การพัฒนาระบบติดตามสถานะสินค้าในกระบวนการขนส่ง จากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า

การศึกษาค้นคว้าอิสระ

ของ

วิมุตติพันธ์ พลมั่น

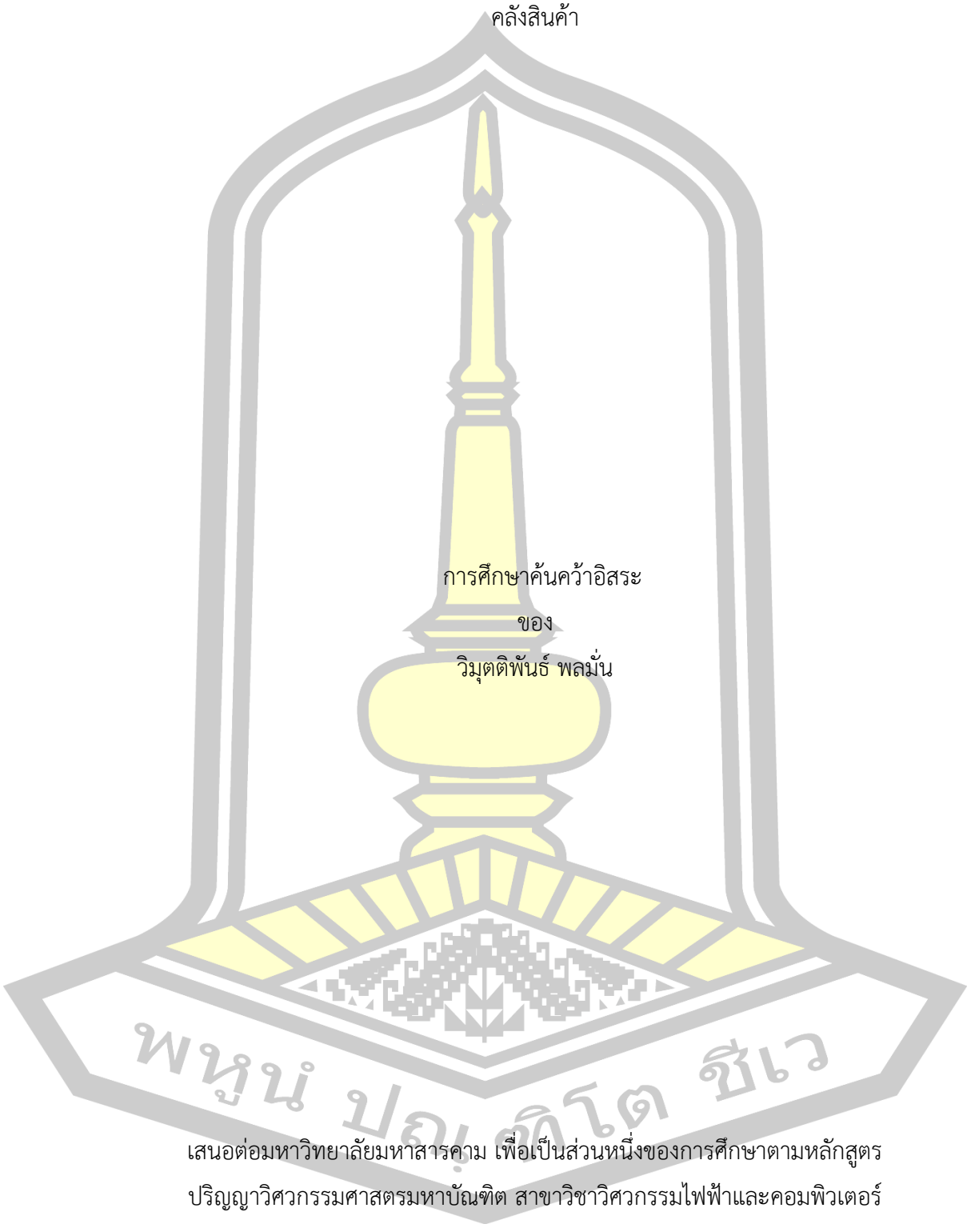
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

เมษายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาระบบติดตามสถานะสินค้าในกระบวนการขนส่ง จากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า



การศึกษาค้นคว้าอิสระ

ของ

วิมุตติพันธ์ พลมั่น

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

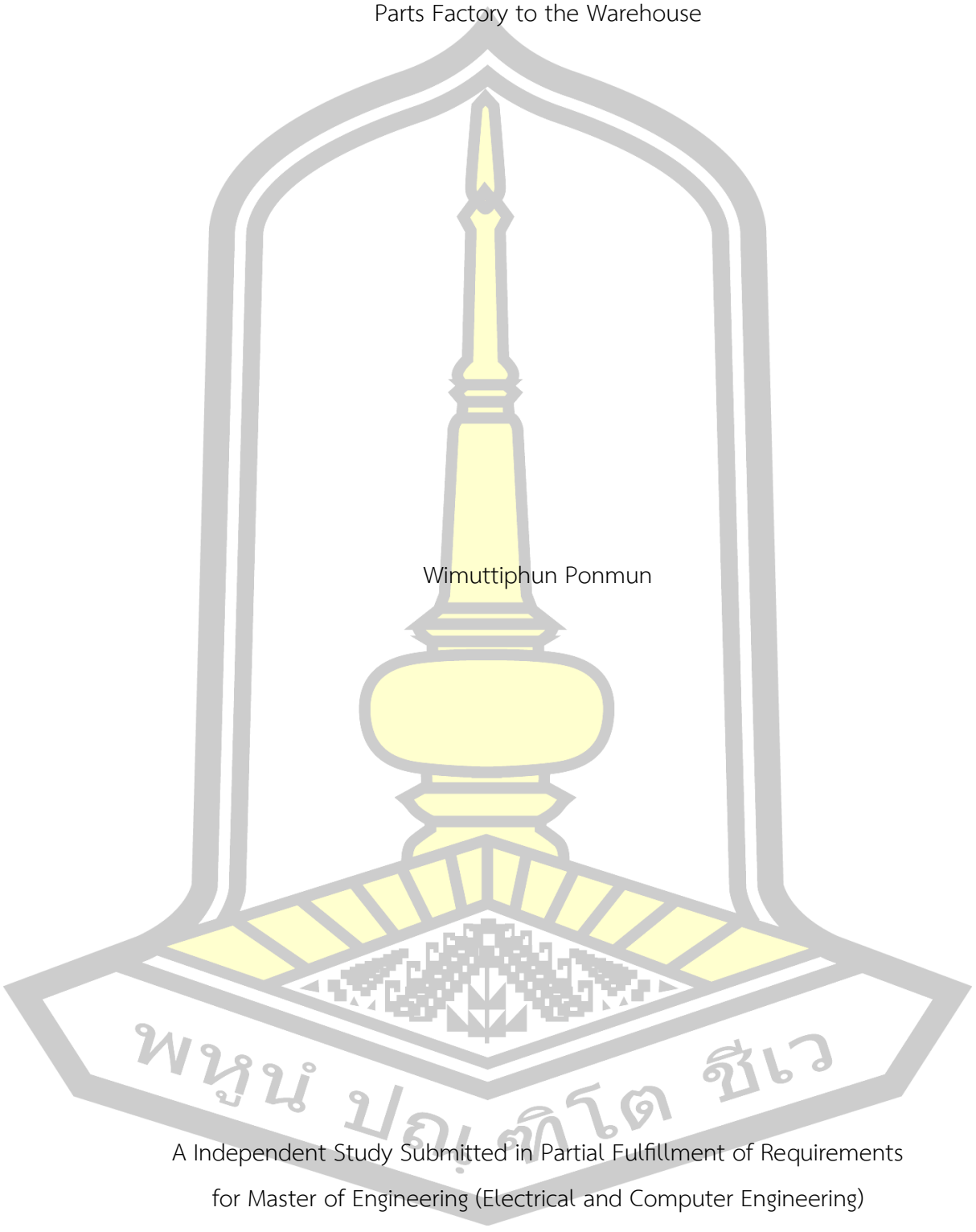
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

เมษายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Product Tracking System Development for Transportation Process from Automobile Parts Factory to the Warehouse

Wimuttiphun Ponmun



A Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Engineering (Electrical and Computer Engineering)

April 2025

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าอิสระของนาย วิมุตติพันธ์ พลมั่น แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. อดิเรก จันตะคุณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. บัญชา วัฒนะ)

.....กรรมการ
(รศ. ดร. นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ชัยยงค์ เสริมผล)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. อดิเรก จันตะคุณ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. จักรมาส เลาหวณิช)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. พลเดช เชาวรัตน์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

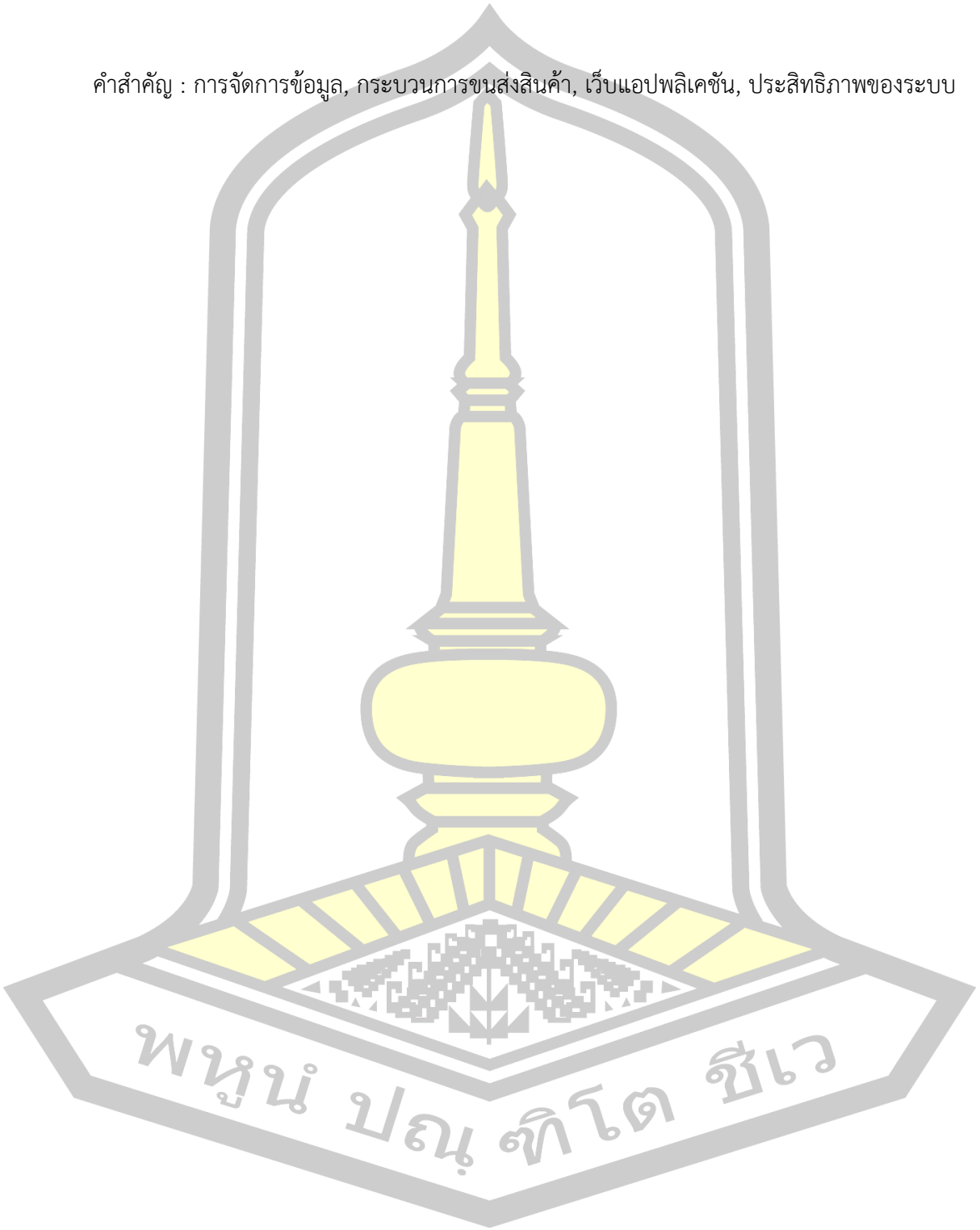
ชื่อเรื่อง การพัฒนาระบบติดตามสถานะสินค้าในกระบวนการขนส่ง จากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า
ผู้วิจัย วิมุตติพันธ์ พลมั่น
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัญชา วัฒนะ
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อออกแบบโครงสร้างการบันทึกข้อมูล (Data Structure) และโครงสร้างของระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า (Product Tracking System) ในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า ที่สามารถตรวจสอบและติดตามสินค้าได้ (2) เพื่อพัฒนาระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า ในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า และ (3) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า ที่ได้มีการพัฒนาขึ้น โดยมีการเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นจากลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จากความเกี่ยวข้องกับกระบวนการและประสบการณ์ทำงาน ดำเนินการพัฒนาระบบตามวงจรการพัฒนาซอฟต์แวร์ (SDLC) พัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยสถาปัตยกรรมแบบ Single Page Application--SPA ร่วมกับสถาปัตยกรรมแบบ Serverless มีการทดสอบระบบด้วยการทดสอบฟังก์ชัน (functional test) เพื่อตรวจสอบความสามารถของระบบ และทดสอบประสิทธิภาพของระบบ (performance test) โดยการทำ Load test Capacity test, Stress test และ Availability test ซึ่งมีการประเมินประสิทธิภาพ 3 ด้าน ได้แก่ Throughput (req/sec) Response time (ms) Resource usage โดยนำมาวิเคราะห์หากรณีที่เลวร้ายที่สุดของระบบด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ผลการวิจัยพบว่า จากการทดสอบฟังก์ชันโดยประเมินความคาดหวังต่อระบบ 15 หัวข้อใน 7 ฟังก์ชันระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตาม 15 หัวข้อประเมิน ซึ่งคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นระบบที่พัฒนาขึ้นตามวงจรการพัฒนาซอฟต์แวร์ (SDLC) จึงสามารถแก้ปัญหาด้านข้อมูล ติดตามและสอบกลับสินค้าในกระบวนการขนส่งได้จริง ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาทางด้านข้อมูลในกระบวนการได้มากกว่า 36,521.22 บาทต่อปี และช่วยลดเวลาสินค้ารอคอยการขนส่งจากระบบเดิมลง 190.41 นาทีต่อรายการ หรือคิดเป็นร้อยละ 5.98 ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการดีขึ้น นอกจากนี้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้โหลดการทำงานปัจจุบัน จากการทดสอบประสิทธิภาพซึ่งรองรับการขยายขนาดของระบบได้ 800% ก่อนจะได้รับ

ผลกระทบเรื่องประสิทธิภาพของระบบ

คำสำคัญ : การจัดการข้อมูล, กระบวนการขนส่งสินค้า, เว็บแอปพลิเคชัน, ประสิทธิภาพของระบบ



TITLE Product Tracking System Development for Transportation Process from Automobile Parts Factory to the Warehouse

AUTHOR Wimuttiphun Ponmun

ADVISORS Assistant Professor Buncha Wattana , Ph.D.

