

การวัดความพร้อมของอุตสาหกรรม ๔.๐ ในประเทศไทย โดยใช้เครื่องมือชุดดัชนีชี้วัดความพร้อมของอุตสาหกรรม ๔.๐ สำหรับประเทศไทย

ชูศักดิ์ พรสิงห์^{๑,๒} รวีภัทร ผุดผ่อง^๒ เจนภุชฌ์ คณาธารณา^๒ และ ศุภชัย ปทุมนากุล^๓

^๑ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม

^๒เขตนวัตกรรมระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (EECI) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) วังจันทร์ ระยอง

^๓ภาควิศวกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิศวกรรมเทคโนโลยี สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, supachai.p@mhesi.go.th

บทนำ

ปัจจุบัน โลกกำลังเข้าสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ ๔ (The Fourth Industrial Revolution) ซึ่งเป็นการปฏิวัติที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเทคโนโลยีดิจิทัล แตกต่างจากการปฏิวัติทั้ง ๓ ครั้งที่ผ่านมา ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป อุตสาหกรรม ๑.๐ เป็นอุตสาหกรรมที่พึ่งพากระบวนการเครื่องจักรกลและกลจักรไอน้ำในการขับเคลื่อนการผลิต อุตสาหกรรม ๒.๐ เป็นอุตสาหกรรมที่เป็นการผลิตในรูปแบบสายงานการผลิต สายงานประกอบ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตรฐานแบบเดียวกันในปริมาณมาก ๆ (mass production) แต่ยังคงพึ่งพาแรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ อุตสาหกรรม ๓.๐ เป็นช่วงของอุตสาหกรรมที่เริ่มมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (information technology) และคอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิต และเริ่มเปลี่ยนไปสู่ระบบการผลิตแบบอัตโนมัติมากขึ้น แต่ในขณะปัจจุบัน อุตสาหกรรมกำลังก้าวเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม ๔.๐ ซึ่งระบบอุตสาหกรรมที่อยู่บนฐานของเทคโนโลยีดิจิทัล การเชื่อมต่อกันผ่านระบบอินเทอร์เน็ตประสาสนเทศ (internet of things) การใช้ปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligent) มาช่วยในการผลิต (Gooneratne et al., 2020)

การยกระดับของอุตสาหกรรมไทยเพื่อเข้าสู่อุตสาหกรรม ๔.๐ เพื่อให้เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีจึงมีความสำคัญต่อศักยภาพการแข่งขันของประเทศ และเพื่อให้การปรับเปลี่ยนยกระดับอุตสาหกรรมของประเทศไทย (ราชอาณาจักรไทย) เกิดประสิทธิภาพสูงสุดคุ้มค่าต่อการลงทุนในการปรับเปลี่ยน การดำเนินการจึงต้องทำอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอน ซึ่งสามารถแบ่งการดำเนินการ ได้เป็น ๓ ขั้นตอน คือ ๑) ขั้นเริ่มต้น (initiation) เป็นการวิเคราะห์และประเมินสถานภาพปัจจุบันของผู้ประกอบการ เพื่อให้เข้าใจสภาพปัญหาและรับทราบความพร้อมของตนเองในปัจจุบัน ๒) ขั้นระบุเทคโนโลยีที่เหมาะสม (solutioning) เป็นการวางแผนที่น่าทาง (roadmap) การยกระดับความพร้อม และการจัดหาเทคโนโลยีที่ตอบโจทย์ปัญหาของผู้ประกอบการ และ ๓) ขั้นลงมือปฏิบัติและประยุกต์ใช้ (implementation and operation) เป็นการติดตั้งและประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อใช้งานจริงในสถานประกอบการ ทำให้เกิดการยกระดับความพร้อมของภาคอุตสาหกรรมได้อย่างเป็นระบบ กระบวนการยกระดับความพร้อมนี้ จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่เป็นมาตรฐาน และมีความเหมาะสมกับบริบทของ อุตสาหกรรมอย่างแท้จริง หลายประเทศทั่วโลกมีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ชี้วัดความพร้อมซึ่งอาจเรียกว่า readiness index หรือ maturity Index ยกตัวอย่างเช่น Smart Industry Readiness Index (SIRI) ของสาธารณรัฐสิงคโปร์, Industries ๔.๐

Readiness Check ของสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี, Maturity Measurement of Productivity Again (iBench 4.0) ของสาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน), Industry 4 WRD Readiness Assessment ของประเทศมาเลเซีย (ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก Anbumozhi et al., 2020) แต่เนื่องจากบริบททางสังคมและอุตสาหกรรมของแต่ละประเทศที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้น ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องมีดัชนีชี้วัดระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมเป็นของตนเองเพื่อความสอดคล้องเหมาะสมต่อการทำงานในระบบอุตสาหกรรมไทย และมีความเหมาะสมกับบริบทประเทศและสังคมไทยมากที่สุด นอกจากนี้ การมีดัชนีชี้วัดของไทยยังเป็นการสร้างองค์ความรู้ ผู้เชี่ยวชาญภายในประเทศ ลดการพึ่งพิงระบบการประเมินของต่างประเทศ ช่วยลดความเสี่ยงของข้อมูลรั่วไหล เกิดการหมุนเวียนของเศรษฐกิจภายในประเทศ จากการเพิ่มอัตราการจ้างงานภายในประเทศโดยมีการสร้างอาชีพที่ปรึกษา (consultant) และผู้รับเหมาระบบ (system integrator: SI) ให้เกิดขึ้นในราชอาณาจักรไทย ดังนั้น สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) จึงได้ร่วมมือกับสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) ภายใต้การสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม พร้อมด้วยพันธมิตรจากหลายหน่วยงานในภาคอุตสาหกรรม พัฒนาดัชนีชี้วัดระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมไทย หรือเรียกว่า Thailand i4.0 Index ขึ้นเพื่อดำเนินการให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว

Lin et al. (2019) ได้เลือกใช้ SIRI ที่พัฒนาขึ้นโดย Economic Development Board (EDB) ของสาธารณรัฐสิงคโปร์ ซึ่งเป็นดัชนีวัดความพร้อมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจาก Reference Architectural Model Industries 4.0 (RAMI 4.0) ที่พัฒนาโดยสมาคมผู้ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี และ Industries 4.0 Maturity Index สิ่งที่ SIRI ได้รับการยอมรับคือ การพัฒนาเครื่องมือที่ชื่อว่า prioritization matrix ที่สามารถบ่งชี้ช่องว่าง (gap) และประเด็นสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อการปรับปรุงสู่ความเป็นอุตสาหกรรม ๔.๐ ได้ งานวิจัยนี้ได้แสดงการประเมินสี่เสาหลักซึ่งประกอบไปด้วย การดำเนินงาน (operations) อัตโนมัติ (automation) การเชื่อมต่อ (connectivity) และความชาญฉลาด (intelligence) โดยอาศัยตารางการวัดระดับเพื่อสร้างคำถามสำหรับการสัมภาษณ์และการสำรวจสำหรับพนักงานระดับผู้จัดการ วิศวกร ช่างเทคนิค และผู้ปฏิบัติงานของอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง งานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความยืดหยุ่นของการนำดัชนีชี้วัดดังกล่าวไปประยุกต์และยังสามารถปรับเปลี่ยนวิธีการในการเข้าถึงข้อมูล เพื่อการตัดสินใจวัดระดับอุตสาหกรรมได้อีกหลากหลายทาง เช่น การประชุมกลุ่มย่อย การออกแบบสอบถาม การสนทนา Lazanyi & Lambovska (2020) ได้ประเมินดัชนีความพร้อมอุตสาหกรรม ๔.๐ ของกลุ่มประเทศกลุ่มวิแชกราด ๔ (Visegrad 4) ได้แก่ สาธารณรัฐเชค ประเทศฮังการี สาธารณรัฐโปแลนด์ และสาธารณรัฐสโลวาเกีย โดยได้เลือกใช้ Digital Economy and Society Index (DESI) ที่อาศัยข้อมูลทุติยภูมิในการประเมิน โดยดัชนี DESI มีประเด็นหลักที่พิจารณาอยู่ ๕ มิติด้วยกัน คือ ทักษะมนุษย์ (human capital) การใช้อินเทอร์เน็ต (use of internet) การเชื่อมต่อ (connectivity) การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล (integration of digital technology) และบริการสาธารณะดิจิทัล (digital public service) ทั้งนี้ ดัชนี DESI นับว่าเป็นดัชนีที่อาศัยข้อมูลทุติยภูมิของประเทศที่ทำการประเมิน และไม่สามารถนำมาประเมินอุตสาหกรรมเป็นรายอุตสาหกรรมหรือเป็นรายบริษัทได้ อย่างไรก็ตาม ในระดับนโยบายถือว่ามีประโยชน์อย่างยิ่งในการทำความเข้าใจสถานะปัจจุบันของประเทศ การเทียบเคียงกับต่างประเทศ และการกำหนดทิศทางหรือนโยบายระดับมหภาคของประเทศในการพัฒนาประเทศไปสู่อุตสาหกรรม ๔.๐ ที่มีเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นแกนกลาง ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า สามารถนำข้อมูลทุติยภูมิมาระดับมหภาคมาประเมินและเทียบเคียงความสามารถและบ่งชี้อุปสรรคและข้อจำกัดที่ต้องจัดการเพื่อการพัฒนาไปสู่อุตสาหกรรม ๔.๐ ได้

