# APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGY TO IMPROVE FIELD MAINTENANCE SERVICE EFFICIENCY: A CASE STUDY OF A VENDING MACHINE COMPANY

Sasin BOONRAUNG[1*] and Sawat WANARAT[1]

1 Faculty of Business Administration, Kasetsart University, Thailand; sasin.bo@ku.th (S. B.) (Corresponding Author); fbussww@ku.ac.th (S. W.)

## ABSTRACT

The objective of this research was to study the current field maintenance operations of a vending machine company, to design and develop a digital platform supporting field maintenance services, and to develop and propose a conceptual framework for proactive maintenance, evaluated through four key performance indicators: Downtime, First-Time Fix Rate (FTFR), Maintenance Time, and Parts Cost. The results of the study revealed that: 1) the application of digital technology significantly reduced Maintenance Time from 27.93 to 23.21 minutes (16.89% reduction) and Parts Cost from 1,016.73 to 854.68 Baht (15.94% reduction) at a significance level of .01, while no significant differences were found for Downtime and FTFR. 2) The work experience of technicians did not significantly differentiate the benefits received from the platform across groups at the .05 significance level. 3) The educational level of technicians also did not significantly differentiate the benefits received from the platform across groups at the .05 significance level, even after controlling for pre-implementation values through Analysis of Covariance.

**Keywords:** Digital Technology, Field Service Management, Maintenance Efficiency, Vending Machine

**CITATION INFORMATION:** Boonraung, S., & Wanarat, S. (2026). Application of Digital Technology to Improve Field Maintenance Service Efficiency: A Case Study of a Vending Machine Company. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(7), 66

# การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพงานซ่อมบำรุงในระดับปฏิบัติการ: กรณีศึกษาบริษัทจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติ

ศศิน บุญเรือง[1*] และ สวัสดิ์ วรรณรัตน์[1]

1 คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; sasin.bo@ku.th (ศศิน) (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ); fbussww@ku.ac.th (สวัสดิ์)

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการซ่อมบำรุงระดับปฏิบัติการในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา ศึกษาและออกแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลผ่านการพัฒนาแพลตฟอร์มสนับสนุนงานซ่อมบำรุงภาคสนาม และพัฒนาและนำเสนอกรอบแนวคิดสำหรับกระบวนการซ่อมบำรุงเชิงรุก โดยประเมินผ่านตัวชี้วัดประสิทธิภาพหลัก 4 ตัว ได้แก่ ระยะเวลาที่ตู้หยุดทำงาน (Downtime) อัตราการซ่อมสำเร็จในครั้งแรก (First-Time Fix Rate) เวลาที่ใช้ในการซ่อมจริงหน้างาน (Maintenance Time) และมูลค่าอะไหล่ที่ใช้ต่องาน (Parts Cost) ผลการศึกษาพบว่า 1) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลส่งผลให้ Maintenance Time ลดลงจาก 27.93 นาที เหลือ 23.21 นาที (ลดลงร้อยละ 16.89) และ Parts Cost ลดลงจาก 1,016.73 บาท เหลือ 854.68 บาท (ลดลงร้อยละ 15.94) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในขณะที่ Downtime และ FTFR ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ 2) ปัจจัยด้านประสบการณ์การทำงานของช่างเทคนิคไม่ส่งผลให้ประโยชน์ที่ได้รับจากแพลตฟอร์มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ปัจจัยด้านระดับการศึกษาของช่างเทคนิคไม่ส่งผลให้ประโยชน์ที่ได้รับจากแพลตฟอร์มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แม้หลังจากควบคุมอิทธิพลของค่าก่อนการใช้เทคโนโลยีด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) แล้ว

**คำสำคัญ:** เทคโนโลยีดิจิทัล, การบริหารจัดการงานบริการภาคสนาม, ประสิทธิภาพการซ่อมบำรุง, ตู้จำหน่ายอัตโนมัติ

**ข้อมูลการอ้างอิง:** ศศิน บุญเรือง และ สวัสดิ์ วรรณรัตน์. (2569). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพงานซ่อมบำรุงในระดับปฏิบัติการ: กรณีศึกษาบริษัทจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติ. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(7), 66