DEGREE Master of Engineering **MAJOR** Electrical and Computer Engineering

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2025

ABSTRACT

This research focuses on the development of a web application with the following objectives: (1) to design a data structure and a product tracking system for monitoring the transportation of goods from an automotive parts manufacturing plant to a warehouse, ensuring traceability and real-time tracking; (2) to develop a product tracking system that facilitates the monitoring of goods throughout the transportation process; and (3) to evaluate the system's performance by collecting and analyzing issues encountered by a selected sample group, which was chosen based on relevance to the process and work experience. The system was developed following the Software Development Life Cycle (SDLC) and was implemented as a Single Page Application (SPA) architecture combined with a Serverless architecture. Functional testing was conducted to verify the system's capabilities, while performance testing was performed through load testing, capacity testing, stress testing, and availability testing. The performance evaluation covered three key aspects: throughput (requests per second), response time (milliseconds), and resource usage. Worst-case scenarios were analyzed using the 90th and 95th percentiles. The research findings indicate that, based on functional testing, the system met all 15 evaluation criteria across seven functions, achieving 100% compliance with expectations. Therefore, the system developed using the SDLC approach effectively addresses data management issues, enhances tracking and traceability in the transportation process, reduces data-related problem-solving costs

by more than 36,521.22 THB per year, and decreases product waiting time in transit by 190.41 minutes per transaction, equivalent to a 5.98% reduction. These improvements contribute to the overall efficiency of the transportation process. Furthermore, performance testing confirmed that the system operates efficiently under the current workload and supports scalability up to 800% before experiencing performance degradation.

Keyword : data management, transportation process, web application, system performance

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์และบุคลากรทุกท่านจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้มอบความรู้และแนะแนวทางการศึกษาในการทำงานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาและบุคลากรที่เกี่ยวข้องที่ให้ความอนุเคราะห์ สนับสนุนทุนวิจัย และมอบข้อมูลที่เป็นประโยชน์ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้เข้าไปพัฒนา จนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

วิมุตติพันธ์ พลมั่น

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย 2

1.4 กรอบการวิจัย 3

1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 การขนส่งสินค้า 7

2.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกระบวนการขนส่ง 9

2.3 เว็บแอปพลิเคชัน (Web application) 10

2.3.1 ส่วนประกอบของเว็บแอปพลิเคชัน 12

2.3.2 สถาปัตยกรรมของเว็บแอปพลิเคชัน 13

2.4 การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน 14

2.4.1 วงจรการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development Life Cycle; SDLC) 15

2.4.2 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram; DFD) 16
2.4.3 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) 18
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบฐานข้อมูล 20
2.6 การทดสอบเว็บแอปพลิเคชัน 22
2.7 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 28
3.1 การศึกษากระบวนการทำงานในปัจจุบัน 29
3.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับบริษัทกรณีศึกษา 29
3.1.2 ขั้นตอนการทำงานในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า 29
3.1.3 สำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ 32
3.2 การวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการในกระบวนการขนส่งสินค้า 33
3.3 การออกแบบระบบเพื่อแก้ไขปัญหาและตอบสนองความต้องการผู้ใช้งาน 34
3.3.1 การออกแบบฟังก์ชันการทำงานหรือความสามารถของระบบ 34
3.3.2 การออกแบบระบบฐานข้อมูล 36
3.3.3 การออกแบบโครงสร้างของระบบ 40
3.4 การพัฒนาระบบตามการออกแบบ 42
3.5 การทดสอบระบบและนำไปใช้งานจริง 43
บทที่ 4 การดำเนินการทดลอง 45
4.1 ระบบติดตามสถานะสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า 45
4.1.1 ฟังก์ชันการยืนยันตัวตน 45
4.1.2 ฟังก์ชันการนำข้อมูลเข้าระบบ 46
4.1.3 ฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า 46
4.1.4 ฟังก์ชันจัดการข้อมูล 47
4.1.5 ฟังก์ชันจัดการกระบวนการขนส่ง 47

4.1.6 ฟังก์ชันส่งต่อข้อมูลและรายงาน 48
4.1.7 ฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ 48
4.1.8 ฟังก์ชันยืนยันการรับสินค้า 50
4.2 การทดสอบฟังก์ชัน (Functional test) 50
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพ (Performance test) 53
4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการ 55
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน 57
5.1 ผลการวิจัย 57
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาระบบ 59
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุง 59
บรรณานุกรม 61
ประวัติผู้เขียน 65

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แผนการดำเนินงานวิจัย 5

ตาราง 2 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของสถาปัตยกรรมเว็บแอปพลิเคชัน ระหว่าง Presentation layer กับ Business logic layer 13

ตาราง 3 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของสถาปัตยกรรมเว็บแอปพลิเคชัน โดยแบ่งตามโครงสร้างการประมวลผลฝั่ง Server (Back-end Side) 14

ตาราง 4 สัญลักษณ์ภายในแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) 17

ตาราง 5 สัญลักษณ์ภายใน Use Case Diagram 19

ตาราง 6 การแบ่งประเภทของฐานข้อมูลแบบ NoSQL 22

ตาราง 7 สรุปการทบทวนวรรณกรรม 27

ตาราง 8 ตารางสรุปปัญหาด้านข้อมูลในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า ระยะเวลา 8 เดือนย้อนหลัง 32

ตาราง 9 ตารางสรุปปัญหาจากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า 33

ตาราง 10 การทดสอบตรวจจับสินค้าที่ไม่ตรงล็อตผลิต ของฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า 52

ตาราง 11 สรุปผลการทดสอบฟังก์ชัน (Functional Test) ระบบติดตามสถานะสินค้า 52

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบงานวิจัย 3

ภาพประกอบ 2 ประเภทของระบบการขนส่ง(R.Goelgner & Ritchie, 2012) 8

ภาพประกอบ 3 ส่วนประกอบของเว็บแอปพลิเคชัน 13

ภาพประกอบ 4 Software Development Life-Cycle 16

ภาพประกอบ 5 ตัวอย่าง Use case diagram ระบบลงทะเบียน 19

ภาพประกอบ 6 Database system environment 21

ภาพประกอบ 7 การพัฒนาระบบติดตามสถานะสินค้า ตามหลัก SDLC 29

ภาพประกอบ 8 กระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า 30

ภาพประกอบ 9 Swimlane Diagram กระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า 30

ภาพประกอบ 10 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า 36

ภาพประกอบ 11 Context diagram ระบบติดตามสถานการณ์ขนส่งสินค้า 38

ภาพประกอบ 12 Data Flow Diagram Level 1 ระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า 39

ภาพประกอบ 13 E-R Diagram ระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า 40

ภาพประกอบ 14 โครงสร้างระบบติดตามสถานะสินค้า (system structure) 42

ภาพประกอบ 15 การเข้ารหัสข้อมูลและจำกัดสิทธิ์การใช้งานของระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า 42

ภาพประกอบ 16 การทดสอบประสิทธิภาพ (performance test) 44

ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างฟังก์ชันการยืนยันตัวตน 45

ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างฟังก์ชันการนำข้อมูลเข้าระบบ 46

ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า 47

ภาพประกอบ 20 ตัวอย่างฟังก์ชันจัดการข้อมูล 47

ภาพประกอบ 21 ตัวอย่างฟังก์ชันจัดการกระบวนการขนส่ง 48
ภาพประกอบ 22 ตัวอย่างฟังก์ชันส่งต่อข้อมูลและรายงาน 48
ภาพประกอบ 23 ตัวอย่างฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ 49
ภาพประกอบ 24 ตัวอย่างฟังก์ชันมอนิเตอร์ล็อตการผลิต 49
ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างฟังก์ชันมอนิเตอร์พาเลทสินค้า 49
ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างฟังก์ชันมอนิเตอร์การขนส่งสินค้า 50
ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างฟังก์ชันยืนยันการรับสินค้า 50
ภาพประกอบ 28 หน้าต่างแสดงการติดตามสถานะของสินค้าในล็อตเป้าหมาย ของฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ 51
ภาพประกอบ 29 ผลการทดสอบ Load Test ที่ 100% ของ Peak load เป็นเวลา 10 นาที 53
ภาพประกอบ 30 ผลการทดสอบ Capacity test ที่ 25% 50% 70% 100% ของ Peak load 54
ภาพประกอบ 31 ผลการทดสอบ Stress test ที่ 100% 125% 150% 200% 400% 800% 1000% ของ Peak load 55
ภาพประกอบ 32 ผลการทดสอบ Availability Test ที่ 100% ของ Peak load เป็นเวลา 120 นาที 55
ภาพประกอบ 33 กราฟ Bell Curve เปรียบเทียบการกระจายตัวของสินค้าที่รอการขนส่ง ระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่ 56

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

โลกในศตวรรษที่ 21 เกิดการเปลี่ยนแปลงจากศตวรรษก่อนหน้าเป็นอย่างมาก ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และภาคอุตสาหกรรม ในอดีตขับเคลื่อนด้วยมนุษย์เป็นหลักถูกแทนที่ด้วยการประยุกต์ใช้นวัตกรรมและข้อมูล (Phanthali, 2020) ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างองค์กรที่มีการประยุกต์และไม่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ดังนั้นองค์กรจึงต้องปรับตัวโดยการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้ในธุรกิจ เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาด (Ferràs-Hernández et al., 2017) โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการแข่งขันภายในตลาดรุนแรง การนำข้อมูลที่เกิดขึ้นมาประยุกต์ใช้ในการทำงานเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันจึงเป็นเรื่องสำคัญ ซึ่งส่งผลต่อความอยู่รอดของธุรกิจในอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูง เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาใช้งานจำเป็นต้องเริ่มจากการวางโครงสร้างในการสร้างข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล และการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบก่อน จึงจะสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาระบบการขนส่งสินค้าภายของบริษัทกรณีศึกษาในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์พบว่า ในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างสองหน่วยงานคือ ฝ่ายผลิตทำหน้าที่ผลิตและขนส่งสินค้าไปที่คลังสินค้า และ ฝ่ายคลังสินค้าสำเร็จรูปทำหน้าที่ตรวจสอบรับเข้าและจัดเก็บสินค้าเพื่อรอการจำหน่าย พบปัญหาได้แก่ การไม่สามารถติดตามสินค้าในกระบวนการที่เกิดขึ้นจริงได้ และการสอบกลับสินค้าในกระบวนการทำได้ยากโดยทั้งสองเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูล ซึ่งมีต้นเหตุจากไม่มีการวางโครงสร้างในการสร้าง จัดเก็บ และจัดการข้อมูลระหว่างหน่วยงานอย่างเป็นระบบ ทำให้เกิดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลตามมา เช่น การบันทึกข้อมูลในปัจจุบันไม่สอดคล้องกับการทำงานที่เกิดขึ้นจริง และมีเอกสารที่ใช้ในกระบวนการมากเกินความจำเป็น ซึ่งส่งผลถึงโอกาสเกิดความผิดพลาดในการขนส่งสินค้าจากข้อมูลที่ไม่เป็นระบบเพิ่มขึ้น เมื่อเกิดปัญหาในกระบวนการขนส่งจะไม่สามารถรับเข้าสินค้าได้จนกว่าปัญหาจะถูกแก้ไข ซึ่งใช้เวลาในการแก้ไขเฉลี่ย 54.76 นาทีต่อปัญหา และเกิดปัญหาเฉลี่ย 2.1 ปัญหาต่อเดือน คิดเป็นต้นทุนที่ใช้จัดการปัญหา 50,567.84 บาทต่อปี อีกทั้งยังมีค่าเสียโอกาสจากสินค้าที่พร้อมจำหน่ายได้ช้าลง ซึ่งส่งผลต่อรายได้ของธุรกิจ และในอนาคตจำนวนและความหลากหลายของสินค้าที่ผ่านกระบวนการขนส่งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดและมีต้นทุนในกระบวนการสูงขึ้นตามมา

