

การประยุกต์ใช้วิธี TOPSIS สำหรับการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีผลตอบสนองหลายค่า

วรารณ แก้วศิริ¹, อานภาพ วงษ์แก้ว¹ และ นรงค์ วิชาผา^{1*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: narong.wi@ksu.ac.th โทรศัพท์: 085-0028205

(รับบทความ: 15 สิงหาคม 2567; แก้ไขบทความ: 27 สิงหาคม 2567; ตอรับบทความ: 29 สิงหาคม 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการ TOPSIS ในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในกรณีที่มีหลายตัวแปรผลตอบสนอง (Multi-Response Optimization, MRO) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน เนื่องจากตัวแปรผลตอบสนองแต่ละค่าอาจมีความขัดแย้งกันเอง การวิจัยได้นำวิธีการ TOPSIS มาประยุกต์เพื่อรวมผลตอบสนองหลายค่าให้เป็นผลตอบสนองเดียว จากนั้นนำผลที่ได้ไปกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้โปรแกรม Minitab Version 19 ผลการรวมค่าผลตอบสนองทั้งสองโดยใช้วิธี TOPSIS พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ (Closeness Coefficient, CC) สูงสุดที่ 0.8007 และค่าต่ำสุดที่ 0.2150 ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของแต่ละการตั้งค่าพารามิเตอร์ จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้มาป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม Minitab Version 19 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดโดยการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้ ความเร็วในการตัด 140 เมตรต่อนาที, อัตราป้อนวัสดุ 0.071 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกของการตัด 0.6 มิลลิเมตร วิธีการ TOPSIS เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการแก้ปัญหา MRO โดยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ เช่น MOORA และ WASPAS พบว่าวิธี TOPSIS สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้เช่นเดียวกัน วิธีการ TOPSIS สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจที่มีหลายเกณฑ์ในสาขาต่าง ๆ เช่น การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต การออกแบบการทดลอง หรือการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีตัวแปรผลตอบสนองหลายค่าเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด การประยุกต์ใช้วิธีการนี้ยังสามารถช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการค้นหาที่เหมาะสมในกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: TOPSIS ปัญหาผลตอบสนองหลายค่า การตัดสินใจแบบหลายคุณสมบัติ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม การออกแบบการทดลองแบบทากูชิ

การอ้างอิงบทความ: วรารณ แก้วศิริ , อานภาพ วงษ์แก้ว และ นรงค์ วิชาผา, "การประยุกต์ใช้วิธี TOPSIS สำหรับการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีผลตอบสนองหลายค่า," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 4, หน้า 12-21, 2567.

Application of the TOPSIS Method for Solving Multi-Response Optimization Problem

Waraporn Kaewsiri¹, Anuparp Wongkaew¹ and Narong Wichapa^{1*}

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

* Corresponding Author: narong.wi@ksu.ac.th, Tel: 085-0028205

(Received: August 15, 2024; Revised: August 27, 2024; Accepted: August 29, 2024)

Abstract

This study aims to apply the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method to solve multi-response optimization (MRO) problems, which are inherently complex due to the potential conflicts among response variables. The research employs TOPSIS to aggregate multiple responses into a single response, which is then used to determine the optimal parameters using Minitab Version 19. The aggregation of the two responses using TOPSIS yielded a maximum closeness coefficient (CC) of 0.8007 and a minimum of 0.2150, indicating the efficiency of each parameter setting. These coefficients were subsequently input into Minitab Version 19 to identify the optimal parameters, which were found to be a cutting speed of 140 m/min, a feed rate of 0.071 mm/rev, and a depth of cut of 0.6 mm. The TOPSIS method proved to be an effective tool for solving MRO problems. When compared with other methods, such as MOORA and WASPAS, TOPSIS demonstrated comparable performance in determining optimal parameter settings. The TOPSIS approach can be applied in various fields requiring multi-criteria decision-making, such as optimizing parameters in manufacturing processes, experimental design, or data analysis involving multiple response variables to achieve the best possible outcomes. Additionally, applying this method can effectively reduce time and costs in the search for optimal values across various processes.

