

การสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติเพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการตัด
ด้วยโปรแกรม MATLAB



นายภัทรพล คงศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2566

A CUTTING PLAN OF ONE-DIMENSIONAL MATERIALS TO REDUCE
LOSS WITH MATLAB PROGRAM



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of The Requirements for The
Degree of Master of Engineering in System Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2023

การสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติเพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการตัด ด้วยโปรแกรม MATLAB

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักศึกษานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล)
ประธานกรรมการ


.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรา สมัตถภาพงศ์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.นิวิท เจริญใจ)
กรรมการ


.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จงกล ศรีธร)
กรรมการ


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ภัทรพล คงศิริ : การสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติเพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB (A CUTTING PLAN OF ONE-DIMENSIONAL MATERIALS TO REDUCE LOSS WITH MATLAB PROGRAM)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรา สมัตถภาพงศ์, 116 หน้า

คำสำคัญ : ปัญหาการตัดวัสดุ, วัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติ, กำหนดการเชิงเส้น, เศษการตัด, แผนการตัด

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติเพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการตัดซึ่งเป็นการรวบรวมวิธีการหาแบบจำลองการสร้างแบบแผนปัญหาการตัด One Dimensional Cutting Stock Problem (1D-CSP) ให้ออกมาในรูปแบบที่ดีที่สุด (Optimize) โดยใช้การทดลองจาก algorithm ของโปรแกรม MATLAB ที่ใช้หลักการ Linear Programming อาศัยข้อมูลในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการตัดการหาค่าที่ดีที่สุด ในรูปแบบที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำโจทย์ปัญหาของงานวิจัยที่ใช้อ้างอิง ว่ามีผลลัพธ์ที่ได้มีแผนการตัดออกมาใช้ปริมาณวัสดุทั้งหมดในการตัดเท่าไร และแผนการตัดมีปริมาณของเสียเป็นปริมาณเท่าใด จากปริมาณที่ต้องใช้ในการสร้างแผนการตัดทั้งหมด สำหรับจำนวนที่ต้องการและความที่ต้องการ ในโจทย์ปัญหานั้น ซึ่งมีตัวแปรต้นตั้งแต่ความยาววัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐาน ความยาวที่ต้องการ แต่ละประเภท จำนวนของความยาวที่ต้องการทั้งหมด จากนั้นนำมาเปรียบเทียบหาคำตอบส่วนที่เหลือด้วย Linear Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อพิสูจน์ผลลัพธ์ที่ได้ดีกว่า ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดพัฒนาใช้ในการพัฒนาแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติผ่าน ที่จำเป็นต้องใช้ในจำนวนมาก ๆ

ผลการทดสอบวิธีการสร้างแบบแผนการตัดชี้ให้เห็นว่าวิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้ จากงานโจทย์ปัญหาการตัดที่อ้างอิงจากงานวิจัยที่ 1 สามารถให้คำตอบเป็นแผนการตัดวัสดุที่มีอัตราการสูญเสียเพียง 1.21% ซึ่งผลลัพธ์เดิมอยู่ที่ 1.24% และใช้จำนวนวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานน้อยกว่า 1 เส้น และอ้างอิงจากโจทย์ปัญหาการตัดที่อ้างอิงจากงานวิจัยที่ 2 ทั้งหมด 10 กรณี จะได้การอัตราการสูญเสียส่วนต่างลดลงโดยรวมถึง 6.45% ใช้จำนวนวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานน้อยกว่า 3 เส้น ซึ่งดีกว่าคำตอบที่ได้ทั้ง 2 โจทย์การตัดแสดงให้เห็นถึงศักยภาพการนำ MATLAB ไปใช้เพื่อช่วยสร้างแผนการตัดวัสดุคงคลังเชิงเส้นหนึ่งมิติ สำหรับงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ทำให้เกิดอัตราการสูญเสียวัสดุคงคลังเชิงเส้นจากการตัดให้น้อยที่สุด ซึ่งจะสามารถทำให้ประหยัดต้นทุนวัตถุดิบลงได้เป็นจำนวนมาก

PATTARAPON KHONGSIRI : A CUTTING PLAN OF ONE-DIMENSIONAL MATERIALS
TO REDUCE LOSS WITH MATLAB PROGRAM

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. DR. NARA SAMATTAPAPONG, 116 PP.

Keyword : One Dimensional Cutting Stock Problem (1D-CSP), Linear programming,
Cutting plan, Cutting loss

This study aims to address the One-Dimensional Cutting Stock Problem (1D-CSP) by creating an optimized approach for designing cutting plans for one-dimensional construction materials with the primary goal of minimizing material waste during the cutting process. The methodology involves the implementation of a MATLAB algorithm based on linear programming principles and uses data derived from previous studies to formulate efficient cut-off plans. The investigation entails an analysis of the collected data from relevant studies, focusing on total material consumption and loss within the cutting plans. The study begins by considering foundational variables, which encompass the length of the standard linear inventory, the required lengths for each type, and the overall quantity of required lengths. These parameters are then processed using MATLAB to establish a solution through linear programming. The comparative analysis involves evaluating the collected data to demonstrate the advantages of the proposed model. The research illustrates the potential to contribute to the creation of cutting plans that minimize losses within standard linear inventory, leading to reduced inventory expenses, enhanced resource efficiency, and decreased raw material waste during production. In comparison to the first relevant research, the developed method yields a material cutting plan with a loss rate of 1.21%, requiring less than one standard linear material inventory improving upon the original result of 1.24%. Similarly, when compared to the second relevant study involving ten cases, the developed method generates a material cutting plan with a loss rate of 6.45%, utilizing fewer than three standard linear materials.

School of System Engineering
Academic Year 2023

Student's Signature
Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรา สมัตถภาพงศ์ หัวหน้าสาขาวิศวกรรมระบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จนเสร็จสมบูรณ์ทำให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นิวิธ เจริญใจ ที่ให้คำชี้แนะแนวทางในการดำเนินวิจัยและข้อคิดในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร ที่ได้ให้คำแนะนำโดยตรงจากงานวิจัยที่ใช้ในการอ้างอิงในส่วนของงานวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จنگล ศิริธร ที่ให้คำแนะนำในการปรับเนื้อหางานวิจัยให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการนำเสนอ

ขอกราบขอบพระคุณ นายอลงกรณ์ วิริยา อติตเพื่อนร่วมงานที่ได้เสนอแนวทางในการใช้เครื่องมือในงานวิจัยนี้ ให้แก่ผู้วิจัย จนได้ตระหนักถึงคุณประโยชน์ของเครื่องมือที่นำไปต่อในการพัฒนาในด้านต่าง ๆ

นายภัทรพล คงศิริ



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	3
1.4 แผนการดำเนินการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2 การทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ปัญหาการตัดวัสดุ.....	6
2.2 ลักษณะปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติ.....	7
2.3 โมเดลปัญหาการตัดวัสดุคงคลังเชิงเส้น.....	14
2.4 การหาคำตอบที่ดี.....	16
2.4.1 LP Relaxation of IP.....	16
2.4.2 Heuristic Algorithms.....	17
2.4.3 Efficient Feasible Cutting Patterns.....	19
2.4.4 Sequential Heuristic Procedure (SHP).....	20
2.4.5 Random Search for efficient pattern.....	21
2.4.6 Genetic Algorithm.....	22
2.4.7 Evolutionary Programming (EP)	23
2.5 โปรแกรม MATLAB.....	25
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1	การเก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย.....	30
3.1.1	ด้านข้อมูล.....	30
3.2	หลักการของ Linear Programing ในการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติที่เหมาะสม.....	34
3.3	การหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยวิธี Linear Programing โดยใช้โปรแกรม MATLAB.....	34
3.4	การพัฒนาสร้างตารางแผนการจัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติด้วย.....	45
3.5	การคำนวณเศษการตัดทั้งหมด.....	48
3.6	การประเมินคำตอบ.....	50
4	ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล.....	51
4.1	การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB.....	51
4.1.1	โจทย์ปัญหาการตัดจากงานวิจัย “การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง”.....	51
4.1.2	โจทย์ปัญหาการตัดจากงานวิจัย “การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ: กรณีศึกษาโรงงานอลูมิเนียม อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี”.....	55
4.2	เปรียบเทียบผลลัพธ์จากเคสกรณีศึกษากับวิธีแก้สร้างแบบแผนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB.....	75
4.2.1	การเปรียบเทียบโจทย์ปัญหาการตัดจากงานวิจัย “การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง”.....	75
4.2.2	การเปรียบเทียบโจทย์ปัญหาการตัดจากงานวิจัย “การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ: กรณีศึกษาโรงงานอลูมิเนียม อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี”.....	76
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	80
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	80
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	81
	รายการอ้างอิง.....	86
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก.....	88
	ภาคผนวก ข.....	100
	ภาคผนวก ค.....	105
	ประวัติผู้เขียน.....	116

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ประเภทของปัญหาการตัดและการบรรจุ.....11
3.1	ความต้องการของโจทย์กรณีศึกษา.....30
3.2	ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 1.....31
3.3	ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 2.....31
3.4	ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 3.....32
3.5	ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 4.....32
3.6	ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 5.....32
3.7	ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 6.....32
3.8	ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 7.....33
3.9	ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 8.....33
3.10	ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 9.....33
3.11	ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 10.....33
4.1	จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานที่ใช้และประสิทธิภาพในการตัด.....74
4.2	จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานที่ใช้และประสิทธิภาพในการตัด.....74
4.3	การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากงานวิจัยและวิธีสร้างแผนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB.....75
4.4	การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากงานวิจัยและวิธีสร้างแผนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB.....77
4.5	การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากปัญหาการตัดวัสดุงานวิจัยและวิธีแก้ปัญหาคด้วย MATLAB.....78

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 กราฟสถิติดัชนีราคาเหล็กและดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างรวมทุกประเภท.....	2
1.2 กรอบแนวคิดของงานวิจัย.....	4
1.3 แผนงานการวิจัย.....	5
2.1 ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตของปัญหาการตัดและการบรรจุ.....	8
2.2 ลักษณะทั่วไปของปัญหาการตัดวัสดุคงคลังเชิงเส้น.....	11
2.3 ลักษณะการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ.....	12
2.4 ขั้นตอนของ SHP.....	20
2.5 ตัวอย่างการเข้ารหัสโครโมโซมแสดงแทนคำตอบที่เป็นไปได้	22
2.6 การคำนวณกำหนดจำนวนการตัดซ้ำสูงสุด.....	23
2.7 ตัวอย่างการเข้ารหัสโครโมโซมแบบ order-based representation และการคำนวณ หาปริมาณเศษการตัด.....	24
2.8 หน้าต่างโปรแกรม MATLAB.....	26
3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	29
3.2 ขั้นตอนของวิธีการใช้วิธี Linear Programming โดยใช้โปรแกรม MATLAB.....	35
3.3 หน้าต่างโปรแกรม MATLAB.....	36
3.4 โค้ดข้อมูลโปรแกรมสำหรับตัวแปรสำหรับปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ.....	36
3.5 โค้ดสำหรับการตั้งค่าปัญหาการตัดเริ่มต้นในการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ.....	37
3.6 การจำลองตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติโดยไม่มีการสูญเสียวัสดุในการตัด.....	37
3.7 การแสดงคอลัมน์ในรูปแบบ Matrix.....	38
3.8 ผลคูณเวกเตอร์ของ patterns*x.....	39
3.9 เวกเตอร์คอลัมน์ของ quantity (จำนวน) ของปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ.....	39
3.10 การออกแบบให้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติให้ใช้การตัดความยาวที่เหมาะสม.....	39
3.11 โค้ดโปรแกรม MATLAB สำหรับการเลือกตัดความยาวที่เหมาะสม.....	40
3.12 โค้ดโปรแกรม MATLAB สำหรับกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติม.....	40
3.13 โค้ดโปรแกรม MATLAB สำหรับกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติม.....	40
3.14 โค้ดกำหนดตัวแปรเพิ่มเติมโปรแกรม MATLAB.....	41

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15	โค้ดสำหรับสำคั้งการวนลูปเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด.....42
3.16	โค้ดบนโปรแกรม MATLAB ในการหาค่าที่ดีที่สุด.....44
3.17	การประมวลผลพีธีในการจำนวนวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานที่ดีที่สุด.....45
3.18	คำสั่งโค้ดแสดงเพื่อผลลัพธ์การสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติและเศษที่เหลือ.....46
3.19	คำสั่งโค้ดแสดงผลการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติและเศษที่เหลือ.....47
3.20	วิธีการเข้าถึงข้อมูลการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ.....48
3.21	ตัวอย่างการสร้างรูปแบบการตัดจากวิธี Linear programing ด้วยโปรแกรม MATLAB48
4.1	รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB.....52
4.2	รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 1.....55
4.3	รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 2.....57
4.4	รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 3.....59
4.5	รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 4.....61
4.6	รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 5.....63
4.7	รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 6.....65
4.8	รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 7.....67
4.9	รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 8.....68
4.10	รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 9.....70
4.11	รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 10.....72
4.12	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้วัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานเชิงเส้น ในการตัดวัสดุ.....75
4.13	การเปรียบเทียบ% เศษเหลือจากการตัดทั้งทั้งหมด.....76
4.14	ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวัสดุคงคลังมาตรฐาน.....78
5.1	การเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติระหว่างงานวิจัย การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้างและวิธีการแก้ปัญหา การตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรมMATLAB.....82
5.2	การเปรียบเทียบผลลัพธ์ %ประสิทธิภาพ ระหว่างงานวิจัยการสร้างแผนการตัด วัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้างและวิธีการแก้ปัญหการตัดวัสดุ เชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB.....82

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.3	การเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติระหว่างงานวิจัย การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ และวิธีการแก้ปัญหา การตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB จากกรณีศึกษาที่ 2.....83
5.4	การเปรียบเทียบผลลัพธ์ %ประสิทธิภาพ ระหว่างงานวิจัยการพัฒนาวิธีการฮิวริสติก สำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ และวิธีการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติ ด้วยโปรแกรม MATLAB จากกรณีศึกษาที่ 2.....83
5.5	การเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติระหว่างงานวิจัย การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ และวิธีการแก้ปัญหา การตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB จากกรณีศึกษาที่ 3.....84
5.6	การเปรียบเทียบผลลัพธ์ %ประสิทธิภาพ ระหว่างงานวิจัยการพัฒนาวิธีการฮิวริสติก สำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ และวิธีการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติ ด้วยโปรแกรม MATLAB จากกรณีศึกษาที่ 3.....84
5.7	การเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติระหว่างงานวิจัย การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ และวิธีการแก้ปัญหา การตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB จากกรณีศึกษาที่ 9.....85
5.8	การเปรียบเทียบผลลัพธ์% ประสิทธิภาพ ระหว่างงานวิจัยการพัฒนาวิธีการฮิวริสติก สำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ และวิธีการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติ ด้วยโปรแกรม MATLAB จากกรณีศึกษาที่ 9.....85

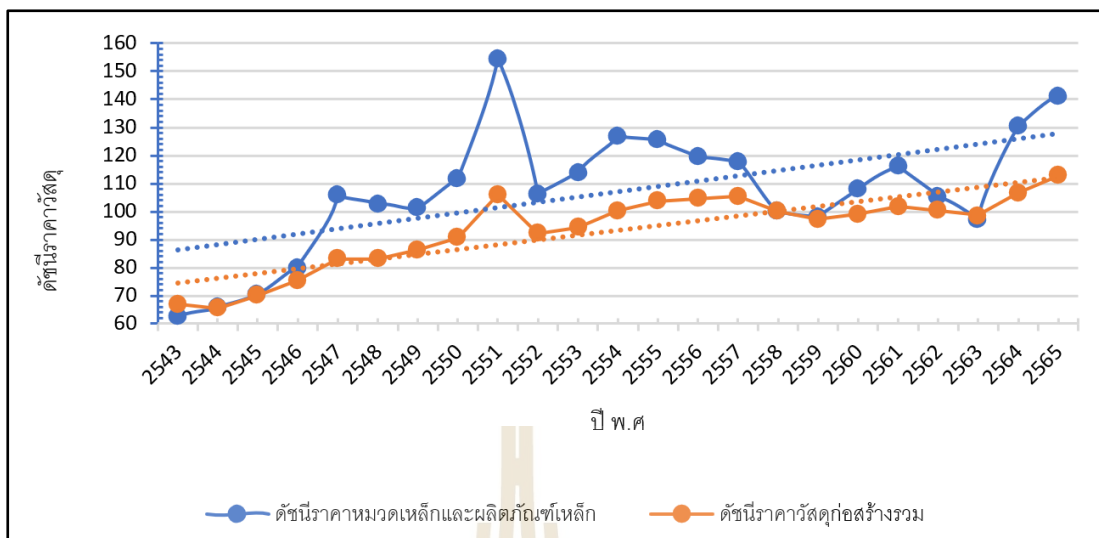
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การตัดวัสดุหนึ่งมิติเป็นกระบวนการสำคัญที่มีบทบาทสำคัญในหลายกลุ่มอุตสาหกรรม เริ่มตั้งแต่การผลิตเหล็กในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง การผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ การตัดวัสดุในงานก่อสร้าง และหลายๆ งานอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยการตัดวัสดุหนึ่งมิติมีความสำคัญมากในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและความแม่นยำสูง เช่น ชิ้นส่วนในเครื่องจักรและรถยนต์ สินค้าทำจากเหล็กแบบพื้นฐาน และวัสดุอื่นๆ ที่ต้องการขนาดและรูปร่างที่ถูกต้อง ปัญหาในการตัดวัสดุหนึ่งมิติอาจส่งผลให้สินค้ามีคุณภาพต่ำ นอกจากนี้ยังส่งผลให้เสียเวลาและทรัพยากรในกระบวนการผลิต เช่น เวลาที่ใช้ในการรื้อกลับตามข้อกำหนดหรือการตรวจสอบคุณภาพเพิ่มขึ้น ปัญหานี้ส่งผลให้เพิ่มค่าใช้จ่ายในการผลิต และส่งผลให้บริษัทไม่สามารถแข่งขันในตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การตัดวัสดุอาจทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการตัดวัสดุไม่สามารถสร้างรูปร่างหรือขนาดที่ถูกต้องได้ นี่อาจทำให้ต้องมีการแก้ไขออกแบบหรือใช้วิธีการตัดที่ซับซ้อนมากขึ้น และส่งผลให้เพิ่มความซับซ้อนและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต สิ่งสำคัญคือความปลอดภัย การใช้วิธีการตัดที่ไม่เหมาะสมหรือไม่แม่นยำอาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของพนักงานในกระบวนการผลิต การตัดวัสดุอาจมีอันตรายและทำให้เกิดอุบัติเหตุถ้าไม่ทำตามข้อกำหนดและมาตรฐานที่เหมาะสม นอกจากนี้ การใช้วิธีการตัดที่ไม่ถูกต้องอาจส่งผลให้มีการสูญเสียวัสดุมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการตัดวัสดุหนึ่งมิติมีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ลดความสูญเสียทรัพยากรและค่าใช้จ่ายในอุตสาหกรรมต่างๆ ในสมัยปัจจุบัน ปัญหาการตัดวัสดุหนึ่งมิตียังคงเป็นอุปสรรคสำคัญในหลายอุตสาหกรรม และการวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหานี้มีผลกระทบต่อความสำเร็จของอุตสาหกรรมและการเป็นคู่ค้าของธุรกิจในระยะยาว

ในปัจจุบันราคาสินค้าโภคภัณฑ์ต่างๆ ได้มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทั่วโลก เช่น ราคาวัสดุอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีอัตราเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยทุกประเภท 9.95% ภายในช่วงเวลาเพียงครึ่งปี 2561 ที่ผ่านมาซึ่งได้สร้างผลกระทบต่อธุรกิจการก่อสร้างอย่างมากทั้งต่อเจ้าของโครงการที่ต้องแบกรับภาระค่าก่อสร้างที่เพิ่มสูงขึ้น จนเกิดการชะลอการริเริ่มโครงการใหม่ ๆ



รูปที่ 1.1 กราฟสถิติดัชนีราคาหลักและดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างรวมทุกประเภท

รวมไปถึงมาอู่กรรมการผลิตทั่วไปที่ต้องใช้วัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติ ในการทำผลิตภัณฑ์ ที่มีเกิดการสูญเสียในกระบวนการตัดเป็นจำนวนมาก รวมไปถึงปัจจัยค่าแรงและเงินเฟ้อที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ต้นทุนวัตถุดิบสูงขึ้น แต่ก็ยังเจอปัญหาการสูญเสียจากการผลิตที่เป็นเศษเหลือทิ้งจากการทำแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นซึ่งยังมีปัญหาที่ตามมาถึงผลกระทบของโรค Covid-19, สงครามการค้าระหว่างจีนและสหรัฐและสงครามรัสเซีย-ยูเครน ส่งผลให้ต้นทุนอุตสาหกรรมที่จำเป็นต้องใช้วัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติได้รับผลกระทบเป็นอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้วัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติอย่างคุ้มค่าและเกิดการสูญเสียน้อยที่สุด จะเป็นแนวทางที่ช่วย บรรเทาปัญหาได้อย่างตรงจุดที่สุดทางหนึ่ง ซึ่งผลประโยชน์อีกประการคือการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการลดปริมาณขยะและเศษวัสดุจากงานก่อสร้างและเศษจากวัตถุดิบการผลิต ส่งผลให้เกิดปัญหาการตัดวัสดุหนึ่งมิติมีความสำคัญและมีประโยชน์หลายด้านในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต คือการใช้เทคโนโลยีหรือ Software ในการพัฒนาแผนการตัดที่เหมาะสมช่วยลดความสูญเสียวัสดุ ลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพรวมของการผลิต ซึ่งส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มกำไร

การประหยัดทรัพยากร ทำได้โดยการตัดวัสดุหนึ่งมิติที่มีแผนการตัดที่ดีจะช่วยลดการสูญเสียวัสดุ ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีมูลค่าสูงและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การลดการสูญเสียวัสดุช่วยในการอยู่รอดที่ยาวนานของธุรกิจ.

ความยืดหยุ่นในการผลิตโดยการใช้เทคโนโลยีการตัดที่แม่นยำและรวดเร็วช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการผลิต ทำให้ธุรกิจสามารถปรับการผลิตให้ตอบสนองตามความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ.

เพิ่มความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยการใช้เทคโนโลยีการตัดที่มีความแม่นยำช่วยให้พนักงานสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องทำงานเสริมหรือปรับแต่งในขั้นตอนถัดไป รวมไปถึงความสำคัญในอุตสาหกรรมการตัดวัสดุหนึ่งมิติมีบทบาทสำคัญในหลาย

อุตสาหกรรม เช่น การผลิตยานยนต์ การสร้างบ้านและอาคาร อุตสาหกรรมเครื่องกล อุตสาหกรรมเหล็ก อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมการบรรจุภัณฑ์ เทคโนโลยีการตัดที่แม่นยำเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและเป็นไปตามข้อกำหนดของตลาด.

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษา จากเคสกรณีศึกษาจากงานวิจัยต่อไปนี้ การสร้างแผนการตัดวัสดุ ก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง และศึกษาโจทย์ปัญหาการตัดของงานวิจัย “การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ : กรณีศึกษาโรงงานอลูมิเนียม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี” และการประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงสำหรับการควบคุมการตัดเหล็ก รูปพรรณ โดยใช้โปรแกรม MATLAB ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดและสร้างแบบแผนการตัดเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติ อาศัยหลักการ Linear Programing มาเปรียบเทียบกับวิธีเทคนิคต่าง ๆ ที่แตกต่างจากงานวิจัยที่ศึกษา ทั้งนี้ยังสามารถนำวิธีที่ใช้ในการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติโดยใช้โปรแกรม MATLAB ที่ได้ศึกษาและพัฒนาขึ้นไปใช้ เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาและแนวทางการแก้ปัญหาในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีปัญหา เกี่ยวกับการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ เพื่อหารูปแบบการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติที่เหมาะสม และลดการสูญเสียในกระบวนการผลิต

1.2.2 เพื่อหาผลลัพธ์การตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติและประสิทธิภาพในการตัดที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม MATLAB

1.3 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

สำหรับวัสดุเชิงเส้น หรือ one-dimensional materials คือวัสดุประเภทต่าง ๆ ที่มีลักษณะการใช้งานตามหน่วยปริมาณความยาวเป็นแบบมิติเดียวหรือเชิงเส้น ได้แก่ เหล็กเส้น เหล็กรูปพรรณ ไม้ท่อน ไม้แผ่น ท่อเหล็ก ท่อ PVC เป็นต้น วัสดุเหล่านี้เป็นกลุ่มหลักที่สำคัญในอุตสาหกรรมก่อสร้างและอุตสาหกรรมการผลิตอื่น ๆ มีหลากหลายประเภท และใช้ในปริมาณมาก แต่จะมีลักษณะการใช้งานแบบเดียวกันคือ วัสดุเชิงเส้นเหล่านี้จะจัดจำหน่ายในความยาวมาตรฐาน เช่น เหล็กเส้นจำหน่ายที่มีความยาว 10 เมตร เหล็กรูปพรรณที่มีความยาว 6 เมตร หรือ 10 เมตร โดยการใช้งานจะต้องนำมาตัดออกเป็นท่อน ๆ ตามความยาวที่ต้องการใช้ ซึ่งปกติจะมีเศษเหลือจากการตัด (Trim loss) เป็นท่อนที่มีความยาวสั้นกว่าและไม่ได้ตามต้องการเป็นจำนวนมาก และศึกษาอยู่ในขอบเขตของงานวิจัย การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง โดยมีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ว่ามีรูปแบบที่ดีกว่า รวมไปถึงงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 1.2 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

โดยใช้กรณีตัวอย่างจาก ตัวอย่างปัญหาการตัดวัสดุจากงานวิจัยในไทยและต่างประเทศ ที่จะเลือกมาอย่างเหมาะสมทั้งขนาดและประเภทของงาน เพื่อให้สามารถใช้เป็นตัวแทนของกรณีที่จะเกิดขึ้นทั่ว ๆ ไปได้

1.4 แผนการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแผนการตัดวัสดุหนึ่งมิติโดยเป็นการนำค่าโจทย์ปัญหาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาหาค่าที่เหมาะสมที่สุดใหม่ด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งศึกษาจากงานวิจัยต่อไปนี้

1.4.1 ศึกษาวิเคราะห์ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติและวิธีการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติโดยเลือกกรณีศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 การศึกษาและทดสอบวิธีการคำนวณการตัดวัสดุเชิงเส้นใน MATLAB.

1.4.3 การพัฒนาโปรแกรม MATLAB ที่สามารถรับข้อมูลวัสดุและคำนวณการตัดให้เป็นท่อนที่มีความยาวตามความต้องการ.

1.4.4 การทดสอบและปรับปรุงโปรแกรมในสถานการณ์จริงในอุตสาหกรรม.

1.4.5 การวิเคราะห์ผลลัพธ์และการเปรียบเทียบกับรูปแบบการตัดแบบเดิม.

1.4.6 ศึกษาโจทย์ปัญหาการตัดของงานวิจัย “การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไข ปัญหาการตัดวัสดุ : กรณีศึกษาโรงงานอูมิเนียม อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี และศึกษา โจทย์ปัญหาการตัดของงานวิจัย “การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงาน ก่อสร้าง”

1.4.7 ทดลองใช้และประเมินผลความสำเร็จของโปรแกรม MATLAB จากรายละเอียด ขั้นตอนการดำเนินโครงการและผลลัพธ์ของแต่ละขั้นตอนในหัวข้อระเบียบวิธีวิจัยข้างต้น ได้ทำการ

ประมาณระยะเวลาของแต่ละขั้นตอน และวางแผนการดำเนินงานโดยได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.3 ดังต่อไปนี้

รายการของการวิจัย	พฤษภาคม				มิถุนายน				กรกฎาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้อยู่ จากกรณีตัวอย่างงานวิจัย												
2. ทบทวนพัฒนาการของโมเดลในการแก้ไขปัญหา รวมถึงวิธีการแก้ปัญหา												
3. พัฒนาโค้ดคำสั่ง MATLAB ที่สามารถคำนวณการตัดวัสดุเชิงเส้นอย่างแม่นยำ.												
4. พัฒนาโปรแกรมต้นแบบ (Prototype) ด้วยและประเมินผลความสำเร็จของโปรแกรม MATLAB												
5. ทดลองนำไปใช้แก้ปัญหาจากเคสกรณีศึกษา												
6. เผยแพร่ความรู้จากงานวิจัย												

รูปที่ 1.3 แผนงานการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้โปรแกรมออกแบบการตัดวัสดุเชิงเส้นที่มีประสิทธิภาพ
- 1.5.2 สามารถลดต้นทุนในกระบวนการตัดวัสดุเชิงเส้นได้
- 1.5.3 สามารถลดระยะเวลาในการออกแบบการตัดของวัสดุเชิงเส้นได้
- 1.5.4 สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ (%Utilization) ในแต่ละคำสั่งซื้อได้

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาการตัดวัสดุ

ปัญหาการตัดวัสดุ (Cutting Stock Problem) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น การตัดเหล็กเส้น เมื่อมีเหล็กเส้นที่มีความยาวที่มีความยาวคงที่อยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าเป็นวัตถุดิบขนาดมาตรฐาน อุตสาหกรรมต่าง ๆ ย่อมต้องการใช้เหล็กที่มีความยาวและจำนวนที่แตกต่างกันออกไป ความยาวเหล่านี้นั้นเรียกว่า ความยาววัตถุดิบย่อย จึงเกิดคำถามที่ว่าควรจะตัดเหล็กเส้นขนาดมาตรฐานอย่างไร เพื่อให้ได้ออกมาเป็นขนาดย่อยตามจำนวนที่ต้องการ โดยให้เกิดความสูญเสียเศษวัตถุดิบที่ต่ำที่สุด ซึ่งสามารถแก้ได้ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (Dyckhoff, H., 1981)

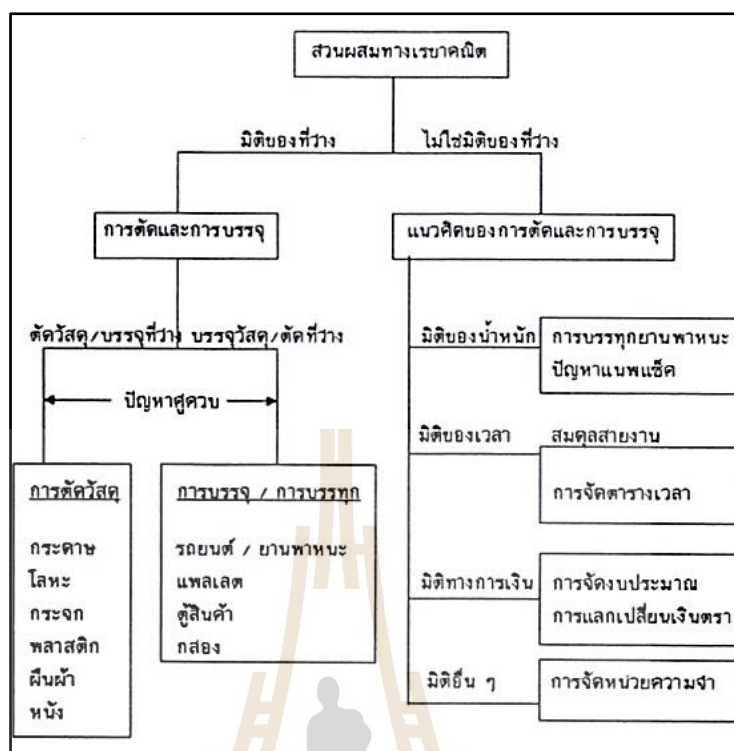
ในอดีตปัญหาการตัดวัสดุเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้างมีมาตั้งแต่ยุคอดีต การตัดวัสดุเชิงเส้นเป็นกระบวนการที่สำคัญในการสร้างสินค้าหลายชนิด เช่น สร้างอาคาร, เฟอร์นิเจอร์, รถ, และผลิตภัณฑ์โลหะและไม้ต่างๆ ซึ่งยุคก่อนมีคอมพิวเตอร์ การตัดวัสดุมักเรียกใช้งานด้วยการใช้คนและความชำนาญของช่างตัด ซึ่งเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและต้องมีการวางแผนและความสามารถในการตัดวัสดุอย่างมืออาชีพ โดยการเข้ามาของคอมพิวเตอร์ ทำให้มีเปลี่ยนแปลงวิธีการแก้ปัญหาการตัดวัสดุที่เปลี่ยนไป โปรแกรมคอมพิวเตอร์เริ่มถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการวางแผนการตัดและลดการสูญเสียในกระบวนการตัด ในปัจจุบันมีการพัฒนาการ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถคำนวณแผนการตัดที่เหมาะสมและลดการสูญเสียในกระบวนการตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในปัญหาการตัดวัสดุ เช่น งานวิจัยในการสร้างแผนการตัดเชิงเส้นมุ่งสู่การพัฒนาขั้นตอนและโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยในการวางแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดการสูญเสียและค่าใช้จ่ายในกระบวนการตัดหรือ การใช้ Machine Learning และ AI การใช้เทคโนโลยี Machine Learning และ Artificial Intelligence เพื่อสร้างระบบปรับปรุงแผนการตัดวัสดุตามเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพและการประเมินอิสระที่สูงขึ้น การใช้งาน Software ที่มีการพัฒนาซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่ช่วยในการแก้ปัญหาการตัดวัสดุ ซอฟต์แวร์เหล่านี้มักมีอินเทอร์เฟซกราฟิกและการจัดการข้อมูลที่เป็นมาตรฐาน และวิธีการแก้ปัญหาการตัดวัสดุนั้นมีให้สูญเสียวัสดุต่ำที่สุด โดยใช้ทฤษฎีเชิงโปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programing) ซึ่งทำให้ปัญหาและวิธีการนี้เป็นที่น่าสนใจกันอย่างกว้างขวางในเวลาต่อมา Sweeney และ Paternoster ได้ทำการศึกษาและรวบรวมงานวิจัยรวมทั้งการประยุกต์ใช้ในปัญหาลักษณะนี้ได้มากกว่า 500 งาน นั่นเป็นเพราะว่าปัญหาการตัดวัสดุนั้นมีกันอย่างมากมายในหลากหลายอุตสาหกรรม การได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพผลในการแก้ปัญหาที่มีผลโดยตรงกับต้นทุนอย่างมากและวิธีการนี้มีศักยภาพและงานต่อการนำไปประยุกต์กับปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกัน ที่สุด

จนเป็นปัญหาการบรรจุ (Packing Problem) ซึ่งเริ่มมีการศึกษาราวปีคริสต์ศักราช 1970. การแก้ปัญหาการตัดวัสดุเป็นการทำงานที่สำคัญในหลายอุตสาหกรรมและมีความเป็นมาที่ยาวนาน การทำงานวิจัยและพัฒนาในด้านนี้มีประโยชน์ในการลดค่าใช้จ่ายและการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงขึ้นในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

2.2 ลักษณะปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติ

ปัญหาการตัดวัสดุจัดเป็นหนึ่งในปัญหาการวิจัยดำเนินงาน โดยประเภทของปัญหาสามารถแบ่งได้ด้วยการกำหนดสัญลักษณ์ตามลักษณะโครงสร้างทางตรรกะของปัญหา เช่น Cutting Stock and Trim Loss, Bin Packing, Packing and Depletion, Strip Packing, Vector Packing, Template Layout, Coil Slitting, Placement, Knapsack Problem, Vehicles Loading, Pallet Loading, Container Loading, Cargo, Assortment, Nesting, Partitioning problem, Capital Budgeting and Change Making, Memory Allocation, Multiprocessor Scheduling Problem, และ Dyckhoff (1981) ได้พบว่าโครงสร้างทางตรรกะของลักษณะปัญหาแบบนี้ จากการจัดกลุ่มประเภทของปัญหาการตัดและการบรรจุ (Classification of Cutting Stock&Packing Problems) ดังในรูปที่ 2.1





รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตของปัญหาการตัดและการบรรจุ (Dyckhoff, 1981)

ปัญหาการตัดวัสดุคงคลัง (Cutting Stock Problems: CSP) คือกลุ่มปัญหาหนึ่งที่เป็นแขนงหนึ่งของปัญหาการตัดและจัดเก็บ (Cutting and Packing Problems: C&P) ที่มีความหลากหลายแต่จุดร่วมคล้ายกันอันหนึ่ง สามารถพิจารณาความแตกต่างของประเด็นปัญหาและแตกแขนงออกไปเป็นกลุ่มปัญหาย่อยจำนวนมาก ซึ่งมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป (Dyckhoff, 1990) ได้แก่ ปัญหาการบรรจุกล่อง (Bin Packing Problems) ปัญหากระเป๋าเป้ (Knapsack Problems) ปัญหาการจัดเรียงรถบรรทุกหรือตู้สินค้า (Vehicle Loading, Container Loading) เป็นต้น ซึ่ง CSP อาจพิจารณาวัตถุใน 1 มิติ หรือมากกว่า ทั้งนี้การทบทวนวรรณกรรมในบทนี้จะเลือกเฉพาะวัตถุ 1 มิติหรือวัตถุเชิงเส้นเท่านั้น ซึ่งเป็นขอบเขตของการวิจัยนี้ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ CSP มีอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เนื่องจาก CSP เป็นปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นได้ในหลากหลายอุตสาหกรรม และเป็นประเด็นที่มีผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนหรือกำไรของธุรกิจ จึงเป็นแรงผลักดันให้มีการแก้ปัญหา ซึ่งคำตอบที่ได้จะสามารถนำไปปฏิบัติและผลประโยชน์ที่ได้รับจะเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม (Haessler and Sweeney, 1991)

