

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการแปลงข้อมูลการผลิต
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการการผลิต

APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN TRANSFORMING
MANUFACTURING DATA TO IMPROVE PRODUCTION MANAGEMENT
EFFICIENCY

กรกนก ยิ้มพलय¹ กวินธร สัยเจริญ² และ สิทธิชัย แซ่เหล่ม³

¹นักศึกษาปริญญาโท, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์,
เลขที่ 6 ถนนราชมรรคาใน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000, Kornkanok.yimpay@gmail.com

^{2,3}อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์,
เลขที่ 6 ถนนราชมรรคาใน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000,
²saicharoen_k@silpakorn.edu, ³saelem_s@silpakorn.edu

Kornkanok Yimpay¹, Kawinthorn Saicharoen² and Sitichai Saelem³

¹Student, Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering
and Industrial Technology, Silpakorn University - Sanam Chandra Palace Campus,
6 Rajamankha Nai Rd., Amphoe Muang, Nakhon Pathom, 73000 Thailand,
Kornkanok.yimpay@gmail.com

^{2,3}Lecturer, Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering
and Industrial Technology, Silpakorn University - Sanam Chandra Palace Campus,
6 Rajamankha Nai Rd., Amphoe Muang, Nakhon Pathom, 73000 Thailand
²saicharoen_k@silpakorn.edu, ³saelem_s@silpakorn.edu

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบดิจิทัลสำหรับจัดเก็บ ติดตาม และแสดงผลข้อมูลการผลิต โดยมุ่งเน้นกรณีศึกษากระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม เพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูล โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการจัดการความสูญเปล่า (7 Wastes) และการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Why-Why Analysis) ร่วมกับหลักการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (HCI)

ตามมาตรฐาน ISO 9241 เพื่อปรับปรุงกระบวนการและลดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า กระบวนการวิจัยประกอบด้วยการสำรวจสถานะปัจจุบัน การวิเคราะห์กระบวนการจัดการข้อมูล ต้นทาง และการออกแบบสถาปัตยกรรมข้อมูล เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลผ่านแบบฟอร์มดิจิทัลเข้าสู่ฐานข้อมูลกลาง พร้อมแสดงผลผ่านหน้าปัดแสดงผล ผลการวิจัยพบว่าระบบสามารถลดขั้นตอนการทำงานลงร้อยละ 33.33, ลดเวลาการทำงานรวมลงร้อยละ 63.98, กำจัดความผิดพลาดในการป้อนข้อมูลลงเหลือ 0 ครั้ง และลดเวลารอคอยข้อมูลจาก 24 ชั่วโมงเหลือเพียง 1 ชั่วโมง นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าโครงการให้อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนร้อยละ 43.73 ต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 3 เดือน

คำสำคัญ: ระบบดิจิทัล, การจัดการข้อมูลการผลิต, หน้าปัดแสดงผล, สถาปัตยกรรมข้อมูล, การจัดการงานประจำวัน

ABSTRACT

This research aims to develop a digital system for data acquisition, monitoring, and visualization, with a focus on the packaging process in a case study industry. The primary objective is to enhance data management efficiency. By integrating Lean manufacturing principles, specifically the identification of the Seven Wastes and Why-Why Analysis, the study seeks to streamline operations and eliminate non-value-added activities. Furthermore, the system design incorporates Human-Computer Interaction (HCI) principles in accordance with ISO 9241. The research methodology encompasses an initial state assessment, an analysis of shopfloor data management processes, and the design of a data architecture to facilitate seamless data integration from digital forms into a centralized database. The empirical results demonstrate that the proposed digital system successfully reduced operational steps by 33.33% and decreased total working hours by 63.98%. Notably, manual data entry errors were eliminated (reduced to zero), and data latency dropped significantly from 24 hours to just 1 hour. Economic evaluation further indicates the project's viability, yielding a Return on Investment (ROI) of 43.73% per annum with a payback period of approximately 2 years and 3 months.

KEYWORDS: Digital System, Production Data Management, Dashboard, Data Architecture, Daily Management

1. บทนำ

อุตสาหกรรมของประเทศไทยยังคงเผชิญความท้าทายจากภาวะเศรษฐกิจโลกที่ชะลอตัว [1] ส่งผลให้โรงงานจำเป็นต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันอย่างต่อเนื่อง และในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ที่การเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัลได้กลายเป็นปัจจัยหลักในการขับเคลื่อนประสิทธิภาพการผลิต โดยเฉพาะการเปลี่ยนฐานข้อมูลจากการจดบันทึกด้วยมือสู่ระบบดิจิทัลที่สามารถประมวลผลได้ทันที ซึ่งในระดับสากลได้มุ่งเน้นการใช้ระบบเชื่อมโยงข้อมูลหน่วยงานเข้ากับระบบสนับสนุนการตัดสินใจสอดคล้องกับแนวโน้มงานวิจัยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา พบว่าการจัดการข้อมูลที่รวดเร็วช่วยลดความคลาดเคลื่อนในระบบจัดการข้อมูลและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้อย่างมีนัยสำคัญ [2]

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าส่วนใหญ่มุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องมือแสดงผลเพื่อการบริหารจัดการระดับสูง [3-5] แต่ยังคงขาดการปรับปรุงกระบวนการนำเข้าข้อมูล ณ พื้นที่ปฏิบัติงานจริง โรงงานกรณีศึกษายังประสบปัญหาความล่าช้าจากการบันทึกข้อมูลในรูปแบบเอกสาร ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเปล่าด้านเวลาจากการป้อนข้อมูลซ้ำซ้อน และหัวหน้างานต้องรอข้อมูลนานถึง 24 ชั่วโมงจึงจะสามารถรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการสรุปการผลิตได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการบูรณาการหลักการออกแบบที่เน้นผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลางตามมาตรฐาน ISO 9241 [6] เพื่อปรับเปลี่ยนกระบวนการบันทึกข้อมูลแบบดั้งเดิมสู่ระบบดิจิทัล การแสดงผลผ่านหน้าปัดแสดงผล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนและลดระยะเวลาในการเข้าถึงข้อมูล พร้อมทั้งประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการลงทุนของระบบดิจิทัล [7]

ขอบเขตของงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นศึกษาในสายการบรรจุของโรงงานกรณีศึกษา ครอบคลุมการออกแบบจุดเชื่อมต่อข้อมูลดิจิทัลจำนวน 21 ฟอรัม การสร้างฐานข้อมูลกลาง และการแสดงผลผ่านหน้าปัดแสดงผลด้วยเครื่องมือ Microsoft Excel และ Power BI ภายใต้กรอบเวลาดำเนินงานในปี พ.ศ. 2568-2569

2. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบบริหารงานประจำวัน (Daily Management System: DM)

ระบบบริหารงานประจำวัน (Daily Management System: DM) เป็นองค์ประกอบสำคัญของการจัดการคุณภาพทั้งองค์กร (Total Quality Management: TQM) ที่เน้นการควบคุมกระบวนการให้เป็นไปตามมาตรฐานทุกวัน ประกอบด้วยการกำหนดมาตรฐาน การติดตามตัวชี้วัด การประชุมทบทวนผล และการปรับปรุงกิจกรรมประจำวัน [8]

2.1.2 กระบวนการจัดการข้อมูล ETL (Extract-Transform-Load)

ประกอบด้วยการดึงข้อมูล (Extract) การแปลงข้อมูล (Transform) และการโหลดข้อมูล (Load) [9] เพื่อบูรณาการข้อมูลจากหลายแหล่งที่จัดกระจายให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน พร้อมสำหรับการวิเคราะห์และสนับสนุนการตัดสินใจ [3-5]

2.1.3 ธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence: BI) และระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

เป็นกรอบการทำงานที่เปลี่ยนข้อมูลดิบเป็นองค์ความรู้เพื่อการตัดสินใจบนพื้นฐานข้อเท็จจริง โดยใช้การสร้างภาพข้อมูลผ่านหน้าปัดแสดงผล เพื่อลดภาระการรับรู้และช่วยในการวิเคราะห์เจาะลึกสาเหตุของปัญหาอย่างแม่นยำ [10] โดยเน้นการออกแบบหน้าปัดแสดงผลที่ลดภาระการรับรู้ผ่านการนำเสนอเฉพาะข้อมูลที่จำเป็น การใช้รูปแบบที่เป็นมาตรฐาน และการรองรับการปฏิสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์เจาะลึกถึงสาเหตุของปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตได้อย่างแม่นยำ

2.1.4 การออกแบบโดยเน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (Human-Centered Design)

ระบบดิจิทัลจำเป็นต้องอาศัยการออกแบบที่สอดคล้องกับขีดความสามารถของมนุษย์มาตรฐาน ISO 9241-210 จึงถูกนำมาใช้เป็นกรอบของการพัฒนาที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งาน [6] งานวิจัยนี้ได้บูรณาการการออกแบบ โดยประยุกต์ใช้กฎของฮิก เพื่อลดความซับซ้อนในการตัดสินใจผ่านการจำกัดทางเลือกที่เหมาะสม ร่วมกับการสร้างกลไกป้องกันความผิดพลาดในรูปแบบดิจิทัลที่สอดคล้องกับลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานจริง

2.1.5 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ใช้ประเมินความเหมาะสมของการลงทุน ประกอบด้วยอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (Return on Investment: ROI) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) [7] การใช้ตัวชี้วัดทั้งสองช่วยให้สามารถประเมินความคุ้มค่าของโครงการได้อย่างเหมาะสม

อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ใช้ในการประเมินความสามารถของโครงการในการสร้างผลประโยชน์เมื่อเทียบกับต้นทุนทั้งหมด โดยคำนวณได้ตามสมการที่ (1)

$$ROI = (\text{ผลประหยัดต่อปี} \div \text{ต้นทุนการลงทุนทั้งหมด}) \times 100 \quad (1)$$

