

แนวทางการประเมินประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ กรณีศึกษาเขตพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย

นายสหัสวรรษ กิติวังค์ รหัสนิสิต 61090153, อาจารย์นิภาพรรณ อนันต์พลศักดิ์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำแนวคิด TOPSIS MENTHOD มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิธีการประเมินและวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์และเพื่อศึกษาว่าปัจจัยด้านต้นทุน-กำไร ปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน ปัจจัยด้านคุณภาพและปัจจัยด้านพนักงาน เหมาะสมต่อการใช้ในการศึกษาวิธีการประเมินและวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์

ผลจากการวิจัยพบว่า การศึกษาแนวทางการประเมินประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ โดยใช้หลักการ TOPSIS MENTHOD กรณีศึกษาเขตพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการประเมินและวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์มากที่สุดจากการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้ค่าอุดมคติที่สุดคือ ปัจจัยด้านพนักงานซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้ค่าอุดมคติที่สุดเท่ากับ 1 และปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการประเมินและวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์น้อยที่สุดจากการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้ค่าอุดมคติที่สุดคือ ปัจจัยด้านต้นทุน-กำไรซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้ค่าอุดมคติที่สุดเท่ากับ 0.20

1. บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าสูงและมีศักยภาพของประเทศไทย โดยไทยเป็นฐานการผลิตรถยนต์ อันดับ 1 ของอาเซียน และเป็นผู้ส่งออกยานยนต์รายใหญ่ระดับ 1 ใน 10 ของโลก (ได้แก่ จีน อินเดีย สหรัฐอเมริกา บราซิล ไทย เยอรมนี ญี่ปุ่น ฝรั่งเศส เม็กซิโก และอินโดนีเซีย) ไทยมีศักยภาพในการผลิตรถยนต์ที่มีความเฉพาะใน 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ รถปิกอัพ รถยนต์ประหยัดพลังงาน (Eco-car) และรถยนต์ขนาดเล็กคุณภาพสูง ซึ่งในส่วนของรถจักรยานยนต์ไทยมีการผลิตเป็นอันดับ 3 รองจากอินโดนีเซีย และเวียดนาม ดังนั้น หากเปิด AEC ซึ่งไทยควรจะรักษาฐานการผลิตขนาดเล็กที่มีคุณภาพสูง ฐานการผลิตรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ และส่งเสริมให้ผู้ประกอบการไทยออกไปตั้งฐานการผลิตยานยนต์ และชิ้นส่วนในอาเซียน ซึ่งบทบาทของ Digital Economy ต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ ก็คือการนำไอซีที และดิจิทัลเทคโนโลยีนวัตกรรมต่าง ๆ เข้ามาเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต การตลาด การทำธุรกรรมต่าง ๆ ให้เป็นไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยเพิ่มมูลค่าของอุตสาหกรรมดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น ทั้งจากรายจ่ายที่ลดได้ และรายได้จากผลิตภาพที่

เพิ่มขึ้น รวมถึงการทำการตลาดผ่านสื่อใหม่ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลให้สามารถแข่งขันในเวทีอาเซียนและเวทีโลกได้

ซึ่งสอดคล้องกับที่ นายพรชัย รุจิประภา รัฐมนตรีว่าการกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ไอซีที) ได้กล่าวไว้ว่า “หาก Digital Economy เกิดขึ้น เชื่อว่าอย่างน้อย ๆ จะสามารถเพิ่มรายได้ให้ได้ประมาณร้อยละ 30 ในแต่ละธุรกิจ จากการช่วยลดค่าใช้จ่าย ผ่านการซื้อขายวัตถุดิบได้ในราคายุติธรรมไปจนถึงสามารถต่อยอดธุรกิจได้” และ ดร.วรารณ สามโกเศศ ประธานกรรมการบริหารสำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (EGA) ได้กล่าวว่า “Digital Economy จะช่วยผู้ผลิตเพราะ Supply ของผู้ผลิตจะสามารถหาได้ง่ายขึ้น และหาได้โดยที่ไม่ต้องมีการผูกขาดเพราะว่ามีแหล่งที่สามารถค้นได้จากอินเทอร์เน็ต ผู้ผลิตสามารถเลือกหา Supply ที่มีคุณภาพดี ราคาถูกได้จากแหล่งก่อนที่จะนำมาสู่การผลิต”

