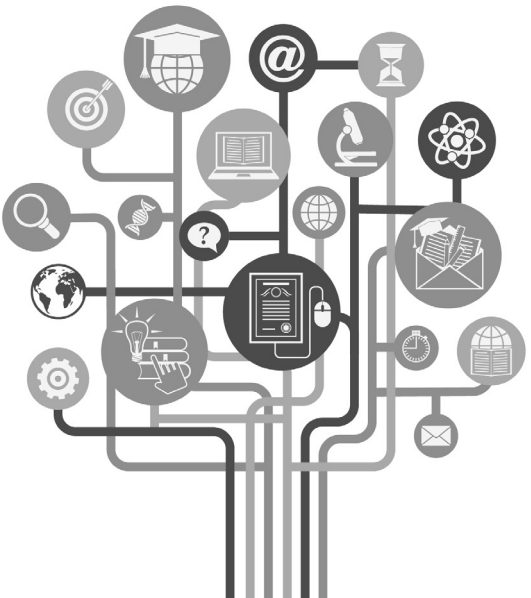
10

ความสัมพันธ์ของอุตสาหกรรม 4.0 ลีน 4.0 การผลิตแบบลีน และการนำไปปฏิบัติใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต

The Relationships of Industry 4.0, Lean 4.0, Lean Manufacturing, and Implementation in Manufacturing Industry

สายชล พึ่งแย้ม สุรสิทธิ์ บุญชูนนท์ และโอปอล์ สุวรรณเมฆ
Saichol Puengyaem Surasidh Boonchunone and Opal Suwunnamek



ความสัมพันธ์ของอุตสาหกรรม 4.0 ลีน 4.0 การผลิตแบบลีน และการนำไปปฏิบัติใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต

The Relationships of Industry 4.0, Lean 4.0, Lean Manufacturing, and Implementation in Manufacturing Industry

สายชล พึ่งแย้ม[1] สุรสิทธิ์ บุญชูนนท์[2] และโอปอล์ สุวรรณเมฆ[3]
Saichol Puengyaem Surasidh Boonchunone and Opal Suwunnamek
[1]คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240.
Faculty of Business Administration, Ramkhamhaeng University, Bangkok 10240, Thailand
e-mail: 6419101002@rumail.ru.ac.th
[2]คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240.
Faculty of Business Administration, Ramkhamhaeng University, Bangkok 10240, Thailand
e-mail: surasidh.b@ru.ac.th
[3]คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
Bachelor of Business Administration, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520.Thailand e-mail: opal.su@kmitl.ac.th.

***Received** : November 30, 2022 **Revised** : March 16, 2023 **Accepted** : April 11, 2023*

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของอุตสาหกรรม 4.0 ลีน 4.0 การผลิตแบบลีน และการนำไปปฏิบัติใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตด้วยการทบทวนวรรณกรรมแหล่งข้อมูลทางวิชาการ ในภาพรวมแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของอุตสาหกรรมการผลิตที่ต้องการมุ่งเน้นการสร้างคุณค่าเพิ่ม การกำจัดของเสีย การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง การมุ่งเน้นลูกค้า และใช้หลักการปฏิบัติการจัดการผลิตแบบลีน เพื่อเพิ่มผลิตภาพของกระบวนการผลิตด้วยการเลือกนำเครื่องมือการผลิตแบบลีนผ่านการขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล 4.0 การผลิตแบบลีนและอุตสาหกรรม 4.0 ที่เรียกว่าแบบลีน 4.0 ต่างมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันและส่งผลต่อการนำการจัดการแบบลีนไปปฏิบัติใช้อย่างมีนัยสำคัญ บทความได้นำเสนอถึงแนวทาง 3 ขั้นตอนเพื่อยกระดับความสามารถขององค์การในแบบลีน 4.0 ที่นำไปสู่การเพิ่มพูนผลการดำเนินงานขององค์การเพื่อให้ประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามลีน 4.0 และการผลิตแบบลีนยังพบว่า มีประเด็นอุปสรรคปัญหาที่สำคัญและซับซ้อนสำหรับหลาย ๆ อย่างจากบริษัทในการสนับสนุนและนำไปใช้งานในการปรับปรุงแบบองค์รวมและกลยุทธ์การใช้งานที่มีประโยชน์สำหรับบริษัท

คำสำคัญ: อุตสาหกรรม 4.0; ลีน 4.0; การผลิตแบบลีน; การนำไปปฏิบัติใช้; เครื่องมือการจัดการแบบลีน

Abstract

This academic article aims to study the relationship of industry 4.0, lean 4.0, lean manufacturing and implementation in the manufacturing industry by literature review on Scopus academic resources. The overview shows the importance of the manufacturing industry to focus on adding value, eliminating waste, continual improvement, customer focus, and implementing lean manufacturing practices to increase the productivity of the production process by choosing lean management tools driven by digital 4.0 technology. Lean manufacturing and Industry 4.0 interact with each other, as lean 4.0, and significantly affect the lean management implementation. This article also shows that the three-step can improve and enhance organizational capabilities in lean 4.0, and lead to the enabling significantly more organizational performance for greater success. However, Lean 4.0 and Lean Manufacturing also found that important and complex issues for many things. Lean 4.0 and lean manufacturing, however, also discovered a number of significant and complex barriers that prevent businesses from supporting and implementing holistic improvements and practical deployment techniques.

Keywords: Industry 4.0; Lean 4.0; Lean Manufacturing; Implementation; Lean Management Tool

บทนำ

ปัจจุบันการนำแนวคิดการผลิตแบบลีนมาปรับใช้ในองค์การอย่างแพร่หลายเพื่อยกระดับความสามารถในการผลิต การตลาด ผลการดำเนินขององค์การให้ดีขึ้น ตลอดจนเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก โดยยึดมั่นในปรัชญาของการผลิตแบบลีน คือ การกำจัดของเสีย หรือการหลีกเลี่ยงของเสียที่สำคัญ การปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและการมุ่งเน้นลูกค้า พนักงานและซัพพลายเออร์ ในเมื่อระดับอุตสาหกรรมการผลิต 4.0 ทั้ง บริษัท โรงงานผลิต และผู้ประกอบการต่างได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงทั้งโซ่อุปทาน

