

การคัดเลือกทรายแม่น้ำสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงาน
ในเครื่องพ่นทรายขนาดเล็ก: กรณีศึกษาพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

RIVER SAND SELECTION FOR WORKPIECE CLEANING
IN SMALL SANDBLASTING MACHINE:
A CASE STUDY OF NORTHERN REGION OF THAILAND

ชวินทร มัยยะภักดี¹, มนตรี วิมล^{2*}

Chavinthorn Maiyapakdee¹, Montri Wimol^{2*}

¹คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ประเทศไทย 12121

²คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Faculty of Public Health, Thammasat University, Rangsit Campus, Khlong Luang, Pathum Thani, Thailand, 12121

²Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author e-mail: montri.m@psru.ac.th

วันที่เข้ารับ 19 มีนาคม 2568

วันที่แก้ไขบทความ 21 เมษายน 2568

วันที่ตอบรับบทความ 22 เมษายน 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกทรายแม่น้ำสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงานในเครื่องพ่นทรายขนาดเล็กด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical hierarchy process; AHP) และเทคนิคการเรียงลำดับตามอุดมคติ (Technique for order preference by similarity to ideal solution; TOPSIS) โดยวิธีการ AHP ถูกนำไปใช้ในการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ ดังนี้ 1) ขนาดของเม็ดทราย 2) รูปร่างของเม็ดทราย 3) ราคา 4) ความพร้อมของแหล่งทรัพยากร และ 5) ความยั่งยืน ตามลำดับ หลังจากนั้นวิธีการ TOPSIS ถูกนำมาใช้คัดเลือกทรายแม่น้ำที่เหมาะสม โดยทางเลือกของแหล่งทราย ได้แก่ ทรายแม่น้ำปิง ทรายแม่น้ำน่าน ทรายแม่น้ำวัง และทรายแม่น้ำยม ผลการวิเคราะห์ พบว่า ทรายแม่น้ำปิงมีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงานในเครื่องพ่นทรายขนาดเล็ก รองลงมาคือ ทรายแม่น้ำน่าน ในขณะที่ทรายแม่น้ำวังและแม่น้ำยมมีเหมาะสมเท่ากัน ซึ่งผลของการศึกษานี้ ผู้วิจัยหวังว่าจะเป็นแนวทางในการคัดเลือกทรายแม่น้ำที่เหมาะสมสำหรับกรณีศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: ทรายแม่น้ำ, กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์, เทคนิคการเรียงลำดับตามอุดมคติ

Abstract

This research aimed to select suitable river sand for cleaning workpieces in a small sandblasting machine by applying the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). The AHP method was used to determine the weights of the decision criteria, namely: (1) sand grain size, (2) sand grain shape, (3) price, (4) resource availability, and (5) sustainability. Subsequently, the TOPSIS method was employed to select the most appropriate river sand. The evaluated sand sources included sand from the Ping, Nan, Wang, and Yom Rivers. The analysis results indicated that Ping River sand was the most suitable for cleaning workpieces in small sandblasting machines, followed by Nan River sand. Wang and Yom River sands were found to be equally suitable. The findings of this study are expected to serve as a guideline for selecting appropriate river sand in other case studies.

Keywords: River sand, Analytical hierarchy process, Technique for order preference by similarity to ideal solution

1. บทนำ

ในปัจจุบันการพ่นทราย (Sandblasting) ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในการทำทำความสะอาดผิวของชิ้นงานโลหะ การเตรียมผิวชิ้นงานสำหรับการพ่นสี การชุบผิวโลหะ การเชื่อม เป็นต้น (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2564) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการพ่นทรายจะใช้ทรายทะเลเป็นเม็ดวัสดุขัดเนื่องจากมีคุณสมบัติเหมาะสมเนื่องจากมีรูปร่างกลม ขนาดของเม็ดทรายค่อนข้างละเอียดสม่ำเสมอ และมีสิ่งปนเปื้อนน้อย แต่อย่างไรก็ตามแหล่งทรายทะเลของประเทศไทยส่วนมากอยู่ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกและพื้นที่ภาคใต้ ดังนั้นจึงทำให้ผู้ประกอบการรายย่อยตามภูมิภาคอื่น ๆ มีต้นทุนการผลิตสูงขึ้นจากการสั่งซื้อและการขนส่ง เพื่อแก้ปัญหานี้ หากผู้ประกอบการสามารถมีทางเลือกในการใช้ทรายประเภทอื่น ๆ แทนการใช้ทรายทะเลเพียงอย่างเดียว อาจช่วยให้ต้นทุนการผลิตลดลง

