อุปสรรคการใช้อุตสาหกรรม 4.0 เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน

วันทิตา เนตรสูงเนิน[1*] และ ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
[*]wanthita@outlook.com

บทคัดย่อ

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้เปลี่ยนแปลงภาคอุตสาหกรรม หรือที่เรียกว่าการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิตให้เป็นดิจิทัลมากขึ้นจากระบบเครื่องจักรในโรงงานสามารถเชื่อมโยงเป็นเครือข่าย สามารถรับรู้, แลกเปลี่ยนข้อมูล, แสดงผลควบคุม และทำงานร่วมกันได้ ก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต, การลดของเสียและมลภาวะ และการลดต้นทุน เพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขัน องค์กรที่ใช้ต้นแบบอุตสาหกรรม 4.0 มีแนวโน้มเข้าสู่ระบบอัตโนมัติและการแลกเปลี่ยนข้อมูลในเทคโนโลยีการผลิตและกระบวนการ จะต้องพิจารณาถึงอุปสรรคและผลกระทบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของความการพัฒนายั่งยืนที่หลาย ๆ องค์กรใช้เป็นตัวบ่งชี้ความสำเร็จ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนออุปสรรคในการดำเนินการตามอุตสาหกรรม 4.0 เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยใช้ตัวชี้วัดตามกรอบ Triple bottom line (TBL) ทั้งสามด้านอย่างสมดุล คือเศรษฐกิจ, สังคมและสิ่งแวดล้อม อุปสรรคที่เกิดขึ้นดังที่แสดงไว้ในที่นี้อาจเป็นประโยชน์ในการช่วยเหลือองค์กรที่สนใจทำการศึกษาเชิงลึกในอนาคต

คำสำคัญ: อุตสาหกรรม 4.0, อุปสรรค, การพัฒนาที่ยั่งยืน

Barriers to Industry 4.0 Implementation in Accordance with Sustainability Indicators

Wanthita Netsungnoen[1,*] and TritosLaosirihongthong[1]

[1] *Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University*

[*] *wanthita@outlook.com*

Abstract

Technological progress has transformed industry in what has been called the Fourth Industrial Revolution, in which digital production models have changed from in-factory machinery to linked networks capable of recognizing and exchanging information while displaying, controlling, and collaborating. These innovations provide benefits in increased production efficiency, reduced costs as well as waste and pollution. To build competitiveness, organizations adopting the Industry 4.0 prototype, the trend towards automation and data exchange in manufacturing technologies and processes, must consider barriers and their impact, especially in terms of sustainability that many organizations use as an indicator of success. The objective of this study is to present barriers to implementing Industry 4.0 to achieve sustainable development by using indicators based on the Triple bottom line (TBL) framework for all three aspects, balanced economically, socially, and environmentally. The barriers that arise as illustrated herein may be useful for helping interested organizations conduct future in-depth studies.

Keywords: Industry 4.0, Triple Bottom Line, Sustainability

1. บทนำ

อุตสาหกรรม 4.0 เป็นการรวมกันของแนวคิดและเทคโนโลยีใหม่ที่เกิดขึ้น เช่น Radio-frequency identification (RFID), Big Data, Cloud Computing, Smart Sensors, Machine Learning (ML), Robotics, Additive Manufacturing (AM), Artificial Intelligence (AI), Augmented Reality และ Internet of Things (IoT) เทคโนโลยีเหล่านี้ปรับโครงสร้างการผลิตจากกระบวนการผลิตแบบแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และเกิดกระบวนการผลิตแบบกระจายอำนาจ (Raj, Dwivedi et al. 2020) ผลลัพธ์ดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในภาคการผลิต หรือที่รู้จักในชื่อการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 เป็นการปฏิวัติแบบดิจิทัลในภาคอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งเกิดขึ้นจากการปรับปรุงเครือข่ายและระบบคอมพิวเตอร์ในทุกส่วนของการผลิต เปลี่ยนแปลงจากโรงงานแบบดั้งเดิมสู่โรงงานอัจฉริยะ โดยมีลักษณะสำคัญคือ เครือข่ายอัจฉริยะระหว่างหน่วยอุตสาหกรรม, ความคล่องตัวในกระบวนการ, ความยืดหยุ่นของการดำเนินงานอุตสาหกรรม และการทำงานร่วมกัน, การบูรณาการกับลูกค้าและซัพพลายเออร์ และในการนำรูปแบบธุรกิจนวัตกรรมมาใช้ ประโยชน์เหล่านี้มีศักยภาพมหาศาลสำหรับองค์กรที่ต้องการประสบความสำเร็จทางเศรษฐกิจและสังคม (Kamble, Gunasekaran et al. 2018)

สำหรับประเทศไทยเล็งเห็นถึงความสามารถดังกล่าว เห็นได้จากนโยบายประเทศไทย 4.0 เน้นถึงเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Value Based Economy) รัฐบาลได้จัดทำนโยบาย, มาตรการส่งเสริมการลงทุน และแผนงานหลายอย่าง เช่น แผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี อีกทั้งยังมีการจัดตั้งเขตนวัตกรรม ระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (EECi) เป็น