เนื่องจากความหลากหลายของปัญหาตัดและจัดเก็บ (C&P) (Dyckhoff, 1990) จึงได้ทำการจำแนกประเภทของ C&P ออกอย่างเป็นระบบด้วยการใช้ลักษณะเฉพาะที่สำคัญ 4 ประการดังต่อไปนี้

1. มิติของวัตถุ (Dimensionality) โดยใช้ตัวเลขหรือตัวอักษรเป็นสัญลักษณ์ แบ่งออกได้เป็น
 - (1) หมายถึง วัตถุ 1 มิติ หรือวัสดุเชิงเส้น
 - (2) หมายถึงวัตถุ 2 มิติ

(3) หมายถึงวัตถุ 3 มิติ

(N) หมายถึงวัตถุมากกว่า 3 มิติขึ้นไป (N-dimensional)

2. ลักษณะการมอบหมาย C&P เป็นเสมือนการจัดการมอบหมายวัตถุขนาดใหญ่กับวัตถุขนาดเล็ก แบ่งออกได้เป็น

(B) หมายถึง การมอบหมายวัตถุขนาดใหญ่ทั้งหมดที่กำหนด (All large items) ด้วยวัตถุขนาดเล็กที่ไม่จำกัด (Unlimited small items)

(V) หมายถึง การมอบหมายวัตถุขนาดใหญ่ที่ไม่จำกัด (Unlimited large items) ด้วยวัตถุขนาดเล็กทั้งหมดที่กำหนด (All small items)

3. ขนาดคละของวัตถุขนาดใหญ่ แบ่งออกได้เป็น

(O) หมายถึง มีวัตถุขนาดใหญ่เพียงชิ้นเดียว

(I) หมายถึง มีวัตถุขนาดใหญ่ที่มีขนาดเท่ากันจำนวนหลายชิ้น

(D) หมายถึง มีวัตถุขนาดใหญ่ที่มีขนาดต่าง ๆ กัน

4. ขนาดคละของวัตถุขนาดเล็ก แบ่งออกได้เป็น

(F) หมายถึง มีวัตถุขนาดเล็กที่มีขนาดต่าง ๆ กัน จำนวนเพียงไม่กี่ชิ้น

(M) หมายถึง มีวัตถุขนาดเล็กที่มีขนาดต่าง ๆ กัน แต่ละขนาดมีเป็นจำนวนมาก

(R) หมายถึง มีวัตถุขนาดเล็กที่มีขนาดต่างกันเพียงไม่กี่ขนาด แต่ละขนาดมีเป็นจำนวนมาก

(C) หมายถึง มีวัตถุขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว เป็นจำนวนมาก

ด้วยการจำแนกประเภทของปัญหาด้วยลักษณะเฉพาะที่สำคัญ 4 ประการนี้ จะทำให้ได้ประเภทปัญหารูปแบบต่าง ๆ ได้ถึง 96 ประเภท ($4 \times 2 \times 3 \times 4 = 96$) ซึ่งเพื่อความสะดวกในการบ่งชี้ประเภท จึงใช้ระบบสัญลักษณ์ () แสดงถึงลักษณะเฉพาะที่สำคัญทั้ง 4 ตามลำดับ (Dyckhoff, 1990) หากพิจารณาแบ่งประเภทตามที่ Dyckhoff (1990) กำหนดระบบขึ้นนี้ จะได้ว่า One dimensional cutting stock problem (1D-CSP) ที่เป็นเป้าหมายของการวิจัยนี้จัดอยู่ในปัญหาประเภท (1/V/I/R)

ส่วนปัญหากระเป๋ายัด 1 มิติ (Classical One-dimensional knapsack problem) จะเขียนสัญลักษณ์ประเภทได้เป็น (1/B/O/) และปัญหาการบรรจุกล่อง 1 มิติ (Classical One-dimensional bin-packing problem) มีสัญลักษณ์ประเภทคือ (1/V/I/M) งานวิจัยล่าสุดของ Wäscher et al. (2007) ได้วิจารณ์ข้อบกพร่องของการจำแนกประเภทปัญหา C&P ของ Dyckhoff (1990) และได้ทำการปรับปรุงวิธีการจำแนกประเภทใหม่ให้ชัดเจนขึ้น โดยพวกเขาได้พิจารณาจุดร่วมทั่วไปของปัญหา C&P และจุดต่างที่เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่ม ปัญหาย่อย ลักษณะร่วมทั่วไปของปัญหา C&P คือการจัดการกับวัสดุสองกลุ่มหลัก ได้แก่

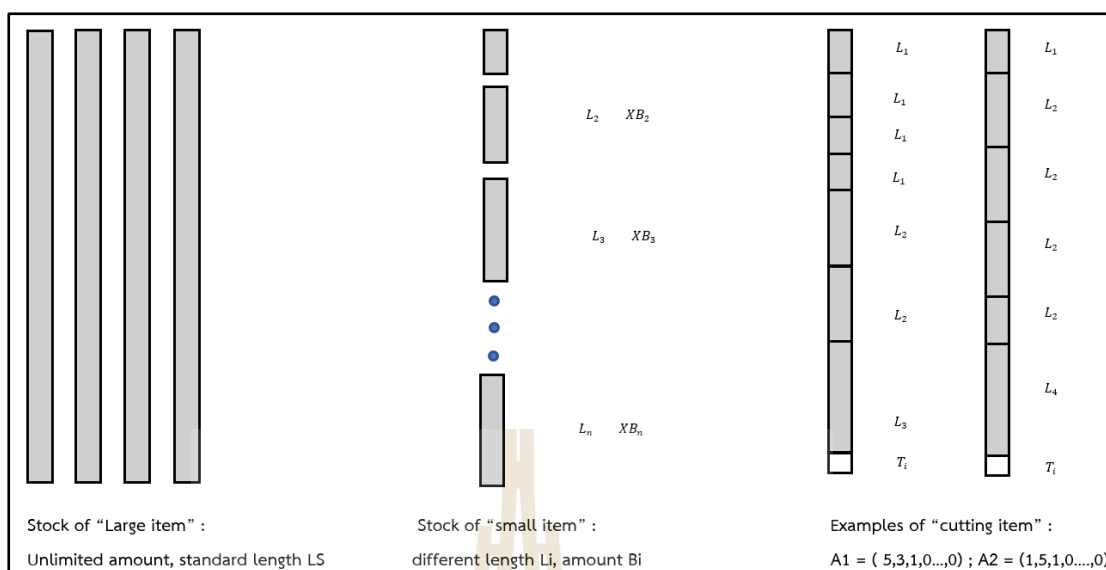
1. วัสดุขนาดใหญ่ (Large objects) ที่ใช้เป็นวัสดุคงคลัง หรือ input หรือ supply ของปัญหา

2. วัสดุขนาดเล็ก (Small items) ที่ใช้เป็นรายการความต้องการ หรือ output หรือ demand ของปัญหา

ด้วยการเลือก small items บางส่วน หรือทั้งหมด จัดกลุ่มย่อย ๆ ของวัสดุเหล่านี้ แล้วทำการมอบหมายให้กับ large objects โดยที่ต้องไม่เกินกว่าขีดความสามารถของ large objects และ

small items ในกลุ่มย่อยๆนี้ต้องไม่ซ้อนทับกัน (Do not overlap) การจำแนกประเภทปัญหา C&P ที่ปรับปรุงใหม่โดย Wäscher et al. (2007) ด้วยการใช้ลักษณะเฉพาะที่สำคัญ 5 ประการ ดังต่อไปนี้

1. มิติของวัสดุได้แก่ 1, 2, 3, และ >3 มิติ
2. ลักษณะการมอบหมาย ระหว่างวัสดุ large objects กับ small items แบ่งเป็น 2 รูปแบบ ที่ชัดเจนคือ Output value maximization คือ การมอบหมายที่มี large objects ไม่เพียงพอสำหรับ small items ทั้งหมด ดังนั้น large objects ทั้งหมดจะต้องถูกใช้ จึงไม่ต้องคัดเลือก ทั้งนี้ประเด็นสำคัญคือการคัดเลือก small items เพื่อให้เกิดเป็นผลลัพธ์สูงสุดของการมอบหมาย Input value minimization คือ การมอบหมายที่มี large objects มากเพียงพอสำหรับ small items ทั้งหมด ดังนั้น small items ทั้งหมดจะต้องถูกใช้ หรือถูกจัดกลุ่มย่อยๆของ small items เพื่อเตรียมมอบหมายให้กับ large objects ทั้งนี้ประเด็นสำคัญคือการมอบหมายกลุ่มย่อยเหล่านี้ให้เกิดการใช้ input ของ large objects ที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้คำว่า “value” เป็นคำกว้างๆที่อาจหมายถึง ต้นทุน กำไร หรือปริมาณวัสดุ ก็ได้
3. ขนาดคละของวัสดุขนาดเล็ก เพื่อให้เกิดความชัดเจนขึ้นจึงแบ่งออกได้เป็น Identical small items หมายถึง มีขนาดเท่ากันทั้งหมด Weakly heterogeneous assortment หมายถึง มีวัตถุนขนาดเล็กที่มีขนาดต่างกันเพียงไม่กี่ขนาด แต่ละขนาดมีเป็นจำนวนมาก Strongly heterogeneous assortment หมายถึง มีวัตถุนขนาดเล็กที่มีขนาดหลากหลายต่าง ๆ กัน แต่ละขนาดจำนวนเพียงไม่กี่ชิ้นหรือมีเป็นจำนวนมาก
4. ขนาดคละของวัสดุขนาดใหญ่ แบ่งออกได้เป็น One large object ซึ่ง dimensions ทั้งหมด ถูกกำหนดขนาดไว้แล้ว หรืออาจมีบาง dimension ยังไม่ได้กำหนดขนาด Several large objects ซึ่ง dimensions ทั้งหมด ถูกกำหนดขนาดไว้แล้ว แบ่งออกได้เป็น Identical large objects Weakly heterogeneous assortment Strongly heterogeneous assortment
5. รูปร่างของวัสดุขนาดเล็ก ซึ่งอาจเป็น สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม ทรงกระบอก ทรงกลม หรือปริซึม ปัญหาทั่วไปการตัดวัสดุคงคลังเชิงเส้น (Classical 1D-CSP) คือกลุ่มปัญหาทั่วไปที่มีวัสดุคงคลังเชิงเส้น (1 มิติ) และมีความยาวมาตรฐาน LS จำนวนไม่จำกัด โดยมีความต้องการตัดวัสดุนี้ออกเป็นท่อนที่มีความยาวต่าง ๆ กัน จำนวน n ความยาว ($L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$) แต่ละความยาวต้องการเป็นจำนวนหลาย ๆ ท่อน ($B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$) ตามลำดับ ซึ่งการตัดวัสดุนี้ออกเป็นท่อนตามที่ต้องการจะใช้แบบแผนการตัด (Cutting pattern) โดยแบบแผนการตัดแต่ละแบบจะเป็นการจัดท่อนที่มีความยาวต่าง ๆ กัน จำนวนต่าง ๆ กัน เพื่อให้มีผลรวมความยาวไม่เกินกว่าความยาวมาตรฐาน แบบแผนการตัดแบบที่ j ใดๆคือ $A_j = (a_{1j}, a_{2j}, a_{3j}, \dots, a_{nj})$ โดยที่ a_{ij} คือจำนวนท่อนของการตัดที่มีความยาว L_i ดังนั้น a_{ij} จึงเป็นจำนวนเต็มตั้งแต่ศูนย์ขึ้นไป โดยที่การตัดวัสดุตามแบบแผนการตัดแบบที่ j นี้ อาจทำให้เกิดเศษการตัด (trim losses) (T_j) ที่มีความยาวท่อนสั้นกว่าความยาวที่ต้องการที่สั้นที่สุด ($0 < T_j < \min[L_i]$) มีเป้าหมายของการแก้ปัญหาคือเพื่อหาแบบแผนการตัดที่ดีที่สุดที่ทำให้เกิดผลรวมของเศษการตัดน้อยที่สุด (Vahrenkamp, 1996) แสดงแผนภาพของ CSP ได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะทั่วไปของปัญหาการตัดวัสดุคงคลังเชิงเส้น

ตารางที่ 2.1 ประเภทของปัญหาการตัดและการบรรจุ (นราธิป แสงชัย, 2550)

ลักษณะของปัญหา	ประเภทของปัญหา
(Classical) Knapsack problem	1/B/O/-
Pallet Loading problem	2/B/O/C
More-dimensional knapsack problem	N/B/O/-
Dual-bin packing problem	1/B/O/M
Vehicle loading problem	1/V/I/F, 1/V/IM
Container loading problem	3/V/I, 3/B/O/-
(Classical) bin packing problem	1/V/I/M
(Classical) Cutting stock problem	1/V/I/M
2-dimension Bin Stock problem	1/V/I/R
2-dimension Cutting Stock problem	2/V/I/R
General Cutting problem	1/-/-/-, 2/-/-/-, 3/-/-/-
Trim loss problem	
Assembly line balancing problem	1/V/I/M
Multi-processor scheduling problem	1/V/I/M
Memory allocation problem	1/V/I/M
Change making problem	1/B/O/R
Muti-period capital budgeting problem	N/B/O/-

2.2.1 สมการทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดลักษณะหนึ่งมิติ

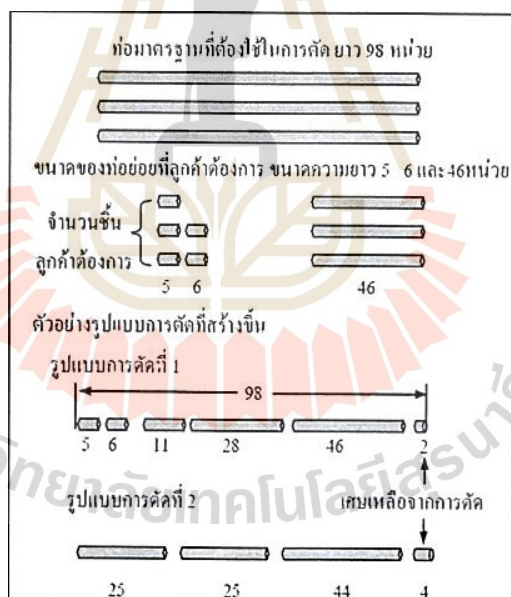
ปัญหาการตัดลักษณะหนึ่งมิตินั้นเป็นการตัดวัสดุขนาดมาตรฐานให้ได้ตามจำนวนที่ลูกค้าต้องสั่งให้ทางโรงงานหรือไซต์ก่อสร้าง และผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติจำนวน d_i ชิ้น โดยมีขนาดความยาว $l_i, i = 1, \dots, n$ โดยที่ต้องการใช้วัสดุคงคลังมาตรฐานในการตัด หรือต้องการให้เกิดเศษเหลือจากการตัดให้น้อยที่สุด Gilmore and Gomory (1996) เสนอวิธีการใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงโดยใช้ปัญหาแน็ปแซค (Knapsack Problem) ในการสร้างสดมภ์ (Column Generation) หรือการสร้างรูปแบบการตัดใหม่โดยรายละเอียดของแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นตรงกำหนดให้ วัสดุขนาดมาตรฐานมีความยาว L ; $\frac{\text{Max}}{1 \leq i \leq n} l_i \leq L$ เวกเตอร์ของรูปแบบการตัดเป็น $(a_1, a_2, \dots, a_n)$ ที่ประกอบด้วยขนาดความยาว l_1 จำนวน a_1 ชิ้นขนาดความยาว l_2 จำนวน a_2 ชิ้น เป็นต้น ดังนั้น j กำหนดลำดับของรูปแบบการตัด

ดังนั้น

a_{ij} = จำนวนชิ้นงานของขนาดความยาว l_i ที่ตัดด้วยรูปแบบการตัดที่ j

x_j = จำนวนครั้งที่รูปแบบการตัดที่ j ถูกใช้

d_i = จำนวนที่ต้องการของขนาดความยาว l_i



รูปที่ 2.3 ลักษณะการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ (นราธิป แสงซ้าย, 2550)

ในรูปที่ 2.3 จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะรูปแบบของปัญหาการตัดวัสดุ โดยจะแสดงให้เห็นถึงขนาดวัสดุมาตรฐาน ขนาดของความยาวและจำนวนชิ้นที่ลูกค้าต้องการ และตัวอย่างรูปแบบการตัดเราสร้างขึ้น จากปัญหารูปแบบดังกล่าว สามารถกำหนดเป็นปัญหาจำนวนเต็มเชิงเส้นตรงขนาดใหญ่ได้ ดังนี้

สมการเป้าหมาย $Min Z = \sum_{j=1}^m c_j x_j$

เงื่อนไข $\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \geq D_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$

$x_j \geq 0$ และเป็นจำนวนเต็ม

โดยที่ $c_j =$ ต้นทุนต่อหน่วยของวัสดุคงคลังมาตรฐาน L_j

$x_j =$ จำนวนวัตถุดิบคงคลังมาตรฐาน L_j ที่ใช้ในการตัด

$a_{ij} =$ จำนวนท่อนที่ใช้ได้จากการตัดขนาดความยาว l_i โดยตัดจาก
ขนาดมาตรฐาน L_j

$D_i =$ จำนวนความต้องการของขนาดความยาว l_i

$n =$ จำนวนความหลากหลายของขนาด l_i

$m =$ จำนวนความหลากหลายของขนาดมาตรฐาน L_j

2.2.2 การประยุกต์เทคนิคการสร้างสมการ (Column Generation) เพื่อช่วยในการค้นหา รูปแบบการตัดใหม่

เทคนิคการสร้างสมการเป็นเทคนิคเพื่อช่วยค้นหารูปแบบการตัดใหม่ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและบรรลุผลมากกว่าวิธีอื่น ๆ (นิธิช สรรพอาษา, 2551) เริ่มต้นจากกลุ่มของรูปแบบการตัดที่เป็นส่วนประกอบของตัวแบบแล้วทำงานแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมเชิงเส้นตรง และเลือกรูปแบบการตัดที่ถูกต้อง เข้ามาใช้หาค่าต้นทุนควบคู่ ไปตั้งเป็นสัมประสิทธิ์ของปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ ซึ่งมีเงื่อนไขผลรวมความยาวของวัตถุดิบที่ตัดต้องไม่เกินความยาวของวัตถุดิบขนาดมาตรฐาน ปัญหาของโปรแกรมเชิงเส้นตรงและปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ จะถูกแก้จนกว่าจะไม่สามารถสร้างรูปแบบการตัดที่ปรับปรุงค่าตอบได้

Gilmore and Gomory (1961) ได้ทำการวิจัยเพื่อแก้ปัญหานี้ โดยการคิดค้นวิธีการที่จะเลือกรูปแบบการตัดที่เป็นส่วนประกอบของตัวแบบ แล้วทำการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นตรง และได้ค่าต้นทุนควบคู่ (Dual-Prices หรือ Shadow-Prices) ที่ได้ ไปแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ เพื่อหารูปแบบการตัดที่ดีต่อไป

สามารถกำหนดเป็นปัญหามูลค่าเต็มเชิงเส้นตรงขนาดใหญ่ได้ (ปัญหาหลัก) ดังนี้

สมการเป้าหมาย สมการเป้าหมาย $Min Z = \sum_{j=1}^m c_j x_j$

เงื่อนไข $\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \geq D_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$

$x_j \geq 0$ และเป็นจำนวนเต็ม

โดยที่ $c_j =$ ต้นทุนต่อหน่วยของวัสดุคงคลังมาตรฐาน L_j

$x_j =$ จำนวนวัตถุดิบคงคลังมาตรฐาน L_j ที่ใช้ในการตัด

$a_{ij} =$ จำนวนท่อนที่ใช้ได้จากการตัดขนาดความยาว l_i โดยตัดจาก
ขนาดมาตรฐาน L_j

$D_i =$ จำนวนความต้องการของขนาดความยาว l_i

$n =$ จำนวนความหลากหลายของขนาด l_i

$m =$ จำนวนความหลากหลายของขนาดมาตรฐาน L_j

การคำนวณโดยใช้เทคนิคการสร้างสมการ (ปัญหาย่อย)

สมการเป้าหมาย $\text{Max } Z = \sum_{j=1}^m c_j x_j$

เงื่อนไข $\sum_{i=1}^n l_i a_i \leq L_i$

$a_i \geq 0$ และเป็นเลขจำนวนเต็ม

โดยที่ π_i = ค่าต้นทุนควบคู่ (Dual-Prices หรือ Shadow-Prices)

$a_i \geq 0$ เป็นจำนวนท่อนที่ได้จากการตัดขนาดความยาว l_i (รูปแบบการตัดครั้งที่ i)

l_i = ความยาวขนาดที่ต้องการ

L_j = ความยาววัตถุดิบขนาดมาตรฐาน

รูปแบบปัญหานี้เป็นปัญหาแบบการบรรจุใส่กล่อง ถ้าค่าสูงสุดเป็น Z ในกรณีที่ $Z > 1$ จะต้องกำหนดรูปแบบการตัดเพิ่มเติมแล้วการคำนวณใหม่ แต่ถ้า $Z < 1$ แสดงว่าคำตอบที่ได้ดีที่สุดแล้ว

2.3 โมเดลปัญหาการตัดวัสดุคงคลังเชิงเส้น

โมเดลปัญหาการตัดวัสดุคงคลังเชิงเส้น (Cutting Stock Problem) เป็นหนึ่งในปัญหาการคำนวณที่มีการประยุกต์ใช้ในการจัดการคลังสินค้าและการผลิต โดยปัญหานี้มุ่งเน้นการตัดชิ้นส่วนหรือวัสดุเพื่อสร้างผลผลิตหรือชิ้นงานใหม่โดยใช้วัตถุดิบจากคลังสินค้าหรือสต็อกที่มีอยู่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายหรือการสูญเสียวัสดุ โดยใช้มาตรฐานที่กำหนดในการตัดวัสดุเหล่านั้นอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ในปี 1957 ปัญหาการตัดวัสดุคงคลังเชิงเส้นถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย L.E. Gilmore และ R.E. Gomory ในบทความ "A Linear Programming Approach to the Cutting Stock Problem" ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ทำให้ปัญหานี้กลายเป็นหนึ่งในประเด็นสำคัญในการคำนวณเชิงเส้นและการจัดการคลังสินค้าและต่อมาใน 1961 การแก้ปัญหาคutting stock problem ได้ถูกพัฒนาให้มีเครื่องคำนวณคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิธีการแก้ปัญหาคutting stock problem ทำให้สามารถแก้ปัญหาคutting stock problem ได้มากขึ้น นี่เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้การแก้ปัญหาคutting stock problem เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นจนกระทั่งปี 1990 ปัญหาการตัดวัสดุคงคลังเชิงเส้นกลายเป็นหนึ่งในปัญหาการคำนวณที่น่าสนใจในสาขาการวิจัยด้านคณิตศาสตร์การคำนวณและการวิจัยด้านการจัดการ มีการพัฒนาและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาคutting stock problem ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย

ปัจจุบันปัญหาการตัดวัสดุคงคลังเชิงเส้นมีการนำไปใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการผลิต, อุตสาหกรรมกระบวนการตัด, การจัดการคลังสินค้า, การจัดส่งสินค้า และอื่น ๆ การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการแก้ปัญหานี้ได้มาช่วยในการทำให้กระบวนการตัดวัสดุมีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดค่าใช้จ่ายในการผลิตและจัดส่งสินค้าลงได้มาก, แผ่นวิทยาศาสตร์, และอุตสาหกรรมการผลิตอื่น ๆ ที่ต้องตัดวัสดุเป็นชิ้นย่อยเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์.

ยกตัวอย่างเช่น ข้อกำหนดอาจจะระบุว่าต้องใช้ไม้ไม่เกินจำนวนวัสดุที่มีในคลัง หรือต้องการผลผลิตในจำนวนที่แน่นอน หรือข้อกำหนดการตัดวัสดุต้องเป็นไปตามลำดับของสินค้าที่ต้องการผลิต.

Decision variable: Y_j

Objective function: Minimize $\sum_j (T_j Y_j)$

1. ข้อจำกัดด้านความต้องการ: $(\sum_j (A_j Y_j)) = B_i$ สำหรับ i ตั้งแต่ 1 ถึง n
2. ข้อจำกัดจำนวนเต็มบวก: $B_i \geq 0$ และ $Y_j \in N$

โดยที่ :

Y_j คือจำนวนครั้งการจัดวัสดุคงคลังตามแบบแผน A_j สำหรับ j ตั้งแต่ 1 ถึง m

T_j คือเศษการตัดแบบแผน A_j ซึ่ง $T_j = LS - \sum_i a_{ij} L_i$ และ $0 < T_j < \text{Min}[L_i]$

ในขณะที่แบบแผนการตัดวัสดุใด ๆ ที่ใช้ $A_j = (a_{1j}, a_{2j}, a_{3j}, \dots, a_{nj})$ จะต้องเป็นแบบแผนที่เป็นไปได้ (feasible cutting patterns) ซึ่ง $\sum_i a_{ij} L_i \leq LS$

โดย a_{ij} คือ จำนวนท่อนของการตัดท่อนความยาว L_i ของแบบแผนการตัด A_j ซึ่ง $a_{ij} \geq 0$

L_i คือ ขนาดความยาวที่ต้องการ สำหรับ i ตั้งแต่ 1 ถึง n

B_i คือ จำนวนท่อนของความยาว L_i ที่ต้องการ

LS คือ ขนาดความยาวของวัสดุคงคลัง

N คือ เซตของจำนวนนับ

ปัญหา One-Dimensional Bin Packing Problem (1D-BPP) เป็นหนึ่งในปัญหาการจัดแบบครบก้น (bin packing problem) ที่เน้นการจัดวัตถุลงในถาดหรือกล่องที่มีขนาดและความจุจำกัดให้มีประสิทธิภาพที่สุด โดยใช้หลักการง่าย ๆ คือการจัดเรียงวัตถุในแถวเดียว โดยมีขนาด (ยาว) แตกต่างกันไปลงในถาดเพื่อให้ใช้พื้นที่ในถาดหรือถาดให้เหลือน้อยที่สุด โดยที่ไม่เกินความจุของถาด ปัญหานี้มีลักษณะที่น่าสนใจเพราะมีการประยุกต์ใช้ในหลายสถานการณ์ต่าง ๆ รวมถึงในด้านคอมพิวเตอร์ซึ่งมีแนวโน้มในการจัดรูปแบบข้อมูลหรือสถานที่เก็บข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ.

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 1D-BPP ได้แก่ "Teaching-Learning-Based Optimization Algorithm for the One-Dimensional Bin Packing Problem" โดย Dutta, S., & Chaudhuri, K. (2019) และ "A Comparative Analysis of Different Algorithms for One-Dimensional Bin Packing Problem" โดย Boussier, J., & Siala, M. (2015) ซึ่งเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา 1D-BPP โดยใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น Genetic Algorithm, First Fit, Next Fit, Worst Fit, Best Fit, และวิธีการอื่น ๆ เพื่อหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพในการจัดรูปแบบวัตถุลงในถาดหรือถาด.

ในการแก้ปัญหา 1D-BPP ควรพิจารณาความยาวของวัตถุและความจุของถาดหรือถาดให้รอบด้าน เพื่อคำนวณว่าจะจัดเรียงวัตถุอย่างไรเพื่อให้ใช้พื้นที่ในถาดหรือถาดให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งปัญหานี้อาจใช้แนวทางการแก้ได้หลายวิธีและเครื่องมือต่าง ๆ ที่มีความสามารถในการจัดรูปแบบวัตถุให้อยู่ในถาดหรือถาดให้มีประสิทธิภาพ และสามารถปรับใช้กับสถานการณ์ที่แตกต่างกันได้ ยกตัวอย่างเช่น ในการจัดสินค้าในโกดังสำหรับการจัดส่งหรือในการจัดระบบเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์. อย่างไรก็ตาม หากว่าความยาวที่ต้องการของวัตถุมีเพียงไม่กี่ขนาดและเป็นท่อนยาว ๆ จะจัดว่าเป็นปัญหาระดับ “ยาก” ซึ่งมักจะไม่สามารถหาคำตอบที่ดีได้ด้วยวิธี LP (Hinterding et al. 1994)

2.4 การหาคำตอบที่ดี

การหาคำตอบที่แท้จริง (Optimal solutions) ของปัญหา CSP จะสามารถทำได้เมื่อเป็นปัญหาที่มีจำนวนความยาวที่ต้องการของวัตถุเพียงไม่กี่ขนาด (Small n) ซึ่งมักจะเป็น n ที่น้อยกว่าในทางปฏิบัติ อย่างไรก็ตามการหาคำตอบที่ดี (Approximate optimal solutions) ก็อาจดีเพียงพอสำหรับนำไปใช้ได้ โดยวิธีการหาคำตอบที่ดีเป็นวิธีการที่ใช้ Heuristic procedures ซึ่งมีวิธีการที่นิยมใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ (1) Linear Programming (LP) Relaxation of the Integer Problem (IP) โดยสรุปคือการใช้ LP ในการหาคำตอบเบื้องต้น แล้วจึงปรับเปลี่ยนคำตอบที่ได้ไปเป็นคำตอบที่เป็นจำนวนเต็ม (2) Sequential Heuristic Procedure (SHP) โดยสรุปคือการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีเป็นลำดับเพื่อให้สอดคล้องกับรายการความต้องการส่วนที่ยังเหลือ และจะหยุดสร้างเมื่อรายการความต้องการได้รับการตอบสนองทั้งหมดแล้ว รายละเอียดของทั้งสองวิธีมีดังนี้ (Haessler and Sweeney 1991) นอกจากรายละเอียดของโมเดลปัญหาจะแตกต่างกันออกไปมากมายตามแต่การประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหา (Algorithms) ที่มีอยู่ก็มีย่อยจำนวนมากซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก (Scholl et al., 1997) คือวิธีการในการหาคำตอบที่ดีที่สุดแบบจริง (Exact algorithms) และแบบประมาณ (Approximation algorithms) เนื่องจากปัญหา 1D-CSP และ 1D-BPP เป็นปัญหาประเภท NP-hard การหาคำตอบที่ดีที่สุดแบบจริง อาจทำไม่ได้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน ดังนั้นการหาคำตอบที่ดีที่สุดแบบประมาณจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมกว่า และวิธีการแก้ปัญหาแบบนี้ได้มีการพัฒนาขึ้นมากมาย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น Heuristic และ Stochastic approaches จากการทบทวนงานวิจัยสามารถสรุปรายการตัวอย่างวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่สำคัญได้ดังต่อไปนี้

1. Exact algorithms: Linear programming Relaxation of Integer Programming และ Delayed Pattern Generation Technique เป็นการหาคำตอบโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ ถูกเสนอโดย Gilmore and Gomory (1961 และ 1963)

2. Approximation algorithms: Heuristic approach เป็นการหาคำตอบแบบง่ายและรวดเร็ว ซึ่งจะให้คำตอบที่ดีพอประมาณมี Heuristic หลายวิธีที่ถูกสร้างขึ้น ได้แก่ First fit decreasing (Coffman et al., 1984), Best fit decreasing (Coffman et al., 1984), Next-fit decreasing (Coffman et al., 1984), การสร้างแบบแผนการตัดที่มีประสิทธิภาพดี (Pierce, 1964) และ Sequential Heuristic Procedure (SHP) (Haessler and Sweeney, 1991) Stochastic approach เป็นการหาคำตอบแบบประมาณโดยอาศัย Algorithms ในการค้นหาคำตอบที่ดีที่อยู่ในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด ได้แก่ Randomized pattern selection (Vahrenkamp, 1996), Genetic algorithms (Salem et al., 2007), Evolutionary algorithms (Liang et al., 2002)

2.4.1 LP Relaxation of IP

วิธีการหาคำตอบในกลุ่มนี้ สามารถอ้างอิงย้อนกลับไปถึงงานของ Gilmore and Gomory (1961 และ 1963) ที่ได้รับริเริ่มการใช้วิธีเพิ่มแบบแผนการตัดอันถัดไป (Next pattern) เข้าไปโมเดล LP Linear Programming (LP) Relaxation เป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการตัดวัสดุแบบจำนวนเต็ม (Integer Programming) โดยการแปลงปัญหาจำนวนเต็มเป็นปัญหา

เชิงเส้น (Linear Programming) ซึ่งเป็นปัญหาที่ง่ายกว่าที่สามารถแก้ได้ด้วยวิธีที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้ LP Relaxation ช่วยลดความซับซ้อนของปัญหาและเพิ่มความเร็วในการค้นหาคำตอบ แม้ว่าคำตอบที่ได้จาก LP Relaxation จะเป็นค่าจำนวนจริงแทนที่จะเป็นค่าจำนวนเต็ม (อ้างอิงกับสมการทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดลักษณะหนึ่งมิติ ที่แสดงข้างบน) โดยสามารถสรุปหลักการได้ดังนี้

1. ปัญหาต้นฉบับ (Original Problem) ปัญหาการตัดวัสดุหนึ่งมิติที่ต้องการหาการตัดที่ให้การเสียเปลืองวัสดุน้อยที่สุดโดยคำตอบเป็นจำนวนเต็ม (Integer Solutions) เช่น ปัญหาการตัดวัสดุหนึ่งมิติ อาจเกิดจากความต้องการในอุตสาหกรรม เช่น การตัดเหล็กเส้น หรือวัสดุอื่น ๆ เพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการด้วยการเสียเปลืองน้อยที่สุด โดยต้องมีคำตอบที่เป็นจำนวนเต็ม.

2. LP Relaxation ปัญหาการตัดวัสดุหนึ่งมิติเป็นปัญหา NP-hard ซึ่งยากต่อการแก้ปัญหาโดยตรง ดังนั้น Gilmore และ Gomory ได้เสนอวิธีการละเว้นเงื่อนไขจำนวนเต็ม เพื่อให้ปัญหาสามารถแก้ไขได้ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น.

3. Column Generation ในกระบวนการแก้ปัญห LP Relaxation อาจจะไม่จำเป็นต้องใช้ทุกวิธีการตัด เนื่องจากบางวิธีอาจไม่มีประโยชน์ เราจึงเริ่มด้วยการเลือกเฉพาะบางวิธีตัดเพื่อลดขนาดของปัญหา.

4. Shadow Price (Dual Variables) เป็นข้อมูลสำคัญที่ได้จากการแก้ปัญห LP Relaxation ซึ่งบอกถึงประโยชน์ที่ได้ เมื่อผ่อนคลายเงื่อนไขบางเงื่อนไข ช่วยในการคำนวณความคุ้มค่าของการเพิ่มคอลัมน์ใหม่ (วิธีการตัดใหม่) ในปัญหา.

5. Column Addition หลังจากการแก้ปัญห LP Relaxation จะนำ Shadow Prices มาใช้เปรียบเทียบความคุ้มค่าของคอลัมน์ใหม่ ถ้าคอลัมน์ใหม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของปัญหาได้ จะทำการเพิ่มคอลัมน์เหล่านั้นเข้าปัญหา.

6. Iterative Process กระบวนการนี้จะวนซ้ำ ทุกครั้งที่เพิ่มคอลัมน์ใหม่เราจะแก้ปัญห LP Relaxation ใหม่ และวิเคราะห์ Shadow Prices จนกว่าจะไม่มีคอลัมน์ใดที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของคำตอบได้.

7. Final Solution ผลลัพธ์จากกระบวนการข้างต้นคือคำตอบที่ใกล้เคียงกับปัญหาการตัดสินใจที่เป็นจำนวนเต็ม ซึ่งเนื่องจากมาจากการละเว้นเงื่อนไขจำนวนเต็ม ผลลัพธ์อาจจะต้องถูกปัดเศษหรือปรับปรุงเพื่อให้เป็นจำนวนเต็ม.