## บทนำ

จำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติ (Vending Machine) เป็นรูปแบบการค้าปลีกแบบบริการตนเอง (Self-Service Retail) ที่มีบทบาทสำคัญและขยายตัวอย่างรวดเร็วในยุคปัจจุบัน โดยตลาดตู้จำหน่ายอัตโนมัติในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกมีมูลค่ารวมถึง 41.17 พันล้านดอลลาร์สหรัฐในปี พ.ศ.2567 และคาดว่าจะเติบโตในอัตราร้อยละ 3.3 ต่อปี (Grand View Research, 2024) สำหรับประเทศไทย ธุรกิจนี้มีรายได้รวมทะลุ 10,000 ล้านบาท เติบโตขึ้นร้อยละ 34.7 จากปีก่อน มีผู้ประกอบการที่ลงทะเบียนกว่า 760 ราย ด้วยทุนจดทะเบียนรวมกว่า 5,960 ล้านบาท และมีผู้บริโภคชาวไทยถึงร้อยละ 58 ที่ระบุว่านิยมซื้อสินค้าจากตู้อัตโนมัติ (Nation Thailand, 2024) ส่งผลให้การแข่งขันในธุรกิจมีความเข้มข้นและความต้องการประสิทธิภาพในการดำเนินงานเพิ่มสูงขึ้นเป็นลำดับ

อย่างไรก็ตาม โมเดลทางธุรกิจของตู้จำหน่ายอัตโนมัติมีความเปราะบางที่สำคัญ คือรายได้ทั้งหมดขึ้นอยู่กับความพร้อมใช้งาน (Machine Availability) ของเครื่องโดยตรง ปัจจุบันการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงในธุรกิจส่วนใหญ่ยังพึ่งพากระบวนการเชิงรับ (Reactive Maintenance) ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ การสูญเสียโอกาสในการขายเมื่อตู้หยุดทำงานโดยไม่มีการตรวจพบในเวลาที่เหมาะสม ต้นทุนการดำเนินงานที่ไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากช่างเทคนิคต้องเดินทางซ้ำซ้อนและไม่ทราบอาการเสียล่วงหน้า และการขาดข้อมูลเชิงลึกสำหรับการตัดสินใจของผู้บริหารในการวางแผนการซ่อมบำรุงและการจัดสรรทรัพยากร

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการสนับสนุนงานซ่อมบำรุงภาคสนาม (Field Service Management) จึงเป็นแนวทางสำคัญในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว งานวิจัยที่ทบทวนการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์พบว่าการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการบำรุงรักษาสามารถลดเวลาที่เครื่องหยุดทำงานได้ถึงร้อยละ 40 และลดต้นทุนซ่อมบำรุงได้ร้อยละ 25 (van Dinter et al., 2022) โดยตลาด Predictive Maintenance ทั่วโลกมีมูลค่า 10.93 พันล้านดอลลาร์สหรัฐในปี พ.ศ.2567 และคาดว่าจะเติบโตสูงถึง 70.73 พันล้านดอลลาร์สหรัฐในปี พ.ศ.2575 (Fortune Business Insights, 2024) จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญในการศึกษาเรื่อง "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพงานซ่อมบำรุงในระดับปฏิบัติการ: กรณีศึกษาบริษัทจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติ" โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) ศึกษากระบวนการซ่อมบำรุงระดับปฏิบัติการในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษาและระบุจุดคอขวดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพ 2) ศึกษาและออกแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลผ่านการพัฒนาแพลตฟอร์มสนับสนุนงานซ่อมบำรุงภาคสนาม และ 3) พัฒนาและนำเสนอกรอบแนวคิดสำหรับกระบวนการซ่อมบำรุงเชิงรุก เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการปรับปรุงและพัฒนาแนวทางบริหารงานซ่อมบำรุงให้มีประสิทธิภาพ และใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการลงทุนด้านเทคโนโลยีของธุรกิจตู้จำหน่ายอัตโนมัติในระยะถัดไป

## การทบทวนวรรณกรรม

การบำรุงรักษา (Maintenance) หมายถึง กิจกรรมที่ดำเนินการเพื่อรักษาหรือฟื้นฟูสภาพการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้สามารถปฏิบัติงานได้ตามที่กำหนด (Mobley, 2002; ณัฐพร โสรัตน์ และ อุมารินทร์ เต่าจันทร์, 2546) โดยสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ การบำรุงรักษานอกแผน (Unplanned Maintenance หรือ Reactive Maintenance) ซึ่งเป็นการซ่อมเมื่อเครื่องเสียแล้วเท่านั้น และการบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance) ซึ่งแบ่งย่อยเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) ที่อาศัยข้อมูลจากการตรวจวัดสภาพการทำงานจริงของเครื่องจักร แนวคิดนี้เป็นกรอบพื้นฐานในการเปลี่ยนผ่านกระบวนการซ่อมบำรุงจากเชิงรับสู่เชิงรุก

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในงานซ่อมบำรุง โดยอ้างอิงของ Zonta et al. (2020) ระบุว่าเทคโนโลยีดิจิทัลโดยเฉพาะ Internet of Things และระบบบริหารจัดการงานบริการภาคสนาม เป็นตัวเปิดใช้งานสำคัญในการยกระดับกลยุทธ์การบำรุงรักษาจากเชิงป้องกันไปสู่เชิงพยากรณ์ ส่วน Bokrantz et al. (2020a) ในแนวคิด Smart Maintenance ได้เสนอการบริหารการบำรุงรักษาในยุคที่มีเทคโนโลยีดิจิทัลแพร่หลายผ่านการตัดสินใจบนฐานข้อมูล (Data-Driven

