ ค่าแรงงาน เป็นต้น หากการประมาณการต้นทุนและการจัดสรรทรัพยากรต่างๆไม่มีหลักเกณฑ์ที่ถูกต้อง อาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาในช่วงของการก่อสร้างจริง เช่น งบประมาณที่ตั้งไว้ไม่สอดคล้องกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง ทรัพยากรที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ เป็นต้น ดังนั้นการประมาณการต้นทุนด้วยการนำระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนมาเป็นเครื่องมือ นั้น ก็จะทำให้สามารถช่วยลดปัญหาต่างที่เกิดขึ้นในช่วงของการก่อสร้างโครงการจริงเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

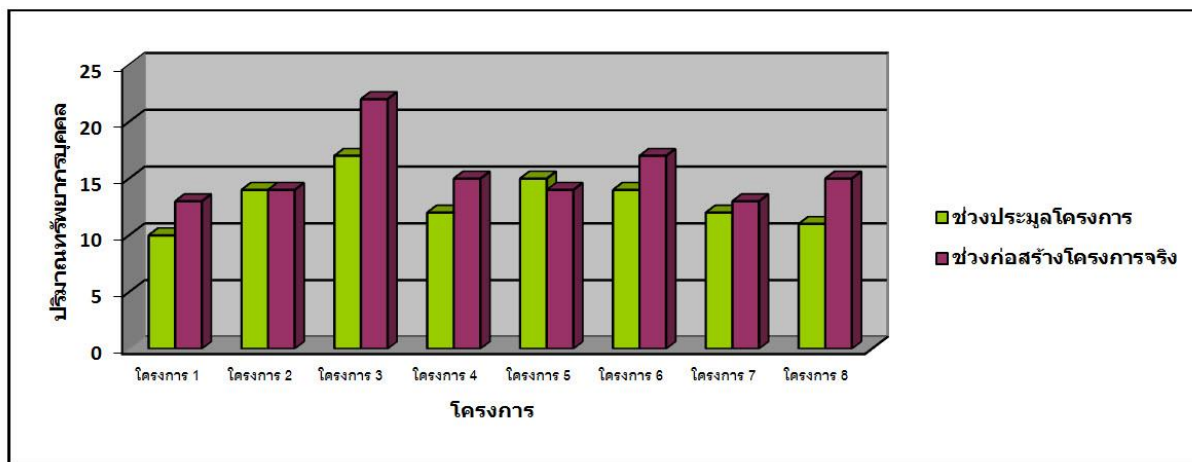
จากการศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบันของแผนกวิศวกรรมเครื่องกลพบว่า บ่อยครั้งที่บริษัทต้องประสบปัญหาการจัดทำงบประมาณผิดพลาดและการวางแผนการใช้ทรัพยากรที่ไม่ถูกต้องทั้งในช่วงของการทำราคาและช่วงของการก่อสร้างโครงการจริง จึงส่งผลกระทบให้งบประมาณที่ใช้จริงนั้นมีความกว้างกว่างบประมาณที่ตั้งไว้ ทำให้ทรัพยากรที่จัดเตรียมไว้ไม่สอดคล้องกับปริมาณงานที่มีอยู่ โดยเฉพาะการเกิดสภาวะการขาดแคลนทรัพยากรบุคคลขึ้นภายในองค์กรและส่งผลกระทบให้ทรัพยากรที่มีอยู่ต้องแบกรับภาระงานที่หนักเกินไปและผลงานที่ได้นั้นไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร และอีกสาเหตุหนึ่งที่พบได้จากการศึกษากระบวนการประมาณการต้นทุนเบื้องต้นในระบบเดิมคือ ผู้บริหารองค์กรใช้เพียงดุลยพินิจในการจัดสรรบุคลากรเพียงอย่างเดียวโดยปราศจากการจัดการที่ถูกต้อง จึงก่อให้เกิดผลเสียตามมาดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

จากการเก็บข้อมูลปริมาณทรัพยากรบุคคลที่เกิดจากการประมาณการต้นทุนตามระบบเดิม พบว่าการประมาณการต้นทุนในส่วนของคุณภาพทรัพยากรบุคคลที่ต้องใช้ในช่วงของการประมูลงานกับปริมาณทรัพยากรบุคคลที่เกิดขึ้นในช่วงของการก่อสร้างโครงการจริงนั้นมีความแตกต่างกันเกือบทุกโครงการ ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณทรัพยากรบุคคลระหว่างช่วงการประมูลโครงการกับช่วงโครงการก่อสร้างจริง

รายละเอียด	ช่วงการประมูลโครงการ	ช่วงโครงการก่อสร้างจริง
	จำนวนผู้ปฏิบัติงาน	จำนวนผู้ปฏิบัติงาน
โครงการที่ 1	10	13
โครงการที่ 2	14	14
โครงการที่ 3	17	22
โครงการที่ 4	12	15
โครงการที่ 5	15	14
โครงการที่ 6	14	17
โครงการที่ 7	12	13
โครงการที่ 8	11	15

จากตารางที่ 1 สามารถนำเสนอในรูปแบบของสถิติปริมาณทรัพยากรบุคคลในช่วงของการประมูลโครงการและช่วงของโครงการก่อสร้างจริงได้ดังรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 สถิติปริมาณทรัพยากรบุคคลสำหรับโครงการก่อสร้าง

จากการเก็บข้อมูลย้อนหลังจากโครงการในอดีตที่แสดงในตารางที่ 1 ทำให้เห็นว่าในหลายๆโครงการนั้น การประมาณการต้นทุนในช่วงประมูลโครงการได้คำนวณปริมาณทรัพยากรบุคคลไว้ไม่เพียงพอกับความต้องการเมื่อเกิดเป็นโครงการก่อสร้างจริง ผลกระทบที่เกิดขึ้นคือ ต้องจัดหาทรัพยากรบุคคลเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับกับปริมาณงานที่มีอยู่ เพื่อให้งานบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