2.4.2 Heuristic Algorithms

Heuristic algorithms ที่นำมาใช้ในการหาคำตอบแบบประมาณ (Coffman et al. 1984 โดยการแก้ปัญห Cutting Stock problem คือวิธีการที่สร้างคำตอบใกล้เคียงสำหรับปัญหานี้ โดยไม่ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์แบบหาคำตอบเต็ม การใช้ Heuristic Algorithms ช่วยในการลดเวลาและความยากในการแก้ปัญหที่มีความซับซ้อน เหมาะสำหรับปัญห Cutting Stock problem เนื่องจากมีลักษณะการตัดแบบเชิงคอมบินेटอลที่ท้าทาย นี่คือนตัวอย่าง Heuristic Algorithms ที่ใช้ในการแก้ปัญห Cutting Stock problem:

1. Next fit คือการพิจารณานำท่อนความยาวในลำดับถัดไปของรายการความต้องการ มาตัดด้วยวัสดุคงคลังเส้นปัจจุบันที่กำลังถูกตัดอยู่ (Current stock length) หากวัสดุคงคลัง

เส้นนี้ยังคงเหลือความยาวเกินกว่าท่อนความยาวที่เลือก ก็สามารถทำการตัดต่อได้ แต่หากเหลือความยาวไม่เพียงพอให้ทั้งวัสดุคงคลังเส้นปัจจุบันนี้ และไปเริ่มใช้วัสดุคงคลังเส้นใหม่มาตัดท่อนความยาวที่เลือก

2. First fit คือการพิจารณาท่อนความยาวในลำดับถัดไปของรายการความต้องการ มาตัดด้วยวัสดุคงคลังเส้นที่ถูกตัดก่อนที่สามารถตัดได้ (กลุ่มวัสดุคงคลังเส้นที่ถูกตัดไปแล้ว และยังคงเหลือความยาวเพื่อจะนำมาตัดต่อไป (Leftovers) แต่หากกลุ่มวัสดุคงคลังเส้นที่ถูกตัดไปแล้วไม่ยาวพอสำหรับตัดท่อนความยาวที่เลือก ให้เริ่มใช้วัสดุคงคลังเส้นใหม่มาตัดท่อนความยาวที่เลือก

3. Worst fit คือการพิจารณาท่อนความยาวในลำดับถัดไปของรายการความต้องการ มาตัดด้วยวัสดุคงคลังเส้นที่ถูกตัดไปแล้ว (กลุ่มวัสดุคงคลังเส้นที่ถูกตัดไปแล้วและยังคงเหลือความยาวเพื่อจะนำมาตัดต่อไป) ที่ทำให้เหลือเศษความยาวมากที่สุด แต่หากกลุ่มวัสดุคงคลังเส้นที่ถูกตัดไปแล้วไม่ยาวพอสำหรับตัดท่อนความยาวที่เลือก ให้เริ่มใช้วัสดุคงคลังเส้นใหม่มาตัดท่อนความยาวที่เลือก

4. Best fit คือการพิจารณาท่อนความยาวในลำดับถัดไปของรายการความต้องการ มาตัดด้วยวัสดุคงคลังเส้นที่ถูกตัดไปแล้ว (กลุ่มวัสดุคงคลังเส้นที่ถูกตัดไปแล้วและยังคงเหลือความยาวเพื่อจะนำมาตัดต่อไป) ที่ทำให้เหลือเศษความยาวน้อยที่สุด แต่หากกลุ่มวัสดุคงคลังเส้นที่ถูกตัดไปแล้วไม่ยาวพอสำหรับตัดท่อนความยาวที่เลือก ให้เริ่มใช้วัสดุคงคลังเส้นใหม่มาตัดท่อนความยาวที่เลือกตัวอย่าง

ตัวอย่าง มีรายการท่อนความยาวที่ต้องการเรียงลำดับดังนี้: 15, 8, 10, 6, 12, 5, 9, 7 และ 3 โดยที่ความยาวของวัสดุคงคลังที่ใช้ตัดเท่ากับ 20 หน่วย ใช้วิธี Heuristic Algorithms ต่อไปนี้เพื่อตัดวัสดุ

Next Fit: (15 | 5), (8, 7 | 5), (10, 10 | 5), (6, 9 | 5), (12 | 8), (5, 3 | 7)

First Fit: (15 | 5), (8, 12 | 8), (10, 5 | 5), (6, 9 | 7), (7, 3 | 5)

Worst Fit: (15 | 5), (8, 12 | 8), (10, 9 | 5), (6, 7 | 7), (5, 3 | 5)

Best Fit: (15 | 5), (8, 12 | 8), (10, 6 | 5), (9, 7 | 7), (3, 5 | 5)

ตัวเลขในแต่ละวงเล็บคือการตัดวัสดุคงคลังหนึ่งเส้น ตัวเลขหลังเครื่องหมาย “|” คือความยาวของเศษการตัด จากตัวอย่างนี้แสดงว่าผลการคำนวณการตัดวัสดุจะต้องใช้วัสดุคงคลังอย่างน้อย 4 เส้นไม่ว่าจะเป็น Algorithms ไต นอกจากนี้คำตอบที่ได้จาก Algorithms อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution) และคำตอบจาก Algorithms เหล่านี้ยังขึ้นกับโจทย์ปัญหา ไม่มี Algorithm ไตที่ให้คำตอบดีกว่าเสมอในทุกโจทย์ปัญหา

ในกรณีที่ไม่เคลปัญหา CSP มีขนาดใหญ่และซับซ้อน คือมีวัสดุคงคลังหลายขนาดความยาว หรือมีรายการขนาดท่อนความยาวที่ต้องการจำนวนมาก ซึ่งอาจทำให้ขนาดความยาวท่อนที่ยาวมากหรือยาวปานกลางที่อยู่ในลำดับหลัง ๆ ของรายการ ไม่สามารถถูกตัดได้ด้วยวัสดุคงคลัง

Leftovers วิธีการหาคำตอบที่มักมีประสิทธิภาพดีคือการจัดเรียงลำดับรายการขนาดท่อนความยาวที่ต้องการก่อน จากความยาวมากไปน้อย (Descending order) ได้ผลลัพธ์ดังนี้

Next Fit: (15 | 5), (12, 3 | 7), (10, 5 | 5), (9, 6 | 5), (8, 7 | 5)

First Fit: (15 | 5), (12, 3 | 5), (10, 9 | 7), (8, 7 | 5), (6, 5 | 5)

Worst Fit: (15 | 5), (12, 3 | 5), (10, 9 | 5), (8, 7 | 5), (7, 6 | 5)

Best Fit: (15 | 5), (12, 3 | 5), (10, 9 | 7), (8, 7 | 5), (6, 5 | 5)

ผลลัพธ์ในทั้งสองกรณีที่ใช้ลำดับ Ascending และ Descending จะแตกต่างกันเล็กน้อย โดยอาจมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการตัดวัสดุ การเลือกลำดับของวัสดุคงคลังที่ต้องตัด จะมีผลต่อคำตอบที่ได้ โดยการใช้วิธีการ Ascending จะให้ความสมบูรณ์แบบมากกว่า Descending ในกรณีนี้ เนื่องจากวัสดุคงคลังที่มีความยาวน้อยที่สุดจะถูกตัดก่อนและอาจทำให้มีเศษวัสดุที่เหลือ น้อยลง แต่ผลลัพธ์สุดท้ายจะขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุและวิธีการตัดที่ใช้ การทดลองและการปรับปรุงเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาวิธีการตัดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับแต่ละปัญหาการตัดวัสดุที่แตกต่างกัน.

โจทย์นี้ทดสอบความสามารถในการใช้ Heuristic Algorithms เพื่อตัดวัสดุคงคลังให้มีความยาวที่ต้องการ โดยใช้วัสดุคงคลังที่มีความยาว 20 หน่วย เหมาะสำหรับการศึกษา และทดลองการทำงานของขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาการตัดวัสดุแบบโดยไม่ต้องใช้คำตอบที่แน่นอนและทำความเข้าใจถึงความแตกต่างระหว่าง Heuristic Algorithms ที่ต่างกันในการตัดวัสดุคงคลังเบื้องต้นการใช้ BFD ในปัญหา Cutting Stock เป็นตัวอย่างดีของ Heuristic Algorithms ที่ช่วยให้เราจัดการปัญหาในรูปแบบที่สะดวกและมีประสิทธิภาพ โดยการเรียงลำดับและตัดวัสดุตามลำดับที่เหมาะสมในคลังสินค้า เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความประหยัดที่สุดตามเป้าหมายของปัญหา Cutting Stock.

2.4.3 Efficient Feasible Cutting Patterns

Salem et al. (2007) ได้เสนอการสร้างแบบแผนการตัดที่มีประสิทธิภาพ (Efficient feasible cutting patterns) แบบต่าง ๆ กันจำนวนหนึ่ง ด้วย Algorithm ที่ปรับปรุงมาจาก Pierce (1964) ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. ให้ทำการจัดเรียงรายการขนาดท่อนความยาวที่ต้องการตามลำดับจากความยาวมากไปหาน้อย (Descending order)

2. แบบแผนการตัด (Cutting pattern) ที่ j ใดๆ

$$a_{1j} = \left\lfloor \min \frac{LS}{L_1} \right\rfloor, B_1$$

$$a_{1j} = \min \left(\left\lfloor \frac{LS - a_{1j} \cdot L_1}{L_2} \right\rfloor, B_1 \right)$$

$$a_{1j} = \min \left(\left\lfloor \frac{LS - \sum_{i=1}^{n-1} a_{ij} \cdot L_i}{L_n} \right\rfloor, B_n \right)$$

3. จะได้แบบแผนการตัดที่มีประสิทธิภาพที่ j ใด ๆ เป็น $A_j = (a_{1j}, a_{2j}, a_{3j}, \dots, a_{nj})$

4. พิจารณาแบบแผนการตัดที่ j , ค่าตัวเลข i ที่มากที่สุด โดยที่ $1 \leq i \leq n-1$ ให้เท่ากับ k หากไม่มี k ให้จบการสร้างแบบแผน

5. สำหรับ $j = j+1$ (แบบแผนการตัดถัดไป) ให้

$$\text{จำนวนท่อนตัดของ } L_1: a_{1j} = a_{1(j-1)}$$

$$\text{จำนวนท่อนตัดของ } L_2: a_{2j} = a_{2(j-1)}$$

$$\text{จำนวนท่อนตัดของ } L_{k-1}: a_{(k-1)j} = a_{(k-1)(j-1)}$$

$$\text{จำนวนท่อนตัดของ } L_k: a_{kj} = a_{k(j-1)} - 1$$

$$\text{จำนวนท่อนตัดของ } L_{k+1}: a_{(k+1)j} = \left\lfloor \min \left(\frac{LS - \sum_{i=1}^k a_{ij} \cdot L_i}{L_{k+1}} \right), B_{k+1} \right\rfloor$$

6. กลับไปทำซ้ำขั้นตอนที่ 3

Algorithm นี้สามารถสร้างแบบแผนการตัดที่มีประสิทธิภาพขึ้นเป็นจำนวนหนึ่งที่จะนำไปใช้ในการหาคำตอบด้วยโมเดลปัญหา CSP แบบ Integer Programming (IP) ต่อไปได้ (Salem et al., 2007) ตัวอย่างเช่น ให้ $LS = 10$ หน่วย รายการท่อนความยาวที่ต้องการตามลำดับเป็น 6, 5, 3, 2, 1 จำนวนที่ต้องการของแต่ละท่อนความยาวเป็น 4, 3, 5, 4, 5 ตามลำดับ จะสามารถสร้างแบบแผนการตัดตาม Algorithm ข้างบนได้ดังนี้

$$A_1 = (1, 0, 1, 0, 1) \quad A_9 = (0, 1, 0, 1, 3) \quad A_{17} = (0, 0, 1, 1, 5)$$

$$A_2 = (1, 0, 0, 2, 0) \quad A_{10} = (0, 1, 0, 0, 5) \quad A_{18} = (0, 0, 1, 0, 5)$$

$$A_3 = (1, 0, 0, 1, 2) \quad A_{11} = (0, 0, 3, 0, 1) \quad A_{19} = (0, 0, 0, 4, 2)$$

$$A_4 = (1, 0, 0, 0, 4) \quad A_{12} = (0, 0, 2, 2, 0) \quad A_{20} = (0, 0, 0, 3, 4)$$

$$A_5 = (0, 2, 0, 0, 0) \quad A_{13} = (0, 0, 2, 1, 2) \quad A_{21} = (0, 0, 0, 2, 5)$$

$$A_6 = (0, 1, 1, 1, 0) \quad A_{14} = (0, 0, 2, 0, 4) \quad A_{22} = (0, 0, 0, 1, 5)$$

$$A_7 = (0, 1, 1, 0, 2) \quad A_{15} = (0, 0, 1, 3, 1) \quad A_{23} = (0, 0, 0, 0, 5)$$

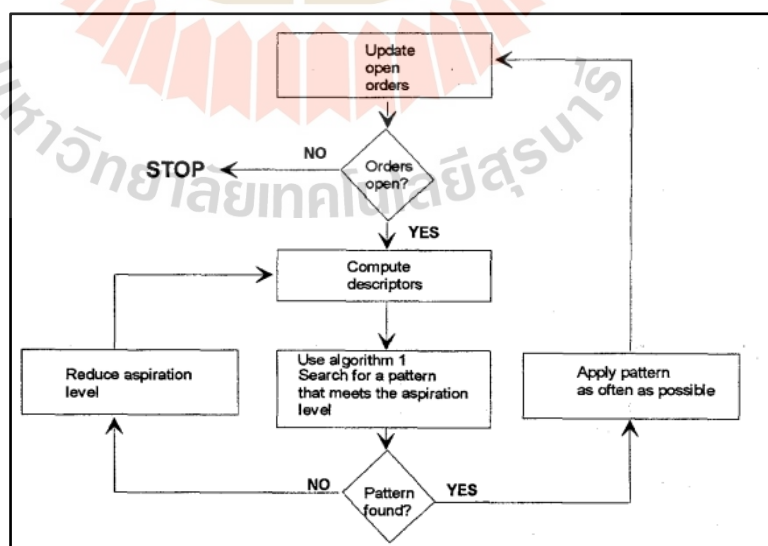
$$A_8 = (0, 1, 0, 2, 1) \quad A_{16} = (0, 0, 1, 2, 3)$$

2.4.4 Sequential Heuristic Procedure (SHP)

หลักการของ SHP คือการเพิ่มแบบแผนการตัดอย่างเป็นขั้นตอนทีละหนึ่งแบบแผน จนกระทั่งได้จำนวนและท่อนความยาวตามที่ต้องการ เริ่มต้นจากการค้นหาแบบแผนการตัดที่ดี อันหนึ่ง ซึ่งให้เศษการตัดที่น้อย แล้วจึงใช้แบบแผนนี้ตัดท่อนความยาวให้ได้จำนวนมากที่สุดตามที่ต้องการ เท่าที่เป็นไปได้จากนั้นจึงปรับปรุงรายการความต้องการที่คงเหลืออยู่ ก่อนที่จะค้นหาแบบแผนการตัดที่ดีอันต่อไป มาตอบสนองต่อความต้องการที่คงเหลืออยู่นี้ หลักสำคัญอยู่ที่การเลือกแบบแผนการตัดที่ดีอันแรก ๆ ซึ่งควรเป็นแบบแผนที่เศษการตัดน้อย ๆ นำไปใช้ตัดซ้ำได้มาก ๆ และทำให้จำนวนความต้องการที่คงเหลือสามารถถูกตัดได้อย่างลงตัวในแบบแผนการตัดอันถัดมาดังรูปที่ 2.4

ขั้นตอนต่อไปนี้เป็นกรหาแบบแผนการตัดที่ดีที่ใช้ได้กับโจทย์ความต้องการทั่วไป (Haessler and Sweeney, 1991)

1. คำนวณหา Descriptors ของรายการความต้องการที่คงเหลือ ค่า Descriptors ที่มักนำมาใช้ได้แก่ จำนวนวัสดุคงคลังที่เหลือ จำนวนท่อนความยาวโดยเฉลี่ยที่ถูกตัดออกด้วยแบบแผนการตัด
2. ตั้งเป้าหมายสำหรับแบบแผนการตัดอันถัดไป เป้าหมายที่มักนำมาใช้ ได้แก่ ปริมาณเศษการตัดจำนวนครั้งของการตัดซ้ำจำนวนท่อนความยาวที่ถูกตัดออกด้วยแบบแผน
3. ค้นหาแบบแผนการตัดที่สอดคล้องกับเป้าหมายที่ตั้งไว้
4. เมื่อพบแบบแผนการตัดที่ดีแล้วจึงนำมาเพิ่มไว้ในคำตอบ และทำการตัดแบบแผนนี้ซ้ำ ๆ ให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้
5. ปรับปรุงรายการความต้องการที่คงเหลือและทำซ้ำขั้นตอนที่ 1
6. หากไม่พบแบบแผนที่ดี ให้ปรับเปลี่ยนเป้าหมายลง แล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 3



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนของ SHP (Vahrenkamp, 1996)

เป้าหมายที่เป็นจำนวนครั้งของการตัดซ้ำ (Pattern usage) จะเป็นตัวกำหนดขอบเขตบนของจำนวนท่อนความยาวที่ถูกตัดออกด้วยแบบแผน (Number of the ordered length in the pattern) ตัวอย่างเช่น ถ้าให้ท่อนความยาวขนาดหนึ่งมีความต้องการใช้คงเหลือจำนวน 10 ท่อน และกำหนดเป้าหมาย Pattern usage ไว้ที่ 4 ครั้ง แสดงว่า Number of the ordered length in the pattern จะไม่เกิน 2 หากเป้าหมายที่กำหนดไว้นี้ไม่สามารถหาแบบแผนการตัดได้ จึงต้องปรับลดเป้าหมายลง ในกรณีนี้สมมติให้ Pattern usage ลดลงเหลือ จะทำให้ Number of the ordered length in the pattern เปลี่ยนนี้เป็นไม่เกิน 3 ลักษณะการจบของ SHP อาจจะเป็นการเลือกแบบแผนการตัดอันหนึ่งที่ทำให้เศษน้อยที่จำนวน Pattern usage เท่ากับ 1 โดยข้อดีของ SHP คือสามารถพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ร่วมกัน แทนที่จะพิจารณาเฉพาะฟังก์ชันวัตถุประสงค์ หรือเศษการตัดทั้งหมด เช่น สามารถพิจารณาปัจจัยจำนวนของแบบแผนที่ใช้ทั้งหมดและควบคุมให้อยู่ในจำนวนต่ำได้ ซึ่งทำให้ได้ลักษณะการ Optimization แบบ Multi-objective และ SHP ยังมีข้อดีที่ไม่ต้องยุ่งยากกับการปัดคำตอบตัวเลขทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็ม ข้อด้อยของ SHP คืออาจให้คำตอบที่มีเศษการตัดมาก ๆ ในช่วงท้าย ๆ ของรอบการค้นหาคำตอบ เช่น เหลือท่อนความยาวขนาด 34 cm. ที่ต้องตัดจากวัสดุคงคลังขนาดยาว 100 cm.

2.4.5 Random Search for efficient pattern

Vahrenkamp (1996) ได้สร้าง Algorithm เพื่อใช้ค้นหาแบบแผนการตัดที่ดีด้วยการสุ่ม โดย ผู้ใช้กำหนดขอบเขตของเศษการตัดที่ยอมรับได้ขึ้น (Acceptable trim of a pattern: Tw) แล้วจึงให้ Algorithm สุ่มหาแบบแผนการตัดที่สอดคล้องกับเงื่อนไขให้ Random Search algorithm for pattern มีขั้นตอนดังแสดงในรูปแผนภาพข้างล่างนี้

โดยที่ Tw คือเศษการตัดที่ยอมรับได้จากแบบแผนการตัด

T_c คือเศษการตัดปัจจุบันจากแบบแผนปัจจุบัน

A_c คือแบบแผนการตัดปัจจุบันที่ได้จากการสุ่ม

L_c คือความยาวปัจจุบันของวัสดุ

LS คือความยาวของวัสดุคงคลัง

L_i คือขนาดความยาวที่ต้องการสำหรับ i ตั้งแต่ 1 ถึง n

B_i คือจำนวนท่อนของความยาว L_i ที่ต้องการ

A คือแบบแผนการตัดที่กำลังสร้างที่ได้จากการสุ่ม

a_i คือจำนวนท่อนของการตัดท่อนความยาว L_i ของแบบแผนการตัด A

$T(A)$ คือเศษการตัดของแบบแผนการตัด A

Vahrenkamp (1996) ได้ทำการทดสอบ Algorithm นี้ได้ผลว่า Random search algorithm สามารถค้นหาแบบแผนการตัดที่ดีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเมื่อได้แบบแผนการตัดที่ดีแบบต่าง ๆ แล้วก็จะนำแบบแผนที่ได้เหล่านี้ไปทำการตัดซ้ำ ๆ เพื่อให้ครบจำนวนท่อนที่ต้องการโดยได้ใช้ SHP ในการหาคำตอบ และได้ใช้ Descriptors ดังนี้

- ค่าประมาณจำนวนวัสดุคงคลังที่ต้องการใช้ทั้งหมด (EN)
- ร้อยละของเศษการตัดที่ยอมรับได้ (TL)
- จำนวนการตัดซ้ำสูงสุด (UN)

โดยค่า Descriptors เหล่านี้จะนำไปใช้ในการกำหนดเป้าหมาย (Goal) โดยอาจเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมายไปตามรอบของการหาแบบแผนการตัดอันใหม่ เมื่อเริ่มต้นการหาคำตอบ SHP จะเริ่มด้วยการกำหนดค่า UN ไว้ที่ค่าสูง ๆ เพื่อให้แบบแผนแรกที่น่าสนใจใช้ตัดซ้ำให้มากที่สุด และตอบสนองต่อรายการความต้องการที่มีให้ได้มากที่สุด และทำการลดค่า UN ที่ตั้งเป้าหมายลงเรื่อย ๆ เมื่อดำเนินการกับแบบแผนถัด ๆ ไป ตรงข้ามกับ TL ที่ควรเริ่มจากการกำหนดค่าที่น้อย ๆ และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อดำเนินการกับแบบแผนถัด ๆ ไป

2.4.6 Genetic Algorithm

Salem et al. (2007) ได้เสนอโมเดลปัญหา CSP ที่มุ่งเน้นที่การตัดเหล็กเส้นในงานก่อสร้าง โดยใช้แนวทางการหาคำตอบแบบ Pattern-oriented คือการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีก่อน แล้วจึงหาจำนวนครั้งการตัดแบบแผนเหล่านี้ซ้ำ โดยได้ใช้ Genetic Algorithm ในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด

การเข้ารหัสของโมเดลปัญหา CSP ด้วย GA ที่เสนอโดย Salem et al. (2007) ให้แต่ละโครโมโซมแสดงแทนคำตอบที่เป็นไปได้ 1 คำตอบ ซึ่งประกอบด้วยคู่ของค่าตัวเลข เลขที่แบบแผนการตัดที่เลือกและจำนวนการตัดซ้ำ ดังนั้นโครโมโซมจึงมีลักษณะเป็นสายคู่ของยีน แต่ละยีนประกอบด้วยค่าตัวเลข 2 ตัว ที่เป็นเลขที่แบบแผนการตัดที่เลือกและจำนวนการตัดซ้ำ

10	2	12	9	26	11	59	29	58	16	67	11
----	---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการเข้ารหัสโครโมโซมแสดงแทนคำตอบที่เป็นไปได้ (Salem et al., 2007)

จากรูปที่ 2.5 โครโมโซมตัวอย่างหมายถึงคำตอบที่เลือกใช้แบบแผนการตัดเลขที่ 10 ทำการตัดซ้ำจำนวน 2 ครั้ง แบบแผนการตัดเลขที่ 12 ทำการตัดซ้ำจำนวน 9 ครั้ง แบบแผนการตัดเลขที่ 26 ทำการตัดซ้ำจำนวน 11 ครั้ง (ตามลำดับ) โครโมโซมตัวอย่างนี้จะเลือกใช้แบบแผนการตัดต่าง ๆ กันจำนวน 6 แบบแผน ซึ่ง Salem และคณะ ได้เสนอว่าจำนวนแบบแผนการตัดต่างกันที่เหมาะสมในคำตอบควรเท่ากับจำนวนขนาดท่อนความยาวที่ต่างกันที่ต้องการ

การสร้างแบบแผนการตัดที่เป็นไปได้ (efficient feasible cutting patterns) สำหรับไม้คัดเลือกใช้เป็นคำตอบ ได้ใช้วิธีที่ปรับปรุงจากวิธีที่เสนอโดย Pierce (1964) ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อก่อนหน้า แบบแผนการตัดที่สร้างได้ถูกนำมากำหนดเลขที่ประจำตัว

ส่วนจำนวนการตัดซ้ำ ได้มีการคำนวณหาจำนวนการตัดซ้ำสูงสุด (The maximum repetition of each generated pattern) ซึ่งถูกกำหนดขอบเขตด้วยจำนวนท่อนที่ต้องการ (B_i) ของขนาดท่อนความยาว (L_i) ใด ๆ ตัวอย่างเช่น แบบแผนการตัดหนึ่งแสดงในตารางจะมี Maximum repetition ของแบบแผนการตัดนี้ได้เท่ากับ 9 จำนวนท่อนความยาวที่ตัดเกินความต้องการจะถูกพิจารณาว่าเป็นเศษการตัด ดังแสดงในรูปที่ 2.6

ขนาดท่อนความยาว (L_i)	1	2	3	4	5
จำนวนท่อนที่ต้องการ (B_i)	20	14	12	17	25
แบบแผนการตัดที่ j (A_j)	3	0	2	2	0
จำนวนการตัดซ้ำสูงสุด (max. repetition)	7	0	6	9	0

รูปที่ 2.6 การคำนวณกำหนดจำนวนการตัดซ้ำสูงสุด

นอกจากนี้พวกเขาได้กำหนดใช้ค่าพารามิเตอร์ของ GA ได้แก่ ค่า Population size = 2.5 เท่าของความยาวของโครโมโซม ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของโมเดลกำหนดให้เป็นดังนี้

Fitness function: Minimize (sum of the demanded lengths)/[(sum of stock lengths used) + (sum of uncut demanded lengths)]

ซึ่งเขียนสมการด้วยสัญลักษณ์ตัวแปรได้เป็น

$$\text{Minimize} \left(\frac{\sum_i^n L_i \cdot B_i}{\sum_j^m (X_j \cdot LS) + w \cdot \sum_i^n (L_i \cdot [\sum_j [B_i - \sum_j (X_j \cdot A_{ij})])} \right)$$

ปฏิบัติการวิวัฒนาการของโครโมโซม ได้นำกลยุทธ์ Elitism ซึ่งเป็นการเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดจำนวนตามที่กำหนด เพื่อส่งต่อไปยังรุ่นถัดไป (Next generation) โดยไม่ผ่านปฏิบัติการเปลี่ยนแปลงโครโมโซม และใช้วิธีการ Linear normalization ค่า fitness value ของโครโมโซมที่คำนวณได้ ซึ่งเป็นการใช้ค่าลำดับ (จากการจัดเรียงโครโมโซมที่มีค่า Fitness ดีที่สุดไปหาแย่ที่สุด) ในการคัดเลือกโครโมโซมพ่อแม่ แทนการใช้ค่า Fitness ที่คำนวณได้โดยตรง ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้เพิ่มโอกาสการคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดที่มีค่าแตกต่างกันน้อย ๆ ได้ จึงช่วยเพิ่มความเร็วในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด (Faster convergence)

ปฏิบัติการ Crossover ที่ใช้เป็นแบบ Two-points crossover ซึ่งเป็นการสร้างโครโมโซมรุ่นลูก 2 โครโมโซม จากรุ่นพ่อแม่จำนวน 2 โครโมโซม โดยการเลือกตำแหน่งยีน 2 ตำแหน่งในสายโครโมโซมพ่อแม่ แล้วจึงทำการสลับยีนระหว่างกัน ได้เป็นโครโมโซมลูกใหม่จำนวน 2 โครโมโซม ส่วนปฏิบัติการ Mutation ที่ใช้เป็นการเปลี่ยนค่าตัวเลขของยีนของโครโมโซมลูกแบบสุ่ม ด้วยอัตราการกลายพันธุ์ (Mutation rate) น้อย ๆ

2.4.7 Evolutionary Programming (EP)

Liang et al. (2002) ได้สร้างโมเดลปัญหา CSP ที่ใช้วิธีการหาคำตอบแบบ Evolutionary Programming (EP) โดยได้แบ่งเป็น CSP ที่ไม่พิจารณาและที่พิจารณาประเด็น Contiguity ซึ่งพวกเขาชี้ว่า Contiguity เป็นประเด็นที่สำคัญอันหนึ่งที่พบในการปฏิบัติงานจริง โดยเฉพาะเมื่อโมเดลปัญหามีขนาดใหญ่ เมื่อขนาดท่อนความยาวขนาดหนึ่ง (L_i) ที่ได้เริ่มทำการตัดไปแล้วแต่ยังไม่ครบจำนวน (Partially finished items) อาจจะต้องใช้พื้นที่จำนวนหนึ่งในการกองเก็บ เพื่อรอจนกว่าจะตัดได้ครบตามจำนวนที่ต้องการ

1. CSP without contiguity

โมเดลนี้จะใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์สองฟังก์ชันร่วมกันคือการเกิดเศษการตัดที่น้อยที่สุด และการมีจำนวนเส้นวัสดุคงคลังที่น้อยที่สุดที่เกิดขึ้น ดังนี้

$$\text{Maximize } \sum_i f(T_j, V_j)$$

$$\text{โดยที่ } V_j = \begin{cases} 1; & \text{if } T_j > 0 \\ 0; & \text{otherwise} \end{cases}$$

$f(T_j, V_j)$ เป็นฟังก์ชันของ T_j และ V_j

T_j คือ เศษการตัดของวัสดุคงคลังเส้นที่ j

V_j คือ สถานะแสดงว่าวัสดุคงคลังเส้นที่ j มีเศษการตัด

2. CSP with contiguity

โมเดลปัญหา CSP with contiguity จะมีความยากลำบากในการหาคำตอบมากกว่าโมเดลที่ไม่พิจารณา Contiguity หากทำการหาคำตอบแบบ Heuristic approach จะต้องทำการหาแบบแผนการตัดวัสดุคงคลังก่อน (Cutting patterns) แล้วจึงทำการเรียงลำดับแบบแผนเหล่านี้ให้มี Contiguity มากที่สุด โมเดลนี้จะใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์สองฟังก์ชันร่วมกันคือการเกิดเศษการตัดที่น้อยที่สุด และการมี Contiguity มากที่สุด ดังนี้

$$\text{Maximize } \sum_i f(T_j, V_j)$$

$$\text{โดยที่ } O_i = \begin{cases} 0; & \text{if } \sum_j X_{ij} = 0 \vee \sum_j X_{ij} = B_i \\ 1; & \text{otherwise} \end{cases}$$

O_i คือสถานะแสดงการอยู่ในระหว่างตัดดีหรือไม่ (Open status) ของขนาดท่อนความยาวขนาดหนึ่ง (L_i) ถ้าหากว่า L_i หนึ่งยังไม่ได้เริ่มถูกตัดจะมีสถานะเป็นปิดดีหรือมีค่าเท่ากับ 0 หากกำลังอยู่ในระหว่างการตัดแต่ยังไม่ครบจำนวนจะมีสถานะเป็นเปิดดีหรือมีค่าเท่ากับ 1 แล้วหากได้ทำการตัดจนครบจำนวนความต้องการทั้งหมดแล้ว (B_i) จะมีสถานะเป็นปิดดีหรือมีค่าเท่ากับ 0

การเข้ารหัสของโมเดลปัญหา CSP ด้วย EP ใช้วิธีการเข้ารหัสแบบ Order-based representation โดยที่แต่ละโครโมโซมจะแสดงแทนลำดับของรายการขนาดท่อนความยาวที่ต้องการตัดทั้งหมด (All items) โดยจะนำลำดับของขนาดท่อนความยาวนี้ มาทำการคำนวณหาปริมาณเศษการตัด ตัวอย่างเช่น มีรายการความต้องการเป็น ขนาด 3 เมตร จำนวน 2 ท่อน ขนาด 4 เมตร จำนวน 3 ท่อน ขนาด 5 เมตร จำนวน 1 ท่อน และขนาด 6 เมตร จำนวน 3 ท่อน โครโมโซมอันหนึ่งเป็นลำดับของขนาดท่อนความยาวเหล่านี้ แสดงดังในรูปที่ 2.7

Item list	:	5	4	6	3	3	4	6	6
Cut at	:								
Wastage	:		3			0		2	6

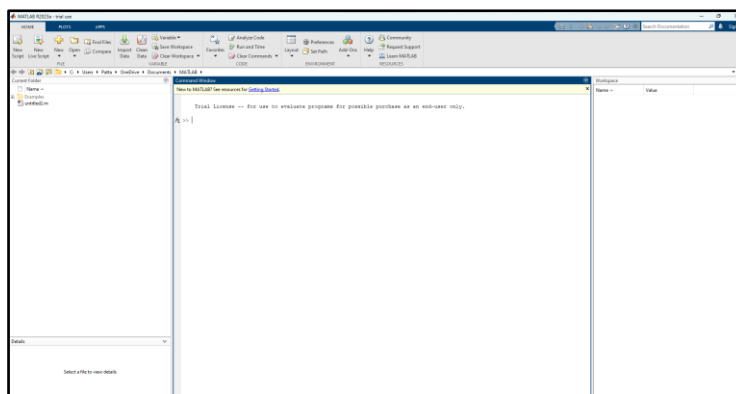
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการเข้ารหัสโครโมโซมแบบ order-based representation และการคำนวณหาปริมาณเศษการตัด

หากกำหนดให้วัสดุคงคลังมีความยาวเดียว คือ 12 เมตร จะทำให้สามารถคำนวณหาปริมาณเศษตามลำดับท่อนความยาวที่กำหนด ดังรูปข้างบน

Hinterding et al. (1994) ได้พิจารณาเห็นว่าปฏิบัติการ Crossover Operation ของโครโมโซม Order-based GA เป็นการทำให้คำตอบที่ดีแล้วถูกทำลายลงได้ โดยไม่สามารถนำคำตอบที่ดีอยู่แล้วไปพัฒนาต่อในรุ่นถัด ๆ ไปเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น EP จึงเป็น Algorithm ในการหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพมากกว่า GA และ EP ยังเป็น Algorithm ที่เรียบง่ายกว่าและใช้เวลาน้อยกว่า GA จุดสำคัญของ EP คือใช้ปฏิบัติการ Mutation Operation เท่านั้น (ไม่ใช้ปฏิบัติการ Crossover Operation) และใช้โครโมโซมที่มีการเข้ารหัสแบบ Order-based representation ซึ่งให้ผลคำตอบที่ดีกว่า Group-based GA (Liang et al., 2002)

2.5 โปรแกรม MATLAB

MATLAB เป็นโปรแกรมสำหรับการคำนวณเชิงตัวเลขและ Visualization ที่มีประสิทธิภาพสูง ชื่อของโปรแกรม “MATLAB” ย่อมาจากคำเต็มว่า Matrix Laboratory และเป็นเครื่องหมายการค้าของบริษัท MathWorks ซึ่งการทำงานภายในโปรแกรม MATLAB อยู่บนพื้นฐานของการคำนวณทางเมทริกซ์ (Matrix Manipulation and Computation) เป็นแกนหลักโปรแกรม MATLAB สามารถทำงานแบบโต้ตอบ (Interactive) ซึ่งคล้าย ๆ กับ ภาษา Basic ในโปรแกรม QBasic และแบบ Compiled mode คล้าย ๆ กับภาษา C และ Pascal นอกจากนี้เราสามารถใช่ MATLAB เป็นเสมือนเครื่องคิดเลข ทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ทันทีที่การโปรแกรม MATLAB สามารถทำได้ง่ายเมื่อเทียบกับภาษาโปรแกรมอื่น ๆ เราสามารถสร้างและกำหนดค่าตัวแปรได้ทันทีโดยไม่ต้องประกาศตัวแปรก่อน ซึ่งสะดวกในการเขียนโปรแกรม เพราะผู้ใช้ไม่ต้องกังวลในเรื่องโครงสร้างของภาษา เช่น ในเรื่องการต้องประกาศตัวแปรก่อนใช้งาน แต่มาสนใจอัลกอริทึมในการแก้โจทย์ปัญหาเป็นหลัก ข้อมูลไม่ว่าจะเป็นตัวเลข หรือตัวอักษร (Strings) จะถูกจัดเก็บในรูปแบบของแถวและหลัก หรือ Array ซึ่งก็คือ matrix นั่นเอง เช่น จำนวนสเกลาร์ (Scalar) จะถูกแทนด้วยเมทริกซ์ขนาด 1x1 ข้อมูลที่เป็นเวกเตอร์จะถูก แทนที่ด้วยเมทริกซ์ที่มีเพียง 1 แถว ในกรณีที่เป็นเวกเตอร์แบบแถว (Row vector) หรือถูกแทนที่ด้วยเมทริกซ์ที่มีเพียง 1 หลักในกรณีที่เป็นเวกเตอร์แบบหลัก (Column vector) เป็นต้น การที่ MATLAB ถูกออกแบบมาให้มีการทำงานภายในเช่นนี้ ทำให้การเขียนโปรแกรมแก้โจทย์ปัญหาที่มีลักษณะของ Vector และ Matrix เป็นเรื่องง่ายตัวอย่างเช่น การแก้ระบบสมการเชิงเส้น ซึ่งระบบสมการ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบ $[A]\{x\} = \{b\}$ ได้ เป็นต้น



รูปที่ 2.8 หน้าต่างโปรแกรม MATLAB

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

José M. Valério de Carvalho (1970) ได้ทำงานศึกษาและวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่ปัญหาการตัดสต็อก (The cutting stock problem; CSP) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดวิธีที่ดีที่สุดในการตัดชุดของวัตถุดิบใหญ่ให้เป็นรายการที่เล็กลง CSP พบได้ในการใช้งานทางอุตสาหกรรมที่หลากหลาย เช่น ในอุตสาหกรรมเหล็ก ไม้ แก้ว และกระดาษ รวมถึงการใช้งานภาคบริการ เช่น การขนถ่ายสินค้าและโลจิสติกส์ กระดาษสำรวจแบบจำลองพื้นฐานที่เสนอสำหรับการตัดสต็อก และแนวทางการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกันนอกจากนี้ยังกล่าวถึง Linear relaxations ที่แก้ไขได้โดยการ Column generation and stabilization techniques เช่น อสมการคู่ที่ดีที่สุดและอัลกอริทึมการสร้างคอลัมน์ที่เสถียร