จากปรากฏการณ์ของการเปลี่ยนแปลงอย่างเฉียบพลันทางเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ การขาดแคลนวัตถุดิบและปัจจัยการผลิต ปัญหาเงินเฟ้อ ระดับหนี้ที่สูงขึ้น ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นส่งผลกระทบอย่างมหาศาลทั่วโลกต่อด้านตลาด เศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับต้นทุนที่สูงเพิ่มขึ้น ปัญหาด้านคุณภาพ ความรวดเร็วในการส่งมอบ และความยืดหยุ่นในการดำเนินการ ผลกระทบดังกล่าวได้ทำให้ผู้ผลิตนำแนวคิดการจัดการการผลิตแบบลีนมาปรับใช้ในองค์การอย่างมีนัยสำคัญมาก เพื่อแก้หรือลดปัญหาและอุปสรรคเกี่ยวกับการนำแนวทางปฏิบัติการจัดการการผลิตแบบลีน เพื่อสามารถสร้างโอกาส และเป็นทางเลือกหนึ่งที่สำคัญในการบูณาการใช้ปฏิบัติงาน การเติมเต็มศักยภาพการดำเนินการ ตลอดจนการสร้างการยอมรับในระดับสากลให้กับบริษัทด้วยโมเดลการจัดการผลิตแบบลีนที่ซึ่งใช้กันและได้การยอมรับอย่างกว้างขวางในระดับสากล (Buer, Semini, Strandhagen, & Sgarbossa, 2021); (Onu & Mbohwa, 2021) ดังนั้นจึงส่งผลทำให้เกิดกรอบการทำงานที่เหมาะสมสำหรับจัดการกับความซับซ้อนในระดับสูงของสภาพแวดล้อมการผลิต การมุ่งเน้นการสร้างคุณค่าของลูกค้าและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ผลการดำเนินงานขององค์การ ตลอดจนการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในการนำไปปรับใช้อย่างเหมาะสมกับการบริหารจัดการ (Dillinger, Bernhard, & Reinhart, 2022); (Dillinger, Kagerer, & Reinhart, 2021); (Mayr et al., 2018); (Prinz, Kreggenfeld, & Kuhlenkötter, 2018) ในการศึกษาถึงมุมมองของความสัมพันธ์การผลิตแบบลีนและอุตสาหกรรม 4.0 หรือที่เรียกว่า “ลีน 4.0” จึงถูกนำมาใช้เป็นหลักในการผลิตของธุรกิจชั้นนำ ตลอดจนการนำเครื่องมือเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ของอุตสาหกรรม 4.0 มาปรับใช้ร่วมกับการจัดการในกระบวนการผลิตแบบลีน (lean management) และนำไปสู่แนวทางการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและการนำไปปรับใช้กับบริษัท/ โรงงานผลิต/ ผู้ประกอบการที่มีวุฒิภาวะหลายระดับโดยมุ่งเน้นเชิงระบบหรือรูปแบบเชิงบูรณาการในประเด็นสำคัญ

อุตสาหกรรม 4.0 (industry 4.0: I4) มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันกับลีน 4.0 อันนำไปสู่ความสัมพันธ์ต่อสถานที่ทำงานเชิงการผลิตแบบลีน (lean manufacturing: LM/ lean production: LP) ระบบการผลิตที่มุ่งเน้นการสร้างคุณค่าเพิ่ม (value added creation) ให้กับผลิตภัณฑ์ หรือการใช้กลยุทธ์/ เครื่องมือเพื่อกำจัดความสูญเปล่าเพื่อส่งมอบสินค้าที่ลูกค้าต้องการและทันเวลาไปปรับใช้ให้เกิดประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์

ของอุตสาหกรรมการผลิตในอนาคต (Coronado et al., 2022); (Deshmukh, Gangele, Gope, & Dewangan, 2022); (Dossou, Torregrossa, & Martinez, 2022); (Javaid & Haleem, 2020); (Onu & Mbohwa, 2021); (Xu, Lu, Vogel-Heuser, & Wang, 2021) จากความสัมพันธ์ดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อความอยู่รอดขององค์การที่มีวัฒนธรรมที่ยอมรับการเปลี่ยนแปลงที่ต้องยึดมั่นและกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มาจากการได้ปรับปรุง และการนำไปใช้ในการปฏิบัติงานซึ่งสามารถยืนยันถึงประโยชน์และความสำคัญที่มีต่ออุตสาหกรรมการผลิตปัจจุบันและการปฏิวัติอุตสาหกรรมที่สูงขึ้นในอนาคต (Industry 5.0) (Wilson, 2010)

วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุตสาหกรรม 4.0 ลีน 4.0 การผลิตแบบลีน เครื่องมือการจัดการแบบลีน และการนำไปปฏิบัติใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต

การทบทวนวรรณกรรม

อุตสาหกรรม 4.0 (Industry 4.0: I4.0)

การนำเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่มาเป็นตัวขับเคลื่อนในขั้นตอนของการเริ่มต้นเพื่อการเปลี่ยนแปลงตามหลักการของอุตสาหกรรม 4.0 ด้วยการผสมผสานรวมสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิต โซ่อุปทาน และระบบบริการ เพื่อให้สามารถจัดตั้งเครือข่ายมูลค่าเพิ่มได้ โดยใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลที่เกิดขึ้นใหม่ หรือที่เรียกว่า เทคโนโลยี 4.0 จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งสำหรับการปรับตัวและให้ประสบความสำเร็จ ทำให้การใช้อินเทอร์เน็ตอุตสาหกรรมจึงมีบทบาทเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ทั้งนี้เพราะมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอย่างทั่วถึง

สำหรับ อุตสาหกรรม 4.0 ได้มีการเปิดตัวที่ Hannover Messe ในงานแสดงสินค้าที่ใหญ่ที่สุดในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรม ณ ประเทศเยอรมัน ในปี 2544 โดยมีประเด็นสำคัญและได้รับความสนใจอย่างมากเกี่ยวกับเครือข่ายแบบเรียลไทม์และอัจฉริยะของวัตถุ บุคคล เครื่องจักร และอุปกรณ์ทั่วทั้งองค์การ โดยมีเป้าหมายเพื่อการสร้างโซ่คุณค่าที่ชาญฉลาด เชื่อมต่อเครือข่าย และคล่องตัว รวมถึงการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการไปพร้อม ๆ กัน เช่น บทบาทที่สำคัญของระบบไซเบอร์กายภาพ (cyber physical systems: CPS) ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุ อุปกรณ์

และผู้คนได้รับการติดตั้งเซ็นเซอร์และเป็นผู้ดำเนินการในการสื่อสารระหว่างกันใน อุตสาหกรรม อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูลสารสนเทศ และการไหลของวัสดุตลอดโซ่คุณค่า โดยผสานการสื่อสารเข้ากับเทคโนโลยีการผลิต เป็นต้น ในภาพรวมแล้ว อุตสาหกรรม 4.0 เป็นการรวมเอาเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่หลากหลาย ที่ช่วยเปลี่ยนโฉมการผลิต เช่นเดียวกับการผลิตแบบลีน เทคโนโลยีของอุตสาหกรรม 4.0 ที่ทำให้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างใกล้ชิด อันนำไปสู่การนำเครื่องมือเทคโนโลยี 4.0 มาช่วยสนับสนุนแนวทางการจัดการผลิตแบบลีน (เช่น ระบบกายภาพทางไซเบอร์ อินเทอร์เน็ต ของอุตสาหกรรม (industrial IoT: IIoT) การระบุเอกลักษณ์ด้วยคลื่นวิทยุ (radio frequency identification: RFID) ข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) คลาวด์คอมพิวติ้ง (cloud computing) การผลิตแบบคลาวด์ (cloud manufacturing) วิทยาการหุ่นยนต์ (robotics) การจำลอง (simulation) ความปลอดภัยทางไซเบอร์ (cyber security) เทคโนโลยีมือถือ (mobile technologies) เป็นต้น)(Kamble, Gunasekaran, & Dhone, 2020); (Liao, Deschamps, Loures, & Ramos, 2017); (Lobo Mesquita, Lizarelli, Duarte, & Oprime, 2021); (Mofolasayo, Young, Martinez, & Ahmad, 2022) ที่นำไปสู่รูปแบบกระบวนการผลิต ของความสามารถทำให้เกิดการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์ ระบบอัจริยะ และหุ่นยนต์ สำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมที่สูงขึ้นในอนาคต

