

การพัฒนารูปแบบศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง
เพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0

THE MODEL DEVELOPMENT MANAGER'S COMPETENCY IN
BUILDING-MATERIAL INDUSTRY FOR INDUSTRY 4.0

¹ ชินะพันธ์ สุขการผดุง, ² ชูลีวรรณ โชติวงษ์ และ ³ ปรีดา อัตวินิจตระการ
¹Chinaphan Sukakarnpadoong, ²Chuleewan Chotiwong
and ³Preeda Attavinijtrakarn

¹นักศึกษาลัทธิสุตรปรัชญาดุขภูมิตต ภาควิชาการพัฒนารัฐกิจอุตสาหกรรมและทรัพยากรมนุษย์
คณะพัฒนารัฐกิจและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

¹Department of Industrial Business Development and Human Resources Faculty of Business and
Industry Development King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand

¹Corresponding Author's Email: chinaphans@gmail.com

Received: 2022-05-17

Revised: 2022-08-04

Accepted: 2022-08-30

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาองค์ประกอบการพัฒนาศักยภาพ ผู้บริหาร
อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 2) พัฒนารูปแบบศักยภาพผู้บริหาร
อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 และ 3) จัดทำคู่มือการพัฒนาศักยภาพ
ผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 การดำเนินการวิจัยเป็นแบบ
ผสมผสานทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การวิจัยเชิงคุณภาพใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
สำหรับการวิจัยเชิงปริมาณใช้แบบสอบถามผู้บริหารโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง โดยมี
ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 433 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติอ้างอิงและการวิเคราะห์องค์ประกอบ
เชิงสำรวจ ผลการวิจัยพบว่าองค์ประกอบการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง
เพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบและองค์ประกอบย่อย
10 องค์ประกอบดังนี้องค์ประกอบหลักด้านความรู้ระบบอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบด้วย 3
องค์ประกอบย่อย คือ 1) ความรู้ในเรื่องอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งข้อมูลขนาดใหญ่ระบบไซเบอร์-
กายภาพการแสดงผลข้อมูล ปัญญาประดิษฐ์ และการประมวลผลระบบคลาวด์ 2) ความรู้ในแนว
ทางการประเมินอุตสาหกรรม 4.0 และ 3) ความรู้ในการนำระบบดิจิทัลมาพัฒนาการสื่อสารในองค์กร

องค์ประกอบหลักด้านทักษะการจัดการโรงงานและนวัตกรรม ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบย่อย 1) ความสามารถในการมอบหมายงานและพัฒนาพนักงานในองค์กร 2) ความสามารถในการผลิตและบำรุงรักษาเครื่องจักร 3) ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีอัจฉริยะ และ 4) ความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางป้องกันภัยคุกคามบนโลกไซเบอร์

องค์ประกอบหลักด้านคุณลักษณะผู้นำ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อย 1) กล้าคิด กล้าทำกล้าเปลี่ยนแปลงอย่างสร้างสรรค์ 2) ความพร้อมในการก้าวทันการเปลี่ยนแปลง และ 3) ความสามารถในการทำงานเป็นทีม จากนั้นองค์ประกอบหลักและย่อยเหล่านี้ถูกนำไปพัฒนารูปแบบศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 นอกจากนี้ผลการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิพบว่ารูปแบบการพัฒนาศักยภาพมีความเหมาะสมร้อยละ 86 และคู่มือการพัฒนาศักยภาพประกอบด้วยแนวปฏิบัติตามองค์ประกอบในแต่ละด้าน ท้ายที่สุดตัวชี้วัดความสำเร็จมีความเหมาะสมเพื่อนำไปใช้งานในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.8 จากคะแนนเต็ม 5

คำสำคัญ: การพัฒนารูปแบบศักยภาพผู้บริหาร; อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง; อุตสาหกรรม 4.0

Abstract

This research's purposes were 1) to study the components of competency development of managers in the building-material industry for Industry 4.0, 2) to develop the competency model of managers in the building-material industry for Industry 4.0, and 3) to create the manual for the competency model of managers in the building-material industry for Industry 4.0. The methodology of the research was the integration of qualitative and quantitative methods. The qualitative research was conducted by in-depth interviews. The quantitative research was conducted with managers, who were responsible for managing the plants in the building-material industry. There were 433 research respondents. The data analysis used inference statistics and exploratory factor analysis. The research results showed that the components of the competency model of managers in the building-material industry for Industry 4.0 consisted of three core components and ten sub-components: the first core component of knowledge for Industry 4.0 comprised three sub-components: 1) Knowledge of Internet of thing, Big Data, Cyber-Physical Systems, Data Visualization, Artificial Intelligence, and Cloud Computing, 2) Knowledge of

Industry 4.0 assessment criteria, and 3) Knowledge of digital system for organizational communication development. The second core component of factory and innovation management skills comprised four sub-components: 1) competency of assigning and developing employees in an organization, 2) competency of machine production and maintenance, 3) competency of data analysis and product design with smart technology, and 4) competency of cybersecurity compliance guide. The third core component of leadership comprised three sub-components: 1) dare to think, dare to do, and dare to change creatively, 2) preparing for change, and 3) competency of teamwork. Then these core components and sub-components were used for the competency model of managers in the building-material industry for Industry 4.0. Moreover, expert assessment showed that the competency model development's appropriateness was 86%. For the manual for the model, it consisted of guide to each component. Finally, success indicators reached the "most agreed level of appropriateness for the actual use, with the average score at 4.8 out of 5.

Keywords: Manager's competency model development; Building-material industry; Industry 4.0.

บทนำ

โรงงานอุตสาหกรรมผลิต ผลิตภัณฑ์ก่อสร้างถือเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำของธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ที่มีความจำเป็นในการปรับตัวอย่างเร่งด่วน โดยการสร้างสินค้านวัตกรรม เพื่อให้สามารถใช้แรงงานในการก่อสร้างน้อยที่สุดรวมทั้งในกระบวนการผลิตสินค้าก็ต้องเร่งพัฒนาเครื่องจักรที่ไม่ต้องใช้แรงงานคนเพื่อเสริมศักยภาพในการแข่งขันเพื่อให้สามารถอยู่รอดในสถานการณ์แห่งโลกที่มีความผันผวน ความไม่แน่นอน ความสลับซับซ้อน และความคลุมเครือ (VUCA World) เพื่อที่จะลดผลกระทบจากปัจจัยดังกล่าวโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง จึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนเพื่อการลดงานที่ไม่เกิดประโยชน์ต่อลูกค้า (Lean) พร้อมทั้งนำระบบอุตสาหกรรม 4.0 เรียกว่า Lean and Industry 4.0 ที่สามารถคิดวิเคราะห์ตัดสิ่งไม่จำเป็นทิ้งที่ถูกต้องและเหมาะสมเข้ามาเร่งปฏิรูปโรงงานผลิตฯ เพื่อเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) เพิ่มโอกาสสำหรับการค้นหาความสูญเสียที่ไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยเทคโนโลยีแบบดั้งเดิมรวมทั้งการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่เป็นลักษณะเฉพาะกลุ่มบุคคล (Mass Customization) ซึ่งต้องอาศัยการ