ขณะที่ระยะเวลาคืนทุนใช้แสดงระยะเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิสะสมมีค่าเท่ากับต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น โดยสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (2)

$$\text{Payback Period} = \text{ต้นทุนการลงทุน} + \text{ผลประโยชน์สุทธิ}$$

(2)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Clausen [2] ศึกษาการเปลี่ยนผ่านของบอร์ดแสดงผลหน้างานในระบบบริหารงาน (Shop Floor Management: SFM) โดยพบว่าองค์กรการผลิตจำนวนมากเริ่มลงทุนด้านดิจิทัลมากขึ้น แต่การใช้งานบอร์ดดิจิทัลในทางปฏิบัติยังอยู่ในระดับต่ำ ผู้วิจัยชี้ว่าการเปลี่ยนผ่านสู่บอร์ดดิจิทัลมีความจำเป็นต่อการสนับสนุนข้อมูลแบบเวลาจริง การลดการใช้เอกสาร และการตัดสินใจที่แม่นยำมากขึ้น โดยเสนอว่าระยะเปลี่ยนผ่านอาจใช้รูปแบบผสมระหว่างแอนะล็อกและดิจิทัลเพื่อรักษาจุดแข็งของทั้งสองระบบไว้ร่วมกัน

Schmitt et al [3] ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality: AR) ร่วมกับข้อมูลจากเครือข่าย IoT เพื่อติดตามสถานะการใช้พลังงานของเครื่องจักร โดยเปรียบเทียบเครื่องมือแสดงผลข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่า Power BI เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดสำหรับองค์กรที่ต้องการระบบจัดการข้อมูลที่ใช้งานง่าย ซึ่งช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถมองเห็นความผิดปกติของกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจนและทันทั่วทั้งที่ ส่งผลให้การแก้ปัญหาและการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตทำได้ดีขึ้น

Sorour and Atkins [5] นำเสนอโครงสร้างการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะ เพื่อรองรับการจัดการชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ผ่านการวิเคราะห์แบบบริการตนเอง โดยเน้นการใช้เครื่องมืออย่าง Power BI ในการสร้างความเชื่อมโยงของข้อมูลจากหลายแหล่งเข้าด้วยกัน เพื่อแสดงผลผ่านหน้าปัดแสดงผลที่รองรับการวิเคราะห์แบบเจาะลึก ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของผู้บริหารและการบริหารจัดการข้อมูลเชิงองค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ

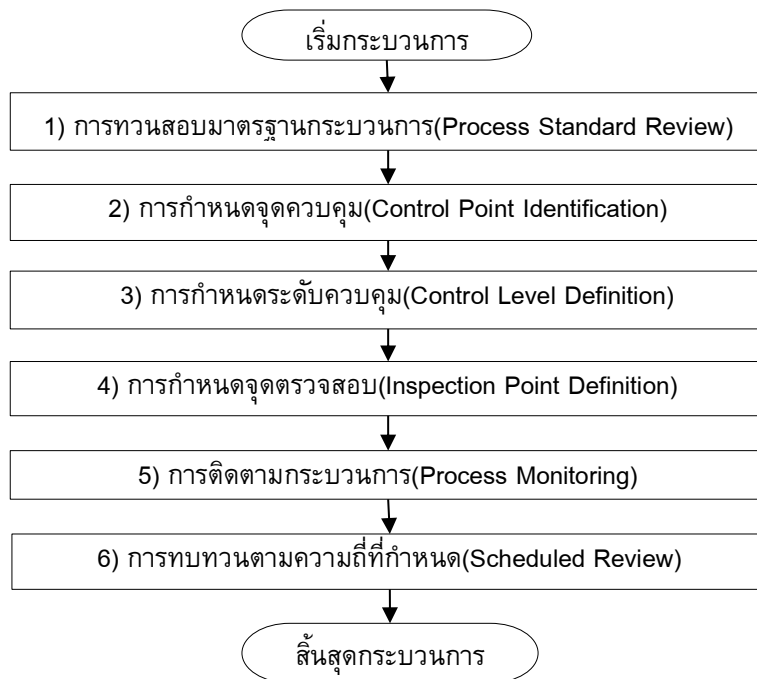
Pshychenko [7] ศึกษาวิธีการคำนวณผลตอบแทนจากการลงทุนสำหรับโครงการดิจิทัลในระบบการผลิต โดยเสนอว่าการประเมินความคุ้มค่าควรพิจารณาทั้งรายจ่ายลงทุน รายจ่ายดำเนินงาน ผลประโยชน์ทางตรง ผลประโยชน์ทางอ้อม และปัจจัยด้านเวลา ควบคู่กับการใช้ตัวชี้วัดทางการเงินอื่นๆ เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และระยะเวลาคืนทุน เพื่อให้การวิเคราะห์ครอบคลุมจึงเหมาะสำหรับใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

Jaisue and Sirioran [11] ศึกษาการลดเวลาดันหาเอกสารคุณภาพด้วยหลักการลดความสูญเสีย 4 ประการ ร่วมกับการพัฒนาฐานข้อมูลด้วย Visual Basic for Applications (VBA) บน Microsoft Excel เพื่อปรับปรุงกระบวนการจัดการเอกสาร ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบโครงสร้างข้อมูลที่เป็นระบบร่วมกับการลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บและเข้าถึงข้อมูลได้อย่างชัดเจน

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาขั้นตอนการทำงาน

การวิเคราะห์สถานะปัจจุบันของกระบวนการติดตามข้อมูลสายการบรรจุ มีขั้นตอนการติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตแสดงขั้นตอนตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลการผลิต

อธิบายขั้นตอนการติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลการผลิต

1) การทวนสอบมาตรฐานกระบวนการ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้กระบวนการผลิตดำเนินไปตามมาตรฐานที่กำหนด โดยทำการตรวจสอบเอกสารมาตรฐานการผลิต ว่าพนักงานมีการปฏิบัติตามอย่างถูกต้องหรือไม่ กรณีที่ไม่มีมาตรฐานที่เหมาะสมกับการทำงานในสภาพปัจจุบัน จำเป็นต้องกำหนดมาตรฐานที่เหมาะสมและจัดการอบรมมาตรฐานการทำงานเพื่อให้การทำงานเข้าสู่สภาวะปกติและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดอยู่เสมอ

2) การกำหนดจุดควบคุม ทำการกำหนดตามปัจจัยด้านความสามารถในการบันทึกข้อมูลของพนักงาน และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อด้านคุณภาพและปริมาณของเสียในกระบวนการ โดยมีการกำหนดจุดควบคุมทั้งหมด 23 จุด และมีเครื่องจักรสำหรับตรวจสอบคุณภาพของสินค้า ได้แก่

2.1) เครื่องตรวจสอบภาชนะก่อนบรรจุ: ตรวจสอบความสะอาดของภาชนะทั้งภายนอกและภายใน รวมทั้งความสมบูรณ์ของภาชนะ ก่อนเข้าสู่กระบวนการบรรจุ

2.2) เครื่องตรวจสอบความสมบูรณ์ของภาษาหลังบรรจุเครื่องที่ 1: ทำหน้าที่ตรวจสอบความสมบูรณ์ของภาษาตามมาตรฐานที่กำหนด เช่น ความสมบูรณ์ของสภาพภาษาภายนอกและสิ่งแปลกปลอมภายในภาษา เป็นต้น

2.3) เครื่องตรวจสอบความสมบูรณ์ของภาษาหลังบรรจุเครื่องที่ 2: ทำหน้าที่ตรวจสอบความสมบูรณ์ของภาษาตามมาตรฐานที่กำหนด เช่น ความสมบูรณ์ของสภาพภาษาภายนอก และปริมาณสินค้าหลังการบรรจุ เป็นต้น

2.4) เครื่องตรวจสอบแพ็ค: ทำหน้าที่ตรวจสอบความสมบูรณ์ของการแพ็ค ความสมบูรณ์ของภาษา และความสมบูรณ์ของฟิล์มหุ้มแพ็ค

2.5) เครื่องอ่านบาร์โค้ด: ทำหน้าที่ตรวจสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องของบาร์โค้ด

2.6) เครื่องตรวจสอบน้ำหนักต่อแพ็ค: ทำหน้าที่ตรวจสอบน้ำหนักต่อแพ็คตามมาตรฐานที่กำหนด

3) การกำหนดระดับควบคุม เป็นการกำหนดขอบเขตของค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ในกระบวนการผลิตทั้งหมด 23 จุด แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การควบคุมด้านจำนวนของเสีย 15 จุด และการควบคุมด้านคุณภาพ 8 จุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1) การควบคุมด้านจำนวนของเสีย ประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อกำหนดค่าควบคุมที่เหมาะสมตามลักษณะของข้อมูล โดยเลือกใช้แผนภูมิสัดส่วนของเสีย (p -chart) เพื่อกำหนดหาค่าเฉลี่ยและค่าควบคุม สำหรับใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินสถานะของกระบวนการ

3.2) การควบคุมด้านคุณภาพ ระบุจุดที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรให้เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่ทางโรงงานกำหนด เช่น แรงดันน้ำที่ใช้สำหรับการล้างภาษา เป็นต้น โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Points: HACCP) ในกระบวนการผลิต