หากทำการวิเคราะห์โดยการมองในส่วนของต้นทุนรวมในโครงการขนาดใหญ่ อันได้แก่ ต้นทุนในส่วนของค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ ต้นทุนในส่วนของทรัพยากรบุคคล และต้นทุนในส่วนของทรัพยากรอื่นๆที่ต้องใช้ในโครงการ พบว่าต้นทุนที่ต้องจ่ายเพิ่มขึ้นในส่วนของปริมาณทรัพยากรบุคคลนั้นส่งผลกระทบน้อยมากเมื่อเทียบกับมูลค่างานทั้งโครงการและสามารถเป็นค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้เนื่องจากต้นทุนส่วนใหญ่เกือบ 80% จะอยู่ในส่วนของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องจัดซื้อจัดจ้างและติดตั้งภายในโครงการ แต่หากมองในแง่ของการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคลที่มีอยู่อย่างจำกัดอย่างเช่น วิศวกรช่างเขียนแบบ เป็นต้น ซึ่งบุคลากรเหล่านี้ต้องอาศัยความรู้ความชำนาญเฉพาะทางในการทำงานแล้ว ผลกระทบที่เกิดขึ้นทำให้ไม่สามารถที่จะมองข้ามได้เลย และในแง่ของความเป็นจริงนั้น ต้องยอมรับว่าองค์กรไม่สามารถที่จะจัดหาบุคลากรเพิ่มได้ในทันที เนื่องจากบุคลากรที่ต้องการนั้นต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ความชำนาญเฉพาะทาง ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการจัดหาและฝึกฝนเพื่อให้ได้บุคลากรที่มีคุณภาพและสามารถปฏิบัติงานได้ตามที่ได้รับมอบหมาย ดังนั้นเมื่อองค์กรไม่ได้มีการวางแผนจัดเตรียมทรัพยากรไว้รองรับงานที่เพิ่มขึ้นเช่นนี้ จึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อบุคลากรที่มีอยู่ ทำให้ต้องรับภาระงานที่มากขึ้นเพื่อรองรับกับปริมาณงานที่มี นั่นคือ เกิดการทำงานล่วงเวลาเพื่อที่จะให้งานเสร็จทันตามกำหนดและเกิดความเครียดในการทำงานเนื่องจากภาระงานที่มากเกินไป ผลงานที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งผลกระทบเหล่านี้จะก่อให้เกิดผลเสียกับทั้งองค์กรและตัวบุคลากรเองอีกด้วย

นอกจากการเก็บข้อมูลทางสถิติดังที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยยังได้ทำการสำรวจข้อมูลด้านความสามารถในการทำงานล่วงเวลาในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถทำงานที่ได้รับมอบหมายได้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนด และผลสำรวจ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้ว ในหนึ่งสัปดาห์ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานล่วงเวลาได้ 2-3 วัน โดยในแต่ละวันจะทำเพียง 2 ชั่วโมง เพื่อให้ไม่ส่งผลกระทบกับการใช้ชีวิตประจำวันของตนเอง และเมื่อนำมาคำนวณเป็นปริมาณชั่วโมงทำงานพบว่า ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

สามารถทำงานล่วงเวลาได้ 4-6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ซึ่งชั่วโมงการทำงานปกติจะอยู่ที่ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และจากผลการสำรวจนี้สามารถบ่งบอกได้ว่า การมอบหมายกิจกรรมงานใดๆก็ตามให้กับบุคลากรคนหนึ่ง จะต้องมีความเหมาะสมไม่ควรเกิน 44-46 ชั่วโมงต่อสัปดาห์เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบกับการใช้ชีวิตของบุคลากรในองค์กร ดังนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกนั้นคือปริมาณงานที่แท้จริงที่มีทั้งหมดในโครงการ เพื่อที่จะนำไปสู่การจัดสรรทรัพยากรบุคคลให้เพียงพอและพอดีกับปริมาณงานที่มีอยู่

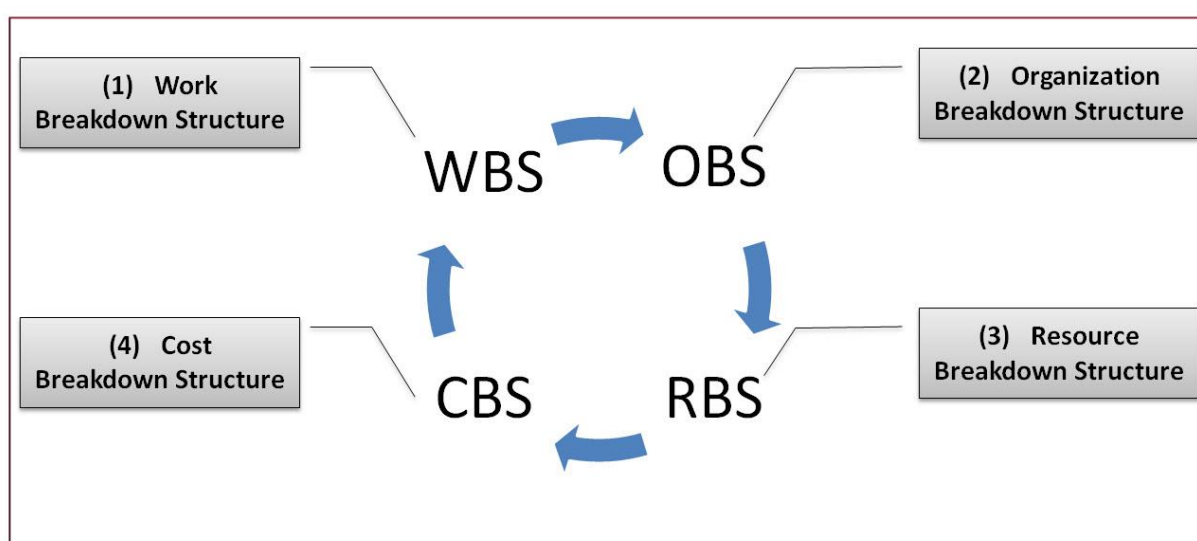
สำหรับเครื่องมือที่เหมาะสมที่นำมาใช้ในการจัดการกับปัญหานี้คือ การสร้างระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนของโครงการ เนื่องจากการสร้างระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนจะสำเร็จได้นั้น จะต้องประกอบไปด้วย การสร้างโครงสร้างกิจกรรมงาน การสร้างโครงสร้างองค์กรและการสร้างโครงสร้างทรัพยากร ตามลำดับ ซึ่งทั้งโครงสร้างทั้งสามส่วนนี้สามารถแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นภายในองค์กรได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1.1. ระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุน

ระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุน ประกอบไปด้วย การสร้างโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงาน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำให้ทราบถึงกิจกรรมงานต่างๆที่เกิดขึ้น ทำให้รู้ถึงเนื้องานจริงทั้งหมดที่ต้องทำในงานนั้น และเมื่อทราบถึงปริมาณงานทั้งหมดแล้ว เราจะสามารถสร้างโครงสร้างองค์กรและสร้างโครงสร้างทรัพยากรที่มีความสมดุลกับปริมาณงานที่มีอยู่เพื่อให้การบริหารองค์กรมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้ และผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้รับก็คือโครงสร้างการจำแนกต้นทุนที่สามารถประมาณการต้นทุนเบื้องต้นที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปประมาณงานและนำไปใช้ในการวางแผนการใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพสูงสุดภายในองค์กร สำหรับขั้นตอนการสร้างโครงสร้างการจำแนกต้นทุนสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 ดังนี้



รูปที่ 2 ระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุน

จากรูปที่ 2 สามารถอธิบายรายละเอียดในส่วนของโครงสร้างต่างๆก่อนที่จะเกิดเป็นระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนได้ดังต่อไปนี้

1) โครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงาน(Work Breakdown Structure)

โครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงาน คือ แผนภูมิที่แสดงการจำแนกงานในโครงการออกเป็นกลุ่มงานกิจกรรม หรือชุดงาน พร้อมระบุรายละเอียดของกิจกรรม และผลที่ได้รับจากกิจกรรมที่ดำเนินในโครงการ โดยการสร้างโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงานนี้ จะทำให้สามารถจัดการกับองค์ประกอบของงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถบริหารงานได้อย่างขึ้น และทำให้ทราบถึงการใช้ทรัพยากร เวลา และต้นทุนที่ต้องใช้สำหรับโครงการนั้นๆจนสำเร็จ โดยหลักการที่จะใช้วิธีการสร้างจากบนลงล่าง ซึ่งการใช้วิธีนี้เพื่อสร้างโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงานจะเริ่มต้นจากการกำหนดกิจกรรมหรืองานอย่างกว้างๆ และมีขนาดใหญ่ที่สุดก่อน แล้วจึงแบ่งกิจกรรมดังกล่าวออกเป็นกิจกรรมย่อย ที่มีขอบเขตอยู่ภายใต้กิจกรรมใหญ่อีกทีหนึ่ง กระบวนการแตกกิจกรรมในลักษณะนี้จะช่วยให้มั่นใจได้ว่ากิจกรรมที่วางไว้ตามแผนโครงการได้ถูกกลั่นกรองในรายละเอียด และแจ่มแจ้งให้มีความที่เล็กลงและพร้อมที่จะดำเนินการได้อย่างชัดเจนในระดับที่ต่ำลงไป วิธีนี้เหมาะที่จะนำมาใช้ในการสร้างโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงานสำหรับโครงการที่ผู้จัดการโครงการเป็นผู้ที่มีความรู้ประสบการณ์ด้านเทคนิคมากเพียงพอ และสามารถมองภาพโดยรวมของโครงการออกได้อย่างชัดเจน

2) โครงสร้างองค์กร (Organization Breakdown Structure)

เนื่องจากโครงการก่อสร้างมีลักษณะเป็นแบบชั่วคราวโดยมีช่วงเวลาดำเนินโครงการที่แน่นอนดังนั้นการจัดองค์กรของโครงการจึงเป็นการรวบรวมผู้มีความสามารถที่เหมาะสมมาร่วมกันทำงานเพื่อให้โครงการบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทีมบริหารโครงการอาจมาจากบุคลากร ผู้เชี่ยวชาญภายนอก จากสายงานปกติในองค์กรหลัก เป็นต้น โดยอาจทำในลักษณะเต็มหรือไม่เต็มเวลา ดังนั้นการทำงานจึงต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างแยกไม่ออกระหว่างทีมบริหารโครงการโดยตรงกับสายงานบริหารปกติในองค์กรหลัก

การจัดองค์กรโดยทั่วไป จะมีหลักเกณฑ์การทำงาน ได้แก่

- ก) การออกแบบโครงสร้างการบริหาร
- ข) กระจายอำนาจของโครงสร้าง
- ค) กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานทั้งระดับกลุ่มและบุคคล
- ง) กำหนดวิธีการสื่อสารภายในที่เหมาะสม

สำหรับการบริหารโครงการ นิยมการจัดองค์กรโดยแบ่งตามหน้าที่การทำงาน โดยระบุสายงานหลักที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการ และสายงานรอง ซึ่งมีหน้าที่สนับสนุนการทำงานของสายงานหลัก เพื่อให้โครงการดำเนินไปได้ตามวัตถุประสงค์

3) โครงสร้างทรัพยากร (Resource Breakdown Structure)

เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณทรัพยากรที่ต้องใช้ในโครงการ โดยหาได้จากโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงานและโครงสร้างองค์กร ซึ่งประเภทของทรัพยากรที่ใช้มีทั้งหมด 4 ประเภท คือ

- ก) คน
- ข) วัสดุดิบ
- ค) อาคาร เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน
- ง) ทรัพยากรสนับสนุนด้านคน วัสดุดิบ เครื่องจักรและอุปกรณ์

จากนั้น ทำการระบุรายละเอียดความต้องการทรัพยากรตามกิจกรรมงานลงไปในแต่ละกิจกรรมงานเพื่อให้ได้ปริมาณทรัพยากรทั้งหมดที่ต้องใช้

4) โครงสร้างการจำแนกต้นทุน (Cost Breakdown Structure)