Ramanathan & Samaranayake (2022) ได้นำเสนอ Industry 4.0 Readiness Assessment Framework (I4.ORAF) สำหรับอุตสาหกรรมการผลิต โดยได้ออกแบบการประเมินไว้ ๘ ตัวกำหนดด้วยกัน คือ กลยุทธ์และองค์กร (strategy and organization) โรงงานและอุปกรณ์ (plant and equipment) การจัดการระบบสารสนเทศและข้อมูล (IT systems and data management) ทรัพยากรมนุษย์ (human resources) นิยามการผลิต (production definition) การจัดการพลังงาน (energy consumption management) การจัดการคุณภาพ (quality management) การจัดการโซ่อุปทาน (supply chain management) แต่ละตัวกำหนดนี้มีเกณฑ์การประเมินแตกต่างกันพร้อมกับการกำหนดรายละเอียดและคำอธิบายของแต่ละระดับในเกณฑ์ประเมินนั้น ๆ เช่น ตัวกำหนดโรงงานและอุปกรณ์ ประกอบไปด้วย ๔ เกณฑ์ประเมินคือ โรงงานและอุปกรณ์สำหรับอุตสาหกรรม ๔.๐ (plant and equipment for Industry 4.0) เครื่องจักรและระบบโครงสร้างพื้นฐาน (machine and system infrastructure) นำร่องชิ้นงานอัตโนมัติ (autonomously guided workpieces) การซ่อมบำรุงโรงงานและอุปกรณ์ (maintenance of plant and equipment) และแต่ละเกณฑ์ประเมินก็แบ่งออกเป็น ๕ ระดับด้วยกัน แต่ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองใช้ดัชนีความพร้อมอุตสาหกรรม ๔.๐ นี้กับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่แห่งหนึ่งโดยดำเนินการในลักษณะการประเมินตนเองของโรงงานตามแนวทางที่ดัชนีได้กำหนดไว้ให้ การวิจัยนี้บ่งชี้ว่า I4.ORAF สามารถใช้ในการประเมินความพร้อมอุตสาหกรรม ๔.๐ ได้ดี เนื่องจากสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย สามารถทำการประเมินด้วยตนเองผ่านการประชุมระดมความคิดของผู้ที่เกี่ยวข้องในบริษัทได้ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้ให้ความเห็นถึงข้อจำกัดของ I4.ORAF ที่พัฒนาขึ้นจากดัชนีความพร้อมอื่น ๆ ที่มีอยู่แล้วและจากรายงานของที่ปรึกษาหรือรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งขาดข้อมูลตรงจากอุตสาหกรรม ดังนั้นอาจมีการปรับปรุงโดยรับข้อเสนอแนะหลังจากผู้นำดัชนีนี้ไปปฏิบัติในอนาคต

Castelo-Branco et al. (2022) ได้พัฒนากกรอบการทำงาน (framework) ในการวัดความพร้อมของอุตสาหกรรมในการปรับตัวสู่อุตสาหกรรม ๔.๐ และได้ออกแบบให้สามารถนำไปใช้ได้ทั้งอุตสาหกรรมการผลิตและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบริการ ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวชี้วัด ๓๘ ตัว ใน ๕ กลุ่มด้วยกัน ตัวชี้วัดเหล่านี้ได้มาจากการทบทวนวรรณกรรมและการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญด้านอุตสาหกรรม ๔.๐ กรอบการทำงานนี้ได้ถูกนำไปใช้วัดระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมในประเทศโปรตุเกส ซึ่งเป็นบริษัทขนาดกลางและขนาดย่อมจำนวน ๒๗๗ บริษัท และบริษัทขนาดใหญ่จำนวน ๔๖ บริษัท ซึ่งประกอบไปด้วยอุตสาหกรรมผลิตอุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมเกษตร โรงแรมและร้านอาหาร อุตสาหกรรมการค้า และอุตสาหกรรมบริการอื่น ๆ ผลพบว่า กรอบการทำงานที่นำเสนอสามารถวัดความพร้อมของอุตสาหกรรมได้ดี ทั้งยังสามารถใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างบริษัทและระหว่างกลุ่มอุตสาหกรรมได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามในหลาย ๆ ตัวชี้วัดยังเป็นลักษณะเชิงคุณภาพที่ต้องใช้ประสบการณ์และความเข้าใจของผู้ประเมินและตัดสินใจ

จากความตื่นตัวในการสร้างองค์ความรู้ด้านดัชนีวัดระดับความพร้อมอุตสาหกรรม ๔.๐ ของแต่ละประเทศ การสร้างดัชนีวัดระดับความพร้อมอุตสาหกรรม ๔.๐ สำหรับประเทศไทย (Thailand i4.0 Index) จึงมีผลอย่างมากต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) และเป็นการยกระดับมาตรฐานของอุตสาหกรรมไทย โดยจะเข้าไปช่วยทำให้โรงงานอุตสาหกรรมและผู้ประกอบการมีองค์ความรู้เรื่องการปรับปรุงองค์กรให้เป็นมาตรฐานเพิ่มขึ้น ทราบว่าจะต้องปรับปรุงองค์กรของตนในด้านใด และควรเริ่มปรับปรุงด้านใดก่อนเพื่อให้ก้าวไปสู่องค์กรแห่งยุคอุตสาหกรรม ๔.๐ ได้อย่างมีกลยุทธ์สูงสุด

บทความนี้ได้แบ่งออกเป็น ๔ ส่วน ประกอบด้วย (๑) การอธิบายถึงมิติต่าง ๆ และรายละเอียดของชุดดัชนีชี้วัดความพร้อมอุตสาหกรรม ๔.๐ สำหรับประเทศไทย (Thailand i4.0 Readiness Index) (๒) ผลการนำไปใช้ประเมินเบื้องต้นในอุตสาหกรรมตัวอย่าง (๓) การวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบที่สำคัญที่อุตสาหกรรมของ

ประเทศไทยจะต้องได้รับการพัฒนา และ (๔) ข้อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาเชิงนโยบายของภาครัฐ การสนับสนุนส่งเสริมอุตสาหกรรมในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้อุตสาหกรรมไทยได้ก้าวสู่อุตสาหกรรม ๔.๐ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