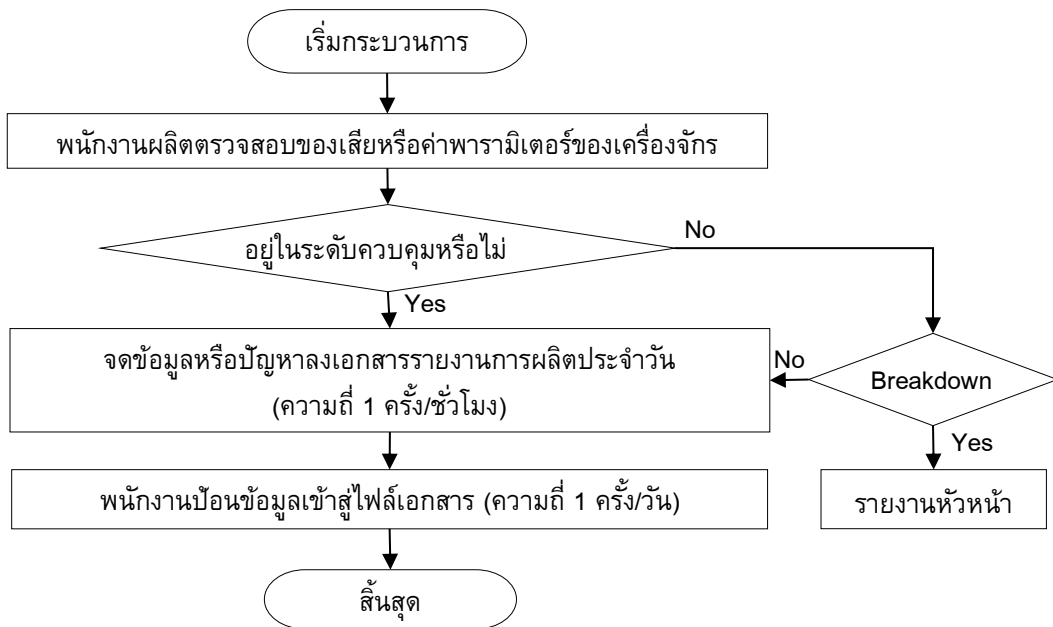
4) การกำหนดจุดตรวจสอบ พนักงานวัดค่าควบคุมทั้ง 23 จุด และเมื่อค่าที่ได้ออกนอกระดับควบคุม พนักงานจะต้องทำการตรวจสอบเครื่องจักรตามมาตรฐานที่กำหนด เช่น การตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและการตั้งค่าการทำงานของเครื่องจักร เป็นต้น เพื่อให้การทำงานกลับสู่สภาวะปกติและสามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะเวลาที่สั้น

5) การติดตามกระบวนการ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

5.1) จัดทำไฟล์สำหรับป้อนข้อมูล เริ่มจากออกแบบโครงสร้างไฟล์ Microsoft Excel ให้รองรับข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น วันที่ เวลา ค่าพารามิเตอร์และจำนวนของเสีย เป็นต้น โดยไฟล์ต้องครอบคลุมจุดควบคุมทั้งหมด 23 จุด สำหรับการป้อนข้อมูลการผลิตเป็นระยะเวลา 1 ปี

5.2) การติดตามกระบวนการ เริ่มต้นจากการที่พนักงานผลิตทำการตรวจสอบของเสียหรือพารามิเตอร์ของเครื่องจักรเพื่อเฝ้าระวังความผิดปกติ โดยหากค่าที่วัดได้ยังคงอยู่ในระดับควบคุม พนักงานจะดำเนินการจดบันทึกข้อมูลลงเอกสารรายงานการผลิตประจำวันด้วยความถี่ทุก 1 ชั่วโมง

และสรุปข้อมูลเข้าสู่ไฟล์ Microsoft Excel วันละ 1 ครั้ง และในกรณีที่พบว่าค่าพารามิเตอร์ไม่อยู่ในระดับควบคุม ทำการจำแนกสถานะต่อไปว่าเกิดการหยุดชะงักของเครื่องจักร (Breakdown) หรือไม่ หากเครื่องจักรไม่ได้หยุดทำงาน พนักงานจะบันทึกข้อมูลการผลิตหรือปัญหาที่พบลงเอกสาร แต่หากเกิดการหยุดชะงักของเครื่องจักร พนักงานจะต้องรายงานต่อหัวหน้างานทันทีเพื่อดำเนินการแก้ไข แสดงขั้นตอนดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการติดตามข้อมูลการผลิต

5.3) การรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหา เริ่มจากการนำข้อมูลที่ได้จากไฟล์ Microsoft Excel มาสรุปผล จากนั้นทำการรวบรวมปัญหา สาเหตุ และแนวทางการแก้ไขที่ส่งผลให้ค่าเกินระดับควบคุม จากนั้นพนักงานจะนำข้อมูลมาจัดทำเป็นกราฟสำหรับแสดงผลรายสัปดาห์และรายเดือน เพื่อใช้สำหรับการประชุมติดตามผลในขั้นตอนต่อไป

5.4) ประชุมติดตามผล พนักงานนำข้อมูลที่ได้รวบรวมจัดทำเป็นไฟล์ PowerPoint สำหรับการนำเสนอข้อมูล เพื่อนำไปใช้สำหรับการประชุมข้อมูลการผลิตและสรุปผล

6) การทบทวนตามความถี่ที่กำหนด ถูกกำหนดไว้เป็นมาตรฐานตามรอบ ที่ใช้สำหรับการพิจารณาการกำหนดจุดควบคุม, การกำหนดระดับควบคุม และการกำหนดจุดตรวจสอบเพื่อให้การผลิตอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมกับกระบวนการในปัจจุบันอยู่เสมอ

3.2 การเก็บรวบรวมและคำนวณเวลาการทำงานก่อนการปรับปรุง

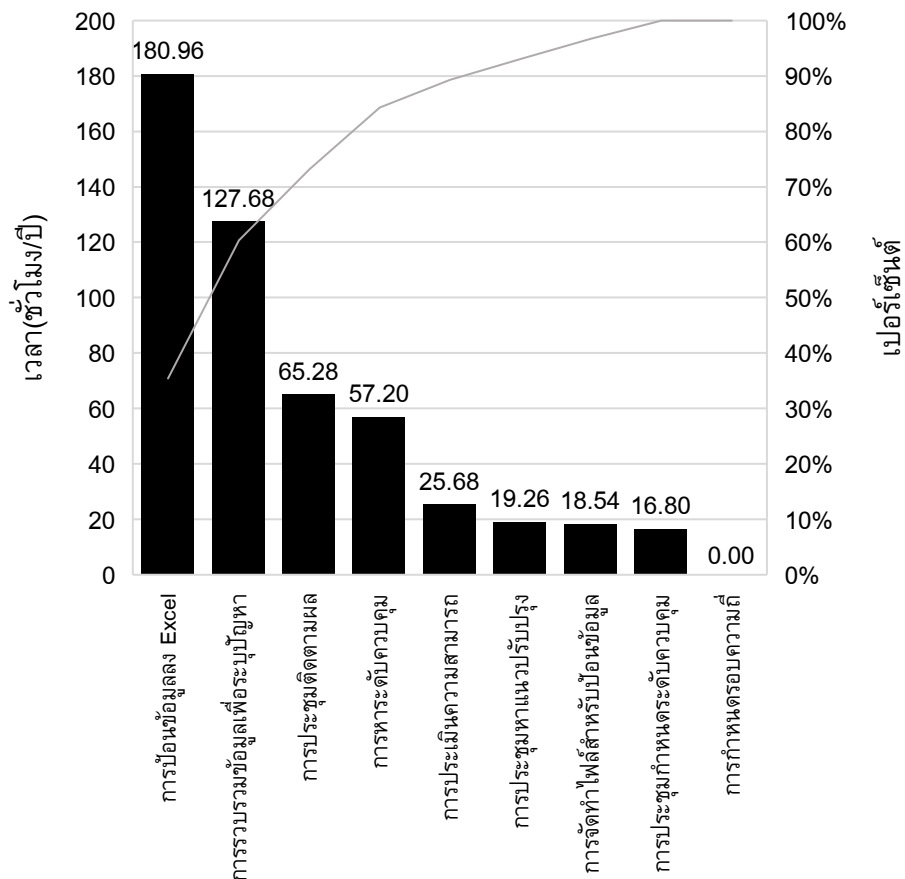
การหาค่าเวลาก่อนการปรับปรุงในตารางที่ 1 จากการเก็บข้อมูลเวลาจากการปฏิบัติงานจริงของพนักงานในแต่ละกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลการผลิต โดยพิจารณาร่วมกับจำนวนพนักงานที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมนั้น และความถี่ของการดำเนินงานตลอดรอบปี เพื่อสะท้อนภาระงานจริงของกระบวนการ ตัวอย่างเช่น กิจกรรมที่ดำเนินเป็นประจำทุกวันมีเวลาสะสมต่อปีสูงกว่ากิจกรรมที่ดำเนินเพียงบางช่วง จากการรวบรวมข้อมูลดังกล่าวพบว่า กระบวนการก่อนการปรับปรุงมีทั้งหมด 9 ขั้นตอน และใช้เวลารวม 511.40 ชั่วโมงต่อปี โดยกิจกรรมที่ใช้เวลาส่วนใหญ่เป็นงานด้านการจัดทำไฟล์ การป้อนข้อมูล และการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และหาสาเหตุของปัญหา

ตารางที่ 1 เวลาต่อปีของกิจกรรมผลิตก่อนการปรับปรุง

หมวดหมู่	รายการ	จำนวน พนักงาน	ความถี่ ครั้ง/ปี	ก่อนปรับปรุง (ชั่วโมง)	
				เวลา/ครั้ง	เวลา/ปี
กำหนดจุดควบคุม	1 การประเมินคัดเลือจุดควบคุม	6	1	4.28	25.68
กำหนดระดับควบคุม	2 ขั้นตอนการหาระดับควบคุม	2	26	1.10	57.20
	3 การประชุมกำหนดระดับควบคุม	4	2	2.10	16.80
กำหนดจุดตรวจสอบ	4 การจัดการประชุมเพื่อหาแนวปรับปรุง	6	1	3.21	19.26
การติดตามกระบวนการ	5 การจัดทำไฟล์สำหรับป้อนข้อมูล	2	1	9.27	18.54
	6 การป้อนข้อมูลลงไฟล์ Microsoft Excel	2	312	0.29	180.96
	7 การรวบรวมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์	2	12	5.32	127.68
	8 การประชุมติดตามผล	8	12	0.68	65.28
การทบทวน	9 กำหนดรอบความถี่จำนวนกิจกรรม	6	2	-	-
			9	ขั้นตอน	
	เวลารวมทุกกิจกรรม		511.40	ชั่วโมงต่อปี	

