

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G
สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตอัจฉริยะ
ในประเทศไทย: มุมมองเชิงเทคนิค
และความคุ้มค่าในการลงทุน

USE CASES OF 5G TECHNOLOGY FOR
SMART MANUFACTURING IN THAILAND:
A TECHNICAL PERSPECTIVE AND
FINANCIAL FEASIBILITY STUDY

กมล เภมะรังษี¹

เพชรลักษณ์ โชควัฒนาสมบัติ²

สิรินทร อินทร์สวาท³

ณัชมน ผู้เจริญชนะชัย⁴

กสิกา สุขสมบูรณ์⁵

ทิวตต์ พงศ์ถาวรภมร⁶

เกรียงไกร มณีรัตน์⁷

Kamol Kaemarungsi¹

Petchalak Chokwattanasombat²

Sirintorn Insawath³

Chatchamon Phoojaroenchanachai⁴

Kalika Suksomboon⁵

Tiwat Pongthavornkamol⁶

Kriangkrai Maneerat⁷

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ปทุมธานี 12120^{1 ถึง 7}

National Electronics and Computer Technology Center,

Pathum Thani 12120 Thailand^{1 to 7}

Corresponding E-mail : giftpetchalak@gmail.com

Received Date April 02, 2024
Revised Date February 14, 2025
Accepted Date February 21, 2025

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาทดลองเทคนิคการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G ในอุตสาหกรรมการผลิต จำนวน 3 แห่ง ด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งใช้งานร่วมกับระบบสื่อสาร 5G เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเทคนิค การปรับปรุงสายการผลิต และวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนจากการใช้เทคโนโลยี 5G ในอุตสาหกรรมดังกล่าว ศึกษาโดยใช้วิธีวิจัยเชิงทดลอง ผลการศึกษาพบว่า เทคโนโลยี 5G มีคุณสมบัติเด่นคือ ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ มากกว่า ครอบคลุมจากสัญญาณไร้สายอื่นน้อยกว่า และปลอดภัยสูงกว่า สามารถใช้ Multi-Access Edge Computing (MEC) ลดความหน่วงเครือข่าย และยังสามารถเพิ่มคุณภาพเครือข่ายด้วยบริการระดับองค์กร เครือข่ายส่วนบุคคล หรือแบ่งเครือข่ายได้ เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีสื่อสารแบบอื่น เทคโนโลยี 5G จึงช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพการทำงานให้อุตสาหกรรมการผลิต เช่น การเชื่อมต่อข้อมูลด้วย 5G ทำให้ทราบประสิทธิภาพของ รถยกแต่ละคันแบบเรียลไทม์ หรือปรับเปลี่ยนวิถีตรวจบำรุงรักษาเครื่องจักรได้ สำหรับความคุ้มค่าในการลงทุน พบว่า การลงทุนวางระบบการผลิตด้วยเทคโนโลยี 5G ทั้งระบบ ยังมีต้นทุนสูง ดังนั้น ควรพิจารณาเลือกวาง โครงสร้างพื้นฐาน 5G ครั้งเดียวให้ใช้ได้หลายกรณีใช้งาน และควรเลือกใช้ในกระบวนการผลิตที่มีความสำคัญ และแก้ปัญหาได้ชัดเจน เช่น กรณีรถยนต์อัจฉริยะอัตโนมัติในสายการผลิตที่ให้ผลตอบแทนการลงทุนถึงร้อยละ 164 สามารถแบ่งเบาต้นทุนและนำข้อมูลที่รวบรวมได้ไปวางแผนการทำงานให้เกิดประโยชน์จริง

คำสำคัญ: เทคโนโลยี 5G กรณีใช้งาน 5G อุตสาหกรรมการผลิตอัจฉริยะ อุตสาหกรรม 4.0 ผลตอบแทน การลงทุน

Abstract

This study experimented the applying of 5G technology in manufacturing industry. The internet of things devices using 5G communication network were implemented in three companies with the aims to study their technical qualifications, improvement of manufacturing lines, and cost-benefit analysis. With experimental research method undertaken, the key advantages of the 5G technology were found including broader service coverage, reduced interference from other wireless signals, and enhanced security. In addition, adopting Multi-access Edge Computing system (MEC) could further reduce latency. Moreover, network quality could also be enhanced through supported enterprise-grade public network, slicing of the public network, or creating a private network. The 5G network could help improve operational efficiency for production industry, such as real time assessment of workload efficiency of each forklift, and changing of approaches for machine inspection and maintenance. As for the Return On Investment (ROI), it was found that investing 5G in the whole production system saw a high cost. Therefore, one-time investment on 5G infrastructure for using with a variety of interconnected use cases was recommended. In addition, deploying the 5G network would be favorable when addressing core product process with clearly identified pain points. For example, the case of Automated Guided Vehicles (AGVs) in production lines could yield a 164% ROI. Similarly, deploying a single 5G infrastructure could facilitate cost sharing and enable effective operational planning from the gathered data.

Keywords: 5G technology, 5G use cases, smart factory/manufacturing, industry 4.0, Return On Investment (ROI)

1. บทนำ

พ.ศ. 2562 เทคโนโลยีเครือข่ายเซลลูลาร์ไร้สายมีวิวัฒนาการมาถึงยุคที่ห้า (ห้าจี) (Fifth Generation: 5G) หรือที่เรียกว่า 5G cellular network ด้วยศักยภาพของเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีการนำเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตนอกจากการให้บริการโทรคมนาคมแก่บุคคลทั่วไป ซึ่งเทคโนโลยี 5G มีศักยภาพสอดคล้องกับแนวทางการปฏิวัติอุตสาหกรรมการผลิตให้เข้าสู่ยุคที่ 4 หรือ Industry 4.0 ที่ต้องปรับกระบวนการทำงานเดิมด้วยการเพิ่มเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่หลากหลายหรือปรับเปลี่ยนรวดเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน เช่น การใช้ระบบอัตโนมัติ การใช้หุ่นยนต์ การวิเคราะห์ข้อมูล หรือการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาเสริมการทำงาน โดยเทคโนโลยี 5G สามารถเพิ่มการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายข้อมูลไร้สายที่มีเสถียรภาพเข้าไปในสายการผลิตส่งผลให้การผลิตมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ตรวจสอบได้ และสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

ได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ เทคโนโลยี 5G นำเสนอคุณลักษณะทางเทคนิคใหม่ นอกเหนือจากการเพิ่มอัตราและปริมาณการสื่อสารข้อมูล ซึ่งเพิ่มคุณสมบัติการสื่อสารข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือสูง ความหน่วงต่ำ และความสามารถในการใช้งานอุปกรณ์ในกลุ่มอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) จำนวนมหาศาลได้ โดยคุณสมบัติใหม่เหล่านี้สามารถตอบสนองความต้องการในภาคอุตสาหกรรมการผลิตมากกว่าผู้บริโภคทั่วไป แม้ว่าหน่วยงานที่พัฒนามาตรฐาน 5G ที่เรียกว่า Third Generation Partnership Project (3GPP) ได้กำหนดมาตรฐาน 5G ในเอกสารเผยแพร่ เช่น 5G 3GPP release 15 และ release 16 (The 3GPP, 2019; 2020) แต่ปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้งานได้ในภาคอุตสาหกรรมยังอยู่ระหว่างการพัฒนาเพื่อให้สามารถตอบโจทย์ความต้องการของตลาดโดยบริษัทผู้ผลิตหรือผู้ขายอุปกรณ์โทรคมนาคม และอยู่ระหว่างเพิ่มจำนวนให้มากขึ้น อีกทั้งความเข้าใจและการประยุกต์ใช้งานกับภาคอุตสาหกรรมผลิตยังอยู่ในวงจำกัด ประกอบกับความกังวลด้านความคุ้มค่าในการลงทุนเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี 5G ร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัลที่เหมาะสมกับบริบทของผู้ใช้ภาคอุตสาหกรรมแต่ละราย ประเด็นเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญที่ชะลอการขับเคลื่อนไปข้างหน้าของการลงทุนใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง และอาจส่งผลกระทบต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมในประเทศให้ก้าวไปสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 มีความล่าช้า ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการนำร่องศึกษา ทดลอง และถ่ายทอดการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี 5G ให้กับผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมและคลังสินค้า หรือภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถใช้เป็นแนวทางให้กับหน่วยงานอื่น ๆ นำไปปรับใช้ให้เข้ากับบริบทของอุตสาหกรรมไทย เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานไปสู่อุตสาหกรรมผลิตอัจฉริยะ หรือ smart factory/manufacturing ได้อย่างยั่งยืน