เมื่อทำการสร้างโครงสร้างทั้งสามโครงสร้างดังที่กล่าวมาเสร็จแล้ว สำหรับขั้นตอนสุดท้ายนั้นจะเป็นการนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาสร้างเป็นโครงสร้างการจำแนกต้นทุนเป็นขั้นตอนสุดท้าย

3.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[1] การสร้างโครงสร้างการจำแนกต้นทุนนั้น จะเริ่มจากการสร้างโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงานสำหรับโครงการเพื่อให้สามารถวิเคราะห์และวางแผนกิจกรรมงานต่างๆที่มีภายในโครงการได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งโครงการสำเร็จ [2-4] ซึ่งในการสร้างโครงสร้างกิจกรรมงานนั้นจะใช้เทคนิคการแบ่งหัวข้องานต่างๆที่มีในงานโครงการทั้งหมด โดยได้ทำการแบ่งหมวดหมู่ตามความเหมาะสม เช่น งานที่มีลักษณะเทคนิคการทำที่เหมือนกันก็รวมเข้าด้วยกันเป็นหัวข้อใหญ่ข้อหนึ่งที่เรียกว่ากลุ่มงาน จากนั้นแล้วก็แบ่งหัวข้องานลงไปอีกชั้นหนึ่งตามความสำคัญหรือเป็นลักษณะงานใหญ่ภายใต้กลุ่มงานนั้น แล้วก็จะแบ่งลงไปอีกจนถึงระดับงานย่อยที่เป็นงานในการใช้ควบคุมโครงการคือเป็นงานที่ใช้ตรวจสอบเพื่อควบคุมทั้งปริมาณงานและค่าใช้จ่ายให้เป็นไปตามงบประมาณที่วางแผนไว้ในโครงการ ซึ่งผลของการวิจัยสามารถทำให้ทราบถึงรายละเอียดของกิจกรรมงานต่างๆที่มีในโครงการว่ามีกิจกรรมใดบ้างที่สำคัญและไม่สำคัญในโครงการ รวมทั้งทำให้ทราบถึงปริมาณทรัพยากรที่ต้องใช้ในโครงการ ปริมาณทรัพยากรบุคคล และเวลาที่ต้องใช้ในแต่ละกิจกรรมงานตั้งแต่ต้นจนกระทั่งโครงการสำเร็จลุล่วง [5] สำหรับโครงการหนึ่งๆสามารถสร้างโครงสร้างกิจกรรมงานได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และขอบเขตในการพิจารณา ซึ่งวิธีที่นิยมมากที่สุดคือการสร้างโครงสร้างจากบนลงล่าง และเมื่อโครงสร้างกิจกรรมงานแตกต่างกันก็จะส่งผลกระทบต่อแผนผังองค์กรและการจัดสรรทรัพยากรแตกต่างกัน ดังนั้นในแต่ละโครงการมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงานของตนเองขึ้นมาเพื่อให้ตอบสนองกับความต้องการและเพื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์สำหรับโครงการที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้โครงการได้รับประโยชน์สูงสุด [6] อย่างไรก็ตามวิธีวิธีการคำนวณต้นทุนกิจกรรมจะมีความถูกต้องและแม่นยำเพียงใด ขึ้นอยู่กับความละเอียดในการวิเคราะห์กิจกรรม การกำหนดกลุ่มต้นทุน การกำหนดตัวหลักต้นทุน และการปันส่วนต้นทุนลงสู่ผลิตภัณฑ์ด้วยเช่นกัน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1. ข้อมูลเบื้องต้นของโครงการกรณีศึกษา

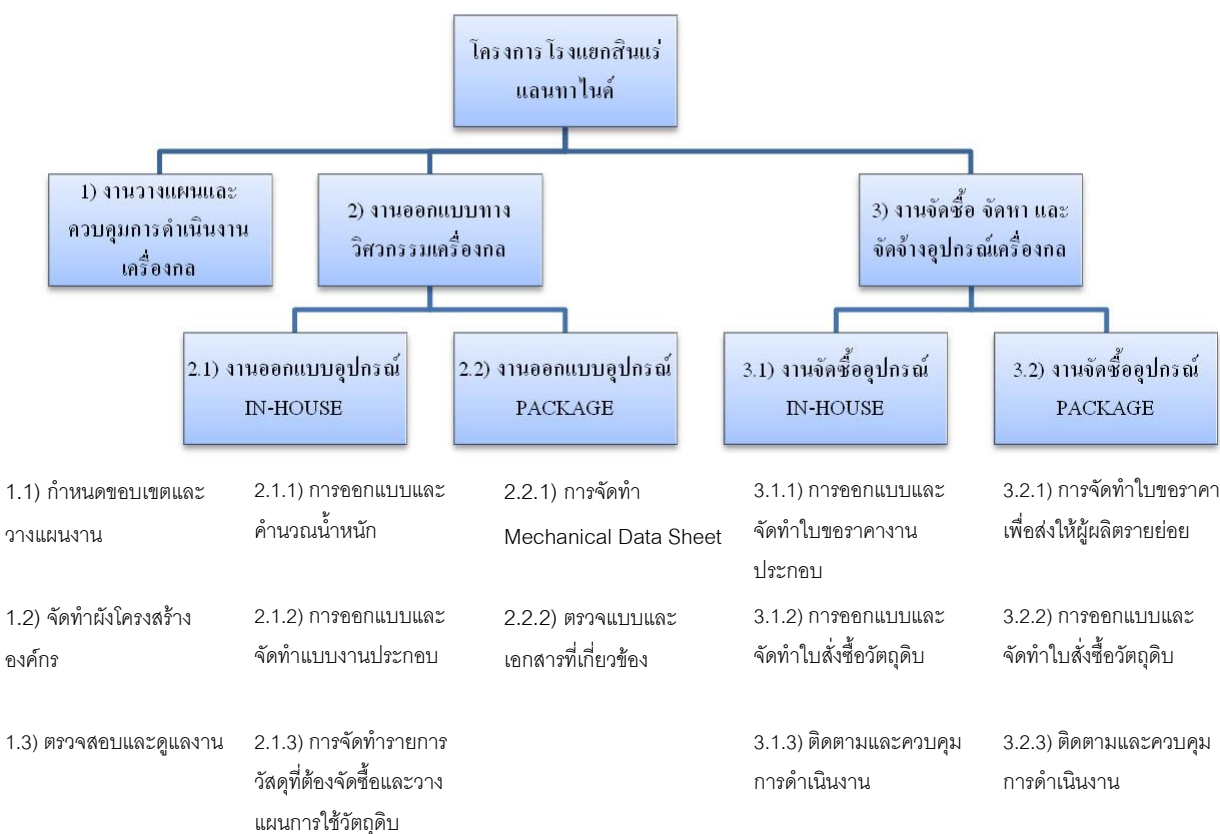
โรงแยกสินแร่แลนทาไนด์ ซึ่งเป็นสินแร่หายาก Rare Earth นี้เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตสินค้าไฮเทคจำนวนมาก สำหรับหลากหลายอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมพลังงานทดแทน เช่น เครื่องกังหันลมที่สำคัญเป็นวัตถุดิบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยนำเข้าวัตถุดิบจากเมืองในประเทศออสเตรเลีย