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบบันทึกข้อมูลและติดตามสถานะการขนส่งสินค้า (Transportation tracking system) ที่ใช้ในการตรวจสอบและจัดการสินค้าในกระบวนการ เพื่อป้องกันปัญหาด้านข้อมูลและต้นทุนการจัดการที่จะเกิดเพิ่มขึ้นในอนาคต ทั้งยังช่วยสร้างมาตรฐานในการบันทึกข้อมูลภายในกระบวนการดังกล่าว ทำให้สามารถนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ในการวางแผนจัดการขนส่งสินค้าได้ โดยการนำวงจรพัฒนาระบบ (SDLC) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนา

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อออกแบบโครงสร้างการบันทึกข้อมูล (Data Structure) และโครงสร้างของระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า (Product Tracking System) ในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า ที่สามารถตรวจสอบและติดตามสินค้าได้

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า ในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า

1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพและข้อจำกัดของระบบติดตามสถานการณ์ขนส่งสินค้าที่ได้มีการพัฒนาขึ้น

1.3 ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้การศึกษาและดำเนินงานวิจัยมีความชัดเจนในการดำเนินการ ทางผู้จัดทำจึงได้กำหนดขอบเขตการดำเนินงานวิจัยดังนี้

ผู้เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า จะมีผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบประกอบไปด้วย ผู้ดูแลระบบ, เจ้าหน้าที่บรรจุสินค้าฝ่ายผลิต, ผู้ช่วยหัวหน้าหน่วยบรรจุฝ่ายผลิต, เจ้าหน้าที่ธุรการฝ่ายผลิต และเจ้าหน้าที่ธุรการฝ่ายคลังสินค้าสำเร็จรูปและจัดส่ง

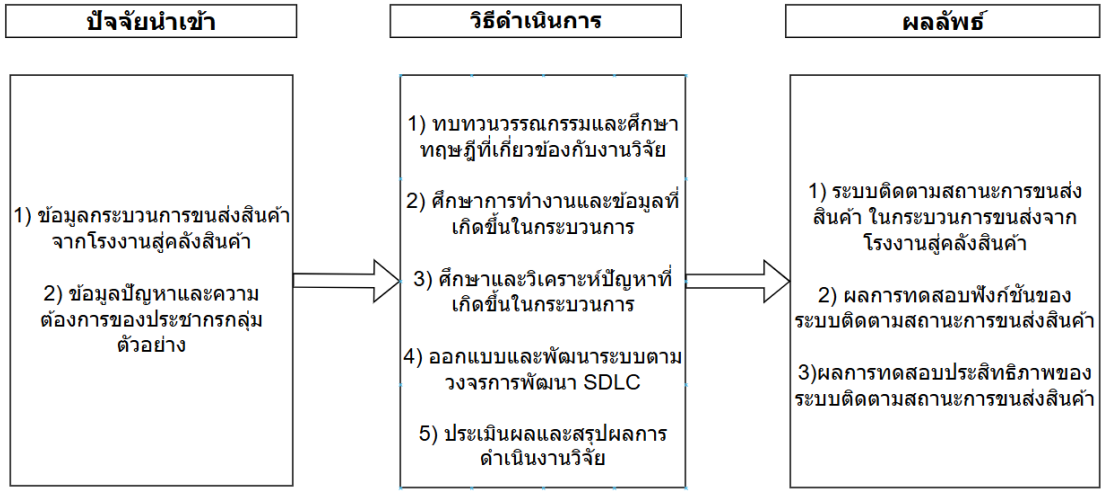
ระบบย่อยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยระบบติดตามสถานการณ์ขนส่งสินค้า (Product tracking system) ที่พัฒนาประกอบไปด้วยฟังก์ชันย่อย ได้แก่ ฟังก์ชันยืนยันตัวตน, ฟังก์ชันนำข้อมูลเข้าระบบ, ฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า, ฟังก์ชันจัดการข้อมูล, ฟังก์ชันจัดการกระบวนการขนส่ง, ฟังก์ชันส่งต่อข้อมูลและรายงาน, ฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ และฟังก์ชันยืนยันการรับสินค้า

กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ระบบติดตามสถานะสินค้าในกระบวนการขนส่ง (Product tracking system) จะคลอบคลุมขั้นตอนการบันทึกข้อมูลหลังการบรรจุสินค้าเสร็จสินเข้า

ระบบ, การจัดทำข้อมูลและเตรียมเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขนส่ง, การจัดลำดับการขนส่งสินค้า, การขนส่งสินค้า, การตรวจสอบข้อมูลก่อนนำเข้าระบบภายในคลังสินค้า และการสอบกลับรายการสินค้าที่เกิดปัญหาในกระบวนการ

1.4 กรอบการวิจัย

ในการศึกษา ออกแบบ และ พัฒนาระบบติดตามสถานะสินค้าในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า มีกระบวนหลายขั้นตอนในการพัฒนาระบบให้สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างเป็นระบบ ดังนั้นจึงได้แบ่งกรอบการดำเนินงานออกเป็นขั้นตอนย่อย ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบงานวิจัย

1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้การวิจัยสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด จึงได้ออกแบบแผนการดำเนินงานวิจัยเพื่อใช้ในการควบคุมการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.5.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบและกระบวนการเป้าหมาย เพื่อนำความรู้และหลักการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมาปรับใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสามารถแก้ไขปัญหาขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.2 ศึกษาการขั้นตอนการดำเนินงานและข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน ในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า เพื่อทำความเข้าใจภาพรวมของกระบวนการในปัจจุบัน

1.5.3 ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตสู่คลังสินค้า เพื่อให้เข้าใจกระบวนการทำงานและปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ทำให้การออกแบบระบบเพื่อแก้ไขปัญหาเป็นไปได้อย่างตรงจุดและแก้ไขถึงรากของปัญหา

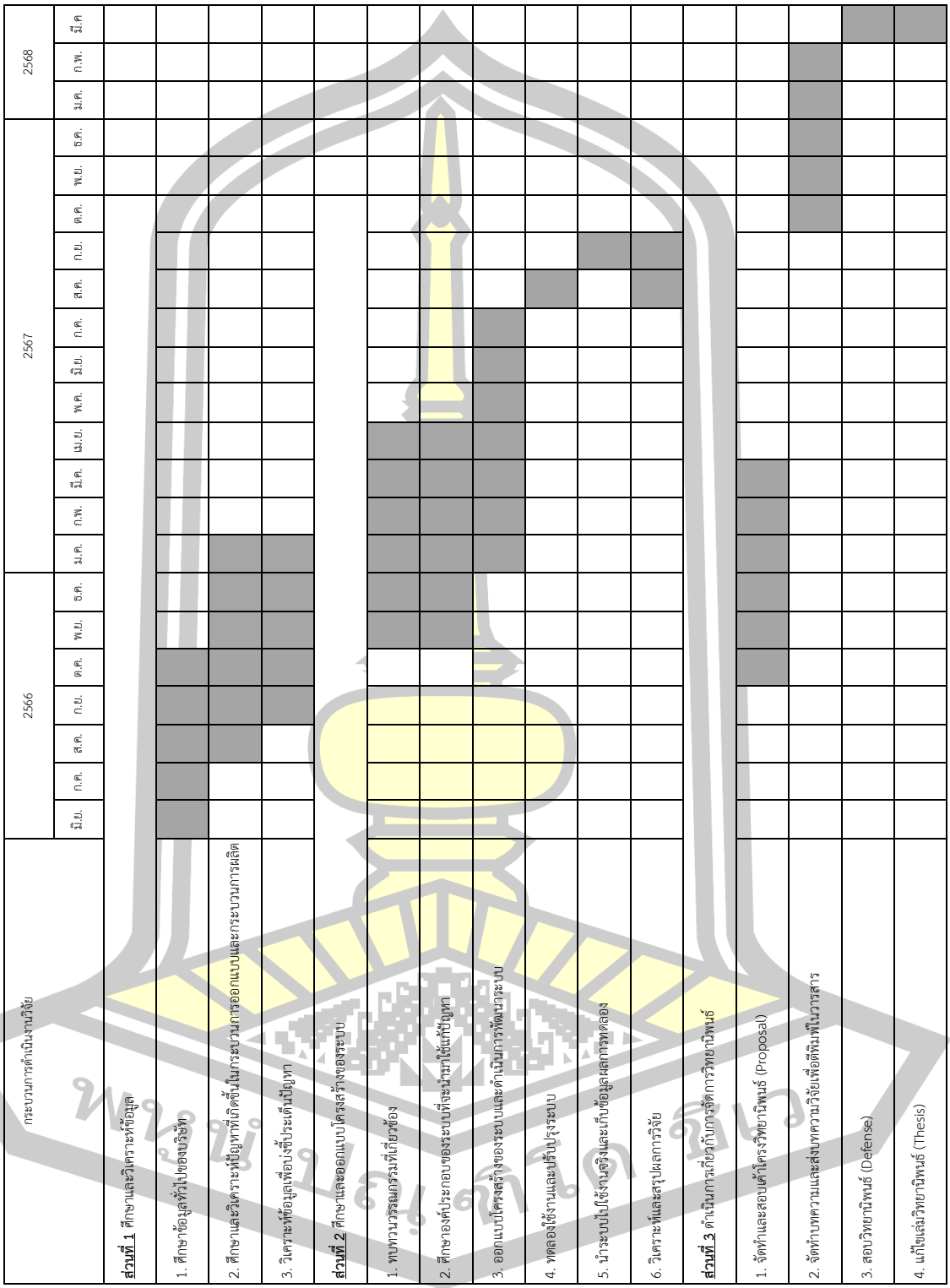
1.5.4 ออกแบบและพัฒนาระบบ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งจะต้องทำตั้งแต่การออกแบบระบบให้เหมาะสม การทดสอบประสิทธิภาพทางด้านระบบ การทดลองใช้งานระบบในสถาณการณ์จริงและปรับปรุงระบบให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.5 สรุปและประเมินผลการดำเนินงานวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ได้มีการตั้งไว้ เพื่อสรุปข้อมูลที่ได้จากการพัฒนาระบบว่าสามารถแก้ไขปัญหาได้จริงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

จากแผนการวิจัยข้างต้นสามารถนำมาจัดทำเป็นแผนการดำเนินงานวิจัยในรูปแบบตารางได้ดังตารางที่ 1

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 1 แผนการดำเนินงานวิจัย



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ลดเวลาและต้นทุนที่ใช้ในการจัดการปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลที่ในกระบวนการได้

1.6.2 สร้างมาตรฐานและการจัดการข้อมูลที่เป็นระบบ ภายในหกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า ทำให้จัดการข้อมูลได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพในการเรียกใช้งานข้อมูลภายในกระบวนการดังกล่าว

1.6.3 สามารถเฝ้าติดตามสถานการณ์การขนส่งสินค้า และสินค้าที่อยู่ระหว่างกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้าได้

1.6.4 สามารถจัดการและจัดลำดับการขนส่งสินค้าได้อย่างเป็นระบบ ทำให้สามารถลดระยะเวลารอการขนส่งของสินค้าให้เป็นมาตรฐานมากขึ้น

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบระบบตรวจสอบสถานะสินค้า ระหว่างกระบวนการขนส่งจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า การศึกษาเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎี รวมถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากต้องเข้าใจกระบวนการขนส่งสินค้า หลักการทำงานของระบบ แนวคิดในการพัฒนาระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ รวมถึงการประยุกต์ใช้งานโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถออกแบบและพัฒนาระบบได้อย่าง มีประสิทธิภาพ และสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุด โดยมีการทบทวนวรรณกรรมมาสนับสนุนงานวิจัยในหัวข้อต่อไปนี้

2.1 การขนส่งสินค้า (Transportation)

2.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกระบวนการขนส่ง

2.3 เว็บแอปพลิเคชัน (Web application)

2.3.1 โครงสร้างของเว็บแอปพลิเคชัน

2.3.2 สถาปัตยกรรมของเว็บแอปพลิเคชัน

2.4 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

2.4.1 วงจรการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development Life Cycle: SDLC)

2.4.2 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram; DFD)

2.4.3 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

2.5 ระบบฐานข้อมูล (Database System)

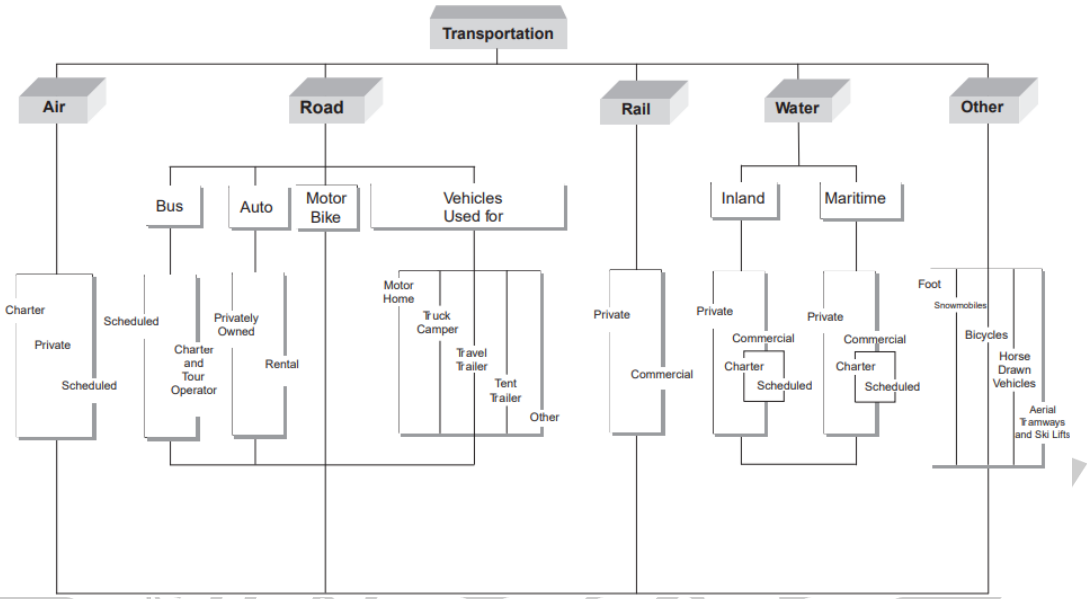
2.6 การทดสอบเว็ปแอปพลิเคชัน

2.7 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การขนส่งสินค้า

การขนส่งสินค้า (Transportation) หมายถึง การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ ชิ้นส่วน ส่วนประกอบต่างๆ งานระหว่างทำ และสินค้าสำเร็จรูป โดยเป็นการเคลื่อนย้ายไปยังกระบวนการผลิตหรือกระบวนการขั้นต่อไป เพื่อเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ไปให้ใกล้ผู้บริโภคขั้นสุดท้ายมากที่สุด โดยการขนส่งที่

ดีจะสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ซื้อได้ในเวลาที่รวดเร็ว ซึ่งจะทำให้เพิ่มความสามารถในการทำงานของห่วงโซ่อุปทานภายในองค์กรได้ดีขึ้น (อินสมตัว & กสิกิจวิวัฒน์, 2563) ทำให้องค์กรที่มีกระบวนการขนส่งที่ดีจะมีความสามารถในการตอนสนองความต้องการสินค้าของลูกค้าได้มาก ดังนั้นกระบวนการขนส่งจึงมีความสำคัญในการสร้างความสามารถทางด้านการแข่งขันในตลาดขององค์กร โดยการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ (Transportation Efficiency) จะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่ประกอบด้วย ประเภทสินค้าที่ขนส่ง เวลาที่ใช้ในการขนส่ง เส้นทางที่ใช้ ต้นทุนที่ใช้ ต้นทุนที่ใช้ต่อรอบ จากปัจจัยดังกล่าวทำให้ในการที่จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งได้ต้องคำนึงถึงเวลาและต้นทุนการขนส่งสินค้าในแต่ละรอบ ทำให้ต้องมีการติดตามตรวจสอบและจัดการการขนส่งอย่างใกล้ชิดเพื่อให้สามารถจัดการการขนส่งได้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยการขนส่งสามารถแบ่งประเภทตามช่องทางที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้าได้ 5 ประเภท (R.Goelgner & Ritchie, 2012) ได้แก่ ระบบการขนส่งทางอากาศ (Air Transportation), ระบบการขนส่งทางบก (Road or Motor Transportation), ระบบการขนส่งทางราง (Rail Transportations), ระบบการขนส่งทางน้ำ (Water Transportation) และระบบอื่น ๆ ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ประเภทของระบบการขนส่ง(R.Goelgner & Ritchie, 2012)

2.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกระบวนการขนส่ง

ในปัจจุบันการนำเทคโนโลยีมาใช้ในกระบวนการทางธุรกิจรวมไปถึงกระบวนการขนส่ง ทำให้กระบวนการทำงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลมากขึ้น โดยระบบคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทหลักในการบริหารงานทุกระดับ ซึ่งช่วยในการเชื่อมโยงและการจัดการข้อมูลสารสนเทศที่เป็นส่วนสำคัญของธุรกิจ นอกจากนี้เทคโนโลยียังมีบทบาทในการพัฒนากระบวนการผลิตและขนย้าย ทำให้สามารถสร้างความแตกต่างในการผลิตสินค้าเพื่อเพิ่มคุณค่าและลดต้นทุนผลิต ทำให้องค์กรสามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้อย่างทันท่วงที ดังนั้นการนำเอาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการขนส่งจำเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการพัฒนากระบวนการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Chuanrakthum et al., 2020; เถาชารี, 2558) โดยระบบเทคโนโลยีสารสนเทศหนึ่งที่เป็นที่นิยมในการนำมาพัฒนากระบวนการขนส่งคือ ระบบบริหารจัดการขนส่ง (Transportation Management System)

ระบบบริหารจัดการขนส่งหรือ TMS (Transportation Management System) เป็นเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยบริหารจัดการกระบวนการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำหน้าที่ในการจัดการระเบียบการทำงานและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขนส่งในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานต่อได้ง่าย (อุดมธนะธีระ, 2557) โดยประกอบไปด้วยระบบย่อยที่สำคัญดังนี้

(1) ระบบการจัดการขนส่ง คือ ระบบที่ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการขนส่งรวมถึงการวางแผนการจัดการเส้นทาง การควบคุมและการติดตามกระบวนการทำงานทั้งกระบวนการจัดส่ง ตลอดจนการจัดทำรายงาน และปรับเปลี่ยนแผนให้เหมาะสม

(2) ระบบการจัดการยานพาหนะ คือ การจัดการงานที่เกี่ยวข้องกับพาหนะที่ใช้ขนส่งทั้งหมดตั้งแต่การบริหารยานพาหนะ การจัดการน้ำมันและเชื้อเพลิง การจัดการอุบัติเหตุ การซ่อมบำรุงภายในตลอดจนการจัดการเรียกเก็บเงินเป็นต้น

(3) ระบบการจัดการพนักงาน คือ ระบบที่สามารถใช้ในการจัดการบุคลากรในกระบวนขนส่งรวมถึงการวางแผนและจัดเวลาการขนส่ง การจัดตารางการขนส่ง การสรรหาพนักงานขับรถและการกำหนดชั่วโมงทำงานของพนักงานขับรถ

(4) ระบบการออกแบบเครือข่ายการขนส่ง คือระบบที่ช่วยในการออกแบบและวางแผนการตั้งสถานที่ต่างๆเพื่อเชื่อมโยงเครือข่ายการขนส่งเข้าด้วยกันให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดตั้งแต่ต้นน้ำถึง

ปลายน้ำ เช่น การเลือกทำเลที่ตั้ง การกระจายสินค้าในระดับดีที่สุด การวางแผนกำลังการผลิตให้สอดคล้องกับการขนส่งและความต้องการ

จากระบบบริหารจัดการการขนส่งข้างต้น (TMS) (เถาชารี, 2558) สามารถนำมาปรับใช้กับกระบวนการขนส่งขององค์กรโดยเฉพาะระบบการจัดการการขนส่ง ที่ทำการจัดการสินค้าในแต่ละรอบการขนส่งและคอยตรวจสอบสถานะการทำงานในแต่ละกระบวนการเพื่อให้สามารถจัดการสินค้าที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดข้อผิดพลาดในการขนส่งสินค้าให้น้อยที่สุด

ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาขึ้นทำให้เกิดเครื่องมือทางสารสนเทศมากมากที่สามารถนำมาใช้ในการสร้างระบบบริหารจัดการการขนส่งข้างต้น (TMS) ได้ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของ Mobile Application ที่สร้างมาเพื่อทำงานกับอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือโดยเฉพาะ หรือรูปแบบของ Program Application ที่ทำงานผ่าน Operation System (OS) ของเครื่องคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะ แต่ที่ได้รับความนิยมมากกว่า คือการสร้างระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ซึ่งเป็นแอปพลเคชันที่ทำงานบนเซอร์ ไม่ได้ทำงานบนระบบปฏิบัติการ (OS) ทำให้สามารถใช้งานได้หลายอุปกรณ์ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์หรือมือถือ ทำให้เหมาะที่จะนำมาใช้ในการสร้างระบบบริหารจัดการการขนส่ง (TMS) ในรูปแบบของ เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ที่สร้างสะดวกต่อการนำไปใช้งานในหลาย ๆ ภาคส่วนที่เกี่ยวข้องได้ซึ่งอาจใช้อุปกรณ์ในการทำงานต่างกันได้ดี

2.3 เว็บแอปพลิเคชัน (Web application)

ดลธรัตน์ จูฑะมณีโรจ (จูฑะมณีโรจน์, 2021) ได้ให้ความหมายของ เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ไว้ว่าเป็น โปรแกรมประยุกต์ที่สามารถเข้าถึงได้ผ่านอินเทอร์เน็ตเบราเซอร์ (Internet Browser) โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมก่อนการใช้งาน สามารถรองรับการใช้งานได้ทุกอุปกรณ์และระบบปฏิบัติการ ทั้งในคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน รวมทั้งสามารถดึงข้อมูลที่มีการเก็บบันทึกไว้มาใช้ได้แบบทันที (Real time) ลักษณะคล้ายการทำงานของเว็บไซต์ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในการใช้ทรัพยากรในระบบปฏิบัติการ

Thomas (Thomas, 2020) ได้ให้ความหมายของ เว็บแอปพลิเคชัน ไว้ว่า เว็บแอปพลิเคชัน (Web Applications) คือระบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาข้ามแพลตฟอร์ม เช่น JavaScript, CSS และ HTML เพื่อทำให้สามารถใช้งานแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน โดยให้เว็บแอปพลิเคชันสามาถโต้ตอบระหว่างต่างอุปกรณ์ได้ ต่างจากเว็บไซต์ (Web site) ที่มักใช้ในการแสดงข้อมูลเพียงอย่างเดียว

เว็บแอปพลิเคชันยังสามารถทำงานบนอุปกรณ์ใดก็ได้ตราบเท่าที่มีการติดตั้ง เว็บเบราว์เซอร์ และเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตขณะใช้งานเบราว์เซอร์เช่น Google chrome, Safari และ Microsoft edge จะทำงานร่วมกับคำสั่งจากผู้ใช้งานป้อนเข้าระบบ เช่น การป้อนข้อความและการเลือกปุ่มคำสั่ง ทำให้เป็นระบบที่สามารถสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานได้

Sham Ambore (Ambore, 2021) ได้กล่าวถึง เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ไว้ว่าเป็นระบบที่ไม่เหมือนแอปพลิเคชันซอฟต์แวร์ (Software Application) ที่จะทำงานผ่านระบบปฏิบัติการภายในอุปกรณ์ (Operations System; OS) เนื่องจากเว็บแอปพลิเคชันเป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานบนเซิร์ฟเวอร์สองส่วนหลักคือ เซิร์ฟเวอร์ฝั่งผู้ใช้ระบบ (Client-server) จะรับคำขอของผู้ใช้และส่งต่อคำขอผ่านทางเว็บบราวเซอร์ (Web browser) และเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet) เพื่อส่งต่อคำขอรูปแบบต่าง ๆ ให้กับเซิร์ฟเวอร์ของเว็บ (Web-server) ในการประมวลผลต่อตามคำขอที่ผู้ใช้งานต้องการ จึงเป็นระบบที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้มากกว่าการให้ข้อมูล เช่น การช่วยในการคำนวณ หรือ ทำหน้าที่ค้นหาข้อมูล เป็นต้น

ฐิติรัตน์ เลิศรัศมีวงศ์ (เลิศรัศมีวงศ์, 2021) กล่าวว่า เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) หมายถึง แอปพลิเคชันหรือโปรแกรมประยุกต์ที่ดำเนินการบนเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) โดยสามารถเข้าถึงได้ด้วยอินเทอร์เน็ตเบราว์เซอร์ ซึ่งมีความสามารถในการโต้ตอบกับผู้ใช้จำนวนมากได้ทันที และทำงานโดยไม่ขึ้นกับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ จึงไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์บนเครื่องของผู้ใช้

จากความหมายข้างต้นจึงสามารถสรุปได้ว่า เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) หมายถึง โปรแกรมประยุกต์ที่สามารถเข้าถึงผ่านอินเทอร์เน็ตเบราเซอร์ (Internet Browser) โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมลงในอุปกรณ์ก่อนใช้งาน สามารถใช้งานได้ทุกอุปกรณ์และระบบปฏิบัติการ (Operations System) เนื่องจากถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาข้ามแพลตฟอร์ม สามารถดึงข้อมูลที่มีการเก็บบันทึกมาใช้ได้แบบทันที (Real time) เป็นระบบที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้มากกว่าการให้ข้อมูล โดยระบบเซิร์ฟเวอร์ของเว็บแอปพลิเคชันจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนหลังคือ Web-Server ที่ทำหน้าที่ในการประมวลผล และ Client-server ที่ทำหน้าที่แสดงผลและรับความต้องการของผู้ใช้ส่งไปให้ Web-server ผ่าน เครื่อข่ายอินเทอร์เน็ตบราว์เซอร์ (Internet Browser) (Ambore, 2021; Thomas, 2020; จูฑะมณีโรจน์, 2021; เลิศรัศมีวงศ์, 2021)

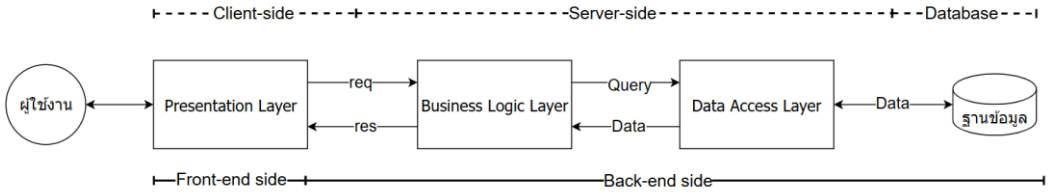
2.3.1 ส่วนประกอบของเว็บแอปพลิเคชัน

โดยการแบ่งส่วนประกอบของเว็บแอปพลิเคชันสามาถแบ่งได้จากหลายมุมมอง โดยหากแบ่งด้วยมุมมองจากผู้ใช้งานจะสามารถแบ่งเว็บแอปพลิเคชันเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ Front-end side คือส่วนที่ผู้ใช้งานมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงระหว่างใช้งาน ซึ่งจะต้องคำนึงถึงความใช้งานง่ายและเป็นมิตรกับผู้ใช้เป็นหลัก และ back-end side คือ ส่วนที่ผู้ใช้ไม่ได้มีปฏิสัมพันธ์ด้วยโดยตรง เช่น การคำนวณยอดรวม หรือ การเรียกดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเป็นต้น จึงควรคำนึงถึงความถูกต้องและความปลอดภัยของข้อมูลและการประมวลผลเป็นหลัก นอกจากนี้ (Tu, 2023) ยังได้แบ่งส่วนประกอบของเว็บแอปพลิเคชันตามหน้าที่การทำงานออกได้เป็น 3 ชั้นหลัก ได้แก่