พัฒนาสมองกลเชื่อมโยงการทำงานกับหุ่นยนต์ กลไกของเครื่องจักร เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนระบบการทำงานเพื่อปรับเปลี่ยนการผลิตสินค้าได้อย่างอัตโนมัติ รวมทั้งการคาดการณ์และการตัดสินใจต่อสถานะเงื่อนไขการทำงานได้เอง (Marknual, 2019) การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ (AI : Artificial Intelligence) สำหรับอุตสาหกรรมการผลิต ถือเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรม 4.0 โดยใช้ในการพยากรณ์วิเคราะห์เงื่อนไขต่างๆที่จะเกิดขึ้นในอนาคตด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. พยากรณ์ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องจักร เพื่อให้สามารถเตรียมการวางแผนได้อย่างถูกต้องเพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง (ML : Machine Reliability) เรียกว่า “AI-enhanced predictive maintenance”

2. สร้างแบบจำลองด้านข้อมูลของกระบวนการผลิตกับการผลิตจริงแบบคู่ขนานโดยการเก็บข้อมูลแบบ Real time ผ่านระบบ Internet of thing และ Cloud เพื่อวิเคราะห์และพยากรณ์กระบวนการผลิตให้มีสมรรถนะที่ติดตลอดเวลา (Process Stability) เรียกว่า “Digital Twin”

3. การนำ AI. มาใช้ในการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ วัสดุที่เกี่ยวข้องกับการผลิต รวมทั้งชิ้นส่วนอะไหล่ โดยการปรับเพิ่มลดตามอัตราการใช้ในกระบวนการผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลงตามการวางแผนการผลิตสินค้าแต่ละชนิด และปรับแผนการผลิตเมื่อความต้องการสินค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากประมาณการความต้องการสินค้าของลูกค้า ทำให้ลดการจัดเก็บสินค้าคงคลังและวัตถุดิบคงคลัง เรียกว่า “AI-enhanced supply chain”

4. การนำ AI. มาใช้ในการควบคุม หุ่นยนต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานในการผลิตตามเงื่อนไขเพื่อให้กระบวนการผลิตเกิดความยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนสายการผลิตเพื่อผลิตสินค้าที่ไม่เหมือนกันได้โดยไม่สูญเสียเวลาในการปรับแต่งกระบวนการผลิต เรียกว่า “human-robot collaboration” โรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างจึงมีความจำเป็นในการปรับตัวโดยการสร้างนวัตกรรม ที่ต้องผลิตสินค้าที่ให้ได้สามารถใช้แรงงานคนน้อยลง และมีการลงทุนเครื่องจักรที่ไม่ต้องใช้แรงงานคนใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติโดยการลดงานที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์พร้อมทั้งนำระบบอุตสาหกรรม 4.0 ที่สามารถคิดวิเคราะห์และตัดสินใจเข้ามาเร่งปฏิรูปโรงงานผลิตเพื่อเพิ่มผลิตภาพให้สูงขึ้น เนื่องจากเป็นโรงงานผลิตที่ทำงานต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง เน้นการใช้เครื่องจักรเป็นหลักสามารถที่จะพัฒนาต่อยอดเพื่อลดการใช้คนในการเฝ้าติดตามการทำงานของเครื่องจักรได้ (Pantaweesak, 2019) โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการเปลี่ยนไปสู่การผลิตอัจฉริยะได้นำกรอบอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งรวมถึงการไหลทางกายภาพ (Material Flow) การไหลของข้อมูล (Information Flow) และการไหลของผู้คน (People Flow) เชื่อมต่อกันด้วย Internet Of Things (IOT) เรียกว่าระบบไซเบอร์กายภาพ (Physical Cyber System) เพื่อร่วมมือกันระหว่างเครื่องจักรควบคุมกระบวนการผลิตและผู้บริหารเพื่อการตัดสินใจที่ถูกต้อง โดยปัญญาประดิษฐ์ดำเนินการตรวจสอบ

สมรรถนะของเครื่องจักร และความสามารถในกระบวนการผลิต (Zhong, Xu, Klotz, and Newman, 2017) ในส่วนของความสามารถของผู้บริหารดำเนินการเร่งลดงานที่ไม่เกิดผลประโยชน์ เพื่อที่จะทำให้ได้ชั่วโมงการทำงานที่ว่างของพนักงานนำไปสู่การพัฒนาเพิ่มทักษะที่จำเป็นขององค์กร เพื่อให้เกิดผลประโยชน์ที่สูงขึ้นแบบก้าวกระโดดทำน้อยได้มากในต้นทุนที่ลดลงมีความพร้อมในการทำงานร่วมกับปัญญาประดิษฐ์โดยการพยากรณ์ประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพื่อที่จะกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษาก่อนที่จะเกิดปัญหาเครื่องจักรขัดข้องกะทันหัน ลดการเตรียมทรัพยากรด้านคน อะไหล่ และเครื่องจักร ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิต ลดจำนวนการจัดเก็บสินค้าคงคลัง ลดต้นทุนคงที่ สามารถนำชั่วโมงการทำงานของพนักงานออกไปหาคุณประโยชน์เพิ่มเพื่อให้รายได้สูงขึ้น เรียกว่าโรงงานอัจฉริยะ (Lee, Bagheri, and Kao, 2015)

แนวทางดังกล่าวจึงเป็นความท้าทายต่อผู้บริหารที่จะต้องบริหารงานรายวันให้ประสบความสำเร็จโดยการทำให้ ระบบการทำงานของเครื่องจักร ระบบสมองกลอัตโนมัติ AI. (Artificial-Intelligence) ระบบการเรียนรู้ของสมองกล ML. (Machine Learning) สามารถที่จะทำงานร่วมกัน ได้อย่างราบรื่นพนักงานสามารถพัฒนาระบบการทำงานร่วมกันของหุ่นยนต์ ปัญญาประดิษฐ์ ได้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างพัฒนาได้อย่างยั่งยืนโดยเพิ่มผลิตภาพและลดต้นทุนเพื่อให้สามารถแข่งขันได้ แต่ด้วยวัฒนธรรม ระบบงาน ความรู้ ทักษะ คุณลักษณะแบบดั้งเดิม ทำให้ผู้บริหารที่กำลังเผชิญกับปัญหาดังกล่าวไม่มีคู่มือ ไม่มีการเรียนรู้มาก่อนจึงทำให้การดำเนินการเกิดผลกระทบด้านลบทำให้เกิดปัญหาเครื่องจักรมากขึ้นผลผลิตเกิดของเสียมากขึ้นผลการดำเนินงานถดถอย พนักงานขาดกำลังใจในการปฏิบัติงาน