3.3 การวิเคราะห์และหาสาเหตุของปัญหา

จากข้อมูลเวลาการทำงานก่อนการปรับปรุงในตารางที่ 1 ได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโตดังรูปที่ 3 เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหาส่วนน้อยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการโดยรวม



รูปที่ 3 พาเรโตเวลาทำงานของกระบวนการติดตามและวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์พบว่ากิจกรรม 3 ลำดับแรกที่ใช้เวลาสูงสุด ได้แก่ การป้อนข้อมูลลงไฟล์ Microsoft Excel การรวบรวมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ และการประชุมติดตามผล ซึ่งรวมกันคิดเป็นร้อยละ 73 ของเวลาการทำงานทั้งหมด จึงเหมาะสมที่จะเลือกกิจกรรม 3 ลำดับแรกมาเป็นประเด็นในการปรับปรุง จากนั้นนำประเด็นที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Why-Why Analysis) [12] ดังตารางที่ 2 เพื่อค้นหาสาเหตุรากของปัญหาและกำหนดแนวทางการปรับปรุง

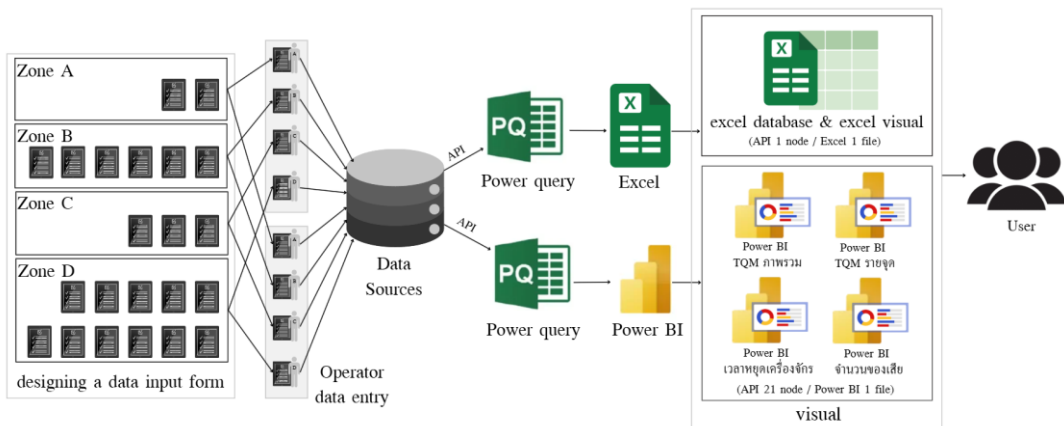
ตารางที่ 2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในกระบวนการติดตามข้อมูล

What	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4
ทำไมการป้อนข้อมูลลง Microsoft Excel ใช้เวลามาก?	ต้องคีย์ข้อมูลด้วยมือจำนวนมาก	ข้อมูลต้นทางไม่เป็นดิจิทัล/ไม่ได้อยู่ในรูปแบบพร้อมใช้งาน	ไม่มีเครื่องมือ/ระบบบันทึกข้อมูลหน้างานแบบมาตรฐาน	ไม่มีการเชื่อมโยงข้อมูลอัตโนมัติจากต้นทาง
ทำไมการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ใช้เวลา?	ข้อมูลรูปแบบไม่มาตรฐาน/คุณภาพข้อมูลไม่สม่ำเสมอ	ต้องตามข้อมูลจากหลายไฟล์หลายคนหลายที่	ไม่มีศูนย์กลางข้อมูล	ขาดการเชื่อมโยงข้อมูล
ทำไมการประชุมติดตามผลใช้เวลา?	ข้อมูลสำหรับสรุปผลไม่พร้อมหรือไม่อัปเดต	ต้องใช้เวลาเคลียร์ข้อมูลให้ตรงกันก่อนสรุปผล	ไม่มีหน้าปัดแสดงผลหรือรายงานชุดเดียวแบบ real-time	-

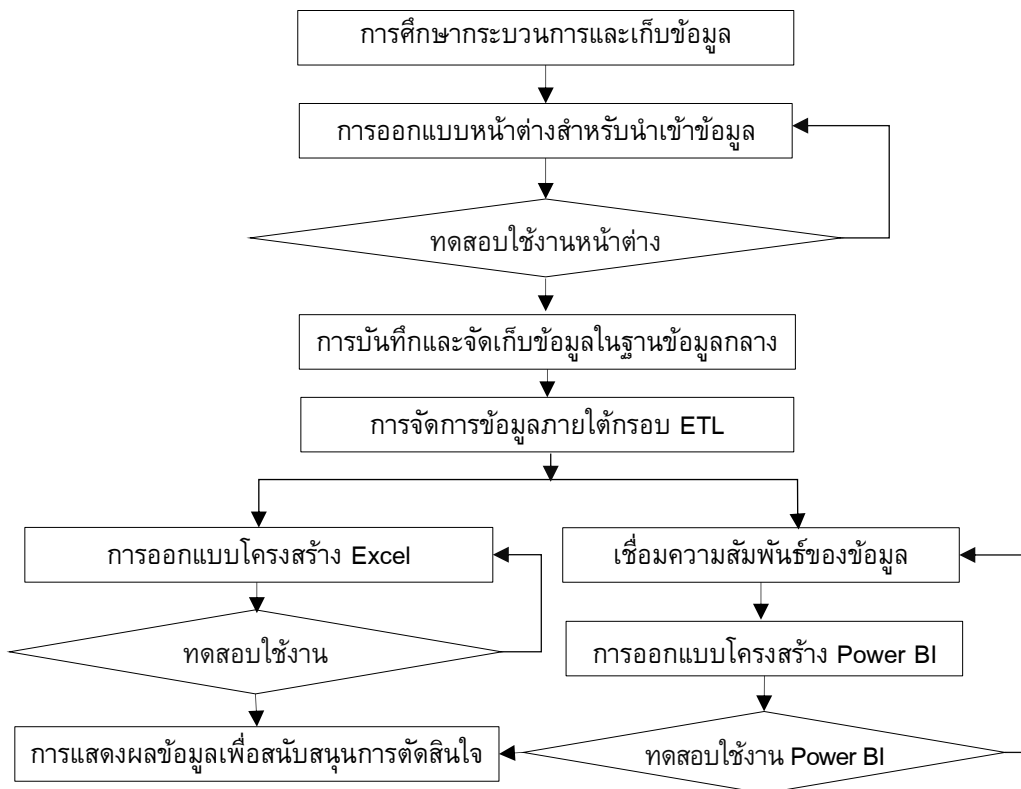
ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2 พบว่า ความล่าช้าในกระบวนการ มีสาเหตุสำคัญมาจากการบันทึกและป้อนข้อมูลด้วยมือ การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบเอกสาร การขาดระบบดิจิทัลและฐานข้อมูลกลาง ตลอดจนการเชื่อมโยงข้อมูลที่ไม่เป็นระบบ ส่งผลให้ข้อมูลการจัดกระจายตรวจสอบล่าช้า และมีโอกาสเกิดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล ประเด็นเหล่านี้สะท้อนถึงปัญหาของกระบวนการที่ทำให้การติดตามและการตัดสินใจขาดความน่าเชื่อถือและล่าช้า ดังนั้นแนวทางแก้ไขคือลดขั้นตอนการบันทึกและรวบรวมข้อมูลด้วยมือ สร้างฐานข้อมูลกลางที่เชื่อมโยงข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ และจัดให้มีเครื่องมือแสดงผล เพื่อให้ข้อมูลการผลิตมีความพร้อมใช้งานถูกต้อง และสนับสนุนการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบแสดงผล

การกำหนดขั้นตอนการพัฒนาครอบคลุมตั้งแต่การนำเข้าข้อมูลจากหน้างาน การจัดเก็บในฐานข้อมูลกลาง การจัดการข้อมูลตามกรอบแนวคิดกระบวนการจัดการข้อมูล ETL (Extract-Transform-Load) [9] ไปจนถึงการแสดงผลในรูปแบบเอกสารและหน้าปัดแสดงผล โดยโครงสร้างการเชื่อมโยงข้อมูลจากหน้างานผ่านระบบจัดการข้อมูลสู่เครื่องมือแสดงผลตามรูปที่ 4 และภาพรวมขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 กระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลจากหน้างานสู่การแสดงผล



รูปที่ 5 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบแสดงผล

3.4.1 การออกแบบหน้าต่างสำหรับนำเข้าข้อมูล

การออกแบบหน้าต่างสำหรับนำเข้าข้อมูลเป็นขั้นตอนสำคัญของระบบดิจิทัล เนื่องจากเป็นจุดเชื่อมระหว่างผู้ปฏิบัติงานในสายการผลิตกับฐานข้อมูลกลางของโรงงาน มีขั้นตอนดังนี้

1) การสำรวจและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การสำรวจสายการผลิตทั้งหมด 2 สาย พบว่า มีเอกสารในการบันทึกข้อมูลการผลิตรวมทั้งสิ้น 21 ฉบับ เอกสารส่วนใหญ่จดบันทึก 1 ครั้งต่อชั่วโมง และสายการผลิตเดินงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน โดยเอกสารมีลักษณะและวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น รายงานการตรวจสอบคุณภาพค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักร และรายงานผลผลิต เอกสารมีช่องข้อมูลประมาณ 20-40 ช่องต่อการบันทึกหนึ่งครั้ง ส่งผลให้มีจำนวนช่องต่อสายการผลิต 1 สายมีข้อมูลรวมมากกว่า 10,000-16,000 ช่อง สะท้อนถึงภาระในการบันทึกข้อมูลและความซับซ้อนของกระบวนการ

2) การจัดกลุ่มข้อมูลและออกแบบโครงสร้างหน้าต่าง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถจัดกลุ่มตามลักษณะการใช้งาน เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานแยกประเภทข้อมูลได้เร็ว ลดความสับสนในการบันทึกข้อมูล และลดภาระทางความคิด ตัวอย่างการออกแบบหน้าต่างสำหรับนำเข้าข้อมูลตามรูปที่ 6 ซึ่งแบ่งเป็น 3 หมวด ได้แก่