เครื่องมือชุดดัชนีชี้วัดความพร้อมอุตสาหกรรม ๔.๐ สำหรับประเทศไทย

เครื่องมือชุดดัชนีชี้วัดความพร้อมอุตสาหกรรม ๔.๐ สำหรับราชอาณาจักรไทย ได้แบ่งระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมออกเป็น ๖ มิติหลัก (dimensions) ประกอบด้วย (๑) มิติด้านเทคโนโลยี (technology) คือ ความพร้อมของระบบการผลิต ระบบบริหารและธุรการขององค์กร และระบบการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก (facility) ที่เป็นแบบอัตโนมัติ (automation) และมีโครงข่ายสารสนเทศ (network) ที่เชื่อมต่อกันแบบไร้รอยต่อ ยังแบ่งออกเป็น ๖ มิติย่อย (๒) มิติด้านการปฏิบัติการแบบชาญฉลาด (smart operation) คือ ความสามารถของระบบการผลิต ระบบบริหารและธุรการขององค์กร และระบบการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก (facility) ที่เป็นแบบชาญฉลาดและการบริหารจัดการที่ปรับเปลี่ยนในตัวระบบเอง ในมิตินี้ยังแบ่งออกได้อีก ๓ มิติย่อย (๓) มิติด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการส่งถ่ายข้อมูล (IT system & data transaction) คือ การบูรณาการระบบและการจัดการภายในองค์กรและระหว่างองค์กรที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งแบ่งออกเป็น ๒ มิติย่อย (๔) มิติด้านการตลาดและลูกค้า (market & customer) คือ การบริหารและจัดการที่เกี่ยวข้องความต้องการของตลาด การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการจัดการตลอดช่วงอายุของผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น ๒ มิติย่อย (๕) มิติด้านกลยุทธ์และองค์กร (strategy & organization) คือ การบริหารจัดการทางกลยุทธ์และโครงสร้างการบริหารงานขององค์กร ซึ่งแบ่งออกเป็น ๓ มิติย่อย และมิติที่ (๖) มิติด้านทุนมนุษย์ (human capital) คือ การบริหารและจัดการทางทรัพยากรบุคคลขององค์กร ประกอบด้วย ๑ มิติย่อย ทั้งนี้ แบ่งจาก ๖ มิติหลักเป็น ๑๗ มิติย่อย ดังแสดงในตารางที่ ๑ และภาพที่ ๑ ทั้งนี้ เพื่อให้การวัดระดับความพร้อมของโรงงานและบริษัทมีความชัดเจนเพียงพอในการพิจารณา และแต่ละมิติย่อยมีการกำหนดระดับความพร้อมออกเป็น ๖ ระดับ (๖ band) เรียงจากคุณลักษณะของอุตสาหกรรม ๑.๐-๔.๐ ในแต่ละบริบทของมิติย่อย โดยให้ระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมอยู่ระหว่าง band ๑ หมายถึง อุตสาหกรรมนั้นอยู่ในระดับอุตสาหกรรม ๑.๐ ส่วน band ๒ หมายถึง อุตสาหกรรมนั้นอยู่ในระดับอุตสาหกรรม ๒.๐ ระหว่าง band ๓ กับ ๔ หมายถึง อุตสาหกรรมนั้นอยู่ในระดับอุตสาหกรรม ๓.๐ และตั้งแต่ band ๕ ขึ้นไป หมายถึง อุตสาหกรรมนั้นอยู่ในระดับอุตสาหกรรม ๔.๐ ตัวอย่างคุณลักษณะของการจัดแบ่ง band ของมิติด้านเทคโนโลยี มิติย่อยด้านการผลิตอัตโนมัติ (production automation) แสดงในตารางที่ ๒

ตารางที่ ๑ มิติในการประเมินความพร้อมของอุตสาหกรรม ๔.๐

มิติหลัก	มิติย่อย	คำอธิบาย
๑ ด้านเทคโนโลยี (Technology)	๑.๑ การผลิตอัตโนมัติ (Production Automation)	พิจารณาที่เทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน หรือเฝ้าติดตามสถานะของเครื่องจักร/อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับตัวผลิตภัณฑ์
	๑.๒ การบริหารและธุรการอัตโนมัติ (Enterprise Automation)	พิจารณาที่เทคโนโลยีหรือโปรแกรมและอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินงานและช่วยอำนวยความสะดวกในกระบวนการด้านงานบริหารและธุรการ ซึ่งได้แก่ การตลาด การขาย การวางแผนการผลิตและวัตถุดิบ การจัดซื้อ การจัดการคลัง การเงินและบัญชี การจัดการทรัพยากรบุคคล