Zhao, X (2007) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่ปัญหาการตัดสต็อกหนึ่งมิติ (1DCSP) ซึ่งชุดของรายการที่มีความยาวและความต้องการที่กำหนดถูกตัดออกจากแท่งสต็อกเพื่อลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด แผนการตัดประกอบด้วยกลุ่มของรูปแบบการตัดและระบุความถี่ที่ใช้แต่ละรูปแบบการทดสอบการคำนวณใน 18 คลาสของอินสแตนซ์เกณฑ์มาตรฐาน 1,800 รายการบ่งชี้ว่าอัลกอริทึมฮิวริสติกแบบลำดับที่นำเสนอในเอกสารนี้มีประสิทธิภาพดีกว่าอัลกอริทึมที่เผยแพร่ล่าสุดสองรายการสำหรับการลดรูปแบบ อัลกอริทึมสร้างรูปแบบการตัดโดยใช้รายการของชุดย่อยที่เลือกของรายการที่ไม่ได้กำหนด กำหนดความถี่ที่สามารถใช้รูปแบบได้ ลบออกจากชุดของรายการที่ไม่ได้กำหนดซึ่งกำหนดให้กับรูปแบบปัจจุบัน และทำซ้ำจนกว่ารายการทั้งหมด ได้รับมอบหมาย เซตย่อยที่เลือกถูกกำหนดให้ความถี่ของรูปแบบที่สร้างขึ้นสามารถมีได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยมีเงื่อนไขว่าข้อจำกัดบางอย่างถูกสังเกตเพื่อรักษาการสูญเสียการตัดแต่งที่สมเหตุสมผล และรูปแบบการตัดได้มาจากการแก้ปัญหาเบ้ที่มีขอบ

ปรีชา เกรียงกรกฎ (2009) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีฮิวริสติกสำหรับจัดการปัญหาตัดแบ่งพัสดุแบบหนึ่งมิติโดยได้ศึกษาเปรียบเทียบใน 4 วิธี คือ วิธีความยาวมากที่สุด, วิธีความยาวน้อยที่สุด, วิธีสุ่ม และวิธีสุ่มแบบ Greedy หลังจากนำไปทดสอบกับตัวอย่างปัญหาและศึกษาผลการตัดใน 4 รายการ คือ จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ ประสิทธิภาพการตัด เศษที่เหลือโดยรวม และเศษที่เหลือโดยเฉลี่ย พบว่าวิธีฮิวริสติกแบบความยาวมากที่สุดจะให้ผลคำตอบที่ดีกว่าวิธีฮิวริสติกแบบอื่น

Niluka Rodrigo (2017) บทนำของบทความนี้จะกล่าวถึงความสำคัญของประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและการสูญเสียที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตได้อย่างไร มีการนำปัญหาการตัดสต็อกมาใช้เป็นเทคนิคในการวิจัยการดำเนินงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสูญเสียวัตถุดิบ บทความนี้มุ่งเน้นไปที่ปัญหาการตัดสต็อกแบบหนึ่งมิติและนำเสนออัลกอริทึม Modified Brach และ Bound เพื่อสร้างรูปแบบการตัดที่เป็นไปได้ กรณีศึกษาเกี่ยวข้องกับข้อมูลจริงที่ใช้ในการผลิตของบริษัท L.H. Chandrasekara & Brothers (Pvt Ltd) ในประเทศศรีลังกา เป็นการนำเสนออัลกอริทึม Modified Brach and Bound สำหรับปัญหาสต็อกตัดหนึ่งมิติ ซึ่งเข้ารหัสและตั้งโปรแกรมในสภาพแวดล้อมการเขียนโปรแกรม MATLAB เพื่อสร้างรูปแบบการตัดที่เป็นไปได้ อัลกอริทึมถูกนำไปใช้กับกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลจริงที่ใช้ในการผลิตของบริษัท L.H. Chandrasekara & Brothers (Pvt Ltd) ในประเทศศรีลังกา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพในการสร้างรูปแบบการตัดที่เป็นไปได้และลดการสูญเสียวัตถุดิบ

วชรภูมิ เบญจโอฬาร (2013) ได้ทำการศึกษาและนำเสนอวิธีการสร้างแผนการตัดที่มีประสิทธิภาพสำหรับวัสดุก่อสร้างเชิงเส้น โดยเฉพาะเหล็กเส้น เพื่อลดการสูญเสียการตัดแต่งและประหยัดต้นทุนการก่อสร้าง วิธีการนี้สร้างรูปแบบการตัดโดยใช้ Intensive Search Algorithm และกำหนดจำนวนการตัดซ้ำโดยใช้โมเดล One Dimensional Cutting Stock Problem (1D-CSP) และอัลกอริทึม Best-Fit-Decreasing ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าวิธีการจัดแผนการตัดที่นำเสนอมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการก่อนหน้านี้ในการลดการสูญเสียการตัดแต่งและปรับปรุงประสิทธิภาพ วิธีการนี้ได้รับการทดสอบและพบว่ามีอัตราการสูญเสียการตัดแต่งที่ต่ำเพียง 1.24% ซึ่งดีกว่าแผนจากอัลกอริทึม Best-Fit-Decreasing เพียงอย่างเดียวที่มีอัตราการสูญเสียการตัดแต่งที่ 3.71% (น้อยกว่าประมาณ 3 เท่า) ดีกว่าการปฏิบัติในปัจจุบัน การจัดแผนการตัดนี้มีศักยภาพในการช่วยสร้างแผนการตัดที่มีประสิทธิภาพสำหรับวัสดุก่อสร้างเชิงเส้น ช่วยลดการสูญเสียการตัดแต่งจากกระบวนการตัดให้เหลือน้อยที่สุด ช่วยประหยัดค่าก่อสร้างได้มากและยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมด้วยการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด

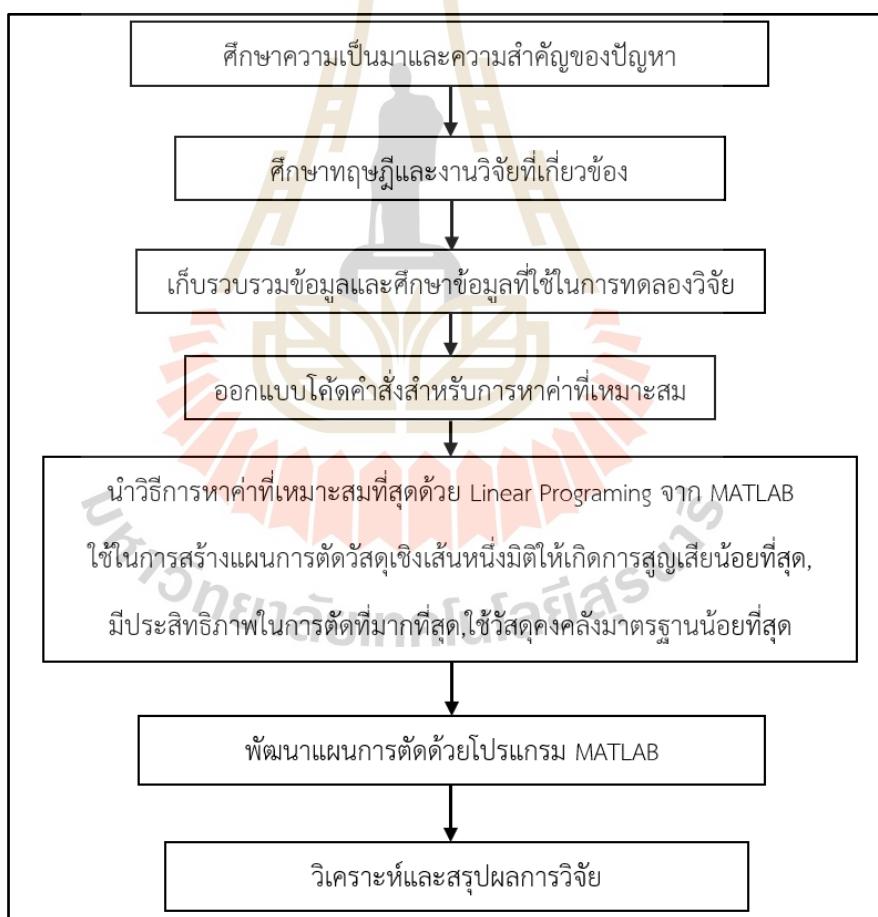
นิลวัฒน์ พัฒนพงษ์ (2013) งานวิจัยนี้กล่าวถึงการประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อควบคุมการตัดเหล็กโครงสร้างอาคารหอประชุมมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง การวิจัยดำเนินการโดยการประมาณค่าแบบละเอียด การกำหนดรูปแบบโปรแกรมเชิงเส้น การคำนวณโดยใช้โปรแกรม WinQSB และเปรียบเทียบผลลัพธ์กับรายการปริมาณ ผลการวิจัยพบว่าสามารถใช้โปรแกรมเชิงเส้นได้อย่างถูกต้องในการคำนวณปัญหาหนึ่งมิติด้วยปัจจัยตัวแปรต่างๆ สามารถลดปริมาณเหล็กโครงสร้างได้ประมาณ 6.11% เมื่อเทียบกับการออกแบบทั่วไปจากประสบการณ์ของผู้รับเหมา

Deniz Tanir (2019) บทความนี้นำเสนอลักษณะทั่วไปตามธรรมชาติของปัญหาการตัดสต็อกด้วยตัวเลือกการลอกออก ซึ่งการดำเนินการรวมชิ้นส่วนใหม่มีค่าใช้จ่าย ปัญหานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดการสูญเสียการตัดแต่งทั้งหมดและจำนวนรอยเชื่อมในอุตสาหกรรมเหล็ก บทความนี้นำเสนอสูตร nonlinear integer formulation for this NP-hard problem and a dynamic programming-based และอัลกอริทึมริสติกตามการเขียนโปรแกรมแบบไดนามิกเพื่อแก้ปัญหา อัลกอริทึมที่นำเสนอมีประสิทธิภาพและได้รับการทดสอบกับปัญหาในชีวิตจริงในอุตสาหกรรมเหล็ก การทดลองทางคอมพิวเตอร์แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง การสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติเพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB มีระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย ประกอบไปด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูล การออกแบบโค้ด เพื่อป้อนข้อมูลตัวแปรของความยาวมาตรฐานของวัสดุเชิงเส้น รวมไปถึงความยาวที่ต้องการ ที่สอดคล้องกับความต้องการในแต่ละเกท การพัฒนาและปรับปรุงวิธีในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยวิธี Linear Programing และออกแบบพัฒนาต้นแบบวิธีการด้วยโปรแกรม MATLAB ในการหาคำตอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การเก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนนี้ เป็นการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่มีผลต่อการวางแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ เพื่อนำไปพิจารณาในการสร้างแผนการตัดที่เหมาะสมที่สุด โดยมีการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1 ด้านข้อมูล

การวางแผนการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติของกรณีศึกษา จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยที่ใช้ปัญหาเดียวกันในการอ้างอิง เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ โดยข้อมูลที่จะทำการศึกษาและรวบรวมจากงานวิจัยในกรณีศึกษา ซึ่งมีตัวแปรที่ใช้ประกอบไปด้วย คือ ความยาวท่อนต่าง ๆ (L_i) จำนวนท่อนที่ต้องการ (B_i) และความยาวของเหล็กเส้นคงคลังมาตรฐาน (L_s)

การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง ในขั้นตอนการสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง ของงานวิจัยในกรณีศึกษานี้ สามารถแบ่งรายการได้ต่อไปนี้เป็นรายการความต้องการใช้เหล็กเส้นที่ใช้เป็นตัวแทนของงานการตัดเหล็กเส้นโดยทั่วไป ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลหลักคือ ความยาวท่อนต่าง ๆ (L_i) จำนวนท่อนที่ต้องการ (B_i) และความยาวของเหล็กเส้นคงคลังมาตรฐาน (L_s) ดังแสดงในรูปตารางข้างล่าง กำหนดให้เหล็กเส้นคงคลังมาตรฐานมีจำนวนไม่จำกัด ขนาดความยาวเส้นละ 10 เมตร ความยาวท่อนต่าง ๆ กัน (n) 15 ขนาด แต่ละขนาดมีความต้องการใช้เป็นจำนวนท่อนต่าง ๆ กัน รวมทั้งสิ้น 261 ท่อนที่ต้องตัดหรือเฉลี่ย 17.4 ท่อนต่อความยาวหนึ่งขนาด ขนาดคละ (Assortment) ของรายการนี้แบ่งช่วงความยาวเป็น 3 ช่วงด้วยอัตราส่วน (L_s/L_i) คือ >5 , >2 และ ≤ 2 มีจำนวนท่อนที่ต้องการในแต่ละช่วงเหล่านี้เท่ากัน รวมความยาวเหล็กเส้นที่ต้องการในรายการทั้งสิ้น 918.73 เมตร

ตารางที่ 3.1 ความต้องการของโจทย์กรณีศึกษา

i	L_i	B_i	i	L_i	B_i
1	0.95	25	9	3.20	4
2	1.40	18	10	3.75	15
3	1.75	14	11	5.00	26
4	1.80	23	12	5.40	19
5	1.88	7	13	6.35	7
6	2.67	22	14	7.00	23
7	2.88	10	15	7.19	12
8	3.05	36			

3.1.1.1 วิธีฮิวริสติกสำหรับการจัดการปัญหาตัดแบ่งวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติ

ในขั้นตอนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาการตัดทั้งหมด 10 ปัญหา โดยจะแบ่งกรณีศึกษาเป็น 3 กรณีศึกษาย่อย ที่มีความยาวของวัสดุความยาวเชิงเส้นมาตรฐาน (L_s) ที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาด ปัญหาที่ 1-2 จะใช้ความยาวของวัสดุความยาวเชิงเส้นมาตรฐาน (L_s) เท่ากับ 1 เมตร, ปัญหาที่ 3-6 ใช้ความยาวของวัสดุความยาวเชิงเส้นมาตรฐาน (L_s) เท่ากับ 6 เมตร และปัญหาที่ 7-10 ใช้ความยาวของวัสดุความยาวเชิงเส้นมาตรฐาน (L_s) เท่ากับ 12 เมตร จากตัวอย่างของโจทย์ปัญหานี้ ตั้งเดิมจะการหาวิธีด้วยวิธีฮิวริสติก โดยความยาวท่อนต่าง ๆ (L_i) ใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร โดยใช้วิธีความยาวมากที่สุด (Max. Length) คือ เลือกความยาวที่มากที่สุดใน Candidate List ไปตัดก่อนจากนั้น สรุปผลการตัดโดยนับจำนวนวัตถุดิบ ประสิทธิภาพการตัด เศษที่เหลือจากการตัดทั้งแบบรวม

ตารางที่ 3.2 ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 1

i	L_i	B_i
1	15	3
2	26	5
3	38	7
4	58	9
5	48	11

ตารางที่ 3.3 การความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 2

i	L_i	B_i
1	100	5
2	52	4
3	62	4
4	38	7
5	27	8
6	15	6
7	48	7
8	35	9

ตารางที่ 3.4 ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 3

i	L_i	B_i
1	450	21
2	200	15
3	350	10
4	400	20
5	160	25
6	280	30

ตารางที่ 3.5 ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 4

i	L_i	B_i	i	L_i	B_i
1	100	10	6	350	20
2	150	15	7	400	8
3	200	17	8	450	9
4	250	23	9	500	12
5	300	30	10	550	16

ตารางที่ 3.6 ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 5

i	L_i	B_i	i	L_i	B_i
1	150	20	7	100	23
2	250	42	8	420	15
3	50	35	9	290	10
4	400	4	10	80	40
5	390	35	11	340	5
6	240	21	12	200	8

ตารางที่ 3.7 ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 6

i	L_i	B_i
1	200	100
2	250	80
3	400	200
4	370	150
5	480	300

ตารางที่ 3.8 ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 7

i	L_i	B_i
1	570	10
2	800	50
3	1000	40
4	630	36
5	950	27
6	430	53

ตารางที่ 3.9 ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 8

i	L_i	B_i
1	1100	80
2	400	40
3	300	60
4	650	70
5	235	30
6	480	10
7	740	20

ตารางที่ 3.8 ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 9

i	L_i	B_i	i	L_i	B_i
1	430	56	5	100	84
2	500	42	6	50	100
3	680	64	7	720	90
4	230	40	8	350	71

ตารางที่ 3.9 ความต้องการของโจทย์ปัญหากรณีศึกษาที่ 10

i	L_i	B_i	i	L_i	B_i
1	150	90	6	640	80
2	950	100	7	250	95
3	1150	20	8	130	90
4	600	50	9	450	80
5	720	74			

3.2 หลักการของ Linear Programing ในการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติที่เหมาะสม

การสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ มีความจำเป็นอย่างมากในการหาค่าจำนวนวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติที่น้อยที่สุด และหาแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ หรือเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากเคสในกรณีศึกษา ที่ส่งผลต่อจำนวนและแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ขั้นตอนด้วยวิธี Linear Programing ด้วยโปรแกรม MATLAB ให้สอดคล้องกับเงื่อนไขต่างๆของเคสกรณีศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB โดยออกแบบขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสามารถกำหนดเป็นปัญหาคำนวณเต็มเชิงเส้นตรงขนาดใหญ่ได้ที่พิจารณาต่อไปนี้

$$\text{Objective: Min } Z = \sum_{i=1}^n f_i$$

Subject to:

$$a_{11}f_1 + a_{12}f_2 + \dots + a_{1n}X_n \geq b_1$$

$$a_{21}f_1 + a_{22}f_2 + \dots + a_{2n}X_n \geq b_2$$

$$a_{m1}f_1 + a_{m2}f_2 + \dots + a_{mn}X_n \geq b_m$$

อยู่ภายใต้เงื่อนไข

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0$$

โดยที่ Z คือ สมการเป้าหมาย

f_i คือ จำนวนวัสดุที่ใช้ในการตัดรูปแบบที่ X_i

L คือ ความยาววัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐาน

X_j คือ รูปแบบการตัดวัสดุเชิงเส้น ซึ่ง $j = 1, 2, \dots, n$

i_i คือ ความยาวของวัสดุเชิงเส้น

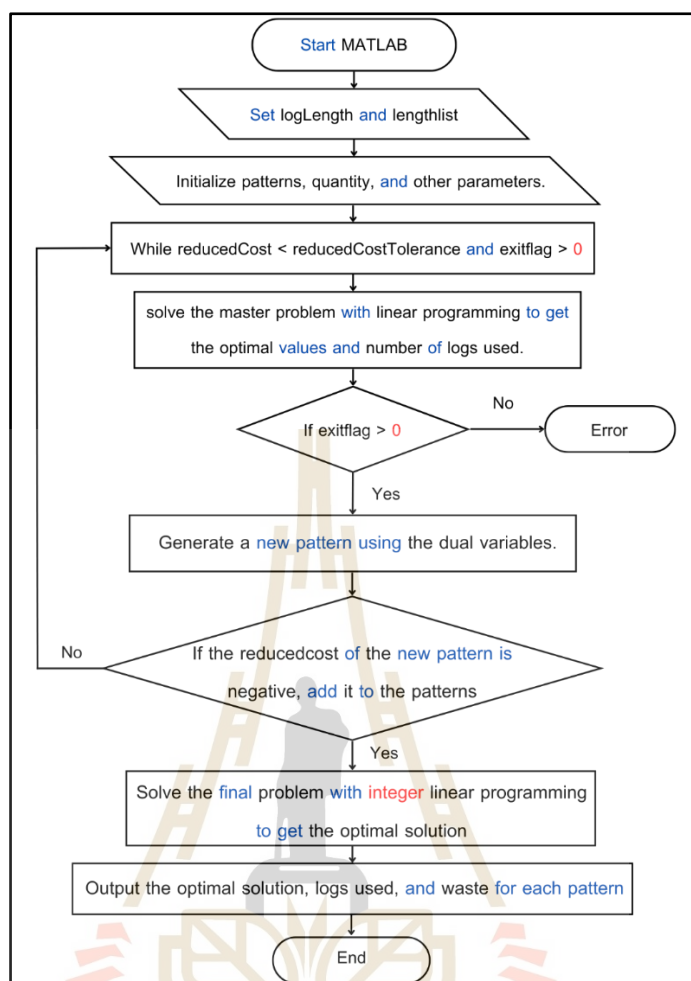
h_i คือ เศษเหลือจากการตัดทั้งรูปแบบที่ X_i

a_{ij} คือ เศษเหลือจากการตัดทั้งรูปแบบที่ X_i

b_i คือ จำนวนรายการที่ต้องการตัดแต่ละความยาว i_i

3.3 การหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยวิธี Linear Programing โดยใช้โปรแกรม MATLAB

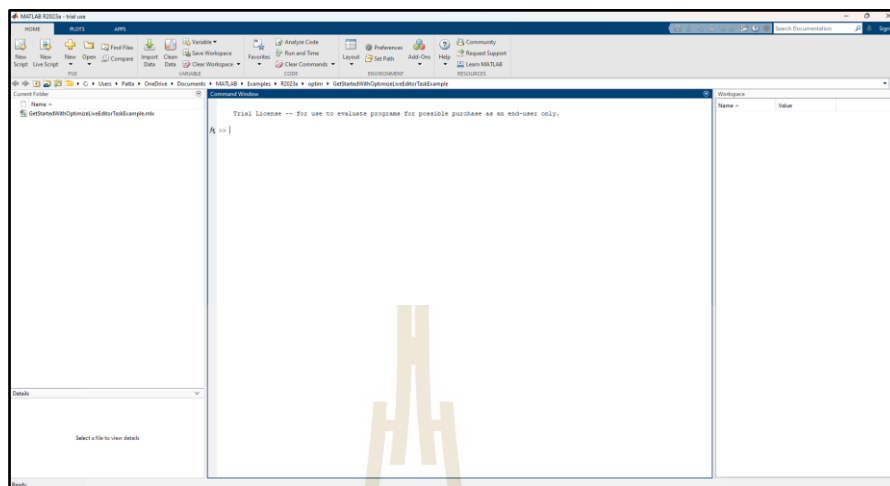
การหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วย Linear Programing โดยใช้โปรแกรม MATLAB เป็นขั้นตอนในการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะถูกนำไปพัฒนาในการสร้างแผนการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติที่ดีที่สุด เพื่อใช้ในการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติที่มีประสิทธิภาพตามผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีขั้นตอนการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยวิธี Linear Programing โดยใช้โปรแกรม MATLAB แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนของวิธีการใช้วิธี Linear Programming โดยใช้โปรแกรม MATLAB

ขั้นตอนของวิธีการใช้วิธี Linear Programming โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด มีดังต่อไปนี้

1) เปิดโปรแกรม MATLAB



รูปที่ 3.3 หน้าต่างโปรแกรม MATLAB

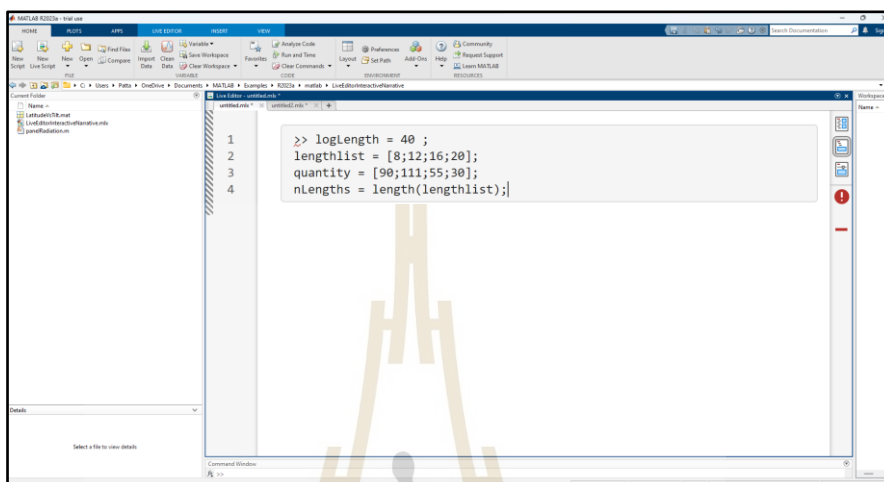
- 2) เขียนโปรแกรมคำสั่ง Liner Programing ในโปรแกรม MATLAB เพื่อแก้ปัญหาการตัดวัสดุ ต้องกำหนดความยาวของวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติ (Log Length) ประเภทความยาวของวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ (Length list) ของแต่ละประเภท จำนวนที่ต้องการ (Quantity) สามารถยกตัวอย่างการทดลองได้ ให้ความยาววัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นเท่ากับ 40 ซม. ดังต่อไปนี้ Prob_Example: {(8/90), (12/111), (16/55), (20/30)} หมายถึง มีการตัด 4 รายการ คือ (1) ระยะ 8 ซม. จำนวน 90 ท่อน, (2) ระยะ 12 ซม. จำนวน 111 ท่อน, (3) ระยะ 16 ซม. จำนวน 55 ท่อน, (4) ระยะ 20 ซม. จำนวน 30 ท่อน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติได้
- 3) กำหนดค่าตัวแปรตั้งต้นสำหรับปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ

```
logLength = 40 ;
lengthlist = [8;12;16;20];
quantity = [90;111;55;30];
nLengths = length(lengthlist);
```

รูปที่ 3.4 โค้ดข้อมูลโปรแกรมสำหรับตัวแปรสำหรับปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ

การเขียนโค้ดข้อมูลดังรูปที่ 3.4 เป็นการตั้งค่าปัญหาเริ่มต้นโดยเขียนอยู่ในรูปของโค้ดโปรแกรม MATLAB โดยประกอบไปด้วย Log Length (วัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติ) เท่ากับ

40 ซม., ประเภทความยาวของวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ (Length list), จำนวนที่ต้องการของความยาวแต่ละประเภท (Quantity) จำเป็นต้องจัดลำดับ ประเภทความยาวของวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติกับจำนวนที่ต้องการให้สอดคล้องกัน



รูปที่ 3.5 โค้ดสำหรับการตั้งค่าปัญหาการตัดเริ่มต้นในการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ

ซึ่งปัญหาคือวิธีการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติเพื่อให้ได้จำนวนการใช้วัสดุคงคลังมาตรฐานที่ดีที่สุด หรือใช้จำนวนในการตัดให้น้อยที่สุดตามที่ระบุความยาวคงที่เหล่านี้ไว้ และปริมาณการใช้สำหรับความยาว โดยสมมติฐานว่าไม่มีการสูญเสียวัสดุในการตัด และไม่มีค่าใช้จ่ายในการตัด

- 4) Linear Programming (กำหนดการโปรแกรมเชิงเส้น)



รูปที่ 3.6 การจำลองตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติโดยไม่มีการสูญเสียวัสดุในการตัด

แทนที่จะสร้าง รูปแบบ (Pattern) การตัดที่เป็นไปได้ทั้งหมด การสร้างรูปแบบการตัดเป็นวิธีแก้ปัญหาย่อยจะมีประสิทธิภาพมากกว่า เริ่มต้นจากชุดฐานของรูปแบบการตัด แก้ปัญหาการตั้งโปรแกรมเชิงเส้นของการลดจำนวนวัสดุใช้ให้น้อยที่สุดภายใต้ข้อจำกัดที่การตัดโดยใช้รูปแบบที่มีอยู่ตอบสนองความต้องการ เช่น

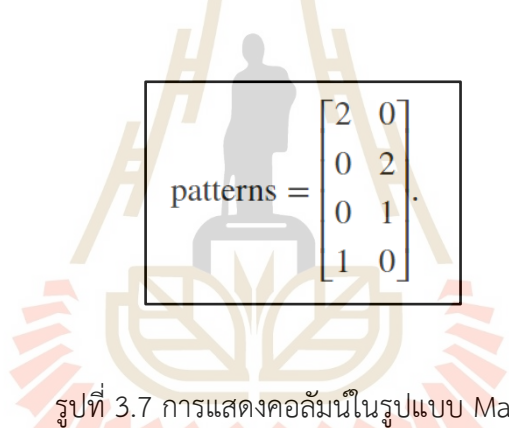
ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function): $\text{Min } Z = f_1 + f_2 + \dots + f_n$

$$\begin{aligned}
 \text{(Constraints): } & a_{11}f_1 + a_{12}f_2 + \dots + a_{1n}X_n \geq 90 \\
 & a_{21}f_1 + a_{22}f_2 + \dots + a_{2n}X_n \geq 111 \\
 & a_{m1}f_1 + a_{m2}f_2 + \dots + a_{mn}X_n \geq 55 \\
 & a_{m1}f_1 + a_{m2}f_2 + \dots + a_{mn}X_n \geq 30
 \end{aligned}$$

โดยที่ a_{ij} เป็นตัวดัชนีการตัดชิ้นของวัสดุที่แต่ละรูปแบบใช้เพื่อสร้างแต่ละรูปแบบ (ตัวแปรของการตัด)

5) MATLAB Solver-Based Formulation

พื้นฐานการคำนวณและแก้ปัญหาสมการในโปรแกรม MATLAB จะอยู่ใน Matrix หรือ ในรูปแบบสูตรเวกเตอร์ของจำนวนเต็ม โดยที่มีจำนวนความต้องการของแต่ละความยาววัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ ซึ่งสามารถจัดเรียงได้ในรูป Matrix ได้ โดยที่แต่ละคอลัมน์ใน Matrix จะมีรูปแบบตัวอย่างเช่นดังรูปภาพที่ 3.7



$$\text{patterns} = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 2 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 3.7 การแสดงคอลัมน์ในรูปแบบ Matrix

จากรูปที่ 3.7 การแสดงรูปแบบแรก (คอลัมน์ที่ 1) แสดงถึงการตัดที่ความยาว 8 ซม. จำนวน 2 ครั้งและการตัดความยาว 20 ซม. จำนวน 1 ครั้ง รูปแบบที่สอง (คอลัมน์ที่ 2) แสดงถึงการตัดที่ความยาว 12 ซม. จำนวน 2 ครั้ง และตัดที่ความยาว 16 ซม. จำนวน 1 ครั้ง โดยแต่ละรูปแบบสามารถเป็นไปได้ เนื่องจากจำนวนการตัดและความยาวทั้งหมดต้องไม่เกินความยาว 40 ซม.

ในสูตรนี้ ถ้า x เป็นเวกเตอร์คอลัมน์ของจำนวนเต็มที่มีจำนวนครั้งที่แต่ละรูปแบบถูกใช้ $\text{patterns} * x$ เป็นเวกเตอร์คอลัมน์ ที่ให้จำนวนการตัดแต่ละประเภทเป็นข้อจำกัด ของการตอบสนองความต้องการคือ $\text{patterns} * x \geq \text{quantity}$ ตัวอย่างเช่น การใช้เมทริกซ์รูปแบบก่อนหน้า สมมติว่า

$$x = \begin{bmatrix} 45 \\ 36 \end{bmatrix} \text{ จะได้ว่า}$$

$$\text{patterns} * x = \begin{bmatrix} 90 \\ 112 \\ 56 \\ 45 \end{bmatrix},$$

รูปที่ 3.8 ผลคูณเวกเตอร์ของ patterns*x

โดยเป็นแสดงถึงวิธีแก้ปัญหาที่สามารถเป็นไปได้เพราะผลลัพธ์เกินความต้องการ

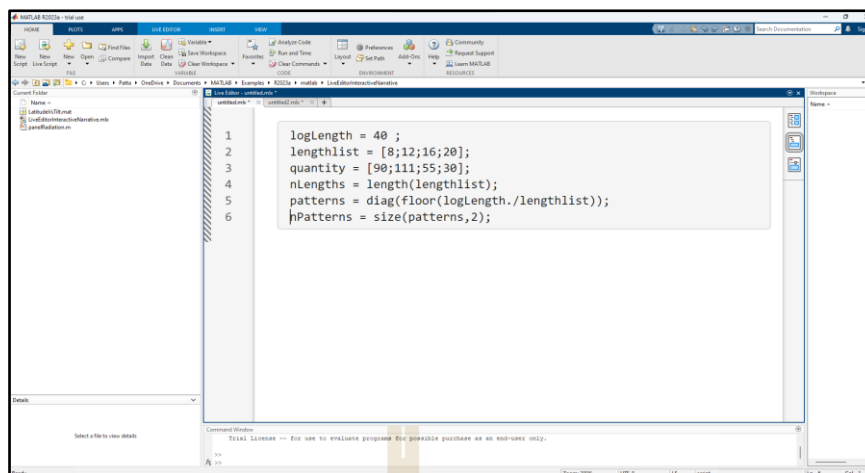
$$\text{quantity} = \begin{bmatrix} 90 \\ 111 \\ 55 \\ 30 \end{bmatrix}.$$

รูปที่ 3.9 เวกเตอร์คอลัมน์ของ quantity (จำนวน) ของปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ

ในการมีรูปแบบการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติที่เป็นไปได้ในเบื้องต้นนั้น จำเป็นให้ใช้รูปแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งมีความยาวเพียงเส้นเดียว ใช้การตัดความยาวดังกล่าวให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้สำหรับวัสดุเชิงเส้น ในที่นี้ไม่จำเป็นต้องใช้ความยาวมากที่สุดในลำดับถัดไปหรือน้อยที่สุด เพียงแค่ใช้ความยาวที่เหมาะสมไม่ให้เกิดความวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้น ซึ่งสามารถเขียนโค้ดเพิ่มเติมลงในโปรแกรม MATLAB ได้ดังรูปที่ 3.10

```
logLength = 40 ;
lengthlist = [8;12;16;20];
quantity = [90;111;55;30];
nLengths = length(lengthlist);
patterns = diag(floor(logLength./lengthlist));
nPatterns = size(patterns,2);
```

รูปที่ 3.10 การออกแบบให้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติให้ใช้การตัดความยาวที่เหมาะสม



รูปที่ 3.11 โค้ดโปรแกรม MATLAB สำหรับการเลือกตัดความยาวที่เหมาะสม

เพื่อสร้างรูปแบบใหม่จากรูปแบบที่มีอยู่เดิมด้วยเงื่อนไขของ “Lagrange multipliers” ให้แก้ปัญหาย่อย เรียกใช้ปัญหาย่อยในการวนลูป เพื่อสร้างรูปแบบที่ดีที่สุดตามเงื่อนไขของปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติและ วัตถุประสงค์ของปัญหาย่อยขึ้นอยู่กับ การตั้งเงื่อนไขจากเดิม “Lagrange multipliers” โดยตัวแปรคือจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบแทนจำนวนการตัดของแต่ละความยาว ข้อจำกัดเพียงอย่างเดียวคือผลรวมของความยาวของการตัดในรูปแบบหนึ่งๆ จะต้องไม่เกินความยาวของของวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้น สร้างเวกเตอร์ขอบเขตล่าง lb2 และเมทริกซ์ A2 และ b2 ที่แสดงถึงขอบเขตและข้อจำกัดเชิงเส้นเหล่านี้

```
lb2 = zeros(nLengths,1);
A2 = lengthlist';
b2 = logLength;
```

รูปที่ 3.12 โค้ดโปรแกรม MATLAB สำหรับกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติม

เพื่อหลีกเลี่ยงค่าติดขมที่ไม่จำเป็นจากตัวแก้ปัญห ให้ตั้งค่าตัวเลือกการแสดงผลเป็น 'ปิด' สำหรับทั้งวิธีแก้ปัญหารอบนอกและการแก้ปัญหาย่อยภายใน

```
lpopts = optimoptions('linprog','Display','off');
ipopts = optimoptions('intlinprog',lpopts);
```

รูปที่ 3.13 โค้ดโปรแกรม MATLAB สำหรับกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติม

เขียนโค้ดการสร้างตัวแปรเริ่มต้นตัวแปรสำหรับการวนซ้ำ

```
reducedCost = -Inf;
reducedCostTolerance = -0.0001;
exitflag = 1;
```

รูปที่ 3.14 โค้ดกำหนดตัวแปรเพิ่มเติมโปรแกรม MATLAB

ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานของตัวแปรทั้งหมดได้ดังต่อไปนี้

- 1) `nLengths = length(lengthlist);`
คำสั่งนี้หาความยาวของเวกเตอร์ `lengthlist` และเก็บผลลัพธ์ไว้ในตัวแปร `nLengths`. คำนี้ หมายถึงจำนวนของความยาวที่เป็นไปได้ซึ่งระบุใน `lengthlist`
- 2) `patterns = diag(floor(logLength./lengthlist));`
คำสั่งนี้สร้างเมทริกซ์ `patterns` ที่มีขนาดเท่ากับจำนวนความยาวที่เป็นไปได้ `nLengths` และมีค่าในตำแหน่งมุมของเมทริกซ์ (Diagonal) เป็นผลการหาร `logLength` ด้วยความยาวใน `lengthlist` แล้วใช้ฟังก์ชัน `floor` เพื่อปัดค่าลงเป็นจำนวนเต็ม นั่นหมายถึง `patterns` จะเก็บรูปแบบการตัดที่เป็นไปได้โดยใช้ความยาวแต่ละชิ้นใน `lengthlist`
- 3) `nPatterns = size(patterns,2);`
คำสั่งนี้หาขนาด (จำนวนแถวและคอลัมน์) ของเมทริกซ์ `patterns` และเก็บจำนวนคอลัมน์ (`nPatterns`) ไว้ในตัวแปร `nPatterns`. นั่นหมายถึงจำนวนรูปแบบการตัดที่เป็นไปได้
- 4) `lb2 = zeros(nLengths,1);`
คำสั่งนี้สร้างเวกเตอร์ `lb2` ที่มีความยาวเท่ากับจำนวนความยาวที่เป็นไปได้ `nLengths` และกำหนดค่าในเวกเตอร์นี้ให้เป็นศูนย์ทั้งหมด นั่นหมายถึง `lb2` ใช้ในการกำหนดขอบเขตต่ำสุด (lower bound) สำหรับตัวแปรในปัญหาการคำนวณ
- 5) `A2 = lengthlist ;`
คำสั่งนี้สร้างเมทริกซ์ `A2` โดยการนับความยาวของเวกเตอร์ `lengthlist` แล้วทรานสโพส (transpose) เวกเตอร์นี้ ซึ่งทำให้เวกเตอร์ `lengthlist` เป็นเวกเตอร์แนวนอนใน `A2`. โดย `A2` จะใช้ในการกำหนดเงื่อนไขแสดงว่าผลรวมของความยาวของวัสดุแต่ละชิ้นต้องไม่เกิน `logLength`
- 6) `b2 = logLength;`
คำสั่งนี้กำหนดค่า `b2` เท่ากับ `logLength` ซึ่งระบุปริมาณความยาวของวัสดุทั้งหมดที่ต้องตัดในปัญหาการคำนวณ
- 7) `lpopts = optimoptions('linprog','Display','off');`
คำสั่งนี้กำหนดตัวเลือกในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ในรูปแบบของ "linear programming" (LP) โดยระบุให้แสดงผลการทำงานของ LP solver ให้เป็น "off" เพื่อไม่แสดงผลข้อมูลบนหน้าจอ

8) `ipopts = optimoptions('intlinprog',lpopts);`
 คำสั่งนี้สร้างตัวเลือกเพิ่มเติมในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ในรูปแบบ "integer linear programming" (ILP) โดยใช้ตัวเลือก `lpopts` ที่เรากำหนดไว้แล้ว.