สถานที่สนับสนุนการวิจัยและการใช้นวัตกรรม แต่ถึงอย่างนั้นจากสถานการณ์ของประเทศไทยในปัจจุบัน ทำให้ภาคการผลิตพบกับอุปสรรคและความท้าทายในการนำไปใช้ เช่น แรงงานขาดทักษะ, ทรัพยากรเงิน, การขาดผู้นำที่มีทักษะและประสบการณ์การต่อต้านการเปลี่ยนแปลงจากพนักงาน และการขาดโปรโตคอลสื่อสารที่เป็นรูปแบบเดียวกัน (Horváth and Szabó 2019)

เพื่อให้ประสบความสำเร็จในการนำอุตสาหกรรม 4.0 มาใช้ จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงอุปสรรคที่เกิดขึ้น โดยงานวิจัยส่วนใหญ่เมื่อมีการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้จะใช้3มุมมอง คือ คน(องค์กร), กระบวนการ และเทคโนโลยี เพื่อนำไปใช้ในการวางกลยุทธ์และตัดสินใจ และการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน ปัจจุบันธุรกิจต่างๆใช้การพัฒนาอย่างยั่งยืนเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จ โรงงานอัจฉริยะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในภาคอุตสาหกรรมที่ส่งผลกระทบต่อด้านเศรษฐกิจ, สิ่งแวดล้อม และด้านสังคม (Munsamy and Telukdarie 2018) การพัฒนาอย่างยั่งยืนจึงกลายเป็นแนวทางพื้นฐานขององค์กรจากการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก, ภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง, มลภาวะ และความขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ โดยความยั่งยืนเกิดขึ้นจากการสนับสนุนแนวคิด Triple Bottom Line (TBL) อย่างสมดุลทั้ง3ด้าน คือเศรษฐกิจ, สิ่งแวดล้อม และสังคม (Braccini and Margherita 2018) ดังนั้นการจะนำอุตสาหกรรม 4.0 มาใช้เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนควรศึกษาถึงอุปสรรคที่เกิดขึ้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจสามารถนำไปใช้วางแผนกลยุทธ์และหาแนวทางแก้ไขอุปสรรคให้การใช้อุตสาหกรรม 4.0 ประสบความสำเร็จ

2. ระเบียบวิธีวิจัย

การทบทวนวรรณกรรม และตัวอย่างกรณีศึกษาจากการสืบค้นข้อมูลทุติยภูมิแสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปงานวิจัยที่อ้างอิงการพัฒนาอย่างยั่งยืนตามTriple Bottom Line กับอุปสรรคการใช้อุตสาหกรรม 4.0

	ตัวชี้วัด			อุปสรรคการใช้อุตสาหกรรม 4.0								
	เศรษฐกิจ	สิ่งแวดล้อม	สังคม	TB1	TB2	TB3	OB1	OB2	OB3	PB1	PB2	PB3
Arcidiacono 2019		x		x				x	x		x	
Beier 2020	x	x	x				x			x	x	x
Braccini 2018	x	x	x				x					
Cezarino 2019	x	x	x				x			x	x	
Chen 2017										x	x	
Chukalov 2017										x	x	
Frank 2019										x	x	x
Freddi 2017			x					x				
Glass 2018	x		x		x	x	x		x			x
Habib 2019	x	x	x		x							x
Hendrik 2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Horváth 2019	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	
Kamble 2018	x		x	x	x	x	x	x		x		
Kiel 2017	x	x	x	x		x			x	x	x	

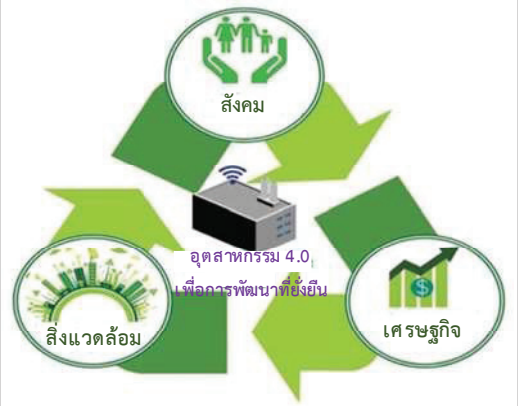
ตารางที่ 1 (ต่อ) สรุปงานวิจัยที่อ้างอิงการพัฒนาอย่างยั่งยืนตามTriple Bottom Line กับอุปสรรคการใช้อุตสาหกรรม 4.0

	ตัวชี้วัด			อุปสรรคการใช้อุตสาหกรรม 4.0								
	เศรษฐกิจ	สิ่งแวดล้อม	สังคม	TB1	TB2	TB3	OB1	OB2	OB3	PB1	PB2	PB3
Liao 2017				x	x		x	x		x	x	
Lezzi 2018						x						
Luthra 2019	x	x	x	x			x		x	x	x	
Machado 2020	x	x	x			x				x	x	
Manda 2019	x		x	x		x	x	x				
Mohamed 2019		x										
Moktadir 2019				x		x	x			x		
Munsamy 2018	x	x	x									
Pham 2019	x	x	x		x		x			x	x	x
Rai 2006										x	x	
Raj 2020				x			x	x			x	
Rajput 2019	x	x	x		x	x						x
Rao 2018				x								
Rauch 2019						x	x	x	x	x	x	
Rupesh 2018				x		x		x			x	
Samaranayake 2017	x	x		x		x				x	x	x
Sony 2020						x	x	x	x	x	x	
Tiwari 2020	x	x	x			x	x					
Veile 2018				x		x	x	x		x	x	
Xu 2018				x	x	x						x
Zeid 2019					x					x	x	
รวม	17	16	17	14	10	17	17	12	8	19	20	8