แหล่งทรายในประเทศไทยมีการกระจายอยู่หลายพื้นที่ โดยทรายแม่น้ำเป็นแหล่งทรายท้องถิ่นที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เป็นต้น นอกจากนี้ ด้วยคุณสมบัติเม็ดทรายและขนาดรูปร่างสามารถนำมาใช้ในงานหล่อโลหะได้ (ตีเพชร, 2554) จึงเป็นผลให้ผู้วิจัยมีสมมติฐานว่าทรายแม่น้ำสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุขัดในการทำทำความสะอาดชิ้นงานสำหรับเครื่องพ่นทรายขนาดเล็กได้ แต่อย่างไรก็ตามการคัดเลือกทรายแม่น้ำนั้นเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน เนื่องจากมีเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาที่หลากหลาย เช่น คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติ

เชิงกล คุณสมบัติทางเคมี ต้นทุนวัสดุ การจัดหาวัสดุ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น (Wimol, 2024) นอกจากนี้แต่ละเกณฑ์อาจส่งผลต่อการตัดสินใจในระดับที่แตกต่างกัน รวมถึงอาจประกอบด้วยเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ด้วยเหตุนี้ การคัดเลือกวัสดุส่วนใหญ่จึงมักประยุกต์ใช้วิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple criteria decision making; MCDM) เข้ามาช่วยในคัดเลือกวัสดุที่เหมาะสม (Emovon & Oghenenyero, 2020) เช่น Kiong *et al.* (2013) ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical hierarchy process; AHP) เลือกวัสดุที่เหมาะสมในการผลิตสกรูเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด Anojkumar *et al.* (2014) ประยุกต์ใช้วิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ในการแก้ปัญหาการเลือกวัสดุท่อในอุตสาหกรรมน้ำตาล Srivastawa *et al.* (2017) ประยุกต์ใช้วิธีการ Grey-TOPSIS เลือกวัสดุที่ดีที่สุดในการทำกันสับ และ Wimol (2024) ใช้วิธีการ TOPSIS คัดเลือกวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการทำไบโอดีเซลในรถตัดอ้อย จากการทบทวนวรรณกรรมในข้างต้น พบว่า เทคนิคการเรียงลำดับตามอุดมคติ (Technique for order preference by similarity to ideal solution; TOPSIS) เป็นวิธีการตัดสินใจที่มีขั้นตอนคำนวณที่ง่ายไม่ซับซ้อนภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจที่หลากหลาย อีกทั้งยังสามารถตัดสินใจได้ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ (Meethom & Koohathongsumrit, 2020) แต่อย่างไรก็ตาม ในการประยุกต์ใช้วิธีการ TOPSIS จำเป็นต้องกำหนดน้ำหนักของเกณฑ์ (กวิณภพ และปนิทัศน์, 2560) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวการผสมผสานวิธีการ AHP กับวิธีการ TOPSIS จะสามารถลดข้อบกพร่องนี้ได้

จากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้วิธีการ AHP และ TOPSIS ในการคัดเลือกทรายแม่น้ำสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงานในเครื่องพ่นทรายขนาดเล็ก โดยใช้แหล่งทรายในจังหวัดภาคเหนือมาเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากในจังหวัดภาคเหนือมีแม่น้ำสำคัญหลายสายที่ไหลผ่าน ผลการศึกษานี้จะเป็นแนวทางแก่ผู้ประกอบการในท้องถิ่นหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กเพื่อเลือกทรายแม่น้ำสำหรับใช้ในงานด้านอื่น ๆ รวมถึงสนับสนุนการใช้ทรัพยากรภายในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อคัดเลือกทรายแม่น้ำสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงานในเครื่องพ่นทรายขนาดเล็กในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 กำหนดเกณฑ์และทางเลือกในการตัดสินใจ

