

การสำรวจอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้น ของวิศวกรและช่างเหล็ก

Survey of the Rebar Cutting-Pattern Algorithm of Engineers and Steel Workers

สุวิชา สมบุญ* วชรภูมิ เบญจโอฬาร

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

Suwitcha Soomboon* Vacharapoom Benjaoran

Faculty of Engineering, Suranaree University of Technology, Amphur Muang, Nakhon Ratchasima 30000

Tel : 08-8580-6818 E-mail: get.c.v_g@hotmail.com

บทคัดย่อ

การสูญเสียเหล็กเส้นเป็นปัญหาหลักที่พบในโครงการก่อสร้าง โดยสาเหตุหลักอย่างหนึ่งของการสูญเสียเหล็กเส้นนั้นเกิดจากขั้นตอนการตัดเหล็กเส้นเป็นขนาดต่างๆ ที่ต้องการตามแบบ งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อสำรวจและค้นหารูปแบบ อัลกอริทึมในการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กน้อยที่สุด ในการดำเนินงานวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามและสัมภาษณ์วิศวกรจำนวน 30 คนและช่างเหล็กจำนวน 30 คน จากการสำรวจอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นมีขั้นตอนย่อย 9 รูปแบบ แบ่งกลุ่มอัลกอริทึมการตัดที่คล้ายกันได้ทั้งหมด 7 กลุ่ม อัลกอริทึมที่มีการเลือกเหล็กชิ้นงานที่เป็นเลขจำนวนเต็ม มาจับคู่กับเหล็กที่มีความยาวสั้นที่สุดก่อน หลังจากนั้นเลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด มาจับคู่กับเหล็กที่มีความยาวรองลงมา ถ้าเหลือเหล็กพร้อมกับความยาวจะจับคู่กับเหล็กที่สั้นที่สุดทำซ้ำจนครบจำนวนความยาวที่ต้องการ พบว่าเป็นอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพที่ดีช่วยลดการสูญเสียเหล็กเส้น ซึ่งนำมาใช้เป็นแนวทางการจัดลำดับการตัดเหล็กและใช้ควบคุมคุณภาพการตัดเหล็กเส้นของวิศวกรและช่างเหล็ก เพื่อช่วยให้มีการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยลงเป็นการลดค่าใช้จ่ายให้โครงการก่อสร้าง

คำหลัก การสูญเสียเหล็กเส้น การจัดลำดับการตัดเหล็กเส้น การสูญเสียวัสดุก่อสร้าง

Abstract

Waste of reinforcing steel bars is one of the main problems in construction project management. The main cause of the loss occurs at the cutting process as trim loss. This research aims to survey and search for the algorithms of this cutting process. The research methods included questionnaire and interview sessions with thirty engineers and thirty steel workers. The result is that there are nine common sub-steps used in the algorithms. The cutting-pattern algorithms used can be categorized into seven groups. The efficient algorithm firstly pairs the items which have round number lengths with the shortest items. Then, it pairs the relatively long items together to be cut with the steel bars. Finally, the algorithm pairs the remaining which are the relatively short items together until the job is completed. This finding can be used to improve the steel rebar cutting process, to reduce the trim loss of engineers and steel workers and also reduce the cost of the overall construction project.

Keywords: steel waste, cutting process of steel, material waste

1. บทนำ

เหล็กเส้นเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีความสำคัญสำหรับโครงการก่อสร้างโดยทั่วไป เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีปริมาณความต้องการใช้งานมากและมีราคาต่อหน่วยสูง จึงทำให้ต้นทุนค่าเหล็กเส้นเป็นสัดส่วนที่สูงของมูลค่าโครงการก่อสร้างทั้งหมด ในโครงการก่อสร้างมีสาเหตุการสูญเสียเหล็กเส้นได้หลายประการ เช่น การสั่งซื้อเหล็ก การขนส่ง การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้าง การสั่งเหล็กผิดขนาดไม่ตรงตามความต้องการ การตัดเหล็กในระหว่างการดำเนินงานก่อสร้าง การจัดเก็บ การขโมยรวมถึงการขาดการควบคุมและการบริหารจัดการของผู้ควบคุมงาน เป็นต้น สาเหตุหลักของการสูญเสียที่เกิดจากการก่อสร้างเกิดขึ้นจากการตัดเหล็กเส้น โดยส่วนใหญ่ในโครงการก่อสร้าง พบว่าเหล็กเส้นมีค่าการสูญเสียสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างชนิดอื่นๆ [1] ในลักษณะของงานก่อสร้างจำเป็นต้องมีการตัด ตัด งอ วัสดุและผลิตภัณฑ์ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือเหล็กเส้นที่ต้องการมีการตัดและตัดให้ได้ขนาดตามความยาวที่ต้องการก่อนนำมาใช้งาน จึงทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นขึ้น และปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดเหล็กเส้นนี้ ล้วนมีผลกระทบต่อโครงการก่อสร้างโดยตรง เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นต่อผู้รับเหมาหรือเจ้าของโครงการ ทำให้ต้องมีการสั่งเหล็กเส้นเพิ่มขึ้นเกินกว่าที่ได้ประมาณปริมาณการใช้ไว้ใน Bill of Quantities (BOQ) ซึ่งอาจเกินงบประมาณที่กำหนด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวางแผน หรือหาแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่มีประสิทธิภาพและหาอัลกอริทึมในการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กน้อยที่สุด ซึ่งพบว่าถ้ามีการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ดีมีประสิทธิภาพสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในด้านวัสดุและเพิ่มผลกำไรให้กับโครงการก่อสร้างได้