ลีน 4.0 (lean 4.0)

แนวคิดแบบลีนได้ถูกนำมาใช้เมื่อต้นทศวรรษ 1990 มีรากฐานของแนวคิดจาก การจัดการทางวิทยาศาสตร์ของ Frederick Winslow Taylor ที่มุ่งเน้นไปที่การแบ่งงาน การศึกษาเวลา และมาตรฐานของงาน พื้นฐานเฉพาะที่มากขึ้น ส่งผลทำให้การพัฒนา และแนวทางปฏิบัติของลีนเป็นที่รู้จักทั่วโลกในอุตสาหกรรมยานยนต์ ลีนเป็นแนวคิดใหม่ ในหมู่องค์การที่ดำเนินงานมุ่งเน้นไปที่การลดต้นทุนและประสิทธิภาพการทำงานบน เงื่อนไขการทำงานของพนักงาน เป็นคำที่อธิบายปรัชญาที่มีศูนย์กลางอยู่ที่การลด ทรัพยากร การกำจัดของเสียเพื่อสร้างมูลค่า และการปรับปรุงพื้นที่การผลิตซึ่งมุ่งเป้า ไปที่การลดต้นทุนโดยรวมของบริษัท (Ohno & Bodek, 2019)

การผลิตแบบลีน (lean production/ lean manufacturing)

ในช่วงทศวรรษ 1950 Taiichi Ohno ได้มุ่งความสนใจไปที่สายธารคุณค่า ขั้นตอน การผลิต และของเสียในรูปแบบต่าง ๆ ภายใน Toyota Motor Corporation โดยมุ่งเน้น

ถึงการพัฒนาความร่วมมือกับเพื่อนร่วมงาน เครื่องมือ และวิธีการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของบริษัท ทำให้เกิดระบบใหม่ทั้งหมด ที่เรียกว่า ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota production system: TPS) ภายหลังเรียกว่า “Lean” สำหรับการผลิตแบบลีน (lean production: LP) เป็นที่เรื่องเกี่ยวกับหลักการของ TPS ที่คิดค้นโดย Krafcik (1988) ที่ว่าด้วยระบบการใช้หลักการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง วิธีการและเครื่องมือต่าง ๆ มากมาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะขจัดสิ่งที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม ทำให้บริษัทได้รับประโยชน์และมีความได้เปรียบทางการแข่งขันอย่างมาก (Ohno & Bodek, 2019) การผลิตแบบลีนเป็นระบบทางสังคมและเทคนิคที่แปลงปัจจัยนำเข้าเป็นปัจจัยนำออกที่ต้องการ การเพิ่มมูลค่าหรือกระบวนการที่เกี่ยวข้อง มีเป้าหมายเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นกลางและขั้นสุดท้าย ลำดับที่กำหนดไว้ของการเปลี่ยนแปลง การกำหนดโครงสร้างภายในและการควบคุมลำดับของกระบวนการ (Schumacher, Schmid, Bildstein, & Bauernhansl, 2021) รวมถึงความเป็นระบบระเบียบแบบแผนเฉพาะขององค์การที่เน้นความต่อเนื่องของกระบวนการทั้งหมดให้กับลูกค้า และการบรรลุเป้าหมายในการจัดการองค์การ (Dombrowski, Richter, & Krenkel, 2017)

การผลิตแบบลีน (lean manufacturing: LM) เป็นระบบที่มุ่งพัฒนาและบูรณาการแรงงานอย่างต่อเนื่องโดยมุ่งเน้นที่กิจกรรม การเพิ่มมูลค่า และการกำจัดของเสียอย่างชัดเจน ได้การยอมรับอย่างกว้างขวางในการผลิต (Mofolasayo et al., 2022) ถือได้ว่าเป็นระบบที่สมบูรณ์ที่ความสัมพันธ์เชื่อมโยงต่อกิจกรรมของทุกคน ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงไปจนถึงพนักงานในสายงาน และยอมรับให้นำเอาซัพพลายเออร์ให้เข้าเป็นมีส่วนร่วมขององค์รวม เพื่อจะได้สามารถตอบสนองความต้องการทางการตลาดจากผู้บริโภคได้แทบจะในทันที นอกจากนี้การผลิตแบบลีนยังเป็นแนวทางให้หลาย ๆ บริษัทได้เรียนรู้และนำไปปฏิบัติใช้เพื่อ (1) เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการ (2) เพื่อขจัดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่าอย่างเป็นระบบ โดยมีพนักงานเป็นศูนย์กลางของแนวทางที่ยึดตามมูลค่า (3) ช่วยในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องผ่านกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และ (4) เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย โดยบริษัทควรมุ่งเน้นไปที่ปรัชญาค่านิยม และวัฒนธรรมแบบลีนตลอดจนหลักการ วิธีการ การบรรลุคุณภาพ และการมุ่งเน้นไปที่ลูกค้า (Dillinger et al., 2022); (Worley & Doolen, 2006)

เครื่องมือการจัดการแบบลีน (lean management tool)

เครื่องมือเทคโนโลยี 4.0 หรือบางครั้งก็อาจเรียกว่า เทคนิคที่นำมาสนับสนุนในการจัดการแบบลีนด้วยเครื่องมือ/ เทคนิคการจัดการปฏิบัติงานขั้นพื้นฐาน (Buer, Strandhagen, & Chan, 2018); (Marinelli, Deshmukh, Janardhanan, & Nielsen, 2021); (Mofolasayo et al., 2022) ได้แก่ (1) การบริหารจัดการขั้นฐาน เช่น ความเป็นผู้นำ การวางแผนเชิงกลยุทธ์ การฝึกอบรม การมีส่วนร่วม และ (2) การใช้เครื่องมือคุณภาพขั้นพื้นฐานในการปฏิบัติงาน เช่น 5ส (5S) กลุ่มกิจกรรมคุณภาพ (quality control circle; QCC) กลุ่มเครื่องมือคุณภาพทั้ง 7 (7 QC tools) การควบคุมการมองเห็น (visual diagram) (Tangpaitoon, 2021) และ (3) การปฏิบัติงานในระดับสูงเป็นกลุ่มเครื่องมือ TQM, การผลิตทันเวลาพอดี (just in Time: JIT) การวางแผนขั้นตอนการผลิต (pull system production)/ kaizen, การบำรุงรักษาเชิงป้องกันทั้งหมด (total productive maintenance: TPM) ระบบอัตโนมัติ (automation) แผนผังสายธารคุณค่า (value stream mapping: VSM) งานที่ทำเป็นสิ่งแรก (asaichi) การลดเวลาการตั้งค่า (reduction of set-pp/ changeover time) การปรับตั้งเครื่องจักรแบบรวดเร็ว (single minute exchange dies: SMED/ quick changeover) การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (continuous improvement)/ kaizen) ความเร็วในการผลิต (takt-time) รอบเวลา (cycle time) ระบบป้องกันความผิดพลาด (poka-yoke) (Belekoukias, Garza-Reyes, & Kumar, 2014); (Pongnuch, 2017); (Shah & Ward, 2007) เครื่องมือดังกล่าวนี้เป็นตัวขับเคลื่อนที่ให้ผลลัพธ์ดีเลิศ และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการแบบลีน

การจัดการแบบลีน (lean management: LM)

ในช่วง 20 ปี ที่ผ่านมาแนวคิดหลักการดำเนินการลีน 5 ประการ ของ Womack and Jones ได้ถูกนำมาใช้ในการจัดการแบบลีนซึ่งมาจากพื้นฐานการจัดการคุณภาพ โดยรวมที่มุ่งเน้นด้านความมุ่งมั่นในการเป็นผู้นำ การมีส่วนร่วมของทุกคน การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง การจัดการตามข้อเท็จจริง การมุ่งเน้นกระบวนการ การมุ่งเน้นลูกค้า และการนำเทคโนโลยีมาใช้ ซึ่งสอดรับกับแนวทางของอุตสาหกรรม 4.0 และการพัฒนาอุตสาหกรรมที่สูงขึ้นในอนาคตที่นำมาใช้ในการสนับสนุนค่านิยมองค์การ ค่านิยมส่วนบุคคล ซึ่งถือได้ว่าเป็นเครื่องมือ/เทคนิคที่มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ ประสิทธิผลในการพัฒนาผลการดำเนินงาน และบูรณาการบริหารจัดการคุณภาพแบบองค์รวม (Cua, McKone-Sweet,

& Schroeder, 2006); (Kolberg & Zühlke, 2015); (Maddikunta et al., 2022); (Pongnuch, 2017) อันนำไปสู่แนวทางการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องของการจัดการแบบลีนที่มีลักษณะ (1) ศึกษาเกี่ยวกับพนักงาน (2) วิธีการขับเคลื่อนการดำเนินงานภายในองค์การ (3) วัฒนธรรมองค์การ (4) ความมุ่งมั่นในการเป็นผู้นำ (Worley & Doolen, 2015) (5) เป็นระบบทางสังคมและเทคนิคแบบบูรณาการ (6) แนวทางทางแก้ปัญญาในการปรับปรุงกระบวนการ สร้างและเพิ่มพูนความสามารถในการแข่งขัน (7) ให้เป็นวัตถุประสงค์หลัก ได้แก่ การกำจัดของเสีย การลดซัพพลายเออร์ ลูกค้า และความแปรปรวนภายในให้น้อยที่สุดไปพร้อมกันภายในองค์การ และ (8) มีระบบย่อยทางเทคนิคที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ เทคโนโลยี และกระบวนการ ในขณะที่ระบบย่อยทางสังคมประกอบด้วยบุคคลและความสัมพันธ์ (Basu & Dan, 2020); (Tortorella, Miorando, & Marodin, 2017); (Yadav, Nepal, Rahaman, & Lal, 2017)

การนำการจัดการแบบลีนไปใช้ (lean management implementation)

แก่นหลักพื้นฐานของการนำลีนมาปรับใช้ไม่แตกต่างกันมากทำให้มีการนำไปใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม ครอบคลุมกิจกรรมทั้งหมดในธุรกิจและบริษัทระดับโลกเพื่อวัตถุประสงค์ให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด ส่วนผลัพธ์หรือประสิทธิภาพที่ได้รับมากหรือน้อยแตกต่างกันไปตามขีดความสามารถขององค์การนั้น ๆ (Protzman III, Protzman, & Keen, 2018) การมุ่งเน้นการบริหารจัดการผลิต การปฏิบัติงานขั้นพื้นฐาน หรือระดับสูง การบูรณาการเครื่องมือ/ เทคนิคการบริหารจัดการเพื่อเตรียมตัวและเตรียมความพร้อมของการเข้าสู่ยุคสมัยของความเป็นโลกาภิวัฒน์ การเปลี่ยนแปลงอย่างเฉียบพลันของเทคโนโลยีและดิจิทัลที่นำไปสู่ทางการปฏิวัติอุตสาหกรรมที่สูงขึ้นในอนาคต (I5.0) ที่ขับเคลื่อนด้วยคุณค่า ความเป็นอยู่ที่ดีทางกายภาพและทางปัญญาของผู้ปฏิบัติงาน ความยั่งยืน และความยืดหยุ่นของผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมที่ศูนย์กลางของกระบวนการผลิตแทนที่จะเป็นระบบที่เน้นระบบ ตลอดจนการพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์ ระบบอัจริยะ และหุ่นยนต์ (Coronado et al., 2022); (Lu et al., 2022); (Maddikunta et al., 2022); (Xu et al., 2021) ทั้งนี้ควรตั้งอยู่บนพื้นฐานหลักของการจัดการแบบลีน 4 ประเด็นหลัก ได้แก่ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนด ความรวดเร็วในการส่งมอบ (speed) ประสิทธิภาพเวลา (time) ความยืดหยุ่น (flexible) ในการเปลี่ยนระดับปริมาณการผลิต และต้นทุน/ค่าใช้จ่าย (cost)

(Belekoukias et al., 2014); (Singh, Singh, & Khamba, 2021) ตลอดจนความยั่งยืนและแนวทางปฏิบัติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Kaswan & Rathi, 2020); (Rathi et al., 2022)

ประเด็นอุปสรรคและปัญหาน่าสนใจเกี่ยวกับการนำใช้งานสำหรับการจัดการแบบลีน ซึ่งจะมีลักษณะกระจายตัว และมีความหลากหลายในธรรมชาติทำให้ยากที่จะมีมุมมองเชิงบูรณาการหรือแบบองค์รวมของรายการปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และปัจจัยนำออก ทำให้เกิดปรากฏการณ์ถึงการรับรู้ถึงความสำคัญของการผลิตแบบลีนจึงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งบางครั้งผู้ปฏิบัติงานแบบลีนก็ยังคงมีความเข้าใจที่ไม่เหมาะสม ปัญหาและข้อบกพร่องต่าง ๆ เกี่ยวกับการผลิตแบบลีน อีกทั้งกรอบแนวคิดในวรรณกรรมที่ผ่านมายังพบว่า (1) ขาดการบูรณาการเป็นแบบรวมทุกอย่าง (2) บางส่วนเป็นนามธรรมหรือผิวเผินอย่างมาก ส่วนใหญ่ยังไม่ชัดเจนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ สำหรับการใช้งาน (3) โมเดลที่มีอยู่จำนวนมากยังใช้การวัดผลการดำเนินการที่ขาดประสิทธิภาพและมีขอบเขตข้อจำกัด และ (4) ขาดความครอบคลุมของมาตรการปัจจัยนำออกทั้งหมดในการนำการผลิตแบบลีนไปใช้อย่างครบถ้วน เพื่อให้ประสบความสำเร็จไปใช้พร้อมกันและทำให้ตรงความต้องการทางอุตสาหกรรมในปัจจุบันคือ การมีแนวทางแบบองค์รวมหรือเชิงบูรณาการไปสู่การผลิตแบบลีน (Basu & Dan, 2020) อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตของการผลิตแบบลีนไม่ใช่การรวบรวมองค์ประกอบที่หลวม ๆ แต่เป็นแนวทางการจัดการที่มีหลักการ เทคนิค และวิธีการที่เกี่ยวข้องกันอย่างเป็นระบบ เพื่อการทำงานร่วมกันและแนะนำการจัดการแบบลีนในภาพรวม ลำดับการใช้งานจึงจำเป็นยิ่ง (Dillinger et al., 2021)