การศึกษาทดลองนี้เกิดจากความต้องการของผู้ประกอบการ จำนวน 3 ราย ที่ใช้บริการเครือข่าย 5G ของผู้ให้บริการหลักของประเทศ พิจารณาประเด็นทางเทคนิค เช่น คุณภาพสัญญาณไฟฟ้าและคุณภาพข้อมูลดิจิทัลที่ใช้ในการสื่อสาร โดยชี้ให้เห็นถึงขีดความสามารถของเทคโนโลยี 5G และประเมินข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ เช่น ความคุ้มค่าในการลงทุน ผ่านการคำนวณตัวเลขวัดผลตอบแทนจากการลงทุน หรือ Return On Investment (ROI) และสรุปประโยชน์ที่ได้รับจากการเลือกใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและเทคโนโลยีสื่อสาร 5G ในแง่ของประสิทธิภาพในกระบวนการทำงาน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อทดสอบเทคนิคการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G โดยเก็บข้อมูลคุณสมบัติและคุณภาพทางวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ได้แก่ ระดับความแรงของสัญญาณ (signal strength) อัตราการสื่อสารข้อมูล หรือแบนด์วิดท์ (bandwidth) ค่าความหน่วง (latency) ของอุปกรณ์ระบบสื่อสารข้อมูลของแต่ละกรณีใช้งานในอุตสาหกรรมการผลิต 3 กรณี ประกอบด้วย การเฝ้าติดตามการทำงานของเครื่องจักร (condition-based monitoring) รถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles: AGVs) และคลังสินค้าอัจฉริยะ (smart warehouse) รวมถึงวิเคราะห์ประโยชน์ที่ได้รับในการปรับการทำงานด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล

2.2 เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนจากการทดลองใช้เทคโนโลยี 5G กับอุตสาหกรรมการผลิตกลุ่ม smart factory/manufacturing ที่เข้าร่วมทดสอบ

3. วิธีการศึกษา

ศึกษาด้วยวิธีวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) โดยเก็บข้อมูลทางวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสารด้วยอุปกรณ์เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้า (electrical signal measurement instrument) จากนั้นใช้โปรแกรมวิเคราะห์ประสิทธิภาพการสื่อสารข้อมูลดิจิทัล (digital communications) และรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงต้นทุนและผลประโยชน์จากในแต่ละกรณีศึกษาผ่านการสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้อง รวมถึงข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ในงานศึกษาวิจัยที่น่าสนใจทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนสำหรับการนำเทคโนโลยี 5G ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีรายละเอียดการศึกษาดังนี้

3.1 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เลือกตัวอย่างการใช้งาน (use cases) ที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของเทคโนโลยี 5G ในด้านการใช้งานความหน่วงต่ำ การใช้งานที่มีความหนาแน่นของอุปกรณ์ใช้งาน และการใช้ขนาดแบนด์วิดท์กว้าง โดยกรณีตัวอย่างการใช้งานที่เลือกทดสอบเหล่านี้สอดคล้องกับการใช้งานที่มีอยู่จริงในโรงงานอุตสาหกรรมไทย ได้แก่ 1) คลังสินค้าอัจฉริยะ ซึ่งต้องการใช้คุณสมบัติด้านการใช้งานที่มีความหนาแน่นของอุปกรณ์ใช้งานและด้านการใช้งานความหน่วงต่ำ 2) รถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ ที่ต้องการใช้คุณสมบัติด้านการใช้งานความหน่วงต่ำและการใช้ขนาดแบนด์วิดท์กว้าง และ 3) การเฝ้าติดตามการทำงานของเครื่องจักร (condition-based monitoring) ซึ่งสามารถพัฒนาไปสู่กรณีการบำรุงรักษาคุณภาพเครื่องจักรเชิงคาดการณ์ (advanced predictive maintenance) ที่ต้องการคุณสมบัติด้านการใช้ขนาดแบนด์วิดท์กว้างและด้านการใช้งานที่มีความหนาแน่นของอุปกรณ์ใช้งาน อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดด้านงบประมาณและคุณสมบัติทางเทคนิคของมาตรฐาน 5G ในอุปกรณ์และบริการเครือข่ายที่ทดลองได้จริงในการศึกษานี้ ทำให้ไม่สามารถทดลองทดสอบคุณสมบัติบางประการได้ในปัจจุบัน เช่น คุณสมบัติด้านการใช้งานความหน่วงต่ำที่ต้องใช้บริการระบบ Multi-access Edge Computing (MEC) ที่มีค่าใช้จ่ายสูง หรือจำนวนอุปกรณ์ลูกข่ายจำนวนมากที่จะสามารถจัดหาได้ด้วยงบประมาณจำกัด ทำให้การทดลองด้านพิสูจน์คุณสมบัติด้านการใช้งานที่มีความหนาแน่นของอุปกรณ์ใช้งานไม่สามารถดำเนินการได้ อย่างไรก็ตาม การใช้งานที่คัดเลือกมานี้ยังคงมีประโยชน์ในการศึกษาเพื่อนำไปใช้งานได้ในธุรกิจที่ใกล้เคียงและมีการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ประกอบการใช้งาน

3.2 กลุ่มตัวอย่างและสถานที่ทดลองทดสอบ

คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากโรงงานที่มีความพร้อมและยินดีร่วมทดสอบจากรายชื่อโรงงานนำร่องที่ทำงานร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค: NECTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โดยมีพื้นที่ทดสอบ 3 แห่ง ประกอบด้วย โรงงาน 2 แห่ง และคลังสินค้า 1 แห่ง ได้แก่ บริษัท ไโดซิน จำกัด (DAISIN) บริษัท ธนากรผลผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด (TVOP หรือ COOK) และบริษัท เอสซีจีเจดับเบิลยูดี โลจิสติกส์ จำกัด (มหาชน) (SCGJWD) หรือ บริษัท เอสซีจี โลจิสติกส์ แมเนจเม้นท์ จำกัด (SCGL) เดิม

3.3 ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินการ 2 ปี ตั้งแต่วันที่ 2 ตุลาคม 2564 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2566

3.4 รูปแบบเครือข่ายและสัญญาณที่ใช้ทดลองทดสอบ

การศึกษานี้ใช้งานเครือข่าย 5G ในช่วงความถี่ 700 MHz และ 2600 MHz แต่ไม่สามารถทดลองใช้เครือข่ายในช่วงความถี่ 26 GHz ได้ เนื่องจากต้องพึ่งพาสถานีฐานที่ผู้ให้บริการเครือข่ายเปิดให้บริการในพื้นที่ของสถานประกอบการในลักษณะของเครือข่ายสาธารณะ (public network) ซึ่งต้องลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานสำหรับความถี่นี้เพิ่มเติม ส่วนอุปกรณ์เครื่องลูกข่ายที่นำมาทดลองเป็นอุปกรณ์ 5G ประเภท Customer Premise Equipment (CPE) เป็นหลัก สำหรับผู้ให้บริการเครือข่าย ได้แก่ บริษัท โทเทิล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) บริษัท ทู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) (ซึ่งต่อมาได้ควบรวมกันเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2566) และบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (AIS) รวมทั้งบริษัท แอดวานซ์ ไวร์เลส เน็ทเวอร์ค จำกัด (AWN)

3.5 วิธีการทดลองทดสอบ

ก่อนการทดลองใช้งานสัญญาณ 5G ในพื้นที่ทดสอบ ผู้ให้บริการเครือข่ายได้ทำ walk test เพื่อประเมินความครอบคลุมและคุณภาพสัญญาณ และวิเคราะห์เครือข่ายและคุณภาพสัญญาณ 5G เพิ่มเติม ได้แก่ 1) การทดสอบพื้นที่ให้บริการ 5G (coverage) โดยตรวจวัดความแรงและคุณภาพสัญญาณที่ได้รับ หากพื้นที่ทดสอบมีคลื่นความถี่ที่ให้บริการมากกว่า 1 ช่วงคลื่นความถี่ (700 MHz หรือ 2600 MHz) จะทำการเปรียบเทียบกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแผนการเปิดให้บริการของผู้ให้บริการเครือข่าย และระยะทางโดยประมาณที่สามารถใช้งานได้จากสถานีฐานที่ใกล้ที่สุด 2) อัตราการสื่อสารข้อมูล (data rate) ทั้งทิศทางอัปลิงก์ (Uplink: UL) และทิศทางดาวน์โหลดลิงก์ (DownLink: DL) โดยขึ้นอยู่กับอัตราการสื่อสารข้อมูลสูงสุดที่ผู้ให้บริการกำหนดในพื้นที่ทดลอง 3) อัตราค่าเฉลี่ยความผิดพลาดในการส่งข้อมูล 4) ค่าความหน่วงในการสื่อสารข้อมูล (delay หรือ latency) 5) ทดลองจำนวนอุปกรณ์ที่เสนอในการศึกษานี้ว่าสามารถรองรับได้ในสถานีฐานที่ให้บริการ 6) ทดสอบสายอากาศบน CPE หรืออุปกรณ์ปลายทางอื่น ๆ (end devices) (หากเป็นไปได้) 7) การทดลองอุปกรณ์ปลายทางในกลุ่มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง 8) อัตราความเร็วการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ปลายทาง 5G (5G end devices) ภายใต้อินเทอร์เน็ตที่ให้บริการและคุณภาพการใช้งาน 9) ความเป็นไปได้ในการใช้งานเครือข่าย 5G แบบส่วนบุคคล (private network) สำหรับโรงงาน

3.6 วิธีวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

การศึกษานี้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนโดยรวบรวมข้อมูลทุกมิติจากงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ เพื่อกำหนดกรอบในการเลือกเครื่องมือและเกณฑ์การประเมิน และนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนให้เหมาะสมกับการดำเนินการ โดยใช้เครื่องมือทางการเงิน 5 เครื่องมือหลัก ได้แก่ 1) ผลตอบแทนจากการลงทุน (Return On Investment: ROI) 2) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 3) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) 4) ระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด (Discount