	๑.๓	สิ่งอำนวยความสะดวกอัตโนมัติ (Facility Automation)	พิจารณาที่เทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมหรือเฝ้าติดตามการทำงานของระบบ/เครื่องจักร/อุปกรณ์ ที่ดูแลสถานที่/อาคาร/สิ่งปลูกสร้าง ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินธุรกิจขององค์กร เทคโนโลยีในกลุ่มนี้ เช่น ระบบการจัดการ HVAC, ระบบปรับอากาศ, ระบบดูแลความปลอดภัยของอาคาร ระบบสาธารณูปโภค (น้ำ ไฟ ความร้อน) ระบบแสงสว่าง และระบบจัดการน้ำเสีย	
	๑.๔	โครงข่ายสารสนเทศที่ใช้ในการผลิต (Production Network)	พิจารณาที่ความสามารถในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องจักร/อุปกรณ์/เครื่องมือ กับโครงข่ายที่ใช้ในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์	
	๑.๕	โครงข่ายสารสนเทศที่ใช้ในการบริหารและธุรการ (enterprise network)	พิจารณาที่ความสามารถในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ เครื่องมือ ระบบคอมพิวเตอร์ กับโครงข่ายที่ใช้ในกระบวนการดำเนินงานบริหารและธุรการ	
	๑.๖	โครงข่ายสารสนเทศที่ใช้ในการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ (facility network)	พิจารณาที่ความสามารถในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ เครื่องจักร ระบบคอมพิวเตอร์ กับโครงข่ายที่ใช้ในกระบวนการดูแลสถานที่ อาคาร สิ่งปลูกสร้าง ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินธุรกิจขององค์กร	
๒	ด้านการปฏิบัติการแบบชาญฉลาด (smart operation)	๒.๑	การผลิตแบบชาญฉลาด (smart production)	พิจารณากระบวนการการใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้จากเครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือในกระบวนการผลิตและกระบวนการสนับสนุนการผลิต เพื่อนำไปเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินธุรกิจ
		๒.๒	การบริหารและธุรการ (smart enterprise)	พิจารณากระบวนการใช้ประโยชน์ของข้อมูลจากอุปกรณ์ เครื่องมือ ระบบคอมพิวเตอร์ และโครงข่ายที่ใช้ในกระบวนการดำเนินงานบริหารและธุรการ เพื่อนำไปเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินธุรกิจ
		๒.๓	สิ่งอำนวยความสะดวก (smart facility)	พิจารณากระบวนการใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ เครื่องจักร ระบบคอมพิวเตอร์ และโครงข่ายที่ใช้ในกระบวนการดูแลสถานที่ อาคารและสิ่งปลูกสร้าง เพื่อนำไปเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินธุรกิจ
๓	ด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการส่งถ่ายข้อมูล (IT System & Data Transaction)	๓.๑	การบูรณาการภายในองค์กร (internal integration)	พิจารณาการบูรณาการใช้และแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างลำดับชั้นภายในองค์กรกับการเชื่อมต่อกันในโครงข่าย ซึ่งทำให้การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ และการประมวลผลของข้อมูลมีประสิทธิภาพ การดำเนินการตัดสินใจมีความยืดหยุ่นและอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลจริงที่เป็นปัจจุบัน สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
		๓.๒	การบูรณาการภายนอกองค์กร (external integration)	พิจารณาการบูรณาการใช้และการแลกเปลี่ยนข้อมูลในระดับองค์กรกับองค์กรในห่วงโซ่อุปทาน กระบวนการระดับองค์กร หมายรวมถึง การรับคำสั่งซื้อ การวางแผนการผลิต การจัดซื้อ การจัดหาและโลจิสติกส์ และบริการหลังการขาย ในขณะที่องค์กรในห่วงโซ่อุปทานนั้นหมายรวมถึงซัพพลายเออร์และลูกค้า

๔	ด้านการตลาดและลูกค้า (market & customer)	๔.๑	การวิเคราะห์การตลาด (market analysis)	พิจารณากระบวนการรวบรวมข้อมูลของตลาดและกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย เช่น ใคร (อายุ เพศ อาชีพ ความชอบ ฯลฯ) ขนาดตลาด ความสามารถในการซื้อ ลักษณะการใช้จ่าย เป็นต้น เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจและเป็นปัจจัยหลักในการรักษาความสามารถในการแข่งขันขององค์กร
		๔.๒	วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (product life cycle)	พิจารณากระบวนการการดูแล จัดการ การเข้าถึงและการป้องกันข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ และการผลิตครอบคลุมขั้นตอนตั้งแต่การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ การสร้างต้นแบบทางวิศวกรรม การออกแบบกระบวนการผลิต การทดลองผลิต การเริ่มการผลิต การส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า การบริการหลังการขาย ตลอดจนการยุติการผลิตและการจำหน่ายผลิตภัณฑ์
๕	ด้านกลยุทธ์และองค์กร (strategy & organization)	๕.๑	การจัดการแบบบนลงล่าง (top-down management)	การพิจารณาความพร้อมของคณะผู้บริหารองค์กรทุกระดับในความเข้าใจและความสามารถในการประยุกต์แนวความคิดอุตสาหกรรม ๔.๐ มาเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กร เพื่อให้องค์กรบรรลุเป้าหมายของการยกระดับความพร้อมสู่อุตสาหกรรม ๔.๐ ได้ผลสำเร็จ
		๕.๒	กลยุทธ์อุตสาหกรรม ๔.๐ (i4.0 strategy)	การพิจารณาการวางแผนและดำเนินการตามแผนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายระยะเวลาขององค์กรในการปรับตัวสู่อุตสาหกรรม ๔.๐ ซึ่งอาจหมายถึงรวมถึงการจัดลำดับความสำคัญในด้านที่จำเป็นต้องเร่งดำเนินการ การจัดทำแผนที่นำทางสำหรับการยกระดับความพร้อมขององค์กร การพัฒนาระบบและกลไกการบริหารจัดการภายในองค์กร กระบวนการและการดำเนินการต่าง ๆ ที่จะทำให้วิสัยทัศน์ขององค์กรเปลี่ยนเป็นผลลัพธ์ทางธุรกิจได้อย่างเป็นรูปธรรม
		๕.๓	ความร่วมมือระหว่างบริษัท (inter-company collaboration)	การพิจารณากระบวนการทำงานร่วมกับพันธมิตรภายนอกอย่างสร้างสรรคเพื่อให้บรรลุวิสัยทัศน์และวัตถุประสงค์ร่วมกัน นวัตกรรมจากความร่วมมือกันถือเป็นกลไกขององค์กรที่มีความทันสมัย คล่องตัว ช่วยสร้างความสามารถขององค์กรในการบุกเบิกความคิดใหม่ ๆ ที่มีความสุดขีดได้ และยังเป็นกลไกที่ช่วยให้องค์กรตลอดห่วงโซ่อุปทานได้มีส่วนร่วมในการทำให้เกิดโมเดลธุรกิจรูปแบบใหม่ ๆ
๖	ด้านทุนมนุษย์ (human capital)	๖.๑	การเรียนรู้ของกำลังคน (workforce learning)	การพิจารณากระบวนการของวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะ ขีดความสามารถของบุคลากร เพื่อให้องค์กรมุ่งสู่ความเป็นเลิศ



