

กรอบแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน ของผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

อภิญญา วิสุทธิวัฒน์ *, อภิชาติ โสภางค์

หน่วยวิจัยการจัดการห่วงโซ่อุปทานและวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทร 0-5394-4125 โทรสาร 0-5394-4185 E-mail *a_imm@hotmail.com

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย จากการศึกษาห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์พบว่ามีความเสี่ยงที่เกิดจากความไม่แน่นอนเป็นจำนวนมากแล้วทำให้เกิดความเสี่ยงขึ้นในห่วงโซ่อุปทาน ทำให้ระบบเกิดการชะงักหรือความล่าช้าในการรับปัจจัยการผลิตและส่งผลกระทบต่อต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานจึงมีความสำคัญ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกรอบแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย โดยได้บูรณาการแนวคิดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสร้างกรอบแนวคิดซึ่งประกอบด้วยปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานทั้งหมด 33 ปัจจัย ครอบคลุมตามแหล่งความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทานทั้ง 5 ด้าน คือ ด้านวัตถุดิบ ด้านกระบวนการผลิต ด้านระบบควบคุม ด้านความต้องการ และด้านสิ่งแวดล้อมภายนอก และกิจกรรมต่างๆ ในห่วงโซ่อุปทานทั้ง 9 กิจกรรม คือ การนำวัตถุดิบเข้า การผลิต การส่งผลิตภัณฑ์ออก การตลาดและการขาย การให้บริการ โครงสร้างพื้นฐานของบริษัท การจัดการทรัพยากรมนุษย์ การพัฒนาเทคโนโลยี และการจัดซื้อจัดหา ซึ่งกรอบแนวคิดนี้เป็นแนวคิดใหม่สำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานและอาจเป็นแนวทางให้กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ได้ตระหนักถึงความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: กรอบแนวคิด; ความเสี่ยง; ความไม่แน่นอน; ห่วงโซ่อุปทาน; อุตสาหกรรมยานยนต์

1. ที่มาและความสำคัญ

องค์กรธุรกิจในปัจจุบันต้องเผชิญกับสภาวะการแข่งขันที่สูงและถูกผลักดันให้มีการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในห่วงโซ่อุปทาน โดยเฉพาะอุตสาหกรรมยานยนต์มีการปรับปรุงและพัฒนาอยู่ตลอดเวลาและมีความเกี่ยวเนื่องกับหลายองค์กรตั้งแต่ธุรกิจระดับต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ จึงมีผู้ประกอบการเป็นจำนวนมากตั้งฐานการผลิตในประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยมีผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ประมาณ 1,815 ราย โดยแบ่งเป็นผู้ผลิตลำดับที่หนึ่งจำนวน 709 ราย และผู้ผลิตชิ้นส่วนย่อยจำนวน 1,106 ราย [2]

จากการศึกษาห่วงโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมยานยนต์ พบว่ามีปัญหาที่เกิดจากความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทานเป็นจำนวนมาก เช่น ปัญหาจากผู้ส่งมอบ ปัญหาคุณภาพ และปัญหาจากเหตุการณ์ต่างๆ เช่น การย้ายฐานการผลิต การลดอัตราภาษีการนำเข้าชิ้นส่วนให้เหลือ 0% ตามกรอบเขตการค้าเสรีอาเซียน ปัญหาการเรียกคืนรถ และปัญหาวิกฤตเศรษฐกิจโลกตกต่ำเมื่อปี 2552 ทำให้ปริมาณการผลิตรถยนต์ลดลงถึง 28%

[3] จากเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้หลายบริษัทต้องปิดกิจการชั่วคราวและปลดพนักงานออกเป็นจำนวนมาก ทำให้ส่งผลกระทบต่อผู้ผลิตชิ้นส่วนลำดับถัดไปในห่วงโซ่อุปทานด้วย เนื่องจากไม่มีคำสั่งซื้อชิ้นส่วนจากโรงงานประกอบยานยนต์ ซึ่งความไม่แน่นอนเหล่านี้ทำให้การวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานเป็นสิ่งสำคัญ เพราะช่วยบรรเทาผลกระทบและช่วยจัดการความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสร้างกรอบแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันหรือลดความเสี่ยงและความสูญเสียต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทาน

2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายโครงสร้างและที่มาของกรอบแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

2.1. ห่วงโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมยานยนต์

อุตสาหกรรมยานยนต์ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่พยายามปรับปรุงห่วงโซ่อุปทานอยู่ตลอดเวลาเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าและมีผู้ส่งมอบเป็นจำนวนมากและหลากหลายธุรกิจมาเกี่ยวเนื่องกัน [13] นอกจากนั้นการสนับสนุนกิจกรรมต่างๆ เช่น โลกาภิวัตน์ (Globalization) ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ (Product Variants) การจ้างผู้ผลิตช่วงต่อ (Outsourcing) การลดจำนวนผู้ส่งมอบ (Reduction of Suppliers) เป็นการเพิ่มความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์อีกด้วย [12] โดยเฉพาะอุตสาหกรรมยานยนต์มักใช้ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนมีสินค้าคงคลังอยู่ในระดับต่ำเพื่อให้ความร่วมมือกับลูกค้า ส่งผลให้มีความไม่แน่นอนและความเสี่ยงสูงที่จะก่อให้เกิดผลกระทบในห่วงโซ่อุปทาน

2.2. ห่วงโซ่คุณค่า (Value Chain)