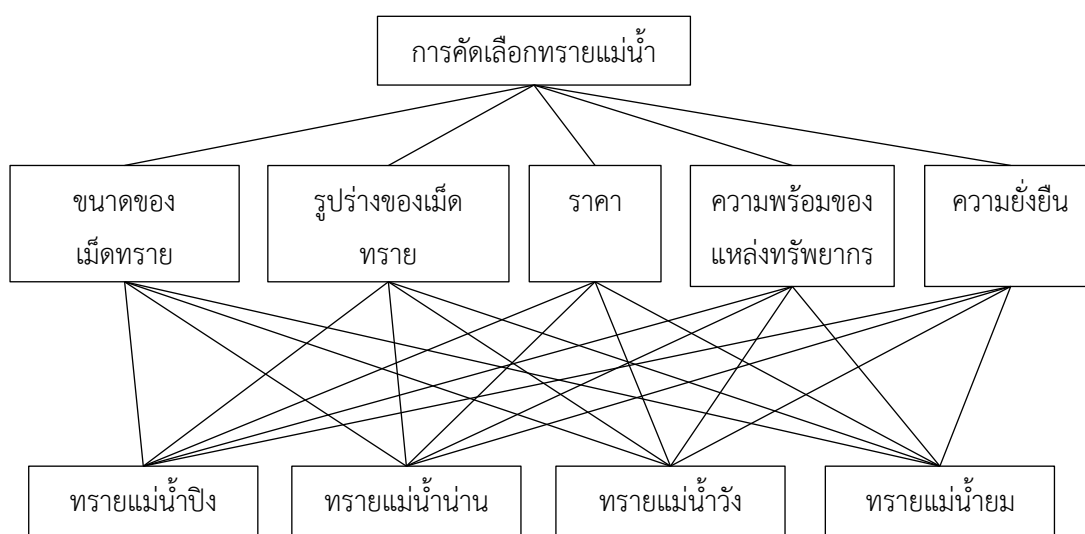
สำหรับงานวิจัยนี้ได้กำหนดเกณฑ์การตัดสินใจจากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านที่มีประสบการณ์ในการพ่นทรายอย่างน้อย 5 ปี พบว่า ทรายแม่น้ำ

ที่นำมาใช้ในการพันทรายควรมีขนาดเล็ก เพื่อสามารถทำความสะอาดชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รูปร่างของเม็ดทรายควรมีรูปร่างที่ไม่กลมเกินไป และควรให้ความสำคัญกับความยั่งยืน โดยการใช้ทรัพยากรจากธรรมชาตินี้ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และไม่ก่อให้เกิดปัญหาอนาคต ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การตัดสินใจในการคัดเลือกทรายแม่น้ำ

เกณฑ์การตัดสินใจ	คำอธิบาย
ขนาดของเม็ดทราย (C1)	เส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดทรายแต่ละเม็ดที่วัดผ่านจำนวนช่องตาข่ายในตะแกรงสำหรับกรองทราย
รูปร่างของเม็ดทราย (C2)	ลักษณะทางกายภาพของเม็ดทรายแต่ละเม็ด
ราคา (C3)	ราคาโดยประมาณของทราย ณ ปัจจุบัน
ความพร้อมของแหล่งทรัพยากร (C4)	ความสามารถในการเข้าถึงและการจัดหาวัสดุ เพื่อนำมาใช้งาน
ความยั่งยืน (C5)	การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ โดยที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรือปัญหาในอนาคต

ในการพิจารณาเลือกทรายแหล่งทรายที่มีความเหมาะสม ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแหล่งทรายในจังหวัดภาคเหนือ พบว่า แหล่งทรายขนาดใหญ่ของภาคเหนือ คือ ทรายแม่น้ำปิง (A1) แม่น้ำน่าน (A2) แม่น้ำวัง (A3) และแม่น้ำยม (A4) ซึ่งแหล่งทรายแม่น้ำปิงนั้นมีปริมาณการผลิตที่สูงที่สุดจากแหล่งทรายในจังหวัดภาคเหนือทั้งหมด โครงสร้างลำดับชั้นการตัดสินใจถูกสร้างขึ้นด้วยเกณฑ์การตัดสินใจและทางเลือก ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพลำดับชั้นการตัดสินใจในการคัดเลือกทรายแม่น้ำ