แนวทางการปฏิบัติการนำไปใช้ มี 3 ขั้นตอน 7 ระยะ (Dillinger et al., 2021); (Mallory, 2018)

1. ขั้นตอนการระบุและขอบเขต (identification & scope) มี 2 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 วิเคราะห์ เพื่อระบุความจำเป็นสำหรับกลยุทธ์อ้างอิงแบบ Lean 4.0

ระยะที่ 2 คำจำกัดความ ต้องจำกัดความของมิติเป้าหมาย ขอบเขต และเกณฑ์ความสำเร็จ

2. ขั้นตอนการออกแบบ (design) มี 3 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 3 การเลือกและการจัดประเภท (selection and classification) เป็นการเลือกองค์ประกอบการผลิตแบบลีนและอุตสาหกรรม 4.0 ขึ้นอยู่กับขนาดเป้าหมายและขอบเขต

ระยะที่ 4 การวิเคราะห์การพึ่งพาอาศัยกัน (interdependence analysis) เป็นระยะการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบอุตสาหกรรม 4.0 ที่เลือกกับองค์ประกอบการผลิตแบบลีน การประเมินและวิเคราะห์วรรณกรรมดำเนินการควบคู่กันไปด้วยกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เมทริกซ์การพึ่งพาอาศัยกันแบบรวม

ระยะที่ 5 การพัฒนา (development) จากขั้นตอนที่ 2 จะเสร็จสิ้นด้วยขั้นตอนการพัฒนา ระยะที่ 5 นี้ ด้วยการรวบรวมผลลัพธ์ของขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้นทั้งหมด เพื่อให้ได้มาซึ่งกลยุทธ์การใช้งานอ้างอิง

3. ขั้นตอนการประเมินและการนำไปใช้ (evaluation and implementation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายมี 2 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 6 การประเมิน (evaluation) เป็นการตรวจสอบข้าม เมื่อดำเนินการอ้างอิงแล้วกลยุทธ์ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่ ที่ทำร่วมกันดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญจากทั้งสาขา การวิจัย และอุตสาหกรรม

ระยะที่ 7 ปรับตัวและการใช้งาน (adaption and implementation) เป็นระยะที่ควรพัฒนาวิธีการของผู้ใช้ภายในระยะสุดท้าย ซึ่งช่วยให้บริษัทต่าง ๆ สามารถปรับกลยุทธ์อ้างอิงให้ตรงกับความต้องการของตนได้ การปรับแต่งนี้ควรเป็นไปตามแนวทางจากบนลงล่าง

ความสัมพันธ์ระหว่างอุตสาหกรรม 4.0 กับลีน 4.0

การนำลีนไปปฏิบัติควรถูกมองว่าเป็นข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการเปลี่ยนแปลงทางอุตสาหกรรมไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งช่วยให้ลีนมีความสมบูรณ์มากขึ้น ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานภายในบริษัท สามารถสร้างองค์การแบบลีนได้ (Buer et al., 2018); (Tortorella & Fettermann, 2018) เทคโนโลยี อุตสาหกรรม 4.0 ทำให้สามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็วในการเปลี่ยนแปลง ป้องกันการผลิตมากเกินไป ลดของเสีย และเพิ่มพูนผลการดำเนินงานทางการเงินให้บริษัทผู้ผลิตจำนวนมาก (Kolberg et al., 2016); (Pamornmast, Sriyakul, & Termsittiparsert, 2019) อุตสาหกรรม 4.0 เพิ่มความสามารถจัดลำดับความสำคัญของการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง โดยเฉพาะเกี่ยวกับผลผลิตและต้นทุนเมื่อมีการผลิตจำนวนมาก ทำให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของกระบวนการแบบลีน เช่น lean six sigma อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรม4.0 ต่างก็เป็นส่วนเสริมกันและกันกับลีน 4.0 เมื่อนำแนวคิดทั้งสองมาใช้ร่วมกันส่งผลให้โซ่อุปทาน

ระดับโลกเป็นอิสระอย่างสมบูรณ์ ปราศจากข้อบกพร่อง และมีกระแสกระบวนการในอุดมคติ สรุปได้ว่า อุตสาหกรรม4.0 ส่งเสริมลีน ในลักษณะเดียวกับที่ลีนสามารถรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ได้ การผสานรวมแบบลีน กับ อุตสาหกรรม4.0 ส่งผลในเชิงบวกต่อการวัดผลการปฏิบัติงานของบริษัท/ องค์การ เช่น ความยืดหยุ่นที่เพิ่มขึ้น ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น การลดต้นทุนค่าใช้จ่าย เวลาการส่งมอบที่ลดลง และคุณภาพที่เพิ่มขึ้น อีกทั้ง ยังช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยบูรณาการด้วยเทคโนโลยีด้าน CPS, big data, IoT และการพัฒนาอุตสาหกรรมที่สูงขึ้นในอนาคต (Pamornmast et al., 2019): (Rossini, Costa, Tortorella, & Portioli-Staudacher, 2019); (Rossini, Costa, Tortorella, Valvo, & Portioli-Staudacher, 2021)

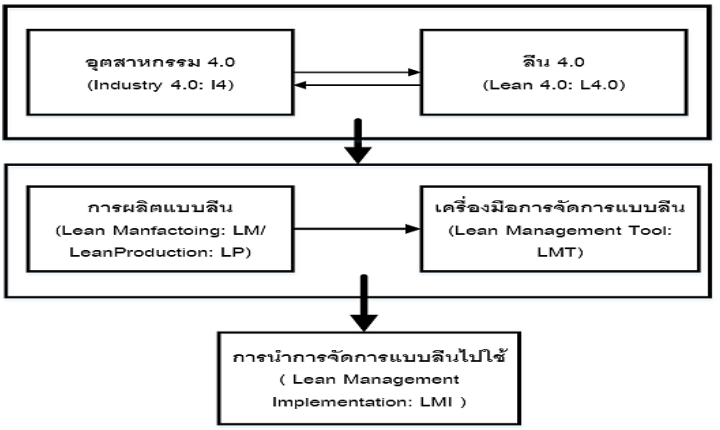
ความสัมพันธ์ระหว่างอุตสาหกรรม 4.0 และลีน 4.0 กับการผลิตแบบลีน