3. ผลการศึกษา

3.1 อุตสาหกรรม 4.0 กับตัวชี้วัดการพัฒนาอย่างยั่งยืน

การนำอุตสาหกรรม 4.0 มาใช้ก่อให้เกิดประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น ความสามารถในการแข่งขันจากการสร้างมูลค่าที่เพิ่มขึ้นและช่วยลดต้นทุน, การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร, การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้การจำลองดิจิทัลและระบบอัตโนมัติ, ด้านข้อมูลและสารสนเทศจากการเชื่อมต่อแนวนอนและและแนวตั้งช่วยสร้างความโปร่งใสของข้อมูลในกระบวนการ, เครื่องจักร, สินค้าคงคลังและโลจิสติกส์ ทำให้สามารถติดตามการไหลของสินค้าและใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ ด้านเวลาที่การติดตั้งและเวลานำที่สั้นลงช่วยลดเวลาการออกสู่ตลาด ด้านทรัพยากรมนุษย์ทำให้คุณภาพของงานสูงขึ้นจากความง่ายในการตัดแต่งกระบวนการ ความปลอดภัยที่สูงขึ้นและการตอบสนองระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักรที่เหมาะสม และการผลิตที่ยืดหยุ่นช่วยตอบสนองความต้องการแบบปัจเจกบุคคล ประโยชน์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรม 4.0 มีคุณสมบัติสำหรับการสร้างมูลค่าอุตสาหกรรมที่สอดคล้องกับความคาดหวังและข้อกำหนดด้านความยั่งยืน (Kiel, Arnold et al. 2017) การใช้อุตสาหกรรม 4.0 ควรมีการพัฒนาที่ยั่งยืน เพื่อช่วยพัฒนาสวัสดิการสังคมผ่านการส่งมอบผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณภาพด้วยวัตถุประสงค์ Triple bottom Line (TBL) ซึ่งมีสามมิติ คือ ด้านเศรษฐกิจ, สิ่งแวดล้อมและสังคมตามภาพที่ 1 (Habib and Chimsom 2019)



ภาพที่ 1 การพิจาณาอุตสาหกรรม 4.0 ในตัวชี้วัดความยั่งยืน
ที่มา: ดัดแปลงจาก (Habib and Chimsom 2019)

3.1.1 มิติด้านเศรษฐกิจ

มิติด้านเศรษฐกิจกล่าวถึงทัศนคติขององค์กรต่อการสร้างมูลค่า เช่น ลดความไม่ถูกต้องของการจัดการสินค้าคงคลัง, การสร้างประสิทธิภาพและประสิทธิผลด้วยวิธีการการผลิตสินค้าแบบใหม่, การวิเคราะห์เชิงทำนายเพื่อลดข้อผิดพลาดในการผลิต, ความคล่องตัวในการปฏิบัติงาน, การเพิ่มประสิทธิภาพซัพพลายเชน, ระบบการตั้งเวลาแบบตามเวลาจริง และการเพิ่มความสามารถในการการแข่งขัน (Braccini and Margherita 2018) เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เปลี่ยนวิธีการสร้างมูลค่าในภาคธุรกิจโดยใช้ข้อมูลที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์, เครื่องจักรและผลิตภัณฑ์ที่เชื่อมต่อถึงกัน ทำให้เกิดการสร้างมูลค่า เช่น การบำรุงรักษา, การใช้ซ้ำ, การซ่อมแซม และการรีไซเคิล การใช้ Cloud Computing ในการจัดการการขนส่งช่วยลดต้นทุนโดยรวม การวิเคราะห์ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลช่วยให้ข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ (Pham, Kuo et al. 2019)

3.1.2 มิติด้านสิ่งแวดล้อม

มิติด้านสิ่งแวดล้อมมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ, การใช้ซ้ำ, การลดการปล่อยมลพิษ, การใช้พลังงานแบบมีประสิทธิภาพ, ลดการปล่อยCO_2 และการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตซ้ำ (Braccini and Margherita 2018) การลดการใช้พลังงานในโรงงานทำให้ช่วยลดต้นทุน และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจากการจัดการเวลากระบวนการผลิต การใช้หุ่นยนต์ทำให้เกิดความเร็ว, ความแม่นยำ, การปรับแต่งและการตอบสนองตามเวลาจริง และลดพลังงานที่ใช้ในคลังสินค้าจากการจัดการพื้นที่จัดเก็บที่มีความเหมาะสม (Mohamed, Al-Jaroodi et al. 2019) เทคโนโลยีCyber-Physical Systems (CPS) และ Artificial Intelligence (AI) ช่วยให้เกิดการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Pham, Kuo et al. 2019)