9) `reducedCost = -Inf;`
 คำสั่งนี้กำหนดค่าเริ่มต้นของ `reducedCost` เป็นค่าอินฟินิตี้ (negative infinity) ตัวแปร `reducedCost` ใช้ในการตรวจสอบ `reduced cost` ในรูปหลักของโค้ด

10) `reducedCostTolerance = -0.0001;`
 คำสั่งนี้กำหนดค่า `reducedCostTolerance` เป็นค่าที่ใช้ในการกำหนดเงื่อนไขในรูปหลักของโค้ดว่า `reduced cost` ยังคงมีค่าต่ำกว่า `tolerance` หรือไม่. ค่านี้ถูกตั้งค่าเป็นค่าติดลบสำหรับการตรวจสอบว่า `reduced cost` ต้องต่ำกว่าค่าที่กำหนด.

11) `exitflag = 1;`
 คำสั่งนี้กำหนดค่า `exitflag` เริ่มต้นเป็น 1. `exitflag` ใช้ในการควบคุมการทำงานของรูปหลักในโค้ด. ถ้า `exitflag` กลายเป็น 0 หรือติดลบในขณะที่รูปหลักทำงาน, โค้ดจะหยุดทำงาน

ใช้คำสั่งการวนรูปเพื่อหาจำนวนวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานที่ดีที่สุด

```
while reducedCost < reducedCostTolerance && exitflag > 0
    lb = zeros(nPatterns,1);
    f = lb + 1;
    A = -patterns;
    b = -quantity;

    [values,nLogs,exitflag,~,lambda] = linprog(f,A,b,[],[],lb,[],lpopts);
    if exitflag > 0
        fprintf('Using %g logs\n',nLogs);
        % Now generate a new pattern, if possible
        f2 = -lambda.ineqlin;
        [values,reducedCost,pexitflag] = intlinprog(f2,1:nLengths,A2,b2,[],[],lb2,[],ipopts);
        reducedCost = 1 + reducedCost; % continue if this reducedCost is negative
        newpattern = round(values);
        if pexitflag > 0 && reducedCost < reducedCostTolerance
            patterns = [patterns newpattern];
            nPatterns = nPatterns + 1;
        end
    end
end
```

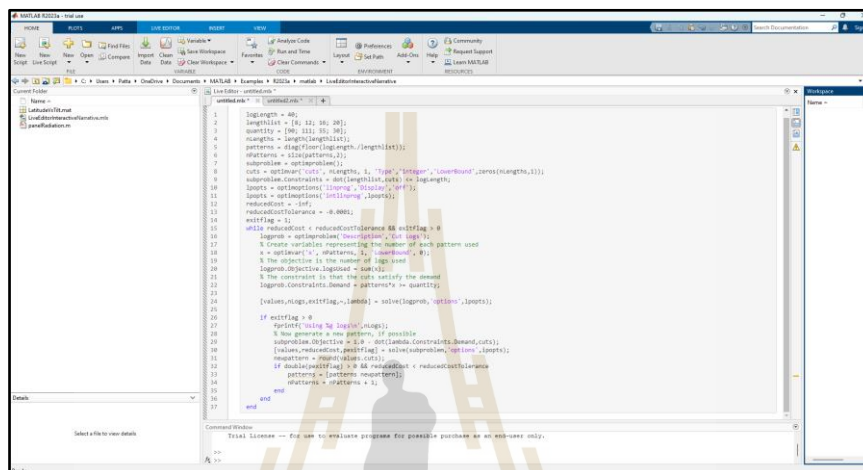
รูปที่ 3.15 โค้ดสำหรับสำคั้งการวนรูปเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด

สามารถอธิบายการทำงานของตัวแปรทั้งหมดได้ดังต่อไปนี้

1) `while reducedCost < reducedCostTolerance && exitflag > 0`
 คือรูปหลักที่ทำงานจนกว่า `reduced cost` (`reducedCost`) จะน้อยกว่าค่า `tolerance` (`reducedCostTolerance`) และ `exit flag` (`exitflag`) ยังคงเป็นค่าบวก. รูปนี้ใช้ในการวนรอบ เพื่อหาแบบการตัดที่ดีที่สุดโดยเพิ่มรูปแบบการตัดใหม่เมื่อเป็นไปได้

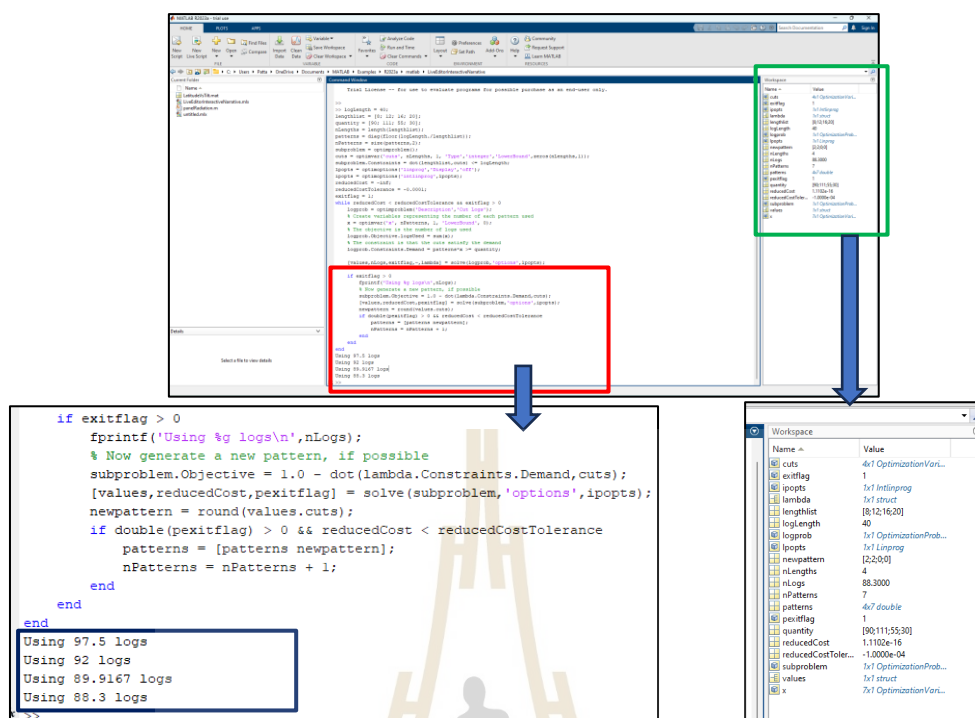
- 2) `logprob = optimproblem('Description','Cut Logs');`
สร้างอ็อบเจกต์ปัญหาการคำนวณใหม่ที่เรียกว่า `logprob` และกำหนดคำอธิบายของปัญหาเป็น "Cut Logs"
- 3) `x = optimvar('x', nPatterns, 1, 'LowerBound', 0);`
สร้างตัวแปร `x` ที่ใช้ในการแทนจำนวนของแต่ละแบบการตัดที่ใช้. มี `nPatterns` ตัวแปรใน `x` แต่ละตัวมีขอบเขตต่ำสุดที่เป็นศูนย์
- 4) `logprob.Objective.logsUsed = sum(x);`
กำหนดว่าวัตถุประสงค์ (objective) ในปัญหา `logprob` คือการหาผลรวมของ `x` ทั้งหมด นั่นคือจำนวน logs ที่ใช้ในแบบการตัดนี้
- 5) `logprob.Constraints.Demand = patterns*x >= quantity;`
กำหนดเงื่อนไขว่าผลคูณระหว่าง `patterns` และ `x` ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ `quantity`. นี่เป็นข้อจำกัดที่ระบุว่าจำนวนวัสดุที่ต้องใช้ในแบบการตัดต้องพอเพียงกับความต้องการ (`quantity`)
- 6) `[values, nLogs, exitflag, ~, lambda] = solve(logprob,'options', lpopts);`
แก้ปัญห `logprob` โดยใช้ตัวเลือก `lpopts` และนำผลลัพธ์มาเก็บไว้ในตัวแปร `values` ซึ่งเก็บค่าของตัวแปร `x`, `nLogs` เก็บจำนวน logs ที่ใช้ในแบบการตัดนี้, `exitflag` เก็บสถานะการออกจากการแก้ปัญห, และ `lambda` เก็บค่าของตัวแปร `dual` ที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขการตัดในปัญหา
- 7) `if exitflag > 0:`
ตรวจสอบว่า `exit flag` (`exitflag`) มากกว่า 0 ซึ่งหมายถึงการแก้ปัญหสำเร็จสิ้น
โดยประสบความสำเร็จ
- 8) `fprintf('Using %g logs\n', nLogs);`
พิมพ์ข้อความบนหน้าจอเพื่อแสดงว่าจำนวน logs ที่ใช้ในแบบการตัดนี้คือ `nLogs`
- 9) `subproblem.Objective = 1.0 - dot(lambda.Constraints.Demand, cuts);`
กำหนดวัตถุประสงค์ของปัญหาย่อย `subproblem` เพื่อหาแบบการตัดใหม่ โดยใช้การคำนวณ `reduced cost` จากตัวแปร `dual` (`lambda`) และตัวแปรการตัด (`cuts`) ในปัญหาหลัก
- 10) `[values, reducedCost, pexitflag] = solve(subproblem, 'options', ipopts);`
แก้ปัญหาย่อย `subproblem` โดยใช้ตัวเลือก `ipopts` และนำผลลัพธ์มาเก็บไว้ใน `values` ที่เก็บค่าของตัวแปร `cuts`, `reducedCost` เก็บ `reduced cost` จากปัญหาย่อย และ `pexitflag` เก็บสถานะการออกจากการแก้ปัญหาย่อย
- 11) `newpattern = round(values.cuts);`
สร้างรูปแบบการตัดใหม่ (`newpattern`) โดยปัดค่าของตัวแปรการตัดในปัญหาย่อย (`values.cuts`) เป็นจำนวนเต็ม
- 12) `if double(pexitflag) > 0 && reducedCost < reducedCostTolerance`
ตรวจสอบว่าสถานะการออกจากการแก้ปัญหาย่อย (`pexitflag`) เป็นบวกและ `reduced cost` น้อยกว่า `reduced cost tolerance` (`reducedCostTolerance`)

- 13) $\text{patterns} = [\text{patterns} \text{ newpattern}];$
 เพิ่มรูปแบบการตัดใหม่ลงในเซตของรูปแบบการตัด (patterns)
- 14) $\text{nPatterns} = \text{nPatterns} + 1;$
 เพิ่มจำนวนรูปแบบการตัดที่เป็นไปได้ (nPatterns) ตามจำนวนของรูปแบบการตัดใหม่ que เพิ่มเข้ามา



รูปที่ 3.16 โค้ดบนโปรแกรม MATLAB ในการหาค่าที่ดีที่สุด

จากรูปที่ 3.16 คือการเขียนโค้ดในภาพรวมเบื้องต้นสำหรับการตั้งค่านิพจน์การตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติและใช้หลักการ Linear Programming ในการเขียนโค้ดและตั้งค่านิพจน์ที่เกี่ยวข้องในโปรแกรม MATLAB เพื่อแสดงผลลัพธ์จำนวนวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานดังรูปภาพที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การประมวลผลผลลัพธ์ในการจำนวนวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานที่ดีที่สุด

จากรูปที่ 3.17 จะเห็นถึงค่าที่ได้จากการประมวลผลผลลัพธ์จากกรอบสีน้ำเงิน โดยรอบแรกประมวลผลได้ค่าวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานเท่ากับ 97.5 ท่อน จากนั้นโปรแกรม MATLAB จะประมวลผลอีกรอบหรือการรวนรูปตามคำสั่งฟังก์ชันของโค้ดที่ค่าที่ได้เข้าเงื่อนไขตามที่เขียนคำสั่งไว้หรือไม่ หากยังไม่เข้าเงื่อนไขจะทำการประมวลผลอีกครั้งจนกว่าจะเข้าเงื่อนไขตามฟังก์ชันจะสังเกตได้ว่าการประมวลผลครั้งที่ 2 ได้ค่าวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานเท่ากับ 92 ท่อน, ครั้งที่ 3 ได้ค่าวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานเท่ากับ 89.9167 ท่อนและครั้งที่ 4 ได้ค่าวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานเท่ากับ 88.3 ท่อน จากนั้นเมื่อนำค่าที่ได้ไปตรวจสอบเข้าฟังก์ชันอีกรอบ สามารถเข้าเงื่อนไขจึงสามารถระบุได้ว่า การแก้ปัญหาการตัดวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติได้ค่าที่ดีที่สุดหรือเหลือเศษการตัดน้อยที่สุด

ตอนนี้ได้ค่าวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานที่ดีที่สุดจาก วิธีแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นแล้ว เพื่อให้การแก้ปัญหาการวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติให้เสร็จสมบูรณ์ ด้วยการแก้ปัญหาอีกครั้งด้วยรูปแบบสุดท้าย โดยใช้ intlinprog โดยที่ตัวแปรทั้งหมดเป็นจำนวนเต็ม จากการแก้ปัญหาดังกล่าวโปรแกรมได้คำนวณค่าที่ดีที่สุดเท่ากับ 88.3 ท่อน ในความเป็นจริงไม่สามารถใช้วัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานเท่ากับ 88.3 ท่อนได้ จึงมีการปัดเป็นเลขจำนวนเต็มจะเท่ากับต้องใช้วัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานเท่ากับ 89 ท่อน นอกจากนี้ คำนวณเศษเหลือจากการตัดในแต่ละรูปแบบรวมไปถึงเศษเหลือทั้งหมดจากปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิตินี้ รวมไปถึงการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อสรุปต่าง ๆ สามารถเขียนคำสั่งโค้ดได้ดังรูปที่ 3.18 ต่อไปนี้

```

if exitflag <= 0
    disp('Error in column generation phase')
else
    [values, logsUsed, exitflag] = intlinprog(f, 1:length(lb), A, b, [], [], [], ipopts);
    if exitflag > 0
        values = round(values);
        logsUsed = round(logsUsed);
        fprintf('Optimal solution uses %g logs\n', logsUsed);
        totalwaste = sum((patterns*values - quantity).lengthlist); % waste due to overproduction
        for j = 1:size(values)
            if values(j) > 0
                fprintf('Cut %g logs with pattern\n', values(j));
                for w = 1:size(patterns, 1)
                    if patterns(w, j) > 0
                        fprintf('    %d cut(s) of length %d\n', patterns(w, j), lengthlist(w));
                    end
                end
                wastej = loglength - dot(patterns(:, j), lengthlist); % waste due to pattern inefficiency
                totalwaste = totalwaste + wastej;
                fprintf('    Waste of this pattern is %g\n', wastej);
            end
        end
        fprintf('Total waste in this problem is %g.\n', totalwaste);
    else
        disp('Error in final optimization')
    end
end

```

รูปที่ 3.18 คำสั่งโค้ดแสดงเพื่อผลลัพธ์การสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติและเศษที่เหลือ

สามารถอธิบายการทำงานของตัวแปรทั้งหมดได้ดังต่อไปนี้

- 1) if exitflag <= 0

คำสั่งนี้ตรวจสอบค่า exitflag ว่ามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 หรือไม่. ถ้า exitflag น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 จะแสดงข้อความว่า "Error in column generation phase". นี่คือการตรวจสอบว่าการแก้ปัญหาในรอบของการสร้างคอลัมน์สามารถสิ้นสุดลงด้วยความสำเร็จหรือไม่

- 2) else:

หาก exitflag มากกว่า 0 แสดงว่า column generation phase สำเร็จ โค้ดจะเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

- 3) x.Type = 'integer';

กำหนดประเภทของตัวแปร x เป็น 'integer' เพื่อระบุว่าตัวแปร x ต้องเป็นจำนวนเต็ม

- 4) [values, logsUsed, exitflag] = solve(logprob, 'options', ipopts);

แก้ปัญหา logprob โดยใช้ตัวเลือก ipopts และเก็บผลลัพธ์ไว้ใน values, logsUsed, และ exitflag. values เก็บค่าของตัวแปร x, logsUsed เก็บจำนวน logs ที่ใช้ในการตัดแบบการตัดที่ตามมา และ exitflag เก็บสถานะการออกจากปัญหา

- 5) if double(exitflag) > 0

ตรวจสอบว่า exitflag มากกว่า 0 หมายถึงการแก้ปัญหาเสร็จสิ้นสำเร็จ

- 6) values.x = round(values.x);

ปัดค่าของตัวแปร x เพื่อให้เป็นจำนวนเต็ม ในกรณีที่ค่าที่ไม่ใช่จำนวนเต็ม

- 7) logsUsed = sum(values.x);

คำนวณจำนวน logs ที่ใช้จริงๆ โดยนับผลรวมของตัวแปร x.

- 8) fprintf('Optimal solution uses %g logs\n', logsUsed);

แสดงจำนวน logs ที่ใช้ในแบบการตัดที่ถูกตัดในแบบการตัดที่มีประสิทธิภาพที่สุด

- 9) totalwaste = sum((patterns*values.x - quantity).lengthlist);

คำนวณขยะหรือเศษเหลือจากการตัดทั้งหมด (total waste) โดยหาความต่าง

ระหว่างผลคูณของรูปแบบการตัด (patterns) และ values.x กับ quantity, และคูณกับ lengthlist

- 10) for j = 1:size(values.x)

เริ่มลูปเพื่อวนรอบตามรูปแบบการตัด (values.x) เพื่อตรวจสอบแต่ละแบบการตัดที่ถูกใช้
- 11) if values.x(j) > 0

ตรวจสอบว่าจำนวน logs ในแบบการตัด (values.x(j)) มากกว่า 0
- 12) fprintf('Cut %g logs with pattern\n', values.x(j));

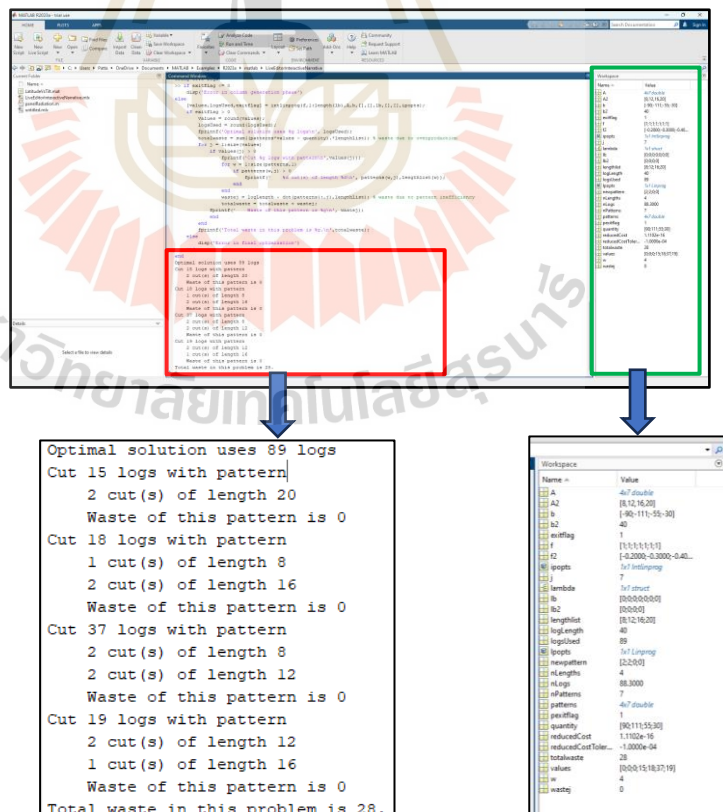
แสดงข้อความที่ระบุจำนวน logs ที่ถูกตัดด้วยแบบการตัดนั้น
- 13) for w = 1:size(patterns, 1)

ในลูปภายในลูปหลัก, เริ่มลูปในการวนรอบแนวตั้งของ patterns เพื่อตรวจสอบแต่ละชิ้นวัสดุในแบบการตัด
- 14) if patterns(w, j) > 0

ตรวจสอบว่าจำนวนชิ้นวัสดุในแบบการตัด (patterns(w, j)) มากกว่า 0
- 15) fprintf(' %g cut(s) of length %d\n', patterns(w, j), lengthlist(w));

แสดงข้อความที่ระบุจำนวนชิ้นวัสดุและความยาวของแต่ละชิ้นวัสดุในแบบการตัดนั้น
- 16) wastej = logLength - dot(patterns(:, j), lengthlist);

คำนวณขยะ (waste) ที่เกิดจากความไม่มีประสิทธิภาพ

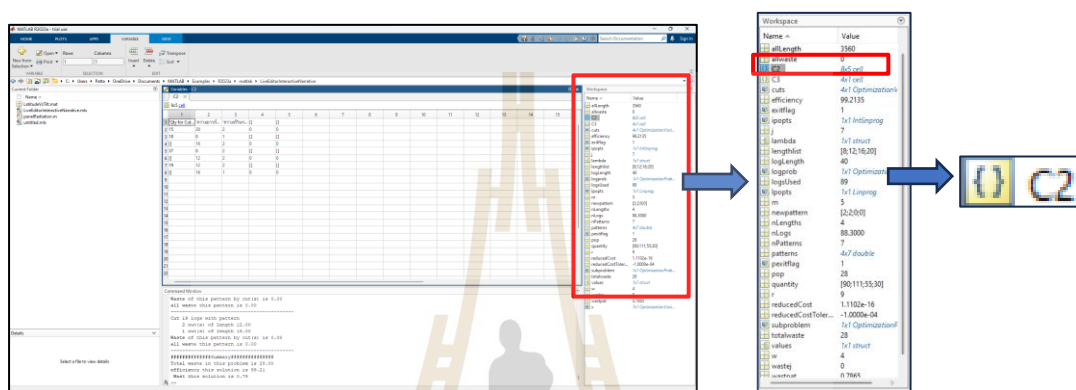


รูปที่ 3.19 คำสั่งโค้ดแสดงผลการวางแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติและเศษที่เหลือ

3.4 การพัฒนาสร้างตารางแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติด้วย

ขั้นตอนนี้เป็น การนำข้อมูลที่ได้จากการผลลัพธ์จากโปรแกรม MATLAB เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดมาสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติหรือรูปแบบที่ดีที่สุดในการลดกระบวนการสูญเสียจากกระบวนการตัดโดยที่คำนึงถึงผู้นามาใช้งานต่อให้เข้าใจได้ง่าย สามารถได้ตั้งขั้นตอนต่อไป

1) คลิกไปที่  C2 แท็บ Workspace เพื่อดึงข้อมูลแผนการตัดจาก MATLAB เพื่อไปจัดเป็นรูปแบบตารางแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ



รูปที่ 3.20 วิธีการเข้าถึงข้อมูลการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ

จากรูปที่ 3.20 สามารถนำข้อมูลจัดรูปแบบแผนการตัดเพื่อสรุปการหาคำตอบที่ดีที่สุดจากโปรแกรม MATLAB เพื่ออธิบายลำดับขั้นตอนการตัด

i	Li	Bi	Cutting patterns (from 40 cm . raw material) Pi				Sum(Aij)
			P1	P2	P3	P4	
1	8	90		1	2		92
2	12	111			2	2	112
3	16	55		2		1	55
4	20	30	2				30
Tk			15	18	37	19	89
Ti			0	0	0	0	0
Tw			0	0	0	0	0

รูปที่ 3.21 ตัวอย่างการสร้างรูปแบบการตัดจากวิธี Linear programming ด้วยโปรแกรม MATLAB

ผลลัพธ์ที่ได้คือ รายละเอียดการตัดแบบต่าง ๆ (Pi) แสดงการตัดท่อนความยาว Li เป็นจำนวนท่อนต่าง ๆ กัน ซึ่งทำให้เหลือเศษเป็น Tw และจะต้องใช้วัสดุคงคลังมาตรฐานรวมเท่ากับ 93 เส้น เศษจากการหาคำตอบด้วยวิธีนี้ สามารถคำนวณได้จากสมการ Tw

- จำนวนที่ใช้วัสดุคงคลังที่เหมาะสมที่สุดคือ 89 ท่อน

รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 15 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 20 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 18 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 8 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 16 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 2 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 37 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 12 ซม. จำนวน 2 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 8 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 3 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 4 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 37 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 12 ซม. จำนวน 2 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 8 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 3 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

3.5 การคำนวณเศษการตัดทั้งหมด

ในการวิจัยนี้ได้กำหนดสมการที่มีประสิทธิภาพในการคำนวณหาเศษการตัดทั้งหมด (Total trim loss: TL) ของการตัดที่เป็นโจทย์ปัญหา ด้วยสมการดังนี้

Tw คือ $\sum_1^j \text{Wastej} \times \text{values.x(j)}$

Wastej คือ เศษเหลือจากการตัดในรูปแบบการตัดที่ j

values.x(j) คือ จำนวนที่ใช้วัสดุคงคลังมาตรฐานในรูปแบบการตัดที่ j

j คือ จำนวนเต็มบวก

$\sum_i (\text{LiBi})$ คือ ปริมาณความต้องการทั้งหมด

3.6 การประเมินคำตอบ

การประเมินประสิทธิภาพของคำตอบนั้น ดัชนีหลักที่ใช้คือ ค่าเศษการตัดทั้งหมด (TL) อย่างไรก็ตาม ยังมีดัชนีอื่น ๆ ที่สามารถช่วยชี้วัดประสิทธิภาพของคำตอบได้อีก ดังต่อไปนี้

TK คือ จำนวนวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานทั้งหมดที่ดีที่สุด

%Total waste คือ เปอร์เซ็นการสูญเสียวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานทั้งหมดของปัญหาการตัด

$$\text{โดยที่: \% Total waste} = \frac{T_w}{\sum_i (LiBi)} * 100$$

$$\% \text{ Efficiency} = 100\% - \% \text{ Total waste}$$

ดัชนีเหล่านี้ จะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลคำตอบที่ได้จากการทดลองกับโจทย์ปัญหาการตัดกับกรณีศึกษาต่อไป เพื่อเปรียบเทียบคำตอบ



บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติเพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB ด้วยอาศัยหลักการ Linear Programing ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด เพื่อลดต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการตัดสำหรับวัสดุคงคลัง (Cutting Stock Problem) ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์และวิเคราะห์ผลที่ได้ จากการใช้วิธี การการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติเพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB ในการหาคำตอบ งานวิจัยนี้จำทำการทดสอบและประมวลผลแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติทั้งหมด 11 กรณีศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลังมาตรฐานจากกรณีศึกษาทั้งหมด 11 กรณีศึกษา โดยอ้างอิงจากงานวิจัย ที่มีขนาดความยาวที่แตกต่างกันออกไปและจำนวนความต้องการปริมาณที่ต่างกันในแต่ละกรณีศึกษา ซึ่งจะแสดงรายละเอียดแบบแผนการตัด จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานที่ต้องการทั้งหมด จำนวนแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ จำนวนความยาวที่ต้องตัดวัสดุในแต่ละครั้งของปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติ รวมไปถึงเศษการตัดวัสดุที่เหลือในแต่ละรูปแบบในแต่ละกรณีศึกษา ดังแสดงในภาคผนวก ก โดยทำการประมวลผลหาคำตอบด้วยการใช้โปรแกรม MATLAB ในการสร้างผลลัพธ์ของคำตอบซึ่งผลลัพธ์จากการประมวลผลจะแสดงรายละเอียดแบ่งเป็น 11 กรณีศึกษาโดยแบ่งเป็นโจทย์ปัญหาการตัดจากงานวิจัย “การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง” 1 กรณีศึกษาและโจทย์ปัญหาการตัดของงานวิจัย “การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ : กรณีศึกษาโรงงานอลูมิเนียม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี” 10 กรณีศึกษา แบ่งได้ดังนี้

4.1.1 โจทย์ปัญหาการตัดจากงานวิจัย “การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง”

4.1.1.1 กรณีศึกษาจากงานวิจัย

เป็นการอธิบายการสรุปผลที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB โดยใช้วัสดุคงคลังมาตรฐานที่มีความยาว 10 เมตร และมีโจทย์กรณีศึกษาดังรูปที่ 4.1 หรือสามารถเขียนอยู่ในรูปแบบการอธิบายได้ดังต่อไปนี้ Prob: { (0.95/25), (1.4/18), (1.75/14), (1.75/14), (1.8/23), (1.88/7), (2.67/22), (2.88/7), (3.05/36), (3.2/4), (3.75/15), (5/26), (5.4/19), (6.35/7), (7/23), (7.19/12) } หมายถึง มีการตัด 15 รายการ คือ (1) ระยะ 0.95 เมตร. จำนวน 25 ท่อน, (2) ระยะ 1.4 เมตร. จำนวน 18 ท่อน, (3) ระยะ 1.75 เมตร. จำนวน 14 ท่อน, (4) ระยะ 1.8 เมตร. จำนวน 23 ท่อน, (5) ระยะ 1.88 เมตร. จำนวน 7 ท่อน, (6) ระยะ 2.67 เมตร.

จำนวน 22 ท่อน, (7) ระยะ 2.88 เมตร. จำนวน 10 ท่อน, (8) ระยะ 3.05 เมตร. จำนวน 36 ท่อน, (9) ระยะ 1.88 เมตร. จำนวน 7 ท่อน, (10) ระยะ 3.75 เมตร. จำนวน 15 ท่อน, (11) ระยะ 5 เมตร. จำนวน 26 ท่อน, (12) ระยะ 5.4 เมตร. จำนวน 19 ท่อน, (13) ระยะ 6.35 เมตร. จำนวน 7 ท่อน, (14) ระยะ 7 เมตร. จำนวน 23 ท่อน, (15) ระยะ 7.19 เมตร. จำนวน 12 ท่อน ซึ่งสามารถเขียนสรุปได้ดังนี้จำนวนที่ใช้วัสดุคงคลังที่เหมาะสมที่สุดคือ 93 ท่อน สามารถตัดตามแผนการตัดวัสดุคงคลังที่ใช้ความยาวมาตรฐานที่กำหนดไว้ 10 เมตร สามารถอธิบายได้ดังนี้

i	Li	Bi	Cutting patterns(from 10 m. raw material)																Sum(Aij)
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	
1	0.95	25			2					1			1		1	1			25
2	1.4	18										2				2	1		18
3	1.75	14				2				1		1						2	14
4	1.8	23	5								2		2						23
5	1.88	7													1				7
6	2.67	22			1		1		1										22
7	2.88	10						1											10
8	3.05	36												2		1	1		36
9	3.2	4														1		2	4
10	3.75	15												1					15
11	5	26		2															26
12	5.4	19			1							1	1				1		19
13	6.35	7				1					1								7
14	7	23					1	1		1					1				23
15	7.19	12							1										12
Tk			1	13	5	3	5	10	12	1	4	5	5	15	7	2	4	1	93
Ti			1	0	0.03	0.15	0.33	0.12	0.14	0.3	0.05	0.05	0.05	0.15	0.17	0	0.15	0.1	
Tw			1	0	0.15	0.45	1.65	1.2	1.68	0.3	0.2	0.25	0.25	2.25	1.19	0	0.6	0.1	11.27

รูปที่ 4.1 รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB

จากรูปที่ 4.1 ผลลัพธ์ที่ได้คือ รายละเอียดการตัดแบบต่าง ๆ (Pi) แสดงการตัดท่อนความยาว Li เป็นจำนวนท่อนต่าง ๆ กัน และจากจำนวนที่ต้องการ (Bi) และจะสามารถสรุปคำตอบในการสร้างแผนการตัดได้ดังนี้

- วัสดุคงคลังมาตรฐานรวมเท่ากับ 93 เส้น

รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 1 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 1.8 เมตร จำนวน 5 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 1 เมตร

รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 13 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 5 เมตร จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0

โดยรูปแบบที่ 2 นี้จะไม่ทำให้เกิดเศษเหลือจากการตัดวัสดุคงคลังเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติ

รูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 5 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 0.95 เมตร จำนวน 2 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 2.67 เมตร จำนวน 1 ครั้ง

- [illegible]

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 1.75 เมตร จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 5.40 เมตร จำนวน 1 ครั้ง เหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0.05 เมตร
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 10 ทั้งหมดเท่ากับ 0.25 เมตร
- รูปแบบที่ 11 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 5 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้
- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 0.95 เมตร จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 1.80 เมตร จำนวน 2 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 5.40 เมตร จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0.05 เมตร
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 11 ทั้งหมดเท่ากับ 0.25 เมตร
- รูปแบบที่ 12 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 15 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้
- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 3.05 เมตร จำนวน 2 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 3.75 เมตร จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0.15 เมตร
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 12 ทั้งหมดเท่ากับ 2.25 เมตร
- รูปแบบที่ 13 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 7 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้
- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 0.95 เมตร จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 1.88 เมตร จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 7.00 เมตร จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0.17 เมตร
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 13 ทั้งหมดเท่ากับ 1.19 เมตร
- รูปแบบที่ 14 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 4 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้
- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 1.40 เมตร จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 3.05 เมตร จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 5.40 เมตร จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0.15 เมตร
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 14 ทั้งหมดเท่ากับ 0.6 เมตร
- รูปแบบที่ 15 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 1 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้
- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 1.75 เมตร จำนวน 2 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 3.20 เมตร จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0.10 เมตร
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 15 ทั้งหมดเท่ากับ 0.1 เมตร
- สรุปผลการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติด้วยวัสดุคงคลังมาตรฐาน 10 เมตร
- 1) เศษเหลือจากแผนการตัดทั้งหมดเท่ากับ 11.27 เมตร
 - 2) %Total Loss เท่ากับ 1.21%
 - 3) ประสิทธิภาพของการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติเท่ากับ 98.79%

ซึ่งการศึกษาจากปัญหาการตัดจากงานวิจัย การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไข ปัญหาการตัดวัสดุ: กรณีศึกษาโรงงานอลูมิเนียม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ทั้งหมด 10 กรณีศึกษา

4.1.2 โจทย์ปัญหาการตัดจากงานวิจัย “การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไข ปัญหาการตัดวัสดุ: กรณีศึกษาโรงงานอลูมิเนียม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี”

ศึกษาจากปัญหาการตัดจากงานวิจัย การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไข ปัญหาการตัดวัสดุ: กรณีศึกษาโรงงานอลูมิเนียม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ทั้งหมด 10 กรณีศึกษา

4.1.2.1 กรณีศึกษาที่ 1

การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลัง มาตรฐานที่เท่ากับ 1 เมตร ซึ่งมีความยาวแต่ละรูปแบบและความต้องการดังต่อไปนี้ กรณีศึกษา 1: $\{(15/3), (26/5), (38/7), (56/9), (48/11)\}$ หมายถึง มีการตัด 5 รายการ คือ (1) ระยะ 15 ซม. จำนวน 3 ท่อน, (2) ระยะ 26 ซม. จำนวน 5 ท่อน, (3) ระยะ 38 ซม. จำนวน 7 ท่อน, (4) ระยะ 56 ซม. จำนวน 9 ท่อน, และ (5) ระยะ 48 ซม. จำนวน 11 ท่อน แสดงในภาคผนวก ก และทำการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลในการคำตอบดังรูปที่ 4.2

i	Li	Bi	Cutting patterns P_i (from 1 m. raw material)				Sum(A_{ij})
			P1	P2	P3	P4	
1	15	3			1		3
2	26	5			1	2	5
3	38	7		1		1	7
4	56	9		1	1		9
5	48	11	2				12
Tk			6	6	3	1	16
Ti			4	6	3	0.15	
Tw			24	36	9	0.15	69.15

รูปที่ 4.2 รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 1

จากรูปที่ 4.2 แสดงแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และจะสามารถสรุปคำตอบในการสร้างแผนการตัดได้ดังนี้

- ใช้จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานรวมเท่ากับ 16 เส้น

รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 6 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 48 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 4 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ 24 ซม.

รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 6 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 38 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 56 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 6 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 2 ทั้งหมดเท่ากับ 36 ซม.

รูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 3 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 15 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 26 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 56 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 3 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 3 ทั้งหมดเท่ากับ 9 ซม.

รูปแบบที่ 4 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 1 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 26 ซม. จำนวน 2 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 38 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0.15 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 3 ทั้งหมดเท่ากับ 0.15 ซม.

สรุปผลการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติด้วยวัสดุคงคลังมาตรฐาน 1 เมตร

- 1) เศษเหลือจากแผนการตัดทั้งหมดเท่ากับ 127 เซนติเมตร

- 2) % Total Loss เท่ากับ 7.94 %

- 3) ประสิทธิภาพของการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติเท่ากับ 92.06 %

4.1.2.2 กรณีศึกษาที่ 2

การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลังมาตรฐานที่เท่ากับ 1 เมตรซึ่งมี ความยาวแต่ละรูปแบบและความต้องการดังต่อไปนี้ Prob2: $\{(100/5), (52/4), (62/4), (38/7), (27/8), (15/6), (48/7), (35/9)\}$ หมายถึง มีการตัด 8 รายการ คือ (1) ระยะ 100 ซม. จำนวน 5 ท่อน, (2) ระยะ 52 ซม. จำนวน 4 ท่อน, (3) ระยะ 62 ซม. จำนวน 4 ท่อน, (4) ระยะ 38 ซม. จำนวน 7 ท่อน, และ (5) ระยะ 27 ซม. จำนวน 8 ท่อน, (6) ระยะ 15 ซม. จำนวน 6 ท่อน, (7) ระยะ 48 ซม. จำนวน 7 ท่อน, (8) ระยะ 35 ซม. จำนวน 9 ท่อน แสดงในภาคผนวก ก และทำการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลดังรูปที่ 4.3

i	Li	Bi	Cutting patterns Pi (from 1 m. raw material)									Sum(Aij)
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
1	100	5	1									5
2	52	4				1	1					4
3	62	4								1		4
4	38	7						1		1		7
5	27	8			1			1	3			8
6	15	6				3			1		2	6
7	48	7		2			1					7
8	35	9			2			1			2	9
Tk			5	2	2	1	3	3	1	4	1	22
Ti			0	4	3	3	0	0	4	0	0	
Tw			0	8	6	3	0	0	4	0	0	21

รูปที่ 4.3 รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 2

จากรูปที่ 4.3 แสดงแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และจะสามารถสรุปคำตอบในการสร้างแผนการตัดได้ดังนี้

- ใช้จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานรวมเท่ากับ 22 เส้น

รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 5 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 100 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม. (หรือไม่จำเป็นต้องจัด)

รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 2 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 48 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 4 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 2 ทั้งหมดเท่ากับ 8 ซม.

รูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 2 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 27 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 35 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 3 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 3 ทั้งหมดเท่ากับ 6 ซม.

รูปแบบที่ 4 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 1 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 52 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 35 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 3 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 4 ทั้งหมดเท่ากับ 3 ซม.

รูปแบบที่ 5 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 3 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 52 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 48 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 5 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 6 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 3 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 38 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 35 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 27 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 6 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 7 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 1 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 27 ซม. จำนวน 3 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 15 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 4 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 7 ทั้งหมดเท่ากับ 4 ซม.

รูปแบบที่ 8 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 4 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 62 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 38 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 8 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 9 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 1 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 35 ซม. จำนวน 2 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 15 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 9 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

สรุปผลการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติด้วยวัสดุคงคลังมาตรฐาน 1 เมตร

- 1) เศษเหลือจากแผนการตัดทั้งหมดเท่ากับ 21 เซนติเมตร
 - 2) %Total Loss เท่ากับ 0.95%
 - 3) ประสิทธิภาพของการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติเท่ากับ 99.05%
- 4.1.2.3 กรณีศึกษาที่ 3

การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลังมาตรฐานที่เท่ากับ 6 เมตรซึ่งมี ความยาวแต่ละรูปแบบและความต้องการดังต่อไปนี้ Prob3: {(450/21), (200/15), (350/10), (400/20), (160/25), (280/30)} หมายถึง มีการตัด 6 รายการ คือ (1) ระยะ 450 ซม. จำนวน 21 ท่อน, (2) ระยะ 200 ซม. จำนวน 15 ท่อน, (3) ระยะ 350 ซม. จำนวน 10 ท่อน, (4) ระยะ 400 ซม. จำนวน 20 ท่อน, และ (5) ระยะ 160 ซม. จำนวน 25 ท่อน, (6)

ระยะ 280 ซม. จำนวน 30 ท่อน แสดงในภาคผนวก ก และทำการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลดังรูปที่ 4.4

i	Li	Bi	Cutting patterns Pi (from 1 m. raw material)							Sum(Aij)
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
1	450	21	1							21
2	400	20					1			20
3	350	10				1		1		10
4	280	30			2				1	30
5	200	15		3				1		15
6	160	25				1	1		2	25
Tk			21	2	14	1	20	9	2	69
Ti			150	0	40	90	40	50	0	
Tw			3150	0	560	90	800	450	0	5050

รูปที่ 4.4 ตารางรูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 3

จากรูปที่ 4.4 แสดงแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และจะสามารถสรุปคำตอบในการสร้างแผนการตัดได้ดังนี้

- ใช้จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานรวมเท่ากับ 69 เส้น

รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 21 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 450 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 150 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ 3150 ซม.

รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 2 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 200 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 2 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 3 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 280 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 40 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 3 ทั้งหมดเท่ากับ 560 ซม.

รูปแบบที่ 4 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 1 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 350 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 160 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 90 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 4 ทั้งหมดเท่ากับ 90 ซม.
- รูปแบบที่ 5 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 20 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 400 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 160 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 40 ซม.
- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 5 ทั้งหมดเท่ากับ 800 ซม.
- รูปแบบที่ 6 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 9 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 350 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 200 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 50 ซม.
- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 6 ทั้งหมดเท่ากับ 450 ซม.
- รูปแบบที่ 7 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 2 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 280 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 160 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษในแต่ละท่อนเท่ากับ 0 ซม.
- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 7 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

สรุปพบว่า

- 1) เศษเหลือจากแผนการตัดทั้งหมดเท่ากับ 5050 เซนติเมตร
- 2) %Total Loss เท่ากับ 12.20%
- 3) ประสิทธิภาพของการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติเท่ากับ 87.80%
- 4.1.2.4 กรณีศึกษาที่ 4

การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลังมาตรฐานที่เท่ากับ 6 เมตรซึ่งมี ความยาวแต่ละรูปแบบและความต้องการดังต่อไปนี้ Prob4: {(100/10), (150/15), (200/17), (250/23), (300/30), (350/20), (400/8), (450/9), (500/12), (550/16)} หมายถึง มีการตัด 10 รายการ คือ (1) ระยะ 100 ซม. จำนวน 10 ท่อน, (2) ระยะ 150 ซม. จำนวน 15 ท่อน, (3) ระยะ 200 ซม. จำนวน 17 ท่อน, (4) ระยะ 250 ซม. จำนวน 23 ท่อน, และ (5) ระยะ 300 ซม. จำนวน 30 ท่อน, (6) ระยะ 350 ซม. จำนวน 20 ท่อน, (7) ระยะ 400 ซม. จำนวน 8 ท่อน, (8) ระยะ 450 ซม. จำนวน 9 ท่อน, (9) ระยะ 500 ซม. จำนวน 12 ท่อน, (10) ระยะ 550 ซม. จำนวน 16 ท่อน,และทำการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลดังรูปที่ 4.5

i	Li	Bi	Cutting patterns Pi (from 6 m. raw material)										Sum(Aij)
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
1	550	16					1						16
2	500	12				1					1		12
3	450	9								1			9
4	400	8							1				8
5	350	20						1					20
6	300	30			2								30
7	250	23						1				1	23
8	200	17		3					1			1	17
9	150	15	4							1		1	16
10	100	10									1		10
Tk			1	2	15	2	16	20	8	9	10	3	86
Ti			0	0	0	100	50	0	0	0	0	0	
Tw			0	0	0	200	800	0	0	0	0	0	1000

รูปที่ 4.5 รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 4

จากรูปที่ 4.5 แสดงแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และจะสามารถสรุปคำตอบในการสร้างแผนการตัดได้ดังนี้

- ใช้จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานรวมเท่ากับ 86 เส้น

รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 1 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 150 ซม. จำนวน 4 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 2 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 200 ซม. จำนวน 3 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 2 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 15 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 300 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 3 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 4 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 2 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 500 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 100 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 4 ทั้งหมดเท่ากับ 200 ซม.

รูปแบบที่ 5 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 16 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 550 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 50 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 5 ทั้งหมดเท่ากับ 800 ซม.

รูปแบบที่ 6 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 20 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 350 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 250 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 6 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 7 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 8 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 400 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 200 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 7 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 8 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 9 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 450 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 150 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 8 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 9 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 10 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 500 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 100 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 8 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 10 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 3 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 250 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 200 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 150 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 8 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

สรุปพบว่า

1) เศษเหลือจากแผนการตัดทั้งหมดเท่ากับ 1150 เซนติเมตร

2) %Total Loss เท่ากับ 2.23%

3) ประสิทธิภาพของการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติเท่ากับ 97.77%

4.1.2.5 กรณีศึกษาที่ 5

การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลังมาตรฐานที่เท่ากับ 6 เมตรซึ่งมีความยาวแต่ละรูปแบบและความต้องการดังต่อไปนี้ Prob5:

{(150/20), (250/42), (50/35), (400/4), (390/35), (240/21), (100/23), (420/15), (290/10), (80/40), (340/5), (200/8)} หมายถึง มีการตัด 12 รายการ คือ (1) ระยะ 150 ซม. จำนวน 20 ท่อน, (2) ระยะ 250 ซม. จำนวน 42 ท่อน, (3) ระยะ 50 ซม. จำนวน 35 ท่อน, (4) ระยะ 400 ซม. จำนวน 4 ท่อน, และ (5) ระยะ 390 ซม. จำนวน 35 ท่อน, (6) ระยะ 240 ซม. จำนวน 21 ท่อน, (7) ระยะ 100 ซม. จำนวน 23 ท่อน, (8) ระยะ 420 ซม. จำนวน 15 ท่อน, (9) ระยะ 290 ซม. จำนวน 10 ท่อน, (10) ระยะ 80 ซม. จำนวน 40 ท่อน, (11) ระยะ 340 ซม. จำนวน 5 ท่อน, (12) ระยะ 200 ซม. จำนวน 8 ท่อน และทำการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลดังรูปที่ 4.6

i	Li	Bi	Cutting patterns Pi (from 6 m. raw material)											Sum(Aij)
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
1	420	15									1			15
2	400	4				1								4
3	390	35			1		1	1	1					35
4	340	5		1										5
5	290	10	2											10
6	250	42										2	2	42
7	240	21		1						2				21
8	200	8						1						8
9	150	20				1			1		1			23
10	100	23					2							24
11	80	40			2					1			1	41
12	50	35			1	1						2		35
Tk			5	5	11	4	12	8	4	8	15	10	11	93
Ti			20	20	0	0	10	10	60	40	30	0	20	210
Tw			100	100	0	0	120	80	240	320	450	0	220	2260

รูปที่ 4.6 รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 5

จากรูปที่ 4.6 แสดงแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และจะสามารถสรุปคำตอบในการสร้างแผนการตัดได้ดังนี้

- ใช้จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานรวมเท่ากับ 93 เส้น

รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 5 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 290 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 20 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ 100 ซม.

รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 5 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 340 ซม. จำนวน 1 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 240 ซม. จำนวน 1 ครั้ง เหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 20 ซม.

- [illegible]

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 150 ซม. จำนวน 1 ครั้ง เหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 30 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 9 ทั้งหมดเท่ากับ 450 ซม.

รูปแบบที่ 10 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 10 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 250 ซม. จำนวน 2 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 50 ซม. จำนวน 2 ครั้ง เหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 10 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 11 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 11 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 250 ซม. จำนวน 2 ครั้ง

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความยาว 80 ซม. จำนวน 1 ครั้ง เหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 20 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 11 ทั้งหมดเท่ากับ 220 ซม.

1) เศษเหลือจากแผนการตัดทั้งหมดเท่ากับ 2260 เซนติเมตร

2) %Total Loss เท่ากับ 4.05%

3) ประสิทธิภาพของการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติเท่ากับ 95.95%

4.1.2.6 กรณีศึกษาที่ 6

การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลังมาตรฐานที่เท่ากับ 6 เมตรซึ่งมี ความยาวแต่ละรูปแบบและความต้องการดังต่อไปนี้ Prob6: $\{(200/100), (250/80), (400/200), (370/150), (480/300)\}$ หมายถึง มีการตัด 5 รายการ คือ (1) ระยะ 200 ซม. จำนวน 100 ท่อน, (2) ระยะ 250 ซม. จำนวน 80 ท่อน, (3) ระยะ 400 ซม. จำนวน 200 ท่อน, (4) ระยะ 370 ซม. จำนวน 150 ท่อน, (5) ระยะ 480 ซม. จำนวน 300 ท่อน และทำการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลดังรูปที่ 4.7

i	Li	Bi	Cutting patterns Pi (from 6 m. raw material)					Sum(Aij)
			P1	P2	P3	P4	P5	
1	480	300				1		300
2	400	200		1				200
3	370	150			1		1	150
4	250	80	2					80
5	200	100					1	100
Tk			40	200	50	300	100	690
Ti			100	200	230	120	30	680
Tw			4000	40000	11500	36000	3000	94500

รูปที่ 4.7 รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 6

จากรูปที่ 4.7 ตารางแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และจะสามารถสรุปคำตอบในการสร้างแผนการตัดได้ดังนี้

- ใช้จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานรวมเท่ากับ 680 ท่อน
 - รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 40 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 250 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 100 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ 4000 ซม.
 - รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 200 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 400 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 200 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 2 ทั้งหมดเท่ากับ 40000 ซม.
 - รูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 50 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 370 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 230 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 3 ทั้งหมดเท่ากับ 11500 ซม.
 - รูปแบบที่ 4 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 300 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 480 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 120 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 4 ทั้งหมดเท่ากับ 360000 ซม.
 - รูปแบบที่ 5 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 100 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 370 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 370 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 30 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 4 ทั้งหมดเท่ากับ 3000 ซม.
- 1) เศษเหลือจากแผนการตัดทั้งหมดเท่ากับ 94500 เซนติเมตร
 - 2) %Total Loss เท่ากับ 22.83%
 - 3) ประสิทธิภาพของการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติเท่ากับ 77.17%
- 4.1.2.7 กรณีศึกษาที่ 7

การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลังมาตรฐานที่เท่ากับ 12 เมตรซึ่งมี ความยาวแต่ละรูปแบบและความต้องการดังต่อไปนี้ Prob7: {(570/10), (800/50), (1000/40), (630/36), (950/27), (430/53)} หมายถึง มีการตัด 6 รายการ คือ (1) ระยะ 570 ซม. จำนวน 10 ท่อน, (2) ระยะ 800 ซม. จำนวน 50 ท่อน, (3) ระยะ 1000 ซม. จำนวน 40 ท่อน, (4) ระยะ 630 ซม. จำนวน 36 ท่อน, (5) ระยะ 950 ซม. จำนวน 27 ท่อน, (6) ระยะ 430 ซม. จำนวน 53 ท่อน และทำการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลดังรูปที่ 4.8

i	Li	Bi	Cutting patterns Pi (from 6 m. raw material)						Sum(Aij)
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	
1	570	10	2						10
2	800	50		1					50
3	1000	40			1				40
4	630	36						1	36
5	950	27				1			27
6	430	53					2	1	54
Tk			5	50	40	27	9	36	167
Ti			60	400	200	370	340	140	
Tw			300	20000	8000	9990	3060	5040	46390

รูปที่ 4.8 รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 7

จากรูปที่ 4.8 ตารางแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และจะสามารถสรุปคำตอบในการสร้างแผนการตัดได้ดังนี้

- ใช้จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานรวมเท่ากับ 167 ท่อน

รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 5 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความ 570 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 60 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ 300 ซม.

รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 50 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความ 800 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 400 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 2 ทั้งหมดเท่ากับ 20000 ซม.

รูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 40 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความ 1000 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 200 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 3 ทั้งหมดเท่ากับ 8000 ซม.

รูปแบบที่ 4 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 27 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความ 950 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 370 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 4 ทั้งหมดเท่ากับ 9990 ซม.

รูปแบบที่ 5 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 9 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่มีความ 430 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 340 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 5 ทั้งหมดเท่ากับ 9990 ซม.

รูปแบบที่ 6 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 36 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 630 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 430 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 140 ซม.
- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 4 ทั้งหมดเท่ากับ 5040 ซม.
- 1) เศษเหลือจากแผนการตัดทั้งหมดเท่ากับ 43580 เซนติเมตร
- 2) %Total Loss เท่ากับ 21.75%
- 3) ประสิทธิภาพของการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติเท่ากับ 75.25%

4.1.2.8 กรณีศึกษาที่ 8

การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลังมาตรฐานที่เท่ากับ 12 เมตรซึ่งมี ความยาวแต่ละรูปแบบและความต้องการ Prob8: {(1100/80), (400/40), (300/60), (650/70), (235/30), (480/10), (740/20)} หมายถึง มีการตัด 7 รายการ คือ (1) ระยะ 1100 ซม. จำนวน 80 ท่อน, (2) ระยะ 400 ซม. จำนวน 40 ท่อน, (3) ระยะ 300 ซม. จำนวน 60 ท่อน, (4) ระยะ 650 ซม. จำนวน 70 ท่อน, (5) ระยะ 235 ซม. จำนวน 30 ท่อน, (6) ระยะ 480 ซม. จำนวน 10 ท่อน, (7) ระยะ 720 ซม. จำนวน 20 ท่อน และทำการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลดังรูปที่ 4.9

i	Li	Bi	Cutting patterns Pi (from 12 m. raw material)					Sum(Aij)
			P1	P2	P3	P4	P5	
1	1100	80	1					80
2	740	20			1			20
3	650	70				1	1	70
4	480	10				1		10
5	400	40		3				42
6	300	60					1	60
7	235	30					1	60
Tk			80	14	20	10	60	184
Ti			100	0	460	70	15	645

รูปที่ 4.9 รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 8

จากรูปที่ 4.9 แผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และจะสามารถสรุปคำตอบในการสร้างแผนการตัดได้ดังนี้

- ใช้จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานรวมเท่ากับ 184 ท่อน

รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 80 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 1100 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 100 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ 8000 ซม.
 - รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 14 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 400 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 2 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.
 - รูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 20 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 740 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 2 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.
 - รูปแบบที่ 4 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 10 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 650 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 480 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 70 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 4 ทั้งหมดเท่ากับ 700 ซม.
 - รูปแบบที่ 5 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 60 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 300 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 325 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 15 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 5 ทั้งหมดเท่ากับ 900 ซม.
- 1) เศษเหลือจากแผนการตัดทั้งหมดเท่ากับ 26650 เซนติเมตร
 - 2) %Total Loss เท่ากับ 12.07%
 - 3) ประสิทธิภาพของการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติเท่ากับ 87.93%
- 4.1.2.9 กรณีศึกษาที่ 9

การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลังมาตรฐานที่เท่ากับ 12 เมตรซึ่งมีความยาวแต่ละรูปแบบและความต้องการ Prob9: {(430/56), (500/42), (680/64), (230/40), (100/84), (50/100), (720/90), (350/71)} หมายถึง มีการตัด 8 รายการ คือ (1) ระยะ 430 ซม. จำนวน 56 ท่อน, (2) ระยะ 500 ซม. จำนวน 42 ท่อน, (3) ระยะ 680 ซม. จำนวน 64 ท่อน, (4) ระยะ 230 ซม. จำนวน 40 ท่อน, (5) ระยะ 100 ซม. จำนวน 84 ท่อน, (6) ระยะ 50 ซม. จำนวน 100 ท่อน, (7) ระยะ 720 ซม. จำนวน 90 ท่อน, (8) ระยะ 350 ซม. จำนวน 71 ท่อน และทำการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลในการคำตอบดังรูปที่ 4.10

i	Li	Bi	Cutting patterns Pi (from 12 m. raw material)								Sum(Aij)
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
1	720	90		1	1				1		90
2	680	64	1				1	1		1	64
3	500	42	1								42
4	430	56		1							56
5	350	71			1	3				1	71
6	230	40					2		1		40
7	100	84			1	1		5	2	1	85
8	50	100		1		1	1		1	1	101
Tk			42	56	22	15	14	4	12	4	169
Ti			20	0	30	0	10	20	0	20	
Tw			840	0	660	0	140	80	0	80	1800

รูปที่ 4.10 รูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 9

จากรูปที่ 4.10 ตารางแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และจะสามารถสรุปคำตอบในการสร้างแผนการตัดได้ดังนี้

- ใช้จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานรวมเท่ากับ 169 ท่อน

รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 42 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 680 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 500 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 20 ซม.
- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ 840 ซม.

รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 56 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 720 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 430 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 50 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.
- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 2 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 22 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 720 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 350 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 100 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 30 ซม.
- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 3 ทั้งหมดเท่ากับ 660 ซม.

รูปแบบที่ 4 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 15 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 350 ซม. จำนวน 3 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 100 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 50 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 4 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 5 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 14 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 680 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 230 ซม. จำนวน 2 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 50 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 10 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 5 ทั้งหมดเท่ากับ 140 ซม.

รูปแบบที่ 6 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 14 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 680 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 100 ซม. จำนวน 5 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 20 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 6 ทั้งหมดเท่ากับ 80 ซม.

รูปแบบที่ 7 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 12 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 720 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 230 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 100 ซม. จำนวน 2 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 50 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 7 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.

รูปแบบที่ 8 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 4 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 680 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 350 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 100 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 50 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 20 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 8 ทั้งหมดเท่ากับ 80 ซม.

1) เศษเหลือจากแผนการตัดทั้งหมดเท่ากับ 1950 เซนติเมตร

2) %Total Loss เท่ากับ 0.96%

3) ประสิทธิภาพของการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติเท่ากับ 99.04%

4.1.2.10 กรณีศึกษาที่ 10

การสร้างแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลังมาตรฐานที่เท่ากับ 12 เมตรซึ่งมี ความยาวแต่ละรูปแบบและความต้องการ Prob10: {(150/90),

(950/100), (1150/20), (600/50), (720/74), (640/80), (250/95), (130/90), (450/80)} หมายถึง มีการตัด 9 รายการ คือ (1) ระยะ 150 ซม. จำนวน 90 ท่อน, (2) ระยะ 950 ซม. จำนวน 100 ท่อน, (3) ระยะ 1150 ซม. จำนวน 20 ท่อน, (4) ระยะ 600 ซม. จำนวน 50 ท่อน, (5) ระยะ 720 ซม. จำนวน 74 ท่อน, (6) ระยะ 640 ซม. จำนวน 80 ท่อน, (7) ระยะ 130 ซม. จำนวน 90 ท่อน, (8) ระยะ 450 ซม. จำนวน 80 ท่อน และทำการสร้างแบบแผนการตัดที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลในการคำตอบดังรูปที่ 4.11

i	Li	Bi	Cutting patterns Pi (from 12 m. raw material)								Sum(Aij)
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
1	1150	20		1							20
2	950	100	1							1	100
3	720	74						1			74
4	640	80				1	1		1		80
5	600	50			2						50
6	450	80					1	1			80
7	250	95								1	95
8	150	90							2		90
9	130	90							2		90
Tk			5	20	25	29	6	74	45	95	299
Ti			250	50	0	560	110	30	0	0	1000
Tw			1250	1000	0	16240	660	2220	0	0	21370

รูปที่ 4.11 ตารางรูปแบบแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาที่ 10

จากรูปที่ 4.11 ตารางแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และจะสามารถสรุปคำตอบในการสร้างแผนการตัดได้ดังนี้

จำนวนที่ใช้วัสดุคงคลังที่เหมาะสมที่สุดคือ 299 ท่อน

รูปแบบที่ 1 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 5 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 680 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 250 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ 1250 ซม.

รูปแบบที่ 2 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 20 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 1150 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 50 ซม.

- เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 2 ทั้งหมดเท่ากับ 1000 ซม.

รูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 25 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน

- ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 600 ซม. จำนวน 2 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 3 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.
 - รูปแบบที่ 4 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 29 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 640 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 560 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 4 ทั้งหมดเท่ากับ 16240 ซม.
 - รูปแบบที่ 5 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 6 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 640 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 450 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 110 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 5 ทั้งหมดเท่ากับ 660 ซม.
 - รูปแบบที่ 6 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 74 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 720 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 450 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 30 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 6 ทั้งหมดเท่ากับ 2220 ซม.
 - รูปแบบที่ 7 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 45 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 640 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 150 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 130 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 7 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.
 - รูปแบบที่ 8 ใช้วัสดุคงคลังทั้งสิ้น 95 ท่อน ซึ่งต้องตัดตามแผนต่อไปนี้ในแต่ละท่อน
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 950 ซม. จำนวน 1 ครั้ง
 - ตัดวัสดุคงคลังที่ความ 250 ซม. จำนวน 1 ครั้ง จะเหลือเศษจากวัสดุคงคลังเท่ากับ 0 ซม.
 - เหลือเศษวัสดุคงคลังในรูปแบบที่ 8 ทั้งหมดเท่ากับ 0 ซม.
- 1) เศษเหลือจากแผนการตัดทั้งหมดเท่ากับ 21370 เซนติเมตร
 - 2) %Total Loss เท่ากับ 5.96%
 - 3) ประสิทธิภาพของการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติเท่ากับ 94.04%

ดังนั้นในการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB ในการทดลองทั้งหมด 10 กรณีศึกษา สามารถสรุปคำตอบได้ โดยพบว่าคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการใช้จำนวนวัสดุคงคลังและเหลือเศษน้อยที่สุด ในแต่ละกรณีศึกษา แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานที่ใช้และประสิทธิภาพในการตัด

Problem	จำนวน(ท่อน)	ประสิทธิภาพ (%)
1	16	92.06
2	22	99.05
3	69	87.8
4	86	97.77
5	93	95.95
6	690	77.7
7	167	78.25
8	184	87.93
9	169	99.04
10	299	94.04

หมายเหตุ: ประสิทธิภาพการตัด (%) หาได้จาก (ความยาวรวมของวัสดุคงคลังมาตรฐานที่นำไปใช้/ความยาวรวมทั้งหมดของวัสดุคงคลังมาตรฐาน)*100

จากตารางที่ 4.1 จะแสดงถึงผลการทดสอบการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติโดยใช้หลักการ Linear Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB และประสิทธิภาพในการตัดในแต่ละปัญหาหรือกรณีศึกษา ทั้ง 10 กรณีศึกษา เพื่อดูผลลัพธ์จำนวนที่ดีที่สุดในการใช้วัสดุคงคลังมาตรฐาน โดยจะสังเกตได้ว่า ในส่วนที่ตัวเลขสีแดงคือในส่วนที่มีประสิทธิภาพในการตัดมากกว่า 90% ขึ้นไป ซึ่งสามารถอธิบายถึงการใช้ความยาววัสดุคงคลังมาตรฐานที่เหมาะสมกับกรณีศึกษาที่ทำการทดลองนั้น

ตารางที่ 4.2 จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานที่ใช้และประสิทธิภาพในการตัด

Problem	(เศษเหลือ) ซม	ประสิทธิภาพ (%)
1	127	7.94
2	21	0.95
3	5050	12.2
4	1150	2.23
5	2260	4.05
6	945000	22.3
7	43580	21.75
8	26650	12.07
9	1950	0.96
10	21370	5.96

หมายเหตุ: เศษที่เหลือจากการตัดโดยเฉลี่ย (%) หาได้จาก (เศษเหลือทั้งหมด/ความยาวรวมทั้งหมดของวัสดุคงคลังมาตรฐาน)*100

จากตารางที่ 4.2 จะแสดงถึงผลการทดสอบการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติโดยใช้หลักการ Linear Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB และเศษที่เหลือจากการตัดที่เกิดจากการตัดของการประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB ในกรณีศึกษาในการตัดทั้ง 10 กรณีศึกษา ซึ่งจะส่งผลถึงการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการตัด ซึ่งจะสังเกตจากตัวเลขที่มีสีแดงคือเศษเหลือจากการตัดที่มากกว่า 10 % สามารถพิจารณาได้ถึงต้นทุนในการตัดและต้นทุนจากเศษเหลือของวัสดุ ว่ามีความเหมาะสมในการใช้งานจริงหรือไม่

4.2 เปรียบเทียบผลลัพธ์จากกรณีศึกษากับวิธีแก้สร้างแผนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB

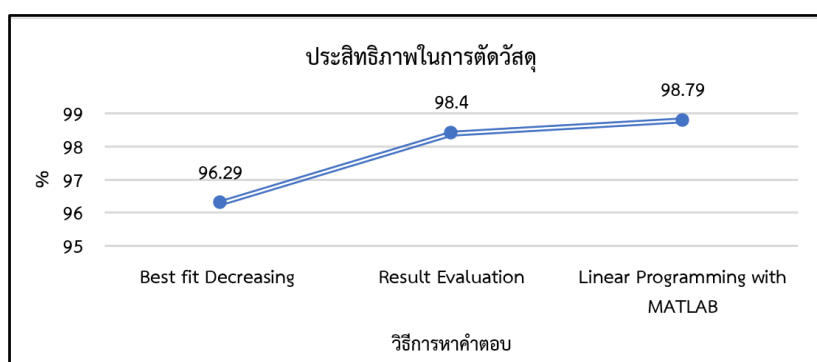
4.2.1 การเปรียบเทียบโจทย์ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นของงานวิจัย “การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง”

เปรียบเทียบได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากงานวิจัยและวิธีสร้างแผนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB

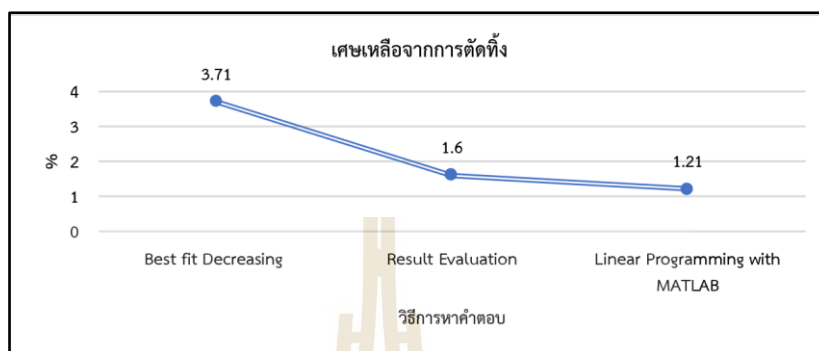
วิธีการหาคำตอบ	Tk	ประสิทธิภาพในการตัดวัสดุ(%)	Sum Tw	% เศษเหลือทั้งหมด	ส่วนต่างของประสิทธิภาพในการตัด (%)
Best fit Decreasing	96	96.29	41.27	3.71	2.5
Result Evaluation	94	98.4	11.58	1.6	0.39
Linear Programming with MATLAB	93	98.79	11.27	1.21	

จากตารางที่ 4.3 จะแสดงถึงผลลัพธ์จากการทดลองจากโจทย์ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติจากวัสดุคงคลังมาตรฐานเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นว่าวิธีการใช้ Linear Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB ในการมีผลลัพธ์ที่ดีกว่าในรูปแบบประสิทธิภาพในการตัดวัสดุหรือใช้วัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นน้อยกว่า 1 ท่อน และ 3 ท่อน ตามลำดับ การใช้วิธีหาคำตอบและเหลือเศษจากการตัดที่น้อยกว่าที่สุดจากข้อมูลในจากตารางที่ 4.3 นำไปเขียนแผนภูมิเปรียบเทียบผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้วัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานเชิงเส้นในการตัดวัสดุ

จากรูปที่ 4.12 จะแสดงถึงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตัดจากโจทย์งานวิจัย “การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง” โดยวิธีการหาคำตอบโดยการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด 98.79%



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบ % เศษเหลือจากการตัดทิ้งทั้งหมด

จากรูปที่ 4.13 จะแสดงถึงผลการเปรียบเทียบ % เศษเหลือจากการตัดทิ้งจากโจทย์งานวิจัย “การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง” ซึ่งวิธีที่ให้เศษเหลือน้อยที่สุดคือวิธี Linear Programming with MATLAB 1.21%

4.2.2 เปรียบเทียบโจทย์ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นของงานวิจัย การพัฒนาวิธีการอิวิริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ: กรณีศึกษาวาสนาอลุมิเนียม อำเภอรินขำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

จะประกอบไปด้วยขั้นตอนการตัดแบ่งวัสดุแบบหนึ่งมิติด้วยวิธีอิวิริสติกในการตัดแบ่งวัสดุแบบหนึ่งมิติด้วยวิธีอิวิริสติก จะมีขั้นตอนดังนี้

4.2.2.1. ใช้ความยาวของวัตถุดิบที่มีระยะความยาว L หรือความยาววัสดุคงคลังมาตรฐาน เป็นความยาวเริ่มต้น เช่น 1 เมตร, 6 เมตร และ 12 เมตร

4.2.2.2. รายการความยาวที่ต้องการตัด (Candidate List) โดยจะต้องมีระยะความยาวที่น้อยกว่าหรือเท่ากับความยาว L

4.2.2.3 ถ้ามีจำนวนรายการความยาวใน Candidate List

- ให้ใช้วิธีอิวิริสติกในการเลือกความยาวไปตัด ในที่นี้มี 4 วิธีคือ

1) โดยใช้วิธีความยาวมากที่สุด (Max. Length) คือ เลือกความยาวที่มากที่สุด ใน Candidate List ไปตัดก่อน

2) โดยใช้วิธีความยาวน้อยที่สุด (Min. Length) คือ เลือกความยาวที่น้อยที่สุด ใน Candidate List ไปตัดก่อน

3) ใช้วิธีสุ่ม (Random) คือ สุ่มเลือกความยาวใน Candidate List ไปตัด ซึ่งความยาวทุกรายการใน Candidate List มีโอกาสจะถูกเลือกเท่ากันทั้งหมด

4) ใช้วิธีสุ่มแบบ Greedy (Greedy Random) คือ สุ่มเลือกความยาวใน Candidate List ไปตัด ซึ่งความยาวทุกรายการใน Candidate List มีโอกาสจะถูกเลือกไม่เท่ากัน โดยความยาวที่มากจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่าความยาวที่น้อย

- เมื่อเลือกความยาวได้แล้ว ให้ปรับปรุงความยาว L ให้เป็นความยาวที่เหลือของวัตถุ โดยการนำความยาวที่เลือกได้จากวิธีวิธิตกข้างต้น ไปหักออกจากความยาว L

- กลับไปขั้นตอนที่ 2 อีกครั้ง โดยให้ใช้ความยาวที่เหลือแทนความยาว L

5) ถ้าไม่มีจำนวนรายการความยาวใน Candidate List ให้กลับไปขั้นตอนที่ 2 อีกครั้ง โดยใช้ความยาวของวัตถุที่มีระยะความยาว L เป็นความยาวเริ่มต้นอีกครั้ง

6) ทำขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งความยาวและจำนวนที่ต้องการตัด ถูกนำไปตัดจนหมด

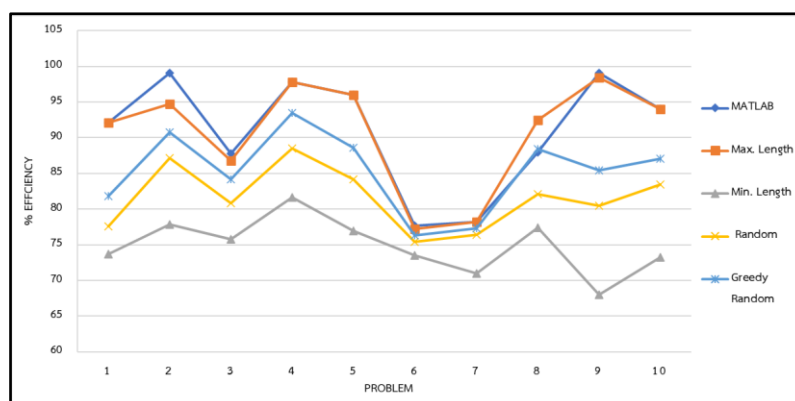
7) สรุปผลการตัด โดยนับจำนวนวัตถุ, ประสิทธิภาพการตัด, เศษที่เหลือจากการตัดทั้งแบบรวมและเฉลี่ย

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากงานวิจัยและวิธีสร้างแผนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB

Problem	Linear Programming with MATLAB		Max. Length		Min. Length		Random		Greedy Random	
	Tk (ท่อน)	%	Tk (ท่อน)	%	Tk (ท่อน)	%	Tk (ท่อน)	%	Tk (ท่อน)	%
1	16	92.06	16	92.06	20	73.65	19	77.53	18	81.83
2	22	99.05	23	94.74	28	77.82	25	87.16	24	90.73
3	69	87.8	70	86.77	80	75.73	75	80.78	72	84.14
4	86	97.77	86	97.77	103	81.63	95	88.51	90	93.43
5	93	95.95	93	95.95	116	76.93	106	84.18	101	88.6
6	690	77.7	690	77.17	724	73.55	706	75.42	698	76.29
7	167	78.25	167	78.25	184	71.02	171	76.42	169	77.33
8	184	87.93	175	92.45	209	77.41	197	82.13	183	88.41
9	169	99.04	170	98.46	246	68.04	208	80.47	196	85.4
10	299	94.04	299	94.04	384	73.23	337	83.44	323	87.06