ห่วงโซ่คุณค่า หมายถึง กิจกรรมที่มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกันเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับธุรกิจทั้งภายในและภายนอกองค์กร ประกอบด้วย 9 กิจกรรม คือ การนำวัตถุดิบเข้า การผลิต การส่งผลิตภัณฑ์ออก การตลาดและการขาย การให้บริการ ซึ่งเป็นกิจกรรมหลักขององค์กร สำหรับโครงสร้างพื้นฐานของบริษัท การจัดการทรัพยากรมนุษย์ การพัฒนาเทคโนโลยี และการจัดซื้อจัดหา เป็นกิจกรรมสนับสนุนขององค์กร โดยกิจกรรมเหล่านี้ถูกนำมาเชื่อมโยงกันเพื่อสร้างคุณค่าจากวัตถุดิบไปยังผู้ผลิตและผ่านไปยังผู้บริโภคคนสุดท้าย [11] และมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับลูกค้าขององค์กร เช่น ผู้แทนจำหน่ายชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ ใช้ระบบสารสนเทศในการจัดห่วงโซ่คุณค่าและใช้การจัดการคลังวัตถุดิบแบบ Just-in-time (JIT) เพื่อลดต้นทุนในการส่งชิ้นส่วนไปยังบริษัทลูกค้า ซึ่งผลจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในห่วงโซ่คุณค่าย่อมก่อให้เกิดความเสี่ยงขึ้นในห่วงโซ่อุปทาน

2.3. ปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน

งานวิจัยที่ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน อาทิเช่น มีการสร้างแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานขาเข้า โดยระบุปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานเพื่อจัดทำโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของผู้ส่งสินค้าและพบว่าปัจจัยเรื่องของราคาสินค้า คุณภาพของสินค้า การจัดส่งตรงเวลา และความต่อเนื่องในการจัดส่งสินค้า เป็นปัจจัยอันดับต้นๆ ที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานมากที่สุด [15] และมีการคัดเลือกผู้ส่งมอบโดยประเมินความเสี่ยงจากความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งพบว่าปัจจัยด้านราคาและคุณภาพสินค้านี้มีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานมากที่สุด [16] และงานวิจัยที่ศึกษาการจัดการความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ประเทศเยอรมนี พบว่าการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการเพิ่มกิจกรรมต่างๆ ในองค์กร เช่น การเพิ่มความหลากหลายของสินค้า การลดจำนวนผู้

ส่งมอบ การสรรหาผู้ส่งมอบจากทั่วโลก การคัดเลือกผู้ส่งมอบ การรวมศูนย์กระจายสินค้าและการรวมศูนย์การผลิต เป็นแรงผลักดันให้ห่วงโซ่อุปทานมีความเสี่ยงมากยิ่งขึ้นและพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงที่มีโอกาสเกิดขึ้นมากและส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานรุนแรงที่สุด คือ ผู้ส่งมอบไม่มีประสิทธิภาพ ปัญหาคุณภาพ และราคาที่สูงขึ้น เป็นต้น [12] และมีการสร้างแบบจำลองสำหรับวัดประสิทธิภาพของผู้ส่งมอบโดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน เช่น ภัยพิบัติทางธรรมชาติ การก่อการร้าย โรคระบาด ราคาวัตถุดิบ การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิต การเปลี่ยนแปลงความต้องการด้านปริมาณ การเปลี่ยนรูปแบบของสินค้า การประท้วงของพนักงาน เป็นต้น ถัดมาคือศึกษาความสัมพันธ์ของสมาชิกในห่วงโซ่อุปทานภายใต้ความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทาน โดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยง คือ ความยืดหยุ่นของผู้ส่งมอบ ความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากผู้ส่งมอบ เวลานำในการผลิต คุณภาพสินค้า การเปลี่ยนแปลงนวัตกรรมของการผลิต การเปลี่ยนแปลงคำสั่งซื้อและเวลานำ ลูกค้าต้องการความยืดหยุ่นสูง ความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากลูกค้า การแปลงรูปแบบของสินค้า และนโยบายของรัฐบาล เป็นต้น [6] นอกจากนี้มีการประเมินความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน และพบว่ามีปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยง เช่น ความล่าช้าในการส่งมอบ ผู้ส่งมอบเลิกกิจการ คุณภาพของผู้ส่งมอบ ขาดแคลนวัตถุดิบ เครื่องจักรเสีย ความผิดพลาดของพนักงาน ขาดแคลนพนักงานในการผลิต การก่อการร้าย และปัญหาการจราจรระหว่างขนส่งสินค้า เป็นต้น [10]



รูปที่ 1: แสดงปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานได้ทั้งหมด 33 ปัจจัยได้ดังรูปที่ 1

2.4. แหล่งความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทาน

งานวิจัยเกี่ยวกับแหล่งความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทาน เช่น การศึกษาขอบเขตความไม่แน่นอนจากระบบการขนส่งและความยืดหยุ่นทางด้านโลจิสติกส์ โดยพัฒนาแบบจำลองจากสามเหลี่ยมทางโลจิสติกส์และ