Keywords: TOPSIS, Multi-Response Optimization, Multi-Attribute Decision Making, Optimal Parameters, Taguchi Experimental Design

Please cite this article as: W. Kaewsiri, A. Wongkaew and N. Wichapa, Application of the TOPSIS Method for Solving Multi-Response Optimization Problem, "The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University, vol. 2, no. 4, pp. 12-21, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ปัญหาการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดที่มีผลตอบสนองหลายค่า (Multi-Response Optimization: MRO) นั้น เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและยุ่งยากต่อการหาผลลัพธ์ เนื่องจากมีผลตอบสนองหลายค่าที่ต้องพิจารณาไปพร้อมกัน ผลตอบสนองแต่ละค่าอาจมีความขัดแย้งกันเอง ทำให้ปัญหา MRO เป็นปัญหาที่ได้รับความนิยมเป็นเวลานานจนถึงปัจจุบัน ปัญหา MRO เกี่ยวข้องกับการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดให้กับเครื่องมือเครื่องจักร หรือกำหนดสัดส่วนของวัสดุ โดยมีผลตอบสนองหลายค่าที่ต้องพิจารณาพร้อมกัน โดยการแก้ปัญหานี้มักใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOEs) ร่วมกับกับวิธีเชิงคณิตศาสตร์ หรือวิธีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติ ช่วยในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด [1-4] โดยกระบวนการแก้ปัญหา MRO มักประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้: (1) การกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย (Factors and levels) (2) การสร้างแผนการทดลอง หรือ เรียกว่าการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (3) การดำเนินการทดลองเพื่อวัดค่าผลตอบสนองหลายค่า (4) การรวมค่าผลตอบสนองเหล่านั้นให้เป็นค่าผลตอบสนองเดียว และการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติ และ (5) การทดลองเพื่อยืนยันผลลัพธ์ ซึ่งในขั้นตอนที่ (4) การรวมค่าผลตอบสนองหลากหลายค่าให้เป็นค่าผลตอบสนองเดียวนั้นมีวิธีการหลายอย่าง แต่หนึ่งในวิธีที่นิยมคือการใช้วิธีการตัดสินใจแบบหลายคุณสมบัติ (Multi-Attribute Decision Making: MADM) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมค่าผลตอบสนองนี้จะนำไปใช้ในขั้นตอนที่ (5) ในการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดต่อไป [5-6]

ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายคุณสมบัติ หรือ MADM เป็นส่วนหนึ่งของการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making: MCDM) ซึ่งการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์หรือ MCDM สามารถ

แบ่งออกเป็น [7-8]: (1) ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Decision Making: MODM) ซึ่งใช้วิธีการเชิงคณิตศาสตร์แบบหลายวัตถุประสงค์ เช่น วิธีการโปรแกรมเชิงเป้าหมาย (Goal Programming) วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) และวิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Meta-Heuristics) (2) ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายคุณสมบัติ ซึ่งมีเครื่องมือหลากหลายสำหรับการแก้ปัญหา MADM เช่น วิธี Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าวิธี TOPSIS เป็นหนึ่งในวิธี MADM ที่ได้รับความนิยมในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่มีความหลากหลายและแตกต่างกันในแต่ละเกณฑ์ หลักการของวิธี TOPSIS คือ การพยายามเลือกทางเลือกที่มีสมรรถนะโดยรวมใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดในแต่ละเกณฑ์ (Positive Ideal Solution: PIS) และห่างไกลจากค่าที่แย่ที่สุดในแต่ละเกณฑ์ (Negative Ideal Solution: NIS) ขั้นตอนการคำนวณโดยใช้วิธี TOPSIS ประกอบด้วย [9-10]: (1) การสร้างตารางการตัดสินใจ (Decision Matrix) (2) การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสองวิธี ได้แก่ วิธีการกำหนดน้ำหนักแบบรูปธรรม (Objective Weighting Method) ที่ใช้ผู้เชี่ยวชาญในการกำหนดน้ำหนัก และวิธีการกำหนดน้ำหนักแบบนามธรรม (Subjective Weighting Method) ที่ใช้ข้อมูลในตารางการตัดสินใจในการได้มาของน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ (3) การคำนวณตารางการตัดสินใจแบบปกติ (Normalized Decision Matrix) (4) การสร้างตารางการตัดสินใจแบบปกติถ่วงน้ำหนัก Weighted Normalized Decision Matrix) (5) การกำหนดค่าอุดมคติเชิงบวก (Positive Ideal Solution: PIS) และกำหนดค่าอุดมคติเชิงลบ (Negative Ideal Solution: NIS) ของแต่ละเกณฑ์ (6) การคำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบ และระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวก และ (7) การคำนวณ