(1) ชั้นนำเสนอ (Presentation Layer) ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้และระบบซอฟต์แวร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) และการจัดการข้อมูลที่ได้รับจากผู้ใช้ รวมถึงการส่งคำขอไปยังชั้นตรรกะธุรกิจ (Business Logic Layer) เพื่อประมวลผลต่อไป จุดมุ่งหมายของชั้นนำเสนอคือการมอบประสบการณ์การใช้งานที่เป็นมิตร ช่วยให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(2) ชั้นตรรกะธุรกิจ (Business Logic Layer) ชั้นนี้เป็นศูนย์กลางของระบบซอฟต์แวร์ โดยทำหน้าที่ประมวลผลตรรกะและกฎเกณฑ์ทางธุรกิจ ข้อมูลที่ได้รับจากชั้นนำเสนอจะถูกส่งไปยังชั้นเข้าถึงข้อมูล (Data Access Layer) เพื่อดำเนินการประมวลผล และส่งผลลัพธ์กลับมายังชั้นนำเสนอเพื่อแสดงผล การออกแบบชั้นนี้ให้มีโครงสร้างที่ดีจะช่วยให้ระบบทำงานได้อย่างถูกต้องและสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(3) ชั้นเข้าถึงข้อมูล (Data Access Layer) ชั้นนี้มีหน้าที่หลักในการจัดการการเข้าถึงแหล่งข้อมูล เช่น ฐานข้อมูล (Database) ระบบไฟล์ (File System) หรือแหล่งเก็บข้อมูลอื่น ๆ โดยรับผิดชอบการดึง (Retrieve) เขียน (Write) และอัปเดต (Update) ข้อมูล รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Data Validation) และการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security Protection) ชั้นนี้ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างระบบซอฟต์แวร์และแหล่งข้อมูล เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลที่ถูกนำมาใช้งานมีความถูกต้องและปลอดภัย โดยจากการแบ่งส่วนประกอบของเว็บแอปพลิเคชันข้างต้น สามารถสรุปดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ส่วนประกอบของเว็บแอปพลิเคชัน

2.3.2 สถาปัตยกรรมของเว็บแอปพลิเคชัน

เว็บแอปพลิเคชันสามารถแบ่งออกได้หลายเกณฑ์ โดยจากงานวิจัยของ(Andersson, 2023) ได้แบ่งสถาปัตยกรรมที่ใช้ออกแบบการสื่อสารระหว่าง Presentation layer กับ Business logic layer ของเว็บแอปพลิเคชันออกเป็น 4 ประเภทหลักได้เป็น Static Site Generation (SSG), Server-Side Rendering (SSR), Single Page Application (SPA) และ ได้แก่ Progressive Web Apps (PWA) โดยสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของสถาปัตยกรรมเว็บแอปพลิเคชัน ระหว่าง Presentation layer กับ Business logic layer

หัวข้อ	SSG	SSR	SPA	PWA
สามารถทำงานแบบออฟไลน์	X	X	X	/
สามารถแสดงผลข้อมูลที่อัพเดทแบบ Real time	X	X	/	X
สามารถโหลดครั้งแรกได้อย่างรวดเร็ว	/	/	X	/
ประสิทธิภาพการทำงานหลังโหลดสูง	/	X	/	/
สามารถใช้งาน API ร่วมกับแอปพลิคชันจากมือถือ	X	X	/	/
ความซับซ้อนในการพัฒนาต่ำ	/	X	/	X
ต้นทุนในการพัฒนา	ต่ำ	สูง	ปานกลาง	สูง

จากตาราง 2 พบว่า เมื่อจะต้องออกแบบระบบที่ให้ความสำคัญกับการแสดงผลข้อมูลแบบ Real time ประสิทธิภาพการประมวลระหว่างทำงานสูงโดยไม่มีการโหลดครั้งแรกบ่อย (Re-render) และมีข้อจำกัดในการพัฒนาทั้งจำนวนผู้พัฒนาระบบและงบประมาณที่มีอย่างจำกัด สถาปัตยกรรมที่เหมาะในการใช้พัฒนาระบบตามข้อจำกัดข้างต้นคือ Single Page Application (SPA) นอกจากการแบ่งสถาปัตยกรรมตามการสื่อสารระหว่าง Presentation layer กับ Business logic layer แล้ว (Andersson, 2023) ยังได้แบ่งประเภทของสถาปัตยกรรมของเว็บแอปพลิเคชันตามโครงสร้างของ

Back-end side หรือ Business logic layer รวมกับ Data access layer ได้เป็น Monolithic Architecture, Microservices Architecture และ Serverless Architecture โดยสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของสถาปัตยกรรมเว็บแอปพลิเคชัน โดยแบ่งตามโครงสร้างการประมวลผลฝั่ง Server (Back-end Side)

หัวข้อ	Monolithic	Serverless	Microservices
สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันเป็นอิสระจากส่วนอื่น	X	X	/
มีความยืดหยุ่นในการขยายระบบ	X	/	/
ระยะเวลาในการพัฒนาต่ำ	X	/	/
มีความง่ายและสะดวกในการบำรุงรักษา	/	/	X
ขนาดของระบบที่เหมาะสม	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง-ใหญ่	ขนาดกลาง-ใหญ่

จากข้างต้นจะเห็นว่าสถาปัตยกรรมของเว็บแอปพลิเคชันแต่ละแบบมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ซึ่งจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับระบบที่พัฒนาขั้น เพื่อป้องกันปัญหาจากข้อจำกัดของแต่ละสถาปัตยกรรมที่อาจเกิดขึ้นเมื่อใช้งานจริง หรือเมื่อต้องการขยายระบบในอนาคต จากตารางที่ 3 พบว่า หากระบบที่จะพัฒนาเลือกสถาปัตยกรรมของระบบเป็นแบบ SPA และเป็นระบบขนาดกลาง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่ต้องให้ความสำคัญคือ เวลาปิดระบบ (Down Time) ที่เมื่อระบบบางส่วนถูกปิดเพื่อปรับปรุงแล้วระบบส่วนที่เหลือจะต้องสามารถทำงานต่อไปได้พบว่า สถาปัตยกรรมฝั่ง Server side ที่เหมาะสมที่สุดคือ Microservices Architecture แต่เนื่องจากระบบที่พัฒนาในอนาคตอาจถูกเปลี่ยนรูปแบบ Database ที่ใช้ไปใช้งานระบบคลาวด์แทน จึงควรเลือก Serverless Architecture โดยใช้งานฐานข้อมูลเดียวกันทั้งระบบก่อน เมื่อมีการย้ายฐานข้อมูลไปใช้งานระบบคลาวด์จึงทำได้ง่ายกว่านอกจากนี้หากมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะ Business Layer ระบบส่วนอื่นๆ จะยังสามารถทำงานได้ จึงเหมาะมากกว่าสถาปัตยกรรมแบบ Monolithic Architecture

2.4 การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application Development) เป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนมากเนื่องจากต้องคำนึงถึงหลายสวนเพื่อให้ระบบที่ได้มีการพัฒนามาสามารถตอบสนอง

ความต้องการของผู้ใช้ให้ได้มากที่สุด ซึ่งในการออกแบบอาจจะต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น การออกแบบระบบให้สร้างประสบการณ์ผู้ใช้ที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ การเลือกใช้โครงสร้าง การจัดการข้อมูล และประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเวลาที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบระบบตัวอย่างเช่น การเลือกใช้เทคโนโลยีใหม่ที่มีประสิทธิภาพและความปลอดภัย หรือ การใช้เทคนิคใหม่ ๆ ในการพัฒนาให้เป็นมาตรกับระบบปัจจุบัน เป็นต้น

2.4.1 วงจรการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development Life Cycle; SDLC)

Software Development Life-Cycle หรือ SDLC คือขั้นตอนหรือกระบวนการทำงานระดับพื้นฐาน ที่ใช้ในการวางแผนระบบตั้งแต่เริ่มต้นถึงจบการพัฒนาระบบ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของ Front-end Back-end Database และส่วนอื่น ๆ ให้ทุกฝ่ายที่มีส่วนร่วมในระบบเห็นภาพแผนงานไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อช่วยในการพัฒนาและจัดการกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์และระบบซอฟต์แวร์ต่าง ๆ อย่างมีระเบียบและมีวิธีการที่สามารถควบคุมและดูแลรักษาโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ilayda, 2023) โดยประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนหลักดังภาพประกอบ 4

(1) การวางแผนการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Planning) จะเริ่มจาก การเก็บความต้องการ (Get Requirement) ทั้งจากลูกค้า (Customer) ผู้ใช้งาน (User) และอาจจะต้องศึกษากระบวนการทางธุรกิจ (Business Process) เพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นในการออกแบบระบบให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานจะได้มาเป็น User Requirements

(2) การวิเคราะห์โครงการ (Analysis) เมื่อได้รับความต้องการจากผู้ใช้งาน (User Requirement) แล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาความต้องการของระบบ (Technical Requirement) เพื่อกำหนดขอบเขตการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยจะต้องมีการสรุปกับผู้ใช้งานเพื่อให้เข้าใจไปในทิศทางเดียวกันเกี่ยวกับระบบที่จะพัฒนาขึ้น เมื่อสามารถสรุปขอบเขตของโครงการได้แล้วจึงจะจัดทำแผนการปฏิบัติการ (Action Plan) เพื่อกำหนดการทำงานภายใต้ระยะเวลาตามที่ได้สรุปในขอบเขตของโครงการ (Project Scope Of Work)

(3) การออกแบบระบบ (Design) จะเป็นการออกแบบรายละเอียดซอฟต์แวร์ (Software Specification) ฐานข้อมูล (Database Design) และโครงสร้างของงระบบ (System Architecture) ของระบบที่ได้มีการวางขอบเขตไว้ เพื่อให้ซอฟต์แวร์หรือระบบสามารถทำงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานซึ่งสามารถออกแบบระบบต่างได้โดยการสร้างแผนภาพที่เกี่ยวข้องเช่น Data flow Diagram, E-R Diagram, Use case Diagram เป็นต้น

(4) การพัฒนาและติดตั้งซอฟต์แวร์ (Implementation) หลังจากทำการออกแบบระบบจะเข้าสู่ขั้นตอนการพัฒนาซอฟต์แวร์ให้สามารถเป็นไปตามแบบที่ได้มีการออกแบบไว้ ให้กลายเป็นความจริง รวมทั้งสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

(5) การทดสอบและนำไปใช้งาน (Testing & Integration) หลังจากพัฒนาระบบเสร็จสิ้นขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำระบบไปใช้งานจริง ซึ่งจะต้องทำการทดสอบจนกว่าความผิดพลาดของซอฟต์แวร์จะลดน้อยมากที่สุดหรือไม่มี ก่อนจะเริ่มใช้งานระบบจริง

(6) การบำรุงรักษาซอฟต์แวร์ (Maintenance) เมื่อระบบผ่านการใช้งานไปสักระยะ ผู้ใช้งานอาจจะพบข้อผิดพลาดของระบบเพิ่มเติม หากสามารถแก้ไขได้จะดำเนินการแก้ไขระบบเดิม แต่หากไม่สามารถแก้ไขระบบเดิมเพื่อแก้ไขปัญหา จำเป็นต้องพัฒนาซอฟต์แวร์เพิ่มเติมโดยการเริ่มตั้งแต่กระบวนการแรกสุดอย่างการวางแผนและเก็บความต้องการจากลูกค้า หรือผู้ใช้งานใหม่อีกครั้ง

ภาพประกอบ 4 Software Development Life-Cycle

(ที่มา: https://www.ops.go.th/th/content_page/item/8067-is-development)

2.4.2 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram; DFD)

แผนภาพการไหลข้อมูล (Data Flow Diagram; DFD) เป็นแผนภาพที่แสดงการไหลของข้อมูลผ่านกระบวนการหรือระบบต่าง ๆ ซึ่งใช้สัญลักษณ์และเครื่องหมายเพื่อแสดงการไหลของข้อมูล การสร้าง DFD มีวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อให้สามารถมองเห็นการไหลของข้อมูลเพื่อช่วยให้ผู้พัฒนา

เข้าใจ การวิเคราะห์ และการพัฒนากระบวนการหรือระบบให้ดียิ่งขึ้น โดยใช้แผนภาพการไหลข้อมูลมีระดับความซับซ้อนต่าง ๆ ตั้งแต่ภาพรวมสูงสุด (Level 0) จนถึงภาพรายละเอียดของกระบวนการและแสดงข้อมูลภายในระบบอย่างชัดเจนและละเอียด (Level 3) โดยเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนภายใน DFD จะประกอบด้วย 4 สัญลักษณ์หลัก ได้แก่ External Entity, Process, Data store, Data flow ซึ่งจะมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันไปตามมาตรฐานที่เลือกใช้ (Chi, 2023) โดยสัญลักษณ์จะสามารถเขียนได้ดังตาราง 4

ตาราง 4 สัญลักษณ์ภายในแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram)