มุมมองการผลิตแบบลีนและ อุตสาหกรรม 4.0 มีเป้าหมายเหมือนกันคือ การเพิ่มความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพการทำงาน อันที่จริงแล้วสองมุมมองนี้ต่างมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การผลิตแบบลีนทำหน้าที่เป็นพื้นฐานสำหรับ อุตสาหกรรม 4.0 และอุตสาหกรรม 4.0 ปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิตแบบลีน โดยแนวคิดหลักของอุตสาหกรรม 4.0 และการใช้เทคโนโลยี 4.0 ที่ประกอบด้วย ระบบกายภาพทางไซเบอร์ การจัดการข้อมูล และการเชื่อมต่อต่างมีปฏิสัมพันธ์กันและกัน (Agostinho & Baldo, 2021) แนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน (LPS) ช่วยหลีกเลี่ยงของเสียในโรงงานและมุมมองแบบองค์รวมของระบบการผลิต กระบวนการที่มีประสิทธิภาพจึงถูกสร้างขึ้นด้วยแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีนที่มีหลักการและเครื่องมือต่าง ๆ ได้รับอิทธิพลจากแนวคิดใหม่ที่นำมาใช้ในระบบการผลิตมากขึ้นเช่นกัน (Langlotz & Aurich, 2021) การศึกษานี้พบว่า ความสัมพันธ์และการเชื่อมโยงแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีนและอุตสาหกรรม 4.0 มีการพึ่งพาอาศัยกัน ในด้าน (1) การพึ่งพาด้านพื้นฐานสำหรับอุตสาหกรรม 4.0 (2) อุตสาหกรรม 4.0 ทำให้ลีนมีความสมบูรณ์แบบ (3) อุตสาหกรรม 4.0 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพแบบลีน และ (4) หลักการแบบลีนนำไปสู่การเปลี่ยนแปลง การพึ่งพากันระหว่างมุมมองนี้ยังสนับสนุนการจัดโครงสร้างด้านเทคโนโลยี ระบบ และคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ (Dombrowski et al., 2017); (Schumacher, Schmid, Bildstein, & Bauernhansl, 2021) การพัฒนาอุตสาหกรรมที่สูงขึ้นในอนาคตและส่งผลต่อการจัดการนำลีนไปปฏิบัติใช้เพื่อการแสวงหาคุณค่าลูกค้า อันนำไปสู่ความ

เป็นเลิศด้านการผลิตที่มากขึ้น (Kamble et al., 2020); (Kamble et al., 2022); (Mofolasayo et al., 2022)

ความสัมพันธ์ระหว่างลีน 4.0 การผลิตแบบลีนและเครื่องมือการจัดการแบบลีน กับการนำการจัดการลีนไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่าง อุตสาหกรรม 4.0 กับ ลีน 4.0 ทำให้เกิดความเสถียรและการปรับแต่งด้วยการผสมผสานเทคโนโลยีการผลิตแบบลีนและระบบอัตโนมัติมาเป็นการใช้เครื่องมือมาช่วยขับเคลื่อนในการปรับปรุงความสามารถระบุการผลิต ความยืดหยุ่นของระบบการผลิตแบบลีนที่ทันสมัย ดังนั้น ลีน 4.0 จึงมีส่วนช่วย (1) ในการจัดการข้อจำกัดของการผลิตแบบลีนในการผลิตสินค้าแบบประหยัดในล็อตเดียว (2) ช่วยพัฒนาการผลิตให้เหนือกว่าการประหยัดจากขนาดแบบเดิม (3) ได้ผลลัพธ์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ช่วยปรับปรุงความโปร่งใสและคุณภาพของข้อมูล และ (4) ยิ่งไปกว่านั้นมีแนวโน้มในการรับมือกับความต้องการของตลาดที่ผันผวนและมีความซับซ้อนได้ดีกว่า (Kolberg & Zühlke, 2015); (Mayr et al., 2018) แสดงให้เห็นว่า ผลลัพธ์ของความสัมพันธ์ระหว่างกันทั้ง อุตสาหกรรม 4.0 ลีน 4.0 ที่ส่งอิทธิพลต่อการผลิตแบบลีนทำให้เกิดการนำการจัดการแบบลีนไปใช้ในการผลิต เพื่อเอาชนะอุปสรรคและปัญหาที่เผชิญอยู่ด้วยการปรับใช้เครื่องมือ/ เทคนิคการจัดการแบบลีนที่เหมาะสม (Buer, Strandhagen, & Chan, 2018); (Marinelli et al., 2021); (Mofolasayo et al., 2022) ซึ่งสอดคล้องตามแนวทางของ Dillinger et al. (2021) และ Mallory (2018) ด้วยเหตุผลที่ว่า (1) การที่มีความคล้ายคลึงกันที่เกี่ยวข้องกับเป้าหมายและมุ่งเน้นที่บทบาทที่สำคัญของตัวบุคคล/พนักงาน (Mayr et al., 2018) (2) มีความเชื่อมโยงไปสู่มุมมองแบบองค์รวมที่ให้หลักประกันได้ว่าหนึ่งในจุดมุ่งหมายหลักของระบบการผลิตแบบลีน (3) เพื่อหลีกเลี่ยงของเสีย (4) มีเป้าหมายและหลักการเฉพาะองค์การร่วมกับวิธีการและเครื่องมือ/ เทคนิคสำหรับการจัดการกระบวนการผลิตแบบองค์รวม (5) เพื่อปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีดิจิทัลที่กำลังสร้างความท้าทายใหม่ ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับของวิธีการ เครื่องมือและเทคนิค (Deshmukh et al., 2022); (Dombrowski et al., 201); (Schumacher et al., 2021) และ (6) การพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตให้สูงขึ้นในอนาคตด้วยความสัมพันธ์ดังกล่าวมาข้างต้น ดังภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 การนำการจัดการแบบลีนไปใช้

สรุปผล

บทความนี้มุ่งเน้นไปที่แนวทางความสัมพันธ์ของอุตสาหกรรม 4.0 ลีน 4.0 การผลิตแบบลีน และการนำไปปฏิบัติใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตตามแนวคิดและปรัชญาการผลิตแบบลีน ที่นำไปสู่การเพิ่มพูนหลักการนำไปปฏิบัติใช้และเพิ่มพูนองค์ความรู้เชิงวิชาการในรูปแบบความสัมพันธ์ อันนำไปสู่กรอบมุมมองเชิงบูณาการ ตลอดจนการพัฒนาการพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตให้สูงขึ้นในอนาคตเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 5.0 อย่างไรก็ตามมีกรอบแนวคิดความสัมพันธ์เหล่านี้ได้อ้างอิงจากวรรณกรรมต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงในรูปแบบเชิงบูรณาการแบบหลักพื้นฐาน

การผลิตแบบลีนเป็น (1) หลักปรัชญาเพื่อหลีกเลี่ยงของเสียที่สำคัญและเคารพลูกค้า พนักงาน และซัพพลายเออร์ (2) ยึดถือหลักการเพื่อการกำจัดของเสีย การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และการมุ่งเน้นลูกค้า (3) ใช้หลักการปฏิบัติการจัดการด้าน TQM, JIT, TPM ความเป็นผู้นำ และการปฏิบัติเชิงกลยุทธ์ (4) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสำหรับระบบการจัดการ ใช้เวลาน้อยลง ใช้กำลังคนน้อยลง ใช้ต้นทุนน้อยลง พื้นที่น้อยลง บาดเจ็บน้อยลง และผิดพลาดน้อยลง และ (5) เป็นปรัชญาระยะยาวขององค์การการผลิตในปัจจุบันที่ใช้ระบบสังคมเทคนิคแบบบูรณาการที่เกี่ยวข้องกับผู้คน สังคมและสิ่งแวดล้อมในขณะที่ด้านเทคนิคเกี่ยวข้องกับเครื่องจักร เทคโนโลยี และเทคนิค และ (6) ช่วยเพิ่มพูนการพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตให้สูงขึ้นในอนาคต