- ข้อมูลทั่วไป เช่น วันที่ เวลา ชื่อผู้ปฏิบัติงาน
- ข้อมูลกระบวนการ เช่น อุณหภูมิ แรงดัน หรือค่าฟังก์ชันการตรวจสอบ
- ข้อมูลผลลัพธ์ เช่น ปริมาณของเสีย ผลการตรวจสอบ หรือหมายเหตุอื่นๆ

3) การออกแบบหน้าต่างสำหรับนำเข้าข้อมูล

หน้าต่างสำหรับนำเข้าข้อมูลถูกออกแบบตามหลักการออกแบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Human-Computer Interaction: HCI) และปัจจัยด้านมนุษย์ (Human Factors) [6] เพื่อให้สอดคล้องกับลำดับการทำงานจริงของผู้ปฏิบัติงาน และช่วยลดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล โดยได้ประยุกต์ใช้หลักการสำคัญ ดังนี้

- Poka-Yoke: การจำกัดช่วงค่าที่สามารถกรอกได้เพื่อป้องกันการกรอกข้อมูลผิดพลาด และแสดงสัญลักษณ์เตือนเมื่อผู้ใช้งานยังไม่ได้กรอกข้อมูลที่จำเป็น ดังรูปที่ 7(a) และ 7(b) ตามลำดับ

- Hick's Law: ใช้รายการแบบเลื่อนเพื่อจำกัดจำนวนตัวเลือกที่ผู้ใช้งานต้องพิจารณาในแต่ละครั้ง ช่วยลดภาระในการตัดสินใจและเพิ่มความรวดเร็วในการเลือกข้อมูล ตามรูปที่ 7(c)

- Fitts's Law: กำหนดขนาด ตำแหน่งของปุ่มและช่องในการกรอกข้อมูลให้เหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อเพิ่มความสะดวกและลดเวลาในการป้อนข้อมูล ตามรูปที่ 6

4) การทดสอบการใช้งานและปรับปรุงฟอร์ม

หน้าต่างสำหรับนำเข้าข้อมูลได้รับการทดสอบการใช้งานกับผู้ปฏิบัติงานจริง ผลการทดสอบถูกรวบรวมจากข้อเสนอแนะของผู้ใช้งาน เพื่อนำไปปรับปรุงรูปแบบของฟอร์ม เช่น การปรับ

ตำแหน่งช่องกรอกข้อมูล การเพิ่มตัวเลือกสินค้าให้ครบถ้วน และการปรับลำดับการบันทึกข้อมูลให้สอดคล้องกับแบบฟอร์มเดิมที่ผู้ใช้งานคุ้นเคย

รูปที่ 6 ตัวอย่างการออกแบบหน้าต่างสำหรับนำเข้าข้อมูล

- Product type *
- ☐ A
- ☒ B
- ☒ 10 mg.
- ☒ 20 mg.
- ☒ 30 mg.
- ☒ 40 mg.
- ☒ 50 mg.
- (a) การจำกัดช่วงค่าของข้อมูลที่กรอก
- สายการผลิต *
- สายการผลิต is required
- (b) การแจ้งเตือนเมื่อข้อมูลไม่ครบถ้วน
- ครั้งที่ 1
- Type to search
- ผ่าน
- ไม่ผ่าน
- (c) การใช้รายการแบบเลื่อนเพื่อลดจำนวนตัวเลือก

รูปที่ 7 การประยุกต์ใช้ Poka-Yoke และ Hick's Law

3.4.2 การจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลกลาง

ระบบที่พัฒนาขึ้นเลือกใช้ระบบคลาวด์ของโรงงานที่มีอยู่เดิมเป็นฐานข้อมูลกลาง เนื่องจากโรงงานมีข้อจำกัดด้านการติดตั้งโครงสร้างพื้นฐานใหม่ การเข้าถึงสิทธิ์การใช้งาน และระยะเวลาในการพัฒนา การเลือกใช้ระบบเดิมจึงเหมาะสมทั้งในด้านความต่อเนื่องของการใช้งาน ความปลอดภัยของข้อมูล และความสะดวกในการเชื่อมต่อกับระบบภายในขององค์กร

สถาปัตยกรรมของระบบออกแบบให้ข้อมูลจากหน้างานถูกส่งผ่าน API เข้าสู่ฐานข้อมูลกลางบนคลาวด์ จากนั้นดึงข้อมูลออกในรูปแบบ JSON เพื่อนำไปจัดการข้อมูลด้วย Power Query และโหลดเข้าสู่ Microsoft Excel และ Power BI เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และแสดงผล โดยกำหนดโครงสร้างฟิลด์ข้อมูลให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทุกฟอร์มเพื่อให้เชื่อมโยงและตรวจสอบย้อนกลับได้ง่าย นอกจากนี้ กำหนดระยะเวลาการจัดเก็บข้อมูลย้อนหลัง 2 ปี และใช้ระบบสำรองข้อมูลอัตโนมัติขององค์กรเพื่อลดความเสี่ยงจากการสูญหายของข้อมูล

3.4.3 การดึงข้อมูลและการจัดการข้อมูล

กระบวนการทั้งหมดถูกออกแบบภายใต้กรอบแนวคิด กระบวนการจัดการข้อมูล ETL (Extract-Transform-Load) [9] เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลมีความครบถ้วน ถูกต้อง และพร้อมใช้งาน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การดึงข้อมูล (Extract) ข้อมูลที่ผู้ปฏิบัติงานกรอกผ่านหน้าต่างดิจิทัลจะถูกส่งเข้าสู่ฐานข้อมูลกลางบนระบบคลาวด์โดยอัตโนมัติ จากนั้นดึงออกผ่าน API ในรูปแบบ JSON ซึ่งเหมาะสำหรับการนำเข้าและประมวลผลด้วย Power Query

2) การแปลงและจัดการข้อมูล (Transform) ดำเนินการผ่าน Power Query แบบฟอร์มทั้ง 21 ฉบับมีโครงสร้างข้อมูลแตกต่างกัน จึงต้องปรับให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน โดยเริ่มจากการเลือกข้อมูลที่ต้องการใช้ จากข้อมูล JSON ที่ดึงมาผ่าน API ให้เหลือเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์และการแสดงผล จากนั้นทำการแปลงและทำความสะอาดข้อมูล โดยแปลงโครงสร้างข้อมูลจาก JSON ให้เป็นตาราง กำหนดชนิดข้อมูลให้ถูกต้อง และการจัดการข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ค่าว่างหรือค่าที่ผิดรูปแบบ เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องและพร้อมใช้งาน ต่อด้วยการจัดรูปแบบข้อมูลให้สอดคล้องกัน โดยอ้างอิงโครงสร้างข้อมูลกลางที่กำหนดมาตรฐานร่วมกันตลอดทั้งระบบ เช่น มาตรฐานหน่วยวัด รหัสสายการผลิต และรหัสจุดควบคุม เพื่อให้ข้อมูลจากหลายแหล่งสามารถเชื่อมโยงและเปรียบเทียบกันได้อย่างเป็นระบบ และสุดท้ายการบันทึกขั้นตอนการแปลงในรูปแบบ M Code เพื่อให้ข้อมูลทุกขั้นตอนสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้

3) การโหลดข้อมูล (Load) ภายหลังจากการแปลงและจัดการข้อมูล ข้อมูลจะถูกโหลดเข้าสู่ระบบแสดงผลข้อมูล โดยทำการโหลดข้อมูลเข้าสู่โมเดลข้อมูลของ Microsoft Excel และ Power BI

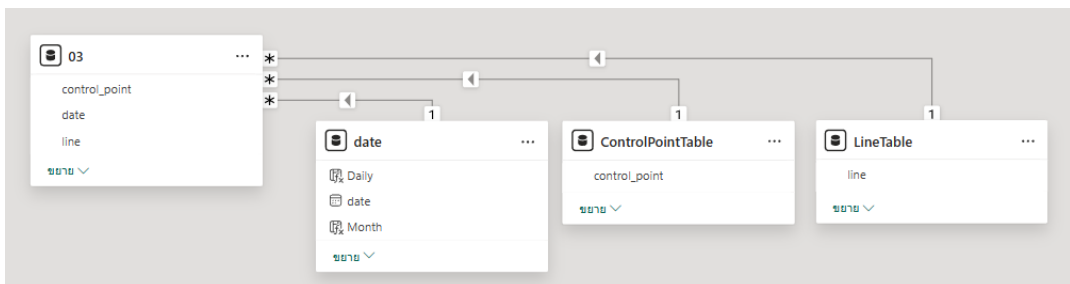
3.4.4 การออกแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อรองรับหน้าปัดแสดงผล

การออกแบบโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตาราง มุ่งเน้นให้การแสดงผลบนหน้าปัดแสดงผลมีความถูกต้อง แม่นยำ และรองรับการวิเคราะห์ข้อมูลข้ามมิติได้อย่างเป็นระบบ โดยเลือก