สัญลักษณ์	ชื่อ	คำอธิบาย
External Entity Name	บุคคลภายนอกระบบ	(External Entity หรือ Actor) คือระบบภายนอกที่ส่งหรือรับข้อมูลกับระบบที่ระดับเท่ากัน โดยอยู่นอกขอบเขตของระบบที่สนใจ
ID Process Name	กระบวนการ	คือขั้นตอนที่จะดำเนินการบางอย่างกับข้อมูล โดยรับข้อมูลเข้ามา ทำการเปลี่ยนแปลงและสร้างเอาท์พุต จะถูกเขียนเป็น Process
ID Data store Name	ฐานเก็บข้อมูล	(Data Store) ใช้แทนฐานข้อมูลภายใน DFD ซึ่งจะไม่สามารถเชื่อมกับส่วนอื่น ๆ ได้ต้องผ่าน Process ก่อนเท่านั้น
Data flow	การไหลข้อมูล	(Data Flow) คือเส้นทางที่ข้อมูลเดินทางในระบบทั้งจาก External Entities ผ่าน Process ไปยัง Data store ด้วยลูกศรและป้ายกำกับ

โดย DFD จะสามารถเขียนย่อยเพื่ออธิบายการไหลของข้อมูลได้หลายระดับ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นระดับ (Level) หลัก ๆ ได้ 4 ระดับดังนี้

Data flow Level 0 หรือ Context Diagram โดยระดับที่ 0 จะให้ความสำคัญกับกระบวนการหรือฟังก์ชันของระบบระดับสูงและแหล่งข้อมูลที่ไหลไปยังกระบวนการเหล่านั้น แผนภาพระดับ 0 ถูกออกแบบให้เป็นภาพรวมที่เข้าใจง่ายของกระบวนการหรือระบบใช้เพื่อดูภาพรวมของระบบ

Data flow Level 1 หรือ Process Decomposition จะยังคงภาพรวมของระบบหรือกระบวนการอยู่แต่จะมีการอธิบายรายละเอียดมากขึ้น โดยแยก Process ของระดับที่ 0 ออกเป็น Process ย่อย ๆ

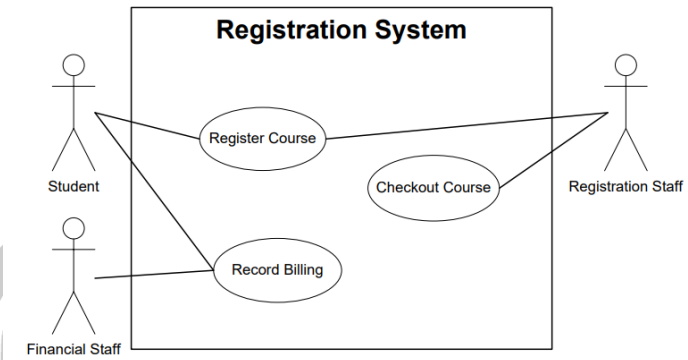
Data flow Level 2 หรือ Deeper Dives จะแสดงรายละเอียดมากขึ้นโดยการแยก Process ภายในระดับที่ 1 ออกเป็น Process ย่อย ๆ ที่ละเอียดมากกว่าระดับที่ 1 ซึ่งในระบบปกติการจัดทำ DFD ระดับที่ 2 ก็เพียงพอในการพัฒนาระบบแล้ว

Data flow Level 3 หรือ Increasing Complexity โดย DFD ระดับที่ 3 รวมถึงระดับที่มากกว่านี้นั้นมีการใช้งานที่ต่ำ เนื่องจากมีละเอียดมากเกินไปซึ่งทำให้เสี่ยงที่จะทำให้เข้าใจยากและอาจมีความผิดพลาดจากการรวมกลับไปเป็นระบบใหญ่ดังนั้นในการพัฒนาระบบปกติจึงจัดทำ DFD เพียง level ก่อนหน้า

การจัดทำ Data Flow Diagram จะมีข้อแนะนำและข้อควรระวัง คือ ในการเขียน DFD การเชื่อมต่อกันของ External Entity และ Data store ไม่ว่าจะเป็นกรณีของ External Entity ด้วยกันเอง Data store ด้วยกันเอง หรือกรณีที่ External Entity เชื่อมต่อกับ Data store จะไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้โดยตรง จะต้องมี Process ขั้นกลางเท่านั้นเนื่องจากการที่ข้อมูลจะมีการเคลื่อนไหวได้จะต้องมี Process มาคอยสั่งการเท่านั้น

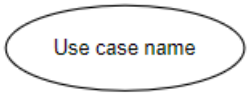
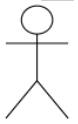
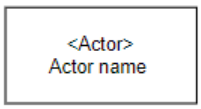
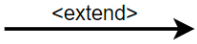
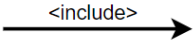
2.4.3 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

Use Case Diagram เป็นแผนภาพที่ใช้แสดงให้ทราบว่าภายในระบบประกอบไปด้วยส่วนการทำงานใดบ้าง โดยในแผนภาพมีส่วนประกอบหลัก ๆ ภายในแผนภาพได้แก่ สัญลักษณ์รูปวงรีแทน Use Case โดยจะตั้งชื่อเป็นคำกริยาเช่น ลงทะเบียนเรียน, ตรวจสอบรายวิชา เป็นต้น สัญลักษณ์รูปร่างคนจะแทน Actor สัญลักษณ์เส้นลูกศรตรง ใช้แสดงการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง Use Case และผู้ใช้งาน สัญลักษณ์เส้นแบ่งขอบเขต จะเป็นกรอบสี่เหลี่ยม (System Boundary) ใช้แบ่งขอบเขตระหว่าง Actor กับ Use Case และส่วนสุดท้ายก็คือชื่อของระบบ (System Name) ที่จะเขียนกำกับแสดงว่าระบบที่เขียนเป็นระบบอะไร (มหาวิทยาลัยมหิดล) โดยตัวอย่างของ Use case diagram ดังภาพประกอบ 5 และมีมีสัญลักษณ์ต่าง ๆ ภายในแผนภาพยูสเคส ดังตาราง 5



ภาพประกอบ 5 ตัวอย่าง Use case diagram ระบบลงทะเบียน
(ที่มา:https://www.rama.mahidol.ac.th/ramapharmacy/sites/default/files/public/pdf/Use-Case-Diagram.pdf)

ตาราง 5 สัญลักษณ์ภายใน Use Case Diagram

สัญลักษณ์	ชื่อ	คำอธิบาย
	Use Case	ฟังก์ชันการทำงานของระบบที่ผู้ใช้งานมีปฏิสัมพันธ์ด้วย
	Actor	บุคคลหรือสิ่งที่มีการกระทำกับ Use case ภายในระบบ โดยเป็นคนหรือไม่ก็ได้ ซึ่งเป็นผู้แลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารกับระบบที่จะทำการพัฒนา
		
	Relationship	เป็นเส้นที่แสดงความสัมพันธ์ที่เชื่อมต่อกันระหว่างภายในแผนภาพ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทย่อยคือ
		1. ความสัมพันธ์แบบขยาย (Extend Relationship) ใช้เพื่อบอกความสัมพันธ์ว่าฟังก์ชันหนึ่ง ถูกช่วยเหลือโดยการทำงานของฟังก์ชันอื่น โดยจะใช้ <Extend>
		2. ความสัมพันธ์แบบรวม (Include Relationship) ใช้เพื่อบอกความสัมพันธ์ว่าฟังก์ชันหนึ่งถูกอาศัยการทำงานของฟังก์ชันอื่น ๆ โดยจะใช้ <Include>

(ต่อ) ตาราง 5 สัญลักษณ์ภายใน Use Case Diagram

สัญลักษณ์	ชื่อ	คำอธิบาย
System name	System Boundary	เส้นแบ่งขอบเขตระหว่างระบบภายในและสิ่งที่อยู่นอกระบบ โดยจะใช้รูปสี่เหลี่ยมเป็นสัญลักษณ์พร้อมทั้งเขียนชื่อระบบไว้ด้านใน

โดย Use Case Diagram ถูกใช้เพื่อสื่อสารระหว่างนักวิเคราะห์ระบบกับผู้ใช้เท่านั้น ไม่ได้ใช้สื่อสารระหว่างนักวิเคราะห์ระบบกับโปรแกรมเมอร์เนื่องจากถูกออกแบบและมองจากมุมมองของผู้ใช้ระบบเป็นหลัก ดังนั้นสิ่งที่จะแสดงใน Use Case Diagram จะแสดงเพียงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับระบบเป็นหลักเพื่อแดงภาพกว้าง ๆ ของระบบมากกว่าภาพเชิงลึก โดยส่วนใหญ่ Use Case Diagram จะไม่แสดงให้เห็นถึงระดับการจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลเช่น เพิ่ม ลบ แก้ไข หรือปรับปรุงข้อมูลเป็นต้น

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบฐานข้อมูล

ข้อมูล (Data) คือ ค่าของข้อเท็จจริง (Fact) ที่สะท้อนคุณสมบัติหรือปริมาณของสิ่งที่อยู่ในโลกซึ่งที่ถูกจัดเก็บไว้ในรูปแบบที่สามารถสื่อสารได้ง่ายขึ้น เช่น รูปภาพ ตัวเลข ตัวอักษร เป็นต้น (Jain, 2023)

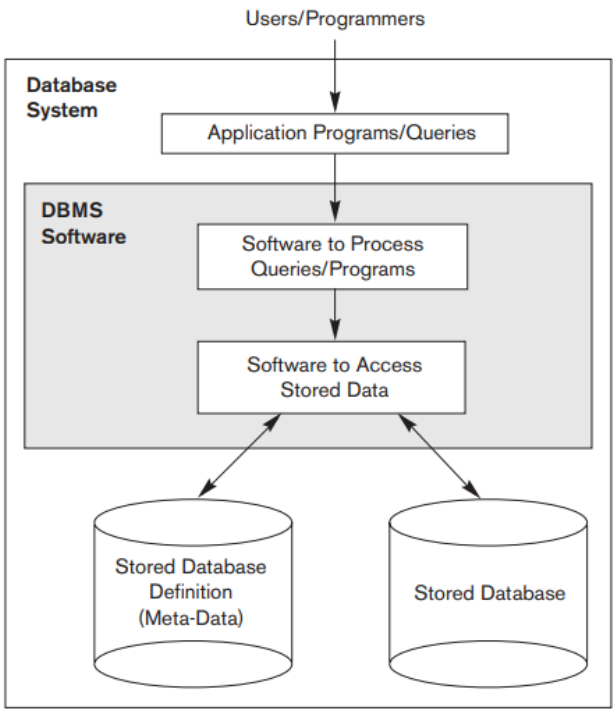
ระบบฐานข้อมูล (Database System) หมายถึง ระบบที่ทำหน้าที่ในการบริหารจัดการข้อมูลตั้งแต่รับความต้องการจากผู้ใช้งาน จัดการคำขอ ค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และแสดงผลข้อมูลที่ผู้ใช้งานต้องการ (M.Kroenke & J.Auer, 2010) ซึ่งระบบฐานข้อมูลมีส่วนประกอบดังภาพประกอบ 6

(1) User คือผู้ที่ป้อนคำสั่งเข้าระบบเพื่อเข้าถึงข้อมูลภายในฐานข้อมูลผ่าน Database application

(2) Database Application คือตัวกลางที่ทำหน้าที่รับคำสั่งเป็นภาษา SQL หรือ อื่นๆ เพื่อไปสั่งงานให้ระบบ Database management system (DBMS) ดำเนินการตามคำสั่งที่ User ต้องการ

(3) Database Management System (DBMS) คือระบบที่อยู่ระหว่าง Database application และ database ทำหน้าที่ในการค้นหา แก้ไข เปลี่ยนแปลง หรือจัดการข้อมูลใน Database ตามคำสั่งของ User

(4) Database คือส่วนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของระบบที่ได้มีการบันทึกไว้ในรูปแบบที่ได้มีการออกแบบตามจุดประสงค์ของการใช้งาน ซึ่งจะรับคำสั่งจาก DBMS ในการแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายใน database



ภาพประกอบ 6 Database system environment

(ที่มา: Fundamentals of Database Systems Seventh Edition(Navathe & Elmasri, 2007))

ประเภทของฐานข้อมูล (Type of database) โดยฐานข้อมูลสามารถแบ่งแยกย่อยออกเป็นประเภทต่างๆตามโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลซึ่งทำให้แต่ละประเภทมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน โดยชนิดที่เป็นที่นิยมในปัจจุบันได้แก่

(1) Relational Database จะเป็นการเก็บข้อมูลในรูปแบบตาราง (Table) หรือ รีเลย์ชัน (Relation) ซึ่งมีลักษณะการเก็บข้อมูลเป็น 2 มิติ ได้แก่ แถว (row) และคอลัมน์ (column) การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างตาราง จะเชื่อมโยงโดยใช้คอลัมน์ หรือ แอททริบิวต์ (attribute) ที่เหมือนกัน

ทั้งสองตารางเป็นตัวเชื่อมโยงข้อมูล ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ถูกนิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน สามารถใช้ภาษา SQL หรือ Structured query Language ในการเข้าถึงข้อมูลได้ (Navathe & Elmasri, 2007) โดยมีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น Microsoft SQL Server, MySQL, PostgreSQL เป็นต้น

(2) Non-relational database (NoSQL) เป็น Database อื่น ๆ ที่ไม่ได้เป็นแบบ Relational หรือมีความสัมพันธ์กันชัดเจนทำให้ไม่สามารถเขียนโครงสร้างออกมาในรูปแบบ Table ได้ เหมาะสำหรับการใช้งานจำพวก Big Data และ Real-time Web Application หรือการเก็บข้อมูล Media ที่มีรูปแบบของข้อมูลซับซ้อนทำให้ไม่สามารถใช้เก็บข้อมูลแบบ SQL ปกติได้ (Vettor et al., 2023) โดย NoSQL จะสามารถแบ่งตาม data model ได้เป็น 4 ประเภท ดังตาราง 6