3.1.3 มิติด้านสังคม

มิติด้านสังคมมองประโยชน์จากระบบช่วยเหลืออัจฉริยะและการเพิ่มความพึงพอใจพนักงานจากการโต้ตอบระหว่างมนุษย์และเครื่องจักรที่ดีพอ ความยืดหยุ่นของการประมวลผลของงาน (Hendrik, Johannes et al. 2019) ระบบ Cloud manufacturing (CM) ทำให้เกิดการออกแบบการทำงานร่วมกัน เกิดกระบวนการทำงานที่ยืดหยุ่นมากขึ้น (Pham, Kuo et al. 2019) การออกแบบตามแนวทางความยั่งยืนช่วยลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยสำหรับคนงานและผู้บริโภคโดยกำจัดการใช้ชิ้นส่วนสารพิษในผลิตภัณฑ์และกระบวนการ การผลิตการมีส่วนร่วมหรือการทำงานร่วมกันของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพิ่มโอกาสในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านไอที การปรับปรุงคุณภาพของสภาพแวดล้อมในการทำงานโดยการลดงานประเภททำซ้ำๆ (Machado, Winroth et al. 2020)

3.2 อุปสรรคในการนำอุตสาหกรรม 4.0 มาใช้

เมื่อมีการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีใหม่ องค์กรส่วนใหญ่มักพิจารณาใน 3 ด้าน คือ เทคโนโลยี, องค์กร และกระบวนการ เพื่อสำรวจถึงอุปสรรคในการใช้อุตสาหกรรม 4.0 ให้ครบทุกด้าน งานวิจัยจึงมีการศึกษาอุปสรรคทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

3.2.1 อุปสรรคด้านเทคโนโลยี (Technological barriers)

ก) ขาดโครงสร้างพื้นฐานที่ทันสมัย (Lack of up-to-date technological infrastructure) TB1

เทคโนโลยีปัจจุบันส่วนใหญ่ยังไม่สามารถตอบสนองตรงกับความต้องการโครงสร้างพื้นฐานปัจจุบัน (Moktadir, Ali et al. 2019) แอปพลิเคชัน IoT ต้องการโครงสร้างพื้นฐานที่สูงขึ้นเพื่อรองรับและจัดการอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออย่างมีประสิทธิภาพ (Luthra, Kumar et al. 2019) เทคโนโลยี CPS เป็นพื้นฐานของระบบการผลิตที่เชื่อมต่ออย่างชาญฉลาด ดังนั้น บรอดแบนด์ไร้สาย, เครือข่ายที่เชื่อถือได้พร้อมการสนับสนุนทางอุปกรณ์เคลื่อนที่ คือ พื้นฐานสำหรับการทำงานของ CPS อุปกรณ์จำนวนมากที่ใช้ตรวจสอบและควบคุมกระบวนการอัตโนมัติในอุตสาหกรรม 4.0 ต้องการคุณสมบัติ เช่น เวลาหน่วงต่ำเป็นพิเศษ, ความน่าเชื่อถือที่สูง, แบนด์วิดธ์และอัตราการส่งข้อมูลที่สูง เป็นต้น ซึ่งระบบสื่อสารปัจจุบันไม่สามารถตอบสนองได้ (Rao and Prasad 2018)

ข) ขาดมาตรฐานและสถาปัตยกรรมอ้างอิงสำหรับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0
(Lack of standards and reference architecture for ID 4.0 technologies) TB2

ปัจจัยที่กระทบ เมื่อนำอุตสาหกรรม 4.0 มาใช้คือการขาดมาตรฐานเทคโนโลยีที่เป็นรูปแบบเดียวกันทำให้เกิดปัญหาความเข้ากันได้, ความยากในการรวมกลุ่มระหว่างอุปกรณ์เก่าและใหม่และใช้เวลานาน (Arcidiacono, Ancarani et al. 2019 เช่น การใช้ระบบการวางแผนทรัพยากรองค์กร (ERP) และระบบการดำเนินการผลิต (MES) สร้างความหลากหลายของมาตรฐานที่เป็นไปได้ที่จะต้องรวมหรือทำให้เข้ากันได้ ซึ่งมักจะมีวิธีแก้ไขปัญหาที่ไม่ได้มาตรฐานในที่ที่ต้องใช้งานผู้ปฏิบัติงานจำนวนมากเพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลข้ามระบบได้ (Hendrik, Johannes et al. 2019) การขาดมาตรฐานเป็นปัจจัย

ยับยั้งที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี, การรวมกระบวนการ และต้องพิจารณาประเด็นความร่วมมือเมื่อพยายามเพิ่มประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการของลูกค้า เนื่องจากอุตสาหกรรม 4.0 ต้องการการรวมระบบทั้งภายในและภายนอกบริษัท ดังนั้นสิ่งสำคัญคือการพัฒนาโปรโตคอลการสื่อสารแบบครบวงจรที่จะทำให้เกิดการบูรณาการเทคโนโลยีข้ามซัพพลายเชนทั้งหมด (Horváth and Szabó 2019)