วัตถุประสงค์ของการก่อสร้างโครงการใหม่นี้ คือ เพื่อขยายกำลังการผลิต โดยได้มีการออกแบบให้โครงการใหม่นี้มีกำลังการผลิตที่ 11,057 ล้านตันต่อปี เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตรวมต่อปีให้มีความสามารถในการผลิตรวมต่อปีมีมากถึง 23,070

ลำดับต่อไป โดยรายละเอียดสัญญาว่าจ้างโครงการก่อสร้างใหม่เป็นการออกแบบวิศวกรรม การจัดซื้ออุปกรณ์วัสดุก่อสร้าง และงานก่อสร้างแบบครบวงจร โดยมีระยะเวลาการก่อสร้างทั้งสิ้น 14 เดือน

4.2. การสร้างโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงาน (Work Breakdown Structure)

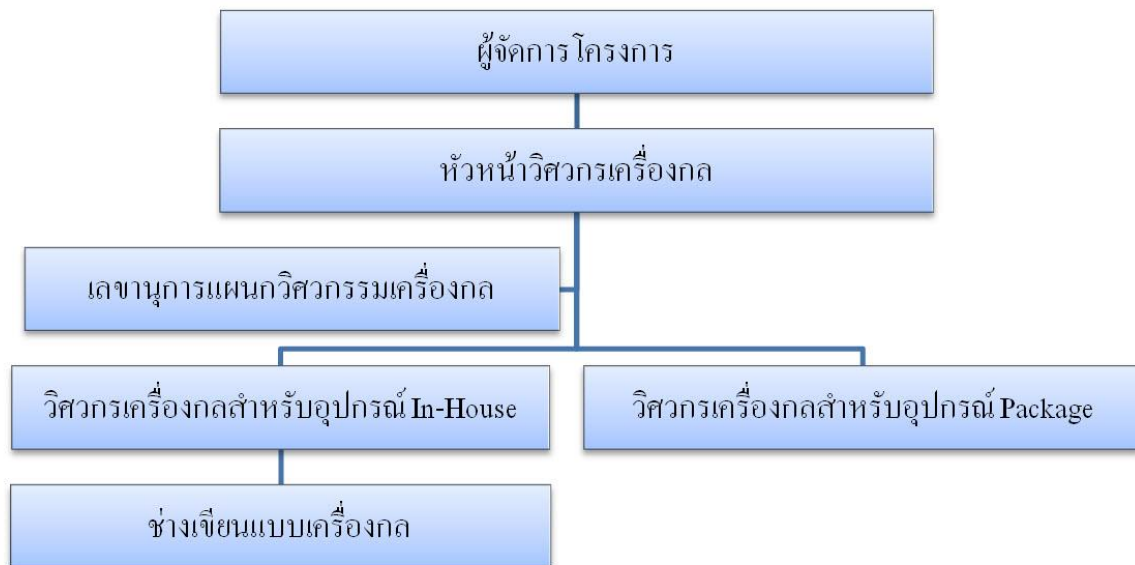
แผนวิศวกรรมเครื่องกลที่ผู้ศึกษานำมาทำการวิจัยนั้น มีหน้าที่ความรับผิดชอบสองส่วนหลัก คือ การออกแบบอุปกรณ์เครื่องกล (Engineering Work) และการจัดซื้อจัดหาอุปกรณ์เครื่องกล (Procurement Work) โดยแผนกเครื่องกลได้มีการแบ่งอุปกรณ์เครื่องกลออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ อุปกรณ์ที่เป็นงาน In-House Equipment และอุปกรณ์ที่เป็นงาน Package Equipment โดยวิธีที่เลือกใช้สำหรับการสร้างโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงาน คือ การสร้างโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงานจากบนลงล่าง ซึ่งเป็นวิธีการกำหนดกิจกรรมงานจากงานที่มีขนาดใหญ่ที่สุดก่อน แล้วจึงแบ่งกิจกรรมดังกล่าวออกเป็นกิจกรรมย่อยเป็นลำดับโดยมีขอบเขตอยู่ภายใต้กิจกรรมใหญ่อีกทีหนึ่ง ดังรูปที่ 3 ดังนี้



รูปที่ 3 โครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงานของโครงการโรงแยกสินแร่แลนทาไนต์

4.3. การสร้างโครงสร้างองค์กร (Organization Breakdown Structure)

การจัดทำโครงสร้างองค์กรจะสร้างขึ้นจากโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงาน โดยทำการวิเคราะห์บุคลากรที่ต้องใช้ในโครงการเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำและครอบคลุมทุกกิจกรรมงานและทำการระบุหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ที่รับผิดชอบงานในแต่ละกิจกรรมออกมาเพื่อให้ผู้ปฏิบัติหน้าที่ได้เข้าใจถึงหน้าที่และความรับผิดชอบของตนเองชัดเจนยิ่งขึ้น ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4 ดังนี้



รูปที่ 4 โครงสร้างองค์กรของโครงการโรงแยกสินแร่แลนทาไนด์

4.4. การสร้างโครงสร้างทรัพยากร (Resource Breakdown Structure)