หมายเหตุ: ประสิทธิภาพการตัด (%) หาได้จาก (ความยาวรวมของวัสดุคงคลังมาตรฐานที่นำไปใช้/ความยาวรวมทั้งหมดของวัสดุคงคลังมาตรฐาน)*100

จากตารางที่ 4.4 จะแสดงถึงผลการทดสอบระหว่างงานวิจัย การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ: กรณีศึกษาโรงงานอลูมิเนียม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี กับวิธีการหาคำตอบโดยการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB



รูปที่ 4.14 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวัดคุณคลังมาตรฐาน

จากรูปที่ 4.14 แสดงถึงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตัดวัสดุจากเศษกรณีศึกษาทั้ง 10 กรณีศึกษา (Problem) โดยวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ ที่ประกอบไปด้วย Max. Length, Min. Length, Random และ Greedy Random ส่วนวิธีการหาคำตอบโดยการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB ผลลัพธ์ในด้านการใช้จำนวนวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานที่น้อยกว่าและมีประสิทธิภาพในการตัดที่ดีกว่าวิธีการฮิวริสติกแบบ Min. Length, Random และ Greedy Random ทั้งหมด แต่สำหรับฮิวริสติกแบบ Max. Length จะให้ผลลัพธ์ที่เท่ากันในกรณีศึกษาที่ 1, 4, 5, 6, 7, 8 และ 10 แต่จะมีประสิทธิภาพมากกว่าในกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 9 สามารถดูผลเปรียบเทียบได้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากปัญหาการตัดวัสดุนานวิจัยและวิธีแก้ปัญหาด้วย MATLAB

Problem	Linear Programming with MATLAB		Max. Length		ความแตกต่าง	
	Tk (ท่อน)	%	Tk (ท่อน)	%	Tk (ท่อน)	%
2	22	99.05	23	94.74	1	4.31
3	69	87.8	70	86.77	1	1.03
6	690	77.7	690	77.17	0	0.53
9	169	99.04	170	98.46	1	0.58
สรุป					3	6.45

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการใช้วิธี Linear Programming with MATLAB และผลลัพธ์ด้วยวิธีฮิวริสติกจากงานวิจัย พบว่าวิธีการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB สามารถให้ผลลัพธ์ประสิทธิภาพการใชวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานในตัดที่ดีกว่า

ในกรณีศึกษา 2, 3, 6 และ 9 โดยมีประสิทธิภาพในการตัดเพิ่มขึ้นโดยภาพรวม 6.45% และ ประหยัดวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานไปทั้งหมด 3 ท่อน

ทำให้สามารถกล่าวได้ว่า การสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ เพื่อลดการสูญเสียใน กระบวนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB จะมีประสิทธิภาพสำหรับการแก้ปัญหาการตัดวัสดุ เชิงเส้นหนึ่งมิติ เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหานี้ มีประสิทธิภาพโดยรวมให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า หมายความว่าในการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติใด ๆ ก็ตาม สามารถใช้วิธีการแก้ปัญหาและ สร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นด้วยโปรแกรม MATLAB ได้และอาจให้ผลลัพธ์ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นจากการ แก้ปัญหาการตัด และลดของเสียจากกระบวนการตัดให้น้อยลง ส่งผลในด้านของต้นทุนวัตถุดิบที่ถูก ลง เนื่องจากยังสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพในการตัดปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ ในโจทย์ปัญหาอื่นๆ ในอุตสาหกรรมให้มีคำตอบที่ดีขึ้นได้



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

หลังจากทำการศึกษาปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติ จากงานวิจัย “การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง” และ “การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ: กรณีศึกษาवासनाลูมิเนียม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี” และพัฒนาต่อยอดปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วย “การสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB” เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดในการหาจำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานที่น้อยที่สุด และมีประสิทธิภาพในการตัดที่มากที่สุด รวมไปถึงการลดการสูญเสียเศษวัสดุจากการตัดให้ได้มากที่สุด นั้นสามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติเพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB ได้ทำการทดลองจากโจทย์ปัญหาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมทั้งสิ้นทั้งหมด 11 กรณีศึกษา 1 กรณีศึกษาจากงานวิจัย “การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง” และอีก 10 กรณีศึกษาจากงานวิจัย การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ: กรณีศึกษาवासनाลูมิเนียม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และเพื่อหาผลลัพธ์การตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติในส่วนของผลลัพธ์จำนวนการใช้วัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานที่น้อยที่สุด และมีประสิทธิภาพในการตัดที่มากที่สุด รวมไปถึงเศษเหลือจากการตัดนั้นให้เหลือน้อยที่สุด โดยประมวลผลในการหาคำตอบและสร้างแผนการตัดด้วยวิธี Linear Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB

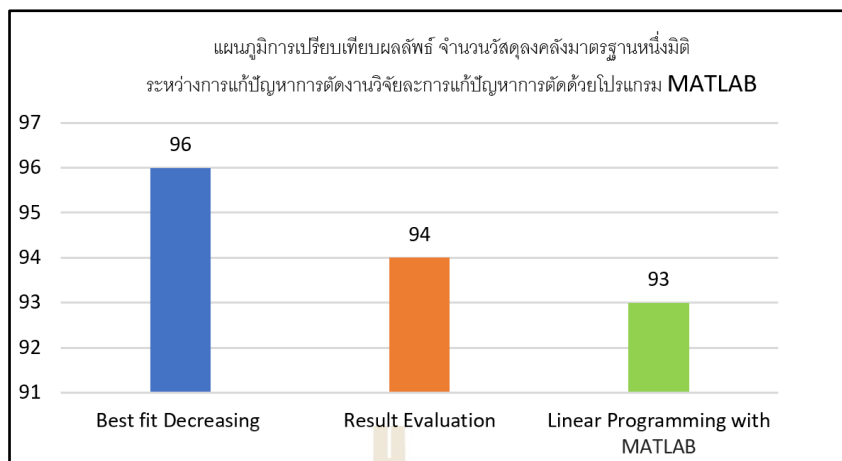
โดยทำการทดสอบผ่านกรณีศึกษาทั้งหมด 11 กรณีศึกษา และนำคำตอบที่ได้จากกรณีศึกษา มาทำการเปรียบเทียบกันระหว่างคำตอบตั้งต้นที่ได้จากงานวิจัยที่นำโจทย์ปัญหาการตัดที่เกี่ยวข้อง และคำตอบที่ได้จากการใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้คือ การใช้โปรแกรม MATLAB ในการแก้ปัญหการตัด ในการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ และลดเศษเหลือจากการตัดทิ้งของวัสดุคงคลังเชิงเส้นหนึ่งมิติได้ จากงานวิจัยที่ 1 การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง” ได้ข้อสรุปการพัฒนาแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติคือ ได้จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานเท่ากับ 94 ท่อน มีประสิทธิภาพในการใช้วัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานเท่ากับ 98.4%, เหลือเศษวัสดุทั้งสิ้น 1.60% และวิธีการใช้โปรแกรม MATLAB ได้ข้อสรุปการพัฒนาแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติคือได้จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานเท่ากับ 93 ท่อน มีประสิทธิภาพในการใช้วัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานเท่ากับ 98.79%, เหลือเศษวัสดุทั้งสิ้น 1.21% โดยมีความแตกต่างของจำนวนวัสดุคงคลังเชิงเส้นมาตรฐานที่ใช้้น้อยกว่า 1 ท่อน คิดเป็นส่วนต่างของประสิทธิภาพในการตัดที่มากกว่า 0.39% ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2

ในบทที่ 4 และรูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติของกรณีศึกษา จากงานวิจัยที่ 2 งานวิจัย การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญห การตัดวัสดุ: กรณีศึกษาโรงงานอลูมิเนียม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ทั้งหมด 10 กรณีศึกษา ได้ข้อสรุปเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแก้ไขปัญหการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB ดังนี้ วิธีการแก้ไขปัญหด้วยโปรแกรม MATLAB ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีฮิวริสติกในรูปแบบ Min. Length, Random และ Greedy Random ทั้ง 10 กรณีศึกษาแต่ให้ผลลัพธ์ที่เท่ากับในรูปแบบ Max. Length ในกรณีศึกษาที่ 1, 4, 5, 6, 7, 8 และ 10 และให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 9 เนื่องจากจำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นที่น้อยกว่า รวมไปถึงให้ประสิทธิภาพที่มากกว่าโดยรวมทั้งหมด 6.45% ตามตารางที่ 4.3, รูปที่ 4.3 ในบทที่ 4 และรูปที่ 5.2 ในบทที่ 5 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB สามารถนำไปประยุกต์ใช้การแก้ไขปัญห การตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ ในการสร้างแผนการตัดวัสดุเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และลดเศษ กระบวนการตัดของวัสดุได้

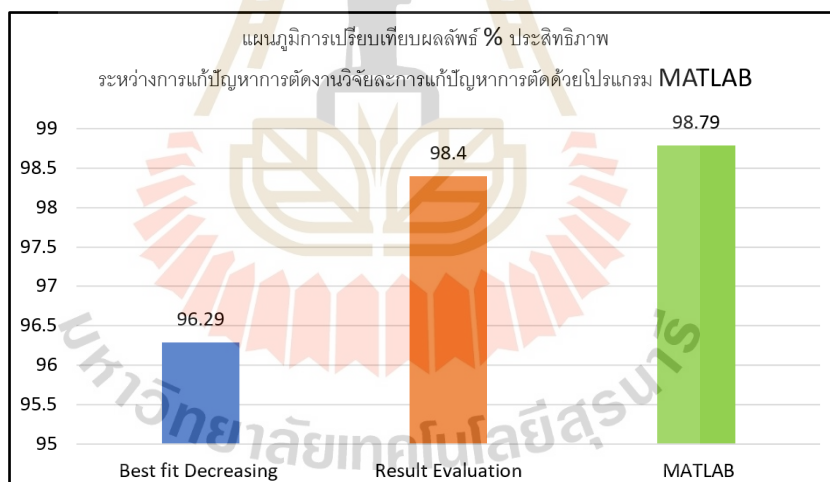
5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติเพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการตัดด้วยโปรแกรม MATLAB ในงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่ามีกระบวนการขั้นตอนในการแก้ไขปัญหหลัก ๆ อยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ วัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติ ความยาวของวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ จำนวนที่ต้องการ ซึ่งมีข้อดีคือ ทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดจากปัญหาการตัดวัสดุ และแผนการตัดวัสดุมีความชัดเจนตามเงื่อนไขของการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เศษเหลือจากการตัดน้อยที่สุด และข้อเสียคือ แผนการตัดที่ได้จะไม่มีหลากหลายจะมีเพียงแค่รูปแบบที่ดีที่สุดเท่านั้น รวมไปถึงการนำไปใช้งานจริง จำเป็นต้องคำนวณถึงการสูญเสียจากการตัดวัสดุทุกครั้ง แต่สามารถกล่าวได้ว่าเป็นค่าที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด

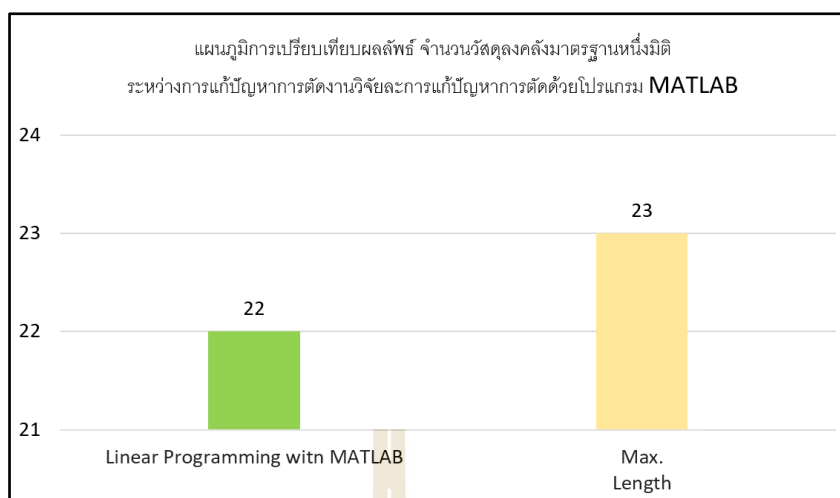
โดยในปัจจุบัน การสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB นอกจากวิธีที่ได้นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้แล้วนั้น ยังมีโปรแกรมอื่น ๆ อีกหลายโปรแกรมที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติเพื่อลดเศษกระบวนการสูญเสียในการตัด เช่น โปรแกรม Lingo และ โปรแกรม Don_BC ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหการตัดวัสดุเชิงเส้น ที่แตกต่างกันได้



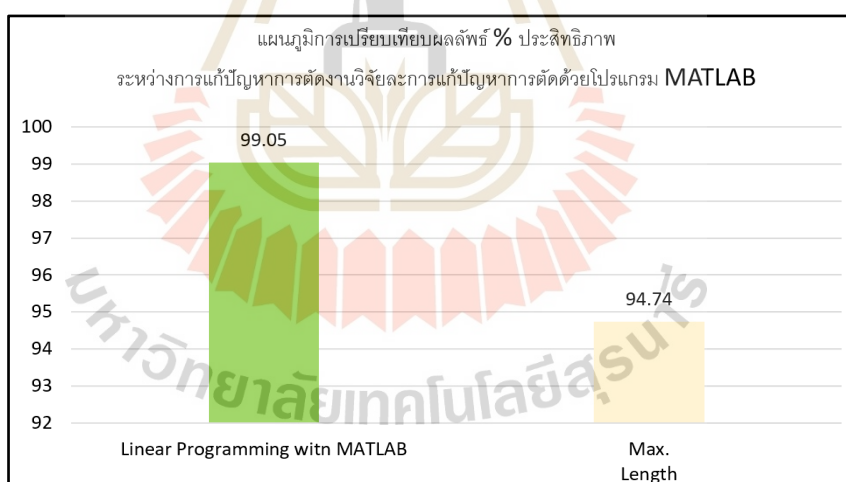
รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติ ระหว่างงานวิจัยการสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้น เพื่อลดเศษในงานก่อสร้างและวิธีการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB



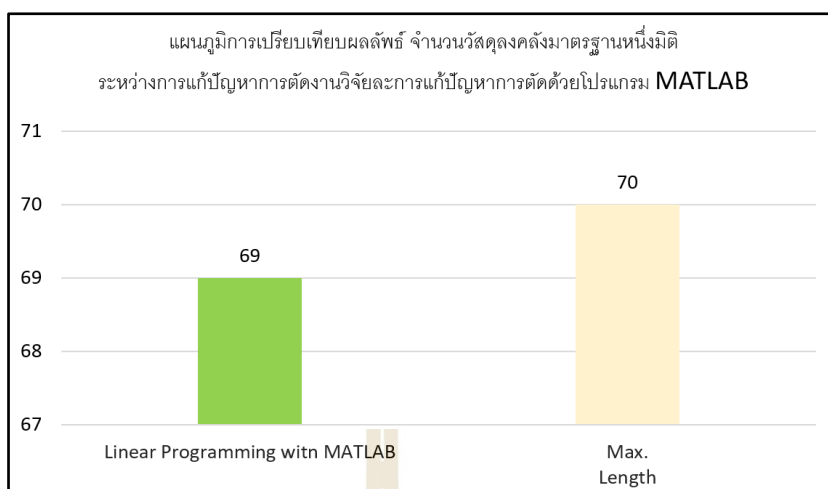
รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ % ประสิทธิภาพ ระหว่างงานวิจัยการสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้างและวิธีการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB



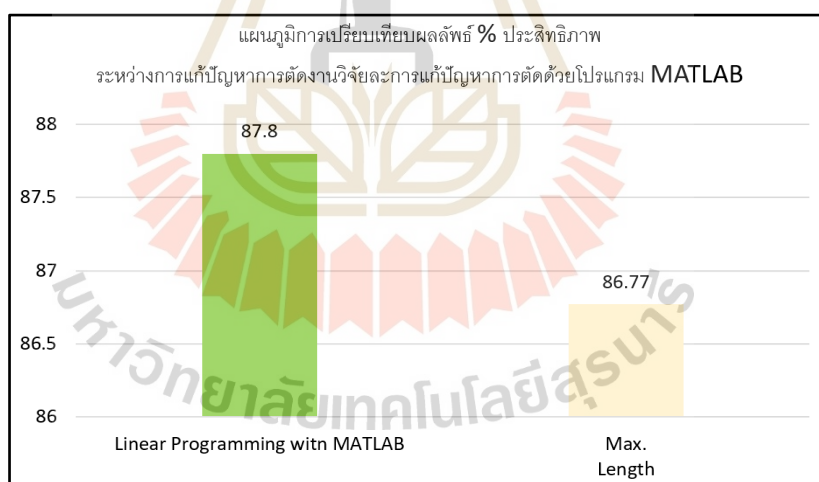
รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติ ระหว่างงานวิจัยการพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาคัดวัสดุ และวิธีการแก้ปัญหาคัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB จากกรณีศึกษาที่ 2



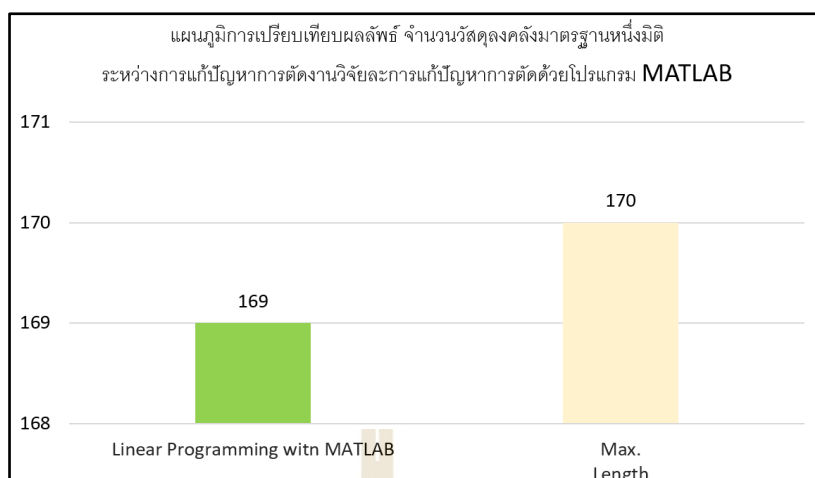
รูปที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ % ประสิทธิภาพ ระหว่างงานวิจัย การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาคัดวัสดุ และ วิธีการแก้ปัญหาคัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB จาก กรณีศึกษาที่ 2



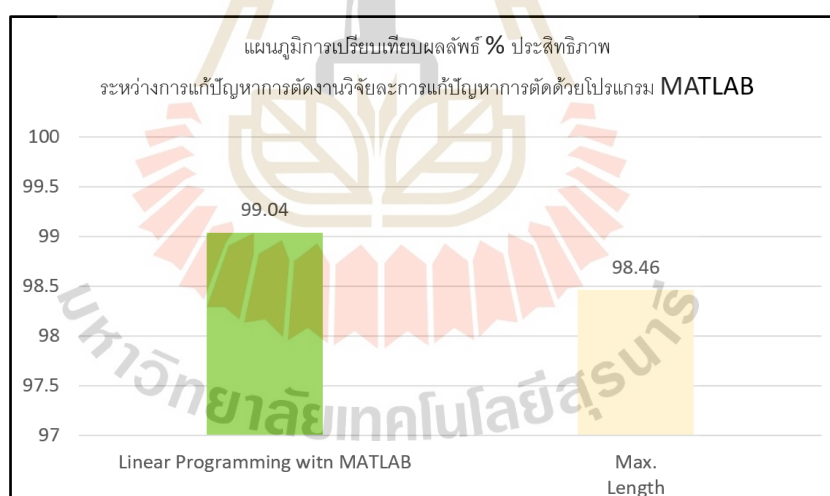
รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติ ระหว่างงานวิจัยการพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ และวิธีการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB จากกรณีศึกษาที่ 3



รูปที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ % ประสิทธิภาพ ระหว่างงานวิจัย การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาการตัดวัสดุ และ วิธีการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB จาก กรณีศึกษาที่ 3



รูปที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนวัสดุคงคลังมาตรฐานเชิงเส้นหนึ่งมิติ ระหว่างงานวิจัยการพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาคัดตัดวัสดุ และวิธีการแก้ปัญหาคัดตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB จากกรณีศึกษาที่ 9



รูปที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ % ประสิทธิภาพ ระหว่างงานวิจัย การพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับการแก้ไขปัญหาคัดตัดวัสดุ และ วิธีการแก้ปัญหาคัดตัดวัสดุเชิงหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB จาก กรณีศึกษาที่ 9

รายการอ้างอิง

- จิรววัฒน์ ศรีสังข์. (2545). การดัดแปลงวิธีการสร้างสดมภ์เพื่อแก้ไขปัญหาการตัดแบ่งหนึ่งมิติแบบ
คอขวด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- นราธิป แสงซ้าย. (2550). การประยุกต์ใช้หลักการวิจัยดำเนินงานในการแก้ไขปัญหาการตัดวัตถุดิบ.
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 3(1) : 51-56,
- นิธินุช สรรพอาษา. (2551). การแบ่งกลุ่มเพื่อลดเวลาในการประมวลผลในปัญหาการตัดวัสดุด้วย
เทคนิคการสร้างสดมภ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต :
มหาวิทยาลัยขอนแก่น,
- ปรีชา เกรียงกรกฎ และนุชสรา เกรียงกรกฎ. (2552). วิธีฮิวริสติกสำหรับการจัดการปัญหาการตัดแบ่ง
พัสดุแบบหนึ่งมิติ. งานประชุมวิชาการ ม.อบ.วิจัยครั้งที่ 3. น.17-23 อุบลราชธานี :
- ปรีชา เกรียงกรกฎ และนุชสรา เกรียงกรกฎ. (2553). โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการปัญหาตัด
แบ่งพัสดุแบบหนึ่งมิติด้วยวิธีฮิวริสติก. วารสารวิชาการ มอบ. 12(2): 8-16,
- ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2554). เรียนรู้เบื้องต้นในการพัฒนาวิธีการเมตาฮิวริสติก. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย
อุบลราชธานี,
- วชรภูมิ เบญจโอฬาร. (2556). การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อนสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง.
วิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- สุเทพ บุตรดี, สมเกียรติจงประสิทธิ์พร และกัญญา ทองสนิท. (2544). โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยใน
การตัดสินใจการตัดอูมิเนียมโพรไฟล์ที่เหมาะสม โดยวิธีลิ้นเนียโปรแกรมมิ่งและฮิวริสติก.
การประชุมข่างานวิศวกรรมอุตสาหกรรมครั้งที่ 10 น. 35-28.
- สุวิทย์ สงเคราะห์ และศักดิ์ชาย รักการ. (2560). การเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดแกนกระดาษด้วย
โปรแกรมเชิงเส้นตรง กรณีศึกษา: บริษัท บาร์โค้ด ทีทีอาร์ จำกัด. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต
ปีที่ 7 ฉบับที่ 2
- Cherri, A. C, M. N Arenales, and H. H Yanasse. (2009). The One-dimensional Cutting
Stock Problem with Usable leftover-A Heuristic Approach. European Journal
of Operational Research 196 (3): 897–908.
- Coffman Jr, E. G, M. R Garey, and D. S Johnson. (1984). Approximation Algorithms for
Bin-packing: An Updated Survey. Algorithm Design for Computer System
Design: 49–106.
- Dyckhoff, H. (1990). A Typology of Cutting and Packing Problems.” European Journal
of Operational Research 44 (2): 145–159.
- Gilmore, P. C and R. E Gomory. (1961). A Linear Programming Approach to the Cutting
stock Problem. Operations Research 9 (6): 849–859.

- Gilmore, P. C., and R. E. Gomory. (1963). A Linear Programming Approach to the Cutting Stock problem-Part II. *Operations Research* 11 (6): 863–888.
- Gradisar, Miro, Joze Jesenko, and Gortan Resinovic. (1997). Optimization of Roll Cutting in Clothing Industry. *Computers & Operations Research* 24 (10) (October): 945–953. doi:16/S0305-0548(97)00005-1.
- Gradisar, Miro, Miroljub Kljajic, Gortan Resinovic, and Joze Jesenko. (1999). A Sequential Heuristic Procedure for One-dimensional Cutting. *European Journal of Operational Research* 114 (3) (May 1): 557–568. doi:16/S0377-2217(98)00140-4.
- Gramani, Maria Cristina N., and Paulo M. França. (2006). The Combined Cutting Stock and Lot-sizing Problem in Industrial Processes. *European Journal of Operational Research* 174 (1) (October 1): 509–521. doi:16/j.ejor.2004.12.019.
- Haessler, R. W, and P. E Sweeney. (1991). Cutting Stock Problems and Solution Procedures. *European Journal of Operational Research* 54 (2): 141–150.
- Hatem M.T. Ben Amor and Polytechnique Montreal (1970). Cutting Stock Problems. GERAD and Département de mathématiques et genie industriel Ecole Polytechnique.
- Hinterding, Robert, Robert Hinterding, Lutfar Khan, and Lutfar Khan. (1994). Genetic Algorithms for Cutting Stock Problems: With and Without Contiguity. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.52.4023>.
- Jui P. Hung, Hsia C. Chang and Yuan L. Lai (2012). Implementation of on-line Cutting Stock Problem on NC Machines

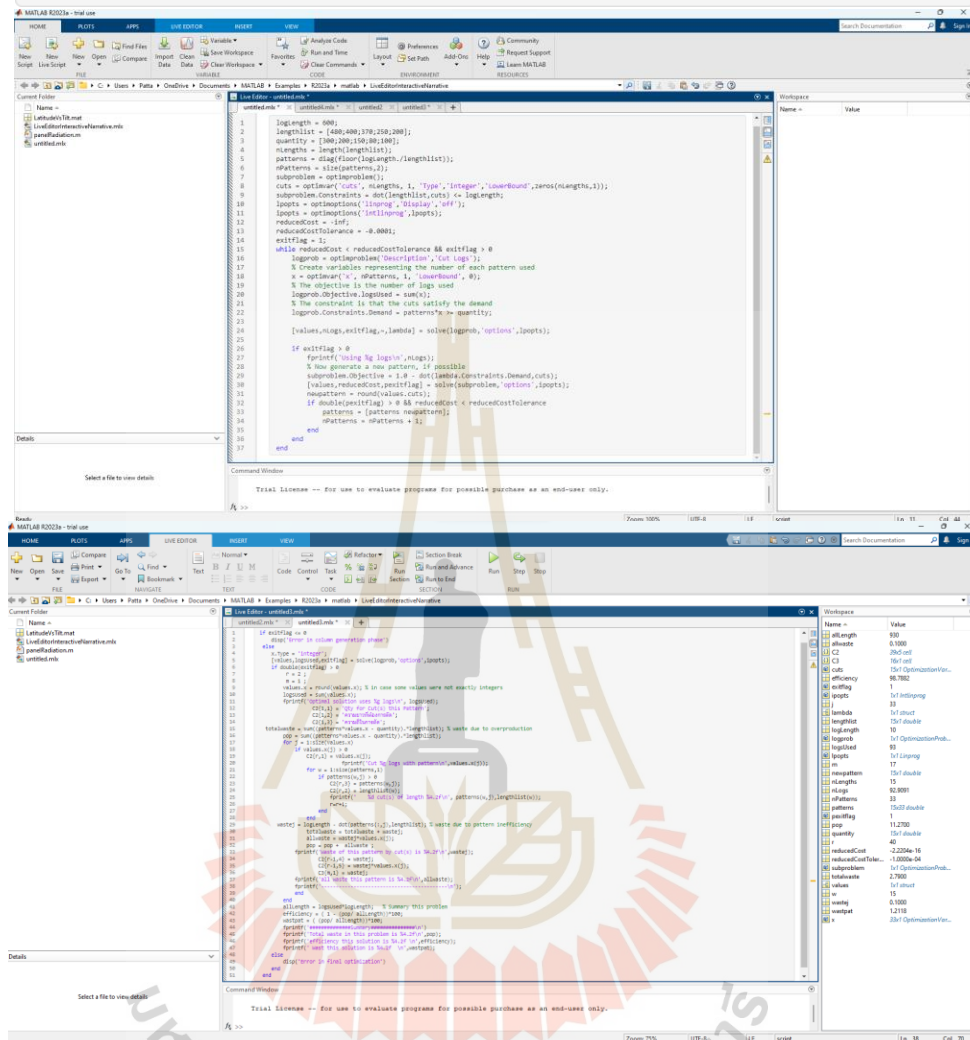


ภาคผนวก ก


```

logLength = 600;
lengthlist = [480;400;370;250;200];
quantity = [300;200;150;80;100];

```

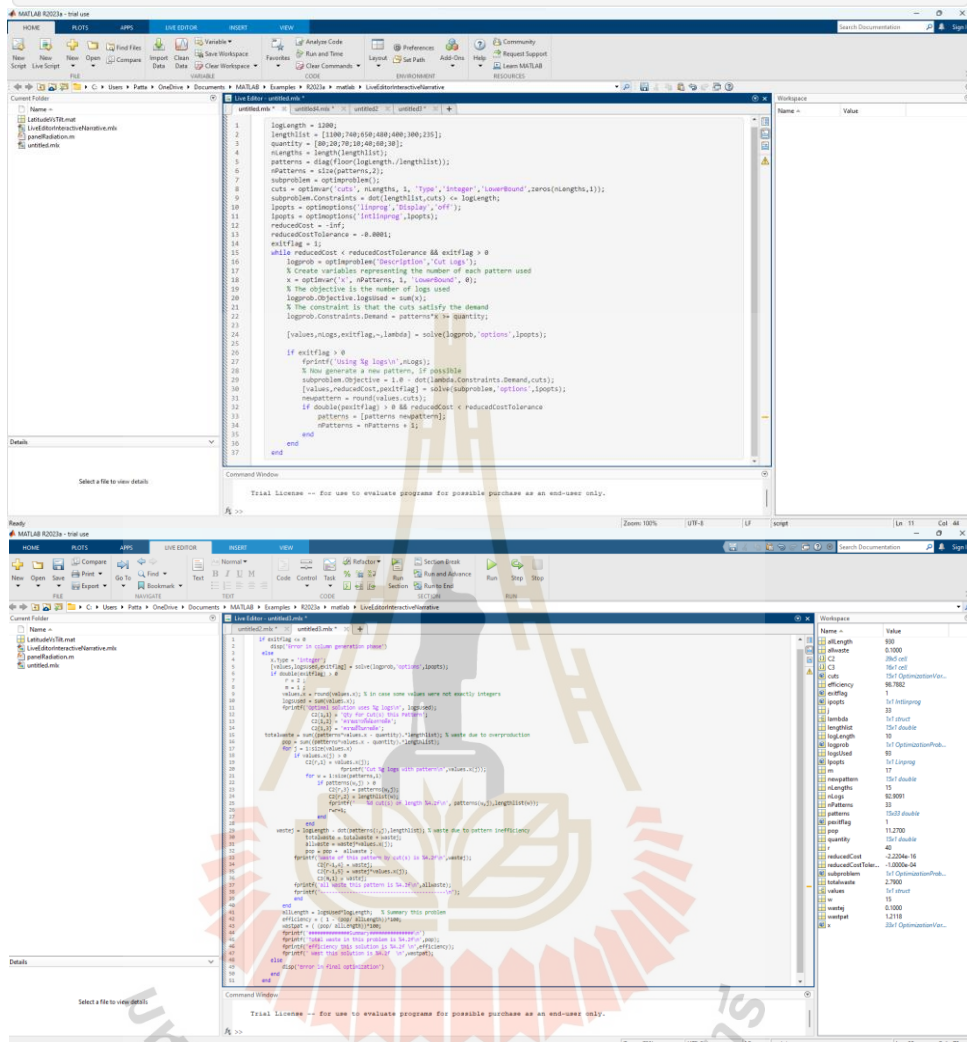


รูปที่ ก.7 แสดงการใช้โค้ดคำสั่งการแก้ปัญหาคutting stock problem จากงานวิจัย


```

logLength = 1200;
lengthlist = [1100;740;650;480;400;300;235];
quantity = [80;20;70;10;40;60;30];

```

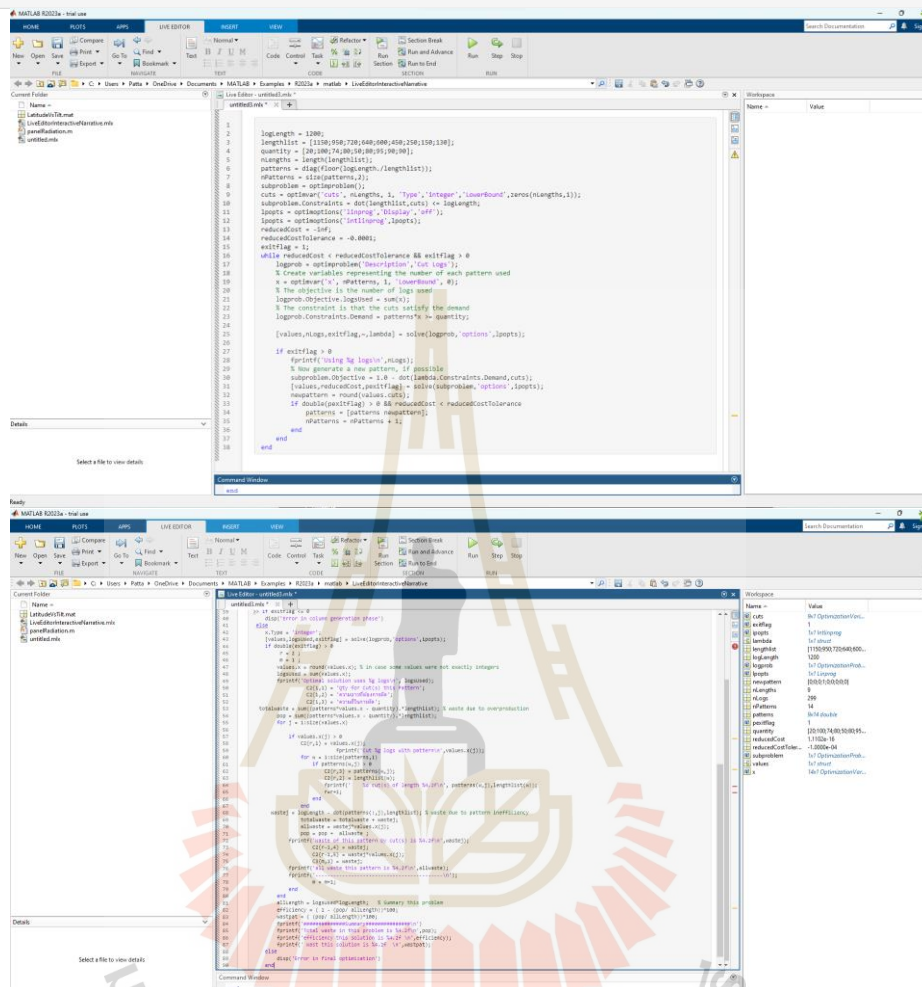


รูปที่ ก.9 แสดงการใช้โค้ดคำสั่งการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ จากงานวิจัย


```

logLength = 1200;
lengthlist = [1150;950;720;640;600;450;250;150;130];
quantity = [20;100;74;80;50;80;95;90;90];

```



รูปที่ ก.11 แสดงการใช้โค้ดคำสั่งการแก้ปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติ จากงานวิจัย



ภาคผนวก ข
รหัสคำสั่งของโค้ดของโปรแกรม

1. โค้ดคำสั่งการทำงานทั้งหมดของกระบวนการสร้างแผนการตัดวัสดุเชิงเส้นหนึ่งมิติด้วยโปรแกรม MATLAB

```
>> logLength = 10;
lengthlist = [0.95;1.4;1.75;1.8;1.88;2.67;2.88;3.05;3.20;3.75;5.00;5.4;6.35;7;7.19];
quantity = [25;18;14;23;7;22;10;36;4;15;26;19;7;23;12];
nLengths = length(lengthlist);
patterns = diag(floor(logLength./lengthlist));
nPatterns = size(patterns,2);
subproblem = optimproblem();
cuts = optimvar('cuts', nLengths, 1, 'Type','integer','LowerBound',zeros(nLengths,1));
subproblem.Constraints = dot(lengthlist,cuts) <= logLength;
lpopts = optimoptions('linprog','Display','off');
ipopts = optimoptions('intlinprog',lpopts);
reducedCost = -inf;
reducedCostTolerance = -0.0001;
exitflag = 1;
while reducedCost < reducedCostTolerance && exitflag > 0
    logprob = optimproblem('Description','Cut Logs');
    % Create variables representing the number of each pattern used
    x = optimvar('x', nPatterns, 1, 'LowerBound', 0);
    % The objective is the number of logs used
    logprob.Objective.logsUsed = sum(x);
    % The constraint is that the cuts satisfy the demand
    logprob.Constraints.Demand = patterns*x >= quantity;

    [values,nLogs,exitflag,~,lambda] = solve(logprob,'options',lpopts);

    if exitflag > 0
        fprintf('Using %g logs\n',nLogs);
        % Now generate a new pattern, if possible
        subproblem.Objective = 1.0 - dot(lambda.Constraints.Demand,cuts);
        [values,reducedCost,pexitflag] = solve(subproblem,'options',ipopts);
        newpattern = round(values.cuts);
        if double(pexitflag) > 0 && reducedCost < reducedCostTolerance
            patterns = [patterns newpattern];
            nPatterns = nPatterns + 1;
```

```

end
end
end % กด Enter
    Using 119.371 logs
    Using 110.538 logs
    Using 107.738 logs
    Using 106.738 logs
    Using 100.938 logs
    Using 99.1048 logs
    Using 97.6048 logs
    Using 96.9048 logs
    Using 95.5048 logs
    Using 95.1578 logs
    Using 94.7238 logs
    Using 94.2533 logs
    Using 93.6619 logs
    Using 93.0952 logs
    Using 93.0119 logs
    Using 93 logs
    Using 92.9333 logs
    Using 92.9179 logs
    Using 92.9091 logs
>> if exitflag <= 0
    disp('Error in column generation phase')
else
    x.Type = 'integer';
    [values,logsUsed,exitflag] = solve(logprob,'options',ipopts);
    if double(exitflag) > 0
        r = 2 ;
        m = 1 ;
        values.x = round(values.x); % in case some values were not exactly integers
        logsUsed = sum(values.x);
        fprintf('Optimal solution uses %g logs\n', logsUsed);
        C2{1,1} = 'Qty for Cut(s) this Pattern';
        C2{1,2} = 'ความยาวที่ต้องการตัด';
        C2{1,3} = 'ความถี่ในการตัด';

```

```

totalwaste = sum((patterns*values.x - quantity).*lengthlist); % waste due to
overproduction
pop = sum((patterns*values.x - quantity).*lengthlist);
for j = 1:size(values.x)

    if values.x(j) > 0
        C2{r,1} = values.x(j);
        fprintf('Cut %g logs with pattern\n',values.x(j));
        for w = 1:size(patterns,1)
            if patterns(w,j) > 0
                C2{r,3} = patterns(w,j);
                C2{r,2} = lengthlist(w);
                fprintf('  %d cut(s) of length %4.2f\n', patterns(w,j),lengthlist(w));
                r=r+1;
            end
        end
        end
        wastej = logLength - dot(patterns(:,j),lengthlist); % waste due to pattern
inefficiency
        totalwaste = totalwaste + wastej;
        allwaste = wastej*values.x(j);
        pop = pop + allwaste ;
        fprintf('Waste of this pattern by cut(s) is %4.2f\n',wastej);
        C2{r-1,4} = wastej;
        C2{r-1,5} = wastej*values.x(j);
        C3{m,1} = wastej;
        fprintf('all waste this pattern is %4.2f\n',allwaste);
        fprintf('-----\n');
        m = m+1;
    end
end
allLength = logsUsed*logLength; % Summary this problem
efficiency = ( 1 - (pop/ allLength))*100;
wastpat = ( (pop/ allLength))*100;
fprintf('#####Summary#####\n')
fprintf('Total waste in this problem is %4.2f\n',pop);
fprintf('efficiency this solution is %4.2f \n',efficiency);

```

```
fprintf(' Wast this solution is %4.2f \n',wastpat);  
else  
    disp('Error in final optimization')  
end  
end
```



ภาคผนวก ค
บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Cutting Plan of One-Dimensional Materials to Reduce Loss with Matlab Software

Pattarapon Khongsiri, Nara Samattapapong

School of Industrial Engineering

Institute of Engineering

Suranaree University of Technology

Nakhon Ratchasima, Thailand

Pattarapon-20@hotmail.com, nara@sut.ac.th

Abstract

This study aims to address the One-Dimensional Cutting Stock Problem (1D-CSP) by developing an optimized approach for designing cutting plans for one-dimensional construction materials with the primary goal of minimizing material waste during the cutting process. The methodology involves the implementation of a Matlab algorithm based on linear programming principles and uses data derived from previous studies to formulate efficient cut-off plans. The investigation entails an analysis of the collected data from relevant studies, focusing on total material consumption and loss within the cutting plans. The study begins by considering foundational variables, which encompass the length of the standard linear inventory, the required lengths for each type, and the overall quantity of required lengths. These parameters are then processed using Matlab software to establish a solution through linear programming. The comparative analysis involves evaluating the collected data to demonstrate the advantages of the proposed model. This comparison encompasses the assessment of standard linear inventory utilization, material utilization effectiveness, and the residual waste generated during the cutting process. In comparison to the first relevant research, the developed method yields a material cutting plan with a loss rate of 1.21%, requiring less than one standard linear material inventory—improving upon the original result of 1.24%. Similarly, when compared to the second relevant study involving ten cases, the developed method generates a material cutting plan with a loss rate of 6.45%, utilizing fewer than three standard linear materials.