Payback Period: DPB) และ 5) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: BCR) เพื่อให้เห็นผลศึกษาที่ครอบคลุมและชัดเจนมากขึ้น และมีแนวทางการกำหนดตัวแปรต้นทุนและผลตอบแทนจากกรณีศึกษาที่ใกล้เคียง (ข้อมูลทุติยภูมิ) มาใช้เป็นหลักคิดสำหรับสรุปตัวแปรด้านต้นทุนและผลตอบแทน โดยขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วย 1) เก็บข้อมูลก่อนทดสอบ โดยการสัมภาษณ์ ส่งแบบสอบถาม และลงพื้นที่เพื่อสังเกตสถานภาพโดยรวมก่อนทดสอบ (ข้อมูลปฐมภูมิ) 2) กำหนดตัวแปรต้นทุนและผลตอบแทน และเริ่มเก็บรวบรวมข้อมูลหลังมีการทดสอบใช้งาน (ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ) 3) วิเคราะห์ผลตามเกณฑ์การประเมิน โดยนำข้อมูลต้นทุนผลตอบแทนที่ได้มาใช้นำมาคำนวณ 4) สรุปผลการประเมิน วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบ รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

เพื่อให้ผลการประเมินความคุ้มค่าสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจได้ ผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขการประเมินภายใต้กรอบระยะเวลาในการดำเนินงานการศึกษาที่จำกัดซึ่งกำหนดไว้ 5 ปี และกำหนดให้อัตราคิดลดเท่ากับร้อยละ 8.77 ต่อปี เป็นอัตราคิดลดที่แท้จริง ซึ่งคำนวณจากอัตราดอกเบี้ยที่เป็นตัวเงิน (nominal rate) โดยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้ารายใหญ่ชั้นดีของธนาคาร (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2566) และปรับด้วยอัตราเงินเฟ้อ (คณะกรรมการนโยบายการเงิน, 2565, น. 27) นอกจากนี้ยังกำหนดสถานการณ์สมมติ (scenario) เพื่อให้เห็นมิติของการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้น โดยกำหนดกรณีฐาน (base case) และกรณีที่ดีที่สุด (best case) ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นหรือไม่ก็ได้ นำมาเปรียบเทียบความคุ้มค่าในแต่ละกรณี เพื่อให้เห็นแนวโน้มรวมถึงโอกาสจากปัจจัยอื่น ๆ อันจะส่งผลกับความคุ้มค่าของการลงทุนในระบบเพื่อประกอบการตัดสินใจในบริบทที่ต่างกัน ประกอบด้วย

1) การกำหนดกรณีฐานของแต่ละกรณีใช้งานรวมทั้งสิ้น 4 กรณี เพื่อพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ บนพื้นฐานของการร่วมทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นต้นทุน ค่าใช้จ่าย ผลประโยชน์ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันเพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนของแต่ละกรณี

2) การกำหนดกรณีที่ดีที่สุด ภายใต้ข้อสมมติต้นทุน ค่าใช้จ่าย และผลประโยชน์ที่เปลี่ยนแปลงไปโดยสมมติให้ทุกกรณีมี

- ค่าใช้จ่ายลดลงร้อยละ 10 อาศัยหลักคิดเรื่องกลไกราคาในตลาด ประกอบกับวัฏจักรเทคโนโลยีที่ช่วงแรกยังต้นทุนสูง ต่อมาค่าใช้จ่ายส่วนเทคโนโลยีและองค์ประกอบจะมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งจะส่งผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุนที่อาจมากขึ้นได้

- มีการสนับสนุนจากภาครัฐ โดยใช้ข้อมูลหากสถานประกอบการผ่านเงื่อนไขและได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีของคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (The Board of Investment of Thailand: BOI) ในมาตรการที่ 4 ด้านการยกระดับไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 จะได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีร้อยละ 100 ของเงินลงทุน (ไม่รวมเงินทุนหมุนเวียน) เป็นระยะเวลา 3 ปี ซึ่งหากได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐจะส่งผลให้ผลประโยชน์ทางการเงินจากระบบเพิ่มขึ้น และเกิดความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดได้

4. การทบทวนวรรณกรรม

เทคโนโลยี 5G หรือ 5th generation cellular network เป็นมาตรฐานเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายล่าสุดที่ถูกพัฒนาขึ้น โดยความสามารถที่เพิ่มขึ้นคือ รองรับการส่งข้อมูลความเร็วสูงระดับกิกะบิตต่อวินาที (Gbps) มีความหน่วงต่ำมาก (ultra-low latency) มีความน่าเชื่อถือสูง (high reliability) และมีแบนด์วิดท์ขนาดใหญ่กว่าเทคโนโลยีการสื่อสารยุคก่อน โดยเทคโนโลยี 5G รองรับการให้บริการใช้งานที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้ 1) ความต้องการส่งข้อมูลปริมาณมากและความเร็วสูง (enhanced Mobile Broadband: eMBB) 2) ความต้องการสื่อสารที่ความหน่วงที่ต่ำ (ultra-Reliable and Low Latency Communications: uRLLC) 3) ความต้องการเชื่อมต่ออุปกรณ์อินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งหรืออินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งจำนวนมาก (massive machine type communications/massive internet of things: mMTC) (Shafi et al., 2017)

จะเห็นได้ว่า เทคโนโลยี 5G ถูกออกแบบมารองรับความต้องการใช้งานที่หลากหลาย แต่ทั้ง 3 กรณีการใช้งานไม่จำเป็นจะต้องใช้เทคนิคหรือคลื่นความถี่เดียวกัน กล่าวคือ การใช้งานรูปแบบ eMBB ที่ต้องการความเร็วสูงควรใช้คลื่นย่านความถี่สูง เช่น 26 GHz (หรือ mmWave) ซึ่งมีแบนด์วิดท์ที่กว้าง เหมาะกับการส่งข้อมูลปริมาณมากและความเร็วสูง แต่มีข้อจำกัดคือไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ที่กว้างได้ ดังนั้น หากเป็นการใช้งานรูปแบบ uRLLC ที่ต้องการความหน่วงต่ำ อาจจะเหมาะกับการใช้งานหลายคลื่นควบคู่กัน เช่น 26 GHz 2600 MHz และ 700 MHz ควบคู่กันไป เพื่อให้ได้ความหน่วงต่ำ บางกรณีการใช้งานจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ในเครือข่ายของผู้ให้บริการเพิ่มเติม เช่น การติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลในเครือข่ายประเภทระบบ Multi-access Edge Computing (MEC) ซึ่งช่วยให้ข้อมูลที่ถูกส่งมาจากอุปกรณ์ปลายทางถูกประมวลผลเร็วขึ้น เพราะอุปกรณ์ดังกล่าวใกล้กับอุปกรณ์ปลายทาง ลดระยะเวลาการส่งไปยังเครือข่ายจริง สำหรับการใช้งานรูปแบบ mMTC จะเหมาะกับคลื่นความถี่ต่ำ เช่น 700 MHz เนื่องจากข้อมูลจะถูกส่งมาจากเซนเซอร์ขนาดเล็กที่ติดตั้งไว้จำนวนมาก เป็นข้อมูลที่ไม่ต้องการความหน่วงต่ำ รวมถึงการใช้คลื่นความถี่ต่ำสามารถทะลุทะลวงสิ่งกีดขวางและโครงสร้างอาคารได้ดีกว่าคลื่นความถี่สูง

สำหรับการเลือกใช้งานเครือข่าย 5G ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต GSM Association (GSMA, 2020) สรุปว่าการใช้สัญญา 5G สามารถใช้จากเครือข่ายสาธารณะหรือเครือข่ายส่วนบุคคล โดยหากใช้เครือข่ายสาธารณะควรคำนึงว่าจะต้องระบุระดับการบริการ (Service Level Agreements: SLAs) หรือไม่ แต่หากใช้เครือข่ายส่วนบุคคลก็สามารถใช้ผ่านคลื่นความถี่สาธารณะ (operator spectrum) หรือคลื่นความถี่ที่ไม่ต้องขอใบอนุญาตหรือคลื่นส่วนบุคคล (unlicensed or private spectrum) ก็ได้

ตัวอย่างกรณีการใช้งาน 5G กับภาคอุตสาหกรรมการผลิตในต่างประเทศ โครงการ Tactile Internet 4.0 (TACNET 4.0) ของกระทรวงการศึกษาและวิจัยแห่งสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี (German Federal Ministry of Education and Research: BMBF) ได้ใช้เทคโนโลยีไร้สาย 5G สนับสนุนการใช้งานหุ่นยนต์เคลื่อนที่และการควบคุมและเฝ้าระวังเครื่องจักรในกระบวนการอุตสาหกรรม (OTARIS, 2020) ส่วนผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่าย 5G เช่น บริษัท Huawei ได้นำเสนอกรณีการใช้งานยานพาหนะนำทางอัตโนมัติและหุ่นยนต์เคลื่อนที่และการควบคุมและเฝ้าระวังจากระยะไกลเช่นกัน (Adib, 2019) นอกจากนี้ ยังมีเอกสารผลการวิเคราะห์

โดยบริษัท ABI Research ซึ่งกล่าวถึงการใช้งานการเฝ้าระวังผ่านระบบเซนเซอร์ (Bonte et al., 2020) อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยี 5G เข้ามาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีเพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานให้เป็นอัตโนมัติมากขึ้น ยังส่งผลให้เกิดข้อกังวลเรื่องความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ (cybersecurity) และการรั่วไหลของข้อมูล ที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยความลับทางการค้า (Lin et al., 2023)