ซึ่งการนำเทคโนโลยีเข้ามาเพิ่มประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ ก็เพื่อที่จะยกระดับฝีมือแรงงาน เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตและรองรับเทคโนโลยียานยนต์ในอนาคตที่จะมีเทคโนโลยีระดับสูงเพิ่มขึ้น ส่งเสริมสนับสนุนให้มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์เพื่อสร้างมูลค่า (Value Creation) ให้เป็นเทคโนโลยีที่ขั้นสูงในระบบดิจิทัล รองรับการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในยุค Internet of Things โดยให้ความสอดคล้องกับแผนแม่บทอุตสาหกรรมยานยนต์ ปี พ.ศ. 2555-2559 ส่งเสริมการพัฒนาาระบบสารสนเทศ และเพื่อเชื่อมโยงอุตสาหกรรมสร้างความมั่นคงทางวัตถุดิบต้นน้ำ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ อีกทั้งยังเพื่อสนับสนุนการขยายตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ โดยเฉพาะเหล็กและโลหะขั้นกลาง ซึ่งเป็นวัตถุดิบต้นน้ำที่สำคัญของอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ แล้วไปถึงการยกระดับโครงสร้างพื้นฐานเพื่อพัฒนาศักยภาพการแข่งขันของผู้ประกอบการอีกด้วย

ดังนั้น จากการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์นั้น บริษัทจะต้องมีการเลือกใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับการทำงานของทางบริษัท ว่าสามารถนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อบริษัท ซึ่งหากนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมแล้วจึงจำเป็นต้องทำการวัดประสิทธิภาพและประเมินเทคโนโลยีว่าสามารถทำให้กระบวนการทำงานภายในองค์กรเป็นได้ตามเป้าหมายที่ทางบริษัทได้ตั้งเป้าหมายไว้ ดังนั้นผู้จัดทำวิจัยจึงสนใจในการศึกษาถึงแนวทางการประเมินวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ โดยการนำเอาหลักการและแนวคิดของ TOPSIS MENTHOD มาใช้ในการประเมินผลและวัดประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยได้กำหนดปัจจัยด้านต้นทุน-กำไร ปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน ปัจจัยด้านคุณภาพและปัจจัยด้านพนักงาน โดยปัจจัยเหล่านี้ถูกประยุกต์มาจากบทความและงานวิจัยเรื่องบทความวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ เรื่อง การใช้เทคโนโลยี ของ Kanokkorn Kumdeang (2558), บทความทรัพยากรทางเทคโนโลยี (Resources) ของสาขาการออกแบบและเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, เอกสารให้ความรู้เรื่องเกณฑ์ประเมินผล Enabler ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัล (2563) และเอกสารงานวิจัยเรื่องการพัฒนาตัวชี้วัดประสิทธิภาพเพื่อเตรียมความพร้อม เข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0

ของสถานประกอบการชั้นนำ ยานยนต์ไทยในระดับ First Tier ของสุภาวีย์ เซาว์พาณิชย์เจริญ และ สถาบันโอบาซานนท์ (2561) เข้ามาใช้ในการประเมินและวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชั้นนำยานยนต์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นงานวิจัยที่ศึกษาถึงแนวทางในการประเมินและวัดประสิทธิภาพของเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชั้นนำยานยนต์ในปัจจุบันนี้มีแนวทางอย่างไร

2. ทบทวนวรรณกรรม

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับ TOPSIS

วิธีการ TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) วิธีการ TOPSIS รู้จักกัน ในนามของวิธีการที่มีความน่าเชื่อถือวิธีการหนึ่งและถือเป็นอีกหนึ่งวิธีในการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์เพื่อค้นหาทางเลือกที่ดีที่สุด โดยมีหลักการสำคัญ คือการพยายามหาทางเลือกที่มีสมรรถนะโดยรวมใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดในแต่ละเกณฑ์รวมทั้งต้องห่างไกล จากค่าที่แย่ที่สุดของแต่ละเกณฑ์เช่นกัน โดยการประยุกต์ใช้ TOPSIS นั้น ผู้วิเคราะห์ต้องให้ค่าน้ำหนัก ความสำคัญกับเกณฑ์ในการตัดสินใจของแต่ละเกณฑ์ (ธีรยุทธ มุลอง, 2561) โดยมีขั้นตอน การวิเคราะห์ดังนี้

1. กำหนดกลุ่มของทางเลือกที่เป็นไปได้
2. กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญ ของแต่ละเกณฑ์ให้อยู่ในช่วง 0-1 โดยเมื่อรวม ค่าถ่วงน้ำหนักของทุกข้อมูลแล้ว ต้องมีค่าเท่ากับ 1
3. ทำข้อมูลคุณลักษณะแต่ละชั้นข้อมูลให้เป็นมาตรฐาน (Standardization) หรือการทำ Normalization ด้วยการปรับข้อมูลของแต่ละเกณฑ์ที่อยู่ในหน่วยที่แตกต่างกันให้มีมาตรฐานเดียวกัน โดยสามารถทำการปรับได้หลายวิธีซึ่งอาจจะให้ผลการคำนวณที่แตกต่างกันออกไป เช่น การแปลงข้อมูลตามสัดส่วน (Proportional transformation) ซึ่งหากการปรับหน่วยนั้น เป็นการใช้กับเกณฑ์เชิง ผลประโยชน์จะต้องมีค่ายิ่งสูงยิ่งดี แต่หากเป็นเกณฑ์เชิงต้นทุนยิ่งมีค่าต่ำยิ่งดีโดยมีสมการในการปรับ ข้อมูลได้ดังสมการ