ด้วยประเด็นดังกล่าวมา ผู้วิจัยมองเห็นว่าเป็นปัญหาที่สำคัญที่จะเกิดขึ้นกับประเทศไทย จึงได้ตัดสินใจเพื่อที่จะทำการศึกษาด้านการพัฒนารูปแบบศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 เพื่อให้ผู้บริหารได้มีความรู้ ความสามารถ คุณลักษณะ ในการเร่งปฏิรูปการทำงานแบบดั้งเดิมเป็นโรงงานอัจฉริยะ ที่มีความทันสมัย ต้นทุนการผลิตต่ำ พนักงานทุกคนในองค์กรสามารถทำงานร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ได้ สามารถพัฒนาระบบเครื่องจักรการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผ่านการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารเพื่อนำไปสู่การพัฒนาทักษะใหม่ ๆ ที่จำเป็นของพนักงาน ด้วยความรู้สึกที่ดีและพนักงานสามารถดำรงอยู่ได้อย่างมีความสุขและยั่งยืนต้องอาศัยเทคโนโลยีที่มีอยู่ในอุตสาหกรรม 4.0 ที่มีความอัจฉริยะเพื่อให้มนุษย์ได้มีความสามารถในการตัดสินใจล่วงหน้าได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0
2. พัฒนารูปแบบศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0
3. จัดทำคู่มือการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอุตสาหกรรม 4.0 ของสถาบัน Franhofer IFF ประเทศเยอรมัน ทฤษฎีด้านสมรรถนะ (KSA) แนวคิดการบริหารด้วยวงจรของเดมมิง (PDCA) เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 จัดทำแบบสัมภาษณ์เชิงลึก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านอุตสาหกรรมการผลิตด้านทรัพยากรมนุษย์ จำนวน 5 คน ตรวจสอบความครอบคลุมของเนื้อหาในแบบสัมภาษณ์และนำไปสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ทรงคุณวุฒิด้านการบริหารโรงงานอุตสาหกรรม ด้านการบริหารทรัพยากรมนุษย์ ผู้ตรวจประเมินอุตสาหกรรม 4.0 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิชาการ และ กิ่งวิชาการ จำนวน 10 คน

ขั้นตอนที่ 3 สร้างแบบสอบถาม โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก นำมาวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลจากแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างเครื่องมือสำหรับงานวิจัย แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อหาความตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยการประเมิน IOC (Index of Item Objective Congruence) ใช้ผลลัพธ์มากกว่า 0.8 จัดทำแบบสอบถาม จากนั้นนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงด้านเนื้อหา ทดลองใช้กับผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง ที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์ความเที่ยง (Reliability) โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบาค (Cronbach Alpha's Coefficient) ผลการทดลองใช้พบว่าได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.988

ขั้นตอนที่ 4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยเชิงปริมาณ คือ ผู้บริหารที่ทำหน้าที่บริหารจัดการโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง ทั้งหมด 14 ประเภท ที่เป็นโรงงานขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เป็นโรงงานผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง ที่มีทุนจดทะเบียนมากกว่า 50 ล้านบาท มีจำนวน 1,090 โรงงาน ผู้บริหารที่ปฏิบัติงานในโรงงานทั้งหมด 16,875 คน กลุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถาม คือ หัวหน้างาน หัวหน้าแผนก วิศวกรโรงงาน ผู้จัดการแผนก ผู้จัดการส่วน ผู้อำนวยการ วิศวกรอาวุโส ของโรงงานผลิตภัณฑ์ก่อสร้างขนาดกลางและโรงงานขนาดใหญ่ ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์เชิงสถิติ อย่างน้อย 392 ตัวอย่าง ตามตารางของทาโร ยามาเน่ (Yamane, 1973)

ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าความคลาดเคลื่อน (e) ที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ไม่เกินร้อยละ 5 สำหรับการวิเคราะห์การวิเคราะห์องค์ประกอบในการวิจัย โดยผู้วิจัยสามารถเก็บแบบสอบถามได้ทั้งสิ้น 433 ตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 5 นำข้อมูลจากแบบสอบถามมาประมวลผล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามใช้สถิติค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) การวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบศึกษาภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ใช้สถิติค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามใช้สถิติอ้างอิง คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) โดยมีเงื่อนไขการวิเคราะห์ คือ ตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์มีความสัมพันธ์กันมากพอซึ่งตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยค่าสถิติ KMO ของไกเซอร์-ไมเยอร์-ออลคิน (Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy) การสกัดองค์ประกอบโดยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) และทำการหมุนแกนองค์ประกอบแบบมุมฉาก (Orthogonal Rotation) ด้วยวิธีแวนิแม็กซ์ (Varimax) ซึ่งเป็นวิธีหมุนแกนที่ทำให้องค์ประกอบมีจำนวนตัวแปรน้อยที่สุด โดยมีค่าน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบอยู่ในระดับสูงทำให้องค์ประกอบแยกจากกันชัดเจน จากนั้นพิจารณาองค์ประกอบที่สกัดได้จากค่าไอเกน (Eigenvalue) ที่มีค่ามากกว่า 1 ตามเกณฑ์ของ Kaiser (Kaiser's Criteria) และพิจารณาตัวแปรสมาชิกขององค์ประกอบที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดให้จัดอยู่ในองค์ประกอบนั้น

ขั้นตอนที่ 6 จัดทำโครงร่างรูปแบบการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 และ โครงร่างหัวข้อของคู่มือการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0

ขั้นตอนที่ 7 จัดประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เพื่อตรวจสอบประเมินพิจารณาความเหมาะสมของ ร่างรูปแบบการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 และ ร่างคู่มือการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ฉบับร่าง ประกอบด้วยนักวิชาการ ผู้บริหาร ผู้จัดการองค์กรธุรกิจ ด้านการผลิต ช่อมบำรุงเครื่องจักร นักพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ จำนวน 14 คน

ขั้นตอนที่ 8 เขียนคู่มือ การพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 เสร็จแล้วส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานประกอบด้วย ผู้จัดการส่วนผลิต 1 คน ผู้จัดการส่วนพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ 1 คน ผู้บริหารที่เชี่ยวชาญเฉพาะด้านสายงานอุตสาหกรรม 4.0 1 คน อาจารย์ฝ่ายวิชาการ 2 คน รวมทั้งหมด 5 คน

ผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0

องค์ประกอบ (Factor)	ค่าไอเกน (Eigenvalues)	ร้อยละความ แปรปรวน (% of Variance)	ร้อยละสะสมความแปรปรวน (Cumulative %)
1	9.46	24.26	24.26
2	7.13	18.28	42.54
3	6.31	16.18	58.72
4	4.06	10.40	69.12

ตารางที่ 1 ผลการสกัดองค์ประกอบภายหลังหมุนแกน (Rotation Sums of Squared Loadings)
ด้านสมรรถนะของผู้บริหาร

องค์ประกอบ (Factor)	ค่าไอเกน (Eigenvalues)	ร้อยละความ แปรปรวน (% of Variance)	ร้อยละสะสมความแปรปรวน (Cumulative %)
5	9.04	37.67	37.67
6	7.91	32.96	70.63

ตารางที่ 2 ผลการสกัดองค์ประกอบภายหลังหมุนแกน (Rotation Sums of Squared Loadings)
ด้านการบริหารด้วยวงจรของเดมมิง (PDCA)

องค์ประกอบ (Factor)	ค่าไอเกน (Eigenvalues)	ร้อยละความ แปรปรวน (% of Variance)	ร้อยละสะสมความแปรปรวน (Cumulative %)
7	5.81	21.52	21.52
8	4.87	18.03	39.55
9	4.15	15.37	54.92
10	2.88	10.66	65.58

ตารางที่ 3 ผลการสกัดองค์ประกอบภายหลังหมุนแกน (Rotation Sums of Squared Loadings)
ด้านการจัดการอุตสาหกรรม 4.0

ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบด้านสมรรถนะของผู้บริหาร ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ องค์ประกอบด้านการบริหารด้วยวงจรของเดมมิง (PDCA) ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ องค์ประกอบด้านการจัดการอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ

วัตถุประสงค์ที่ 2 พัฒนารูปแบบศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ผู้วิจัยได้นำผลการสกัดองค์ประกอบตามตารางที่ 1,2,3 มาจัดกลุ่มและตั้งชื่อ องค์ประกอบหลักพร้อมจัดทำร่างรูปแบบการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง เพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ร่วมการประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) จำนวน 14 คนได้พิจารณาลงมติเห็นชอบได้องค์ประกอบและ รูปแบบการพัฒนาศักยภาพผู้บริหาร อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ตามตารางที่ 4

ชื่อองค์ประกอบ	องค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์
องค์ประกอบหลักด้าน	ความรู้ระบบอุตสาหกรรม 4.0
องค์ประกอบย่อยที่ 1	ความรู้ในเรื่องอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ข้อมูลขนาดใหญ่, ระบบไซเบอร์-กายภาพ, การแสดงผลข้อมูล, ปัญญาประดิษฐ์, และการประมวลผลระบบคลาวด์
องค์ประกอบย่อยที่ 2	ความรู้ในแนวทางการประเมินอุตสาหกรรม 4.0
องค์ประกอบย่อยที่ 3	ความรู้ในการนำระบบดิจิทัลมาพัฒนาการสื่อสารในองค์กร
องค์ประกอบหลักด้าน	ทักษะการจัดการโรงงานและนวัตกรรม
องค์ประกอบย่อยที่ 4	ความสามารถในการมอบหมายงานและพัฒนาพนักงานในองค์กร
องค์ประกอบย่อยที่ 5	ความสามารถในการผลิตและบำรุงรักษาเครื่องจักร
องค์ประกอบย่อยที่ 6	ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีอัจฉริยะ
องค์ประกอบย่อยที่ 7	ความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางป้องกันภัยคุกคามบนโลกไซเบอร์
องค์ประกอบหลักด้าน	คุณลักษณะผู้นำ
องค์ประกอบย่อยที่ 8	กล้าคิด กล้าทำ กล้าเปลี่ยนแปลงอย่างสร้างสรรค์
องค์ประกอบย่อยที่ 9	ความพร้อมในการก้าวทันการเปลี่ยนแปลง
องค์ประกอบย่อยที่ 10	ความสามารถในการทำงานเป็นทีม

ตารางที่ 4 สรุปชื่อองค์ประกอบเพื่อสร้างรูปแบบการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0

วัตถุประสงค์ที่ 3 จัดทำคู่มือการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ผลการประเมินคู่มือ โดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานจริงดัง ตารางที่ 5

รายการประเมินความเหมาะสมนำคู่มือไปใช้จริง		S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. เนื้อหาของคู่มือสอดคล้องตามวัตถุประสงค์	4.8	0.45	มากที่สุด
2. เนื้อหาของคู่มือครอบคลุมตามวัตถุประสงค์	5.0	0.00	มากที่สุด
3. การใช้คำอธิบายในคู่มือ เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	4.4	0.55	มาก
4. รูปแบบของการจัดทำคู่มือมีความถูกต้องเหมาะสม	4.8	0.45	มากที่สุด
5. คู่มือสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาบุคลากรได้จริง	4.8	0.45	มากที่สุด
ภาพรวม	4.8		มากที่สุด

ตารางที่ 5 ผลการประเมินระดับความเหมาะสมสำหรับการนำคู่มือการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ไปใช้งาน
ผลการประเมินความเหมาะสมเพื่อนำไปใช้งานในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.8

องค์ความรู้ใหม่



รูปภาพที่ 1 รูปแบบศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0

รูปแบบศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน มี 10 องค์ประกอบย่อย องค์ประกอบหลักที่ 1 ความรู้ระบบ

อุตสาหกรรม 4.0 1) ความรู้ในเรื่องอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ข้อมูลขนาดใหญ่ ระบบไซเบอร์-กายภาพ การแสดงผลข้อมูล ปัญญาประดิษฐ์ และการประมวลผลระบบคลาวด์ 2) ความรู้ในแนวทางการประเมินอุตสาหกรรม 4.0 3) ความรู้ในการนำระบบดิจิทัลมาพัฒนาการสื่อสารในองค์กร องค์ประกอบหลักที่ 2 ทักษะการจัดการโรงงานและนวัตกรรม 1) ความสามารถในการมอบหมายงานและพัฒนาพนักงานในองค์กร 2) ความสามารถในการผลิตและบำรุงรักษาเครื่องจักร 3) ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีอัจฉริยะ 4) ความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางป้องกันภัยคุกคามบนโลกไซเบอร์ องค์ประกอบหลักที่ 3 คุณลักษณะผู้นำ 1) กล้าคิด กล้าทำ กล้าเปลี่ยนแปลงอย่างสร้างสรรค์ 2) ความพร้อมในการก้าวทันการเปลี่ยนแปลง 3) ความสามารถในการทำงานเป็นทีม

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบดังนี้

1. องค์ประกอบหลักที่ 1 ความรู้ระบบอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 3 องค์ประกอบ

1.1 องค์ประกอบย่อยที่ 1 ความรู้ในเรื่องอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ข้อมูลขนาดใหญ่ ระบบไซเบอร์-กายภาพ การแสดงผลข้อมูล ปัญญาประดิษฐ์ และการประมวลผลระบบคลาวด์ ได้จำแนกตัวแปร 6 ตัวแปร คือ 1) มีความรู้ระบบ Cyber-Physical System 2) มีความรู้เทคโนโลยีแสดงผลเสมือนจริง (Visualization) 3) มีความรู้ Big-Data Analysis 4) มีความรู้ Internet of Thing 5) มีความเข้าใจเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 6) มีความเข้าใจระบบช่วยการทำงานของมนุษย์ สอดคล้องกับ Saucedo-Martinez et al. (2018), Wagner, Herrmann, and Thiede (2017), Pereira, and Romeo (2017), Dopico et al. (2016), Alcacer, and Cruz-Machado (2019), Vaidya, Ambad, and Bhosle (2018) ที่กล่าวถึงเทคโนโลยีของอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบด้วย 1) Internet of Thing คืออุปกรณ์ทุกสิ่งสามารถแบ่งปันข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต 2) Big-Data คือเครื่องมือในการเก็บข้อมูลทั้งหมดภายในองค์กรโดยการจัดเก็บ การประมวลผลข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล 3) Cloud Computing คือบริการเพื่อใช้ในการประมวลผลข้อมูลการจัดเก็บ ข้อมูลการดูแลรักษาข้อมูลด้วยระบบออนไลน์ 4) Cyber-Physical Systems คือระบบที่บูรณาการโลกของกายภาพเข้ากับโลกไซเบอร์ 5) Cyber Security คือความปลอดภัยทางไซเบอร์ 6) Augmented คือการผสมผสานโลกของกายภาพกับโลกของไซเบอร์ 7) Autonomous Robot คือหุ่นยนต์ที่สามารถทำงานได้ด้วยตนเองปรับตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ 8) Simulation คือ