ตาราง 6 การแบ่งประเภทของฐานข้อมูลแบบ NoSQL

Model	รายละเอียด
Document Store	ข้อมูลจะถูกจัดเก็บโดยการเรียงลำดับในรูปแบบ JSON document
Key-Value Store	ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บถูกเชื่อมโยงกับ Key ในการเข้าถึงข้อมูล
Wide-Column Store	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องถูกจัดเก็บเป็นชุดของคู่คีย์/ค่าที่ซ้อนกันภายในคอลัมน์เดียว
Graph Store	ข้อมูลถูกจัดเก็บในโครงสร้างกราฟเป็น node, edge, data properties

2.6 การทดสอบเว็ปแอปพลิเคชัน

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ สามารถแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ การทดสอบฟังก์ชัน (functional test) เพื่อทดสอบขีดความสามารถที่ระบบทำได้ การทดสอบความปลอดภัย (security test) เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบเว็บในการป้องกันการเข้าถึงที่ไม่พึงประสงค์จากผู้ใช้งานที่ไม่ได้รับอนุญาต การทดสอบการใช้งาน (usability test) เพื่อตรวจสอบการใช้งานระบบจากมุมมองผู้ใช้งาน การทดสอบประสิทธิภาพ (performance test) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบกรณีต่าง ๆ ซึ่งเป็นการทดสอบที่สำคัญในการป้องกันการล้มเหลวของระบบเมื่อเจอกับสถานการณ์ที่ไม่คาดถึง การทดสอบความเข้ากันได้ (compatibility test) เพื่อตรวจสอบว่าระบบสามารถเข้าถึงและใช้งานได้จากต่างอุปกรณ์หรือไม่ และการทดสอบโครงสร้าง (structural test) เพื่อทดสอบการไหลของข้อมูลภายในระบบซึ่งจะทำให้เห็นปัญหาคอขวดที่อาจทำให้ระบบประสิทธิภาพลดลง (Bilal Al-Ahmad, 2020)

2.7 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบระบบที่สามารถตรวจสอบติดตามสถานะการขนส่งสินค้าได้เครื่องมือที่เหมาะสมในการนำมาใช้พัฒนาและต้องมีการจัดการฐานข้อมูลภายในระบบร่วมด้วย ซึ่งได้ทำการศึกษาวิจัยและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในการสร้างระบบเพื่อจัดการข้อมูลและระบบตรวจสอบติดตามสถานะการทำงาน โดยสาระสำคัญที่สรุปได้จากการทบทวนวรรณกรรม มีรายละเอียดดังนี้

จินตนา สีหาพงษ์ และกัญชพร ศรมณี (Jintan Sehapong, 2015) ได้ทำการศึกษาพัฒนาเกี่ยวกับ ระบบการบ่งชี้รหัสเฉพาะโดยใช้ความถี่วิทยุกับการจัดการขนส่งทรงประสิทธิภาพ มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอการประยุกต์เทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identification) มาใช้ในการจัดการข้อมูลด้านการส่งมอบสินค้า โดยได้มีการนำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID เพื่อช่วยจัดการข้อมูลการส่งมอบสินค้าให้เกิดความถูกต้อง แม่นยำและทันเวลา ซึ่งการประยุกต์ใช้ดังกล่าวทำให้สามารถจัดการการรับและจัดส่ง รวมทั้งติดตามตรวจสอบสถานะและความปลอดภัยของสินค้า ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการขนส่ง ลดต้นทุนการดำเนินงานและรักษาระดับการให้บริการ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า RFID สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายประเภท เช่น ห่วงโซ่อุปทาน การคลังสินค้า การขนส่ง ฝ่ายการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ แต่การนำมาใช้งานต้องพิจารณาประโยชน์และ ข้อจำกัดของระบบไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับระบบ ค่าใช้จ่าย ผลกระทบระยะยาวต่อผู้ปฏิบัติงาน ความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้และความปลอดภัย การยอมรับเทคโนโลยีใหม่ของผู้ใช้งาน ความเพียงพอของบุคลากรด้าน IT ดังนั้น ควรศึกษาวางแผนและการให้บุคลากรส่วนงานต่าง ๆ ได้มีการเรียนรู้ เพื่อเข้าใจและนำไปใช้ในการทำงานให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กร เพราะเทคโนโลยีใหม่ที่สุดอาจไม่ใช่คำตอบของประสิทธิภาพมากที่สุด หากแต่ผู้บริหารควรเปรียบเทียบความคุ้มค่าและประโยชน์สูงสุดก่อนการตัดสินใจนำมาประยุกต์ใช้

กิตติชัย อธิกุลรัตน์ และ ศิรัตน์ แจ้งรักษ์สกุล (อธิกุลรัตน์ & แจ้งรักษ์สกุล, 2023) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาระบบสื่อสารด้านโลจิสติกส์การผลิตด้วยกูเกิลเวิร์คสเปซ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลด้านนหน่วยงานด้านการผลิตให้สามารถทราบสถานะของสินค้า เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบคือ Google work space, Google Sheet และ Google Form โดยมีขั้นตอนในการวิจัยเริ่มจากทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการพร้อมบันทึกข้อมูลของผู้ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจัดทำ Swim lane Diagram ของกระบวนการก่อนและหลังนำระบบเข้ามาใช้งาน แล้วนำมาออกแบบเป็นระบบสื่อสารด้านโลจิสติกส์การผลิตด้วยกูเกิลเวิร์คสเปซ โดยมีการ

ออกแบบ Google form เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานกรอกข้อมูลและเชื่อมข้อมูลไปยัง google sheet จากนั้นนำไปใช้งานพร้อมประเมินผลความพึงพอใจของระบบสื่อสารด้านโลจิสติกส์การผลิต ผลการดำเนินงานวิจัยพบว่า บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกข้อมูล มีระดับความพึงพอใจต่อระบบระบบสื่อสารด้านโลจิสติกส์การผลิตด้วยกูเกิลฟอร์ม ในระดับมากที่สุด โดยแบ่งเป็น 2 ด้านได้แก่ ด้านความสะดวกในการใช้งาน และ ด้านประสิทธิภาพของระบบ แต่มีปัญหาในส่วนการกรอกข้อมูลเข้าระบบโดยบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในบางครั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกรอกข้อมูลเข้าไปภายในระบบผิดพลาดทำให้ข้อมูลที่ถูกนำไปใช้งานมีความผิดพลาดตามมากจึงต้องพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนการป้องกันข้อผิดพลาดจากมนุษย์

ปิยวรรณ ปราณี (ปราณี, 2018) ได้ทำการศึกษาพัฒนาเกี่ยวกับ การออกแบบระบบเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูลลูกค้าที่ซื้อรถยนต์ใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูลลูกค้าที่ซื้อ รถยนต์ใหม่ซึ่งสามารถลดเวลา ลดขั้นตอนการท้างานซ้ำซ้อน และลดต้นทุนค่าดำเนินงาน จากวิธีการทำงานในปัจจุบันพบ ปัญหาข้อมูลล่าช้า ข้อมูลไม่ครบถ้วน และมีขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน จึงได้นำแนวความคิดเรื่อง 8 Waste, 3 GEN แผนผังก้างปลา FMEA และ Why-Why Analysis มาใช้ในการหาสาเหตุของปัญหา พบว่าสาเหตุหลักมาจากวิธีการได้มาของข้อมูลอยู่ในรูปแบบกระดาษ นำไปสู่การหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขโดยเลือกทำเป็น Web Application เนื่องจากสอดคล้องกับความต้องการของระบบและเกณฑ์ของบริษัท จึงทำการออกแบบระบบใหม่โดยการสร้างแผนผังการทำงาน (Process flow) และแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow) เพื่อจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบ มีการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) และออกแบบส่วนแสดงผล (Output Design) ซึ่งผลการออกแบบระบบได้ถูกทดสอบโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับวิธีการเดิม พบว่าได้รับข้อมูลเร็วขึ้นจากเดิมใช้เวลาเฉลี่ย 108 วันเหลือ 0 วัน หรือเป็นแบบ Realtime และได้ข้อมูลครบถ้วนมากขึ้น สามารถลดขั้นตอนการทำงานซ้ำซ้อนได้ และสามารถ ลดต้นทุนการดำเนินงานได้จากปีละ 1,440,000 บาท เหลือเพียงค่าดูแลรักษาระบบปีละ 55,000 บาท โดยมีค่าพัฒนาระบบ 450,000 บาทในปีแรก

ปราดาร์ สมสาร (สมสาร์, 2561) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ ระบบบริหารจัดการข้อมูลผู้ขาย กรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยแก้ปัญหาในการบันทึกข้อมูลของระบบเดิมให้สามารถค้นหาข้อมูลผู้ขายได้ง่ายขึ้น ลดความซ้ำซ้อนของการลงทะเบียนผู้ขายและเพื่อบันทึกข้อมูลของผู้ขายไว้อย่างเป็นระบบ วิธีการวิจัยเริ่มจากการศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ระบบเดิม พบว่าระบบเดิมจะบันทึกข้อมูลภายในโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งทำให้ยากต่อการบริหาร

จัดการข้อมูล การตรวจสอบสถานการณ์ซื้อขายและข้อมูลที่บันทึกอาจเกิดความผิดพลาด จึงทำการออกแบบระบบใหม่โดยการสร้าง Use case Diagram, Activity Diagram และ ER Diagram ของบริหารจัดการข้อมูลผู้ขายโดยใช้ภาษา PHP และระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในรูปแบบเว็บแอพพลิเคชันขึ้นมา เพื่อใช้ระบบในการจัดเก็บข้อมูลของผู้ขายไว้อย่างเป็นระบบ การอนุมัติผู้ขายแต่ละรายสามารถตรวจสอบได้ว่าผ่านการอนุมัติจากผู้มีอำนาจตัดสินใจอย่างแน่นอนและสามารถค้นหาข้อมูลของผู้ขายไปใช้การประกอบการทำงานได้ ผลการดำเนินงานวิจัยพบว่า ระบบบริหารจัดการข้อมูลผู้ขาย มีข้อมูลที่เก็บไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์และผู้ใช้สามารถนำข้อมูลในระบบไปใช้ในการทำงานได้เพื่อประกอบการตัดสินใจในการำงานของผู้ใช้ และจากการสำรวจความพึงพอใจของระบบจากผู้ซื้อจำนวน 12 คน หัวหน้างาน จำนวน 4 คน ผู้ดูแลระบบ 2 คน และผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 12 คน พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก

ภัทร ลีลาพฤทธิ์ และ นภาภรณ์ เชื้อชาติ (Pattara Leelaprute, 2018) ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่พัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ในอุตสาหกรรมแผงวงจรรวม เนื่องจากระบบการเก็บข้อมูลและวางแผนการผลิตเดิมใช้ไฟล์เอ็กซ์เซลกระจัดกระจาย ทำให้ต้องใช้เวลานานในการรวบรวมข้อมูลและคำนวณแผนการผลิต จึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบจัดการฐานนข้อมูลในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและรวมข้อมูลมาไว้ภายใต้ระบบเดียว หลังจากพัฒนาระบบใหม่ พบว่าเวลาการทำงานลดลงจาก 5 ชั่วโมงเหลือเพียง 15 นาที ซึ่งลดเวลาทำงานได้ถึง 95% และข้อมูลที่ได้มีความถูกต้อง 100%

ปิยังกู ออสุวรรณ และ สุนันท์ ธาติ(Piyunggoon Orsuwan, 2023) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการเบิกจ่ายวัสดุอุปกรณ์สำนักงานอย่างมีประสิทธิภาพและไร้กระดาษกรณีศึกษากองพันทหารม้าที่ 9 กองพลทหารราบที่ 4 เนื่องจากกระบวนการเบิกจ่ายวัสดุในปัจจุบันต้องลงบันทึกในสมุดบันทึกซึ่งมีโอกาสผิดพลาดได้ง่าย และยากต่อการตรวจสอบรายการสินค้าที่ถูกเบิกซึ่งส่งผลกระทบต่อการสรุปยอดและจัดการคลัง จากต้นเหตุดังกล่าวส่งผลให้การเบิกจ่ายไม่มีประสิทธิภาพ และเกิดค่าใช้จ่ายตามมา จึงได้มีการพัฒนาระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเบิกจ่ายวัสดุอุปกรณ์สำนักงาน โดยแก้ไขปัญหาความผิดพลาดจากการจดบันทึกข้อมูลในสมุดรายงานและความล่าช้าในการตรวจสอบสต็อกวัสดุ ก่อนการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระยะเวลาในการเบิกจ่ายวัสดุอุปกรณ์อยู่ระหว่าง 5.8 ถึง 12.3 นาทีต่อครั้ง ซึ่งเฉลี่ยใช้เวลาทั้งวันประมาณ 87 ถึง 184.5 นาที หลังจากการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน พบว่าเวลาในการเบิกจ่ายลดลงเหลือ 3 นาทีต่อครั้ง

หรือ 45 นาทีต่อวัน ลดลง 48.28% นอกจากนี้ยังประหยัดค่าใช้จ่ายจากการใช้กระดาษสมุดบันทึกได้ 1,680 บาทต่อปี