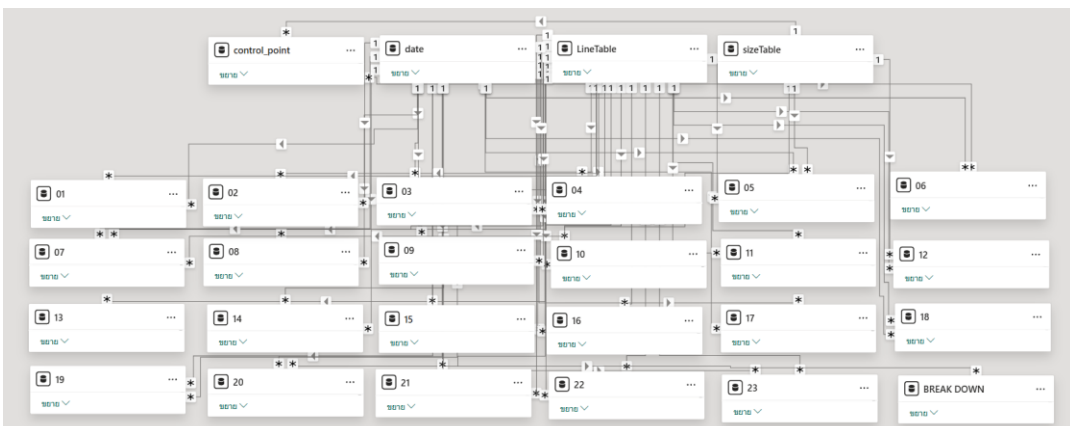
ประยุกต์ใช้สถาปัตยกรรมแบบโครงสร้างรูปดาว (Star Schema) [13] กำหนดโครงสร้างออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

- 1) ตารางข้อมูลเชิงมิติ: ได้แก่ ตารางเวลา (date) สายการผลิต (LineTable) และจุดควบคุม (ControlPointTable) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกรองหลักเพื่อใช้ในการควบคุมทิศทางข้อมูล
- 2) ตารางข้อมูลข้อเท็จจริง: คือตารางข้อมูลการผลิตและพารามิเตอร์ที่ถูกจัดเก็บรายชั่วโมงจากแบบฟอร์มดิจิทัล

การออกแบบความสัมพันธ์ใช้รูปแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (1:*) และกำหนดทิศทางการกรองข้อมูลแบบทางเดียว ตัวอย่างการเชื่อมโยงข้อมูลเฉพาะจุดแสดงในรูปที่ 8 และภาพรวมการเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดในรูปที่ 9 สถาปัตยกรรมนี้ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์เจาะลึกข้อมูลจากภาพรวมไปจนถึงรายละเอียดเฉพาะในระดับรายเครื่องจักรหรือรายจุดควบคุมได้อย่างเป็นระบบ



รูปที่ 8 ตัวอย่างความสัมพันธ์แบบโครงสร้างรูปดาวระหว่างตารางมิติและตารางข้อมูล



รูปที่ 9 ภาพรวมความสัมพันธ์ข้อมูลของระบบการจัดการข้อมูลการผลิตทั้งหมด

3.4.5 การแสดงผลข้อมูล

การแสดงผลข้อมูลมีระบบที่พัฒนานี้เพื่อรองรับการแสดงผล ดังนี้

1) การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบเอกสาร Microsoft Excel

รูปแบบเอกสารถูกออกแบบให้มีโครงสร้างสอดคล้องกับเอกสารเดิมของโรงงาน เพื่อลดภาระการเรียนรู้ใหม่ของพนักงาน ข้อมูลถูกเชื่อมต่อกับ Power Query เพื่อจัดวางพารามิเตอร์ต่างๆ ให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันทุกเอกสาร เพิ่มความชัดเจนในการตรวจสอบ และประยุกต์ใช้สีเตือนตามมาตรฐานสากล ได้แก่ สีแดงสำหรับค่าที่ผิดปกติ สีเหลืองสำหรับค่าเฝ้าระวัง และสีเขียวสำหรับค่าปกติ แสดงดังในรูปที่ 10

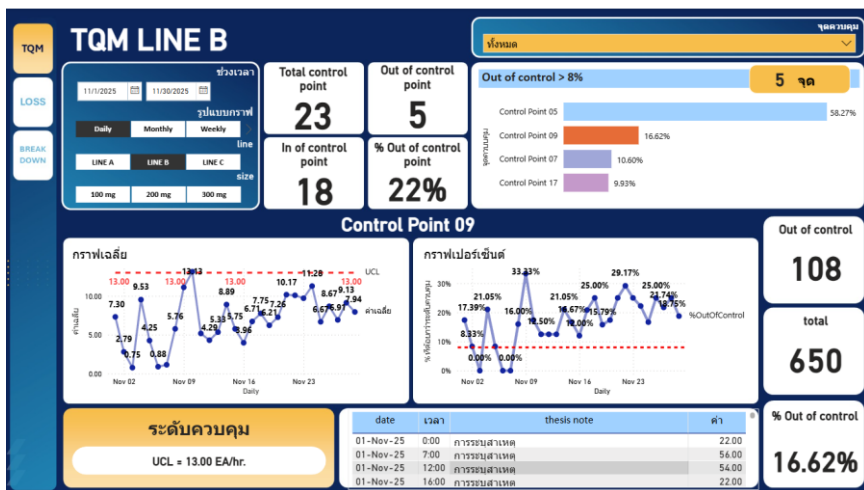
บริษัท XXXX																						
แผนก บรรจุ A																						
บันทึกการควบคุม XXXX																						
รวมค่าเฉลี่ยควบคุม 50 EA																						
หน่วย บรรจุ	วันที่	เวลา	Product type	Input	Good	จำนวน Reject รวม	จุดควบคุม จำนวน Reject ต่อ ชั่วโมง	X	X	X	X	X	สาเหตุการแก้ไข เมื่อเกินระดับควบคุม เลขที่ใบแจ้งซ่อม (กรณีข้ามแก้ไข)	จุดควบคุม ควบคุม สถานะการผ่าน	สาเหตุการแก้ไข เมื่อเกินระดับควบคุม เลขที่ใบแจ้งซ่อม (กรณีข้ามแก้ไข)	XXX	หมายเลข	ชื่อ ผู้รายงาน	ลายเซ็น			
line A	06/02/26	00:00	Type B	100 mg.	13,248	13,226	22	22	0	1	0	12	10	เกินกว่าอย่าง	ผ่าน		10	Start Line	น/บ A	data:image		
line A	06/02/26	01:00	Type B	100 mg.	59,981	59,958	23	1	0	1	0	12	10					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	02:00	Type B	100 mg.	119,733	119,710	23	0	1	1	0	12	10					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	03:00	Type B	100 mg.	119,733	119,709	24	1	1	1	0	12	10					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	03:30	Type B	100 mg.	158,395	158,361	34	10	4	8	0	12	10				8	น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	05:00	Type A	150 mg.	17,535	17,534	1	1	0	1	0	0	0		ผ่าน			น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	06:00	Type A	150 mg.	45,846	45,845	1	0	0	1	0	0	0					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	07:00	Type A	150 mg.	83,943	83,942	1	0	0	1	0	0	0					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	08:00	Type A	150 mg.	149,706	149,587	119	118	0	1	88	10	20	เกินกว่าอย่าง			21	น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	09:00	Type A	150 mg.	190,086	189,967	119	0	0	1	88	10	20					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	10:00	Type A	150 mg.	240,500	240,381	119	0	0	1	88	10	20					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	11:00	Type A	150 mg.	306,800	306,681	119	0	0	1	88	10	20					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	12:00	Type A	150 mg.	365,000	364,881	119	0	0	1	88	10	20					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	13:00	Type A	150 mg.	428,671	428,552	119	0	0	1	88	10	20					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	14:00	Type A	150 mg.	448,493	448,374	119	0	0	1	88	10	20					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	15:00	Type A	150 mg.	496,040	495,921	119	0	0	1	88	10	20					น/บ A	data:image			
line A	06/02/26	16:00	Type A	150 mg.	552,678	552,537	141	22	0	2	88	21	30	เกินกว่าอย่าง			11	น/บ A	data:image			

รูปที่ 10 หน้าปัดแสดงผลข้อมูลบน Microsoft Excel

2) การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบหน้าปัดแสดงผลบน Power BI

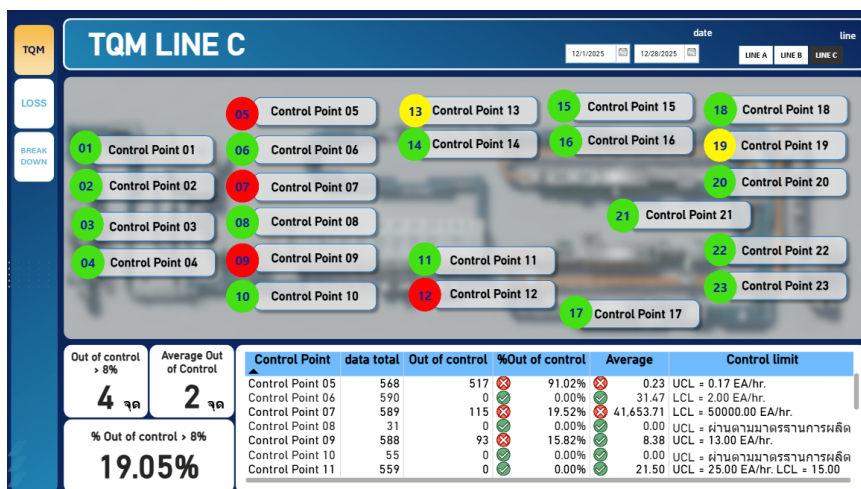
การออกแบบหน้าปัดแสดงผลมุ่งเน้นความยืดหยุ่นและการโต้ตอบ เพื่อให้ครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้งานตั้งแต่ระดับปฏิบัติการจนถึงระดับบริหาร โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนสำคัญ ดังนี้:

- หน้าปัดแสดงผลสถานะการควบคุมคุณภาพ: ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนการติดตามดัชนีชี้วัดรายจุดควบคุมโดยใช้กราฟควบคุมเชิงสถิติ ช่วยให้ผู้ใช้สามารถระบุความผิดปกติของพารามิเตอร์ได้ทันทีตามหลักของ ISO 9241 ซึ่งให้ผู้ใช้เลือกดูข้อมูลได้ แสดงตามรูปที่ 11



รูปที่ 11 หน้าปัดแสดงผลสถานะการควบคุมคุณภาพสำหรับติดตามตัวชี้วัดรายจุดควบคุม

- หน้าปัดแสดงผลภาพรวมสถานะการผลิต: เป็นการสรุปสถานะการผลิตรายจุดควบคุมในหน้าจอเดียว โดยใช้รหัสสีที่ชัดเจนเพื่อสื่อสารสถานะของกระบวนการ เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจสถานการณ์ได้ทันที แสดงตามรูปที่ 12