ค) ขาดความปลอดภัยของข้อมูลและความเป็นส่วนตัว (Lack of data security and privacy) TB3

ความปลอดภัยทางไซเบอร์ในบริบทอุตสาหกรรม 4.0 โดยเฉพาะการมุ่งเน้นจะอยู่ในการตรวจสอบองค์ประกอบหลักที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบความปลอดภัยทางไซเบอร์ (เช่น สินทรัพย์ที่เกี่ยวข้องนำไปสู่การโจมตีทางไซเบอร์, ช่องโหว่ของระบบ, ภัยคุกคามทางไซเบอร์, ความเสี่ยงและมาตรการตอบโต้) บริบทอุตสาหกรรมที่ระบบทางกายภาพ (เครื่องจักร, พื้นที่ปฏิบัติงาน, โรงงาน) ที่เชื่อมต่อกันผ่านอินเตอร์เน็ต (Lezzi, Lazoi et al. 2018) นอกจากนี้การไหลของข้อมูลจำนวนมากที่เกิดขึ้นบนแพลตฟอร์มอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งก่อให้เกิดภัยคุกคามทางไซเบอร์และปัญหาความเป็นส่วนตัวของข้อมูล งานเสมือนบนเซิร์ฟเวอร์หรือแพลตฟอร์มบังคับให้พนักงานต้องระวังความปลอดภัยในโลกไซเบอร์ (Kamble, Gunasekaran et al. 2018)

3.2.2 อุปสรรคด้านองค์กร (Organizational barriers)

ก) แรงงานขาดทักษะการเปลี่ยนผ่านทางดิจิทัล (Lack of digital transformation skills) OB1

มนุษย์ยังเป็นผู้สร้างมูลค่าในอุตสาหกรรม 4.0 หนึ่งในความท้าทายคือ การเพิ่มประสิทธิภาพการฝึกอบรมของพนักงานด้านการรวมเทคโนโลยี (Cezarino, Liboni et al. 2019) ทักษะและคุณสมบัติของพนักงานเป็นปัจจัยสำคัญต่อโรงงานที่ใช้นวัตกรรม ดังนั้นบริษัท ควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาแรงงานที่มีคุณภาพโดยการบริหารทรัพยากรมนุษย์ (Kamble, Gunasekaran et al. 2018) การขาดแรงงานที่มีทักษะและองค์ความรู้ที่ยังขาดหายไป ขาดการฝึกอบรม แนวคิดหลักสูตรสหวิทยาการไม่เพียงพอ (Glass, Meissner et al. 2018) การเปลี่ยนแปลงจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการผลิตทำให้เกิดความท้าทายคือการมีทักษะที่ไม่ตรงกันและซ้ำซ้อน (Manda and Ben Dhaou 2019) อุตสาหกรรม 4.0 เผชิญปัญหาหลักกับการขาดพนักงานที่มีความรู้และทักษะที่จำเป็น การขาดทักษะดิจิตอลและความเชี่ยวชาญทำให้บริษัทไม่สามารถร่วมมือในการปฏิบัติตามผู้ให้บริการโซลูชันซอฟต์แวร์ได้ (Raj, Dwivedi et al. 2020)

ข) การต่อต้านการเปลี่ยนแปลงจากพนักงาน (Resistance to change from workforces) OB2

การใช้ Industry 4.0 เป็นการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรง จึงอาจมีข้อเสียเปรียบที่บางครั้งโครงการเสี่ยงต่อความล้มเหลวเนื่องจากความโกลาหลและการสูญเสียเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล (Sony and Naik 2020) การต่อต้านการเปลี่ยนแปลงเกิดจากความวิตกกังวลที่เกิดจากความคิดที่ว่าเทคโนโลยีดิจิทัลสามารถยกเลิกงานจำนวนมากได้ (Freddi 2017) งานในภาคการผลิตมีแนวโน้มที่จะเป็นอัตโนมัติทำให้เกิดการสูญเสียงานของมนุษย์ (Kamble, Gunasekaran et al. 2018) พนักงานที่ไม่เต็มใจเปลี่ยนวิธีการทำงาน เกิดการต่อต้านเทคโนโลยีใหม่ (Raj, Dwivedi et al. 2020) คนส่วนใหญ่ไม่ต้องการเปลี่ยนลักษณะการทำงาน พวกเขาคิดว่าวิธีทำงานแบบเดิมของพวกเขาดีที่สุด เป็นหนึ่งในความท้าทายในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ (Rupesh and Surendra 2018)

ค) การขาดความสามารถในการเป็นผู้นำ (Missing of leadership competency) OB3

การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงและรูปแบบการเป็นผู้นำของพวกเขาในการริเริ่มผลักดันการยอมรับอุตสาหกรรม 4.0 การผนวกรวมอุตสาหกรรม 4.0 เป็นตัวขับเคลื่อนความคิดริเริ่มที่ยั่งยืนในองค์กร วิธีการเชิงรุกของผู้บริหารระดับสูงและมีการติดตามประสิทธิภาพ ช่วยให้เกิดความคิดริเริ่มให้องค์กรต่างๆรวมอุตสาหกรรม 4.0 เข้ากับความยั่งยืน (Luthra, Kumar et al. 2019) เมื่อกระบวนการผลิตเป็นดิจิทัล บริษัทจำเป็นต้องมีผู้นำที่มีทักษะที่จำเป็นและประสบการณ์ในการควบคุมโครงการอุตสาหกรรม 4.0 โดยเฉพาะการวางแผนที่เหมาะสมที่เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง (Horváth and Szabó 2019) เพื่อให้สามารถแปลงองค์กรได้สำเร็จ โครงสร้างองค์กรจำเป็นต้องเป็นปรับให้เข้ากับความต้องการของอุตสาหกรรม 4.0