ที่ผ่านมาได้มีผู้นำเสนอการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียวัสดุในการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่โดยทำการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามควบคู่กับการสัมภาษณ์เพื่อประเมินความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสูญเสียวัสดุก่อสร้างและหาแนวทางการป้องกันการสูญเสียวัสดุก่อสร้าง พบว่าปัจจัยจากการปฏิบัติงานมีผลกระทบต่อการสูญเสียวัสดุก่อสร้าง และวัสดุก่อสร้างที่มีมูลค่าการสูญเสียสูงที่สุดในอาคารขนาดใหญ่ ได้แก่

เหล็กเสริมคอนกรีต [2] สาเหตุการสูญเสียวัสดุก่อสร้างหลัก 16 ชนิดในโครงการก่อสร้างประเภทงานอาคารโดยทำการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามจากกลุ่มวิชาชีพ 3 อาชีพประกอบด้วย วิศวกรโยธา สถาปนิก และวิศวกรระบบในอาคาร ซึ่งทำให้ทราบถึงสาเหตุของการสูญเสียวัสดุก่อสร้างเกิดจากการขาดการจัดการที่ดี และพบอีกว่าเหล็กเสริมคอนกรีต มีค่าความสูญเสียสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างหลักชนิดอื่นๆ [1] และ Bossink และ Brouwers [3] ได้ทำการศึกษาหาปริมาณการสูญเสียและที่มาของการสูญเสียวัสดุในงานก่อสร้าง ทำการศึกษาจากข้อมูลในหลายประเทศนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลของประเทศเนเธอร์แลนด์โดยทำการชั่งน้ำหนักของปริมาณการสั่งซื้อวัสดุกับปริมาณการสูญเสียวัสดุก่อสร้างเทียบกับปริมาณต่อน้ำหนักของทั้งหมดของวัสดุในงานก่อสร้างพบว่า ปริมาณของการสูญเสียแต่ละวัสดุเท่ากับร้อยละ 1-10 ของจำนวนเงินที่สั่งซื้อวัสดุก่อสร้างทั้งหมด พบอีกว่าสาเหตุของการสูญเสียวัสดุก่อสร้างเกิดจากขั้นตอนการออกแบบ ในส่วนของการสูญเสียวัสดุก่อสร้างนั้น Formoso และคณะ [4] ได้ทำการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามในสถานที่ก่อสร้าง 74 โครงการของประเทศบราซิล ทำให้ทราบว่า การสูญเสียวัสดุก่อสร้างเป็นปัญหาหลักที่มีความสำคัญทั้งในส่วนของประสิทธิภาพการทำงานและส่งผลกระทบต่อภาพรวมของโครงการ นอกเหนือจากนั้นปริมาณการสูญเสียวัสดุก่อสร้าง ยังแสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญในการจัดการระบบการทำงานในโครงการไปจนถึงโครงการก่อสร้าง

งานวิจัยนี้ศึกษารูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของวิศวกรกับช่างเหล็กในโครงการก่อสร้างและหาอัลกอริทึมในการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุด ปัจจุบันในโครงการก่อสร้างประสบปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียเหล็กเส้นจากการตัดดังนั้นจึงเลือกศึกษาวิจัยในหัวข้อนี้ ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยคือปริมาณการสูญเสียเหล็กเส้นที่ได้จากการตัดในแบบสอบถามและสัมภาษณ์โดยผู้วิจัยเป็นผู้กำหนด หลังจากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ [5] โดยประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นในโครงการก่อสร้างและพบรูปแบบอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ใช้อยู่จริงแล้วมีประสิทธิภาพที่ดี มีการสูญเสียเหล็กเส้นที่เกิด

จากการตัดเหล็กน้อยลงและสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นในโครงการก่อสร้าง หรือนำไปควบคุมคุณภาพการตัดเหล็กเส้นเพื่อลดการสูญเสียเหล็กเส้น ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการซื้อวัสดุเหล็กเส้น เพิ่มผลกำไรให้แก่โครงการก่อสร้าง และยังควบคุมคุณภาพการตัดให้มีประสิทธิภาพและเป็นระบบอีกด้วย