แหล่งความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทาน 5 แหล่ง คือ ผู้ส่งสินค้า, ลูกค้า, ระบบควบคุม, ขั้นตอนและการเตรียมการผลิต และปัจจัยอื่นๆภายนอก [17] และมีการวัดค่าความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพิจารณาภายใต้เงื่อนไขจากแหล่งความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทาน คือ การจัดหาวัตถุดิบ, กระบวนการผลิตและการกระจายสินค้า, ความต้องการของลูกค้า, การควบคุมและสิ่งแวดล้อมต่างๆ [7] และงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนการผลิตภายใต้ความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์เพื่อให้เกิดต้นทุนที่น้อยที่สุดภายใต้เงื่อนไขของความไม่แน่นอนด้านการจัดหาวัตถุดิบ, ความต้องการของลูกค้า และกระบวนการผลิต [8] และงานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในห่วงโซ่อุปทานเดียวกันของอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศไทยภายใต้ความไม่แน่นอนด้านต่างๆ และได้ศึกษาแหล่งความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทานทั้งหมด 3 ด้าน คือ ด้านการจัดหาวัตถุดิบ, ด้านลูกค้าและด้านเทคโนโลยี และมีการสร้างแนวคิดเพื่อประเมินความเสี่ยงภายใต้ความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทาน โดยได้ศึกษาความไม่แน่นอนจากความไม่แน่นอนของลูกค้าและตลาด, ความไม่แน่นอนของเทคโนโลยี และความไม่แน่นอนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก [6] นอกจากนี้มีการประเมินความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานของโรงงานอุตสาหกรรม โดยศึกษาปัจจัยความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทานจากแหล่งความไม่แน่นอนต่างๆ ทั้งหมด 4 ด้าน คือ ผู้ส่งสินค้า, การขนส่งขาเข้าและขาออก, ระบบการผลิต และลูกค้า [10] จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับแหล่งความไม่แน่นอน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: แสดงแหล่งความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทาน

ผู้ศึกษา	แหล่งความไม่แน่นอน
Vasco Sanchez Rodrigues, et al., 2007	ผู้ส่งสินค้า, ลูกค้า, ระบบการควบคุม, ขั้นตอนและการเตรียมการผลิต และปัจจัยอื่นๆภายนอก
David Bogataj and Marija Bogataj, 2007	การจัดหาวัตถุดิบ, กระบวนการผลิตและการกระจายสินค้า, ความต้องการของลูกค้า, การควบคุม และสิ่งแวดล้อมต่างๆ
David Peidro, et al., 2009	การจัดหาวัตถุดิบ, ความต้องการของลูกค้า และกระบวนการผลิต
Chee Yew Wong and Sakun Boon-itt, 2008	จัดหาวัตถุดิบ, ลูกค้า และเทคโนโลยี
Peter Trkman and Kevin McCormack, 2009	ลูกค้าและตลาด, เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมภายนอก
Gonca Tuncel and Gulgun Alpan, 2009	ผู้ส่งสินค้า, การขนส่งขาเข้าและขาออก, ระบบการผลิต และลูกค้า

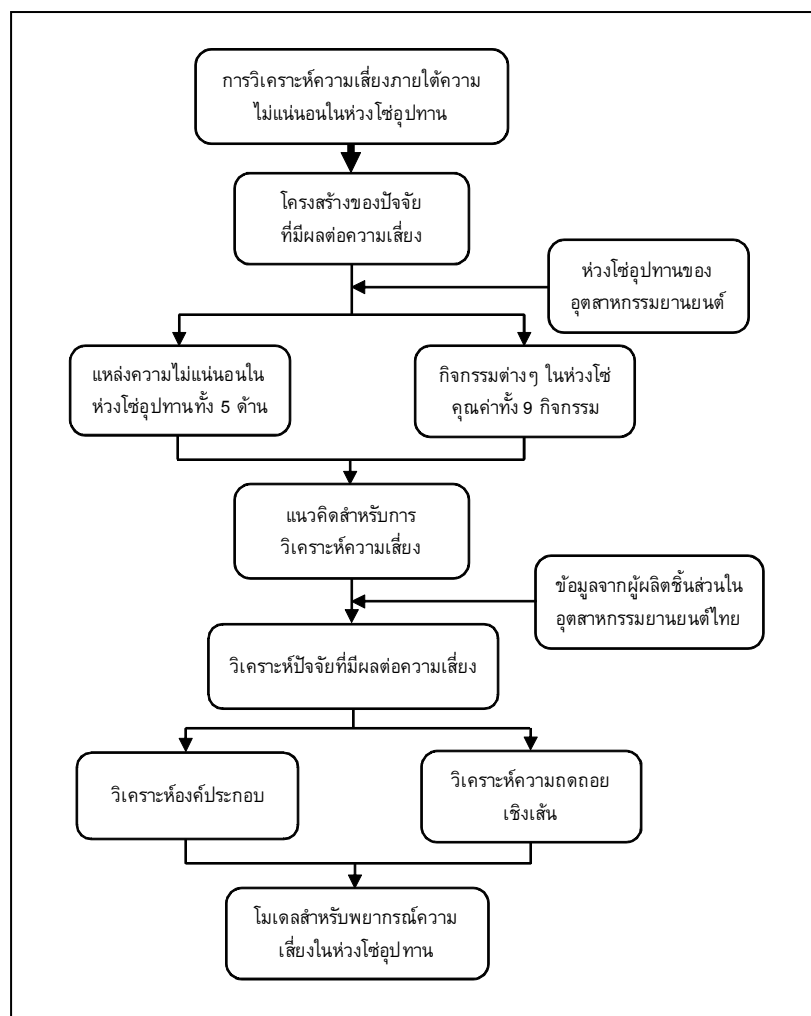
2.5. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ส่วนแรกจะเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบของปัจจัย (Factor Analysis) และส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้น ซึ่งอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