Decision-Making) สำหรับการประเมินประสิทธิภาพในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวชี้วัดหลัก 4 ตัว โดยอ้างอิงกรอบการวัดผลการบำรุงรักษา (Maintenance Performance Measurement) ของ Parida & Kumar (2006) ที่ควรวัดผลประสิทธิผลการบำรุงรักษาทั้งภายในและภายนอก ได้แก่ 1) ระยะเวลาที่ตู้หยุดทำงาน (Downtime) 2) อัตราการซ่อมสำเร็จในครั้งแรก (First-Time Fix Rate) 3) เวลาที่ใช้ในการซ่อมจริงหน้างาน (Maintenance Time หรือ Wrench Time) และ 4) มูลค่าอะไหล่ที่ใช้ต่องาน (Parts Cost) ซึ่งใช้เป็นตัวแปรตามหลักในการประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์ม นอกจากนี้ งานวิจัยของ Aboshosha et al. (2023) ที่นำเสนอระบบ IoT-based Predictive Maintenance พบว่าสามารถลดเวลาหยุดทำงานของเครื่องจักรและลดต้นทุนอะไหล่ได้อย่างมีนัยสำคัญ และของ Hamasha et al. (2025) ที่นำเสนอกรอบการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ซึ่งขับเคลื่อนด้วย IoT ร่วมกับปัญญาประดิษฐ์และการประมวลผลแบบ Edge เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับความเสียหาย ลดเวลาเครื่องหยุดทำงาน และลดต้นทุนการบำรุงรักษา ปัจจัยด้านบุคลากรในงานซ่อมบำรุง โดยอ้างอิงของ Bokrantz et al. (2020b) ระบุว่าสมรรถนะการบำรุงรักษาในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านบุคลากรอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะ 1) ประสบการณ์และความชำนาญ (Experience and Expertise) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อค่าเฉลี่ยเวลาในการซ่อมแซม โดยช่างเทคนิคที่มีประสบการณ์สูงมักมีความสามารถในการวินิจฉัยปัญหาที่ซับซ้อนได้รวดเร็วกว่าโดยอาศัยความรู้โดยนัย (Tacit Knowledge) และ 2) ระดับการศึกษาและการฝึกอบรม (Education and Training) ซึ่งสร้างความเข้าใจในหลักการทำงานของเครื่องจักร จากฐานแนวคิดนี้ ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลอาจช่วยถ่ายโอนความรู้โดยนัยของช่างอาวุโสให้อยู่ในรูปความรู้ที่เข้าถึงได้ (Explicit Knowledge) ผ่านระบบดิจิทัล ซึ่งอาจช่วยลดช่องว่างทางทักษะระหว่างช่างใหม่และช่างอาวุโส อันเป็นประเด็นที่การศึกษานี้ต้องการตรวจสอบ ทั้งนี้ Sala et al. (2025) ที่ทบทวนงานวิจัยด้านการบำรุงรักษาในภาคการผลิตตลอดสามทศวรรษ ได้ชี้ให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนผ่านไปสู่กลยุทธ์ที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลและการจัดการความรู้เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการบำรุงรักษา

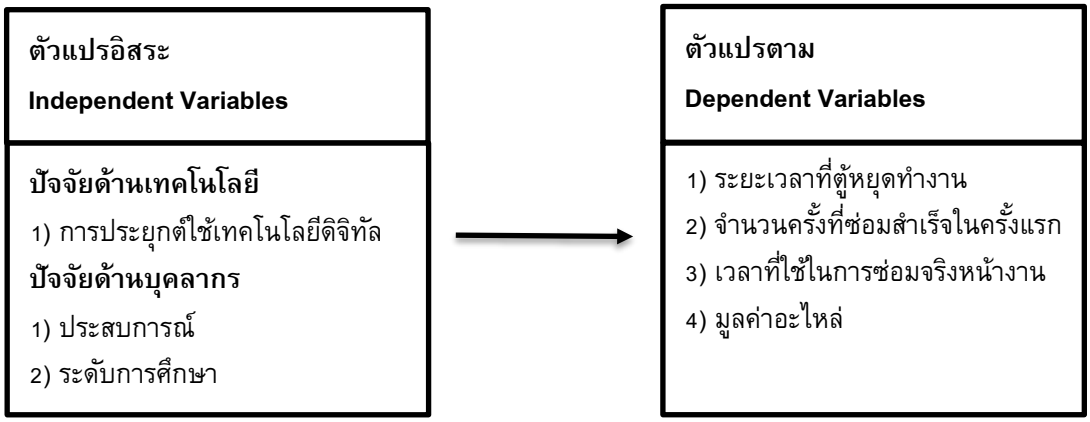
**สมมติฐานการวิจัย**

1) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลส่งผลให้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงทั้ง 4 ตัว (Downtime, FTFR, Maintenance Time และ Parts Cost) ก่อนและหลังการใช้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) ปัจจัยด้านประสบการณ์การทำงานของช่างเทคนิคที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าผลต่างของตัวชี้วัดประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) ปัจจัยด้านระดับการศึกษาของช่างเทคนิคที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าผลต่างของตัวชี้วัดประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**กรอบแนวคิดการวิจัย**