โดยให้แผนกที่เกี่ยวข้องกับไอทีมีอำนาจมากขึ้นสำหรับ เช่น ผู้บริหารตำแหน่ง Chief Digital Officer (CDO) และผู้นำควรมีการสื่อสารที่เพียงพอภายในบริษัท (Hendrik, Johannes et al. 2019) ความเป็นผู้นำและวิสัยทัศน์ขององค์กรในฐานะผู้ขับเคลื่อนสำหรับอุตสาหกรรม 4.0 ให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ในกรณีของเราการยอมรับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 อย่างยั่งยืนนั้นถูกชี้นำโดยวัตถุประสงค์ของผู้นำ เพื่อให้สามารถแข่งขันในตลาดได้โดยไม่ต้องแบ่งแยกหรือย้ายกระบวนการผลิตต้นทุนต่ำ (Braccini and Margherita 2018)

3.2.3 อุปสรรคด้านกระบวนการ (Process barriers)

ก) ขาดการทำงานข้ามสายงานและไม่มีความสอดคล้องของข้อมูลภายในองค์กร

(Lack of process vertical integration (data consistency and cross-functional integration)) PB1

เทคโนโลยี IoT และการให้บริการเข้าถึงไอทีและระบบการผลิตได้ทันทีทำให้เกิดการบูรณาการแนวตั้งของข้อมูลและสารสนเทศโดยตรงผ่านการควบคุมและปฏิบัติการในระดับการผลิตและระดับองค์กร (Chukalov 2017) ซึ่งการบูรณาการแนวตั้งประกอบด้วยระบบไอซีทีชั้นสูงซึ่งบูรณาการระดับชั้นทั้งหมดของบริษัท (Frank, Dalenogare et al. 2019) (เช่น แอคทูเอเตอร์และเซ็นเซอร์บนพื้นที่ปฏิบัติงาน , ระบบปฏิบัติการการผลิต (MES) ในการจัดการการผลิตและระบบ Enterprise Resource Planning (ERP) ในระดับการวางแผนองค์กร ช่วยให้เกิดการดำเนินการที่ยืดหยุ่นและกำหนดค่าใหม่ได้ของระบบการผลิต (Beier, Ullrich et al. 2020) การเปลี่ยนแปลงให้เป็นการผลิตแบบบูรณาการแนวตั้งทุกองค์ ประกอบในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ภายในองค์กร เช่น กิจกรรมด้านการตลาด, การออกแบบ, วิศวกรรม การผลิตและการขายต้องมีการบูรณาการกันอย่างใกล้ชิด โดยการใช้เทคโนโลยี เช่นระบบการดำเนินการผลิต (MES) และใช้คอมพิวเตอร์ช่วยการ วางแผนกระบวนการ (CAPP) (Chen 2017) รวมถึงการปฏิบัติงานร่วมกันของการผลิตซึ่งหมายถึง ความสามารถขององค์กรการผลิตที่แลกเปลี่ยนข้อมูลที่อาจเป็นเรื่องทางเทคนิคหรือที่เกี่ยวข้ององค์กร (Zeid, Sundaram et al. 2019) ปัญหาที่พบในการบูรณาการระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น ความสอดคล้องของข้อมูลในฐานข้อมูลที่มีการกระจายขนาดใหญ่ และการทำงานข้ามหน้าที่โดยใช้ (ERP) (Rai, Patnayakuni et al. 2006)

ข) ขาดการประสานงานที่ราบรื่นในสมาชิกซัพพลายเชน

(Lack of horizontal integration among supply chain's members) PB2

ธุรกิจต้องการการประสานงานและการทำงานร่วมกันที่แข็งแกร่งระหว่างสมาชิกในซัพพลายเชน ดังนั้นองค์กรต้องสร้างความมั่นใจในการทำงานร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียให้มีความโปร่งใส (Luthra, Kumar et al. 2019) ถ้าบริษัทมีการผนวกรวมกับซัพพลายเออร์และพันธมิตรอย่างใกล้ชิดจะทำให้เกิดการบูรณาการแนวนอน (Chen 2017) ซึ่งเป็นการรวมระบบไอทีที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆของการผลิตและกระบวนการวางแผนธุรกิจภายในบริษัท เช่น โลจิสติกขาเข้า, การผลิต, การขนส่งขาออก, การตลาด และระหว่างบริษัทหรือเครือข่ายคุณค่า (Liao, 2017) การประสานงานที่ราบรื่นเป็นความท้าทายเมื่อองค์กรต้องการบูรณาการห่วงโซ่คุณค่ามุ่งเน้นความต้องการการร่วมมืออย่างใกล้ชิดท่ามกลางพันธมิตรในห่วงโซ่คุณค่าตามแนวทางการบูรณาการห่วงโซ่คุณค่าตามแนวนอน (Raj, Dwivedi et al. 2020)