บทความวิจัย (Research Article)

ค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ (Closeness Coefficient: CC) ซึ่งการจัดลำดับของทางเลือกจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ ยิ่งค่า CC สูง ทางเลือกนั้นก็ยิ่งมีอันดับสูงกว่า จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าวิธี TOPSIS สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา MRO ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ปรากฏในวรรณกรรม [11-14]

ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้วิธี TOPSIS ในการแก้ปัญหาผลตอบแทนหลายค่า โดยในการแก้ปัญหาจะเริ่มจากใช้วิธี TOPSIS เพื่อรวมผลตอบแทนหลายค่าให้เป็นผลตอบแทนเดียว แล้วจึงนำผลตอบแทนนี้ไปกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาผลตอบแทนหลายค่าโดยใช้โปรแกรม Minitab Version 19 จากนั้นทำการเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอและวิธีการอื่น ๆ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธี TOPSIS โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน

2. วิธีวิจัย

ในหัวข้อนี้เป็นขั้นตอนวิจัยซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

2.1 สร้างตารางการตัดสินใจ

1) กำหนดเกณฑ์การตัดสินใจและทางเลือก (Criteria and Alternatives) ที่เกี่ยวข้อง

2) สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจ (Decision Matrix) สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจโดยให้แถวเป็นทางเลือก i และคอลัมน์เป็นเกณฑ์การตัดสินใจ j ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางการตัดสินใจ

ทางเลือก/เกณฑ์	C_1	C_2	...	C_n
A_1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1n}
A_2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2n}
...	...	...	...	...
A_m	X_{m1}	X_{m2}	...	X_{mn}

2.2. สร้างตารางค่าปกติมาตรฐาน

คำนวณหาผลลัพธ์ค่าปกติมาตรฐาน

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum x_{ij}^2}} \quad (1)$$

โดยที่ r_{ij} เป็นค่าปกติมาตรฐานและ x_{ij} เป็นค่าข้อมูลจริงตามตารางที่ 1

2.3 สร้างตารางค่าปกติมาตรฐานถ่วงน้ำหนัก

สร้างตารางค่าปกติมาตรฐานถ่วงน้ำหนักโดยใช้สมการที่ (2)

$$V_{ij} = w_{ij} r_{ij} \quad (2)$$

โดย w_{ij} คือค่าน้ำหนักของเกณฑ์

r_{ij} คือค่าปกติมาตรฐานจากสมการที่ (1)

2.4 หาระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบและค่าอุดมคติเชิงบวก

กำหนดค่าอุดมคติเชิงบวก และค่าอุดมคติเชิงลบจากสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ

บทความวิจัย (Research Article)

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, v_3^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\}$$

$$= \{(\max_i V_{ij} \mid j \in J_1), (\min_i V_{ij} \mid j \in J_2)\} \quad (3)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, v_3^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\}$$

$$= \{(\min_i V_{ij} \mid j \in J_1), (\max_i V_{ij} \mid j \in J_2)\} \quad (4)$$

โดยที่

A^+ คือ เซตของค่าอุดมคติเชิงบวก

A^- คือ เซตของค่าอุดมคติเชิงลบ

j_1 คือ กลุ่มของเกณฑ์การตัดสินใจที่ค่ายิ่งมามากยิ่งดี

j_2 คือ กลุ่มของเกณฑ์การตัดสินใจที่ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี

คำนวณหาระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกและค่าอุดมคติเชิงลบ ดังสมการที่ (5) และ (6) ตามลำดับ

$$S_i^+ = \sqrt{\sum (V_{ij} - A_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (V_{ij} - A_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

2.5 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ ดังสมการที่ (7)

$$CC_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (7)$$

โดยที่ CC_i คือค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์

2.6 กำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม Minitab

นำค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ในสมการที่ (7) มาป้อนข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม Minitab เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหานี้

2.7 เปรียบเทียบวิธี TOPSIS กับวิธีอื่น

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของวิธี TOPSIS สำหรับแก้ปัญหาผลตอบแทนหลายค่าโดยเปรียบเทียบวิธี TOPSIS กับวิธี Weighted Aggregates Sum Product Assessment หรือวิธี WASPAS [15] และวิธี Complex Proportional Assessment หรือวิธี COPRAS [16]

3. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบวิธี TOPSIS สำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาผลตอบแทนหลายค่าโดยใช้ตัวอย่างงานวิจัยของ Zhujani et al. [17] ซึ่งได้ทำการออกแบบการทดลองวิธีทากุชิเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการกลึง Inconel 718 ซึ่งเป็นซูเปอร์อัลลอยด์ที่มีความต้านทานความร้อนสูง โดยปัจจัยที่ใช้ในการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการกลึง Inconel 718 ในการทดลองนี้ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ดังนี้

1. ความเร็วในการตัด (Cutting Speed, v): วัดเป็นเมตรต่อนาที (m/min) โดยมีระดับค่าที่ใช้ในการทดลองคือ 100, 120, และ 140 เมตรต่อนาที

2. อัตราป้อนวัสดุ (Feed Rate, f): วัดเป็นมิลลิเมตรต่อรอบ (mm/rev) โดยมีระดับค่าที่ใช้ในการทดลองคือ 0.071, 0.092, และ 0.125 มิลลิเมตรต่อรอบ

3. ความลึกของการตัด (Depth of Cut, d): วัดเป็นมิลลิเมตร (mm) โดยมีระดับค่าที่ใช้ในการทดลองคือ 0.2, 0.4, และ 0.6 มิลลิเมตร

การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดได้ใช้การวิเคราะห์ผลตอบแทนจำนวน 2 ค่า ได้แก่ ความหยาบผิว (Ra) และอัตราการกำจัดวัสดุ (MRR) โดยรายละเอียดของข้อมูลแสดงดังตารางที่ 2

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 2 ตารางการทดลองทางทฤษฎี L-9

Runs	v	f	d	Ra	MRR
1	100	0.071	0.2	0.23	1420
2	100	0.092	0.4	0.30	3680
3	100	0.125	0.6	0.32	7500
4	120	0.071	0.4	0.24	3408
5	120	0.092	0.6	0.28	6624
6	120	0.125	0.2	0.31	3000
7	140	0.071	0.6	0.20	5964
8	140	0.092	0.2	0.23	2576
9	140	0.125	0.4	0.28	7000

จากตารางที่ 2 ผลตอบสนองทั้งสองค่าถูกนำมาสร้างตารางการตัดสินใจดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางการตัดสินใจ

Runs	Ra	MRR
1	0.23	1420
2	0.30	3680
3	0.32	7500
4	0.24	3408
5	0.28	6624
6	0.31	3000
7	0.20	5964
8	0.23	2576
9	0.28	7000
น้ำหนักความสำคัญ	0.65	0.35

เมื่อได้ตารางการตัดสินใจแล้วจากนั้นใช้สมการที่ (1) หาค่าความปกติข้อมูล โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจะถูกนำไปสร้างตารางการตัดสินใจแบบปกติดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางการตัดสินใจแบบปกติ

Runs	Ra	MRR
1	0.2856	0.0941
2	0.3725	0.2440
3	0.3973	0.4972

Runs	Ra	MRR
4	0.2980	0.2259
5	0.3476	0.4392
6	0.3849	0.1989
7	0.2483	0.3954
8	0.2856	0.1708
9	0.3476	0.4641

เมื่อได้ตารางการตัดสินใจแบบปกติแล้ว จากนั้นใช้สมการที่ (2) สร้างตารางการตัดสินใจแบบปกติถ่วงน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางการตัดสินใจแบบปกติถ่วงน้ำหนัก

Runs	Ra	MRR
1	0.1856	0.0330
2	0.2421	0.0854
3	0.2583	0.1740
4	0.1937	0.0791
5	0.2260	0.1537
6	0.2502	0.0696
7	0.1614	0.1384
8	0.1856	0.0598
9	0.2260	0.1624
ค่าในอุดมคติเชิงลบ	0.2583	0.0330
ค่าในอุดมคติเชิงบวก	0.1614	0.1740

จากตารางที่ 5 ค่าในอุดมคติเชิงบวกหาได้จากสมการที่ (3) และค่าในอุดมคติเชิงลบหาได้จากสมการที่ (4)