3.3 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP)

AHP ได้รับการพัฒนาโดย Saaty (1977) ซึ่งเป็นวิธีการตัดสินใจที่มีเกณฑ์การตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ โดยช่วยให้สามารถประเมินและจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์และทางเลือกต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังสามารถบูรณาการเกณฑ์ทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพในการตัดสินใจ ทำให้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลภายใต้บริบทที่มีซับซ้อน (Vidal *et al.*, 2011) ขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับ AHP มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม AHP

สร้างแบบสอบถามเพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบแบบรายคู่ จากนั้นผู้เชี่ยวชาญในด้านการพันทราย 3 ท่าน ถูกขอให้ตัดสินใจโดยใช้มาตราส่วนของ Saaty ดังแสดงในตารางที่ 2 เมทริกซ์การเปรียบเทียบแบบรายคู่รวมถูกสร้างขึ้นจากการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) เมทริกซ์รวมจะให้คำตอบโดยรวมเมื่อพิจารณาความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด ซึ่งจะช่วยให้บรรลุผลลัพธ์ที่ดีกว่าทั่วไปมากขึ้น (Karam *et al.*, 2021)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ

ขั้นแรก เปลี่ยนเมทริกซ์ให้เป็นแบบปกติ (Normalization) เมทริกซ์รวม N จะถูกดำเนินการ โดยแต่ละ n_{ij} ของ N ถูกคำนวณดังต่อไปนี้

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^h a_{ij}} \quad \forall i, j \in \{1, \dots, h\} \quad (1)$$

เมื่อ $\sum_{i=1}^h a_{ij}$ แสดงถึงผลรวมของคอลัมน์ j

ขั้นที่สอง น้ำหนักสัมพัทธ์ของเกณฑ์การตัดสินใจแต่ละเกณฑ์หาได้ค่าเฉลี่ยของแถวในเมทริกซ์ปกติ น้ำหนักของเกณฑ์ i โดย w_i ถูกคำนวณดังนี้

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^h n_{ij}}{h} \quad \forall i \in \{1, \dots, h\} \quad (2)$$

หมายเหตุ $\sum_{j=1}^h w_i$ ต้องเท่ากับ 1

ตารางที่ 2 มาตรฐานของ Saaty

คำอธิบาย	ระดับของความสำคัญ
มีความสำคัญเท่ากัน	1
มีความสำคัญกว่า	3
มีความสำคัญมากกว่า	5
มีความสำคัญมากกว่ามาก	7
มีความสำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง	9
ค่ากลางระหว่างระดับของความสำคัญที่อธิบายมาในข้างต้น	2, 4, 6, 8

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบความสอดคล้องของเมทริกซ์การเปรียบเทียบแบบรายคู่

เพื่อหลีกเลี่ยงคำตอบที่ไม่สอดคล้องกันในแบบสอบถาม การทดสอบความสอดคล้องถูกทดสอบสำหรับแต่ละเมทริกซ์การเปรียบเทียบแบบรายคู่ (A) Saaty (1990) ใช้ปัจจัยสามประการสำหรับการทดสอบความสอดคล้องกัน ได้แก่ ดัชนีความสอดคล้อง (CI) ดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่ม (RCI) และอัตราส่วนความสอดคล้อง (CR) โดยเริ่มจากคำนวณค่า CI สำหรับแต่ละเมทริกซ์ ดังนี้

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - h}{h} \quad (3)$$

เมื่อ $\lambda_{\max}$ คือ Eigenvalue สูงสุด โดย Eigenvalue คำนวณได้จากเมทริกซ์ A และเวกเตอร์นำหลักของเกณฑ์การตัดสินใจ