2. เครื่องมือและวิธีการดำเนินงาน

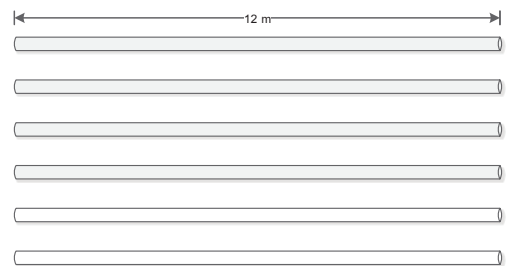
2.1 แบบสอบถาม

ในการสัมภาษณ์จะดำเนินการสัมภาษณ์วิศวกรและช่างเหล็กในโครงการก่อสร้างจำนวน 30 โครงการ จาก 28 บริษัท โดยส่วนใหญ่ลักษณะการทำงานของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นโครงการก่อสร้างประเภทตึกสูงจำนวน 20 โครงการ และประเภทที่พักอาศัย บ้านจัดสรรจำนวน 10 โครงการ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นเป็นแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง จำนวน 1 ฉบับ โดยนำรูปร่างชิ้นงานจากงานก่อสร้างจริง เป็นงานประเภทอาคารสูงเพื่อใช้เป็นโจทย์เดียวกันในการหารูปแบบและอัลกอริทึมในการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุดในแบบสอบถามจะมีข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สอบถามข้อมูลทั่วไป เช่น ประเภทของโครงการก่อสร้าง มูลค่าของโครงการก่อสร้าง ตำแหน่งของผู้ตอบแบบสอบถามอายุและประสบการณ์ทำงานที่เกี่ยวข้องกับการตัดเหล็กเส้น เป็นต้น ส่วนที่ 2 รูปแบบการจัดลำดับขั้นตอนการตัดเหล็กเส้น โดยกำหนดรูปร่างชิ้นงานที่ต้องการตัดขนาดของเหล็กเส้น ความยาวที่ต้องการตัดเหล็กเส้น และจำนวนท่อนของเหล็กเส้นที่ต้องการ ในโจทย์ที่ผู้ออกแบบเป็นผู้กำหนด โดยโจทย์จะมีขนาดของเหล็กเส้นแตกต่างกัน 7 ขนาด ได้แก่ DB28 DB25 DB20 DB16 DB12 RB9 และ RB6 ซึ่งแต่ละขนาดของเหล็กเส้นจะมีรูปร่างชิ้นงานอย่างละ 5 รูปแบบ ที่มีความยาวและจำนวนที่ต้องการใช้แตกต่างกันออกไปดังตัวอย่างตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างบางส่วนของโจทย์ในแบบสอบถาม

รูปร่างชิ้นงาน	ขนาด	ความยาว (เมตร/ท่อน)	จำนวน (ท่อน)
	DB28	0.95	6
	DB25	1.75	4
	DB25	1.80	3
	DB20	3.75	3
	DB16	3.20	3
	DB12	1.40	4
	RB9	3.00	2
	RB6	5.00	2
	RB6	9.40	1

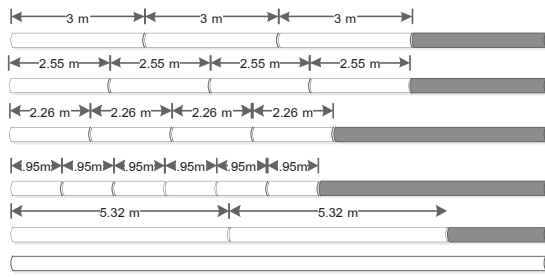
เหล็กเส้นที่ใช้งานโดยทั่วไปจะมีความยาวมาตรฐาน 2 ขนาดคือ 10 เมตรและ 12 เมตร แต่ในการวิจัยนี้ได้กำหนดให้ใช้เหล็กเส้นความยาวมาตรฐาน 12 เมตร จำนวน 6 เส้นเท่านั้น ให้วิศวกรและช่างเหล็กตอบแบบสอบถามจากโจทย์ ดังตารางที่ 1 โดยเขียนคำตอบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นลงในแบบสอบถามในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างความยาวเหล็กมาตรฐาน 12 เมตร จำนวน 6 เส้น

จากขนาดเหล็กเส้นที่มีขนาดแตกต่างกันทั้ง 7 ขนาด แต่ละขนาดจะมีรูปร่างชิ้นงานที่มีความยาวอย่างละ 5 รูปแบบ มีจำนวนท่อนที่ต้องการใช้แตกต่างกันออกไป โดยกำหนดให้ใช้เหล็กมาตรฐาน จำนวน 6 เส้น มีความยาวมาตรฐาน 12 เมตร มาใช้ในการตอบแบบสอบถามจากโจทย์ที่ได้จะสามารถสร้างรูปแบบอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่เป็นไปได้หลายรูปแบบ ดังนั้นเราต้องการทราบถึง วิธีคิดหรือรูปแบบอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุด จึงให้วิศวกรและช่างเหล็กตอบแบบสอบถามด้วยอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุด ดังตัวอย่างการตัดรูปร่าง

ชิ้นงานจากแบบสอบถาม รูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างการตัดรูปร่างชิ้นงานจากแบบสอบถาม