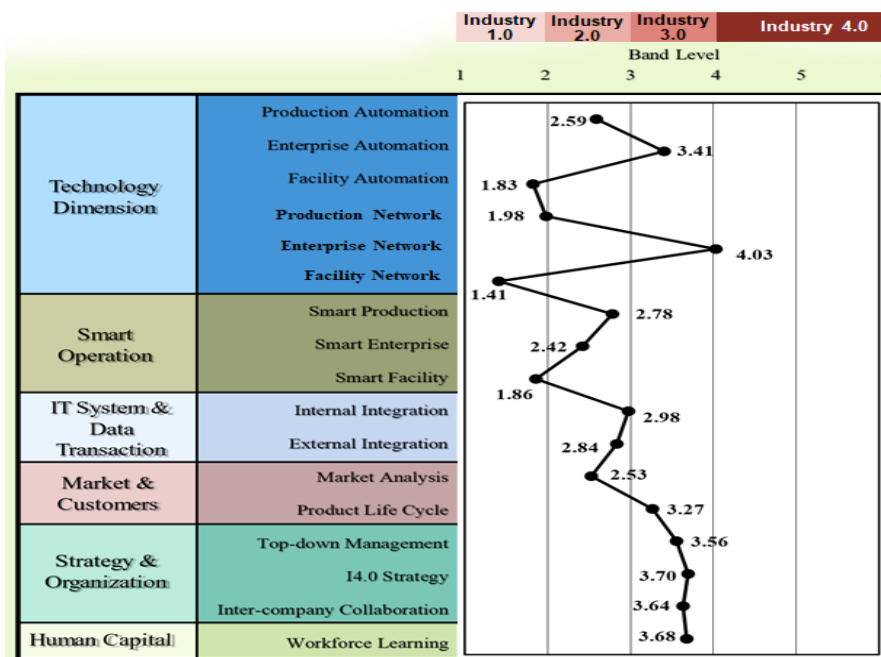
ภาพที่ ๑ กรอบการประเมินตามดัชนีชี้วัดความพร้อมอุตสาหกรรม ๔.๐ สำหรับประเทศไทย ๖ มิติ ๑๗ มิติย่อย

ตารางที่ ๒ ตัวอย่างคุณลักษณะของการจัดแบ่ง band ของมิติด้านเทคโนโลยี มิติย่อยด้านการผลิตอัตโนมัติ

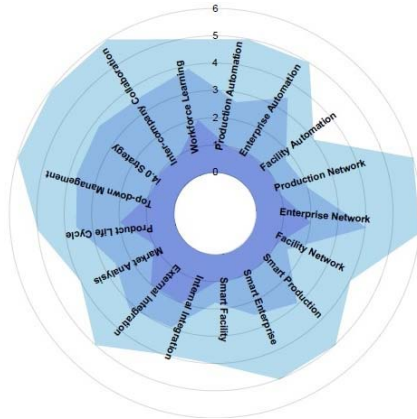
ระดับความพร้อม (band)	ความเป็นอัตโนมัติ (automation)	โครงข่ายสารสนเทศ (network)	ความชาญฉลาด (smart)	การบูรณาการ (integration)
๖	อัตโนมัติทั่วทั้งบริษัท (company-wide automation)	ปรับเปลี่ยนและทำซ้ำได้ง่าย (easy change and duplication)	ระบบที่สามารถพยากรณ์และปรับเปลี่ยนล่วงหน้า (forecastable and adaptable system)	การทำให้เหมาะสมที่สุด (optimisation)
๕	อัตโนมัติแบบยืดหยุ่น (flexible automation)	โครงข่าย ฯ มีความปลอดภัย (secured network)	ระบบป้องกันความเสียหายล่วงหน้า (precaution enabled system)	บูรณาการการวางแผนและการลงมือปฏิบัติ (integrated planning and implementation)
๔	สายการผลิตอัตโนมัติ (automation line)	การสื่อสารในเวลาจริง (real-time communication)	ระบบวิเคราะห์ (analytical system)	มีการแบ่งปัน (sharing)
๓	อัตโนมัติเป็นฐาน (automation oriented)	เครื่องจักรกับเครื่องจักรสื่อสารกันเอง (machine-machine communication)	ระบบแจ้งเตือน (notifiable system)	ซอฟต์แวร์สารสนเทศแบบแยกส่วน (separated IT software)
๒	อัตโนมัติบางส่วน (partial automation)	เครื่องจักรสื่อสารผ่านระบบโครงข่าย ฯ (machine-network communication)	ระบบโปรแกรมล่วงหน้า (pre-programming system)	มีขั้นตอนการทำงานเป็นทางการ (formal procedure)
๑	แรงงานเป็นฐาน (labor oriented)	เครื่องจักรต่างไม่เชื่อมต่อกัน (stand-alone machines)	อนาล็อกเป็นฐาน (analog oriented)	การทำงานแบบโดดเดี่ยว (individual oriented)