จากนั้น CR จะถูกคำนวณ ดังนี้

$$CR = \frac{CI}{RCI} \quad (4)$$

เมื่อ RCI สามารถหาได้จากตารางที่ 3 โดยพิจารณาจากจำนวนเกณฑ์การตัดสินใจในเมทริกซ์การเปรียบเทียบแบบรายคู่

สุดท้าย หาก $CR \leq 0.10$ นั่นคือ ระดับความไม่สอดคล้องจะถือว่ายอมรับได้ ถ้าไม่เป็นตามเงื่อนไข ระดับความสำคัญ a_{ij} ในเมทริกซ์การเปรียบเทียบแบบรายคู่ควรถูกทบทวนอีกครั้ง เพื่อแก้ไขความไม่สอดคล้องกัน

ตารางที่ 3 ค่าดัชนีความสอดคล้องแบบสุมในเมทริกซ์

h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RCI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

3.4 เทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติ (TOPSIS)

TOPSIS ถูกพัฒนาโดย Hwang & Yoon (1981) เป็นหนึ่งในวิธีการ MCDM สำหรับแก้ปัญหาการตัดสินใจ วิธีการ TOPSIS จะพยายามระบุทางเลือกที่ดีที่สุด ที่มีระยะทางที่สั้นจากวิธีแก้ปัญหาในอุดมคติเชิงบวกและระยะทางไกลที่สุดจากวิธีแก้ปัญหาในอุดมคติเชิงลบ วิธีแก้ปัญหาในอุดมคติเชิงบวก ประกอบด้วยค่าที่ดีที่สุดทั้งหมดที่สามารถบรรลุได้จากเกณฑ์การตัดสินใจ ในขณะที่วิธีแก้ปัญหาในอุดมคติเชิงลบ ประกอบด้วยค่าที่แย่ที่สุดทั้งหมดที่สามารถบรรลุได้จากเกณฑ์การตัดสินใจ (Wang, 2007) ซึ่งการขั้นตอนการคำนวณวิธีการ TOPSIS (วลัยลักษณ์, 2564) มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจที่เป็นมาตรฐานของเกณฑ์การตัดสินใจ ด้วยวิธีการปรับเรียงข้อมูลแบบเวกเตอร์ (Vector Normalization) ด้วยสมการที่ (5)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^J x_{ij}^2}}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, J; i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (5)$$

เมื่อ x_{ij} และ r_{ij} เป็นค่าดั้งเดิม และค่าที่เป็นมาตรฐานของเมทริกซ์การตัดสินใจ ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 2 สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจแบบถ่วงน้ำหนักมาตรฐาน โดยการคูณน้ำหนัก w_i ของเกณฑ์การประเมินกับเมทริกซ์การตัดสินใจมาตรฐาน r_{ij} ดังนี้

$$v_{ij} = w_i \times r_{ij}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, J; i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

เมื่อ w_i คือน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจที่คำนวณได้จาก AHP

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดวิธีแก้ปัญหาในอุดมคติเชิงบวก (PIS) และวิธีแก้ปัญหาในอุดมคติเชิงลบ (NIS) ด้วยสมการที่ (7) และ (8) ตามลำดับ

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \text{ maximum values} \quad (7)$$

เมื่อ $v_i^* = \{\max(v_{ij}) \text{ if } j \in J; \min(v_{ij}) \text{ if } j \in J^-\}$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \text{ minimum values} \quad (8)$$

เมื่อ $v_i^- = \{\min(v_{ij}) \text{ if } j \in J; \max(v_{ij}) \text{ if } j \in J^-\}$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงแยกแยะของแต่ละทางเลือก โดยแยกคำนวณระยะทางที่สั้นจากวิธีแก้ปัญหาในอุดมคติเชิงบวก (d_i^*) ด้วยสมการที่ (9) และระยะทางที่ไกลจากวิธีแก้ปัญหาในอุดมคติเชิงลบ (d_i^-) ด้วยสมการที่ (10)

$$d_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (9)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (10)$$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เชิงเข้าใกล้ (Closeness Coefficient) กับวิธีแก้ปัญหาเชิงอุดมคติของแต่ละทางเลือก ดังนี้