จากข้อมูลที่ได้ในแบบสอบถามและสัมภาษณ์ของวิศวกรและช่างเหล็ก ดังตัวอย่างการตัดรูปร่างชิ้นงาน รูปที่ 2 จะทำให้เราทราบวิธีคิดหรืออัลกอริทึมการจัดลำดับเหล็กเส้นของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกันออกไป โดยนำอัลกอริทึมของแต่ละบุคคลมาทำการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่คล้ายกันอยู่กลุ่มเดียวกันและหาอัลกอริทึมในการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุดโดยวิเคราะห์ผลวิจัยทางสถิติเปรียบเทียบกับผลการประมวลผลทาง Microsoft excel

2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ วิศวกรและช่างเหล็กในโครงการก่อสร้าง ประกอบด้วย วิศวกรจำนวน 30 คน และช่างเหล็กจำนวน 30 คน เนื่องจากผู้วิจัยเลือกศึกษากลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเนื่องจาก วิศวกรและช่างเหล็กมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการตัดเหล็กเส้นในโครงการก่อสร้างโดยตรง

2.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นและหาอัลกอริทึมในการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุด ที่ได้จากการสัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม ดังนี้

1. นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามและสัมภาษณ์มาจัดกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของวิศวกรและช่างเหล็กโดยแบ่งกลุ่มจากรูปแบบการจัดลำดับการตัดที่คล้ายกันอยู่กลุ่มเดียวกัน
2. คำนวณปริมาณการสูญเสียเหล็กเส้นที่เกิดขึ้นจากการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของวิศวกรและช่างเหล็ก
3. นำผลค่าเฉลี่ยของการสูญเสียเหล็กเส้นที่ได้แต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติโดยใช้แบบทดสอบ F-

Test ทดสอบสมมติฐานค่าความแปรปรวน และ T-Test ทดสอบค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเปรียบเทียบกับกัน

4. เรียงลำดับกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นที่น้อยที่สุดจากการวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติ F - Test และ T - Test เปรียบเทียบผลโดยประมวลผลด้วยโปรแกรม Microsoft excel

5. นำข้อมูลการวิจัยที่ได้มาสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

3. ผลและวิเคราะห์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 การศึกษารูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของวิศวกรจำนวน 30 คนและช่างเหล็กจำนวน 30 คนในโครงการก่อสร้าง โดยการวิเคราะห์ผลสามารถแบ่งกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่คล้ายคลึงกันได้ทั้งหมด 7 กลุ่ม โดยรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นทั้ง 7 กลุ่มนี้มีขั้นตอนย่อยทั้งหมด 9 รูปแบบ ดังตารางที่ 2

จากข้อมูลในตารางที่ 2 จะทำให้ทราบถึงรูปแบบอัลกอริทึมของการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของแต่ละกลุ่มดังนี้ คอลัมน์แรกจะแบ่งรูปแบบอัลกอริทึมเป็นขั้นตอนทั้งหมด 9 ขั้นตอน คอลัมน์ที่ 2 ถึงคอลัมน์ที่ 8 เป็นกลุ่มของรูปแบบอัลกอริทึมที่มีการตัดเหล็กเส้นคล้ายคลึงกัน โดยการจัดลำดับรูปแบบอัลกอริทึมของการตัดเหล็กเส้นของแต่ละกลุ่มจะเรียงลำดับขั้นตอนการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นจากแถวบนลงล่างทั้ง 9 รูปแบบ เช่น รูปแบบอัลกอริทึมของกลุ่มที่ 1 จากการเลือกเครื่องหมาย ✓ จัดอันดับดังนี้

1. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวเป็นเลขจำนวนเต็ม มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวสั้นที่สุด
2. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวสั้นที่สุด
3. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด ณ.ตอนนั้น มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวสั้นที่สุด
4. วนซ้ำจนครบจำนวนความยาวที่ต้องการ

ตารางที่ 2 การแบ่งกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้น

อัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้น	กลุ่ม						
	1	2	3	4	5	6	7
1. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวเป็นเลขจำนวนเต็ม มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวสั้นที่สุด	✓		✓	✓			
2. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวสั้นที่สุด	✓	✓			✓	✓	
3. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด ณ. ตอนนั้น มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวสั้นที่สุด	✓	✓					
4. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวรองจากเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด ณ. ตอนนั้น มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวสั้นที่สุด			✓				
5. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวรองลงมา (ถ้าเหลือเหล็กพอกับความยาวจะจับคู่กับ เหล็กที่สั้นที่สุด)				✓	✓		
6. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด ณ. ตอนนั้น มาจับคู่กัน			✓				
7. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวสั้นที่สุด ณ. ตอนนั้น มาจับคู่กับเหล็กที่มีความยาวมากที่สุด ณ. ตอนนั้น						✓	
8. เลือกรูปแบบมาความยาวนำมาตัดให้เสร็จแต่ละรูปแบบที่เลือกมา							✓
9. วนซ้ำจนครบจำนวนความยาวที่ต้องการ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ส่วนที่ 2 การหาอัลกอริทึมในการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุด เมื่อนำค่าเฉลี่ยการสูญเสียเหล็กเส้นของแต่ละกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นมาวิเคราะห์ผลวิจัยทางสถิติโดยใช้ F-Test เพื่อหาค่าความแปรปรวนการสูญเสียเหล็กเส้นของรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันหรือไม่ และ T-Test เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการสูญเสียเหล็กเส้นของกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้น 2 กลุ่มเปรียบเทียบกับลำดับ ซึ่งกำหนดให้ H_0 คือ สมมติฐานหลัก และ H_1 คือ สมมติฐานแย้งกับสมมติฐานหลักหรือเรียกว่าสมมติฐานรอง