สำหรับความคุ้มค่าในการลงทุนเป็นการบริหารจัดการหรือใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด หลายองค์กรมักประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนผ่านการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน ซึ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้เปรียบเทียบผลตอบแทนที่เกิดขึ้นกับเงินลงทุน เนื่องจากให้ผลเป็นตัวเลขแบบร้อยละ ติความได้ง่าย ยิ่งได้ผลลัพธ์เป็นค่าที่สูงเท่าใด ยิ่งแสดงให้เห็นถึงผลตอบแทนการลงทุนที่ดีขึ้นเท่านั้น (Jason, 2024) โดยทั่วไปแล้วผลตอบแทนจากการลงทุน มักใช้เป็นเครื่องมือในการจัดลำดับความสำคัญเพื่อประกอบการตัดสินใจลงทุนในอนาคต หรือใช้ประเมินการศึกษาหรือกิจกรรมในปัจจุบัน รวมถึงประเมินผลการดำเนินงานของกลุ่มธุรกิจ ซึ่งในบางกรณีผลตอบแทนจากการลงทุนจะถูกนำไปใช้ประเมินผลการดำเนินงานของแผนกหรือกลุ่มธุรกิจ เพื่อวัดประสิทธิภาพของการลงทุน และอาจนำไปสู่การตัดสินใจขยายหรือลดแผนกหรือกลุ่มธุรกิจนั้น

อย่างไรก็ตาม การนำผลตอบแทนจากการลงทุนไปประยุกต์ใช้มีความหลากหลาย จากการศึกษาของ Botchkarev & Andru (2011) พบว่า บางครั้งผลตอบแทนจากการลงทุนถูกนำไปประเมินในมุมมองของผลประโยชน์ (gain) ในการลงทุน ไม่ใช่เป็นการมองในส่วนของผลประโยชน์สุทธิ (gain-cost) นอกจากผลตอบแทนจากการลงทุนแล้ว ส่วนใหญ่ในหลายงานศึกษาวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องยังพิจารณาในมิติอื่น ๆ เช่น อัตราผลตอบแทนภายใน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) ในการเลือกตัวแปร ตัวชี้วัดต้องพิจารณาทั้งผลตอบแทนและต้นทุนที่เกิดขึ้นทั้งทางตรง (direct benefit/cost) และทางอ้อม (indirect benefit/cost) ในรูปแบบที่วัดเป็นตัวเงินได้และวัดเป็นตัวเงินไม่ได้ (tangible/intangible) มาประเมินให้ครบถ้วน ซึ่งผลตอบแทนและต้นทุนที่จับต้องไม่ได้ (intangible benefits/costs) อาจไม่ได้มีค่าทางการเงินที่เป็นตัวเลขที่สามารถวัดได้ชัดเจน แต่กลับมีน้ำหนักต่อการตัดสินใจลงทุนเช่นกัน ซึ่งในบางกรณีจะถูกนำมาพิจารณาร่วมในการประเมินและมีผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุนอย่างเห็นได้ชัดด้วย (Botchkarev & Andru, 2011)

ส่วนงานศึกษาเกี่ยวกับความคุ้มค่าในการลงทุนของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G กับโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า หลายประเทศทั่วโลกเริ่มนำเทคโนโลยี 5G เข้ามาประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น และมีงานศึกษาที่เกี่ยวกับความคุ้มค่าในการลงทุนในการดำเนินงานออกมาอย่างต่อเนื่อง เช่น ABI Research ประเมินความคุ้มค่าในการประยุกต์ใช้ที่เชื่อมต่อกับระบบเซลลูลาร์ (เครือข่ายมือถือ) 4G LTE กับ 5G ในโรงงานผลิตรถยนต์ในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี และโรงงานผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศญี่ปุ่น พบว่า การลงทุนในระยะ 5 ปี มีผลตอบแทนจากการลงทุนระหว่าง 10-20 เท่า แตกต่างกันไปประเภทของสถานประกอบการ และกรณีที่น่าไปประยุกต์ใช้ (Bonte et al., 2020) นอกจากนี้ ยังมีงานศึกษา Techno-Economic Evaluation of 5G Technology for Automated Guided Vehicles (AGVs) in Production ที่พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการประยุกต์ใช้ 4G กับ 5G ใน AGVs หลังจากลงทุนไป 10 ปี มีความแตกต่างกันถึง 1.3 ล้านยูโร และพบว่า มีผลตอบแทนทางการลงทุนต่างกันถึงร้อยละ 66 (Kiesel et al., 2022) อย่างไรก็ตาม งานศึกษาของ Kiesel et al. (2022) แสดงให้เห็นชัดว่า อุปสรรคที่สำคัญของหลายบริษัทที่ยังไม่สามารถลงทุนในเทคโนโลยี 5G

เนื่องจากยังคงขาดความเข้าใจเกี่ยวกับผลตอบแทนจากการลงทุนมากถึงร้อยละ 72 ดังนั้น การมีผลศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไทย และการสร้างความเข้าใจ จึงอาจมีส่วนสำคัญในการผลักดันให้ผู้ประกอบการมีแนวโน้มที่จะลงทุนเพิ่มขึ้น และไม่ติดขัดกับดักแห่งความไม่คุ้มค่า จนไม่กล้าที่จะลงทุนในเทคโนโลยีใหม่

การศึกษาเกี่ยวกับความคุ้มค่าในการลงทุนของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G กับโรงงานอุตสาหกรรมในต่างประเทศนั้น มีข้อสังเกตว่า ส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการรายใหญ่ที่มีเงินลงทุนสูง ผู้ประกอบการมีความพร้อมในการใช้เทคโนโลยีในระดับหนึ่ง การต่อยอดไปใช้ 5G จึงเกิดขึ้นได้ง่าย และมีแนวทางในการวัดความคุ้มค่าในการลงทุนที่เห็นผลชัด ในขณะที่บริบทของประเทศไทยอาจมีความแตกต่างออกไป นอกจากนี้ ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการศึกษาในประเทศไทยที่เผยแพร่ให้เห็นมากนัก ส่วนใหญ่เป็นเพียงการนำเสนอการนำเอาเทคโนโลยีต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับ 5G ในกรณีต่าง ๆ เท่านั้น จึงเป็นอีกหนึ่งความท้าทายของการประยุกต์ใช้ 5G ในแง่ความคุ้มค่าสำหรับบริบทของประเทศไทย

5. กรอบแนวคิด/สมมติฐานการวิจัย

5.1 กรอบแนวคิด

เนื่องด้วยเทคโนโลยี 5G ได้รับการคาดหวังว่าจะช่วยผลักดันการเติบโตทางผลผลิตรวมของภาคการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมในภาพรวมของโลกให้โตถึงร้อยละ 4 ภายใน พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) การคาดการณ์ดังกล่าวสร้างความสงสัยให้ภาคธุรกิจและผู้ประกอบการถึงศักยภาพที่แท้จริงของการนำเทคโนโลยี 5G ไปใช้งานจริง ในทางปฏิบัติเทคโนโลยี 5G อาจยังไม่มีความพร้อมที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานกับภาคอุตสาหกรรมได้ทันที ความท้าทายในการนำเทคโนโลยี 5G มาใช้ในระยะเวลาอันใกล้นี้ (2-3 ปี) คือ ความพร้อมทั้งในด้านอุปกรณ์ปลายทางที่รองรับคลื่นความถี่ 5G การออกแบบการจัดการใช้งานคลื่นได้อย่างเหมาะสม และระบบการจัดการในตัวส่วนประมวลผล ซึ่งต้องพึ่งพาการประมวลผลที่ขอบเครือข่าย (edge computing) เป็นหลัก ดังนั้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ต้องการทดสอบการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบโรงงานอุตสาหกรรมและการเพิ่มผลผลิต รวมไปถึงการออกแบบวิธีการนำเทคโนโลยี 5G ไปใช้ในแต่ละกรณีใช้งานได้อย่างเหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยเลือกทดสอบกรณีการใช้งานจริง 3 กรณี โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 การทดสอบรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ (AGVs) หรือ mobile robot มีการทดสอบสองรูปแบบคือ 1) การทดสอบประสิทธิภาพสื่อสารเซนเซอร์บนตัวรถ AGVs ไปยังเซิร์ฟเวอร์คลาวด์ (cloud) ทดสอบร่วมกับบริษัท โดชิน จำกัด ใช้เครือข่ายสาธารณะ 5G ของ DTAC คลื่นความถี่ 700 MHz และ 2600 MHz 2) การบังคับรถจากระยะไกลและสตรีมมิ่งผ่านกล้องวิดีโอที่ติดตั้งบนรถ AGVs ร่วมกับบริษัท ธนาการผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด โดยใช้เครือข่าย 5G ส่วนบุคคลเสมือน (virtual private 5G network) คลื่นความถี่ 2600 MHz