ทุกวันนี้อุตสาหกรรมการผลิตโดยเฉพาะบริษัทผู้ผลิตกำลังเผชิญกับความท้าทายใหม่ ๆ ปัญหา อุปสรรคที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น การปรับตัวเพื่อการเปลี่ยนแปลงและตอบสนองในกระบวนการผลิตและเน้นที่ผลประโยชน์ของบริษัท องค์การ ลูกค้า และผู้มีส่วนได้เสีย ดังนั้น การบูรณาการหรือผสมผสานระหว่างการผลิตแบบลีนและอุตสาหกรรม 4.0 หรือที่เรียกว่า “ลีน 4.0 หรือการผลิตแบบลีน” การนำเครื่องมือเทคโนโลยี 4.0 มาช่วยสนับสนุนในการปฏิบัติงานขั้นพื้นฐานของการจัดการแบบลีน ได้ถูกนำมาปรับใช้กันแพร่หลายและมีแนวโน้มมากขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบของลีน 4.0 นั้นมีการเชื่อมโยงมีปฏิสัมพันธ์ถึงกัน อีกทั้งยังมีความซับซ้อนในการนำไปปฏิบัติใช้ จึงจำเป็นต้องพัฒนากลยุทธ์หรือกรอบแนวคิดการนำไปใช้อ้างอิง บทความนี้ นำเสนอแนวทางเชิงความสัมพันธ์ วิวัฒนาการของกรอบอุตสาหกรรม 4.0 ลีน 4.0 การผลิตแบบลีน เครื่องมือการจัดการแบบลีน และการนำไปปฏิบัติใช้ก็จะมีความแตกต่างกันตามบริบทขององค์การ ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับโดยใช้เป็นแนวทางสำหรับการศึกษา กรอบแนวคิด และวิจัยในอนาคต

ข้อคิดเห็นและเสนอแนะ

มีข้อคิดเห็นเชิงหลักฐานทางวิชาการที่น่าสนใจสำหรับการบูรณาการ อุตสาหกรรม 4.0 กับลีน ดังนี้ (1) ยังคงเป็นจุดเริ่มต้นและยังจำเป็นต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติมอีกมากเพื่อเติมเต็มและให้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้นว่ามีความเชื่อมโยงระหว่างแนวทางเหล่านี้เป็นอย่างไรและแนวทางเหล่านี้มีผลกระทบต่อผลการดำเนินงานของบริษัท/ องค์การมากน้อยอย่างไร (2) ควรเพิ่มพูน สนับสนุนการศึกษาการแนะนำ I4.0 และอิทธิพลที่มีต่อแนวทางการจัดการที่กำหนดไว้แล้ว เช่น แนวทางแบบลีนและแนวทางปฏิบัติแบบลีนที่มีอยู่แล้วจะส่งผลต่อการนำ I4.0 ไปปฏิบัติอย่างไร (4) ควรเพิ่มพูน สนับสนุนการศึกษาที่ประเมินผลกระทบด้านประสิทธิภาพของการรวมระบบลีนและ I4.0 ให้มากขึ้นกว่าเดิม อีกทั้งยังเป็นการเน้นที่ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการปฏิบัติงานเท่านั้น (Buer et al., 2018) (3) การริเริ่มการวิจัยส่วนใหญ่มุ่งไปที่การใช้แง่มุมเดียวหรือแบบแยกส่วน ดังนั้นควรเพิ่มมุมมองแบบองค์รวม ซึ่งแนวทางปัจจุบันมักเป็นโซลูชันที่เป็นกรรมสิทธิ์ซึ่งต้องปรับให้เข้ากับความต้องการส่วนบุคคล (Tortorella &Fettermann, 2017) (5) ความสัมพันธ์นี้จะเป็นแรงบันดาลใจให้เกิดการศึกษาและการทดลองเชิงปฏิบัติจำนวนมาก แต่จำเป็นต้องทำความเข้าใจให้ลึกซึ้งเพื่อให้เข้าใจถึงขอบเขตของการบูรณาการอย่างเต็มที่ (6) สนับสนุน

มุมมองทางวิชาการ แนวการวิจัยใหม่ ๆ เพื่อเติมเต็มส่วนที่ยังขาดการสำรวจและสามารถพัฒนาผ่านการศึกษาเชิงประจักษ์ในระดับยุทธศาสตร์และการปฏิบัติงานในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ (7) มุ่งเน้นถึงความเข้าใจในการบูรณาการระหว่างแนวทางปฏิบัติแบบลีนและเทคโนโลยี I4.0 เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ขององค์การในการดำเนินงานและสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น (Lobo Mesquita et al., 2021) และท้ายสุดมีหลายปัจจัยที่บริษัทต้องพิจารณาเพื่อรองรับทางการปฏิวัติอุตสาหกรรมที่สูงขึ้นในอนาคต (I5.0) ที่เน้นให้เกิดการพัฒนากระบวนผลิตที่มีการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์ ระบบอัจฉริยะ และหุ่นยนต์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและอย่างสมดุล ได้แก่ ขนาดขององค์การ การเงินกรณีธุรกิจ ความสะดวกในการเข้าถึงเงินทุน วัฒนธรรม ค่านิยม และการเมืองภายในของการเปลี่ยนแปลงองค์การ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพงษ์ พงษ์นุช. (2560). ความสนใจในแนวคิดแบบลีน และการเลือกใช้เครื่องมือลีนของวิสาหกิจ ขนาดกลาง และขนาดย่อม (SMEs) ในประเทศไทย(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล). CMMU Digital Archive. https://archive.cm.mahidol.ac.th/handle/123456789/2198.

Agostinho, V., & Baldo, C. R. (2021). Assessment of the impact of Industry 4.0 on the skills of Lean professionals. *Procedia CIRP,* 96(1), 225-229. doi:10.1016/j.procir.2021.01.079

Basu, P., & Dan, P. K. (2020). A comprehensive study of manifests in lean manufacturing implementation and framing an administering model. *International Journal of Lean Six Sigma,* 11(4), 797-820. doi:10.1108/IJLSS-11-2017-0131

Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research,* 52(18), 5346-5366. doi:10.1080/00207543.2014.903348

Buer, S.-V., Semini, M., Strandhagen, J. O., & Sgarbossa, F. (2021). The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance. *International Journal of Production Research,* 59(7), 1976-1992. doi:10.1080/00207543.2020.1790684

Buer, S.-V., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. S. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research,* 56(8), 2924-2940. doi:10.1080/00207543.2018.1442945

Coronado, E., Kiyokawa, T., Ricardez, G. A. G., Ramirez-Alpizar, I. G., Venture, G., & Yamanobe, N. (2022). Evaluating quality in human-robot interaction: A systematic search and classification of performance and human-centered factors, measures and metrics towards an industry 5.0. *Journal of Manufacturing Systems,* 63(1), 392-410. doi:10.1016/j.jmsy.2022.04.007

Cua, K. O., McKone-Sweet, K. E., & Schroeder, R. G. (2006). Improving Performance through an Integrated Manufacturing Program. *Quality Management Journal,* 13(3), 45-60. doi:10.1080/ 10686967.2006.11918561

Deshmukh, M., Gangele, A., Gope, D. K., & Dewangan, S. (2022). Study and implementation of lean manufacturing strategies: A literature review. *Materials Today: Proceedings 2022,* 62(3), 1489-1495. doi:10.1016/j.matpr.2022.02.155

Dillinger, F., Bernhard, O., & Reinhart, G. (2022). Competence Requirements in Manufacturing Companies in the Context of Lean 4.0. *Procedia CIRP,* 106(1), 58-63. doi:10.1016/j.procir. 2022.02.155