โครงสร้างทรัพยากรนั้นจะวิเคราะห์มาจากโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงาน ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ ทำให้สามารถแบ่งทรัพยากรที่ใช้ในโครงการได้เป็น 4 ประเภท คือ คน วัสดุดิบ เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน และทรัพยากรสนับสนุนด้านคน วัสดุดิบ เครื่องจักรและอุปกรณ์

เมื่อได้ประเภทของทรัพยากรที่ต้องใช้ในโครงการครบแล้วก็ทำการระบุรายละเอียดความต้องการทรัพยากรตามกิจกรรมงานลงไปในแต่ละกิจกรรมงานและคำนวณหาปริมาณทรัพยากรบุคคลที่ต้องใช้เพื่อให้งานเสร็จตามเป้าหมายที่กำหนดโดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณทรัพยากรบุคคลที่ต้องใช้ในโครงการ} = \frac{\text{ปริมาณชั่วโมงทำงานที่ใช้ (ชม.)}}{\text{ระยะเวลาดำเนินงาน}} \quad (1)$$

โดยมีเงื่อนไขในการคำนวณปริมาณชั่วโมงทำงาน คือ

- ก) กำหนดให้ใน 1 สัปดาห์ มี 5 วันทำงาน
- ข) กำหนดให้ใน 1 วัน มีชั่วโมงทำงาน 8 ชั่วโมง
- ค) กำหนดให้แต่ละกิจกรรมต้องทำงานในเวลาเท่านั้น ไม่มีการทำงานล่วงเวลา
- ง) กิจกรรมนั้นๆต้องทำให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด

จากข้อมูลที่ได้จากโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงาน โครงสร้างองค์กร และโครงสร้างทรัพยากรของโครงการโรงแยกสินแร่แลนทาไนด์ สามารถคำนวณต้นทุนของทรัพยากรที่ใช้ในโครงการได้ โดยอ้างอิงจากข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) ค่าอุปกรณ์เครื่องกลที่จัดซื้อ จัดหาและจัดจ้างในโครงการ ซึ่งได้ข้อมูลมาจากแผนกจัดซื้อ โดยได้เก็บข้อมูลมาจากเอกสารการสั่งซื้อของอุปกรณ์แต่ละชนิด ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 สรุปปริมาณต้นทุนของอุปกรณ์เครื่องกลในโครงการ

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ตัว)	ราคา (บาท)
Bin/Bunker	19	22,500,000
Carbon Storage Tank	27	31,130,000
Carbon + Lining Tank	27	88,335,160
FRP Tank	120	35,942,320
FRP Mixer-Settler	100	316,211,470
Plate Heat Exchanger	2	125,000
Belt Conveyor	6	11,644,300
Screw Feeder	14	4,140,000
Dust Collector	15	6,600,000
HVAC	8	31,137,490
รวม	338	597,115,740

2) อัตราค่าจ้างของบุคลากรที่ใช้ในโครงการ โดยข้อมูลในส่วนนี้ได้มาจากการทำแบบสอบถามและนำมาหาค่าเฉลี่ยของเงินเดือนพนักงาน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราเงินเดือนเฉลี่ยของทรัพยากรบุคคลในแผนกเครื่องกล

ตำแหน่ง	อัตราค่าจ้าง (บาท/เดือน)
ผู้จัดการโครงการ	90,000
หัวหน้าวิศวกรแผนกเครื่องกล	55,000
วิศวกรเครื่องกลงาน In-House	30,000
วิศวกรเครื่องกลงาน Package	30,000
ช่างเขียนแบบเครื่องกล	12,500
เลขานุการแผนกเครื่องกล	10,000

3) อัตราค่าเช่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ โดยข้อมูลนี้ได้มาจากแผนกบัญชีของบริษัท แสดงดังตารางที่ 4

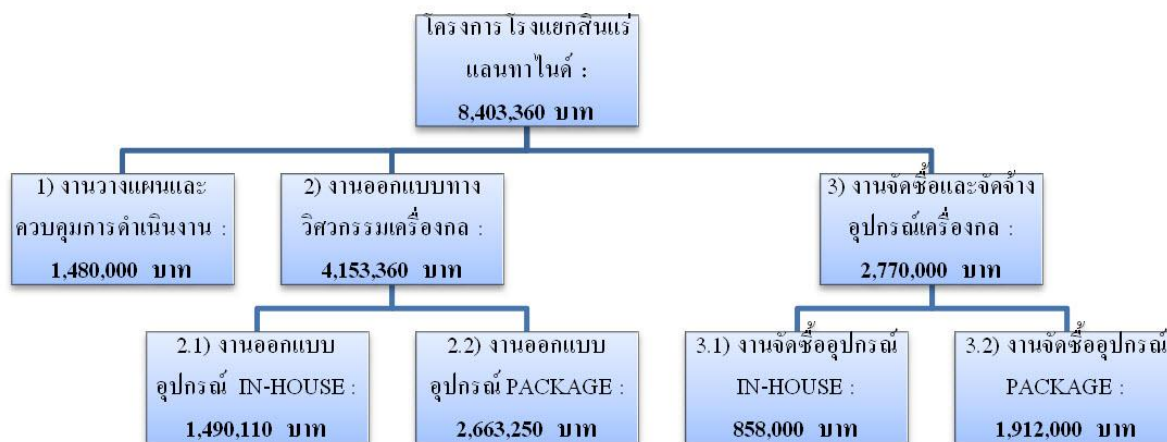
ตารางที่ 4 อัตราค่าเช่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

เครื่องจักร/อุปกรณ์	อัตราค่าเช่า (บาท/เดือน)
เครื่องคอมพิวเตอร์ + โปรแกรมคอมพิวเตอร์	10,000

4.5. การสร้างโครงสร้างการจำแนกต้นทุน (Cost Breakdown Structure)

เกิดจากการนำเอาข้อมูลโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงานของโครงการ โครงสร้างองค์กรของโครงการและโครงสร้างทรัพยากรของโครงการมาผสานไว้ในโครงสร้างเดียวเพื่อก่อให้เกิดโครงสร้างการจำแนกต้นทุนขึ้นมาโดยการกำหนด

ทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมงานลงไป แต่รูปที่ 5 นี้จะเป็นการแสดงผลลัพธ์สำหรับต้นทุนด้านทรัพยากรบุคคลและทรัพยากรอื่น ๆ ที่ต้องใช้ในโครงการเท่านั้น ดังนี้



รูปที่ 5 โครงสร้างการจำแนกต้นทุนตามกิจกรรมงานของโครงการโรงพยาบาลแผนทาคัด

5. การวิเคราะห์ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลการวิจัยสามารถสรุปให้อยู่ในรูปแบบของตารางการเปรียบเทียบต้นทุนทั้งหมดในโครงการระหว่างวิธีการคำนวณตามระบบเดิมกับการคำนวณตามระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุน และต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงในช่วงการก่อสร้างโครงการ เพื่อการสรุปผลการวิจัยที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการประมาณการต้นทุนเบื้องต้นระหว่างการคำนวณตามระบบเดิมกับการคำนวณตามระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุน

รายการต้นทุนสำหรับโครงการโรงพยาบาล แผนทาคัด	ระบบเดิม (บาท)	ช่วงก่อสร้างจริง (บาท)	ระบบโครงสร้างการ จำแนกต้นทุน(บาท)
ต้นทุนค่าอุปกรณ์งาน In-House	141,965,160	141,965,160	141,965,160
ต้นทุนค่าอุปกรณ์งาน Package	405,800,580	405,800,580	405,800,580
ต้นทุนด้านทรัพยากรสำหรับงาน In-House	1,180,000	2,420,256	2,348,110
ต้นทุนด้านทรัพยากรสำหรับงาน Package	1,600,000	4,768,025	4,575,250
ค่าแรงสำหรับผู้จัดการโครงการ	800,000	866,941	800,000
ค่าแรงสำหรับหัวหน้าวิศวกรเครื่องกล	520,000	582,712	520,000
ค่าแรงสำหรับเลขานุการ	160,000	163,705	160,000
ต้นทุนรวมทั้งหมด	552,025,740	556,567,379	556,169,100

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่า ต้นทุนในส่วนของค่าอุปกรณ์เครื่องกลนั้นไม่มีความแตกต่างกันเนื่องจากจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องจัดซื้อมีปริมาณเท่าเดิมตั้งแต่ช่วงของการประมูลโครงการจนกระทั่งถึงช่วงของการก่อสร้างจริง แต่หากพิจารณาในส่วนอื่นๆ จะพบว่า ส่วนที่ทำให้ต้นทุนเกิดความแตกต่างนั้นคือส่วนของต้นทุนด้านทรัพยากรต่างๆนั่นเอง

เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างในส่วนของต้นทุนด้านทรัพยากรได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผลการวิจัยจึงทำการสรุปให้อยู่ในรูปแบบตารางที่ 6 เพื่อแสดงให้เห็นว่าการคำนวณตามระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนนั้นมีความแม่นยำและใกล้เคียงกับสถานะความเป็นจริงมากกว่าการคำนวณตามระบบเดิมอย่างชัดเจน

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบต้นทุนด้านทรัพยากรระหว่างการคำนวณตามระบบเดิมกับการคำนวณตามระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุน

รายการต้นทุนสำหรับโครงการโรงแยกสินแร่ แลนทาไนต์	ระบบเดิม (บาท)	ช่วงก่อสร้างจริง (บาท)	ระบบโครงสร้างการ จำแนกต้นทุน(บาท)
ต้นทุนด้านทรัพยากรสำหรับงาน In-House	1,180,000	2,420,256	2,348,110
ต้นทุนด้านทรัพยากรสำหรับงาน Package	1,600,000	4,768,025	4,575,250
ค่าแรงสำหรับผู้จัดการโครงการ	800,000	866,941	800,000
ค่าแรงสำหรับหัวหน้าวิศวกรเครื่องกล	520,000	582,712	520,000
ค่าแรงสำหรับเลขานุการ	160,000	163,705	160,000
ต้นทุนรวมในส่วนของทรัพยากรที่ใช้ในโครงการ	4,260,000	8,801,639	8,403,360
ตัวแปร	A	B	C
สมการ	B-A	B	B-C
ผลต่างเมื่อเทียบกับช่วงการก่อสร้างโครงการจริง	4,541,639	B	398,279
ผลต่างเมื่อเทียบกับช่วงการก่อสร้างโครงการจริง เมื่อคิดเป็น%	0.82%	B	0.07%

เมื่อเปรียบเทียบผลของการคำนวณต้นทุนตามระบบเดิมกับช่วงก่อสร้างโครงการจริงพบว่ามีความคลาดเคลื่อนมากถึง 0.82% ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณตามระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนพบว่ามีความคลาดเคลื่อนจากการก่อสร้างโครงการจริงเพียง 0.07%

และเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณชั่วโมงทำงานทั้งหมดในโครงการระหว่างวิธีการคำนวณตามระบบเดิมกับการคำนวณตามระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุน และช่วงการก่อสร้างโครงการจริง สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบปริมาณชั่วโมงทำงานของทรัพยากรบุคคลระหว่างการคำนวณตามระบบเดิมกับการคำนวณตามระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุน

รายการทรัพยากรบุคคลสำหรับโครงการ โรงแยกสินแร่แลนทาไนต์	ระบบเดิม (ชั่วโมง)	ช่วงก่อสร้างจริง (ชั่วโมง)	ระบบโครงสร้างการ จำแนกต้นทุน(ชั่วโมง)
ผู้ปฏิบัติงานสำหรับงาน In-House	7,040	9,983	9,373
ผู้ปฏิบัติงานสำหรับงาน Package	7,040	11,785	10,402
ผู้จัดการโครงการ	1,408	1,539	1,408
หัวหน้าวิศวกรเครื่องกล	1,408	1,609	1,408
เลขานุการ	1,408	1,473	1,408
ชั่วโมงทำงานรวมทั้งหมด	18,304	26,389	23,999
ตัวแปร	A	B	C
สมการ	B-A	B	B-C
ผลต่างเมื่อเทียบกับช่วงการก่อสร้างโครงการ จริง	8,085	B	2,390
ผลต่างเมื่อเทียบกับช่วงการก่อสร้างโครงการ จริง เมื่อคิดเป็น %	30.64%	B	9.06%