5.1.2 การเฝ้าติดตามสถานะเครื่องจักร ร่วมกับบริษัท ธนาการผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด โดยใช้เครือข่ายสาธารณะ 5G คลื่นความถี่ 2600 MHz ของ TRUE ติดตั้งอุปกรณ์เรดาร์เซนเซอร์ (radar sensor) บนฝาดังบรรจุของเหลวในระบบวนการผลิตน้ำมันพืชภายในโรงงาน ใช้งานในลักษณะของอินเทอร์เน็ทของสรรพสิ่งผ่านเครือข่าย 5G โดยข้อมูลระดับของเหลวที่วัดได้จากเซนเซอร์จะถูกส่งขึ้นไปยังเซิร์ฟเวอร์บนคลาวด์ตลอดเวลา

5.1.3 การทดสอบคลังสินค้าอัจฉริยะ ร่วมกับบริษัท เอสซีจี โลจิสติกส์ แมเนจเม้นท์ จำกัด โดยใช้เครือข่าย 5G ส่วนบุคคลเสมือน (virtual private 5G network) ของ AIS คลื่นความถี่ 2600 MHz ติดตามตำแหน่งรถยกสินค้าที่ทำงานในพื้นที่คลังสินค้าผ่านการใช้อุปกรณ์ IoT ประเภท Indoor Positioning/Tracking System (IPS) โดยใช้ระบบติดตามด้วยเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายมาตรฐาน IEEE 802.15.4 UWB ซึ่งการศึกษาี้ติดตั้งอุปกรณ์ในพื้นที่คลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิตที่เข้าร่วมทดสอบ และผู้ดูแลคลังสินค้าสามารถตรวจสอบการทำงานของรถยกได้ตลอดเวลา

สำหรับกรอบแนวคิดและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน จะยึดแนวทางการวัดค่าผลตอบแทนจากการลงทุนเป็นหลัก แต่จะใช้เครื่องมือทางการเงินอื่น ๆ มาพิจารณาประกอบกัน ได้แก่ ROI, IRR, NPV, DPB และ BCR ทั้งนี้ การเลือกเครื่องมือทางการเงินดังกล่าวเป็นเพียงตัวช่วยในการตัดสินใจเท่านั้น ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ควรพิจารณาประกอบกัน เช่น กลยุทธ์ขององค์กร กฎหมาย ข้อบังคับด้านมาตรฐาน เศรษฐกิจ สังคม การจัดการ และสิ่งแวดล้อม ส่วนแนวทางและขั้นตอนการประเมินตามรายละเอียดในหัวข้อ 3.6 ซึ่งต้นทุนและผลประโยชน์ได้จากการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ การลงพื้นที่ สัมภาษณ์ และส่งแบบสอบถาม นำมาสรุปและปรับค่าของเงิน (value of money) ด้วยการใช้อัตราคิดลด (discount rate) แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดและวิธีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

5.2 สมมติฐานการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานสำหรับส่วนการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน ภายใต้เงื่อนไขและสถานการณ์สมมติที่กล่าวถึงในข้อ 3.6 มีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและผลประโยชน์ในแต่ละกรณีใช้งาน มีผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุน

5.2.2 ต้นทุนที่ลดลงในแต่ละกรณีใช้งาน ส่งผลให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนมากขึ้น

5.2.3 ผู้ประกอบการที่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐโดยได้ผ่านเงื่อนไขและได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีร้อยละ 100 ของเงินลงทุน จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับจากกรณีต้นทุนที่ลดลงและกรณีฐาน

6. ผลการศึกษา

6.1 ผลการทดลองทดสอบเทคนิคการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G ในอุตสาหกรรมการผลิต

6.1.1 กรณีใช้งานรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ (AGVs) ในกลุ่มการติดตามทรัพย์สิน (asset tracking) ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่า ผู้ใช้งานสามารถติดตามตำแหน่งรถ AGVs ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือแท็บเล็ตที่ใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและสามารถวิเคราะห์ความหนาแน่น (heat map) แสดงตำแหน่งที่รถ AGVs เดินไปทางบ่อยที่สุด ซึ่งในระหว่างทดลองโรงงานได้มีการย้ายพื้นที่การใช้งาน และพบว่าโรงงานไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบสื่อสารเพิ่มเติมเนื่องจากเครือข่ายเซลลูลาร์ 5G ยังครอบคลุมพื้นที่ปฏิบัติงานทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบสื่อสารเพิ่มเติม เมื่อย้ายพื้นที่การใช้งานจึงได้มีการใช้งานโปรแกรมหน่วยประมวลผล (data analytic unit) ซึ่งช่วยแก้ปัญหาการดึงข้อมูลรูปแบบเดิมของทางโรงงานที่เจ้าหน้าที่ต้องหยุดรถก่อนต่อสาย LAN เข้าคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูล ช่วยให้เจ้าหน้าที่คลั่งสินค้าเข้าใจและวัดประสิทธิภาพการทำงานของรถ AGVs แต่ละคันได้

6.1.2 กรณีใช้งานรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ (AGVs) ในกลุ่ม Teleoperated AGVs กรณีการใช้งานนี้สตรีมมิงวิดีโอผ่านกล้องที่ติดบนตัวรถ AGVs ประกอบการบังคับรถระยะไกลด้วยรีโมตคอนโทรลจากห้องสั่งการ (command center) โดยตัวรถมีชั้นวางสองชั้น สามารถขนถ่ายวัสดุได้ชั้นละ 2 ถึง 20 กิโลกรัม ทำให้สามารถขนถ่ายได้สูงสุด 4 ถึง เป็นน้ำหนักรวม 80 กิโลกรัม ตัวรถสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด 0.5 เมตรต่อวินาที หรือ 1.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยทดสอบขนถ่ายถึงเลซีทินมายังสายพานเป็นระยะทางประมาณ 40 เมตร จากการทดสอบพบว่า รถ AGVs เหมาะกับการขนส่งสินค้าขนาดเล็กและกลาง หรือเคลื่อนที่ในคลังสินค้าที่มีเส้นทางขนส่งแคบได้ถึง 3 เมตร รวมทั้งสามารถใช้งานโดยพนักงานทั่วไปที่ไม่จำเป็นต้องมีความรู้เฉพาะเหมือนการขับรถยก (forklift) เนื่องจากบังคับด้วยก้านควบคุม (joystick) และมองผ่านกล้อง IP camera ที่ติดบนตัวรถ

6.1.3 กรณีใช้งานการเฝ้าติดตามสถานะเครื่องจักรด้วยเรดาร์ (radar) ผู้วิจัยติดตั้งเรดาร์เพื่อติดตามระดับน้ำมันในถังบรรจุของเหลวขนาดใหญ่ เพื่อส่งค่าจากเซนเซอร์ไปยังเซิร์ฟเวอร์ NETPIE และแสดงข้อมูลในหน้าตาต่างแดชบอร์ด (dashboard) โดยข้อมูลที่แสดงประกอบด้วยระดับของเหลวที่วัดได้จากเรดาร์ และมีอุณหภูมิของอุปกรณ์ edge computing IoT ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถติดตามผลได้ทั้งทางคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือ ทั้งนี้ ผู้วิจัยมีการศึกษาการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ข้อมูลที่ส่งจากโรงงานซึ่งจำเป็นต้องใช้เซิร์ฟเวอร์อีกชุดหนึ่งในการทดลองซึ่งเรียกว่าระบบไซบีเลียน (CYBLION)

6.1.4 กรณีใช้งานคลังสินค้าอัจฉริยะ ผู้วิจัยได้ทำการติดตามรถยก (forklift) ซึ่งรถทุกคันส่งข้อมูลการทำงานผ่านเครือข่าย 5G ส่วนบุคคลเสมือน (virtual private 5G network) ไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อประเมินผลผ่านโปรแกรมหน่วยวิเคราะห์ข้อมูล (data analytic unit) โดยหน่วยประมวลผลจะดึงข้อมูลอัตโนมัติมาสร้างกราฟแสดงข้อมูลสำคัญเพื่อประเมินพฤติกรรมคนขับและประสิทธิภาพการใช้งานรถแต่ละคัน จากนั้นระบบ

จะสรุปผลและรายงานแบบเวลาจริง (real-time) ในรูปแบบหน้าต่างแดชบอร์ดแสดงผล ผู้ใช้งานสามารถเลือกให้แสดงเป็นรายวัน รายอาทิตย์ รายเดือน หรือรายปี และสามารถเลือกดูข้อมูลสำหรับรถแต่ละคัน ข้อมูลดังกล่าวช่วยให้เจ้าหน้าที่คลังสินค้าเข้าใจและวัดประสิทธิภาพการทำงาน (workload) ของรถยกและผู้ขับได้

ผลการวิเคราะห์ทางเทคนิคของการใช้งานเครือข่าย 5G สามารถเปรียบเทียบการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการทดลอง 5G จริงที่สามารถดำเนินการได้กับแผนงานที่วางไว้