เมื่อได้ตารางการตัดสินใจแบบปกติถ่วงน้ำหนักจากนั้นใช้สมการที่ (5) และสมการที่ (6) หาระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบและค่าอุดมคติเชิงบวกดังแสดงในตารางที่ 6 ตารางที่ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบ

Runs	Ra	MRR	S ⁻
1	0.1856	0.0330	0.0726
2	0.2421	0.0854	0.0549

บทความวิจัย (Research Article)

Runs	Ra	MRR	S ⁻
3	0.2583	0.1740	0.1411
4	0.1937	0.0791	0.0793
5	0.2260	0.1537	0.1250
6	0.2502	0.0696	0.0375
7	0.1614	0.1384	0.1432
8	0.1856	0.0598	0.0774
9	0.2260	0.1624	0.1334

ตารางที่ 7 ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวก

Runs	Ra	MRR	S ⁺
1	0.1856	0.0330	0.1431
2	0.2421	0.0854	0.1199
3	0.2583	0.1740	0.0968
4	0.1937	0.0791	0.1003
5	0.2260	0.1537	0.0677
6	0.2502	0.0696	0.1371
7	0.1614	0.1384	0.0356
8	0.1856	0.0598	0.1168
9	0.2260	0.1624	0.0656

เมื่อได้ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบและระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกจากนั้นใช้สมการที่ (7) หาค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์

Runs	S ⁻	S ⁺	CC
1	0.0726	0.1431	0.3366
2	0.0549	0.1199	0.3140
3	0.1411	0.0968	0.5930
4	0.0793	0.1003	0.4417
5	0.1250	0.0677	0.6487
6	0.0375	0.1371	0.2150
7	0.1432	0.0356	0.8007
8	0.0774	0.1168	0.3987
9	0.1334	0.0656	0.6704

หลังจากได้ค่าสัมประสิทธิ์สัมพัทธ์ของแต่ละลำดับการทดลองจากนั้นนำค่าไปทดสอบ ANOVA ในโปรแกรม Minitab Version 19 ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตาราง ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	0.265064	0.088355	10.88	0.012
v	1	0.065351	0.065351	8.05	0.036
f	1	0.000942	0.000942	0.12	0.747
d	1	0.198771	0.198771	24.48	0.004
Error	5	0.040591	0.008118		
Total	8	0.305655			

จากตารางที่ 9 สมการทำนายค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าสมการทำนายที่ได้สามารถนำไปใช้ในการทำนายค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ได้ที่น่าเชื่อถือ 0.05

จากนั้นสร้างตารางผลตอบแทนของ SN Ratios (Response Table for Signal to Noise Ratios) ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลตอบแทนของ SN Ratios

Level	v	f	d
1	-8.019	-6.162	-10.265
2	-8.069	-7.269	-6.877
3	-4.464	-7.121	-3.410
Delta	3.605	1.108	6.856
Rank	2	3	1

จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าปัจจัย d มีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์ใกล้เคียงสัมพัทธ์เป็นลำดับที่ 1 ปัจจัย v มีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์ใกล้เคียงสัมพัทธ์เป็นลำดับที่ 2 และปัจจัย f มีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์ใกล้เคียงสัมพัทธ์เป็นลำดับที่ 3 ลำดับสุดท้ายจะเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากกราฟ Main Effects plot for SN Ratios ดังรูปที่ 2

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 2 กราฟ SN Ratios

จากรูปที่ 2 กำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้วิธี TOPSIS ได้ผลดังนี้ ระดับที่เหมาะสมสำหรับปัจจัย v ปัจจัย f และปัจจัย d มีค่าเท่ากับ 140 m/min, 0.071 mm/rev และ 0.6 mm ตามลำดับ โดยที่แทนค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ลงใน Predicted value in Minitab เพื่อคำนวณหาค่าทำนายของ R_a และ MRR จะได้ค่า R_a เท่ากับ 0.1956 และค่า MRR เท่ากับ 6,324 mm³/min

4. การเปรียบเทียบวิธี TOPSIS กับการแก้ปัญหา ผลตอบสนองหลายค่ากับวิธีอื่น

ในหัวข้อนี้จะเป็นการนำเสนอการเปรียบเทียบวิธี TOPSIS กับวิธีการอื่น ๆ เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของวิธีที่นำเสนอสำหรับการแก้ปัญหา ผลตอบสนองหลายค่า หรือปัญหา MRO โดยวิธีที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ ได้แก่ วิธี WASPAS และวิธี COPRAS ซึ่งผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของวิธีการที่นำเสนอและวิธีการอื่น ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละวิธี

วิธี	พารามิเตอร์เหมาะสมที่สุด
TOPSIS	v_3 (140 m/min), f_1 (0.071 mm/rev), d_3 (0.6 mm)
WASPAS	v_3 (140 m/min), f_1 (0.071 mm/rev), d_3 (0.6 mm)

วิธี	พารามิเตอร์เหมาะสมที่สุด
COPRAS	v_3 (140 m/min), f_1 (0.071 mm/rev), d_3 (0.6 mm)

จากตารางที่ 11 วิธีที่นำเสนอกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้เช่นเดียวกับวิธีอื่น ซึ่งพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย มีค่าดังนี้ v_3 (140 m/min), f_1 (0.071 mm/rev), d_3 (0.6 mm) แสดงว่าวิธี TOPSIS ที่นำเสนอสามารถเป็นหนึ่งในมีประสิทธิภาพสำหรับเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา ผลตอบสนองหลายค่าได้

5. สรุปผล

ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดซึ่งมีผลตอบสนองหลายค่า (MRO) เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและยุ่งยาก เนื่องจากผลตอบสนองแต่ละค่าอาจมีความขัดแย้งกันเอง ทำให้ยากต่อการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม ปัญหานี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการที่ต้องกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดให้กับเครื่องมือหรือเครื่องจักร ซึ่งต้องพิจารณาผลตอบสนองหลายค่าไปพร้อมกัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการ TOPSIS ในการแก้ปัญหา MRO โดยการรวมผลตอบสนองหลายค่าให้เป็นผลตอบสนองเดียว จากนั้นนำผลที่ได้ไปกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา MRO ด้วยการใช้โปรแกรม Minitab Version 19 วิธีการที่นำเสนอคือ TOPSIS ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญได้แก่: (1) สร้างตารางการตัดสินใจ; (2) สร้างตารางการตัดสินใจแบบปกติ; (3) สร้างตารางการตัดสินใจแบบปกติถ่วงน้ำหนัก; (4) คำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกและเชิงลบ (5) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์; (6) หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ ลงในโปรแกรม Minitab เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าวิธี TOPSIS สามารถใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา MRO

บทความวิจัย (Research Article)

โดยเมื่อนำวิธี TOPSIS ไปเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ เช่น MOORA และ WASPAS พบว่าวิธี TOPSIS สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ เช่นเดียวกับวิธีอื่นๆ

งานวิจัยในอนาคตอาจพิจารณาการผสมผสานวิธีการ TOPSIS เข้ากับวิธีการตัดสินใจหลายเกณฑ์อื่นๆ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นและความสามารถในการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น การรวม TOPSIS กับฟัซซี่ลอจิกเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดการกับความไม่แน่นอนและความผันแปรของข้อมูล นอกจากนี้ยังมีศักยภาพในการนำวิธีการ TOPSIS ไปใช้ในสาขาใหม่ๆ เช่น การแพทย์ ที่ต้องการการตัดสินใจที่เหมาะสมในการรักษาผู้ป่วยที่มีหลายผลลัพธ์พร้อมกัน หรือในด้านการจัดการห่วงโซ่อุปทานที่ต้องสมดุลระหว่างหลายเป้าหมายที่ขัดแย้งกัน เช่น ต้นทุน คุณภาพ และเวลาการส่งมอบ งานวิจัยต่อไปอาจศึกษาเกี่ยวกับการใช้ TOPSIS ในสภาพแวดล้อมการตัดสินใจแบบเรียลไทม์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการอัตโนมัติกระบวนการเลือกพารามิเตอร์ ซึ่งจะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพและความสามารถในการปรับตัวของวิธีการในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้แต่งขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่ให้การสนับสนุนบทความวิจัยนี้ นอกจากนี้ผู้แต่งขอขอบคุณผู้ประเมินบทความทุกท่านที่ได้สละเวลาในการให้ข้อเสนอแนะที่สำคัญให้บทความนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Sriburum, W. Khanthirat, W. Warorot, A. Lawong, N. Wichapa, T. Sudsuansee, S. Sergsiri, K. Charoenjit, A. Rotjanakorn Wangchamhan, M. Tongsupon, and A. Choompol, "Data Envelopment Analysis-Taguchi Method for Determining Optimal Parameters of a Fish Scaling Machine," *The Journal of Industrial Technology*, vol. 19, no. 1, pp. 63-76, Apr. 2023, doi: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.001.
- [2] Y. Kumar and H. Singh, "Multi-response Optimization in Dry Turning Process Using Taguchi's Approach and Utility Concept," *Procedia Materials Science*, vol. 5, pp. 2142-2151, 2014, doi: 10.1016/j.mspro.2014.07.417.
- [3] P. To-On, N. Wichapa, and W. Khanthirat, "A novel TOPSIS linear programming model based on response surface methodology for determining optimal mixture proportions of lightweight concrete blocks containing sugarcane bagasse ash," *Heliyon*, vol. 9, no. 7, p. e17755, 2023.
- [4] A. Sriburum, N. Wichapa, and W. Khanthirat, "A novel TOPSIS linear programming model based on the Taguchi method for solving the multi-response optimization problems: A case study of a fish scale scraping machine," *Engineered Science*, vol. 23, p. 882, 2023, doi: <https://dx.doi.org/10.30919/es882>.
- [5] P. A. Sylajakumari, R. Ramakrishnasamy, and G. Palaniappan, "Taguchi grey relational analysis for multi-response optimization of wear in Co-continuous composite," *Materials*, vol. 11, no. 9, p. 1743, 2018.
- [6] N. Yuvaraj and M. P. Kumar, "Multiresponse optimization of abrasive water jet cutting process parameters