Dillinger, F., Kagerer, M., & Reinhart, G. (2021). Concept for the development of a Lean 4.0 reference implementation strategy for manufacturing companies. *Procedia CIRP,* 104(1), 330-335. doi:10.1016/j.procir.2021.11.056

Dombrowski, U., Richter, T., & Krenkel, P. (2017). Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis. *Procedia Manufacturing,* 11(1), 1061-1068. doi:10.1016/ j.promfg.2017.07.217

Dossou, P.-E., Torregrossa, P., & Martinez, T. (2022). Industry 4.0 concepts and lean manufacturing implementation for optimizing a company logistics flows. *Procedia Computer Science,* 200(1), 358-367. doi:10.1016/j.procs.2022.01.234

Javaid, M., & Haleem, A. (2020). Critical components of industry 5.0 towards a successful adoption in the field of manufacturing. *Journal of Industrial Integration and Management,* 05(03), 327-348. doi:10.1142/S2424862220500141

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Dhone, N. C. (2020). Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies. *International Journal of Production Research,* 58(5), 1319-1337. doi:10.1080/00207543.2019.1630772

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Parekh, H., Mani, V., Belhadi, A., & Sharma, R. (2022). Digital twin for sustainable manufacturing supply chains: Current trends, future perspectives, and an implementation framework. *Technological Forecasting and Social Change,* 176(1), 121448. doi:10.1016/j.techfore.2021.121448

Kaswan, M. S., & Rathi, R. (2020). Green Lean Six Sigma for sustainable development: Integration and framework. *Environmental Impact Assessment Review,* 83(1), 106396. doi:10.1016/j.eiar.2020. 106396

Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine,* 48(3), 1870-1875. doi:10.1016/ j.ifacol.2015.06.359

Langlotz, P., & Aurich, J. C. (2021). Causal and temporal relationships within the combination of Lean Production Systems and Industry 4.0. *Procedia CIRP,* 96(1), 236-241. doi:10.1016/j.procir. 2021.01.080

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. d. F. R., & Ramos, L. F. P. (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. doi:10.1080/00207543.2017.1308576

Lobo Mesquita, L., Lizarelli, F. L., Duarte, S., & Oprime, P. C. (2021). Exploring relationships for integrating lean, environmental sustainability and industry 4.0. *International Journal of Lean Six Sigma,* 13(4), 863-896. doi:10.1108/IJLSS-09-2020-0145.

Lu, Y., Zheng, H., Chand, S., Xia, W., Liu, Z., Xu, X. . . Bao, J. (2022). Outlook on human-centric manufacturing towards Industry 5.0. *Journal of Manufacturing Systems,* 62(1), 612-627. doi:10.1016/j.jmsy.2022.02.001

Maddikunta, P. K. R., Pham, Q.-V., B, P., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., . . . Liyanage, M. (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration,* 26(1), 100257. doi:10.1016/j.jii.2021.100257

Mallory, R. E. (2018). *Lean System Management for Leaders: A New Performance Management Toolset.* Productivity Press.

Marinelli, M., Deshmukh, A. A., Janardhanan, M., & Nielsen, I. (2021). Lean manufacturing and Industry 4.0 combinative application: Practices and perceived benefits. *IFAC-PapersOnLine,* 54(1), 288-293. doi:10.1016/j.ifacol.2021.08.034

Mayr, A., Weigelt, M., Kühl, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia CIRP,* 72(1), 622-628. doi:10.1016/ j.procir.2018.03.292

Mofolasayo, A., Young, S., Martinez, P., & Ahmad, R. (2022). How to adapt lean practices in SMEs to support Industry 4.0 in manufacturing. *Procedia Computer Science,* 200(1), 934-943. doi:10.1016/j.procs.2022.01.291

Ohno, T., & Bodek, N. (2019). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity press.

Onu, P., & Mbohwa, C. (2021). Industry 4.0 opportunities in manufacturing SMEs: Sustainability outlook. *Materials Today: Proceedings,* 44(1), 1925-1930. doi:10.1016/j.matpr.2020.12.095

Pamornmast, C., Sriyakul, T., & Termsittiparsert, K. (2019). Can Lean Manufacturing and 4.0 Industry Enhance the Financial Performance of Pharmaceutical Industries of Thailand? Mediating Role of Waste Reduction Behavior. *Systematic Reviews in Pharmacy,* 10(2), 318-327. doi:10.5530/srp.2019.2.43.

Prinz, C., Kreggenfeld, N., & Kuhlenkötter, B. (2018). Lean meets Industrie 4.0 – a practical approach to interlink the method world and cyber-physical world. *Procedia Manufacturing,* 23(1), 21-26. doi:10.1016/j.promfg.2018.03.155

Protzman III, C. W., Protzman, D., & Keen, W. (2018). *The BASICS LeanTM Implementation Model: Lean Tools to Drive Daily Innovation and Increased Profitability*. CRC Press.

Rathi, R., Kaswan, M. S., Garza-Reyes, J. A., Antony, J., & Cross, J. (2022). Green Lean Six Sigma for improving manufacturing sustainability: Framework development and validation. *Journal of Cleaner Production,* 345(1), 131130. doi:10.1016/j.jclepro.2022.131130

Rossini, M., Costa, F., Tortorella, G. L., & Portioli-Staudacher, A. (2019). The interrelation between Industry 4.0 and lean production: an empirical study on European manufacturers. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,* 102(9), 3963-3976. doi:10.1007/ s00170-019-03441-7

Rossini, M., Costa, F., Tortorella, G. L., Valvo, A., & Portioli-Staudacher, A. (2021). Lean Production and Industry 4.0 integration: how Lean Automation is emerging in manufacturing industry. *International Journal of Production Research,* 1(1), 1-21. doi:10.1080/00207543.2021.1992031

Schumacher, S., Schmid, F. A., Bildstein, A., & Bauernhansl, T. (2021). Lean Production Systems 4.0: The Impact of the Digital Transformation on Production System Levels. *Procedia CIRP,* 104(1), 259-264. doi:10.1016/j.procir.2021.11.044

Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management,* 25(4), 785-805. doi:10.1016/j.jom.2007.01.019

Singh, C., Singh, D., & Khamba, J. S. (2021). Understanding the key performance parameters of green lean performance in manufacturing industries. *Materials Today: Proceedings,* 46(1), 111-115. doi:10.1016/j.matpr.2020.06.328

Tortorella, G. L., & Fettermann, D. (2018). Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research,* 56(8), 2975-2987. doi:10.1080/00207543.2017.1391420

Tortorella, G. L., Miorando, R., & Marodin, G. (2017). Lean supply chain management: Empirical research on practices, contexts and performance. *International Journal of Production,* 193, 98-112. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.07.006

Tangpaitoon, S. (2021). *Productivity improvement management technique.* Nainapat Design & Print Limited Partnership.

Wilson, L. (2010). *How to implement lean manufacturing.* McGraw-Hill Education.

Worley, J. M., & Doolen, T. L. (2006). The role of communication and management support in a lean manufacturing implementation. *Management Decision,* 44(2), 228-245. doi:10.1108/ 002517406 10650210

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0 -Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems,* 61(1), 530-535. doi:10.1016/j.jmsy.2021. 10.006

Yadav, O. P., Nepal, B. P., Rahaman, M. M., & Lal, V. (2017). Lean Implementation and Organizational Transformation: A Literature Review. *Engineering Management Journal,* 29(1), 2-16. doi:10.1080/10429247.2016.1263914