การจำลองเหตุการณ์ตามเงื่อนไขที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต 9) Additive Manufacturing คือการผลิตแบบเติมเนื้อเพื่อสร้างชิ้นงานหรือสินค้าตามที่ต้องการ

1.2 องค์ประกอบย่อยที่ 2 ความรู้ในแนวทางการประเมินอุตสาหกรรม 4.0 ได้จำนวนตัวแปร 11 ตัวแปร คือ 1) มีการประเมินประโยชน์จาก Big-Data Analysis 2) มีการกำหนดเป้าหมายด้านอุตสาหกรรม 4.0 3) มีการประเมินประโยชน์จาก Internet Of Thing 4) มีการจัดตั้งทีมงานจัดทำแผนงานร่วมด้านดิจิทัลเทคโนโลยี 5) มีการจัดสรรงบประมาณในการดำเนินการด้าน Digital and Automation 6) มีการประเมินความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการใช้ระบบดิจิทัล 7) มีการนำข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลมาตรวจสอบสถานะการทำงานได้ 8) มีการจัดทำระบบการควบคุมดูแลกระบวนการทำงานได้ 9) มีการทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งภายในและภายนอกองค์กร 10) มีการประเมินผลลัพธ์ที่เป็นประโยชน์ขององค์กร 11) มีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ สอดคล้องกับ Thailand Productivity Institute (2019) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของผู้ประเมินความพร้อมด้านอุตสาหกรรม 4.0 เพียงพอที่ทำให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง แกไข ชัดเจน และน่าเชื่อถือ และมีความสอดคล้องกับ Pecos et al. (2021) ต้องอาศัยผู้บริหารดำเนินการตั้งแต่การตรวจสอบ การกำหนดตัววัดเป้าหมายการสร้างเงื่อนไขเพื่อเปรียบเทียบพร้อมทั้งการประเมินเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องประโยชน์ที่ได้รับ พร้อมทั้ง Dacher, and Schmid (2017) ที่ได้กล่าวถึงเทคโนโลยีที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ Big-Data, Internet of Thing Udomtanateera (2016) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของ Big-Data เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อสร้างข้อได้เปรียบทางการแข่งขัน

1.3 องค์ประกอบย่อยที่ 3 ความรู้ในการนำระบบดิจิทัลมาพัฒนาการสื่อสารในองค์กรได้จำนวนตัวแปร 9 ตัวแปร คือ 1) มีการใช้เทคโนโลยีให้เครื่องจักรสื่อสารระหว่างกันได้ 2) มีการรวบรวมระบบการผลิตอัตโนมัติกับระบบทำงานเดิม 3) มีทีมงานรองรับการสั่งงานโดยเครื่องจักรอัจฉริยะ 4) มีการปรับปรุงเครื่องมือติดตามกระบวนการผลิต 5) มีการปรับปรุงระบบตรวจติดตามการทำงานของเครื่องจักร 6) มีการใช้เทคโนโลยี จำลองการทำงานเสมือนจริง 7) มีการใช้ระบบติดตามการใช้พลังงานแบบเรียลไทม์ 8) มีการใช้งานระบบติดตามการใช้ต้นทุนผลิตแบบเรียลไทม์ 9) มีการเลือกใช้โปรแกรมติดตามการทำงานอัตโนมัติ ซึ่งสอดคล้องกับ Magdalena, and Wyrwicka (2017) ได้กล่าวถึงการผลิตแบบลีน (Lean Production) และการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่อง สามารถนำมาใช้ควบคู่กับอุตสาหกรรม 4.0 ได้ด้วยการแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ 1) ระบบการสื่อสาร (Communication System) ให้ใช้เทคโนโลยี Internet of Thing และ ระบบ Cyber-Physical System 2) หลักการ (Concept) ใช้แนวคิดโรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory) 3 โซลูชัน (Solution) ใช้เป็นการแสดงผล (Virtualization) และ การเชื่อมต่อ (Intergration) และ Delen, and Ram (2018) ได้กล่าวถึง 4 เฟสของประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสื่อสารเหตุการณ์ต่าง ๆ ให้ผู้เกี่ยวข้องทราบ ดังนี้ 1)

การแจ้งเตือนว่าเกิดอะไรขึ้น 2) การแจ้งเตือนว่าทำไมจึงเกิดขึ้น 3) การแจ้งเตือนว่าอะไรจะเกิดขึ้น 4) การแจ้งเตือนเพื่อให้ดำเนินการกับสิ่งที่เกิดขึ้น

2. องค์ประกอบหลักที่ 2 ทักษะการจัดการโรงงานและนวัตกรรม ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบย่อย ดังนี้

2.1 องค์ประกอบย่อยที่ 1 ความสามารถในการมอบหมายงานและพัฒนาศักยภาพพนักงานในองค์กร ได้จำนวนตัวแปร 10 ตัวแปร คือ 1) ความสามารถมอบหมายทีมงานจัดทำระบบรายงานผลข้อมูลอัตโนมัติ 2) ความสามารถมอบหมายทีมงานจัดทำระบบจัดเก็บข้อมูลอัตโนมัติ 3) ความสามารถใช้เครื่องมือจำลองการทำงานเสมือนจริง 4) ความสามารถเลือกใช้ระบบดิจิทัลเพื่อช่วยการทำงาน 5) ได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงในการลงทุนเกี่ยวกับอุตสาหกรรม 4.0 6) ความสามารถใช้ Mobile Device เพื่อการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว 7) มีการกำหนดแผนการพัฒนาพนักงานด้านดิจิทัลในระยะยาว 8) พัฒนาทีมงานให้สามารถใช้งานและพัฒนาระบบดิจิทัล 9) ความเข้าใจเชื่อมโยงข้อมูลที่เกี่ยวข้องเป็นอนุกรมและใช้ประโยชน์ได้ 10) ความสามารถอธิบายความเชื่อมโยงของกระบวนการผลิตสินค้าสอดคล้องกับ Schallrock, Rybski, Jochemb, and Kohl (2018) ได้กล่าวถึงการพัฒนาพนักงานในอุตสาหกรรม 4.0 มีความสำคัญยิ่งกว่าการนำเทคโนโลยีมาใช้โดยจำเป็นต้องพัฒนาทักษะให้ครอบคลุมทั้ง 2 ด้านคือ 1) ด้านเทคนิค (Technical Skill) เป็นการติดตั้งอุปกรณ์ IoT. ด้านการใช้งานระบบ IT. ด้านการควบคุม AGV. ด้านติดตั้ง RFID 2) ด้านการปรับเปลี่ยนทักษะ (Transformation Skill) โดยการเปลี่ยนแปลงจากการควบคุมเครื่องจักรแบบเดิม ๆ เป็นการควบคุมเครื่องจักรที่ผ่านการลินและการควบคุมเครื่องจักรที่เป็นอุตสาหกรรม 4.0 Mongkol (2019) ได้กล่าวถึงการสร้างความสามารถในการแข่งขันองค์กรต้องมีการจัดทำแผนพัฒนาบุคคลากรภายในให้มีความสามารถด้านการวิเคราะห์ข้อมูล แทนการจ้างบุคคลภายนอกที่มีความสามารถเข้ามาทำงาน