๓. ผลการประเมินอุตสาหกรรมไทย

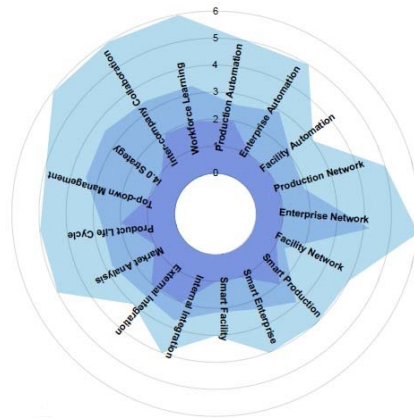
ได้นำเครื่องมือชุดดัชนีชี้วัดความพร้อมอุตสาหกรรม ๔.๐ สำหรับประเทศไทย (Thailand i4.0 Readiness Index) ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ไปทดลองการประเมินอุตสาหกรรมไทย ๑๐๐ บริษัท โดยแบ่งเป็นกลุ่มอุตสาหกรรม ๔ กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน ๔๐ กิจการ กลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ๒๑ กิจการ กลุ่มอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ๑๘ กิจการ และกลุ่มอุตสาหกรรมอื่น ๆ ๒๑ กิจการ หากแบ่งตามขนาดของอุตสาหกรรม ได้อุตสาหกรรมขนาดเล็ก ๑๓ กิจการ อุตสาหกรรมขนาดกลาง ๒๙ กิจการ และอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ๕๘ กิจการ อุตสาหกรรมส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศ คิดเป็นประมาณ ๖๓ กิจการ ผลการประเมินทั้ง ๑๐๐ กิจการ (ภาพที่ ๒) พบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับความพร้อมอยู่ที่ระดับ ๒.๘๕ ซึ่งหมายความว่า อุตสาหกรรมในประเทศไทยโดยเฉลี่ยยังอยู่ในระดับอุตสาหกรรม ๒.๐ ที่มุ่งเน้นการผลิตแบบสายงานการผลิต สายงานประกอบ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตรฐานแบบเดียวกันในปริมาณมาก ๆ (mass production) และยังคงพึ่งพาแรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ มิติหลักด้านทุนมนุษย์ (human capital) และด้านกลยุทธ์และองค์กร (strategy & organization) เป็นมิติหลักที่อุตสาหกรรมมีความพร้อมสูงสุด มีคะแนนความพร้อมในทุกมิตีย่อยมากกว่า ๒.๕ ในขณะที่มิติหลักด้านการปฏิบัติการแบบชาญฉลาด (smart operation) มีระดับความพร้อมต่ำสุด เมื่อพิจารณาในมิตีย่อย ดัชนีที่มีคะแนนสูงสุดคือ ด้านโครงข่ายสารสนเทศการบริหารจัดการ (enterprise network) มีค่าคะแนนที่ ๔.๐๓ ในขณะที่ดัชนีที่มีคะแนนต่ำสุดคือ ด้านโครงข่ายสารสนเทศสิ่งอำนวยความสะดวก (facility network) มีค่าคะแนนเพียง ๑.๔๑ ทั้งนี้สามารถแยกวิเคราะห์รายกลุ่มอุตสาหกรรมในลักษณะแผนภูมิเรดาร์ดังแสดงในภาพที่ ๓ ในรูปที่ ๓ (ก) เป็นผลการประเมินของกลุ่มยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์จำนวน ๔๐ บริษัท สีม่วงเข้มคือ ค่าเฉลี่ยของทั้งกลุ่ม ในขณะที่สีฟ้าคือ ค่าที่ดีที่สุดของกลุ่ม เช่น มิตีย่อยสิ่งอำนวยความสะดวกอัตโนมัติ (facility automation) มีค่าเฉลี่ยที่ ๑.๘ ในขณะที่ค่าที่ดีที่สุดของกลุ่มอยู่ที่ ๓.๐ แผนภูมิเรดาร์ทั้งสี่แผนภูมิแสดงให้เห็นถึงทิศทางที่สมควรได้รับการพัฒนา เพื่อให้อุตสาหกรรมของประเทศไทยเข้าสู่อุตสาหกรรม ๔.๐ ได้อย่างสมบูรณ์



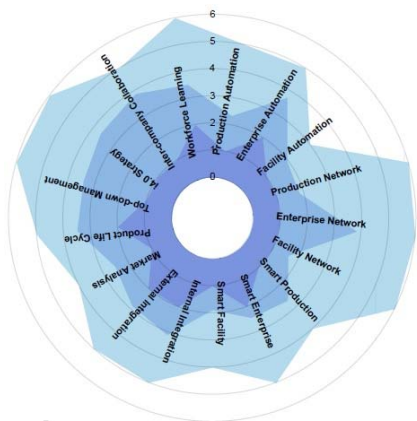
ภาพที่ ๒ ค่าดัชนีระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมจำนวน ๑๐๐ บริษัท