ค) ขาดกระบวนการทำงานแบบยืดหยุ่นและการทำงานร่วมกัน

(Lack of process flexibility and interoperability) PB3

หนึ่งในเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอัจฉริยะคือ ความยืดหยุ่น (Frank, 2019) ความยืดหยุ่นในการผลิตถูกมองเป็นตัวชี้วัดสำคัญต่อความพร้อมในการนำอุตสาหกรรม 4.0 มาใช้ (Samaranayake, Ramanathan et al. 2017) ความยืดหยุ่นช่วยให้ระบบตอบสนองต่อเปลี่ยนแปลงทั้งภายในหรือภายนอกที่เกิดขึ้น เมื่อรวมอุปกรณ์อื่นเข้าไปในระบบทำให้เกิดตอบสนองแบบไดนามิกและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ (Rajput and Singh 2019) ความสามารถในการปรับขยายเป็นความท้าทายที่สำคัญในระบบอุตสาหกรรม 4.0 เนื่องจากมีวัตถุทางกายภาพจำนวนมากถูกเชื่อมต่อกันในเครือข่ายการผลิต อาจทำ

ให้เกิดปัญหาความยืดหยุ่นและการปรับขยาย (Xu, Xu et al. 2018) โมเดลการผลิตแบบดั้งเดิมขาดประสิทธิภาพในการจัดส่งและความยืดหยุ่นสำหรับระบบการออกแบบอุตสาหกรรม 4.0 แบบพลวัตรที่ต้องการการเปลี่ยนแปลงหลายอย่าง โดยคุณสมบัติของโรงงานผลิต เช่น ส่วนย่อยในการออกแบบการปรับขนาดความเข้ากันได้ความคล่องตัวและความเป็นสากล (Tiwari and Khan 2020) โรงงานอัจฉริยะต้องการความคล่องตัวจากสร้างหรือปรับปรุงสายการผลิตและสถานีงานให้มีขนาดเล็กลง, รับรองระบบการผลิตที่ยืดหยุ่นปรับขนาดได้, ลดเวลาในการตั้งค่าสำหรับการกำหนดค่าใหม่, ผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายและในปริมาณที่หลากหลายโดยไม่มีค่าใช้จ่ายในการกำหนดค่าใหม่ที่สำคัญและเวลา, ปรับและปรับกระบวนการด้วยตนเอง, เปิดใช้งานง่ายและเปลี่ยนระบบของเทคโนโลยีการผลิตใหม่,ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็วเพื่อให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ง่ายขึ้นและลดความต้องการสำหรับคลังสินค้า (Rauch, Dallasega et al. 2019)

4. บทสรุป

จากเนื้อหาข้างต้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรคในการนำอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งสัมพันธ์กับตัวชี้วัดการพัฒนาอย่างยั่งยืนตามแนวทาง Triple bottom line ทำให้เห็นถึงอุปสรรคในการนำอุตสาหกรรม 4.0 มาใช้ในด้านต่างๆ จากการทบทวนวรรณกรรมที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ ซึ่งองค์กรมักประสบปัญหาเมื่อนำมาใช้ ซึ่งการที่องค์กรจะนำอุตสาหกรรม 4.0 มาใช้ให้ประสบความสำเร็จต้องหาวิธีแก้ไข และนำไปวางแผนกลยุทธ์สำหรับองค์กร สำหรับการศึกษาต่อไปในอนาคตผู้เชี่ยวชาญสามารถนำอุปสรรคที่พบไปจัดลำดับความสำคัญ หรือขยายผลต่อสู่วิธีแก้ปัญหาในรายละเอียดเชิงลึกต่อไป

เอกสารอ้างอิง (References)

Arcidiacono, F., A. Ancarani, C. D. Mauro and F. Schupp (2019). Where the Rubber Meets the Road. Industry 4.0 Among SMEs in the Automotive Sector. **IEEE Engineering Management Review** 47(4), 86-93.

Beier, G., A. Ullrich, S. Niehoff, M. Reißig and M. Habich (2020). Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. **Journal of Cleaner Production** 259.

Braccini, A. M. and E. Margherita (2018). Exploring Organizational Sustainability of Industry 4.0 under the Triple Bottom Line: The Case of a Manufacturing Company. **Sustainability** 11, 36.

Cezarino, L., L. Liboni, N. Stefanelli, B. Oliveira and L. Stocco (2019). Diving into emerging economies bottleneck: Industry 4.0 and implications for circular economy. **Management Decision.**

Chen, Y. (2017). Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers. **Engineering** 3(5): 588-595.

Chukalov, K. (2017). HORIZONTAL AND VERTICAL INTEGRATION, AS A REQUIREMENT FOR CYBER-PHYSICAL SYSTEMS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0. **INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL "INDUSTRY 4.0"** 2(4), 155-157.

Frank, A. G., L. S. Dalenogare and N. F. Ayala (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics** 210, 15-26.