2.2 องค์ประกอบย่อยที่ 2 ความสามารถในการผลิตและบำรุงรักษาเครื่องจักร ได้จำนวนตัวแปร 3 ตัวแปร คือ 1) มีความเข้าใจวิธีการบำรุงรักษาเครื่องจักร 2) มีความเข้าใจวิธีการควบคุมกระบวนการผลิตสินค้า 3) มีความเข้าใจแนวทางกำจัดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน สอดคล้องกับ Office of the Civil Service Commission (2010) ที่กล่าวถึง ความเชี่ยวชาญในงานถือเป็นสมรรถนะหลัก (Core Competency) เกิดขึ้นมาจากความสนใจ ใฝ่รู้ สามารถปฏิบัติหน้าที่ ค้นคว้าเพิ่มความรู้ พัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องจนสัมฤทธิ์ผลพร้อมทั้งบูรณาการความรู้ ความสามารถ สู่วิสัยทัศน์เพื่อผลลัพธ์ในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับ Delen, and Ram (2018) ได้กล่าวถึงความท้าทายของผู้บริหารที่สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูล (Big Data) ที่ได้ไปสู่การตัดสินใจเพื่อปฏิบัติงานเพื่อยกระดับกระบวนการผลิตถือเป็นผู้เชี่ยวชาญ (Substantive Expertise)

2.3 องค์ประกอบย่อยที่ 3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีอัจฉริยะ ได้จำนวนตัวแปร 5 ตัวแปร คือ 1) มีการจัดเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ 2) มีระบบการสั่งงานอัตโนมัติจากเครื่องจักร 3) มีการควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบควบคุมส่วนกลาง 4) มีการจัดเก็บข้อมูลอยู่บนฐานข้อมูลเดียวกัน 5) มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างการบริหารงานตามความเหมาะสมตลอดเวลา สอดคล้องกับ Davies, Coole, and Smith (2017) ได้ให้ข้อพิจารณาเพื่อทบทวนผลประโยชน์ที่ได้จากการนำอุตสาหกรรม 4.0 มาใช้ในทางปฏิบัติทำให้เกิดความสำเร็จทั้งหมด 5 ด้าน ที่มากกว่าการดำเนินการบริหารแบบสิ้นและการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่อง 1) คัมบังอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Kanban) เพื่อใช้เป็นระบบในการควบคุมระดับสินค้าคงคลังอัตโนมัติ 2) การเฝ้าติดตามผลการผลิต(Production Surveillance) ผลผลิต อัตราการผลิต อัตราเครื่องจักรขัดข้อง 3) การบำรุงรักษาวิผล(Total Productive Maintenance) เพื่อทราบสุขภาพของอุปกรณ์ 4)การวิเคราะห์ข้อมูล(Data Analysis)เป็นวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่องและวิเคราะห์เพื่อทำนายอายุเครื่องจักรและกระบวนการผลิต 5)การแสดงให้เห็นผังการไหลแห่งคุณค่า (Virtual Value Stream Mapping) เพื่อทำให้เห็นกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์กับกระบวนการที่เป็นประโยชน์

2.4 องค์ประกอบย่อยที่ 4 ความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางป้องกันภัยคุกคามบนโลกไซเบอร์ ได้ จำนวนตัวแปร คือ 1) มีระบบดูแลความปลอดภัยของข้อมูล 2) มีระบบ Cyber-Physical Production System 3) มีหน่วยงานด้าน Information Technology ในองค์กร สอดคล้องกับ Matey, Danquah, Koi-Akrofi, and Asampana (2021) ได้กล่าวถึงรูปแบบการโจมตีบนโลกไซเบอร์มีหลากหลายรูปแบบ Kanchanakongka (2021) ที่กล่าวถึงความเชื่อมั่นของลูกค้า การปรับตัวทางธุรกิจและการให้ความสำคัญต่อความเสี่ยงความมั่นคงทางไซเบอร์ที่จะเกิดขึ้นมีความสำคัญพอ ๆ กัน

3. องค์ประกอบหลักที่ 3 ด้านคุณลักษณะผู้นำ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อย ดังนี้

3.1 องค์ประกอบย่อยที่ 1 กล้าคิด กล้าทำ กล้าเปลี่ยนแปลงอย่างสร้างสรรค์ ได้จำนวนตัวแปร 15 ตัวแปร คือ 1) มีความกล้าคิดกล้าทำสิ่งใหม่ ๆ 2) มีความยินดีที่จะร่วมงานกับผู้อื่นเพื่อประโยชน์สูงสุดขององค์กร 3) มีจิตสำนึกความเป็นเจ้าของกิจการ 4) มีภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง 5) มีแนวคิดลูกค้าเป็นศูนย์กลาง6)มีแนวคิดในการตัดสินใจจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล 7)มีคุณลักษณะการทำงานที่มีการปรับเปลี่ยนอย่างรวดเร็ว 8) รักการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อองค์กร 9) แสดงความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ 10) มีระบบความคิดเชิงระบบ 11) มีความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม 12) มีความกล้าเสี่ยงไม่กลัวความล้มเหลว 13) มองเห็นโอกาสจากพฤติกรรมผู้บริโภคด้านสิ่งแวดล้อม 14) มองเห็นโอกาส เศรษฐกิจสีเขียว 15) มีความตระหนักรู้เท่าทันประโยชน์ของ

อุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Sirichan (2015) ได้กล่าวถึงกรอบการพัฒนาคุณลักษณะผู้นำ คือ กล้าคิด กล้าทำ กล้าตัดสินใจ รู้เท่าทันสารสนเทศ รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง สามารถสร้างความสัมพันธ์กับความหลากหลายทางวัฒนธรรม มีเจตคติที่ดีและจิตสำนึกสาธารณะ มีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ยอมรับความเสี่ยง พร้อมรับการเปลี่ยนแปลง สามารถกำหนดทิศทางมีวิสัยทัศน์ก้าวไกล มีความยืดหยุ่นผูกพันในการทำงานเพื่อความก้าวหน้า การสร้างแรงจูงใจในการทำงาน ความมุ่งมั่นแน่วแน่ต่อองค์การ การสร้างความร่วมมือ

3.2 องค์ประกอบย่อยที่ 2 ความพร้อมในการก้าวทันการเปลี่ยนแปลง ได้จำนวนตัวแปร 12 ตัวแปร คือ 1) มีความสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลเพื่อประเมินความต้องการสินค้าของลูกค้า 2) มีความสามารถใช้ประโยชน์จากนโยบายสนับสนุนการลงทุนด้านอุตสาหกรรม 4.0 3) มีทักษะอธิบายองค์ประกอบที่สำคัญของธุรกิจ 4) มีทักษะแก้ไขปัญหาที่สลับซับซ้อน 5) มีทักษะการเป็นโค้ช 6) มีทักษะในการบริหารการเปลี่ยนแปลง 7) มีทักษะใช้ระบบติดตามต้นทุนการผลิตตลอดเวลา 8) มีทักษะใช้ข้อมูลที่มีการเชื่อมโยงกันในแต่ละเครื่องจักรตามสายการผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทาน 9) มีทักษะวิเคราะห์ข้อมูลการพยากรณ์อายุเครื่องจักรแบบเรียลไทม์ 10) มีทักษะใช้ข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผลเสมือนจริง 11) มีทักษะในการบริหารเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการทำงาน 12) มีทักษะการประสานงาน สอดคล้องกับ Makhasiranon, and Onglnsee (2004) ความสามารถด้านการปรับตัวถือเป็นหนึ่งใน 12 สมรรถนะของผู้นำ ที่เชื่อมโยงกับความฉลาดทางอารมณ์และสังคม เกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลง สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตนเองให้ดีขึ้นได้สามารถดำรงอยู่กับความคลุมเครือและความไม่แน่นอนได้