จากตารางที่ 7 ซึ่งเป็นตารางการเปรียบเทียบปริมาณชั่วโมงทำงานของทรัพยากรบุคคลระหว่างการคำนวณตามระบบเดิมกับช่วงของการก่อสร้างโครงการจริงพบว่าการคำนวณตามระบบเดิมนั้นมีค่าคลาดเคลื่อนจากช่วงของการก่อสร้างโครงการจริงพุ่งสูงถึง 30.64% ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณชั่วโมงทำงานจากการคำนวณตามระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนกับช่วงก่อสร้างโครงการจริงนั้นมีความคลาดเคลื่อนเพียง 9.06% ดังนั้นการหาปริมาณชั่วโมงทำงานที่เกิดขึ้นจริงด้วยการคำนวณด้วยระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนนั้นจึงมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น และสามารถนำค่าที่ได้ไปใช้ในการวางแผนและจัดสรรทรัพยากรบุคคลไปอย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

6. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนขึ้นมา เพื่อนำไปใช้ในการประมาณการต้นทุนสำหรับอุปกรณ์เครื่องกลที่มีในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ ซึ่งโครงสร้างการจำแนกต้นทุนนี้เป็นเครื่องมืออันสำคัญที่จะช่วยให้องค์กรสามารถคำนวณหาปริมาณทรัพยากรที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละกิจกรรมงานที่มีในโครงการได้ และเพื่อนำไปสู่การคำนวณหางบประมาณต้นทุนการก่อสร้างจริงที่เกิดขึ้นในโครงการเป็นลำดับต่อไป โดยการศึกษาและจัดทำองค์ประกอบของระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุน โดยเริ่มจากการจัดทำโครงสร้างการจำแนกกิจกรรมงานของโครงการเพื่อแจกแจงงานทั้งหมดที่มีอยู่ภายในโครงการ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสร้างโครงสร้างกิจกรรมงานนี้จะป็นข้อมูลหลักสำหรับการสร้างโครงสร้างองค์กรของโครงการ และโครงสร้างทรัพยากรของโครงการต่อไป และเมื่อทำการสร้างโครงสร้างทั้งสามส่วน

และวิเคราะห์ทุกขั้นตอนตามที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว เราก็จะสามารถสร้างโครงสร้างการจำแนกต้นทุนของโครงการซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายได้สำเร็จ

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิจัยที่เกิดจากการสร้างระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนกับวิธีการคำนวณตามระบบเดิมที่ใช้อยู่ในองค์กร สามารถสรุปได้ว่า การสร้างระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนทำให้สามารถบอกได้ว่าในหนึ่งโครงการนั้นมีกิจกรรมงานใดเกิดขึ้นบ้าง และเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด ซึ่งผลการวิจัยที่ได้นั้นสามารถนำมาใช้ในการวางแผนและจัดสรรทรัพยากรบุคคลให้เพียงพอต่อความต้องการได้ และสามารถทำการวางแผนจัดเตรียมทรัพยากรบุคคลไว้ล่วงหน้าเพื่อรองรับกับปริมาณงานที่เกิดขึ้นได้ หรือแม้กระทั่งในช่วงเวลาที่ปริมาณงานน้อยลง ก็สามารถที่จะลดปริมาณทรัพยากรลงได้เพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมอื่นๆต่อไป ซึ่งการจัดสรรทรัพยากรเช่นนี้ไม่สามารถทำได้ในการคำนวณตามระบบเดิมเนื่องจากระบบเดิมที่ใช้อยู่เป็นเพียงการคำนวณอย่างคร่าวๆเท่านั้น และการคำนวณตามระบบโครงสร้างการจำแนกต้นทุนมีความละเอียดแม่นยำและใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่าการคำนวณด้วยระบบเดิม เนื่องจากการคำนวณด้วยระบบใหม่นี้ เป็นการคำนวณปริมาณทรัพยากรต่างๆจากกิจกรรมงานที่เกิดขึ้นจริงภายในโครงการโดยมีการระบุกิจกรรมงานย่อยที่ชัดเจนและครอบคลุมทุกกระบวนการทำงาน ทำให้ทราบปริมาณทรัพยากรที่ต้องการใช้จริงใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้คือ การประมาณการต้นทุนเบื้องต้นของโครงการเพื่อนำไปประมาณงานสามารถประมาณการได้ใกล้เคียงโครงการจริงมากยิ่งขึ้น และเมื่อเกิดเป็นโครงการก่อสร้างจริงก็สามารถที่จะควบคุมทรัพยากรและค่าใช้จ่ายให้อยู่ในงบประมาณที่ตั้งไว้ได้ง่ายยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] R. Devi and V. S. Reddy, "Work breakdown structure of the project," *International Journal Of Engineering Research And Application*, vol. 2, pp. 683-686, 2012.
- [2] ประวิทย์ แก้วเจริญ, "การลดการทำงานเสร็จล่าช้าโดยการประยุกต์ใช้เทคนิค CPM : กรณีศึกษาบริษัทรับเหมาก่อสร้างตัวอย่าง," วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.
- [3] กุอะหรง อีแต, "การบริหารโครงการสำหรับการสร้างโรงงานผลิตแผ่นรีดเย็นชนิดม้วน," วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- [4] เพียงใจ พานิชกุล, "การวางแผนบริหารโครงการตั้งโรงงานเตาหลอมอาร์กเพื่อผลิตเหล็กเส้นในประเทศไทยโดยวิเคราะห์โครงข่าย," วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.
- [5] S. Globerson, "Impact of various work-breakdown structures on project conceptualization," *International Journal of Project Management*, vol. 12, no. 3, pp. 165-171, 1994.
- [6] อาคม บุญปัญญา, "โครงการก่อสร้างที่ดำเนินการโดยผู้รับเหมาก่อสร้างระดับกลาง," วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี, 2551.