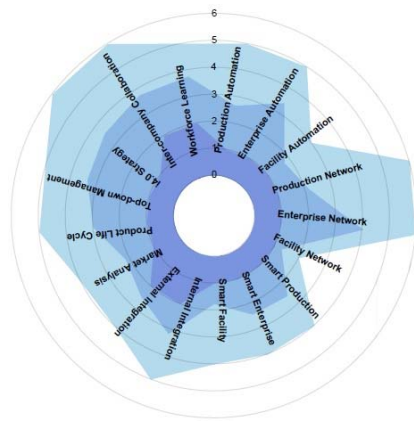
(ก) กลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ ๔๐ บริษัท



(ข) กลุ่มอาหารและเครื่องดื่มน ๒๑ บริษัท



(ค) กลุ่มไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ๑๘ บริษัท



(ง) กลุ่มอื่น ๆ ๒๑ บริษัท

ภาพที่ ๓ แผนภูมิเรดาร์ค่าดัชนีระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมแยกกลุ่ม

บทสรุป

การเข้าถึงระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมด้านการวางแผนในการยกระดับอุตสาหกรรมเพื่อเข้าสู่อุตสาหกรรม ๔.๐ ได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และยั่งยืนนั้น จำเป็นต้องมีเครื่องมือสำหรับการชี้วัดพร้อมทั้งขั้นตอนในการยกระดับอย่างเป็นระบบ ความจริงราชอาณาจักรไทยได้มีนโยบายในการยกระดับอุตสาหกรรมเพื่อเข้าสู่อุตสาหกรรม ๔.๐ อย่างชัดเจนในทุกมิติ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพัฒนาเครื่องมือหรือดัชนีชี้วัดความพร้อมของอุตสาหกรรมที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศ ด้วยการสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติได้มีความร่วมมือกับสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้จัดตั้งคณะทำงานเฉพาะกิจจากทั้งภาคเอกชน ภาคการศึกษา และภาครัฐ ในการพัฒนาดัชนีชี้วัดความพร้อมอุตสาหกรรม ๔.๐ สำหรับประเทศไทย (Thailand i4.0 Readiness Index) และได้ดำเนินการนำร่องในการตรวจวัดระดับความพร้อม ๑๐๐ บริษัท ทำให้ได้ภาพรวมระดับมหภาคด้านความพร้อมในการเข้าสู่อุตสาหกรรม ๔.๐ ของประเทศ ฐานข้อมูลอุตสาหกรรมที่ได้รับยังสามารถแยกเป็นรายอุตสาหกรรมในมิติต่าง ๆ ที่ภาครัฐสนใจ เพื่อการวางแผนเชิงนโยบายขับเคลื่อนอุตสาหกรรมของประเทศที่อยู่บนพื้นฐานของข้อมูล (data-driven policy) ได้ ยังสามารถนำข้อมูลการวัดระดับความพร้อมไปใช้ในการเปรียบเทียบ (benchmarking) สถานะของบริษัทกับกลุ่มบริษัทในอุตสาหกรรม

เดียวกันได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม เพื่อการเทียบเคียงระดับความพร้อมในระดับภูมิภาคและระดับนานาชาติ ควรมีการเทียบเคียงดัชนีชี้วัดและการวัดระดับต่าง ๆ รวมถึงคุณลักษณะและเทียบเคียงกับดัชนีชี้วัดอุตสาหกรรม ๔.๐ อื่น ๆ เช่น SIRI, iBench 4.0 หรือ IMPULS

เอกสารอ้างอิง

Anbumozhi, V., Ramanathan, K. and Wyes, H. (2020) Assessing the Readiness for Industry 4.0 and the Circular Economy, ISBN: 978-6-025460-28-9, Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, Jakarta Indonesia.

Atik, H. and Ünlü, F. (2019) The Measurement of Industry 4.0 Performance through Industry 4.0 Index: An Empirical Investigation for Turkey and European Countries. *Procedia Comput. Sci.* 158, 852-860.

Castelo-Branco, I., Oliveira, T., Simões-Coelho, P., Portugal, J. and Filipe, I. (2022) Measuring the Fourth Industrial Revolution through the Industry 4.0 Lens: The Relevance of Resources, Capabilities and the Value Chain. *Comput. Ind.* 138(C), 103639.

Gooneratne, C.P., Magana-Mora, A., Otalvora, W.C., Affleck, M., Singh, P., Zhan, G.D. and Moellendick, T.E. (2020) Drilling in the Fourth Industrial Revolution—Vision and Challenges. *IEEE Eng. Manag. Rev.* 48(4), 144-159.

Lazanyi, K. and Lambovska, M. (2020) Readiness for Industry 4.0 Related Changes: A Case Study of the Visegrad Four. *Ekonomicko-manazerske spektrum.* 14(2), 100-113.

Lin, W.D., Low, M.Y., Chong, Y.T. and Teo, C.L. (2019) Application of SIRI for Industry 4.0 Maturity Assessment and Analysis in 2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), pp. 1450-1454.

Ramanathan, K. and Samaranayake, P. (2022) Assessing Industry 4.0 Readiness in Manufacturing: A Self-diagnostic Framework and An Illustrative Case Study. *J. Manuf. Technol. Manag.* 33(10), 468-488.

Thailand i4.0 Index เครื่องมือชุดดัชนีชี้วัดอุตสาหกรรม 4.0 สำหรับประเทศไทย [<https://www.thindex.or.th>, เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๕]