3.3 องค์ประกอบย่อยที่ 3 ความสามารถในการทำงานเป็นทีม ได้จำนวนตัวแปร 7 ตัวแปร 8 คือ 1) ทักษะสร้างบรรยากาศให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและแชร์ความรู้ร่วมกับผู้อื่น 2) เป็นแบบอย่างที่ดีในการพัฒนาตนเองด้านดิจิทัล 3) ส่งเสริมให้ทุกคนทำงานโดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัล 4) มีความสามารถบริหารงานร่วมกับหน่วยงานอื่นเพื่อแก้ไขปัญหาโดยอิสระไม่ต้องรอคำสั่ง 5) มีความสามารถบริหารงานแบบปรับเปลี่ยนได้รวดเร็ว 6) สามารถเตรียมความพร้อมให้สามารถทำงานได้ทุกที่ ทุกเวลา 7) สามารถกำหนดแนวทางให้พนักงานสามารถตัดสินใจในความรับผิดชอบของตนเอง สอดคล้องกับ Schallrock, Rybski, Jochemb, and Kohl (2018) ได้กล่าวถึงการพัฒนาพนักงานในอุตสาหกรรม 4.0 มีความสำคัญยิ่งกว่าการนำเทคโนโลยีมาใช้โดยจำเป็นต้องพัฒนาทักษะด้านสังคม (Social Skill) เป็นทักษะการอยู่ร่วมกัน การทำงานร่วมกัน การแชร์ความรู้ระหว่างกัน การค้นหาความรู้ เป็นต้น Keawchaoon (2017) การพัฒนาให้มีการทำงานเป็นทีมอย่างต่อเนื่องจะทำให้องค์กรบรรลุเป้าหมายกลยุทธ์ที่กำหนดไว้ได้

สรุป

จากปัญหาที่โรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง มีความจำเป็นในการปรับตัวโดยการสร้างนวัตกรรมที่ต้องผลิตสินค้าที่สามารถใช้แรงงานคนน้อยลง และลงทุนเครื่องจักรระบบอัตโนมัติลงทุนหุ่นยนต์เพื่อทดแทนแรงงานคนที่ขาดแคลน มีการนำระบบปัญญาประดิษฐ์เข้ามาทดแทนการตัดสินใจของพนักงานในองค์กรตามแนวทางการดำเนินการอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งส่งผลให้การบริหารงานแบบดั้งเดิมไม่สามารถป้องกันการเกิดการหยุดชะงักของเครื่องจักรและกระบวนการผลิตได้ รวมทั้งยังมีการดำเนินการที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ไม่สามารถใช้เทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 จึงเป็นที่มาของปัญหาและความสำคัญในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ การวิจัยเป็นแบบผสมเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ใช้การสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อสร้างแบบสอบถาม ใช้การสำรวจความคิดเห็นจากผู้ที่ทำหน้าที่ในการบริหารโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง ใช้การประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) ให้ความเห็นชอบเกี่ยวกับองค์ประกอบและรูปแบบการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ผลการวิจัยได้รูปแบบการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน มี 10 องค์ประกอบย่อย คือ องค์ประกอบหลักที่ 1 ความรู้ระบบอุตสาหกรรม 4.0 1) ความรู้ในเรื่องอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ข้อมูลขนาดใหญ่ ระบบไซเบอร์-กายภาพ การแสดงผลข้อมูล ปัญญาประดิษฐ์ และการประมวลผลระบบคลาวด์ 2) ความรู้ในแนวทางการประเมินอุตสาหกรรม 4.0 และ 3) ความรู้ในการนำระบบดิจิทัลมาพัฒนาการสื่อสารในองค์กร องค์ประกอบหลักที่ 2 ด้านทักษะการจัดการโรงงานและนวัตกรรม ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบย่อย 1) ความสามารถในการมอบหมายงานและพัฒนาพนักงานในองค์กร 2) ความสามารถในการผลิตและบำรุงรักษาเครื่องจักร 3) ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีอัจฉริยะ และ 4) ความสามารถในการปฏิบัติตามแนวทางป้องกันภัยคุกคามบนโลกไซเบอร์ องค์ประกอบหลักที่ 3 ด้านคุณลักษณะผู้นำ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อย 1) กล้าคิด กล้าทำ กล้าเปลี่ยนแปลงอย่างสร้างสรรค์ 2) ความพร้อมในการก้าวทันการเปลี่ยนแปลง และ 3) ความสามารถในการทำงานเป็นทีม

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

1.1 ผู้บริหารโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างที่อยู่ในช่วงของการปรับเปลี่ยนการบริหารเพื่อให้รองรับอุตสาหกรรม 4.0 เพื่อที่จะเพิ่มผลิตภาพให้สูงขึ้น เพื่อลดต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรการซ่อมเครื่องจักรป้องกันเครื่องจักรเสียหายแบบฉับพลันทันที หรือมีต้นทุนค่าจ้างแรงงาน

ในองค์กรสูงขึ้นทุก ๆ ปี ขาดความคล่องตัวการบริหารงานจัดทำกำลังพลไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการของลูกค้า ควรนำคู่มือการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ที่ได้จากงานวิจัยเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งาน

1.2 ฝ่ายบริหารทรัพยากรบุคคลของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง ควรนำรูปแบบและคู่มือการพัฒนาศักยภาพผู้บริหารอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรม 4.0 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผู้บริหาร ให้มีศักยภาพในการทำงานในช่วงของการเปลี่ยนผ่านจากการทำงานแบบเดิมๆ เป็นแนวทางที่จะสามารถรองรับอุตสาหกรรม 4.0 ได้พร้อมทั้งเป็นพื้นฐานในการกำหนดคุณสมบัติเพื่อคัดเลือก สรรหา พัฒนาการฝึกอบรม พร้อมทั้งการพิจารณาเพื่อการเติบโตก้าวหน้าของพนักงานพร้อม ๆ กับการพัฒนาองค์กรไปพร้อมกัน

1.3 ผู้บริหารระดับสูง ผู้บริหารระดับกลาง และผู้บริหารระดับต้น ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง สามารถนำไปกำหนดเป็นนโยบาย การวางแผน การลงทุน การเตรียมความพร้อมของบุคลากร เพื่อให้สามารถรองรับอุตสาหกรรม 4.0 เพื่อที่จะให้มีความได้เปรียบทางการแข่งขัน โดยการใช้ประโยชน์จาก Big Data เพื่อค้นหาความสูญเสียที่ยังสามารถปรับปรุงกระบวนการทำงานได้เพิ่มเติมจากเดิม โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ทำการค้นหาความสูญเสียจากข้อมูลในกระบวนการผลิต และในกระบวนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยที่ผู้บริหาร พนักงาน สามารถยกระดับคุณค่าที่ได้จากข้อมูลเพื่อทำการปรับปรุงงาน และติดตามผลการดำเนินงาน สร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ภายในองค์กร