2.5.1. การวิเคราะห์องค์ประกอบของปัจจัย (Factor Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนปัจจัยและจัดกลุ่มปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบนี้มีสถิติที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) ค่า KMO (Kaiser –Meyer–Olkin) การสกัดปัจจัย (Factor Extraction) และค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) เป็นต้น ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ของปัจจัยทำให้ได้ปัจจัยใหม่ที่มีจำนวนน้อยกว่า และสามารถนำไปเป็นตัวแทนของปัจจัยเก่าทั้งหมด สำหรับการวิเคราะห์ขั้นต่อไปได้ ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น การศึกษาความเสี่ยงของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินในประเทศไทย ทำให้ทราบว่าตัวแปรใดที่มีผลต่อความเสี่ยงของโครงการมากที่สุด [14] และมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของสมาชิกในห่วงโซ่อุปทานกับประสิทธิภาพในห่วงโซ่อุปทานภายใต้ความไม่แน่นอนของสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยใช้เทคนิควิเคราะห์องค์ประกอบในการจัดกลุ่มของตัวแปรก่อนที่นำไปใช้ทดสอบสมมุติฐานที่ตั้งขึ้น [5] นอกจากนี้ยังมีการนำเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบมาประยุกต์ใช้ในการหาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์ของหัตถกรรมอุตสาหกรรมไทยอีกด้วย [1]



รูปที่ 2: แสดงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.5.2. การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์ความถดถอยด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ เพื่อสร้างโมเดลพยากรณ์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน ดังสมการที่ 1

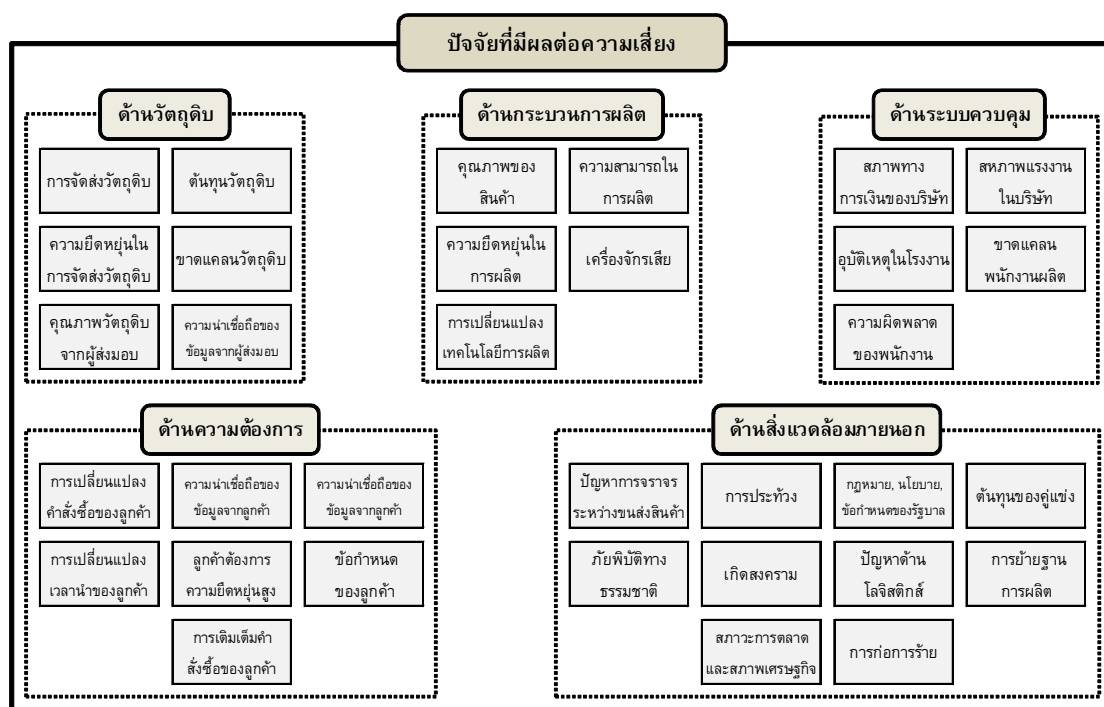
$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + e \quad (1)$$

โดย $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ คือ ค่าคงที่ และสามารถหาได้จากการแทนค่า $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ ในสมการ ทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ และทราบว่าปัจจัยใดมีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น การหาความสัมพันธ์ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นของปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์ของหัตถกรรมอุตสาหกรรมไทย ทำให้ได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของต้นทุนในด้านต่างๆ [1] และการนำเทคนิคการวิเคราะห์ความถดถอยไปประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์อัตราการใช้ไฟฟ้าในอนาคตของประเทศอิตาลี [18]