แผนการวิเคราะห์ทางเทคนิค	ผลการดำเนินการจากการศึกษา	การทดสอบประสิทธิภาพสื่อสารเซมเซอร์บนรถ AGVs	การบังคับรถ AGVs ระยะไกล	การเฝ้าติดตามสถานะเครื่องจักร	การทดสอบคลังสินค้าอัจฉริยะ
1. การทดสอบพื้นที่ให้บริการ 5G ในโรงงานและคลังสินค้าที่ร่วมทดลองนำร่อง (หน่วย: dBm หรือ dB)	<ul style="list-style-type: none"> ทดสอบโดยผู้ให้บริการเครือข่าย ตัวยกการใช้อุปกรณ์สเปกตรัมอานาไลเซอร์ (spectrum analyzers) 	$RSRP^1 = -79.09$ $RSRQ^2 = -11.37$ $SINR^3 = 21.53$	$RSRP = -93.70$ $RSRQ = -13.31$ $SINR = 9.16$	$RSRP = -91.93$ $RSRQ = -13.16$ $SINR = 14.46$	$RSRP = -95.82$ $RSRQ = -13.24$ $SINR = 6.54$
2. อัตราสื่อสารข้อมูล (หน่วย: Mbps)	<ul style="list-style-type: none"> ทดสอบโดยผู้ให้บริการเครือข่าย โปรแกรม nPerf และ Speed-test CLI ผ่านอุปกรณ์ CPE/โทรศัพท์ 	$DL^4 = 35.10$ $UL^5 = 21.88$	$DL = 17.74$ $UL = 1.79$	$DL = 32.42$ $UL = 2.93$	$DL = 12.51$ $UL = 7.63$
3. อัตราค่าเฉลี่ยความผิดพลาดในการส่งข้อมูล (ร้อยละต่อบิตเรตเป้าหมาย)	โปรแกรม iPerf โพรโทคอล UDP บนอุปกรณ์ IoT	ร้อยละ 1.96 ต่อ 20 Mbps	ร้อยละ 0 ต่อ 4 Mbps	ร้อยละ 0.55 ต่อ 4 Mbps	ร้อยละ 36.8 ต่อ 10 Mbps* (เกินจาก UL ที่ 8 Mbps)
4. ค่าความหน่วงในการสื่อสารข้อมูล (หน่วย: มิลลิวินาที)	<ul style="list-style-type: none"> ทดสอบโดยผู้ให้บริการเครือข่าย โปรแกรม nPerf, speed-test และ ping ผ่านอุปกรณ์ CPE/โทรศัพท์ 	24.35	44.18	38.42	57.52
5. ทดลองจำนวนอุปกรณ์ที่สามารถรองรับได้	จำนวน 5G CPE ต่อจำนวนอุปกรณ์หรือจำนวน CPE ที่ใช้พร้อมกัน	CPE 1 ตัวต่อรถ AGVs 1 คัน	CPE 1 ตัวต่อรถ AGVs 1 คัน	CPE 1 ตัวต่อตู้ควบคุม 1 ตู้	ใช้งาน CPE 16 ตัวพร้อม ๆ กันได้
6. ทดสอบสายอากาศบน CPE หรืออุปกรณ์ปลายทางอื่น (หากเป็นไปได้)	เนื่องจากอุปกรณ์ 5G ที่ใช้ในการศึกษาเป็น 5G CPE ที่ฝังสายอากาศอยู่ในอุปกรณ์ ไม่สามารถทดสอบสายอากาศบน CPE ได้ และอุปกรณ์ 5G end device ยังไม่สามารถจัดหาได้ อย่างไรก็ตาม มีการวัดคุณสมบัติสายอากาศที่ใช้กับอุปกรณ์สเปกตรัมอานาไลเซอร์ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ				

แผนการวิเคราะห์ทางเทคนิค	ผลการดำเนินการจากการศึกษา	การทดสอบประสิทธิภาพสื่อสารเซนเซอร์บนรถ AGVs	การบังคับรถ AGVs ระยะไกล	การเฝ้าติดตามสถานะเครื่องจักร	การทดสอบคลังสินค้าอัจฉริยะ
7. การทดลองอุปกรณ์ปลายทางกลุ่ม Internet of Things	ไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากใช้งาน 5G CPE เป็นหลักทุกกรณี อุปกรณ์ 5G IoT ที่แท้จริงยังไม่สามารถจัดหาได้ในขณะจัดทำรายงาน (มิถุนายน 2566) จึงเป็นการทดลองผ่านโทรศัพท์ ไม้ค้ำ หรืออุปกรณ์ IoT ที่เชื่อมต่อผ่าน 5G CPE เป็นหลัก				
8. อัตราความเร็วการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ปลายทาง 5G ในพื้นที่บริการ 5G และคุณภาพการใช้งาน	อุปกรณ์อาจเคลื่อนที่หรือไม่เคลื่อนที่ แต่ทุกกรณีสามารถใช้งานได้ดี ไม่มีปัญหา	CPE 1 อันต่อรถ AGVs 1 คัน ด้วยความเร็ว < 0.5 เมตร/วินาที	รถ AGVs ความเร็ว < 0.5 เมตร/วินาที หรือ 1.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง	5G CPE 1 ตัวต่อตู้ควบคุมเซนเซอร์ ซึ่งไม่เคลื่อนที่	CPE ยึดกับโครงสร้าง ไม่เคลื่อนที่ ใช้งานพร้อมกันได้ 16 ตัว
9. ความเป็นไปได้ในการใช้เครือข่ายส่วนบุคคลในโรงงาน	เครือข่ายสาธารณะหรือเครือข่ายส่วนบุคคล	เครือข่ายสาธารณะ	เครือข่ายสาธารณะ	เครือข่ายสาธารณะ	เครือข่ายส่วนบุคคลเสมือนระดับที่ 1

หมายเหตุ

- RSRP (Reference Signal Received Power) คือ ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับ
- RSRQ (Reference Signal Received Quality) คือ ค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ
- SINR (Signal to Interference Plus Noise Ratio) คือ อัตราส่วนของสัญญาณที่ใช้งานได้เทียบกับสัญญาณแทรกสอดและสัญญาณรบกวน
- Downlink (DL) Speed คือ อัตราการสื่อสารข้อมูลทิศทางดาวนลิงก์
- Uplink (UL) Speed คือ อัตราการสื่อสารข้อมูลทิศทางอัปลิงก์

6.2 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนจากการใช้เทคโนโลยี 5G กับอุตสาหกรรมการผลิตกลุ่ม smart factory/manufacturing ที่เข้าร่วมทดสอบ

จากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G ในกรณีศึกษาสถานประกอบการนำร่องในประเทศไทยจำนวน 3 แห่ง (โรงงานอุตสาหกรรม 2 แห่ง และคลังสินค้า 1 แห่ง) โดยใช้งานผ่านเครือข่ายสัญญาณ 5G ภายใต้ผู้ให้บริการเครือข่ายหลักของประเทศ และจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางการเงิน และสถานการณ์สมมติที่ส่งผลต่อความคุ้มค่าที่แตกต่างกัน สามารถสรุปความคุ้มค่าได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปความคุ้มค่าจากกรณีศึกษาในการศึกษา

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในแต่ละสถานการณ์สมมติ	การทดสอบประสิทธิภาพสื่อสารเซนเซอร์บนรถ AGVs	การบังคับรถ AGVs ระยะไกล	การเฝ้าติดตามสถานะเครื่องจักร	การทดสอบคลังสินค้าอัจฉริยะ
สรุปผลตอบแทนการลงทุน (ROI summary)				
กรณีฐาน	ร้อยละ 164	ลบ ร้อยละ 1	ลบ ร้อยละ 49	ร้อยละ 9
กรณีต้นทุนลดลง ร้อยละ 10	ร้อยละ 194	ร้อยละ 10	ลบ ร้อยละ 43	ร้อยละ 21
กรณีที่ดีที่สุด	ร้อยละ 216	ร้อยละ 69	ร้อยละ 17	ร้อยละ 37

การวิเคราะห์ ความคุ้มค่าในแต่ละ สถานการณ์สมมติ	การทดสอบ ประสิทธิภาพสื่อสาร เซนเซอร์บนรถ AGVs	การบังคับรถ AGVs ระยะไกล	การเฝ้าติดตามสถานะ เครื่องจักร	การทดสอบคลังสินค้า อัจฉริยะ
สรุประยะเวลาคืนทุน (payback period summary)				
กรณีฐาน	7 เดือน	> 5 ปี	> 5 ปี	4 ปี
กรณีต้นทุนลดลง ร้อยละ 10	6 เดือน	12 เดือน	> 5 ปี	3 ปี 1 เดือน
กรณีที่ดีที่สุด	5 เดือน	7 เดือน	9 เดือน	1 ปี 1 เดือน
สรุปอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR summary)				
กรณีฐาน	2.64	0.99	0.51	1.09
กรณีต้นทุนลดลง ร้อยละ 10	2.94	1.10	0.57	1.21
กรณีที่ดีที่สุด	3.16	1.69	1.17	1.37
สรุปผลตอบแทนภายใน (IRR summary)				
กรณีฐาน	ร้อยละ 165	ร้อยละ 8	-*	ร้อยละ 18
กรณีต้นทุนลดลง ร้อยละ 10	ร้อยละ 194	ร้อยละ 21	-*	ร้อยละ 29
กรณีที่ดีที่สุด	ร้อยละ 249	ร้อยละ 101	ร้อยละ 40	ร้อยละ 63
สรุปมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV summary)				
กรณีฐาน	2.24 au	-0.005 au	-0.27 au	0.38 au
กรณีต้นทุนลดลง ร้อยละ 10	2.38 au	0.077 au	-0.22 au	0.81 au
กรณีที่ดีที่สุด	2.95 au	0.57 au	0.10 au	1.60 au

* ไม่สามารถหาได้ (ผลตอบแทนน้อยกว่าเงินลงทุน)