สมการสำหรับเกณฑ์เชิงผลประโยชน์

$$N_{ij} = \frac{y_{ij}}{y_{j-max}}$$

สมการสำหรับเกณฑ์เชิงต้นทุน

$$N_{ij} = \frac{y_{j-min}}{y_{ij}}$$

โดยที่ $i = 1, 2, \dots, m$ ทางเลือก

$j = 1, 2, \dots, n$ เกณฑ์

n_{ij} คือ ข้อมูลการประเมินผลที่ถูกปรับแล้วของทางเลือกที่ i เกณฑ์ที่ j

y_{ij} คือ ข้อมูลการประเมินผลในหน่วยดั้งเดิมของทางเลือกที่ i เกณฑ์ที่ j

y_{j-max} คือ ข้อมูลการประเมินผลในหน่วยดั้งเดิมที่มีค่ามากที่สุดของเกณฑ์ที่ j

y_{j-min} คือ ข้อมูลการประเมินผลในหน่วยดั้งเดิมที่มีค่าน้อยที่สุดของเกณฑ์ที่ j

4. คุณค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละชั้นข้อมูลกับข้อมูลเรื่องนั้นๆ โดยหลังจากข้อมูลของ ทุกทางเลือกของแต่ละเกณฑ์ถูกปรับค่ามาแล้วให้คุณข้อมูลทั้งหมดนั้นด้วยน้ำหนักความสำคัญของ แต่ละเกณฑ์ดังสมการนี้

$$V_{ij} = W_i \times N_{ij}$$

5. กำหนดค่าสูงสุดที่เป็นค่าในอุดมคติเชิงบวก (Positive ideal solution; PIS) คือ ค่าที่ดีที่สุดในแต่ละเกณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกทั้งหมดที่มีรวมถึงกำหนดค่าต่ำสุดที่เป็นค่า ในอุดมคติเชิงลบ (Negative ideal solution; NIS) คือค่าที่ดีที่สุดในแต่ละเกณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับ ทางเลือกทั้งหมดที่มีซึ่งการกำหนดค่า PIS และ NIS เป็นกำหนดค่าให้กับเกณฑ์ทั้งหมดที่ใช้ในการ ประเมิน โดยมีสมการกำหนดค่า ดังสมการ ดังนี้

$$PIS = \{PIS_1, PIS_2, \dots, PIS_n\}$$

และ

$$NIS = \{NIS_1, NIS_2, \dots, NIS_n\}$$

โดยที่ $PIS_j =$ ค่าที่มากที่สุดของ V_{ij} ทุกตัว ($V_{1j}, V_{2j}, \dots, V_{mj}$)

$PIS_j =$ ค่าที่น้อยที่สุดของ V_{ij} ทุกตัว ($V_{1j}, V_{2j}, \dots, V_{mj}$)

6. คำนวณระยะทางระหว่างค่าอุดมคติเชิงบวก (S_{PIS_i}) และค่าอุดมคติเชิงลบ (S_{NIS_i}) ของแต่ละทางเลือกจากสมการ ดังนี้

$$S_{PIS_i} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - PIS_j)^2}$$

และ

$$S_{NIS_i} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - NIS_j)^2}$$

7. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้เคียงแนวคิดในอุดมคติที่สุด (Closeness Coefficient: CC) ของแต่ละทางเลือกจากสมการดังนี้

$$CC_i = \frac{S_{NIS_i}}{S_{PIS_i} + S_{NIS_i}}$$

8. เรียงลำดับทางเลือกทั้งหมดตามค่า CC_i โดยทางเลือกที่ดีที่สุดคือทางเลือกที่มี ค่า CC_i มากที่สุด

3. การดำเนินงาน

การศึกษา แนวทางการประเมินประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ โดยใช้หลักการ TOPSIS METHOD กรณีศึกษาเขตพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย ก่อนอื่นต้องการกำหนดปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่ใช้ในการประเมินและวัดประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์นั้น เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการศึกษา ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการศึกษารวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้มาซึ่งปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน หลังจากนั้นจึงจัดทำแบบสอบถามเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทำการวินิจฉัย ซึ่งในที่สุดก็จะได้ผลเป็นน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการสรุปผลเรียงลำดับถึงความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่เป็นวิธีในการประเมินและวัดประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรม ขั้นตอนการศึกษาวិธีการประเมินและวัดประสิทธิภาพของใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ มีขั้นตอนดังนี้

บททวนงานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกปัจจัยหลักและปัจจัยรอง และทำการเลือกปัจจัยที่นำมาศึกษา

จากการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดปัจจัยจากบทความและวิจัยต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นบทความวิชาการ เทคโนโลยีสารสนเทศ เรื่อง การใช้เทคโนโลยี ของ Kanokkorn Kumdeang (2558), บทความทรัพยากรทางเทคโนโลยี (Resources) ของสาขาการออกแบบและเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, เอกสารให้ความรู้เรื่องเกณฑ์ประเมินผล Enabler ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัล (2563) และเอกสารงานวิจัยเรื่องการพัฒนาตัวชี้วัดประสิทธิภาพเพื่อเตรียมความพร้อม เข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 ของสถานประกอบการชิ้นส่วน ยานยนต์ไทยในระดับ First Tier ของสุภาวัลย์ เชาวน์พาณิชย์เจริญ และ สถาพร โอภาสานนท์ (2561) จึงทำให้ผู้วิจัยได้นำปัจจัยจากบทความและวิจัยที่ศึกษาข้างต้น มาประยุกต์และเป็นตัวอย่าง

ที่ใช้ในการกำหนดปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่ใช้ในการศึกษาวิธีการประเมินและวัดประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีเข้ามาในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการกำหนดปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่นำมาศึกษาและวิเคราะห์ผล ได้ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 3-3 ตารางแสดงการกำหนดปัจจัยของทางเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อนำมาการศึกษา

| ปัจจัยหลัก | ปัจจัยรอง |
|-------------------------|---|
| ปัจจัยด้านต้นทุน-กำไร | 1. ต้นทุนรวมการปฏิบัติงานลดลง 2. ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นในภาพรวม 3. ส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้น |
| ปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน | 1. การเพิ่มขึ้นของผลผลิตต่อหน่วยเวลา 2. เวลาในการปฏิบัติงานลดลง 3. มีความถูกต้องแม่นยำในกระบวนการปฏิบัติงาน |
| ปัจจัยด้านคุณภาพ | 1. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ 2. คุณภาพกระบวนการทำงาน 3. คุณภาพการตรวจสอบการปฏิบัติงานย้อนกลับ |
| ปัจจัยด้านพนักงาน | 1. ลดความเหนื่อยล้าจากการทำงาน 2. ลดความผิดพลาดในการทำงาน |

เครื่องมือการวิจัย

ผู้ทำวิจัยใช้เครื่องมือที่เป็น แบบสอบถามออนไลน์ Google Form เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมินปัจจัยในแต่ละข้อ โดยแต่ละข้อ ที่สอบถามจะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นตัวแปรการแปลงตัวแปรภาษาของ นิวโตรโซฟิกเซต ซึ่งประยุกต์มาจากวิจัยเรื่องการพัฒนาวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ปรับใหม่เพื่อเลือกที่พักรีสอร์ต ในเขตพัฒนาการท่องเที่ยวอันดามัน ของชัยยา น้อยนารถ (2562) ผู้ทำวิจัยจึงแบ่งเนื้อหาในแบบสอบถามออกเป็นทั้งหมด 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ ชื่อหน่วยงาน ชื่อ-สกุล ตำแหน่ง หน้าที่ความรับผิดชอบ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามแบบตัวเลือกซึ่งให้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้การประเมินลำดับความสำคัญของปัจจัยถูกตั้งขึ้นให้เป็นเกณฑ์ในการศึกษาวิธีการประเมินและวัดประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีภายในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ทำวิจัย จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินทางเลือกโดยหลังจากเก็บข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะนำข้อมูลมาวิเคราะห์เชิงปริมาณทั้งในส่วนของน้ำหนักการให้ความสำคัญ และคะแนนของเกณฑ์แต่ละข้อที่จำแนกตามปัจจัยที่ตั้งไว้ มาทำการวิเคราะห์โดย TOPSIS MENTHOD ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ได้จากการนำผลลัพธ์ในแบบสอบถามมาคำนวณ ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

1. สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจ เมทริกซ์ $D_{m \times x}$ มีขนาด $m \times n$

โดยที่ สมาชิกของเมทริกซ์ x_{ij} หมายถึงระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย i ตามมุมมองของแต่ละปัจจัย j โดยกำหนดให้ $i = 1, \dots, m$ และ $j = 1, \dots, n$ เมทริกซ์การตัดสินใจที่สร้างขึ้นแสดงตามสมการดังต่อไปนี้

$$D_{m \times x} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

2. สร้างนอร์มอลไลซ์เมทริกซ์การตัดสินใจ

ทำการปรับข้อมูลของแต่ละปัจจัยจากหน่วยที่แตกต่างกันให้เป็นหน่วยหรือมาตรฐานเดียวกันโดยในการปรับหน่วยจะแตกต่างกันระหว่างเกณฑ์เชิงผลประโยชน์ (ยิ่งมีค่าสูงยิ่งดี) และเกณฑ์เชิงต้นทุน (ยิ่งมีค่าต่ำยิ่งดี) กำหนดให้ R เป็นนอร์มอลไลซ์เมทริกซ์ หรือเมทริกซ์การปรับข้อมูลปกติและ R_{ij} เป็นสมาชิก ของเมทริกซ์ซึ่งนอร์มอลไลซ์เมทริกซ์ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$R = [r_{ij}]_{m \times x}, r_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x^2_{ij}}} \text{ เมื่อ } i = 1, 2, \dots, m \text{ และ } j = 1, 2, \dots, n$$

3. สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจถ่วงน้ำหนัก

กำหนดให้ w_j เป็นน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย j จากนั้นนำน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยคูณกับข้อมูลในแต่ละสมรรถกตั้งนั้นเมทริกซ์การตัดสินใจถ่วงน้ำหนัก (v) และสมาชิกของเมทริกซ์ (v_{ij}) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V = [v_{ij}]_{m \times x}, v_{ij} = w_r \times r_{ij}$$

4. กำหนดค่าอุดมคติเชิงบวกและเชิงลบ

การหาค่าอุดมคติเชิงบวก (positive ideal solution, PIS or A^+) และค่าอุดมคติเชิงลบ (negative ideal solution, NIS or A^-) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) \text{ และ } A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-)$$

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

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

เมื่อ J^+ และ J^- เป็นเกณฑ์เชิงผลประโยชน์และ เกณฑ์เชิงต้นทุน (criterion benefit and cost)

ตามลำดับ

5. คำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิง บวกและเชิงลบของแต่ละทางเลือก

1.1 ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวก สามารถคำนวณ โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_j^+ - v_{ij})^2}, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

1.2 ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบ สามารถคำนวณ โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_j^- - v_{ij})^2}, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

6. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้ค่าอุดมคติที่สุด (Closeness Coefficient weight: ccw_i^*) คำนวณค่า ccw_i^* ของแต่ละทางเลือกโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$ccw_i = \frac{S_i^-}{(S_i^- + S_i^+)}, 0 \leq ccw_i \leq 1$$

จากนั้นจัดลำดับของทางเลือกตามค่า ccw_i ทางเลือก ที่เหมาะสมที่สุดจะมีค่า ccw_i มากที่สุด หรือ ccw_i^* ส่วน ทางเลือกที่มีค่า ccw_i น้อยกว่าจะมีความเหมาะสมน้อยกว่า

4. ผลการศึกษา

การคำนวณครั้งนี้เป็นการศึกษาว่า ปัจจัยใดที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพและประเมินการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ มากที่สุดและในปัจจัยนั้นๆ มีปัจจัยรองใดที่มักถูกใช้ในการวัดและประเมินประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมนี้ได้ โดยการคำนวณนั้นใช้วิธีการคำนวณตามแนวคิด TOPSIS MENTHOD ซึ่งมีข้อมูลที่สรุปจากแบบสอบถามเพื่อใช้ในการคำนวณได้ดังนี้

คำนวณหาค่าเฉลี่ยของระดับความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

ปัจจัยด้านต้นทุน-กำไร

- ต้นทุนรวมการปฏิบัติงานลดลง 9.13
- ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นในภาพรวม 8.75
- ส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้น 9.63

ปัจจัยด้านปฏิบัติงาน

- การเพิ่มขึ้นของผลผลิตต่อหน่วยเวลา 9.88
- เวลาในการปฏิบัติงานลดลง 9.75
- มีความถูกต้องแม่นยำในกระบวนการปฏิบัติงาน 9.75

ปัจจัยด้านคุณภาพ

- คุณภาพของผลิตภัณฑ์ 9.63
- คุณภาพกระบวนการทำงาน 9.63
- คุณภาพการตรวจสอบการปฏิบัติงานย้อนกลับ 8.88

ปัจจัยด้านพนักงาน

- ลดความเหนื่อยล้าจากการทำงาน 9.50
- ลดความผิดพลาดในการทำงาน 9.63

คำนวณหาค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

ปัจจัยด้านต้นทุน-กำไร

- ต้นทุนรวมการปฏิบัติงานลดลง 0.33
- ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นในภาพรวม 0.32
- ส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้น 0.35

ปัจจัยด้านปฏิบัติงาน

- การเพิ่มขึ้นของผลผลิตต่อหน่วยเวลา 0.34

- เวลาในการปฏิบัติงานลดลง 0.33
- มีความถูกต้องแม่นยำในกระบวนการปฏิบัติงาน 0.33

ปัจจัยด้านพนักงาน

- ลดความเหนื่อยล้าจากการทำงาน 0.50
- ลดความผิดพลาดในการทำงาน 0.50

สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจ

$$D_{m \times x} = \begin{bmatrix} 9.13 & 8.75 & 9.63 \\ 9.88 & 9.75 & 9.75 \\ 9.63 & 9.63 & 8.88 \\ 9.50 & & 9.63 \end{bmatrix}$$