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (11)$$

สุดท้าย จัดลำดับทางเลือก โดยพิจารณาค่า CC_i จากมากที่สุดไปยังน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 การหาค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจในเลือกทรายแม่น้ำ

ผู้วิจัยนำแบบสอบถาม AHP ให้ผู้เชี่ยวชาญในการพนทราย จำนวน 3 ท่าน ที่มีประสบการณ์ในการพนทรายอย่างน้อย 5 ปี ได้แก่ ผู้ปฏิบัติงานในสถานประกอบกิจการพนสี ชุบโลหะ และนักวิชาการด้านกรรมวิธีการผลิต ประเมินความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ ผลของการวิเคราะห์ AHP ถูกแสดงในตารางที่ 4-5 ตารางที่ 3 แสดงเมทริกซ์รวมจากการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ ตารางที่ 4 นำเสนอค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ และค่า CR ของเมทริกซ์รวม

ตารางที่ 4 เมทริกซ์รวมของการตัดสินใจแบบกลุ่ม

เกณฑ์	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1	3.63	1.59	3.30	2.29
C2	0.28	1	0.48	0.38	1.00
C3	0.63	2.08	1	0.44	0.79
C4	0.30	2.62	2.29	1	2.62
C5	0.44	1.00	1.26	0.38	1

ตารางที่ 5 ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจในเลือกทรายแม่น้ำ

เกณฑ์	ค่าน้ำหนักความสำคัญ
ขนาดของเม็ดทราย (C1)	0.39
รูปร่างของเม็ดทราย (C2)	0.09
ราคา (C3)	0.15
ความพร้อมของแหล่งทรัพยากร (C4)	0.25
ความยั่งยืน (C5)	0.13

Max. Eigenvalue ($\lambda_{\max}$) = 5.288, CI = 0.072, RCI = 1.11, Consistency ratio CR = 0.064

4.2 การคัดเลือกทรายแม่น้ำทราย

หลังจากได้รับค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ วิธีการ TOPSIS ถูกนำมาใช้เลือกทรายแม่น้ำที่เหมาะสมสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงานในเครื่องพ่นทรายขนาดเล็ก ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ทำการประเมินทางเลือกในการตัดสินใจภายใต้เกณฑ์ต่างๆ จากนั้นสร้างเมทริกซ์การตัดสินใจสำหรับทางเลือกต่าง ๆ ด้วยสมการที่ (5) และปรับเมทริกซ์การตัดสินใจให้เป็นมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 5 ใช้สมการที่ (6) คำนวณค่าน้ำหนักของคะแนนเชิงตัวเลข และสร้างเมทริกซ์การตัดสินใจมาตรฐานแบบถ่วงน้ำหนัก จากนั้นคำนวณหาค่าอุดมคติเชิงบวก (A^+) และค่าอุดมคติเชิงลบ (A^-) ด้วยสมการที่ (9) และ (10) ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงในตารางที่ 6



ตารางที่ 5 เมทริกซ์การตัดสินใจแบบปกติมาตรฐาน

เกณฑ์	แม่น้ำปิง (A1)	แม่น้ำน่าน (A2)	แม่น้ำวัง (A3)	แม่น้ำยม (A4)
C1	0.4682	0.5852	0.4682	0.4682
C2	0.4243	0.4243	0.5657	0.5657
C3	0.4829	0.4999	0.5084	0.5084
C4	0.6509	0.5208	0.3906	0.3906
C5	0.4193	0.5241	0.5241	0.5241

ตารางที่ 6 เมทริกซ์การตัดสินใจมาตรฐานแบบถ่วงน้ำหนัก

เกณฑ์	A1	A2	A3	A4	A^*	A^-
C1	0.1826	0.2282	0.1826	0.1826	0.1826	0.2282
C2	0.0382	0.0382	0.0509	0.0509	0.0509	0.0382
C3	0.0724	0.0750	0.0763	0.0763	0.0724	0.0763
C4	0.1627	0.1302	0.0976	0.0976	0.1627	0.0976
C5	0.0545	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0545