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์ได้ดังรูปที่ 2

3. กรอบแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน

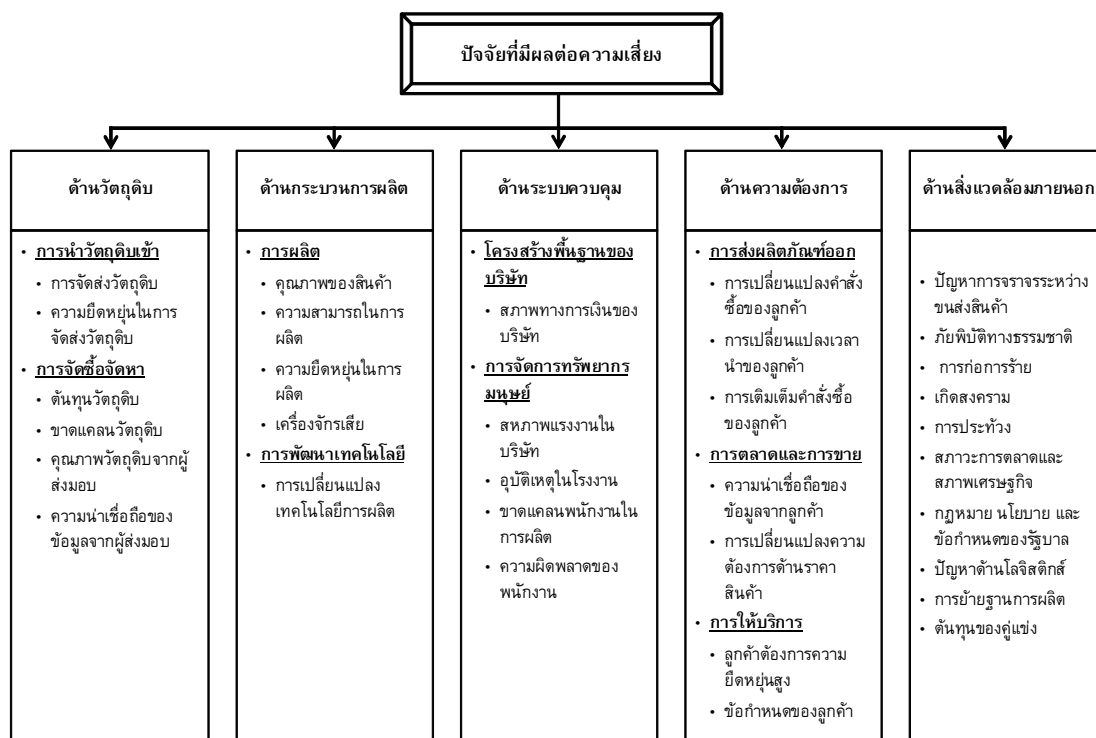
การสร้างกรอบแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานเริ่มจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยพบว่าแหล่งความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทานเกิดจากสมาชิกในห่วงโซ่อุปทาน และส่วนที่เกี่ยวข้องกับห่วงโซ่อุปทาน คือ ผู้ส่งมอบ โรงงานผู้ผลิต ลูกค้า และสิ่งแวดล้อมภายนอก



รูปที่ 3: แสดงแผนผังกลุ่มเชื่อมโยงของปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการจัดกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงทั้ง 33 ปัจจัยโดยใช้การเขียนแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity Diagrams) พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงได้ทั้งหมด 5 ด้าน คือ (1) ด้านวัตถุดิบ (2) ด้านกระบวนการผลิต (3) ด้านระบบควบคุม (4) ด้านความต้องการ และ (5) ด้านสิ่งแวดล้อมภายนอก ดังรูปที่ 3

จากแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity Diagrams) สามารถสร้างกรอบแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานได้ โดยกรอบแนวคิดนี้ได้จำแนกปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงตามแหล่งความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทานทั้ง 5 ด้านและกิจกรรมต่างๆ ในห่วงโซ่อุปทานทั้ง 9 กิจกรรม แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4: แสดงกรอบแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน

3.1. ด้านวัตถุดิบ: การนำวัตถุดิบเข้าและการจัดซื้อจัดหา

ด้านวัตถุดิบเป็นแหล่งความไม่แน่นอนที่เกิดจากกิจกรรมในห่วงโซ่อุปทานขาเข้า ซึ่งเกิดจากปัญหาของผู้ส่งมอบรวมถึงกิจกรรมในการจัดซื้อจัดหาปัจจัยสำหรับการผลิต นอกจากนี้ยังรวมถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการได้รับ การขนส่ง การจัดเก็บและการแจกจ่ายวัตถุดิบสำหรับการผลิต

3.1.1. ต้นทุนวัตถุดิบ

ต้นทุนวัตถุดิบเป็นราคาวัตถุดิบที่รับซื้อจากผู้ส่งมอบ สามารถพิจารณาจากราคาวัตถุดิบที่ซื้อว่าสามารถซื้อได้ในต้นทุนที่ต่ำกว่าสำหรับวัตถุดิบชนิดเดียวกันหรือไม่ [15] หรือพิจารณาจากความผันผวนของราคาวัตถุดิบ

3.1.2. การขาดแคลนวัตถุดิบ

การขาดแคลนวัตถุดิบอาจเกิดจากผู้ส่งมอบไม่สามารถจัดส่งวัตถุดิบให้ได้ตามกำหนด การยกเลิกกิจการของผู้ส่งมอบ การสูญเสียคู่ค้าหรือพิจารณาจากการจำกัดการนำเข้าสินค้าทำให้ไม่สามารถจัดหาวัตถุดิบสำหรับการผลิตได้

3.1.3. คุณภาพของวัตถุดิบ

การวิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบ สามารถพิจารณาได้จากวัตถุดิบที่ถูกจัดส่งโดยผู้ส่งมอบว่ามีระดับคุณภาพของวัตถุดิบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ ซึ่งสามารถวัดได้จากเปอร์เซ็นต์ของเสียของวัตถุดิบในแต่ละรอบการจัดส่ง

3.1.4. การจัดส่งวัตถุดิบ

การจัดส่งวัตถุดิบของผู้ส่งมอบ สามารถพิจารณาจากวัตถุดิบที่ถูกจัดส่งว่ามีความถูกต้องตรงตามคำสั่งซื้อหรือไม่ทั้งทางด้านปริมาณและระยะเวลาในการจัดส่ง

3.1.5. ความยืดหยุ่นในการจัดส่งวัตถุดิบ

ความยืดหยุ่นในการจัดส่งวัตถุดิบ พิจารณาจากความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงคำสั่งซื้อที่มีความต้องการอย่างเร่งด่วนและไม่มีการพยากรณ์ไว้ล่วงหน้า โดยผู้ส่งมอบสามารถจัดส่งวัตถุดิบได้ตรงตามความต้องการและสามารถควบคุมราคาสินค้าได้ [16]