Keywords

One Dimensional Cutting Stock Problem (1D-CSP), Cutting Plan, Cutting loss, linear programming, Matlab software

1. Introduction

Today's businesses are highly competitive, and cutting production costs is one way to gain a competitive advantage. Cutting production costs to a minimum while maintaining or increasing production efficiency and effectiveness is another way to gain a competitive advantage. Reduced depreciation and material costs should also be prioritized because the cost of raw materials is typically the highest. As a result, it is clear that if we are successful in lowering costs and developing effective strategies, the overall cost of doing business can be reduced (Vacharapoom, 2013).

Furthermore, the general manufacturing industry requires one-dimensional linear materials, which result in a large number of losses in the cutting process as well as a constant increase in labor costs and inflation, which raises the cost of raw materials. And then there is the issue of waste from production, which is waste from creating a linear material cutting plan. As a result, this issue must be addressed immediately. There are also issues with the impact of COVID-19, the US-China trade war, and the Russian-Ukrainian state war, all of which have significantly impacted the industrial cost of steel required. As a result, one of the most direct solutions to the problem is the cost-effective use of one-dimensional linear materials with minimal loss. Another advantage is that it reduces environmental problems by reducing waste and scrap from construction materials.

In addition to the rebar examples mentioned above, many other materials are also utilized in construction. One-dimensional construction materials constitute a primary group of materials with usage characteristics that result in trimming losses, making them one of the sources of the highest waste. This Cutting Stock Problem (CSP) or Bin

solve the problem, and several algorithms have been proposed. However, there is still research to be conducted in order to create a linear cutting solution model tailored for specific construction projects, along with the development of a suitable solution corresponding to the constructed model.

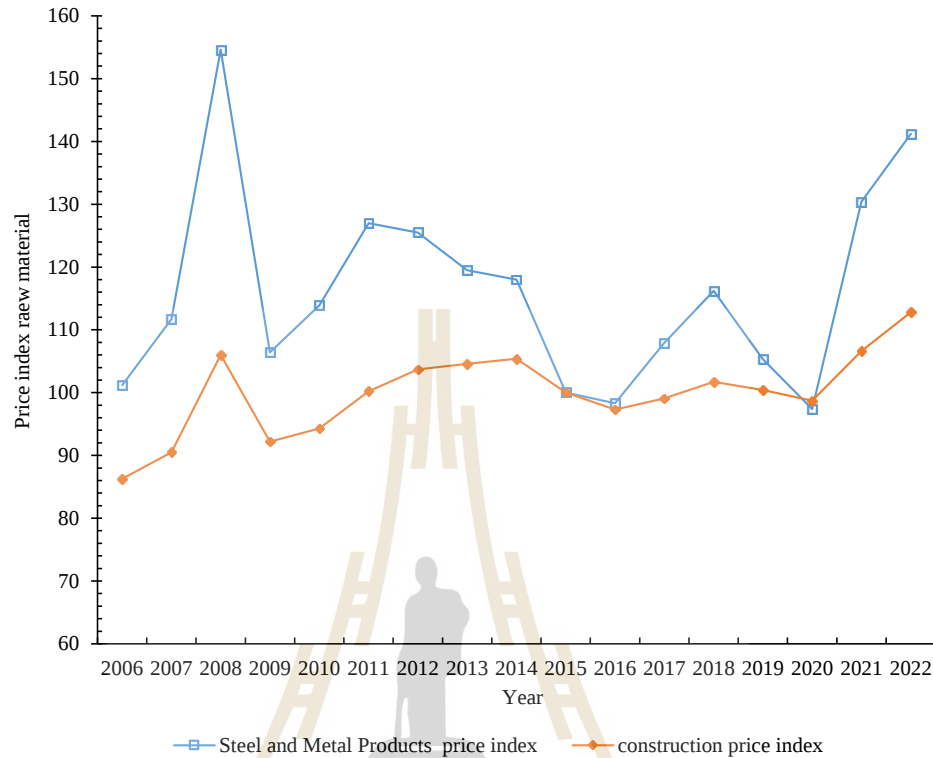


Figure 1. A statistical chart comparing the price of construction materials overall to the price of iron and steel

The challenge of cutting one-dimensional linear materials arises in various industrial, particularly when dealing with single-criterion lengths such as steel rods, aluminum rods, steel pipes, PVC pipes, wooden rods, and others (Vacharapoom, 2013). The issue is that a raw material or one-dimensional material must be cut to the required length. Material cutting must be planned in order to use the fewest raw materials and produce the least waste. The goal is to minimize waste and maximize financial savings. In practice, it is discovered that there will be a variety of requirements in the material's details, namely the length, number required, and type of one-dimensional linear material that must be cut differently.

The researcher has drawn insights from previous studies, resulting in a research design that encompasses the following areas: A cutting plan of one-dimensional construction materials to reduce loss in construction projects (Vacharapoom, 2013) and investigating cutting-related challenges Heuristic Approaches for One Dimensional Cutting Stock Problems (Nuchara and Preecha, 2009) through Matlab software to discover the optimal solution for the linear one-dimensional material segmentation issue. In order to draw comparisons with various techniques explored in prior research, researchers developed one-dimensional linear cutting schemes grounded in the principles of Linear Programming. Furthermore, the methodology used to generate one-dimensional linear material cutting plans using the developed Matlab software can serve as both an educational resource and a problem-solving tool for manufacturers that are charged with developing cutting plans for one-dimensional linear materials (Niluka and Sium, 2017).

2. Methodology

This study develops a one-dimensional linear material cutting plan using Matlab software principles. It addresses the broader linear material cutting problem, analyzes results, and compares conventional consumption practices with enhanced cutting efficiency strategies. The emphasis is on minimizing cutting margins. This is shown in picture 2.

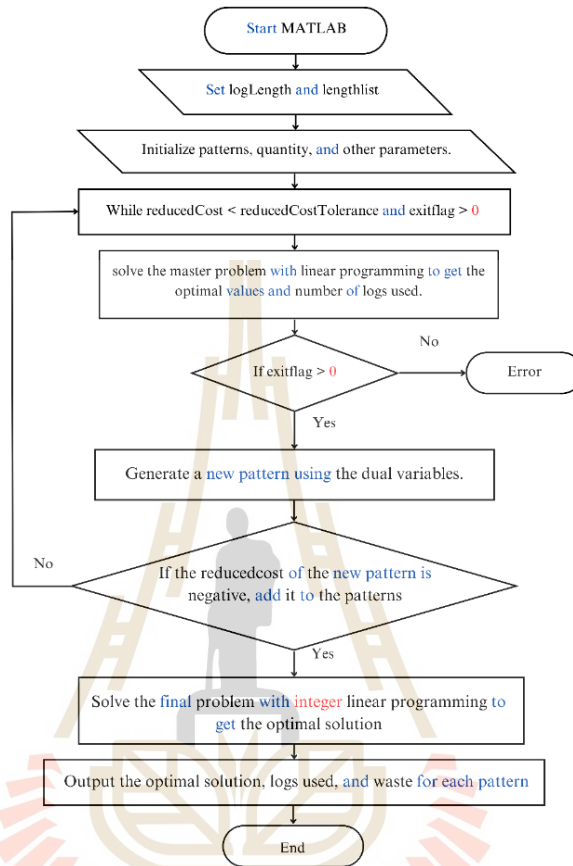


Figure 2: Control flow chart for one-dimensional linear material cutting using Matlab software.

2.1 Mathematical modelling

A linear program's problem model is a mathematical representation of all the data needed to solve the problem. This model comprises three integral constituents: the objective equation, the constraints, and the variables constrained to non-negative values. The concept of a one-dimensional linear material cutting axis involves the process of cutting a material along a single line. Furthermore, the cutting length must be considered, as well as standard length of rebar such as a 6-meter (L) length of material; this material must be cut to the required length and quantity while minimizing waste by cutting or using the most cost-effective method. The quantity of raw materials requiring cutting

is unrestricted, and no material loss occurs during each cutting operation. $i = 1, 2, 3, \dots, n$. The process of column generation, or reconstructing the cutting method, can be achieved through the formulation of a linear program.

Objective:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n f_i$$

Subject to:

$$\begin{aligned} a_{11} f_1 + a_{12} f_2 + \dots + a_{1n} f_n &\geq b_1 \\ a_{21} f_1 + a_{22} f_2 + \dots + a_{2n} f_n &\geq b_2 \\ a_{m1} f_1 + a_{m2} f_2 + \dots + a_{mn} f_n &\geq b_m \end{aligned}$$

In the conditions of

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

where Z represents the objective equation.

f_i = Frequency of cutting pattern at x_j

L = Standard length of rebar

x_j = Cutting pattern by $j = 1, 2, \dots, n$

l_i = Length of raw material

h_i = Length of residue of x_j

a_{ij} = Residue from the cutting plan of x_j

b_i = Required quantity for each length of l_i

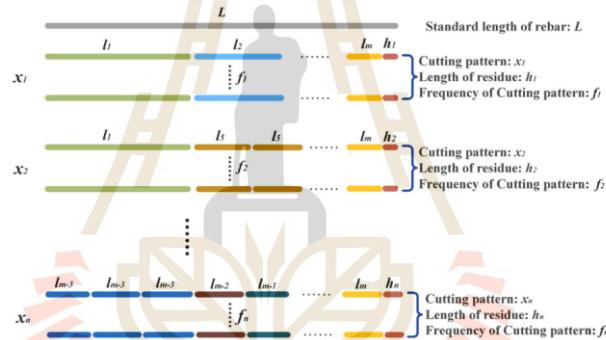


Figure 3: The scenario of a one-dimensional linear material cutting problem

Drawing from mathematical equations, the challenge of one-dimensional linear material cutting has given rise to numerous pre-designed programs. These programs offer assistance in devising longitudinal cutting plans, resulting in a reduction in scrap materials. Compared to manual planning, these automated approaches have been reported to enhance efficiency and lower wastage by approximately 1 to 10% (Naratip, 2007).

The effectiveness and efficiency of one-dimensional linear material cutting depend on various constraints associated with the cutting process. These constraints encompass pertinent data, the standard length of linear inventory (L_s), the required length (l_i), the required quantity (b_i), and the plan for the one-dimensional linear material cutting. The cutting problem was addressed by referencing data from research sources that included one case study (Vacharapoom, 2013) and ten case studies by (Nuchara and Preecha, 2017). The Matlab software was used as a solution to the problem of cutting one-dimensional linear materials into different dimensions.

Matlab is a software application designed for numerical computation and high-efficiency visualization. The acronym "Matlab" stands for Matrix Laboratory and is trademarked by MathWorks Inc. The Matlab program's

functionality revolves around the fundamental principles of matrix manipulation and computation. Matlab software offers an interactive mode similar to programming languages like QBasic as well as a compiled mode akin to languages like C and Pascal. Problem-solving data, such as numbers or strings, is stored in rows and columns, or arrays, which are matrices like scalar numbers.

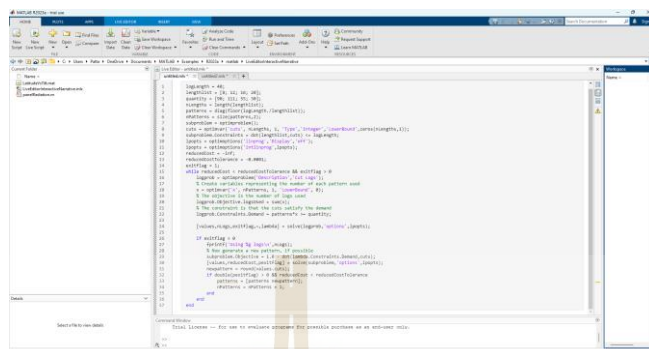


Figure 3: Matlab software interface and Coding for solving one-dimensional linear cutting problems

3. Results and Discussion

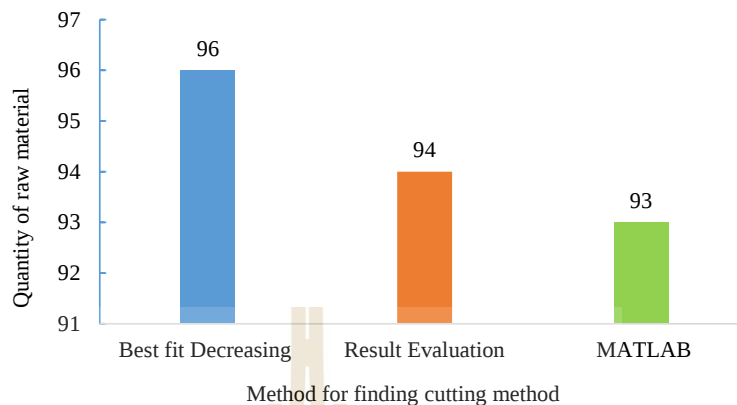
The findings of a research study titled "A cutting plan of one-dimensional construction materials to reduce loss in construction projects" (Vacharapoom, 2013)

The results of the analysis, which was facilitated by Matlab software and used a standard linear raw material of 10 meters in length, are explained in Figure 4 : These findings are related to the resolution of one-dimensional linear cutting problems in the context of the same problems.

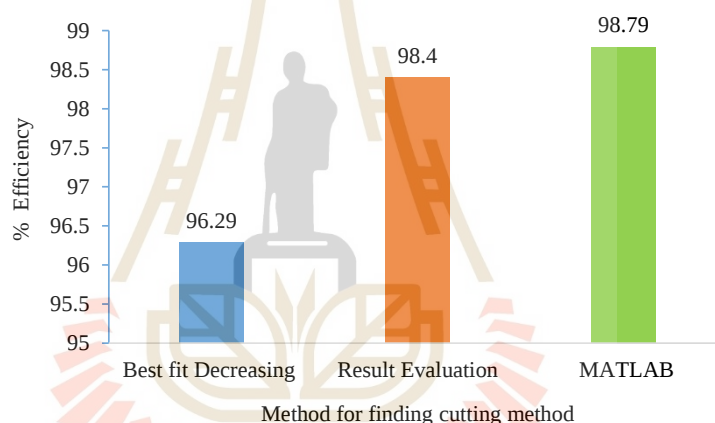
Figure 4: Table for Matlab one-dimensional linear material cutting plan

i	l_i	b_i	Cutting patterns (from 10 m. raw material)																$\sum_{i=1}^n f_i * x_i$
			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	
1	0.95	25			2				1			1		1		1			25
2	1.4	18										2				2	1		18
3	1.75	14				2			1		1							2	14
4	1.8	23	5								2		2						23
5	1.88	7													1				7
6	2.67	22			1		1		1										22
7	2.88	10						1											10
8	3.05	36												2		1	1		36
9	3.2	4														1		2	4
10	3.75	15												1					15
11	5	26		2															26
12	5.4	19			1							1	1				1		19
13	6.35	7				1					1								7
14	7	23					1	1		1					1				23
15	7.19	12							1										12
f_i			1	13	5	3	5	10	12	1	4	5	5	15	7	2	4	1	93
hi			1	0	0.03	0.15	0.33	0.12	0.14	0.3	0.05	0.05	0.05	0.15	0.17	0	0.15	0.1	
h_Sum			1	0	0.15	0.45	1.65	1.2	1.68	0.3	0.2	0.25	0.25	2.25	1.19	0	0.6	0.1	11.27

Based on the data presented in Figure 4, a comparative chart could be developed to analyze the experimental findings from one-dimensional linear material cutting problems. This comparison will be drawn between the results collected from the same problems, as shown in Figures 5 and 6.



Figures 5 : Chart comparing results of one-dimensional linear standard inventory



Figures 6 : Efficiency results comparison chart

The development of a one-dimensional material cutting plan was concluded with a standard inventory of 94 pieces. The efficiency of standard linear inventory was 98.4%, total scrap was 1.60%, and the method of using Matlab software was used. It was concluded that the development of a one-dimensional material cutting plan was achieved with a standard inventory of 93 pieces, an efficiency in using standard linear inventory of 98.79%, and a total scrap of 1.21%. The difference in the amount of standard linear material used is less than 1 piece, representing a cutting efficiency difference of more than 0.39%.

3.2 The findings of a research study titled "Heuristic Approaches for One Dimensional Cutting Stock Problems" (Nuchsa and Preecha, 2009).

This research examined 10 cutting problems in this one-dimensional linear material cutting process and divided the case studies into three sub-case studies. There are three different standard linear lengths (Ls) of material. In problems 1–2, a standard linear length (Ls) of 1 meter was employed. For problems 3–6, the chosen standard linear length (Ls) was 6 meters. Additionally, problems 7–10 were tackled using a standard linear length (Ls) of 12 meters. The process of determining solutions through heuristic methods involved considering the lengths of different pieces (Li), measured in centimeters. The "Max. Length" approach was employed, wherein the longest length within the Candidate List was selected as the initial cut. Subsequently, the outcomes of the cutting process were compiled, encompassing the count of raw materials, the efficiency of cutting, and the combined and averaged cutting residue. These aggregated results were then compared with the outcomes obtained using Matlab software for further analysis.

Table 1 : How to generate cutting plots in Matlab and compare research findings

Problem	Matlab		Max.Length		Min.Length		Random		Greedy Random	
	f_i	%	f_i	%	f_i	%	f_i	%	f_i	%
1	16	92.06	16	92.06	20	73.65	19	77.53	18	81.83
2	22	99.05	23	94.74	28	77.82	25	87.16	24	90.73
3	69	87.8	70	86.77	80	75.73	75	80.78	72	84.14
4	86	97.77	86	97.77	103	81.63	95	88.51	90	93.43
5	93	95.95	93	95.95	116	76.93	106	84.18	101	88.6
6	690	77.7	690	77.17	724	73.55	706	75.42	698	76.29
7	167	78.25	167	78.25	184	71.02	171	76.42	169	77.33
8	184	87.93	184	87.93	209	77.41	197	82.13	183	88.41
9	169	99.04	170	98.46	246	68.04	208	80.47	196	85.4
10	299	94.04	299	94.04	384	73.23	337	83.44	323	87.06

Note: Cutting efficiency (%) equals the total length of standard inventory used multiplied by 100.

Table 1 shows a comparison between the research that used a heuristic approach to solve one-dimensional linear material cutting problems and the method that used a Matlab software to build a one-dimensional linear material cutting plan, as shown in Figure 7.

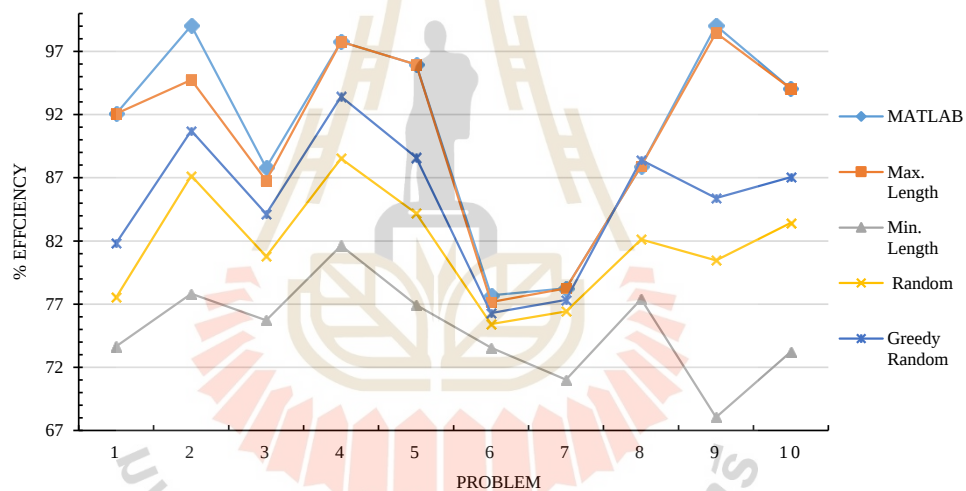


Figure 7 : One-dimensional material linear cutting efficiency comparison chart

Figure 7 provides a visual representation of the efficiency comparison in material cutting across all ten case studies (Problems). The heuristic methods utilized for solving material cutting challenges involve Max. Length, Min. Length, Random, and Greedy Random. When compared to the heuristic method, the approach of a one-dimensional linear material cutting plan using Matlab software is more effective in terms of using a reduced standard linear material inventory and achieving enhanced cutting efficiency. However, the results for Max. Length heuristics are the same in case studies 1, 4, 5, 6, 7, 8, 10 but are more effective than in case studies 2, 3, 9. For a comprehensive view of these comparable results, see Table 3.

Table 3: Comparison of the best Matlab results for one-dimensional linear material cutting problems

Problem	Matlab		Max.Length		difference	
	f_i	%	f_i	%	f_i	%
2	22	99.05	23	94.74	1	4.31
4	69	87.8	70	86.77	1	1.03
6	690	77.7	690	77.17	0	0.53
9	169	99.04	170	98.46	1	0.58

Table 3 presents the test results that establish a comparison between heuristic methods and the approach of constructing one-dimensional linear solutions using a Matlab .

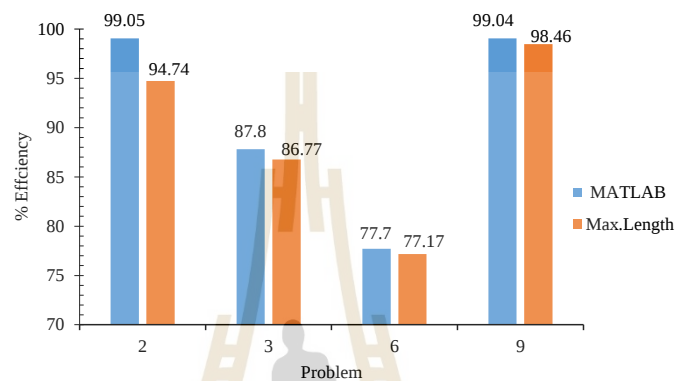


Figure 7: Comparison of cutting efficiency percentage

The Matlab software problem-solving strategy outperformed the heuristic method in all ten cases (Problems), particularly in the cases of Min. Length, Random, and Greedy Random. While the results were similar to the Max. Length heuristic in case studies 1, 4, 5, 6, 7, 8, and 10, it outperformed the heuristic in case studies 2, 3, and 9 due to the more efficient use of the standard linear inventory. The improvement increased overall efficiency by 6.45 percent.

4. Conclusion and Discussion

The goal of the research was to develop a one-dimensional linear material cutting plan to reduce losses during the cutting process. This was accomplished using a Matlab software and included a thorough investigation of 11 case studies. These comprised one case study from the research titled "A cutting plan of one-dimensional construction materials to reduce loss in construction projects" (Vacharapoom, 2013) and an additional 10 case studies drawn from research exploring "Heuristic Approaches for One Dimensional Cutting Stock Problems" (Nuchara and Preecha, 2009) "The primary goal of this study is to delve into the realm of one-dimensional linear material cutting. Through this investigation, the aim is to comprehensively understand the outcomes of one-dimensional linear material cutting, focusing on factors such as achieved results, minimized usage of standard linear materials, optimized cutting efficiency, and reduced waste in the cutting process. These objectives are pursued by employing computational techniques, particularly Linear Programming with the aid of the Matlab, to analyze the problem, find solutions, and generate cutting plans.

The conclusions drawn from the utilization of Matlab software are as follows: Employing Matlab for solving cutting problems and formulating one-dimensional linear material cutting plans leads to heightened efficiency in the one-dimensional material cutting process. This approach not only minimizes scrap but also

using MATLAB can be used to solve the problem of one-dimensional linear cutting in order to achieve the best efficiency and reduce scrap of the material cutting process.

Acknowledgement

I wish to extend my heartfelt appreciation to Suranaree University of Technology, Dr. Nara Samathapong from the Department of Industrial Engineering, and Assoc. Prof. Dr. Vacharapoom Benjaoran from the Department of Civil Engineering. Your invaluable guidance and insightful recommendations greatly contributed to the successful culmination of this project.

References

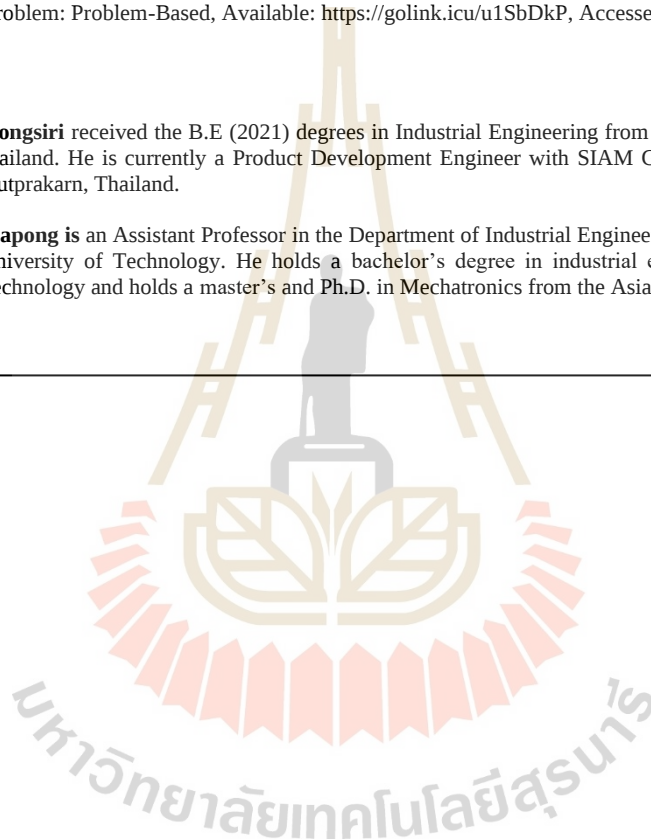
- Nareeat, T., The one-dimensional cutting stock problem with usable Leftover-LP approach, Department of industrial engineering, Faculty of engineering thamasat universities, 2013.
- Naratip, S., Operations research application to solve cutting stock problems, *The journal of Industrial Technology*, vol. 3, no. 1, Jan-Jun, pp. 51-56, 2007.
- Didthapol, A., Production planning for non-patterned productions systems using stock cutting model, Department of industrial engineering, Faculty of engineering thamasat universities, 2009.
- Nuchsara, K., Preecha, K., Heuristic Approaches for One Dimensional Cutting Stock Problems, *UBU engineering journal*, vol. 3, 28-19 July, Major in industrial engineering faculty of engineering ubon ratchathani university, pp.1-7, 2009.
- Nuchsara, K., Preecha, K., Program for one dimensional cutting stock problems by heuristic approach, *UBU engineering journal*, vol. 12, no. 2 May-Aug, Major in industrial engineering faculty of engineering ubon ratchathani university, pp.1-9, 2010.
- Sivach, T., Development of heuristic for solving cutting stock problem a case study: wadsana aluminium, Warinchumrab district, Ubon ratchathani province, Major in industrial engineering faculty of engineering ubon ratchathani university, pp.19-32, 2013.
- Sarayut, M., The application of linear programming for controlling of structural steel cutting, *Research and development journal*, vol. 21 no.3, Bachelor of Technology Program in Civil Engineering Technology, Lampang Rajabhat University, 2010.
- Ninlawat, P., Control of waste and loss of reinforcement in precast reinforced concrete box culvert production for under road drainage, *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, vol. 6, no.1 Jan-Jun, Lampang Rajabhat University, 2013.
- Suwit, S., Sakchai, R., Attakorn, K., Thanakom, S., Efficiency increasing in programming optimization: a case study barcode ttr, *Kasem bundit engineering Journal*, vol. 7, no.2 July-Dec, Graduate school Master of Engineering program in engineering management, Kasem bundit university, Pattanakarn campus, pp. 1-15, 2017.
- Vacharapoom, B., A cutting plan of one-dimensional construction materials to reduce loss in construction projects, Received a research grant from Suranaree University of Technology, Department of Civil Engineering pp. 89-109, 2013.
- Chien, T.Y., Tso, C.S., and Wei, C.W., An improved tabu search approach with mixed objective function for one-dimensional cutting stock problems, *Advances in Engineering Software*, 37, pp. 502-513, 2006.
- Carvalho, J.M.V., Exact solution of cutting stock problems using column-generation and branch and bound, *Annals of Operations Research*, vol.86, pp.629-659, 1999.
- Dyckhoff, H., A typology of cutting and packing problems, *European Journal of Operational Research*, vol. 44, pp.145-159, 1990.
- Gradisar, M., Joze, J., and Gortan, R., Optimization of Roll Cutting in Clothing Industry, *Computers & Operations Research*, vol.4, no.10, pp.945-953, 1997.
- Gradisar, M., Miroljub. K., Gortan, R., and Joze, J., A Sequential Heuristic Procedure for One-dimensional Cutting, *European Journal of Operational Research*, vol.144, no.3, pp.557-568, 1999.
- Gradisar, M., and Trkman, P., A combined approach to the solution to the general one-dimensional cutting stock problem, *Computers & Operations Research*, 32, pp. 1793-1807, 2005.
- Gilmore, P.C., and R.E. Gomory., A linear programming approach to the cutting-stock problem, *Operations Research*, vol.9, pp.849-859, 1961.
- Gilmore, P.C., and R.E. Gomory., A linear programming approach to the cutting-stock problem: Part II, *Operations Research*, vol.11, pp.863-888, 1963.

- Gramani, M., Cristina, N., and Paulo M., França, The Combined Cutting Stock and Lot-sizing Problem in Industrial Processes, *European Journal of Operational Research*, vol.174, no.1, pp.509–521, 2006.
- Haessler, R.W., A note on computational modification to the Gilmore-Gomory cutting stock problem, *Operations Research*, vol.28, pp.1001-1005, 1980.
- Ritvirool, A., A trim-loss minimization in a produce-handling vehicle production plant, *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, vol.29, pp.157-164, 2007.
- Reinertsen, H., and Thomas W.M. Vossen., The One-dimensional Cutting Stock Problem with Due Dates, *European Journal of Operational Research*, vol.101, no3, pp.701–711, 2010.
- Vahrenkamp, R., Random Search in the One-dimensional Cutting Stock Problem, *European Journal of Operational Research*, vol.95, no1, pp.191–200, 1996.
- Cherri, A. C., M. N Arenales., and H. H Yanasse, The One-dimensional Cutting Stock Problem with Usable leftover- A Heuristic Approach. *European Journal of Operational Research*, vol.196, no.3, pp.897 – 908, 2009.
- Niluka, R., Sium, S., One-dimensional cutting stock problem with cartesian coordinate points, *International Journal of Systems Science and Applied Mathematics*, vol.2, no5, pp.99-104, 2017.
- Cutting Stock Problem: Problem-Based, Available: <https://golink.icu/u1SbDkP>, Accessed on November 21, 2022.

Biographies

Pattarapon Khongsiri received the B.E (2021) degrees in Industrial Engineering from the Suranaree University of Technology, Thailand. He is currently a Product Development Engineer with SIAM G.S.BATTERY COMPANY LIMITED, Samutprakarn, Thailand.

Nara Samattapong is an Assistant Professor in the Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Suranaree University of Technology. He holds a bachelor's degree in industrial engineering from Suranaree University of Technology and holds a master's and Ph.D. in Mechatronics from the Asian Institute of Technology.



ประวัติผู้เขียน

นายภัทรพล คงศิริ เกิดเมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2541 ณ จังหวัดสระบุรี สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาโรงเรียนเพ็ญพัฒนา อำเภอพัฒนานาคคม จังหวัดลพบุรี ในปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพระนารายณ์ อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี ในปีการศึกษา 2560 และสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี จากสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2564 หลังจากสำเร็จการศึกษาได้เข้าเรียนต่อระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมระบบ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2564

โดยขณะที่ศึกษาได้มีโอกาสเข้าทำงานที่ บริษัทเค เอส พี อุปกรณ์ จำกัด ในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายการผลิต ในปี พ.ศ. 2564 จนถึงปี พ.ศ. 2565 จากนั้นได้เข้าทำงานเดลต้าอิเล็กทรอนิกส์ไทยแลนด์ ในตำแหน่งวิศวกรอุตสาหการ จนถึงปี พ.ศ. 2566 และได้มีโอกาสเป็นผู้ช่วยสอนในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 1 รายวิชา คือ Plant Layout (การออกแบบโรงงานอุตสาหกรรม) ปัจจุบันทำงานอยู่ในบริษัท สยามอีเอสแบตเตอร์ จำกัด ในตำแหน่ง วิศวกรฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้วยประสบการณ์การทำงานและความรู้ได้จากการศึกษาการเป็นผู้ช่วยสอนสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้เป็นอย่างดี จากการทำวิจัยนี้ ทำให้ผู้วิจัยมีผลงานที่ได้รับการที่พิมพ์ และเผยแพร่ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ จำนวน 1 เรื่อง

ผลงานวิจัย : A Cutting Plan of One-Dimensional Materials to Reduce Loss with Matlab Software.(2023 Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. September 11-14, 2023, in Ho Chi Minh City, Vietnam)