**ภาพที่ 1** กรอบแนวคิด

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One-Group Pretest-Posttest Design) อ้างอิงจาก Creswell (2014) ประกอบด้วย 3 ระยะ คือ การเก็บข้อมูลก่อนการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (Pre-test) ในช่วงวันที่ 1 ตุลาคม-15 ธันวาคม พ.ศ.2568 รวม 2.5 เดือน การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (Intervention) ซึ่งเป็นช่วงการอบรมและนำแพลตฟอร์มไปติดตั้งใช้งาน ในช่วงวันที่ 16-31 ธันวาคม พ.ศ.2568 และการเก็บข้อมูลหลังการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (Post-test) ในช่วงวันที่ 1 มกราคม-15 มีนาคม พ.ศ.2569 รวม 2.5 เดือน ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ช่างเทคนิคซ่อมบำรุงภาคสนามที่ปฏิบัติงานซ่อมตู้จำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติของบริษัทกรณีศึกษา จำนวน 60 คน กลุ่มตัวอย่างคือช่างเทคนิคที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์คัดเข้า จำนวน 40 คน ซึ่งกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยอ้างอิงจากแนวคิดของ Roscoe (1975) ที่ระบุว่าสำหรับงานวิจัยเชิงทดลองหรือกึ่งทดลอง ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่ยอมรับได้ในแต่ละกลุ่มควรมีจำนวนตั้งแต่ 30 คนขึ้นไป ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็นแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ใช้แบบบันทึกข้อมูล (Data Collection Form) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากระบบจัดการใบสั่งงานเดิมและฐานข้อมูล Log ของแพลตฟอร์มใหม่ การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้สถิติ Paired-Samples t-test สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล One-Way ANOVA สำหรับเปรียบเทียบค่าผลต่างจำแนกตามประสบการณ์และระดับการศึกษา และ Analysis of Covariance (ANCOVA) สำหรับเปรียบเทียบค่าหลังการใช้โดยควบคุมอิทธิพลของค่าก่อนการใช้ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้ แพลตฟอร์มสนับสนุนงานซ่อมบำรุงภาคสนามที่พัฒนาขึ้นและนำมาใช้แทนระบบจัดการใบสั่งงานเดิมนั้น อยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ประกอบด้วยฟีเจอร์หลัก 4 ส่วน ได้แก่ 1) ระบบบริหารจัดการใบสั่งงาน (Work Order Management) สำหรับบันทึกและติดตามสถานะงานซ่อมแต่ละรายการ 2) ระบบลงเวลาเข้า-ออกหน้างาน (Check-in / Check-out) สำหรับบันทึกเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดการปฏิบัติงานในแต่ละตู้เพื่อใช้วัดเวลาที่ใช้ในการซ่อมจริงหน้างาน (Maintenance Time) ที่แท้จริง 3) ระบบบันทึกอาการเสียและสืบค้นประวัติการซ่อมแบบเรียลไทม์ (Real-time Repair History) ที่ช่างเทคนิคสามารถเรียกดูประวัติการซ่อมและรูปแบบอาการเสียที่พบบ่อยของตู้แต่ละเครื่องได้ทันทีหน้างาน และ 4) ระบบบันทึกการใช้อะไหล่ต่อรายการงาน (Parts Usage Logging) สำหรับติดตามมูลค่าอะไหล่ที่ใช้จริงในแต่ละงาน ฟีเจอร์ทั้งหมดนี้คือตัวแปรแทรกแซง ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

## ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง พบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน ส่วนใหญ่มีประสบการณ์การทำงาน 3 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 40.00) รองลงมาคือ 1-3 ปี (ร้อยละ 37.50) และ 0-1 ปี (ร้อยละ 22.50) ด้านระดับการศึกษา ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับ ปวส. (ร้อยละ 42.50) รองลงมาคือระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 35.00) และระดับ ปวช. (ร้อยละ 22.50) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตัวชี้วัดประสิทธิภาพการซ่อมบำรุง พบว่า (1) ก่อนการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล มีค่าเฉลี่ย Downtime เท่ากับ 127.61 นาที (SD = 16.20) ค่าเฉลี่ย FTFR เท่ากับร้อยละ 87.93 (SD = 4.54) ค่าเฉลี่ย Maintenance Time เท่ากับ 27.93 นาที (SD = 5.06) และค่าเฉลี่ย Parts Cost เท่ากับ 1,016.73 บาท (SD = 323.61) (2) หลังการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล มีค่าเฉลี่ย Downtime เท่ากับ 127.47 นาที (SD = 15.83) ค่าเฉลี่ย FTFR เท่ากับร้อยละ 88.52 (SD = 4.39) ค่าเฉลี่ย Maintenance Time เท่ากับ 23.21 นาที (SD = 4.34) และค่าเฉลี่ย Parts Cost เท่ากับ 854.68 บาท (SD = 310.45) และ (3) เมื่อพิจารณาค่าผลต่างระหว่างก่อนและหลัง พบว่า Maintenance Time ลดลง 4.72 นาที (ลดลงร้อยละ 16.89) และ Parts Cost ลดลง 162.05 บาท (ลดลงร้อยละ 15.94) ในขณะที่ Downtime และ FTFR มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

ผลการทดสอบสมมติฐาน จากตารางที่ 1 พบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลส่งผลให้ Maintenance Time และ Parts Cost ก่อนและหลังการใช้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในขณะที่ Downtime และ FTFR ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากตารางที่ 2 พบว่า ปัจจัยด้านประสบการณ์การทำงานของช่างเทคนิคไม่ส่งผลให้ค่าผลต่างของตัวชี้วัดทั้ง 4 ด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากตารางที่ 3 พบว่า ปัจจัยด้านระดับการศึกษาของช่างเทคนิคก็ไม่ส่งผลให้ค่าผลต่างของตัวชี้วัดทั้ง 4 ด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน

**ตารางที่ 1** แสดงผลการทดสอบสมมติฐาน การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (Paired-Samples t-test)

| ตัวชี้วัด | Pre-test $\bar{X}$ (SD) | Post-test $\bar{X}$ (SD) | t | Sig. |
|---|---|---|---|---|
| Downtime (นาที) | 127.61 (16.20) | 127.47 (15.83) | -0.061 | .952 |
| FTFR (%) | 87.93 (4.54) | 88.52 (4.39) | 0.875 | .387 |
| Maintenance Time (นาที) | 27.93 (5.06) | 23.21 (4.34) | -7.048 | .000* |
| Parts Cost (บาท) | 1,016.73 (323.61) | 854.68 (310.45) | -3.439 | .001* |

* $p < .05$

**ตารางที่ 2** ผลการทดสอบสมมติฐาน จำแนกตามประสบการณ์การทำงาน (One-Way ANOVA)

| ตัวชี้วัด (ผลต่าง) | df | F | Sig. |
|---|---|---|---|
| Downtime (นาที) | 2 | 0.265 | .769 |
| FTFR (%) | 2 | 0.302 | .741 |
| Maintenance Time (นาที) | 2 | 0.165 | .849 |
| Parts Cost (บาท) | 2 | 0.058 | .944 |

* $p < .05$

**ตารางที่ 3** ผลการทดสอบสมมติฐาน จำแนกตามระดับการศึกษา

| ตัวชี้วัด (ผลต่าง) | df | F | Sig. |
|---|---|---|---|
| Downtime (นาที) | 2 | 0.105 | .901 |
| FTFR (%) | 2 | 0.040 | .961 |
| Maintenance Time (นาที) | 2 | 0.033 | .968 |
| Parts Cost (บาท) | 2 | 0.087 | .917 |

* $p < .05$

## สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงในระดับปฏิบัติการของบริษัทจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติ สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลส่งผลให้ Maintenance Time ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ช่างเทคนิคสามารถเข้าถึงประวัติการซ่อมแบบเรียลไทม์ ลดเวลาในการวินิจฉัยอาการเสีย โดยเฉพาะตู้ที่มีอาการเสียซ้ำ และระบบ Check-in / Check-out ที่ทำให้ช่างเทคนิคโฟกัสกับงานหน้าตู้แต่ละเครื่อง สอดคล้องกับแนวคิดของ Bokrantz et al. (2020a) ที่กล่าวว่า Wrench Time เป็นตัวชี้วัดระดับ Operations ที่ตอบสนองได้รวดเร็วที่สุดเมื่อมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์

ข้อมูลที่พบว่า Maintenance Time ลดลงจาก 27.93 นาที เหลือ 23.21 นาที (ลดลงร้อยละ 16.89) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aboshosha et al. (2023) ที่ศึกษาระบบบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ซึ่งขับเคลื่อนด้วยข้อมูลและ IoT และพบว่าช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับความเสียหายและลดเวลาการบำรุงรักษาได้อย่างมีนัยสำคัญ

2) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลส่งผลให้ Parts Cost ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัย (Diagnostic Accuracy) ก่อนหน้านี้ช่างเทคนิคมักเปลี่ยนอะไหล่หลายชิ้นในคราวเดียวเพราะไม่แน่ใจสาเหตุที่แท้จริงของอาการเสีย แพลตฟอร์มที่ให้ข้อมูลประวัติการซ่อมและรูปแบบอาการเสียที่พบบ่อยช่วยให้ช่างสามารถระบุชิ้นส่วนที่ชำรุดได้แม่นยำขึ้น ทั้งนี้ Sala et al. (2025) ซึ่งทบทวนงานวิจัยด้านการบำรุงรักษาตลอดสามทศวรรษ สรุปว่ากลยุทธ์การบำรุงรักษาได้เปลี่ยนผ่านไปสู่การใช้ข้อมูลและการจัดการความรู้เพื่อการพยากรณ์และการตัดสินใจที่แม่นยำขึ้น โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ว่าค่าอะไหล่ที่ลดลงเป็นผลจากการวินิจฉัยที่แม่นยำขึ้น มิใช่จากการเปลี่ยนแปลงความรุนแรงของอาการเสีย สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่พบว่า Parts Cost ลดลงจาก 1,016.73 บาท เหลือ 854.68 บาท (ลดลงร้อยละ 15.94)

3) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลไม่ส่งผลให้ Downtime และ FTFR แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผลนี้สะท้อนให้เห็นข้อค้นพบสำคัญที่ผู้วิจัยขอเรียกว่า "ปรากฏการณ์ประสิทธิภาพสองระดับ" (Two-Level Effectiveness) ซึ่งตัวชี้วัด Downtime และ FTFR ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายส่วนที่อยู่นอกขอบเขตการควบคุมของแพลตฟอร์ม Web Application เช่น Detection Time (ขึ้นกับเซ็นเซอร์ IoT) Travel Time (ขึ้นกับการจัดเส้นทาง) และ Parts Waiting Time (ขึ้นกับระบบโลจิสติกส์อะไหล่) จึงจำเป็นต้องอาศัยการลงทุนในเทคโนโลยีระดับที่สูงกว่า สอดคล้องกับแนวคิดของ Bokrantz et al. (2020a) ที่ได้แยกแยะระดับของ Smart Maintenance ออกเป็นหลายระดับ และระบุว่าการลด Downtime ต้องอาศัยการพัฒนาในระดับ "Architecture" และ "Strategy" ของระบบบำรุงรักษาทั้งหมด

4) ปัจจัยด้านประสบการณ์การทำงานและระดับการศึกษาของช่างเทคนิคไม่ส่งผลให้ค่าผลต่าง (Improvement) ของตัวชี้วัดประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้หลังจากควบคุมอิทธิพลของค่าก่อนการใช้เทคโนโลยีด้วย ANCOVA แล้ว ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผลดังกล่าวบ่งชี้ว่าช่างเทคนิคทุกกลุ่ม ไม่ว่าจะมีประสบการณ์หรือระดับการศึกษาแตกต่างกัน ได้รับประโยชน์จากแพลตฟอร์มในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ แพลตฟอร์มทำหน้าที่เป็นตัวยกระดับประสิทธิภาพอย่างทั่วถึง (Uniform Performance Uplift) ที่ให้คุณค่าโดยไม่ขึ้นกับภูมิหลังของผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยขอตีความผลให้รัดกุมตามหลักสถิติว่า การที่ค่าผลต่างของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันนั้น มิได้หมายความว่าช่องว่างด้านสมรรถนะระหว่างช่างใหม่และช่างอาวุโสถูกลดทอนลง (Gap Closing) เนื่องจากการลดช่องว่างทางทักษะจะต้องปรากฏในรูปของช่างที่มีประสบการณ์น้อยมีค่าผลต่างหรือพัฒนาการสูงกว่าช่างอาวุโสอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลที่พบสะท้อนว่าช่างทุกกลุ่มพัฒนาขึ้นในระดับที่ใกล้เคียงกัน (Parallel Improvement) กล่าวคือ ช่องว่างเดิมที่มีอยู่ก่อนการทดลองยังคงอยู่ในสัดส่วนเดิม ดังนั้นข้อค้นพบนี้จึงควรถูกตีความว่าเทคโนโลยีดิจิทัลให้ประโยชน์ที่เท่าเทียมและทั่วถึง (Equitable Benefit) แก่ช่างทุกระดับ มากกว่าการทำหน้าที่เป็นตัวเฉลี่ยช่องว่างทางทักษะ (Skill-Gap Equalizer) ตามที่คาดการณ์ไว้ในการทบทวนวรรณกรรม สอดคล้องบางส่วนกับแนวคิดของ Bokrantz et al. (2020b) ที่จัดให้มิติด้านทุนมนุษย์ (Human Capital) เป็นองค์ประกอบสำคัญของการบำรุงรักษาอัจฉริยะ โดยผู้วิจัยตีความว่าระบบดิจิทัลมีส่วนช่วยถ่ายโอนความรู้โดยนัย ของช่างอาวุโสให้อยู่ในรูปความรู้ที่เข้าถึงได้ ง่ายขึ้น ทั้งนี้ การจะยืนยันบทบาทการลดช่องว่างทางทักษะได้อย่างชัดเจนจำเป็นต้องอาศัยการออกแบบการวิจัยที่วัดการลู่เข้าหากันของระดับสมรรถนะหลังการทดลองโดยตรง ซึ่งเป็นข้อเสนอสำหรับการวิจัยในอนาคต