3.1.6. ความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากผู้ส่งมอบ

ความน่าเชื่อถือเป็นความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับจากผู้ส่งมอบ เช่น ข้อมูลความสามารถในการผลิต ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากความถี่และผลกระทบของปัญหาในการส่งมอบวัตถุดิบ

3.2. ด้านกระบวนการผลิต: การผลิตและการพัฒนาเทคโนโลยี

ด้านกระบวนการผลิตเป็นแหล่งความไม่แน่นอนที่เกิดจากกระบวนการผลิตหรือการแปรรูปวัตถุดิบให้ออกมาเป็นสินค้า รวมไปถึงการพัฒนาเทคโนโลยีที่ช่วยในการเพิ่มคุณค่าให้สินค้าและบริการ

3.2.1. คุณภาพของสินค้า

โรงงานสามารถผลิตสินค้าให้มีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการได้หรือไม่ โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของเสียของสินค้าที่ผลิตได้ในแต่ละรอบการผลิต

3.2.2. ความสามารถในการผลิต

ความสามารถในการผลิต คือ การมีกำลังการผลิตเพียงพอสามารถผลิตสินค้าได้ตามปริมาณที่ลูกค้าต้องการ และเพียงพอสำหรับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน สามารถพิจารณาได้จากความถี่ในกรณีที่ไม่สามารถส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้เนื่องจากกำลังการผลิตไม่เพียงพอ

3.2.3. ความยืดหยุ่นในการผลิต

ความสามารถในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าได้ เช่น การเปลี่ยนรุ่นการผลิตในสายการผลิตเดียวกัน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า

3.2.4. การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิต

การเปลี่ยนแปลงด้านเทคนิคสำหรับการผลิต เช่น เครื่องจักร เครื่องมือวัด โดยพิจารณาจากความสามารถในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีสำหรับผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ รวมไปถึงความรู้ด้านเทคโนโลยี เครื่องจักร หรือเทคนิคใหม่ๆ ของพนักงานต่อเทคโนโลยีใหม่ที่เพิ่มเข้ามา [15]

3.2.5 เครื่องจักรเสีย

เครื่องจักรเสียทำให้กระบวนการผลิตเกิดความล่าช้าหรือหยุดชะงัก พิจารณาได้จากระยะเวลาที่ต้องหยุดสายการผลิตและผลกระทบต่อการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า

3.3. ด้านระบบควบคุม: โครงสร้างพื้นฐานของบริษัทและการจัดการทรัพยากรมนุษย์

ด้านระบบควบคุมเป็นแหล่งความไม่แน่นอนที่เกิดจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบบัญชี ระบบการเงิน การบริหารจัดการขององค์กรและยังรวมไปถึงการบริหารทรัพยากรบุคคล ตั้งแต่วิเคราะห์ความต้องการ สรรหาและคัดเลือก ประเมินผล พัฒนา ฝึกอบรม ระบบเงินเดือนค่าจ้างและแรงงานสัมพันธ์

3.3.1. สภาพทางการเงินของบริษัท

สภาพทางการเงินแสดงถึงความมั่นคงและความสามารถในการรับมือกับภาวะฉุกเฉินต่างๆ เช่น สภาพเศรษฐกิจตกต่ำ นอกจากนั้นยังแสดงถึงความพร้อมในการลงทุนเพื่อเพิ่มกำลังการผลิต สามารถพิจารณาได้จากผลประกอบการของบริษัท

3.3.2. สภาพแรงงานในบริษัท

การมีสภาพแรงงานในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเรียกร้องสวัสดิการหรือผลตอบแทนอื่นๆ เช่น เมื่อมีการเรียกร้องสวัสดิการของพนักงานทำให้ต้องหยุดการผลิตและมีผลต่อการส่งมอบสินค้า สามารถพิจารณาได้จากเวลาที่ต้องหยุดสายการผลิตและผลกระทบที่เกิดขึ้น

3.3.3. อุบัติเหตุในโรงงาน

อุบัติเหตุในโรงงานเป็นเหตุการณ์ที่ไม่สามารถควบคุมและคาดการณ์ล่วงหน้าได้ เช่น ไฟไหม้ โรงงานหรือเครื่องจักร พนักงานได้รับอุบัติเหตุ ทำให้ต้องหยุดสายการผลิต พิจารณาได้จากเวลาที่ต้องหยุดสายการผลิตและผลกระทบที่เกิดขึ้น

3.3.4. การขาดแคลนพนักงานในการผลิต

การขาดแคลนพนักงานอาจมีสาเหตุมาจาก การขาดงาน การลาออก เป็นต้น โดยจำนวนพนักงานมีผลกระทบต่อกำลังการผลิตโดยตรง เมื่อกำลังการผลิตไม่เพียงพอจะส่งผลกระทบต่อการจัดส่งสินค้าที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

3.3.5. ความผิดพลาดของพนักงานในการทำงาน

ความผิดพลาดที่อาจเกิดจากการรับพนักงานใหม่หรือการโอนย้ายหน่วยงาน ทำให้พนักงานขาดทักษะและความชำนาญในการทำงาน เนื่องจากไม่มีการฝึกอบรมและพัฒนาฝีมืออย่างเพียงพอ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากความผิดพลาดของพนักงานในการทำงาน