สร้างนอร์มอลไลซ์เมทริกซ์การตัดสินใจ

จากสูตร $\sqrt{\sum_{i=1}^m x^2_{ij}}$ จะได้

$$B = \sqrt{9.13^2 + 9.88^2 + 9.63^2 + 9.5^2} = 19.08$$

$$C = \sqrt{8.75^2 + 9.75^2 + 9.63^2 + 9.63^2} = 18.90$$

$$D = \sqrt{9.63^2 + 9.75^2 + 8.88^2} = 16.33$$

จากสูตร $\frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x^2_{ij}}}$ จะได้ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 1 ตารางการคำนวณหาค่านอร์มอลไลซ์เมทริกซ์การตัดสินใจ

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญของปัจจัย | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|
| ปัจจัยด้านต้นทุน-กำไร | ต้นทุนรวมการปฏิบัติงานลดลง | ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นในภาพรวม | ส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้น |
| | 9.13/19.08=0.48 | 8.75/18.90=0.46 | 9.63/16.33=0.59 |
| ปัจจัยด้านปฏิบัติงาน | การเพิ่มขึ้นของผลผลิตต่อหน่วยเวลา | เวลาในการปฏิบัติงานลดลง | มีความถูกต้องแม่นยำในกระบวนการปฏิบัติงาน |
| | 9.88/19.08=0.52 | 9.75/18.90=0.52 | 9.75/16.33=0.60 |
| ปัจจัยด้านคุณภาพ | คุณภาพของผลิตภัณฑ์ | คุณภาพกระบวนการทำงาน | คุณภาพการตรวจสอบการปฏิบัติงานย้อนกลับ |
| | 9.63/19.08=0.50 | 9.63/18.90=0.51 | 8.88/16.33=0.54 |
| ปัจจัยด้านพนักงาน | ลดความเหนื่อยล้าจากการทำงาน | ลดความผิดพลาดในการทำงาน | |
| | 9.5/19.08=0.50 | 9.63/18.90=0.51 | |

สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจถ่วงน้ำหนัก โดยใช้สูตร $v_{ij} = w_r \times r_{ij}$

ตารางที่ 2 ตารางแสดงการคำนวณเมทริกซ์การตัดสินใจถ่วงน้ำหนัก

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญของปัจจัย | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|
| ปัจจัยด้านต้นทุน-กำไร | ต้นทุนรวมการปฏิบัติงานลดลง | ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นในภาพรวม | ส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้น |
| | 0.33*0.48=0.16 | 0.32*0.46=0.15 | 0.35*0.59=0.21 |
| ปัจจัยด้านปฏิบัติงาน | การเพิ่มขึ้นของผลผลิตต่อหน่วยเวลา | เวลาในการปฏิบัติงานลดลง | มีความถูกต้องแม่นยำในกระบวนการปฏิบัติงาน |
| | 0.34*0.52=0.17 | 0.33*0.52=0.17 | 0.33*0.60=0.20 |
| ปัจจัยด้านคุณภาพ | คุณภาพของผลิตภัณฑ์ | คุณภาพกระบวนการทำงาน | คุณภาพการตรวจสอบการปฏิบัติงานย้อนกลับ |
| | 0.34*0.50=0.17 | 0.34*0.51=0.17 | 0.32*0.54=0.17 |
| ปัจจัยด้านพนักงาน | ลดความเหนื่อยล้าจากการทำงาน | ลดความผิดพลาดในการทำงาน | |
| | 0.5*0.50=0.25 | 0.5*0.51=0.26 | |

กำหนดค่าอุดมคติเชิงบวกและเชิงลบ

โดยคำนวณจากสมการ $A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+)$ และ $A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-)$

ตารางที่ 3 ตารางแสดงค่าอุดมคติเชิงบวกและเชิงลบ

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญของปัจจัย | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|
| ปัจจัยด้านต้นทุน-กำไร | ต้นทุนรวมการปฏิบัติงานลดลง | ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นในภาพรวม | ส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้น |
| | 0.16 | 0.15 | 0.21 |
| ปัจจัยด้านปฏิบัติงาน | การเพิ่มขึ้นของผลผลิตต่อหน่วยเวลา | เวลาในการปฏิบัติงานลดลง | มีความถูกต้องแม่นยำในกระบวนการปฏิบัติงาน |
| | 0.17 | 0.17 | 0.20 |
| ปัจจัยด้านคุณภาพ | คุณภาพของผลิตภัณฑ์ | คุณภาพกระบวนการทำงาน | คุณภาพการตรวจสอบการปฏิบัติงานย้อนกลับ |
| | 0.17 | 0.17 | 0.17 |
| ปัจจัยด้านพนักงาน | ลดความเหนื่อยล้าจากการทำงาน | ลดความผิดพลาดในการทำงาน | |
| | 0.25 | 0.26 | |

ตารางที่ 3 ตารางแสดงค่าอุดมคติเชิงบวกและเชิงลบ (ต่อ)