จากนั้นคำนวณหาระยะทางที่สั้นจากวิธีแก้ปัญหาในอุดมคติเชิงบวก (d_i^*) และระยะทางที่ไกลจากวิธีแก้ปัญหาในอุดมคติเชิงลบ (d_i^-) ด้วยสมการที่ (9) และ (10) ตามลำดับ และใช้สมการที่ (8) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เชิงเข้าใกล้เพื่อจัดลำดับทรายแม่น้ำที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการจัดลำดับทรายแม่น้ำ

	แม่น้ำปิง (A1)	แม่น้ำน่าน (A2)	แม่น้ำวัง (A3)	แม่น้ำยม (A4)
d_i^*	0.0003	0.0033	0.0043	0.0043
d_i^-	0.0063	0.0147	0.0157	0.0157
CC_i	0.9479	0.8160	0.7870	0.7870
อันดับที่	1	2	3	3

เมื่อพิจารณาคำนวณสัมประสิทธิ์เชิงเข้าใกล้วิธีแก้ปัญหาในอุดมคติ พบว่า ทรายแม่น้ำปิงมีความเหมาะสมสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงานในเครื่องพ่นทรายขนาดเล็ก ($CC_1=0.9479$) รองลงมาทรายแม่น้ำน่าน ($CC_2=0.8160$) ในขณะที่ทรายแม่น้ำวังและแม่น้ำยมมีเหมาะสมเท่ากัน ($CC_3=0.7870$) ตามลำดับ

5. อภิปรายและสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกทรายแม่น้ำสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงานในเครื่องพ่นทรายขนาดเล็กด้วยประยุกต์ใช้วิธีการ AHP และ TOPSIS ผลการศึกษาพบว่า เกณฑ์การตัดสินใจที่สำคัญในการเลือกทรายแม่น้ำสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงาน ได้แก่ ขนาดของเม็ดทราย (C1) รูปร่างของเม็ดทราย (C2) ราคา (C3) ความพร้อมของแหล่งทรัพยากร (C4) และความยั่งยืน (C5) ทางเลือกแหล่งทราย ได้แก่ ทรายแม่น้ำปิง (A1) แม่น้ำน่าน (A2) แม่น้ำวัง (A3) และแม่น้ำยม (A4) และวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจโดย AHP พบว่า เกณฑ์การตัดสินใจด้านขนาดของเม็ดทราย มีค่าน้ำหนักความสำคัญสูงสุด ($C1=0.39$) รองลงมาความพร้อมของแหล่งทรัพยากร ($C4=0.24$) ราคา ($C3=0.15$) ความยั่งยืน ($C5=0.13$) และรูปร่างของเม็ดทราย ($C2=0.09$) จากนั้นจึงจัดลำดับทรายแม่น้ำที่เหมาะสมสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงานในเครื่องพ่นทรายขนาดเล็กโดยใช้วิธีการ TOPSIS พบว่า ทรายแม่น้ำปิงมีความเหมาะสมที่สุด ($CC_1=0.9479$) เนื่องจากทรายแม่น้ำปิงขนาดเม็ดทรายที่ไม่เล็กและไม่ใหญ่เกินไป รูปร่างเม็ดทรายจะมีทั้งชนิดเม็ดเหลี่ยมมุมมน และเม็ดกลมผสมกัน อีกทั้งมีความพร้อมของแหล่งผลิตทรายอยู่ในหลายพื้นที่เช่น จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดตาก และจังหวัดนครสวรรค์ ในด้านราคาของทรายแม่น้ำปิงและทรายแม่น้ำน่านจะมีราคาใกล้เคียงกัน แต่หากมองในเชิงสิ่งแวดล้อมนี้อาจแปรผันตามการขนส่ง จึงทำให้ยากต่อการประมาณการ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงความยั่งยืน แม่น้ำวังและแม่น้ำยม มีความยั่งยืนมากกว่า เนื่องมีการขุดทรายน้อยและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เมื่อพิจารณาจากการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ

การประยุกต์ใช้วิธีการ AHP และ TOPSIS ในการคัดเลือกทรายแม่น้ำสำหรับการทำความสะอาดชิ้นงานในเครื่องพ่นทรายขนาดเล็กสามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจได้จริง ลดจุดบกพร่องเดิมของวิธีการ TOPSIS ในส่วนการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ นอกจากนี้ยังสามารถตัดสินใจได้ทั้งเกณฑ์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kiong *et al.* (2013), Anojkumar *et al.* (2014), Srivastawa *et al.* (2017) และ Wimol (2024) ที่ประยุกต์ใช้วิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ในการเลือกวัสดุที่เหมาะสม สำหรับงานวิจัยในอนาคตอาจนำแนวคิดฟัซซีเซต (Fuzzy Set) มาใช้ร่วมกับ AHP และ TOPSIS เพื่อลดความคลุมเครือในกระบวนการตัดสินใจ รวมถึงการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางเลือก เมื่อน้ำหนักความสำคัญหรือคะแนนการตัดสินใจเปลี่ยนแปลง

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้ความสนับสนุนสถานที่สำหรับดำเนินการวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- กวิณภพ ศรีวัฒนานุศาสตร์ และปณิทัศน์ สุริยธนาภาส. (2560). การคัดเลือกผู้จัดส่งวัตถุดิบโดยใช้วิธีการ TOPSIS และ ROC : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมร้านอาหาร. **วารสารและพัฒนา มจร.** 40(3), 385-403.
- จุฑาทิพย์ ทองเดชาสามารถ, ชัยนิกร กุลวงษ์ และกิตติศักดิ์ วรรณศรี. (2564). พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการทำความสะอาดชิ้นงานด้วยเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็ก. **วารสารมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล**, 34(2), 87-97.
- ตีเพชร ไชยศล. (2554). การหล่อแบบเปลือกด้วยทรายแม่น้ำโขง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.
- วลัยลักษณ์ อัครธีรวงศ์. (2564). การจัดลำดับประเทศที่เหมาะสมสำหรับการลงทุนในอุตสาหกรรมสิ่งทอ. **วารสารพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**, 31(1), 71-81.
- Anojkumar, L., Ilangkumaran, M., & Sasirekha, V. (2014). Comparative analysis of MCDM methods for pipe material selection in sugar industry. **Expert systems with applications**, 41(6), 2964-2980.
- Emovon, I., & Oghenenyero, O.S. (2020). Application of MCDM method in material selection for optimal design: A review. **Results in Materials**, 7, 100115.
- Hwang, C.L., & Yoon, K. (1981). **Multiple attribute decision-making: Methods and application**. New York: Springer.
- Karam, A., Hussein, M., & Reinau, K. H. (2021). Analysis of the barriers to implementing horizontal collaborative transport using a hybrid fuzzy Delphi-AHP approach. **Journal of cleaner production**, 321, 128943.
- Kiong, S.C., Lee, L.Y., Chong, S.H., Azlan, M.A., & Muhd Nor, N.H. (2013). Decision making with the analytical hierarchy process (AHP) for material selection in screw manufacturing for minimizing environmental impacts. **Applied Mechanics and Materials**, 315, 57-62.
- Meethom, W., & Koohathongsumrit, N. (2020). An integrated potential assessment criteria and TOPSIS based decision support system for road freight transportation routing. **Applied Science and Engineering Progress**, 13(4), 312-326.
- Saaty, T.L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of mathematical psychology**, 15(3), 234-281.

Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process.

European Journal of Operational Research, 48, 9–26.

Srivastawa, A., Maity, S.R., & Pandey, K.M. (2017). Material selection of gear using grey TOPSIS and COPRAS-G method. **International Journal of Biotechnology and Biomedical Sciences**, 3(1), 34-38.

Vidal, L.A., Marle, F., & Bocquet, J.C. (2011). Using a Delphi process and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate the complexity of projects. **Expert systems with applications**, 38(5), 5388-5405.

Wang, Y.J. (2008). Applying FMCDM to evaluate financial performance of domestic airlines in Taiwan. **Expert Systems with Applications**, 34(3), 1837-1845.

Wimol, M. (2024). Selection the suitable material for making base-cutter blades in sugarcane harvester using TOPSIS and ROC method. **Journal of Engineering and Innovation**, 17(1), 46-55.