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบด้านสมรรถนะ (KSA) ด้านการบริหารงานด้วยวงจรของเดมมิง (PDCA) ด้านการประเมินความพร้อมอุตสาหกรรม 4.0 ของผู้บริหารระดับสูง ระดับกรรมการผู้จัดการธุรกิจผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้ตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่ผู้ขายวัตถุดิบไปจนถึงลูกค้าที่ใช้สินค้า หรือโซลูชันของสินค้าในธุรกิจนั้น ๆ เพื่อให้ นำผลการวิจัยไปใช้งาน และก่อให้เกิดประโยชน์ในวงการผลิตภัณฑ์ก่อสร้างที่สามารถพลิกโฉมจากเดิมได้จริง

2.2 ควรศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบ หรือผลลัพธ์เชิงธุรกิจของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างที่นำอุตสาหกรรม 4.0 มาใช้กับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างที่ยังใช้ระบบการบริหารแบบเดิมส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ในเชิงธุรกิจในด้านใดบ้างตามมุมมองการวัดผลของโอกาสในการปรับปรุงงานการลดต้นทุนการหารายได้ส่วนเพิ่มจากการบริการและโซลูชันใหม่ ๆ ทั้งในมุมมองของผู้บริหารเรื่องการเติบโตของธุรกิจและในมุมมองของพนักงานเรื่องรายได้และความสุขของการทำงาน

2.3 ควรศึกษาวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการบริหารจัดการธุรกิจอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ก่อสร้างแบบใหม่ที่ดำเนินการแบบครบวงจรจนถึงลูกค้าที่ใช้ตึก อาคาร บ้าน สำนักงาน โดยใช้นวัตกรรมและ

เทคโนโลยีก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่เกิดมลพิษด้าน เสียง ฝุ่น ลดเวลาก่อสร้าง ลดต้นทุน ส่งเสริมการดำเนินธุรกิจก่อสร้างสีเขียวได้อย่างยั่งยืน

References

- Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 22(3), 899–919. Retrieved Jan 29, 2022, From <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215098618317750>.
- Dacher, A., & Schmid, R. (2017). Asset Monitoring & Predictive Maintenance. Deloitte. Retrieved Jan 29, 2022, From <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/solutions/internet-of-things-turnkey-iot.html>.
- Davies, R., Coole, T., & Smith, A. (2017). Review of socio-technical considerations to ensure successful implementation of Industry 4.0. 11, 1288-1295, Retrieved Jan 29, 2022, From <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235197891730464X>.
- Delen, D., & Ram, S. (2018). Research challenges and opportunities in business analytics. *Journal of Business Analytics*. 1(1), 2-12, Retrieved Jan 29, 2022, From <https://doi.org/10.1080/2573234X.2018.1507324>.
- Dopico, M., Gómez, A., De la Fuente, D., García, N., Rosillo, R., & Puche, J. (2016). A vision of industry 4.0 from an artificial intelligence point of view. *Proceedings on the International Conference on Artificial Intelligence*. 16, 407-413. Retrieved Jan 29, 2022, From <http://worldcomp-proceedings.com/proc/p2016/ICA7532.pdf>.
- Kanchanakongka, A. (2021). Information Technology Risk and Cyber Security. Retrieved Jan 29, 2022, From <http://huexonline.com/knowledge/28/557/>.
- Keawchaoon, K. (2017). Team Working for Increasing Work Effectiveness. *Dusit Thani College Journal*, 11(1), 355-370.

- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*. 3, 18-23, Retrieved Jan 29, 2022, From <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221384631400025X>.
- Magdalena, B., & Wyrwicka, M. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*.182, 466-473 Retrieved Jan 29, 2022, From <https://www.sciencedirect.com/rticle/pii/S1877705817312717>.
- Makhasiranon, T. & OngInsee, N. (2004). *Emotionally intelligent leadership*. (1ed.). Bangkok:Expernet.
- Marknual, C. (2019). Robot Industry and the Development of Thai Manufacturing Sector (Part 1) Retrieved Jan 16, 2022, from <https://www.krungsri.com/th/research/research-intelligence/ri-robotic-series1-landscape>.
- Matey, A., Danquah, P., Koi-Akrofi, G., & Asampana, I. (2021). Critical Infrastructure Cybersecurity Challenges:IoT in Perspective. *International Journal of Network Security & Its Applications* 13(4), 41-58. Retrieved Jan 29, 2022, From DOI:10.5121/ijnsa.2021.13404.
- Mongkol, C. (2019). The Institute for People Analytics Bridges the Enterprise Gap with Artificial Intelligence Retrieved Jan 22, 2022, from <https://www.ftpi.or.th/2019/32813>.
- Office of the Civil Service Commission. (2010). Manual for the determination of competency in civil service. Retrieved Jan 16, 2022, From <https://www.ocsc.go.th/node/2726>.
- Pantaweesak. N. (2019). AI empowers business Industry 4.0 era. Retrieved Feb 1, 2021, From <https://www.prachachat.net/columns/news-279032> .
- Pecas, P., Encarnacao, J. Gamboa, M., Sampayo, M. & Jorge, D. (2021). PDCA 4.0: A New Conceptual Approach for Continuous Improvement in the Industry 4.0 Paradigm. *Applied Sciences*. 11(16), 7671, Retrieved Jan 29, 2022, From <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/16/7671>.

- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*. 13, 1206–1214. Retrieved Jan 29, 2022, From <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917306649>.
- Saucedo-Martínez, J. A., Pérez-Lara, M., Marmolejo-Saucedo, J. A., Salas-Fierro, T. E., & Vasant, P. (2018). Industry 4.0 framework for management and operations: a review. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 9(3), 789–801. Retrieved Jan 29, 2022, From https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-doi-10_1007-S12652-017-0533-1.
- Schallock, B., Rybski, C., Jochemb,R., & Kohl, H. (2018). Learning Factory for Industry 4.0 to provide future skills beyond technical training. *Procedia Manufacturing*.23, 27-32. Retrieved Jan 29, 2022, From <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918304608>.
- Sirichan, T. (2015). A model and strategies for leadership development in the twenty first century of student organization board. (Doctoral Dissertation). Chulalongkorn University Intellectual Repository. Bangkok. Retrieved Dec 16, 2021, from <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/50933>.
- Thailand Productivity Institute. (2019). Organizational Diagnosis according to Industry 4.0 Guidelines, Project to Transform Thai Industry to Industry 4.0. Retrieved Jan 16, 2022, From https://piu.ftpi.or.th/wp-content/uploads/2020/12/e-book_4.0_final.pdf.
- Udomtanateera, K. (2016). Benefit from Big Data. Retrieved Jan 16, 2022, from <https://www.iok2u.com/index.php/article/information-technology/793-big-data-big-data-2>.
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 – A glimpse. *Procedia Manufacturing*. 20, 233–238. Retrieved Jan 29, 2022, From <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918300672>.

- Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S. (2017). Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. *Procedia CIRP*. 63, 125–131. Retrieved Jan 29, 2022, From <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117301385>.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences: Engineering*. 3(5), 616–630. Retrieved Jan 29, 2022, From <https://researchportal.bath.ac.uk/en/publications/intelligent-manufacturing-in-the-context-of-industry-40-a-review>.