3.4. ด้านความต้องการ: การส่งผลิตภัณฑ์ออก การตลาดและการขายและการให้บริการ

ด้านความต้องการเป็นแหล่งความไม่แน่นอนที่เกิดจากกิจกรรมในห่วงโซ่อุปทานขาออก ซึ่งเกิดจากลูกค้ารวมไปถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บ รวบรวม จัดจำหน่ายสินค้าและบริการไปยังลูกค้า นอกจากนั้นยังครอบคลุมถึงกิจกรรมการให้บริการเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้า การบริการหลังการขายและการชักจูงให้ลูกค้าซื้อสินค้าและบริการ

3.4.1. การเปลี่ยนแปลงคำสั่งซื้อ เวลามา

การเปลี่ยนแปลงคำสั่งซื้อและเวลามาเป็นการเปลี่ยนแปลงความต้องการของลูกค้า ซึ่งมักเกิดขึ้นโดยไม่มีการพยากรณ์ไว้ล่วงหน้า พิจารณาได้จากความถี่ของการเปลี่ยนแปลงตารางเวลาการผลิต การเปลี่ยนแปลงความต้องการด้านปริมาณสินค้า การเปลี่ยนแปลงเวลาจัดส่งสินค้า เป็นต้น

3.4.2. การเติมเต็มคำสั่งซื้อของลูกค้า

การเติมเต็มคำสั่งซื้อเป็นการตอบสนองความต้องการและเติมเต็มความต้องการสินค้าที่เกิดขึ้นอย่างเร่งด่วน โดยสามารถนำสินค้าคงคลังที่มีอยู่มาเติมเต็มความต้องการของลูกค้าได้ทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจมากยิ่งขึ้น สามารถพิจารณาได้จากสัดส่วนที่สามารถเติมเต็มคำสั่งซื้อของลูกค้าได้ [9]

3.4.3. ลูกค้าต้องการความยืดหยุ่นสูง

ความต้องการของลูกค้าซึ่งต้องการให้ผู้ส่งมอบมีความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ สามารถวัดได้จาก การเปลี่ยนแปลงรอบเวลาการผลิต เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรุ่นการผลิต ปริมาณการผลิตในแต่ละรอบ ปริมาณสินค้าคงคลัง [4]

3.4.4. ข้อกำหนดของลูกค้า

การเปลี่ยนแปลงรูปแบบและมาตรฐานต่างๆ ของลูกค้า เช่น การเปลี่ยนแปลงแบบ (Drawing) การเพิ่มมาตรฐานและข้อกำหนดต่างๆ ของสินค้า มาตรฐานอุตสาหกรรม TS16949 เป็นต้น ทำให้ผู้ผลิตต้องเพิ่มข้อกำหนดต่างๆ ในการผลิตตาม อาจส่งผลกระทบทำให้ความสามารถในการผลิตของผู้ผลิตที่ไม่เพียงพอ โดยพิจารณาจากความถี่และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดต่างๆ

3.4.5. ความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากลูกค้า

ข้อมูลจากลูกค้ามีความสำคัญต่อการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตและทิศทางการลงทุนในอนาคต ซึ่งพิจารณาจากความเที่ยงตรงของข้อมูลที่ได้รับจากลูกค้า เช่น ข้อมูลพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้า ข้อมูลเวลาการจัดส่งสินค้า

3.5. ด้านสิ่งแวดล้อมภายนอก

ด้านสิ่งแวดล้อมภายนอกเป็นแหล่งความไม่แน่นอนหรือความเสี่ยงที่เกิดจากภายนอกห่วงโซ่อุปทาน และเป็นความไม่แน่นอนที่ยากต่อการพยากรณ์ [13]

3.5.1. ปัญหาการจราจรระหว่างขนส่ง

การขนส่งสินค้าอาจมีปัญหาสืบเนื่องมาจากสภาพถนน สภาพการจราจร อุปกรณ์ในการขนถ่ายสินค้า สภาพอากาศ รวมไปถึงอุบัติเหตุทางท้องถนน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาต่อการขนส่ง ซึ่งสามารถวัดได้จากเปอร์เซ็นต์การขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าได้ตรงเวลา

3.5.2. ภัยพิบัติทางธรรมชาติ

ภัยที่เกิดจากธรรมชาติซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ เช่น แผ่นดินไหว น้ำท่วม พายุ โรคระบาด ซึ่งสามารถพิจารณาจากความถี่และความรุนแรงที่เคยเกิดขึ้นในอดีต

3.5.3. การก่อการร้าย สงคราม การประท้วง

ปัญหาความไม่มั่นคงภาพด้านการเมือง การก่อการร้าย สงคราม การประท้วง ล้วนเป็นภัยที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งสามารถพิจารณาจากความถี่และความรุนแรงที่เคยเกิดขึ้นในอดีต

3.5.4. สภาวะการตลาดและสภาพเศรษฐกิจ

ปัญหาสภาวะการตลาดและสภาพเศรษฐกิจ เช่น เกิดวิกฤตเศรษฐกิจโลกทำให้ยอดขายการผลิตตกต่ำ และมีผลกระทบต่อยอดขายและกำไรของบริษัท สามารถพิจารณาได้จากความสามารถในการรับมือและผลกระทบของปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น

3.5.5. กฎหมาย นโยบาย และข้อกำหนดของรัฐบาล

กฎหมาย นโยบาย และข้อกำหนดต่างๆ ของรัฐบาล เช่น การลดอัตราภาษีการนำเข้า ทำให้ส่งผลกระทบต่อราคาสินค้าและมีผลต่อยอดขายของบริษัท