รูปที่ 12 หน้าปัดแสดงผลภาพรวมสถานะการผลิตรายจุดควบคุม

- หน้าปัดแสดงผลการวิเคราะห์ความสูญเสีย: ทำหน้าที่จำแนกประเภทและตำแหน่งของความสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ ช่วยให้หัวหน้างานสามารถระบุจุดที่ต้องปรับปรุงได้อย่างแม่นยำ แสดงตามรูปที่ 13



รูปที่ 13 หน้าปัดแสดงผลการวิเคราะห์ความสูญเสียในกระบวนการ

- หน้าปัดแสดงผลการวิเคราะห์การหยุดชะงักของเครื่องจักร: มุ่งเน้นการแสดงสถิติเวลาสูญเสียและสาเหตุการหยุดทำงานของเครื่องจักร รองรับการวิเคราะห์เจาะลึกให้ผู้ใช้งานควบคุมการกรองข้อมูลเพื่อหาสาเหตุของปัญหาได้อย่างอิสระ แสดงตามรูปที่ 14



รูปที่ 14 หน้าปัดแสดงผลการวิเคราะห์การหยุดชะงักของเครื่องจักร

3.5 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ

ประเมินความเหมาะสมของการลงทุนในการพัฒนาระบบดิจิทัลสำหรับการจัดการข้อมูลการผลิต ใช้การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการลงทุนและผลประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมิน

ประกอบด้วย อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (Return on Investment: ROI) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

4. ผลการวิจัย

4.1 การแปลงข้อมูลในรูปแบบเอกสารการผลิตสู่ระบบดิจิทัล

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบดิจิทัลเพื่อแปลงข้อมูลการผลิตจากรูปแบบเอกสารกระดาษให้เป็นฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ โดยออกแบบสถาปัตยกรรมระบบเชื่อมโยงข้อมูลจากพื้นที่การผลิตผ่านแบบฟอร์มดิจิทัลจำนวน 21 ฟอร์ม เข้าสู่ฐานข้อมูลกลางของโรงงาน จากนั้นใช้ Power Query เพื่อแปลงและจัดรูปแบบข้อมูลก่อนส่งต่อไปยัง Microsoft Excel และ Power BI เพื่อใช้ในการแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูล โครงสร้างดังกล่าวช่วยลดการกรอกข้อมูลการผลิตที่ซ้ำซ้อน เพิ่มความถูกต้องของข้อมูล และสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารและหัวหน้าสายการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4.2 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงระบบ

ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงระบบดิจิทัลสำหรับการติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลการผลิต พบว่าการพัฒนาระบบสามารถลดจำนวนขั้นตอนการดำเนินงานจากเดิม 9 ขั้นตอน เหลือ 6 ขั้นตอน และลดเวลาการทำงานรวมจาก 511.40 ชั่วโมงต่อปี เหลือ 184.22 ชั่วโมงต่อปี ดังตารางที่ 3 และรูปที่ 15 มีความแตกต่างของเวลาการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงอย่างชัดเจน โดยเวลาที่ลดลงส่วนใหญ่มาจากการตัดขั้นตอนที่ไม่สร้างคุณค่า ได้แก่ การจัดทำไฟล์สำหรับป้อนข้อมูล การป้อนข้อมูลลงไฟล์ และการรวบรวมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ สามารถลดเวลาการทำงานได้มากถึง 327.18 ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นร้อยละ 63.98

การวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของการลดขั้นตอนการดำเนินงาน ทำการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติด้วย One-Sample t-test [14] เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของการตัดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า จำนวน 3 กิจกรรมหลัก โดยกำหนดค่าเป้าหมายผลต่างของเวลาให้เท่ากับ 0 ในหน่วยนาที่ ผลการทดสอบพบว่าระยะเวลาที่เคยใช้ในอดีตมีความแตกต่างจากค่าเป้าหมายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนี้

1) การจัดทำไฟล์สำหรับป้อนข้อมูล: มีค่าเฉลี่ยเวลาเดิม 519.20 นาที/ครั้ง มีค่าสถิติทดสอบ $t = 31.09$ และค่า $p < 0.001$

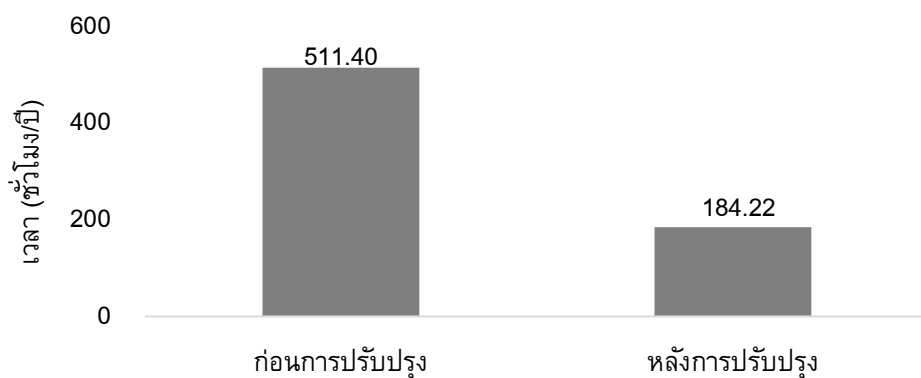
2) การป้อนข้อมูลลงไฟล์ Microsoft Excel: มีค่าเฉลี่ยเวลาเดิม 16.40 นาที/ครั้ง มีค่าสถิติทดสอบ $t = 41.00$ และค่า $p < 0.001$

3) การรวบรวมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์: มีค่าเฉลี่ยเวลาเดิม 298.10 นาที/ครั้ง มีค่าสถิติทดสอบ $t = 22.96$ และค่า $p < 0.001$

ผลการทดสอบข้างต้นยืนยันว่า การปรับปรุงโดยการตัดขั้นตอนที่ไม่สร้างคุณค่าออกและทดแทนด้วยระบบดิจิทัล ส่งผลให้เกิดการลดระยะเวลาการทำงานได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งช่วยสนับสนุนผลลัพธ์การลดเวลาการทำงานรวมร้อยละ 63.98ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงระบบ

หมวดหมู่	รายการ	เวลารวมต่อปี (ชั่วโมง)	
		ก่อน	หลัง
กำหนดจุดควบคุม	1 การประเมินคัดเลือกจุดควบคุม	25.68	25.68
กำหนดระดับ	2 ขั้นตอนการหาระดับควบคุม	57.20	57.20
ควบคุม	3 การประชุมกำหนดระดับควบคุม	16.80	16.80
กำหนดจุดตรวจสอบ	4 การจัดการประชุมเพื่อหาแนวปรับปรุง	19.26	19.26
การติดตาม	5 การจัดทำไฟล์สำหรับป้อนข้อมูล	18.54	0
กระบวนการ	6 การป้อนข้อมูลลงไฟล์ Microsoft Excel	180.96	0
	7 การรวบรวมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์	127.68	0
	8 การประชุมติดตามผล	65.28	65.28
ทบทวน	9 กำหนดรอบความถี่	-	-
เวลารวมทุกกิจกรรม (ชั่วโมงต่อปี)		511.40	184.22
จำนวนกิจกรรม (ขั้นตอน)		9	6



รูปที่ 15 เวลาก่อนการปรับปรุงเทียบหลังการปรับปรุง

นอกจากนี้ ระยะเวลาในการเข้าถึงข้อมูลลดลงจากเวลาเฉลี่ยประมาณ 24 ชั่วโมงต่อครั้ง เหลือ 1 ชั่วโมงต่อครั้ง และความผิดพลาดจากการป้อนข้อมูลลงไฟล์เฉลี่ย 15 ครั้งต่อเดือน ลดลงเหลือ 0 ครั้งต่อเดือน เนื่องจากการยกเลิกขั้นตอนการป้อนข้อมูลลงไฟล์ และระบบดิจิทัลยังสนับสนุนการประชุมติดตามผลผ่านหน้าปัดแสดงผลบน Power BI ช่วยลดภาระการจัดทำรายงานในรูปแบบเอกสาร และเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงข้อมูล

4.3 การวิเคราะห์ด้านต้นทุน

จากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อนและหลังการพัฒนาระบบดิจิทัลสำหรับการจัดการข้อมูลการผลิต พบว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปีลดลงจาก 85,882.74 บาท เหลือ 16,260.76 บาท คิดเป็นผลประหยัดรวม 69,621.98 บาทต่อปี ทั้งนี้ สาเหตุหลักของการลดต้นทุนมาจากการยกเลิกการใช้เอกสารกระดาษ และการลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่สร้างคุณค่า ซึ่งส่งผลให้ค่าแรงงานลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังการพัฒนาระบบ

รายการ	ก่อน (บาท/ปี)	หลัง (บาท/ปี)	ผลต่าง (บาท/ปี)	หมายเหตุ
ค่ากระดาษและค่าถ่ายเอกสาร	48,703.20	0	48,703.20	ยกเลิกการใช้กระดาษ
ค่าแรงที่ลดลงจากการปรับปรุง	37,179.54	0	37,179.54	ลดลง 327.18 ชั่วโมง
ค่าใช้จ่ายพื้นที่จัดเก็บข้อมูล	0	5,995.20	- 5,995.20	
ค่าโปรแกรมแสดงผลข้อมูล	0	6,216.00	- 6,216.00	จำนวน 1 ผู้ใช้
ค่าบริการอีเมลองค์กร	0	4,049.56	- 4,049.56	จำนวน 2 ผู้ใช้
รวมทั้งหมด	85,882.74	16,260.76	69,621.98	ลดลง 81.07%

เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ จากการคำนวณตามสมการที่ (1) พบว่า เมื่อใช้ต้นทุนการลงทุนรวม 159,200 บาท และผลประหยัดต่อปี 69,621.98 บาท ระบบดิจิทัลที่พัฒนามีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (Return on Investment: ROI) เท่ากับร้อยละ 43.73 ต่อปี สะท้อนว่าการลงทุนสามารถสร้างผลตอบแทนได้ในระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้ จากการคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ตามสมการที่ (2) พบว่าระบบสามารถคืนทุนได้ภายใน 2 ปี 3 เดือน ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าของการลงทุนในระบบดิจิทัล

5. สรุปผลและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาระบบดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูลการผลิตในโรงงานกรณีศึกษา โดยผลการวิจัยสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1) ด้านประสิทธิภาพกระบวนการ: ระบบสามารถลดขั้นตอนการทำงานลงได้ร้อยละ 33.33 โดยลดขั้นตอนจาก 9 ขั้นตอน เหลือ 6 ขั้นตอน และลดเวลาการทำงานรวมลงได้ถึงร้อยละ 63.98 โดยลดเวลาจาก 511.40 ชั่วโมงต่อปี เหลือ 184.22 ชั่วโมงต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการตัดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าในขั้นตอนการจัดการเอกสาร

2) ด้านคุณภาพข้อมูล: ความผิดพลาดจากการป้อนข้อมูลลดลงจากเฉลี่ย 15 ครั้งต่อเดือน เหลือ 0 ครั้งต่อเดือน เนื่องจากการตัดขั้นตอนการป้อนข้อมูลออกทั้งหมด ส่งผลให้ความผิดพลาดลดลงเหลือ 0 ครั้งต่อเดือน และความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลเพื่อการตัดสินใจเพิ่มขึ้น โดยลดเวลาการรอคอยข้อมูลจาก 24 ชั่วโมง เหลือเพียง 1 ชั่วโมง

3) ด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์: โครงการนี้ให้ผลตอบแทนจากการลงทุนร้อยละ 43.73 ต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 ปี 3 เดือน สะท้อนถึงความคุ้มค่าในการปรับเปลี่ยนสู่ระบบดิจิทัลในระดับปฏิบัติการ

5.2 อภิปรายผล

ผลจากการพัฒนาระบบดิจิทัลแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถอภิปรายเชิงลึกตามประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1) การกำจัดความผิดพลาดของข้อมูล: สาเหตุที่ระบบสามารถลดความผิดพลาดในการป้อนข้อมูลเหลือ 0 ครั้งต่อเดือน คือกลไกการตรวจสอบข้อมูล ณ จุดบันทึก โดยระบบฟอร์มดิจิทัลถูกกำหนดเงื่อนไขขอบเขตข้อมูล และบังคับการกรอกข้อมูลที่จำเป็น ซึ่งแตกต่างจากระบบเดิมที่พึ่งพาการจดบันทึกด้วยมือแล้วนำมาป้อนลงไฟล์ซ้ำภายหลัง

2) การเชื่อมโยงมิติข้อมูลและความคล่องตัวในการตัดสินใจ: การเลือกใช้สถาปัตยกรรมข้อมูลแบบดาว (Star Schema) ทำให้หน้าปัดแสดงผลมีความคล่องตัวสูงกว่างานของ Clausen [2] ที่เน้นเพียงการมองเห็น เนื่องจากระบบในงานวิจัยนี้สนับสนุนการวิเคราะห์เจาะลึกจากดัชนีชี้วัดภาพรวมระดับโรงงานลงสู่รายละเอียดรายการเครื่องจักรได้ทันที ผลที่ได้สอดคล้องกับงานของ Sorour and Atkins [5] ในแง่การใช้เครื่องมือ Power BI ที่เหมาะสมกับทรัพยากรขององค์กร แต่ให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วกว่าเนื่องจากการแปลงข้อมูลที่เป็นระบบตั้งแต่ต้นทาง

3) การตอบสนองต่อผู้ใช้งานตามมาตรฐาน HCI: ความสำเร็จในการลดเวลาเข้าถึงข้อมูลเหลือ 1 ชั่วโมง เป็นผลจากการพัฒนาระบบดิจิทัลและการออกแบบหน้าจอที่ช่วยให้ผู้ใช้งานในระดับ

ปฏิบัติการและระดับบริหารเข้าใจสถานะการผลิตได้ทันทีผ่านรหัสสี โดยไม่ต้องเสียเวลาตีความตัวเลข

5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1) การป้อนข้อมูลด้วยมนุษย์: แม้ระบบจะเปลี่ยนเป็นดิจิทัล แต่ยังคงต้องพึ่งพาการป้อนข้อมูลผ่านแบบฟอร์มโดยพนักงาน ซึ่งอาจมีความล่าช้าหากเกิดเหตุวิกฤตพนักงานที่พนักงานไม่สามารถบันทึกข้อมูลได้ทันที

2) ปัจจัยทางอารมณ์และนามธรรม: การประเมินผลยังไม่ได้ครอบคลุมปัจจัยเชิงคุณภาพ เช่น ความพึงพอใจเชิงลึกของพนักงาน เป็นต้น

3) ขอบเขตกรณีศึกษา: ผลการวิจัยเป็นข้อมูลจากโรงงานอุตสาหกรรมเพียงแห่งเดียว ซึ่งอาจมีปัจจัยด้านวัฒนธรรมองค์กรหรือทักษะทางดิจิทัลของพนักงานที่แตกต่างจากอุตสาหกรรมอื่น

5.4 ข้อเสนอแนะ

1) การพัฒนาสู่ระบบอัตโนมัติ (IoT Integration): ในอนาคตควรมีการขยายผลโดยการเชื่อมต่อเซนเซอร์จากเครื่องจักรเข้าสู่ระบบโดยตรง เพื่อลดการพึ่งพาพนักงานในการบันทึกข้อมูลและเพิ่มความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล

2) การใช้เทคโนโลยีวิเคราะห์เชิงพยากรณ์: ควรนำฐานข้อมูลที่จัดเก็บไว้ไปต่อยอดด้วยระบบพยากรณ์แนวโน้มการเกิดของเสียหรือการหยุดชะงักของเครื่องจักรล่วงหน้า

3) การประเมินความคุ้มค่าเชิงลึก: ควรมีการวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางอ้อม และการคำนวณมูลค่าในอนาคตเพิ่มเติมเพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางของ Pshychenko [7] ในการประเมินโครงการดิจิทัลระดับองค์กรขนาดใหญ่

References

- [1] Office of Industrial Economics. Quarterly and annual industrial situation report [Internet]. 2567 [cited 2026 Apr 12]. Available from: <https://shorturl.asia/tiN0z>. (In Thai).
- [2] Clausen P. Towards the Industry 4.0 agenda: practitioners' reasons why a digital transition of shop floor management visualization boards is warranted. Digital Business 2023;3(2):100063. doi: 10.1016/j.digbus.2023.100063.
- [3] Schmitt T, Viklund P, Sjolander M, Hanson L, Amouzgar K, Urenda Moris M. Augmented reality for machine monitoring in industrial manufacturing: framework and application development. Procedia CIRP 2023;120:1327-32. doi: 10.1016/j.procir.2023.09.171.

- [4] Kumbhar M, Ng Amos HC, Bandaru S. A digital twin based framework for detection, diagnosis, and improvement of throughput bottlenecks. *Journal of Manufacturing Systems* 2023;66:92-106. doi: 10.1016/j.jmsy.2022.11.016.
- [5] Sorour A, Atkins AS. Big data challenge for monitoring quality in higher education institutions using business intelligence dashboards. *Journal of Electronic Science and Technology* 2024;22(1):100233. doi: 10.1016/j.jnlest.2024.100233.
- [6] International Organization for Standardization. ISO 9241-210:2019 Ergonomics of human-system interaction-part 210: human-centred design for interactive systems. Geneva: ISO; 2019.
- [7] Pshychenko D. Methodology for calculating ROI to assess the effectiveness of implementing digital solutions in production systems taking into account operating and capital expenditures. *European Journal of Economic and Financial Research* 2025;9(5):46-57. doi: 10.46827/ejefr.v9i5.2061.
- [8] Ploypanichcharoen K. TQM: Total quality management. Bangkok: TPA Publishing; 2014. (In Thai)
- [9] Rungrattanaubol J. Data mining techniques. Phitsanulok: Naresuan University Publishing House; 2023 (In Thai).
- [10] Intujunyong S. Business Intelligence with management, planning, and decision making. *Journal of Business Administration* 2013;36(137):3-7. (In Thai)
- [11] Jaisue P, Sirioran P. Reducing search time for quality documents using ECRS techniques and developing a systematic document storage database. *Thai Industrial Engineering Network Journal* 2024;10(2):74-83. (In Thai)
- [12] Klomjit P. Productivity improvement: principle and practice. Bangkok: SE-EDUCATION; 2014. (In Thai).
- [13] Thantilage RD, Le-Khac NA, Kechadi M-T. Healthcare data security and privacy in data warehouse architectures. *Informatics in Medicine Unlocked* 2023;39:101270. doi: 10.1016/j.imu.2023.101270.
- [14] Wongdee P. Statistics for fundamental research. Bangkok: Chulalongkorn University Press; 2024 (In Thai).

ประวัติผู้เขียนบทความ

กรกนก ยิ้มพลาย นักศึกษาปริญญาโทหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ เลขที่ 6 ถนนราชมรรคาใน อ.เมือง จ.นครปฐม 73000 โทรศัพท์ 063-6630756 Email: Kornkanok.yimpay@gmail.com



กวินธร สัยเจริญ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ เลขที่ 6 ถนนราชมรรคาใน อ.เมือง จ.นครปฐม 73000 โทรศัพท์ 098-2493951 Email: saicharoen_k@silpakorn.edu



ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ เลขที่ 6 ถนนราชมรรคาใน อ.เมือง จ.นครปฐม 73000 โทรศัพท์ 089-7221410 Email: saelem_s@silpakorn.edu

Article History:

Received: February 15, 2026

Revised: June 10, 2026

Accepted: June 11, 2026