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญของปัจจัย | | |
|-------------------------|----------------------------------|------|------|
| Ideal best (v_j^+) | 0.25 | 0.26 | 0.21 |
| Ideal worst (v_j^-) | 0.16 | 0.15 | 0.17 |

คำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิง บวกและเชิงลบของแต่ละทางเลือก ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวก สามารถคำนวณโดย โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_j^+ - v_{ij})^2}$$

จะได้

$$S_1^+ = \sqrt{(0.16 - 0.25)^2 + (0.15 - 0.26)^2 + (0.21 - 0.21)^2} = 0.14$$

$$S_2^+ = \sqrt{(0.17 - 0.25)^2 + (0.17 - 0.26)^2 + (0.20 - 0.21)^2} = 0.11$$

$$S_3^+ = \sqrt{(0.17 - 0.25)^2 + (0.17 - 0.26)^2 + (0.17 - 0.21)^2} = 0.12$$

$$S_4^+ = \sqrt{(0.25 - 0.25)^2 + (0.26 - 0.26)^2} = 0.00$$

ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบ สามารถคำนวณโดยอ้างอิงค่าข้อมูล โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_j^- - v_{ij})^2}$$

จะได้

$$S_1^- = \sqrt{(0.16 - 0.16)^2 + (0.15 - 0.15)^2 + (0.21 - 0.17)^2} = 0.03$$

$$S_2^- = \sqrt{(0.17 - 0.16)^2 + (0.17 - 0.15)^2 + (0.20 - 0.17)^2} = 0.04$$

$$S_3^- = \sqrt{(0.17 - 0.16)^2 + (0.17 - 0.15)^2 + (0.17 - 0.17)^2} = 0.03$$

$$S_4^- = \sqrt{(0.25 - 0.16)^2 + (0.26 - 0.15)^2} = 0.14$$

คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้ค่าอุดมคติที่สุด โดยใช้สูตร $ccw_i = \frac{S_i^-}{(S_i^- + S_i^+)}$

$$ccw_1 = \frac{0.03}{(0.03 + 0.14)} = 0.20$$

$$ccw_2 = \frac{0.04}{(0.04 + 0.11)} = 0.26$$

$$ccw_3 = \frac{0.03}{(0.03 + 0.12)} = 0.21$$

$$ccw_4 = \frac{0.14}{(0.14 + 0.00)} = 1$$

5. สรุปผลการดำเนินงาน

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่มักใช้ในการประเมินและวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งทางผู้จัดทำวิจัยได้ทำการกำหนดปัจจัยที่ใช้ศึกษาขึ้นมาทั้งหมด 4 ปัจจัยหลัก และ 11 ปัจจัยรอง และจากการนำค่าของข้อมูลของแต่ละปัจจัยมาคำนวณตามขั้นตอนของ TOPSIS MENTHOD แล้วนั้น พบว่าในแต่ละปัจจัยนั้นมีค่าความสำคัญดังนี้คือดังนี้ คือ ปัจจัยด้านพนักงานมีค่าความสำคัญจากคำนวณเท่ากับ 1 ปัจจัยด้านการปฏิบัติงานมีค่าความสำคัญจากคำนวณเท่ากับ 0.26 ปัจจัยด้านคุณภาพมีค่าความสำคัญจากคำนวณเท่ากับ 0.21 ปัจจัยด้านต้นทุน-กำไรมีค่าความสำคัญจากคำนวณเท่ากับ 0.20 ตามลำดับ

ดังนั้นจากการศึกษาวิธีการประเมินและวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งได้นำ TOPSIS MENTHOD เข้ามาใช้ในการวิเคราะห์ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่เหมาะสมต่อนำมาใช้ในการประเมินและวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์มากที่สุดจากการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้ค่าอุดมคติที่สุดคือ ปัจจัยด้านพนักงานซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้ค่าอุดมคติที่สุดเท่ากับ 1 และปัจจัยที่เหมาะสมต่อนำมาใช้ในการประเมินและวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์น้อยที่สุดจากการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้ค่าอุดมคติที่สุดคือ ปัจจัยด้านต้นทุน-กำไรซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้ค่าอุดมคติที่สุดเท่ากับ 0.20

อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาวิธีการประเมินและวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์จากการใช้ TOPSIS MENTHOD เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ในแต่ละปัจจัยนั้น ผลสรุปจากการศึกษาในครั้งนี้คือการที่จะนำปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเข้ามาใช้ในการวิเคราะห์ต้องหาข้อมูลแหล่งอ้างอิงที่เชื่อถือได้ สอดคล้องกับการศึกษาของวิจัยด้วย ไม่สามารถคิดขึ้นมาเองได้เนื่องจากอาจทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ มีความแม่นยำและครอบคลุมต่องานวิจัยที่ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษา

งานวิจัยเรื่องการศึกษาวิธีการประเมินและวัดประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ โดยใช้ TOPSIS MENTHOD เข้ามาวิเคราะห์ ซึ่งงานวิจัยเรื่องนี้เหมาะแก่การนำไปใช้ในบริษัทที่มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ภายในองค์กร เนื่องมาจากสามารถใช้วิจัยนี้เป็นวิจัยตัวอย่างที่ใช้ในการดัดแปลงเพื่อประเมินและวัดประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีภายในองค์กร ว่าการใช้เทคโนโลยีภายในองค์กรนั้นเพิ่มประสิทธิภาพด้านใดบ้างขององค์กร ทำให้การทำงานขององค์กรเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้นหรือเท่าเดิม นอกเหนือจากบริษัทที่มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ภายในองค์กรแล้วยังสามารถนำงานวิจัยเรื่องนี้ไปตัวอย่างในการวิเคราะห์หาผลต่างๆ ที่ต้องการทราบถึงความสำคัญ ความคุ้มค่า อาทิเช่นการนำเอาเป็นตัวอย่างสำหรับการหาว่าซัพพายเออร์เจ้าในใดทำให้ต้นทุนการผลิตสินค้าถูกที่สุดหรือคุ้มทุนมากที่สุด เป็นต้น

แต่เนื่องด้วยวิจัยเรื่องนี้เป็นเพียงการศึกษาถึงปัจจัยบางส่วนเท่านั้นที่นำมาวิเคราะห์ผลการศึกษา ดังนั้นจึงถือได้ว่ายังมีข้อเสียอยู่ หากจะนำวิจัยเรื่องนี้ไปใช้ต่อต้องทำการปรับปรุงในเรื่องปัจจัย ต้องมีการเพิ่มปัจจัยมากกว่านี้และต้องควบคุมเจาะจงในเรื่องนั้น ๆ ที่จะทำการศึกษา

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการสหกิจศึกษานี้จะสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิภาพรณ อนันต์พลศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้องตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่อย่างดียิ่งเสมอมา ส่งผลให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

และผู้ทรงคุณวุฒิที่ร่วมตอบแบบสอบถาม ส่งผลให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

7. เอกสารอ้างอิง

- ชัยยา น้อยนารถ. (2562). การพัฒนาวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ปรับใหม่เพื่อเลือกที่พักโฮมสเตย์ในเขตพัฒนาการท่องเที่ยวอันดามัน. (ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญาวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, มหาวิทยาลัยบูรพา).
- ธีรยุทธ มุเล็ง. (2561). การตัดสินใจเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าเกษตรในจังหวัดยะลาด้วยวิธี FUZZY TOPSIS LOCATION DECISION-MAKING OF AGRICULTURAL DISTRIBUTION CENTER IN YALA PROVINCE WITH FUZZY TOPSIS METHOD. (วิทยานิพนธ์-วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, มหาวิทยาลัยศรีปทุม).
- นิธิเดช คุณาทองสัมฤทธิ์. (2560). การเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมโดยการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 11(1), 142.
- ศศมน มั่นทะเลและชริกา คันธา. (2562). การหาเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการคัดเลือกสถานที่สำหรับสร้างสถานีขนถ่ายมูลฝอยย่อย โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ ลำดับชั้น. วารสารพัฒนาสังคม, 22(2), 170-174.
- สาขาการออกแบบและเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. บทความทรัพยากรทางเทคโนโลยี (Resources). [เว็บไซต์]. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2564. จาก <http://designtechnology.ipst.ac.th>.
- สุภาวัลย์ เชาวน์พาณิชย์เจริญและสถาพร โอภาสานนท์. (2561). การพัฒนาตัวชี้วัดประสิทธิภาพเพื่อเตรียม

ความพร้อมเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 ของสถานประกอบการชิ้นส่วน ยานยนต์ไทยในระดับ First Tier. จุฬาลงกรณ์ธุรกิจปริทัศน์, 41(161), 23.

อภิรดี สรวีสูตร.(2559).การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์: เปรียบเทียบแนวคิดและวิธีการระหว่าง SAW AHP และ TOPSIS. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 8(2), 85-89.

Digital Economy กับอุตสาหกรรมยานยนต์. (2558). [เว็บไซต์]. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2564. จาก <http://www.thaiauto.or.th>

Paphatsorn Boonsut. (2558). การใช้เทคโนโลยีในระดับประเทศหรือผู้ประกอบการ. [เว็บไซต์]. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2564. จาก <https://praphatsornnongben.wixsite.com>.

Tris corporation. (2563). เกณฑ์ประเมินผล Enabler ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัล. สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2564. จาก <http://wise.co.th/wise/References>.

VEF GROUP. (2560). เทคโนโลยีสารสนเทศในอุตสาหกรรม4.0. [เว็บไซต์]. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2564. จาก <http://xn--40-lqi9evcla7cjr1dyd.com/page22.html>.

Wanna Yongpisanphob. (2563). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมปี 2563-65: อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์. [บทความ]. สืบค้นเมื่อ 2 กรกฎาคม 2564. จาก <https://www.krungsri.com>.