3.5.6. ปัญหาด้านโลจิสติกส์

ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างองค์กร ซึ่งเกิดจากเครื่องมือและอุปกรณ์ในการขนถ่ายสินค้า ตารางเวลาการส่งมอบ การเลือกท่าเรือหรือบริษัทผู้ขนส่งสินค้า สามารถพิจารณาได้จากความเที่ยงตรงในการจัดส่งสินค้าและวัตถุดิบ

3.5.7. การย้ายฐานการผลิต

ภายใต้การแข่งขันทางด้านต้นทุนของอุตสาหกรรมยานยนต์ การย้ายฐานการผลิตถือเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนได้โดยย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศที่มีค่าแรงต่ำ สามารถพิจารณาได้จากอัตราการขยายตัวของการลงทุนในอุตสาหกรรมนี้

3.5.8. ต้นทุนของคู่แข่ง

ในสภาวะการแข่งขันที่สูง ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนต้องการได้ส่วนแบ่งการตลาดที่มากขึ้น นั้นหมายถึง ความสามารถทางด้านราคาสินค้าและต้นทุนต้องต่ำกว่าบริษัทคู่แข่ง สามารถพิจารณาจากการเปรียบเทียบ ความสามารถทางด้านต้นทุนของบริษัทกับบริษัทคู่แข่ง [16]

จากการจำแนกปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงตามแหล่งความไม่แน่นอนทั้ง 5 ด้านและกิจกรรมต่างๆ ในห่วงโซ่อุปทาน ทำให้ได้กรอบแนวคิดและแนวทางสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน

4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกรอบแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย โดยได้บูรณาการแนวคิดมาจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งกรอบแนวคิดที่ได้ประกอบด้วยปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานตามแหล่งความไม่แน่นอนในห่วงโซ่อุปทานทั้งหมด 5 ด้าน และกิจกรรมต่างๆ ในห่วงโซ่อุปทานทั้ง 9 กิจกรรม สำหรับงานวิจัยในอนาคตสามารถนำกรอบแนวคิดจากงานวิจัยนี้เป็นแนวทางสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยได้ โดยเริ่มจากการสร้างแบบสอบถามสำหรับเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรและสร้างโมเดลสำหรับพยากรณ์ความเสี่ยงในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และหน่วยวิจัยการจัดการห่วงโซ่อุปทานและวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้คำปรึกษาและการสนับสนุนค่าใช้จ่ายเพื่อไปเสนอผลงานทางวิชาการ

บรรณานุกรม

- [1] ชนม์เจริญ แสงรัตน์, 2550, “ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์ของหัตถกรรมอุตสาหกรรมไทย” รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [2] สภาอุตสาหกรรม กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์, 2552, “อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์,” <http://www.aic.or.th/blog/default.aspx?id=7&t=> [10 กรกฎาคม 2553].
- [3] สมาคมอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2552, “ข้อมูลปริมาณการผลิตรถยนต์ในประเทศไทย,” <http://www.thaiauto.or.th/statistic/statistic.asp> [14 มีนาคม 2553].
- [4] A. Gunasekaran, C. Patel, Ronald E. McGaughey, 2004, “A framework for supply chain performance measurement,” *International Journal Production Economics*, 87, 333–347.
- [5] B. Fynes, S. Burca, D. Marshall, 2004, “Environmental uncertainty, supply chain relationship quality and performance,” *Journal of Purchasing & Supply Management*, 10, 179–190.

- [6] C. Wong, S. Boon-itt, 2008, "The influence of institutional norms and environmental uncertainty on supply chain integration in the Thai automotive industry," *International Journal Production Economics*, 115, 400–410.
- [7] D. Bogataj, M. Bogataj, 2007, "Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space," *International Journal Production Economics*, 108, 291–301.
- [8] D. Peidro, J. Mula, R. Poler, J. Verdegay, 2009, "Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand and process uncertainties," *Fuzzy Sets and Systems*, 160, 2640–2657.
- [9] F. T. S. Chan, 2003, "Performance Measurement in a Supply Chain," *International Journal Advanced Manufacturing Technology*, 21, 534–548.
- [10] G. Tuncel, G. Alpan, 2009, "Risk assessment and management for supply chain networks: A case study," *Computers in Industry*.
- [11] H. Dekker, 2003, "Value chain analysis in interfirm relationships: a field study," *Management Accounting Research* 14, 1–23.
- [12] J. Thun, D. Hoenig, 2009, "An empirical analysis of supply chain risk management in the German Automotive industry," *International Journal Production Economics*.
- [13] P. Trkman, K. McCormack, 2009, "Supply chain risk in turbulent environments – A conceptual model for managing supply chain network risk," *International Journal Production Economics*, 119, 247–258.
- [14] S. Ghosh, J. Jintanapakanont, 2004, "Identifying and assessing the critical risk factors in an underground rail project in Thailand: a factor analysis approach," *International Journal of Project Management*, 22, 633–643.
- [15] T. Wu, J. Blackhurst, V. Chidambaram, 2006, "A model for inbound supply risk analysis," *Computers in Industry*, 57, 350–365.
- [16] T. Schoenherr, V. Tummalaa, T. Harrison, 2008, "Assessing supply chain risks with the analytic hierarchy process: Providing decision support for the off shoring decision by a US manufacturing company," *Journal of Purchasing & Supply Management*, 14, 100–111.
- [17] V. Rodrigues, D. Stantchev, A. Potter, M. Naim, A. Whiteing, 2007, "Establishing a transport operation focused uncertainty model for the supply chain," 14th International Annual EuROMA Conference, Ankara, 17-20 June 2007.
- [18] V. Bianco, O. Manca, S. Nardini, 2009, "Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models," *Energy*, 34, 1413–1421.