**ข้อจำกัดของการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ควรนำมาพิจารณาประกอบการตีความผล กล่าวคือ การใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งไม่มีกลุ่มควบคุม (Control Group) ทำให้ไม่สามารถตัดอิทธิพลของตัวแปรแทรกซ้อน (Confounding Variables) ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาทดลองออกได้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง 1) ปัจจัยด้าน

ฤดูกาล (Seasonality) เนื่องจากช่วงเก็บข้อมูลก่อนการใช้ (ตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ.2568) และหลังการใช้ (มกราคม-มีนาคม พ.ศ.2569) อยู่คนละฤดูกาล ซึ่งอาจส่งผลต่ออัตราการเกิดเหตุเสีย รูปแบบอาการเสีย ตลอดจนพฤติกรรมการบริโภคที่แตกต่างกันระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาว และ 2) การเปลี่ยนแปลงนโยบายหรือกระบวนการทำงานภายในองค์กรที่อาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้นค่าที่ลดลงของ Maintenance Time และ Parts Cost จึงอาจได้รับอิทธิพลบางส่วนจากปัจจัยภายนอกเหล่านี้ร่วมด้วย มิใช่ผลจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพียงลำพัง ผู้วิจัยจึงเสนอให้ตีความผลการศึกษานี้ด้วยความระมัดระวัง ทั้งนี้ ข้อจำกัดด้านการขาดกลุ่มควบคุมได้ถูกเสนอแนวทางแก้ไขไว้แล้วในข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป โดยเสนอให้ใช้การออกแบบการวิจัยแบบสองกลุ่ม (Two-Group Quasi-Experimental Design) ที่มีกลุ่มควบคุมเพื่อยืนยันผลให้หนักแน่นยิ่งขึ้น

**ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย**

จากผลการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพงานซ่อมบำรุงในระดับปฏิบัติการของบริษัทจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลมีผลต่อ Maintenance Time และ Parts Cost ของช่างเทคนิคซ่อมบำรุงภาคสนาม ดังนั้นบริษัทควรขยายผลการใช้แพลตฟอร์มไปยังช่างเทคนิคทั้งหมดในองค์กร และพิจารณาปรับ KPI ของช่างเทคนิคและทีมซ่อมบำรุง โดยเพิ่ม Maintenance Time และ Parts Cost เป็นตัวชี้วัดหลักควบคู่กับ Downtime และ FTFR เพื่อสะท้อนประสิทธิภาพในระดับปฏิบัติการที่ช่างสามารถควบคุมและพัฒนาได้โดยตรง

2) การลด Downtime และเพิ่ม FTFR จำเป็นต้องอาศัยการลงทุนในเทคโนโลยีระดับสูงกว่า บริษัทควรพิจารณาแนวทางการพัฒนาแบบ 3 ระยะ (3-Phase Roadmap) ได้แก่ ระยะที่ 1 ขยายผล Web Application พร้อมเพิ่มฟังก์ชัน Diagnostic Decision Tree และ Knowledge Base ระยะที่ 2 ลงทุนใน Internet of Things โดยติดตั้งเซ็นเซอร์บนตู้จำหน่าย พร้อมพัฒนาระบบ Auto-Generated Work Order และ Route Optimization และระยะที่ 3 พัฒนาแบบจำลอง Machine Learning เพื่อ Predictive Maintenance โดยใช้เทคนิค Random Forest หรือ Gradient Boosting

3) ปัจจัยด้านบุคลากร (ประสบการณ์และระดับการศึกษา) ไม่ส่งผลให้ประโยชน์ที่ได้รับจากแพลตฟอร์มแตกต่างกัน ดังนั้นบริษัทควรลงทุนในการอบรม Digital Skills ให้ช่างเทคนิคทุกระดับ และสามารถพิจารณารับช่างเทคนิคที่มีวุฒิการศึกษาต่ำกว่าได้ โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการ รวมถึงสร้างวัฒนธรรม Data-Driven Decision Making โดยใช้ข้อมูลจากแพลตฟอร์มเพื่อวิเคราะห์ Pattern ของอาการเสีย ตู้ที่มีปัญหาบ่อย และพื้นที่ที่มี Downtime สูง

**ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

1) ควรขยายขอบเขตการวิจัยไปยังกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้น เช่น ครอบคลุมหลายบริษัทในอุตสาหกรรมเดียวกัน เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผลการวิจัย (Generalizability) และทำการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบเพื่อค้นหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในธุรกิจประเภทเดียวกัน

2) ควรขยายระยะเวลาการเก็บข้อมูลให้ยาวขึ้น เช่น 6-12 เดือน เพื่อตรวจสอบความยั่งยืนของผลกระทบในระยะยาว และเพื่อดูว่า FTFR และ Downtime จะปรับตัวอย่างไรเมื่อช่างเทคนิคใช้แพลตฟอร์มจนชำนาญ รวมถึงเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดระดับระบบที่อาจต้องใช้เวลาในการสะสมผลกระทบ

3) ควรศึกษาผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT (ระยะที่ 2 ของ Roadmap) เป็นการวิจัยกึ่งทดลองในลักษณะเดียวกัน หรือดียิ่งกว่าคือ Two-Group Quasi-Experimental Design โดยใช้กลุ่มตู้ที่ติด IoT เป็นกลุ่มทดลอง และตู้ที่ยังไม่ติด IoT เป็นกลุ่มควบคุม เพื่อยืนยันสมมติฐานว่า IoT จะช่วยลด Downtime และเพิ่ม FTFR ได้

4) ควรทำการศึกษาด้วยวิธีเชิงคุณภาพเพิ่มเติม โดยเฉพาะการสัมภาษณ์เชิงลึกถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance) ของช่างเทคนิค ได้แก่ ความพึงพอใจในการใช้งาน (User Satisfaction) ความง่ายในการใช้งาน (Usability) และความเชื่อมั่นในระบบ (Trust in System) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์ในการออกแบบแพลตฟอร์มในระยะถัดไป

## เอกสารอ้างอิง

ณัฐพร โสรัตน์ และ อุมารินทร์ เต่าจันทร์. (2546). การบำรุงรักษาเครื่องจักรในงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

Aboshosha, A., Haggag, A., George, N., & Hamad, H. A. (2023). IoT-based data-driven predictive maintenance relying on fuzzy system and artificial neural networks. Scientific Reports, 13(1), 12186. https://doi.org/10.1038/s41598-023-38887-z

Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., Wuest, T., & Stahre, J. (2020a). Smart maintenance: An empirically grounded conceptualization. International Journal of Production Economics, 223, 107534. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107534

Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., Wuest, T., & Stahre, J. (2020b). Smart maintenance: A research agenda for industrial maintenance management. International Journal of Production Economics, 224, 107547. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107547

Creswell, J. W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.). SAGE Publications.

Fortune Business Insights. (2024). Predictive maintenance market size, share & industry analysis, 2025-2032. https://www.fortunebusinessinsights.com/predictive-maintenance-market-102104

Grand View Research. (2024). Vending Machine Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type, By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2024-2030. https://www.grandviewresearch.com

Hamasha, M. M., Albedoor, Q., Hamasha, S., Ali, H., Qamar, A., & Berrah, F. (2025). A comprehensive framework for IoT-driven predictive maintenance: Leveraging AI and edge computing for enhanced equipment reliability. Journal of Applied Engineering Science, 23(3), 471-486. https://doi.org/10.5937/jaes0-57002

Mobley, R. K. (2002). An introduction to predictive maintenance (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.

Nation Thailand. (2024). Thailand's vending machine industry surpasses 10 billion baht in 2024. https://www.nationthailand.com

Parida, A., & Kumar, U. (2006). Maintenance performance measurement (MPM): Issues and challenges. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 12(3), 239-251. https://doi.org/10.1108/13552510610685084

Roscoe, J. T. (1975). Fundamental research statistics for the behavioral sciences (2nd ed.). Holt, Rinehart and Winston.

Sala, R., Francalanza, E., & Arena, S. (2025). A review on three decades of manufacturing maintenance research: Past, present and future directions. Production & Manufacturing Research, 13(1), 2469037. https://doi.org/10.1080/21693277.2025.2469037

van Dinter, R., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2022). Predictive maintenance using digital twins: A systematic literature review. Information and Software Technology, 151, 107008. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2022.107008

Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., de Lima, M. J., da Trindade, E. S., & Li, G. P. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. Computers & Industrial Engineering, 150, 106889. https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889.

**Data Availability Statement:** The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

**Conflicts of Interest:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**Publisher's Note:** All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.




**Copyright:** © 2026 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).