Freddi, D. (2017). Digitalisation and employment in manufacturing. **Ai & Society** 33(3), 393-403.

Glass, R., A. Meissner, C. Gebauer, S. Stürmer and J. Metternich (2018). Identifying the barriers to Industrie 4.0. **Procedia CIRP** 72, 985-988.

Habib, M. K. and C. Chimsom (2019). Industry 4.0: Sustainability and Design Principles. **Proceedings of the 20th International Conference on Research and Education in Mechatronics (REM)**, Wels, Austria, May 23-24

Hendrik, S. B., W. V. Johannes, M. M. Julian, H. Evi and V. Kai-Ingo (2019). Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers. **Sustainability** 11, 384

Horváth, D. and R. Z. Szabó (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? **Technological Forecasting and Social Change** 146, 119-132.

Kamble, S. S., A. Gunasekaran and R. Sharma (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. **Computers in Industry** 101, 107-119.

Kiel, D., C. Arnold and K.-I. Voigt (2017). The influence of the Industrial Internet of Things on business models of established manufacturing companies – A business level perspective. **Technovation** 68, 4-19.

Liao, Y., F. Deschamps, E. d. F. R. Loures and L. F. P. Ramos (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research** 55(12), 3609-3629.

Lezzi, M., M. Lazoi and A. Corallo (2018). Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: A reference framework. **Computers in Industry** 103, 97-110.

Luthra, S., A. Kumar, E. Zavadskas, S. Mangla and J. A. Garza-Reyes (2019). Industry 4.0 as enabler of sustainability diffusion in supply chain: analysis of influential strength of drivers in emerging economy. **International Journal of Production Research** 58:5, 1505-1521

Machado, C. G., M. P. Winroth and E. H. D. Ribeiro da Silva (2020). Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda. **International Journal of Production Research** 58(5), 1462-1484.

Manda, M. I. and S. Ben Dhaou (2019). Responding to the challenges and opportunities in the 4th Industrial revolution in developing countries. **Proceedings of the 12th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance - ICEGOV2019** Melbourne, VIC, Australia, April 3–5, 2019244-253.

Mohamed, N., J. Al-Jaroodi and S. Lazarova-Molnar (2019). Leveraging the Capabilities of Industry 4.0 for Improving Energy Efficiency in Smart Factories. **IEEE Access** 7, 18008-18020.

Moktadir, M. A., S. M. Ali, S. K. Paul and N. Shukla (2019). Barriers to big data analytics in manufacturing supply chains: A case study from Bangladesh. **Computers & Industrial Engineering** 128, 1063-1075.

Munsamy, M. and A. Telukdarie (2018). Application of Industry 4.0 towards Achieving Business Sustainability. **2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)** 844-848

Pham, T. T., T.-C. Kuo, M.-L. Tseng, R. R. Tan, K. Tan, D. S. Ika and C. J. Lin (2019). Industry 4.0 to Accelerate the Circular Economy: A Case Study of Electric Scooter Sharing. **Sustainability** 11(23).

Rai, A., R. Patnayakuni, N. Seth and N. Patnayakuni (2006). Firm Performance Impacts of Digitally Enabled Supply Chain Integration Capabilities. **MIS Quarterly** 30, 225-246.

Raj, A., G. Dwivedi, A. Sharma, A. B. Lopes de Sousa Jabbour and S. Rajak (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. **International Journal of Production Economics** 224.

Rajput, S. and S. P. Singh (2019). Industry 4.0 – challenges to implement circular economy. **Benchmarking: An International Journal.**

Rao, S. K. and R. Prasad (2018). Impact of 5G Technologies on Industry 4.0. **Wireless Personal Communications** 100(1), 145-159.

Rauch, E., P. Dallasega and M. Unterhofer (2019). Requirements and Barriers for Introducing Smart Manufacturing in Small and Medium-Sized Enterprises. **IEEE Engineering Management Review** 47(3), 87-94.

Rupesh, K. and K. Surendra (2018). Information technology barriers in Indian sugar supply chain: an AHP and fuzzy AHP approach. **Benchmarking: An International Journal** 25(7), 1978-1991.

Samaranayake, P., K. Ramanathan and T. Laosirihongthong (2017). Implementing industry 4.0 — A technological readiness perspective. **2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)** Singapore, 529-533

Sony, M. and S. Naik (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: a review and future research direction. **Production Planning & Control** 31(10), 799-815.

Tiwari, K. and M. S. Khan (2020). Sustainability accounting and reporting in the industry 4.0. **Journal of Cleaner Production** 258, 120783.

VEILE, J. W., D. KIEL, J. M. MÜLLER and K.-I. VOIGT (2018). HOW TO IMPLEMENT INDUSTRY 4.0?
AN EMPIRICAL ANALYSIS OF LESSONS LEARNED FROM BEST PRACTICES. **International Association for Management of Technology IAMOT 2018 Conference Proceedings.**

Xu, L. D., E. L. Xu and L. Li (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research** 56(8), 2941-2962.

Zeid, A., S. Sundaram, M. Moghaddam, S. Kamarthi and T. Marion (2019). Interoperability in Smart Manufacturing: Research Challenges. **Machines** 7(2).