การวิเคราะห์ F-Test โดยสมมติฐานให้ดังสมการที่ 1 และ 2

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad (1)$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \quad (2)$$

โดยที่ σ_1^2 และ σ_2^2 คือ ค่าความแปรปรวนการสูญเสียเหล็กเส้นของรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การวิเคราะห์ T-Test โดยสมมติฐานให้ดังสมการที่ 3 และ 4

$$H_0 : \mu_1 \geq \mu_2 \quad (3)$$

$$H_1 : \mu_1 < \mu_2 \quad (4)$$

โดยที่ μ_1 และ μ_2 คือค่าเฉลี่ยการสูญเสียเหล็กเส้นของกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้น

กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์โดยการใช้แบบทดสอบ T-Test โดยนำค่าเฉลี่ยของเศษเหล็กที่เหลือจากการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นมาจับคู่วิเคราะห์เปรียบเทียบที่ละกลุ่มตัวอย่างจนครบทุกกลุ่ม

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้น (T-Test)

ค่าเฉลี่ยการสูญเสียเหล็กเส้นของกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้น	ค่าเฉลี่ยของการสูญเสียเหล็กเส้นของกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้น	ความสัมพันธ์
μ_1	μ_2	$\geq$
μ_1	μ_3	$\geq$
μ_1	μ_4	$\geq$
μ_1	μ_5	$\leq$
μ_1	μ_6	$\geq$
μ_2	μ_3	$\leq$
μ_2	μ_4	$\geq$
μ_2	μ_5	$\leq$
μ_2	μ_6	$\leq$
μ_3	μ_4	$\geq$
μ_3	μ_5	$\leq$
μ_3	μ_6	$\leq$
μ_4	μ_5	$\leq$
μ_4	μ_6	$\leq$
μ_5	μ_6	$\geq$

จากผลการวิจัยแสดงความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยการสูญเสียเหล็กเส้นของกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ μ_4 มีค่าเฉลี่ยของการสูญเสียเหล็กเส้นจากการตัดน้อยที่สุด

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน และอันดับของกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดได้ดังนี้

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้น (F-Test) และ (T-Test)

กลุ่มที่ (μ)	$\bar{x}$ (m)	σ^2	อันดับที่
1	6.70	2.55	5
2	5.68	2.45	2
3	5.82	6.09	3
4	5.35	2.83	1
5	6.88	4.55	6
6	6.30	0.04	4
7	-	-	7

จากตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นเป็นไปตามสมมติฐาน และสามารถจัดเรียงอันดับการสูญเสียเศษเหล็กที่เหลือจากการตัดได้ว่ากลุ่มที่ μ_4 มีค่าอันดับการสูญเสียเศษเหล็กที่เหลือจากการตัดน้อยที่สุดเป็นอันดับที่ 1 เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยของการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุด สามารถเรียงการจัดอันดับการสูญเสียเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดจากน้อยที่สุดไปหามากที่สุดได้ดังนี้ $\mu_4 \leq \mu_2 \leq \mu_3 \leq \mu_6 \leq \mu_1 \leq \mu_5$ ตามลำดับ จากการวิจัยจะพิจารณา 3 กลุ่มตัวอย่างที่มีอัลกอริทึมที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุดอันดับที่ 1 ได้แก่ กลุ่มที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของการสูญเสียเหล็กเส้นเท่ากับ 5.35 เมตรและค่าความแปรปรวนเท่ากับ 2.83 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามของกลุ่มที่ 4 มีอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นดังนี้

1. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวเป็นเลขจำนวนเต็ม มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวสั้นที่สุด (การเลือกตัดความยาวจำนวนเต็มก่อนเพราะจะทำให้คิดผลรวมของเหล็กที่ต้องการตัดง่ายและสะดวกในการจับคู่ที่ทำให้เหลือเศษเหล็กน้อยหรือจับคู่การตัดแล้วเหลือเหล็กเส้นพอที่จะนำกลับมาใช้งานได้ใหม่)

2. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวรองลงมา ถ้าเหลือเหล็กพอกับ

ความยาวจะจับคู่กับ เหล็กที่สั้นที่สุด (เพราะว่าการจัดเรียงลำดับแบบนี้จะส่งผลให้เหลือเศษเหล็กน้อยและส่วนที่เหลือสามารถนำกลับไปใช้ได้ดีกว่าการเลือกจับคู่ตัดเหล็กที่มีความยาวมากที่สุด จับคู่ เหล็กที่มีความยาวมากที่สุด)

3. วนซ้ำจนครบจำนวนความยาวที่ต้องการ

อัลกอริทึมที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุดอันดับที่ 2 ได้แก่ กลุ่มที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของการสูญเสียเหล็กเส้นเท่ากับ 5.68 เมตรและค่าความแปรปรวนเท่ากับ 2.45 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามของกลุ่มที่ 2 มีอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นดังนี้

1. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวสั้นที่สุด (เพราะว่าการเลือกตัดความยาวมากที่สุดก่อนจะทำให้สะดวกในการจับคู่กับชิ้นงานอื่นๆ ได้ง่าย และเหลือเศษเหล็กน้อย)

2. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด ณ ตอนนั้น มาจับคู่กับ เหล็กที่สั้นที่สุด (เพราะว่าการเลือกตัดความยาวมากที่สุดก่อนจะทำให้สะดวกในการจับคู่กับชิ้นงานอื่นๆ ได้ง่าย และไม่ซับซ้อน)

3. วนซ้ำจนครบจำนวนความยาวที่ต้องการส่วน

อัลกอริทึมที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุดอันดับที่ 3 ได้แก่ กลุ่มที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของการสูญเสียเหล็กเส้นเท่ากับ 5.82 เมตรและค่าความแปรปรวนเท่ากับ 6.09 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามของกลุ่มที่ 3 มีอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นดังนี้

1. เลือกเหล็กชิ้นงานที่เป็นเลขจำนวนเต็ม มาจับคู่กับ เหล็กที่มีความยาวสั้นที่สุด (การเลือกตัดความยาวจำนวนเต็มก่อนเพราะจะทำให้คิดผลรวมของเหล็กที่ต้องการตัดง่ายและสะดวกในการจับคู่ที่ทำให้เหลือเศษเหล็กน้อยหรือจับคู่การตัดแล้วเหลือเหล็กเส้นพอที่จะนำกลับมาใช้งานได้ใหม่)

2. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวรองจากเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด ณ ตอนนั้น มาจับคู่กับ เหล็กที่สั้นที่สุด

3. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวรองจากเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด ณ ตอนนั้น มาจับคู่กับ เหล็กที่สั้นที่สุด

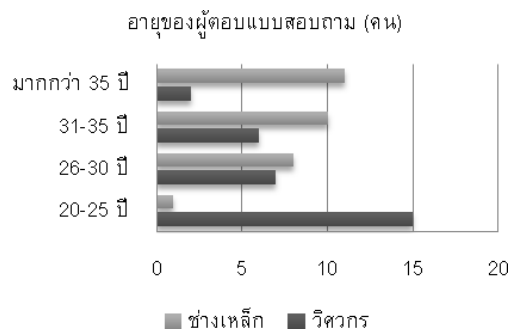
4. เลือกเหล็กชิ้นงานที่มีความยาวมากที่สุด ณ ตอนนั้น มาจับคู่กับ

จากทั้ง 3 อัลกอริทึมของการจัดลำดับการตัด

เหล็กเส้นที่มีเทคนิคและกระบวนการคิดที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งเมื่อพิจารณาพบว่ากลุ่มที่ 4 มีอัลกอริทึมที่ช่วยลดการสูญเสียเหล็กเส้นได้น้อยที่สุดจากทั้งหมด 7 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 7 ไม่สามารถหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนได้เนื่องจากผู้ตอบแบบสอบถามมีประชากรเพียง 1 คน และ รูปแบบอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของกลุ่มนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ตัดเหล็กในโครงการก่อสร้าง

จากผลข้อมูลงานวิจัยมีเป็นจำนวนมาก เพื่อความสะดวกรวดเร็ว และถูกต้องแม่นยำจึงควรใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการวิเคราะห์และตรวจสอบแต่โปรแกรมสำเร็จรูปมีให้เลือกหลากหลายโปรแกรมแล้วแต่ผู้ใช้เลือกตามความเหมาะสม การจัดเรียงข้อมูลการวิจัยและวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้วิจัยเลือกใช้เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่หาใช้งานได้ทั่วไป ผู้ใช้มีความคุ้นเคย การแสดงผลไม่ยุ่งยากซับซ้อน จากการจัดเรียงผลข้อมูลวิจัยที่ได้จากการใช้โปรแกรม Microsoft excel เปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยทางสถิติโดยใช้ F-Test และ T-Test ซึ่งพบว่าข้อมูลตรงกัน คือ กลุ่มที่ 4 มีอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุด

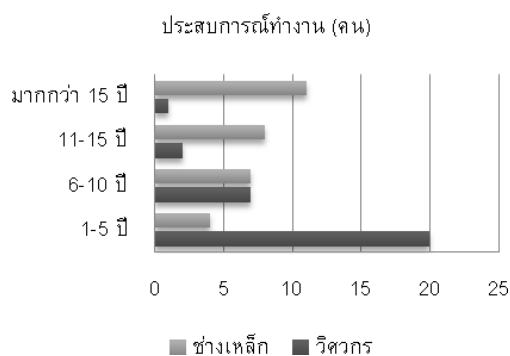
จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม โดยนำการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของวิศวกรและช่างเหล็กแต่ละบุคคลมาคำนวณหาปริมาณการสูญเสียเหล็กเส้น เพื่อใช้เปรียบเทียบกับอายุ ประสบการณ์ทำงาน ประเภทของงานส่วนใหญ่ที่ทำการก่อสร้างและการให้ความสำคัญของผู้บริหารโครงการเกี่ยวกับการสูญเสียเหล็กเส้น จึงทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการการสูญเสียเหล็กเส้นระหว่างวิศวกรและช่างเหล็ก ในการเก็บข้อมูลในแบบสอบถามส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป โดยแบ่งช่วงอายุของช่างเหล็กออกเป็น 4 ช่วง คือ 20-25 ปี, 26-30 ปี, 31-35 ปี และมากกว่า 35 ปี