หมายเหตุ

กรณีที่ดีที่สุด คือ ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ สถานประกอบการผ่านเงื่อนไขและได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีของคณะกรรมาธิการส่งเสริมการลงทุน ในมาตรการที่ 4 ด้านการยกระดับไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 จะได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีร้อยละ 100 ของเงินลงทุน (ไม่รวมเงินลงทุนหมุนเวียน) ใน 3 ปี

จากการทดลองทดสอบ ทุกกรณีใช้งานมีระบบการแจ้งเตือนและแสดงผลแบบเวลาจริง จึงมีความเป็นไปได้ที่จะช่วยลดการเกิดปัญหาหรือความผิดปกติในกระบวนการทำงาน สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที ลดระยะเวลาที่สูญเสียไปในการรวบรวมข้อมูลเพื่อชี้จุดแก้ปัญหาที่อาจนำไปสู่ผลเสียกับกระบวนการทำงานอย่างมหาศาลได้ อย่างไรก็ตาม ด้วยลักษณะการประยุกต์ใช้ที่ต่างกัน จึงทำให้ผลความคุ้มค่าที่คำนวณได้เป็นไปได้ทั้งบวกและลบ เมื่อเปรียบเทียบผลการประเมินพบว่า กรณีใช้งานรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติในกลุ่มการทดสอบประสิทธิภาพสื่อสารเซนเซอร์บนรถ AGVs มีความคุ้มค่ามากที่สุด ให้ผลตอบแทนการลงทุนถึงร้อยละ 164 รองลงมาเป็นกรณีใช้งานคลังสินค้าอัจฉริยะและกรณีใช้งานรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติในกลุ่มการบังคับรถ AGVs ระยะไกล ที่ให้ผลตอบแทนการลงทุน ร้อยละ 9 และลบร้อยละ 1 (เกือบคุ้มทุน) ตามลำดับ ส่วนการเฝ้าติดตาม

สถานะเครื่องจักรด้วยเซนเซอร์พบว่า ไม่มีความคุ้มค่า มีผลตอบแทนการลงทุนติดลบ ร้อยละ 49 อย่างไรก็ตาม เครื่องมือทางการเงินอื่น ๆ ที่ทำการประเมินประกอบก็มีผลไปในทิศทางเดียวกันดังตารางข้างต้น ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนที่ลดลง จะส่งผลให้เกิดความคุ้มค่ามากขึ้นในทุกกรณีใช้งาน ในขณะที่ การได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีก็ช่วยให้มีความคุ้มค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีต้นทุนที่ลดลงและกรณีฐาน รวมถึงมีระยะเวลาในการคืนทุนรวดเร็วด้วยเช่นกัน ซึ่งสรุปได้ว่า ผลการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

7. การอภิปรายผล

จากการทดลองใช้งานในการศึกษานี้ พบว่า เครือข่าย 5G มีจุดเด่นที่แต่ละจุดเชื่อมต่อเครือข่าย (access network) มีพื้นที่การให้บริการครอบคลุมกว้างกว่าเครือข่ายไร้สายแบบอื่น เหมาะสำหรับใช้งานกับอุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนที่ภายในสถานประกอบการ และเครือข่าย 5G มีคุณภาพสัญญาณที่ดี ถูกรบกวนจากสัญญาณไร้สาย น้อยกว่าเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีสื่อสารอื่น และหากเลือกใช้บริการเครือข่าย 5G ในระดับองค์กร (enterprise grade) จะได้รับการรับประกันคุณภาพบริการที่สูงกว่าการใช้งานของผู้ใช้ทั่วไป และยังสามารถใช้งานเครือข่าย ที่แบ่งออกจากเครือข่ายสาธารณะด้วยวิธี network slicing นอกจากนี้ ความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ของ เครือข่าย 5G สูงกว่าเครือข่ายไร้สายแบบอื่น อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีเทคโนโลยีใดที่ปราศจากช่องโหว่ทางไซเบอร์ และการใช้งานการเชื่อมต่อเครื่องจักรและระบบอุตสาหกรรมเข้ากับอินเทอร์เน็ต (Industrial Internet of Things: IIoT) ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของข้อมูลไปสู่คลาวด์ การนำเทคโนโลยี เช่น differential privacy, secure multi-party computation และ homomorphic encryption เข้ามาใช้ร่วมด้วยสามารถช่วยปกป้อง ความเป็นส่วนตัวของข้อมูลได้

การใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติเด่นของเทคโนโลยี 5G ในประเทศไทย ณ ปัจจุบัน พบว่า มีความโดดเด่น ในด้านอัตราการสื่อสารข้อมูลที่สามารถรับส่งข้อมูลปริมาณมาก แต่การใช้งานในด้านความหน่วงต่ำและมีเสถียรภาพสูง จำเป็นต้องมีการใช้อุปกรณ์เพิ่มเติมในเครือข่ายของผู้ให้บริการ เช่น อุปกรณ์ระบบ Multi-access Edge Computing (MEC) เพื่อลดความหน่วงหากผู้ใช้งานต้องการความหน่วงที่ต่ำในระดับมิลลิวินาที หรือ การปรับเครือข่ายแบบ network slicing เพื่อเพิ่มคุณภาพการให้บริการในด้านนี้ ในส่วนของการใช้งานอุปกรณ์ ในกลุ่มอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งหรือตามคุณสมบัติด้าน mMTC ยังพบว่า อุปกรณ์ IoT ส่วนใหญ่ยังเป็นอุปกรณ์ ในกลุ่ม NB-IoT ที่มีใช้งานต่อเนื่องมาจากเครือข่าย 4G และยังคงรออุปกรณ์รุ่นใหม่ตามมาตรฐาน 3GPP release 16 และ 17 เช่น กลุ่ม RedCap (Reduce Capability) ที่จะแนะนำสู่ตลาดผู้ใช้งานในอนาคต ทำให้การใช้งาน แบบ mMTC ยังมีข้อจำกัดในสถานะของเทคโนโลยีปัจจุบัน หากในอนาคตอุปกรณ์รุ่นใหม่ ๆ มีการแนะนำสู่ตลาด ในประเทศไทยมากขึ้น คาดว่าจะสามารถตอบโจทย์การประยุกต์ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตได้มากขึ้น และแนวทางการใช้งานเครือข่าย 5G แบบเครือข่ายส่วนบุคคลที่เริ่มเปิดให้บริการก็จะสามารถตอบโจทย์ ความต้องการผู้ใช้ภาคอุตสาหกรรมได้มากขึ้น

ข้อค้นพบที่สำคัญสำหรับความคุ้มค่าในการลงทุนคือ การใช้ 5G กับกรณีใช้งานต่าง ๆ มีโอกาสที่จะคุ้มค่า หรือไม่คุ้มค่าขึ้นอยู่กับบริบทแวดล้อมต่าง ๆ หลายด้าน โดยกรณีที่มีแนวโน้มคุ้มค่า ได้แก่ 1) ประยุกต์ใช้กรณี ใช้งานกับกระบวนการผลิตที่มีความสำคัญและมีปัญหาที่เห็นชัด ซึ่งเทคโนโลยีใหม่ที่เพิ่มเข้านั้นช่วยแก้ไขปัญหา

ของโรงงาน 2) ประยุกต์ใช้กับกรณีใช้งานที่เชื่อมต่อกันหลายระบบ และมีการวางโครงสร้างพื้นฐาน 5G และเทคโนโลยีครั้งเดียวให้ใช้ได้หลายระบบ ทำให้เกิดการแบ่งเบาต้นทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานและสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการทำงานได้จริง อย่างไรก็ตาม การที่ผลการทดสอบทำให้เห็นความคุ้มค่าในการลงทุนต่างกันและไม่ชัดเจน เนื่องจากการทดสอบในการศึกษามีระยะเวลาที่สั้น และทดลองใช้แก้ปัญหาเฉพาะจุด จึงเห็นความคุ้มค่าไม่ชัดเจน มีผลตอบแทนที่อาจประเมินค่าเป็นตัวเงินไม่ได้ หรือเห็นไม่ชัดในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นโอกาสในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันขององค์กรในระยะยาว (มองเห็นแนวทางในการปรับปรุงในอนาคต) การพัฒนาความสามารถของบุคลากรให้ปรับตัวเข้ากับหรือสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่ การสร้างภาพลักษณ์องค์กร การเกิดโมเดลธุรกิจใหม่ และการปรับปรุงกระบวนการใหม่โดยลดข้อจำกัดจากเทคโนโลยีเดิม ซึ่งจะเกิดขึ้นภายหลังเมื่อใช้เทคโนโลยีระยะเวลาหนึ่ง ทั้งนี้ ผลการประเมินความคุ้มค่าด้วยผลตอบแทนจากการลงทุน อาจไม่สามารถใช้ดูภาพรวมของการลงทุนได้ทั้งหมด เนื่องจากไม่ได้สะท้อนข้อมูลที่ไม่เป็นตัวเงิน และความสอดคล้องของกลยุทธ์ หรือนโยบายขององค์กร นอกจากนี้ การคำนวณผลตอบแทนจากการลงทุน ไม่สามารถจัดหรือลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการลงทุนได้ ดังนั้น การประเมินความคุ้มค่าในกรณีศึกษาที่นำมาเสนอนี้ เป็นแนวทางและข้อชี้แนะประกอบการตัดสินใจ ซึ่งผู้ประกอบการยังคงต้องประเมินความเป็นไปได้ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงต้นทุนและผลประโยชน์ ตลอดจนบริบทแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมของตน รวมถึงความเสี่ยงในการคาดการณ์ต่าง ๆ อีกด้วย