บทความวิจัย (Research Article)

- using TOPSIS approach," *Materials and Manufacturing Processes*, pp. 882-889, 2015.
- [7] A. M. Ghaleb, H. Kaid, A. Alsamhan, S. H. Mian, and L. Hidri, "Assessment and comparison of various MCDM approaches in the selection of manufacturing process," *Advances in Materials Science and Engineering*, Article ID 4039253, 2020.
- [8] H. Taherdoost and M. Madanchian, "Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts," *Encyclopedia*, vol. 3, no. 1, pp. 77-87, 2023.
- [9] M. Ramezani, M. Bashiri, and A. C. Atkinson, "A goal programming-TOPSIS approach to multiple response optimization using the concepts of non-dominated solutions and prediction intervals," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 8, pp. 9557-9563, 2011.
- [10] S. Kamalizadeh, S. A. Niknam, M. Balazinski, and S. Turenne, "The use of TOPSIS method for multi-objective optimization in milling Ti-MMC," *Metals*, vol. 12, no. 11, p. 1796, 2022.
- [11] B. Şimşek and T. Uygunoğlu, "Multi-response optimization of polymer blended concrete: A TOPSIS based Taguchi application," *Construction and Building Materials*, vol. 117, pp. 251-262, 2017.
- [12] A. T. Abbas, N. Sharma, S. Anwar, M. Luqman, I. Tomaz, and H. Hegab, "Multi-response optimization in high-speed machining of Ti-6Al-4V using TOPSIS-fuzzy integrated approach," *Materials*, vol. 13, no. 5, p. 1104, 2020.
- [13] R. Thirumalai, M. Seenivasan, and K. Panneerselvam, "Experimental investigation and multi-response optimization of turning process parameters for Inconel 718 using TOPSIS approach," *Materials Today: Proceedings*, vol. 45, pp. 467-472, 2021.
- [14] P. Chokkalingam, H. El-Hassan, A. El-Dieb, and A. El-Mir, "Multi-response optimization of ceramic waste geopolymer concrete using BWM and TOPSIS-based Taguchi methods," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 21, pp. 4824-4845, 2022.
- [15] E. K. Zavadskas, Z. Turskis, J. Antucheviciene, and A. Zakarevicius, "Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment," *Electronics and Electrical Engineering*, no. 6(122), pp. 3-6, 2012. DOI:10.5755/j01.eee.122.6.1810.
- [16] E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, and V. Šarka, "The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 1, no. 3, pp. 131-139, 1994.
- [17] F. Zhujani, G. Todorov, K. Kamberov, and F. Abdullahu, "Mathematical modeling and optimization of machining parameters in CNC turning process of Inconel 718 using the Taguchi method," *Journal of Engineering Research*, 2023. DOI: 10.1016/j.jer.2023.10.029.