รูปที่ 3 อายุของผู้ตอบแบบสอบถาม

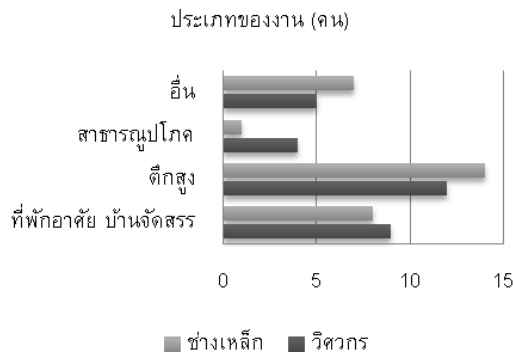
จากรูปที่ 3 แสดงอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจากการรวบรวมข้อมูลอายุของวิศวกรที่ตอบแบบสอบถามจะอยู่ในช่วงอายุ 20-25 ปี มากที่สุด รองลงมาคือช่วงอายุ 26-30 ปี และอายุของช่างเหล็กที่ตอบแบบสอบถามอยู่ในช่วงอายุมากกว่า 35 ปี มากที่สุด รองลงมาคือช่วงอายุมากกว่า 31-35 ปี

จากการเก็บข้อมูลประสบการณ์ทำงานเกี่ยวกับการตัดเหล็กออกเป็น 4 ช่วง คือ 1-5 ปี, 6-10 ปี, 11-15 ปี และมากกว่า 15 ปี



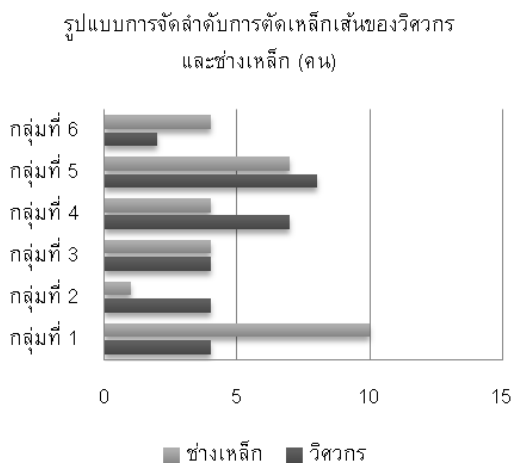
รูปที่ 4 ประสบการณ์ทำงานของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากรูปที่ 4 แสดงประสบการณ์ทำงานของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจะพบว่าประสบการณ์ทำงานของวิศวกรอยู่ในช่วง 1-5 ปีมากที่สุด รองลงมาคือ 6-10 ปี และประสบการณ์ทำงานของช่างเหล็กอยู่ในช่วงมากกว่า 15 ปี มากที่สุด รองลงมาคือ 11-15 ปี



รูปที่ 5 ประเภทของงานของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากรูปที่ 5 จะพบว่าประเภทของงานส่วนใหญ่ที่ของวิศวกรและช่างเหล็กทำงานส่วนใหญ่ประเภทตึกสูงมากที่สุด รองลงมาคือที่พักอ้าย บ้านจัดสรร



รูปที่ 6 รูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของวิศวกรและช่างเหล็ก

จากผลการวิจัยข้างต้นอัลกอริทึมของกลุ่มที่ 4 มีการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุดเป็นอันดับที่ 1 รองลงมาคือกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ตามลำดับ จากรูปที่ 6 พบว่ารูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของวิศวกรอยู่ในกลุ่มที่ 5 มากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 2 3 1 5 ตามลำดับ ส่วนช่างเหล็กมีรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นอยู่ในกลุ่มที่ 1 มากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ 5 และกลุ่มที่ 3 4 6 2 ตามลำดับ

4. สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยที่ได้จากการสำรวจของผู้ตอบแบบสอบถามจากวิศวกร จำนวน 30 คนและช่างเหล็ก จำนวน 30 คน พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มที่มีรูปแบบการจัดลำดับการตัดที่คล้ายกันได้ทั้งหมด 7 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีรูปแบบการจัดลำดับที่แตกต่างกันออกไปโดยมีขั้นตอนย่อย 9 รูปแบบ จากข้อมูลทั้ง 7 กลุ่มตัวอย่างนี้สามารถนำไปหาอัลกอริทึมในการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กน้อยที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบกับการประมวลผลโดยใช้ Microsoft Excel สรุปได้ว่ากลุ่มที่ 4 มีการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุดเป็นอันดับ 1 มีค่าเฉลี่ยของการสูญเสียเหล็กเส้นเท่ากับ 5.35 เมตรและค่าความแปรปรวนเท่ากับ 2.83 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามของกลุ่มที่ 4 มีทั้งหมด 11 คนโดยส่วนใหญ่มีช่วงอายุ มากกว่า 35 ปี และมีประสบการณ์การทำงาน มากกว่า 15 ปี

จากอัลกอริทึมการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของกลุ่มที่ 4 นั้นเป็นอัลกอริทึมที่ช่วยลดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากผู้ตอบแบบสอบถามของกลุ่มที่ 4 มีทักษะและประสบการณ์ที่ได้สะสมยาวนานในการทำงานหน้างานจริง จึงทำให้มีกระบวนการคิดในการจับคู่การจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นที่ซับซ้อน และคำนึงถึงวิธีการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นเพื่อให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุด ประหยัดและเกิดประโยชน์สูงสุด และกลุ่มที่ 7 ที่มีประชากรเพียง 1 คนทำให้ไม่สามารถหาค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนได้เนื่องจากผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุน้อย ประสบการณ์การทำงานน้อย โดยมีอัลกอริทึมคือสุ่มเลือกรูปแบบชิ้นงาน 1 ความยาวนำมาตัดให้เสร็จทีละรูปแบบ ไม่คำนึงถึงวิธีการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้น ดังนั้นอัลกอริทึมของกลุ่มนี้จึงไม่เหมาะในการนำมาใช้ในงานก่อสร้างจริงเพราะว่า ไม่มีกระบวนการคิดที่ซับซ้อนเพื่อให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นน้อยที่สุด

จากสำรวจอัลกอริทึมของการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของวิศวกรและช่างเหล็ก พบว่าการตอบแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างของวิศวกร โดยจากการรวบรวมข้อมูลอายุของวิศวกรที่ตอบแบบสอบถามจะอยู่ในช่วงอายุ 20-25 ปี มากที่สุด โดยจะพบว่าประสบการณ์ทำงานของวิศวกรอยู่ในช่วง 1-5 ปีมากที่สุดและมี

ประเภทงานส่วนใหญ่ที่ทำการก่อสร้างอยู่ในงานประเภท ตึกสูงพบว่ารูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นของ วิศวกรอยู่ในกลุ่มที่ 5 มากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ 4 ใน ส่วนของช่างเหล็ก โดยจากการรวบรวมข้อมูลอายุของ ช่างเหล็กที่ตอบแบบสอบถามจะอยู่ในช่วงอายุมากกว่า 35 ปี มากที่สุด โดยจะพบว่าประสบการณ์ทำงานของ วิศวกรอยู่ในช่วงมากกว่า 15 ปีมากที่สุดและมีประเภท งานส่วนใหญ่ที่ทำการก่อสร้างอยู่ในงานประเภท ตึกสูง ส่วนช่างเหล็กมีรูปแบบการจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นอยู่ ในกลุ่มที่ 1 มากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ 5

จากการสำรวจที่ได้พบว่าอัลกอริทึมของกลุ่มที่ 4 เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นแนวทางในการตัดเหล็กเส้นเพราะ เป็นรูปแบบการตัดที่สามารถเข้าใจได้ง่ายและมี ประสิทธิภาพในการตัดทำให้เหลือเศษเหล็กน้อยลงส่งผล ถึงงบประมาณของโครงการ สามารถลดค่าใช้จ่ายให้กับ โครงการก่อสร้างได้ งานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เพื่อเป็น แนวทางในจัดลำดับการตัดเหล็กเส้นในโครงการก่อสร้าง ทำให้เกิดการสูญเสียเหล็กเส้นที่น้อยลง และนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพการตัดเหล็กเส้นเพื่อลดการสูญเสีย ของเหล็กเส้นได้ อีกทั้งสามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลใน การตัดสินใจเพื่อใช้ในการจ้างเหมาครั้งต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานจากการศึกษาวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ ด้วย ความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่านและผู้วิจัย ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การ สนับสนุนทุนการวิจัย สำหรับระดับบัณฑิตศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- [1] วุฒิพงษ์ ประวิตรวงศ์. 2544. การศึกษาเกี่ยวกับการ สูญเสียวัสดุก่อสร้างในโครงการก่อสร้างประเภทงาน อาคาร. ปรินญาณินพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 137.
- [2] เจต เทียมเศวต. 2007. ปัจจัยที่มีผลกระทบและ สัดส่วนการสูญเสียวัสดุในการก่อสร้าง. ปรินญาณินพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [3] B.A.G. Bossink and H.J.H Brouwers. 1996

Construction waste: quantification and source evaluation. Journal of Construction Engineering and Management, pp: 55 – 60.

- [4] C.T. Formoso, L. Soibelman, C. De Cesare, and E. Isatto. 2002. Material waste in building industry: main causes and prevention. Journal of Construction Engineering and Management, 128: 316 – 325.
- [5] นพพร ธนะชัยพันธ์. 2555. สถิติเบื้องต้นสำหรับการ วิจัย. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.