8. ข้อสรุป

การดำเนินงานการศึกษานี้มีผลทั้งเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ที่จะช่วยกระตุ้นให้เกิดความต้องการประยุกต์ใช้งานได้มากขึ้นในอนาคต แต่ในปัจจุบันการนำ 5G ไปใช้กับภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยยังมีความไม่พร้อมในหลายด้าน ทั้งอุปกรณ์ตามมาตรฐานอาจยังมีราคาสูง และการใช้งานสัญญาณ 5G เช่น เครือข่ายแบบ private 5G network ดังนั้น ก่อนการใช้งานเทคโนโลยี 5G โรงงานอุตสาหกรรมและผู้ต้องการใช้งานควรปรึกษากับผู้ให้บริการเครือข่ายก่อน เพื่อตรวจสอบความครอบคลุมและคุณภาพสัญญาณในพื้นที่เป้าหมาย และหาแนวทางการใช้งานที่เหมาะสมกับองค์กรหรือโรงงาน ประเด็นด้านการรักษาความปลอดภัยของระบบสารสนเทศและโครงข่าย (network security) ก็มีความน่าสนใจเนื่องจาก 5G มีความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์กว่าเทคโนโลยีไร้สายอื่นเนื่องจากการใช้งานซิมการ์ด (SIM card) ที่มีการพิสูจน์ตัวตนของอุปกรณ์ก่อนใช้งานเครือข่ายได้ โอกาสที่จะถูกเจาะระบบผ่านเทคโนโลยีมีโอกาสน้อยกว่าเทคโนโลยีอื่น

สำหรับการเลือกเทคโนโลยี 5G ควรเลือกโจทย์ที่เป็นปัญหาหลัก เพื่อตอบทั้งแง่นโยบายและการเงิน เครือข่าย 5G เหมือนถนน และการเลือกกรณีใช้งานก็เหมือนรถยนต์ ผู้ประกอบการโรงงานและธุรกิจควรพิจารณากรณีใช้งานซึ่งเปรียบเสมือนรถที่วิ่งบนถนนที่เหมาะสม เกิดประโยชน์ และแก้ไขปัญหาของธุรกิจได้เป็นอันดับแรก และการประเมินความคุ้มค่าในกรณีศึกษาที่นำมาเสนอนี้ เป็นแนวทางและข้อชี้แนะประกอบการตัดสินใจ ซึ่งผู้ประกอบการยังคงต้องประเมินความเป็นไปได้ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงต้นทุนและผลประโยชน์ บริบทแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมของตน รวมถึงความเสี่ยงอื่น ๆ อีกด้วย

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

การศึกษานี้ยังจำกัดเฉพาะกลุ่มโรงงานที่ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกจากหน่วยงานที่เคยทำงานร่วมกัน ในโครงการนำร่องซึ่งมีจำนวนไม่มากนัก ส่งผลให้มีกรณีใช้งานเพียงจำนวนจำกัด และระยะเวลาในการดำเนินการศึกษาค่อนข้างสั้น ดังนั้น หากจะศึกษาเพิ่มเติม ควรศึกษาในกลุ่มโรงงานหรืออุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน รวมถึงขนาดโรงงานและเงินทุนที่ต่างกันด้วย ประกอบกับมีการเลือกใช้อุปกรณ์และเครือข่ายที่หลากหลาย เพื่อชี้ให้เห็นความแตกต่างในแต่ละกรณีใช้งาน ทั้งในด้านเทคนิค โครงสร้างเงินทุนรวมถึงผลตอบแทนได้ชัดเจน ซึ่งในอนาคตมีแนวโน้มที่ราคาอุปกรณ์จะลดลงและมีการให้บริการที่เกี่ยวข้องกับ 5G แพร่หลายมากขึ้น การเพิ่มองค์ความรู้จำนวนผู้ที่ยอมรับเทคโนโลยีและต้องการใช้งานจะเพิ่มมากขึ้นด้วย อาจจะช่วยลดข้อจำกัดในการศึกษาทางเทคนิคเชิงลึก และสามารถคำนวณความคุ้มค่าได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงได้ในทุกระบบที่มีการประยุกต์ใช้

9.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับกิจการสื่อสารดิจิทัล

การสนับสนุนของภาครัฐยังจำเป็นและสำคัญ โดยมีนโยบายอื่น ๆ เพิ่มเติม และหาแนวทางทำให้อุปกรณ์ลูกข่าย 5G รวมถึงอุปกรณ์ชิปเซต (chipset) หรือโมดูล (module) อิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถนำไปใช้กับระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมมีราคาถูกลง จัดหาได้ง่าย ไม่ต้องใช้เวลานานในการผ่านกระบวนการตรวจสอบ รวมถึงหน่วยงานสนับสนุนมีมาตรการที่สอดคล้องกับกระบวนการใช้เทคโนโลยีจริง เช่น การสนับสนุนสิทธิประโยชน์ทางภาษี จะต้องนับได้ตั้งแต่วันที่ใช้งาน ไม่ต้องรอจนเกิดรายได้หรือรอให้มีกำไรก่อนถึงจะให้การสนับสนุน นอกจากนี้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมให้มากขึ้น ลดเงื่อนไขหรือข้อจำกัดด้านอื่น ๆ เช่น มาตรฐานอุปกรณ์ รวมถึงมีการสนับสนุนการทดลองทดสอบเพื่อลดต้นทุนผู้ประกอบการระยะแรก ซึ่งผู้ประกอบการจะสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาที่เร็วขึ้น และกระตุ้นให้เกิดการใช้งานได้มากขึ้นเช่นเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ (กทปส.) และสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิในการให้คำปรึกษา ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์กับการวิจัย ขอขอบคุณบริษัท ไตชิน จำกัด บริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด และบริษัท เอสซีจี เจดับเบิลยูดี โลจิสติกส์ จำกัด (มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็น ตลอดจนประสานงาน สนับสนุนการร่วมทดลองทดสอบให้ผ่านไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณการให้บริการเครือข่าย 5G และโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญในการทดสอบของบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (AIS) รวมทั้งบริษัท แอดวานซ์ ไวร์เลส เน็ทเวอร์ค จำกัด (AWN) และบริษัท ทู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

รายการเอกสารอ้างอิง

- คณะกรรมการนโยบายการเงิน. (2565). รายงานนโยบายการเงิน ไตรมาส 4 : ฉบับเดือนพฤศจิกายน 2565. ธนาคารแห่งประเทศไทย. https://www.bot.or.th/content/dam/bot/documents/th/our-roles/monetary-policy/mpc-publication/monetary-policy-report/MPR_2565_Q4.pdf
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2566). FM_RT_001_S2 อัตราดอกเบี้ยในตลาดเงิน (2548-ปัจจุบัน). https://app.bot.or.th/BTWS_STAT/statistics/BOTWEBSTAT.aspx?reportID=223&language=TH
- Adib, D. (2019). *Executive Briefing: 5G's Impact on Manufacturing: \$750BN of Benefits in 2030*. Huawei. <https://carrier.huawei.com/~media/CNGBV2/download/program/Industries-5G/5G-Impact-on-Manufactureing.pdf>
- Bonte, D., Saunders, J., Mavrakis, D., & Martin, R. (2020). *Smart Manufacturing and How to Get Started: The Implementation and ROI of Industry 4.0 Use Cases*. ABI research.
- Botchkarev, A., & Andru, P. (2011). A Return on Investment as a Metric for Evaluating Information Systems: Taxonomy and Application. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 6(6), 245-269. <https://doi.org/10.28945/1535>
- GSMA. (2020, October). *5G IoT Private & Dedicated Networks for Industry 4.0: A guide to private and dedicated 5G networks for manufacturing, production and supply chains*. <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/industries/smart-mobility/wp-content/uploads/2020/10/2020-10-GSMA-5G-IoT-Private-and-Dedicated-Networks-for-Industry-4.0-1.pdf>
- Jason, F. (2024, November 18). *What Is Return on Investment (ROI) and How to Calculate It*. Investopedia. <http://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp>
- Kiesel, R., Henke, L., Mann, A., Renneberg, F., Stich, V., & Schmitt, R. H. (2022). Techno-Economic Evaluation of 5G Technology for Automated Guided Vehicles in Production. *Electronics*, 11(2), 192. <https://doi.org/10.3390/electronics11020192>
- Lin, C. C., Tsai, C. T., Liu, Y. L., Chang, T., T., & Chang, Y. S. (2023, July 5). Security and Privacy in 5G-IoT Smart Factories: Novel Approaches, Trends, and Challenges. *Mobile Networks and Applications*, 28, 1043–1058. <https://doi.org/10.1007/s11036-023-02143-5>
- OTARIS. (2020). *Tacnet4.0*. <https://www.otaris.de/en/en-tacnet/>
- Shafi, M., Molisch, A. F., Smith, P. J., Haustein, T., Zhu, P., Silva, P. D., Tufvesson, F., Benjebbour, A., & Wunder, G. (2017). 5G: A Tutorial Overview of Standards, Trials, Challenges, Deployment, and Practice. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 35(6), 1201-1221. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2017.2692307>
- The 3GPP. (2019, April 26). *Release 15*. <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-15>
- The 3GPP. (2020, July 3). *Release 16*. <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-16>