เฉียบวุฒิ รัตนวิไลสกุล, ธีระยุทธ์ เติมแต้ม, ตะวัน เข็มทอง และศุภกิจ กิจนบำรุงศักดิ์ (รัตนวิไลสกุล et al., 2021) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแบบคำร้องสำหรับนักศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการจัดการกับคำร้องของนักศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากปัญหาความล่าช้าด้านการตรวจสอบและติดตามสถานะของคำร้อง รวมทั้งปัญหาความคลาดเคลื่อนการเข้าใจด้านเอกสารของผู้ยื่นคำร้อง จึงได้ทำการออกแบบระบบขึ้นมาในรูปเว็บแอปพลิเคชันเพื่อแก้ไขปัญหาในการจัดการคำร้องของนักศึกษา ซึ่งพัฒนาโดย ลาราเวลเฟรมเวิร์ค (Laravel Framework) ซึ่งเป็น Framework ที่ใช้พัฒนาระเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP โดยโมเดล MVC (Model-Views-Controls) ซึ่งทำให้การพัฒนาระบบนั้นสะดวกมากยิ่งขึ้น และประเมินผลด้วยแบบสำรวจความพึงพอใจในการใช้งานของผู้ทดลองใช้งานจำนวน 34 คน ได้ผลสรุปแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ด้านความสวยงามและความเหมาะสมของระบบ มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดีถึงดีมาก 85.29% ระดับปานกลาง 17.65% ส่วนที่ 2 ด้านการใช้งาน มีความพึงใจโดยรวมอยู่ในระดับดีถึงดีมาก 80.15% ระดับปานกลาง 19.86% ส่วนที่ 3 ด้านความสามารถของระบบ มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดีถึงดีมาก 83.33% ระดับ ปานกลาง 14.71% และระดับพอใช้ 2.94% จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันสามารถแก้ปัญหาและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจะเห็นว่าได้มีการนำระบบที่สร้างขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการช่วยจัดการระบบและข้อมูลนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานโดยรวมได้จริง รวมทั้งสามารถติดตามและช่วยในการจัดการ การขนส่งให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งมีเทคโนโลยีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในกระบวนได้ ตัวอย่างเช่น เทคโนโลยี RFID เทคโนโลยีเว็ปแอปพลิเคชันและเทคโนโลยีโมไบด์แอปพลิเคชัน เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้งานต้องเลือกจากความเหมาะสมกับบริบทขององค์กรมากกว่าความใหม่ของเทคโนโลยีเป็นหลัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบบันทึกข้อมูลและติดตามสถานะการขนส่งสินค้าในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งช่วยสร้างมาตรฐานการบันทึกข้อมูลและใช้ข้อมูลในการวางแผนการขนส่ง รวมถึงการตรวจสอบสถานะสินค้าได้ ทั้งนี้ การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันให้มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ผู้ใช้ทำงานได้อย่างราบรื่น โดยใช้หลักการวงจรพัฒนาซอฟต์แวร์ (SDLC) เพื่อให้ขั้นตอนการพัฒนาดำเนินอย่างเป็นระบบ (Bilal Al-Ahmad, 2020) และต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเพื่อให้ทราบข้อจำกัดของระบบที่พัฒนาขึ้นและหา

แนวทางป้องกันปัญหาที่อาจทำให้ระบบทำงานผิดพลาดจนระบบล้มเหลว ซึ่งสามารถสรุปความแตกต่างของงานวิจัยก่อนหน้ากับงานวิจัย ได้ดังตาราง 7

ตาราง 7 สรุปการทบทวนวรรณกรรม

หัวข้อ	Athikulrat	Leelaprute	Pranee	Orsuwan	Somsar	Seahapong	Ratanawirigul	การวิจัยนี้
ในอุตสาหกรรมการผลิต	/	X	X	X	/	/	X	/
แก้ปัญหาด้านข้อมูล	/	/	/	/	/	/	/	/
พัฒนากระบวนการทำงาน	/	/	/	/	/	/	/	/
รูปแบบเว็ปแอปพลิเคชัน	X	/	/	/	/	X	/	/
ใช้หลักการ SDLC	X	X	X	/	/	X	X	/
มีการทดสอบประสิทธิภาพ	X	X	X	X	X	X	X	/

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้เป็นการบรรยายเกี่ยวกับวิธีการดำเนินการศึกษาในการทำงานวิจัย เริ่มจากทำการศึกษาและ วิเคราะห์ข้อมูลของกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตสู่คลังสินค้า ปัญหาที่เกิดขึ้นและเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา โดยจากการศึกษาและวิเคราะห์ได้พบปัญหาเกี่ยวกับการตรวจสอบและติดตามสถานะการทำงานของระบบควบคุมการขนส่งสินค้า ซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการทำงานที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบัน จึงได้มีการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า เพื่อให้สามารถเฝ้าติดตามสถานะการขนส่งและส่งต่อข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 5 ขั้นตอนตามวงจรการพัฒนาระบบ (Software Development Life-Cycle) (İlayda, 2023) ได้ดังนี้

3.1 การศึกษากระบวนการบันทึกข้อมูลและขนส่งสินค้าในปัจจุบัน (Planning)

3.2 การวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการในกระบวนการขนส่งสินค้า (Analysis)

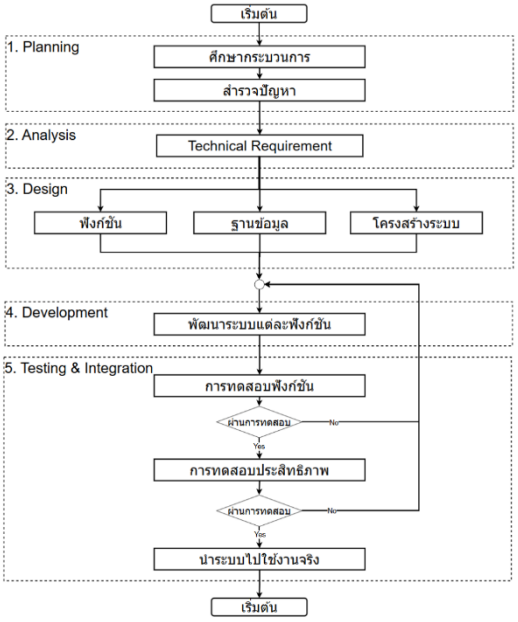
3.3 การออกแบบระบบเพื่อแก้ไขปัญหาและตอบสนองความต้องการผู้ใช้งาน (Design)

3.4 การพัฒนาระบบตามการออกแบบ (Development)

3.5 การทดสอบระบบและนำไปใช้งาน (Testing & Integration)

สามารถสรุปขั้นตอนการพัฒนาระบบตามวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) ได้ดังภาพประกอบ 7

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 7 การพัฒนาระบบติดตามสถานะสินค้า ตามหลัก SDLC

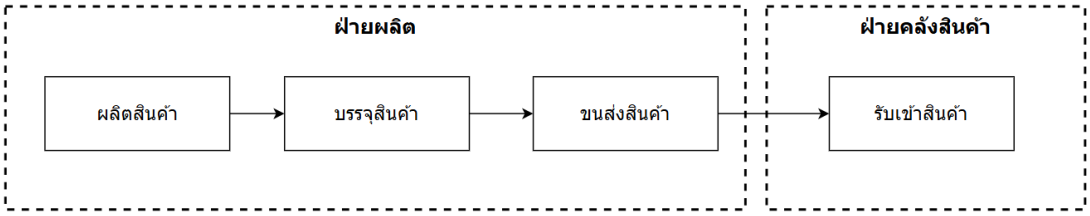
3.1 การศึกษากระบวนการทำงานในปัจจุบัน

3.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตอุปกรณ์ในระบบเบรกรถยนต์ประเภทต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่จัดจำหน่ายสินค้าในกรุงเทพและปริมณฑลเป็นหลักจึงตั้งคลังสินค้า ณ จังหวัดสมุทรสาคร เพื่อลดค่าใช้จ่ายจากการกระจายสินค้าสู่ลูกค้า โรงงานผลิตหลักตั้งอยู่ ณ จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งอยู่ห่างจากคลังสินค้าในจังหวัดสมุทรสาคร 76 กิโลเมตรโดยประมาณ ทำให้ต้องใช้เวลาในการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้าเฉลี่ย 2 ชั่วโมงต่อรอบ โดยดำเนินการขนส่ง 3 รอบขนส่งต่อวัน ดังนั้นกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้าจึงเป็นส่วนสำคัญในการส่งต่อสินค้าจากส่วนผลิตไปยังส่วนการขาย เพื่อให้พร้อมจัดจำหน่ายสินค้าได้เร็วที่สุด

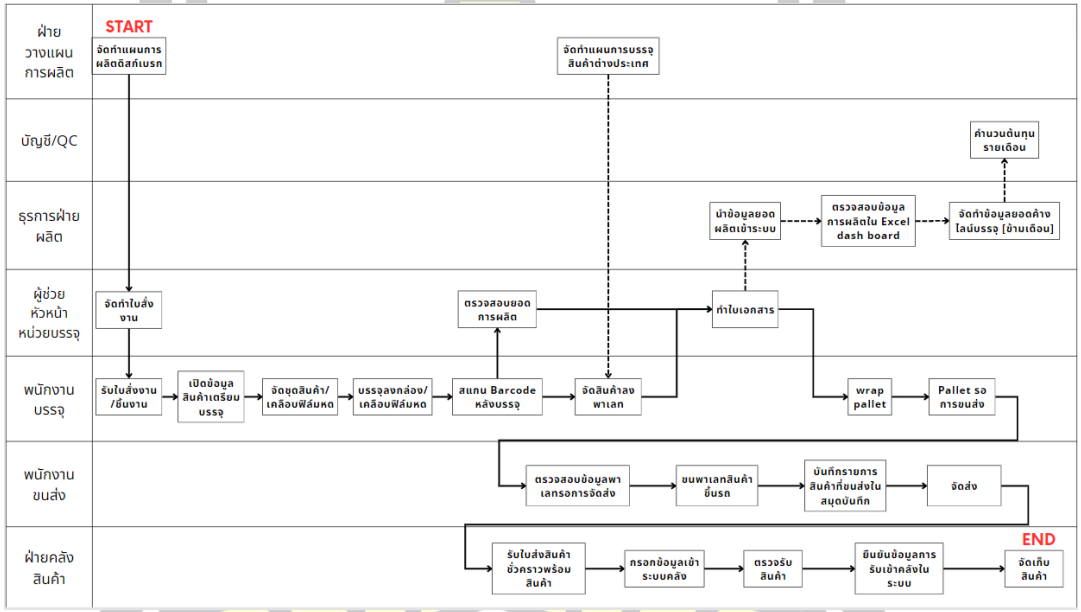
3.1.2 ขั้นตอนการทำงานในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า

กระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า เป็นกระบวนการที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างสองหน่วยงานได้แก่ ฝ่ายผลิตที่ทำหน้าที่ในการผลิตสินค้าตามคำสั่งผลิตรวมทั้งขนส่งสินค้าไปให้คลังสินค้า และ ฝ่ายคลังสินค้า ทำหน้าที่รับเข้าและจัดเก็บสินค้าหลักจากผลิตเพื่อรอจำหน่าย โดยภาพรวมของกระบวนการเป็นดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 กระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า

โดยหลังจากกระบวนการบรรจุและบันทึกข้อมูลการผลิตเสร็จ สินค้าจะถูกดำเนินการจัดการและขนส่งในลำกับถัดไป เมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงรายละเอียดการทำงานกระบวนการดังกล่าวอย่างละเอียด โดยกระบวนการขนส่งสินค้าสู่คลังสินค้าเป็นดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 Swimlane Diagram กระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า

โดยกระบวนการจะเริ่มจากหน่วยบรรจุสินค้ารับชิ้นงานพร้อมใบสั่งงานบรรจุสินค้า จากนั้นทำการจัดชุดสินค้าให้ครบตามใบสั่งงานและบรรจุลงกล่องสินค้า (Display box) ตามใบสั่งงาน ทำการเคลือบฟิล์มหดชิ้นงานและส่งคืนกล่องสินค้ากลับเข้าไลน์การบรรจุดิสก์เบรก พนักงานลำดับถัดไปทำการรับใบสั่งงานพร้อมสินค้าหลังบรรจุและบันทึกข้อมูลสินค้าด้วยเครื่องยิงบาร์โค้ด (Barcode-scanner) เพื่อตรวจสอบ lot การผลิตสินค้าตามใบสั่งงาน จากนั้นจะทำการบันทึกข้อมูลสินค้าในแต่

ละ lot การผลิตและทำการจัดสินค้าลงพาเลทต่อไป โดยจะแยกวิธีการบันทึกข้อมูลและจัดสินค้าลงพาเลทตามประเภทของสินค้าแบ่งออกเป็น สินค้าสำหรับขายในประเทศ และ สินค้าสำหรับขายต่างประเทศ

การบันทึกข้อมูลและจัดสินค้าลงพาเลทกรณีสินค้าสำหรับขายในประเทศ หลังจากสแกนใบสั่งงานเพื่อยืนยัน lot การผลิตของสินค้านั้น ๆ จะทำการสแกน Barcode บนกล่องสินค้า เพื่อยืนยันว่าสินค้าตัวดังกล่าวเป็นชนิดเดียวกันกับใบสั่งงานจริงและเพื่อนับจำนวนสินค้าที่ถูกผลิตในแต่ละ lot ด้วย หลักจากยืนยันว่าบันทึกข้อมูลสินค้าครบถ้วนตามที่สั่งมาในใบสั่งผลิตจะนำสินค้าสำหรับขายในประเทศมาจัดลงพาเลทเดียวกันทั้งหมด โดยไม่แยกใบสั่งงานเนื่องจากสินค้าที่ขายในประเทศทั้งหมดถูกนำไปแยกจัดเก็บโดยฝ่ายคลังสินค้าสำเร็จรูปจึงสามารถจัดส่งไปในพาเลทสินค้าเดียวกันได้

การบันทึกข้อมูลและจัดสินค้าลงพาเลทกรณีสินค้าประเภทดิสก์เบรกสำหรับขายต่างประเทศทำการสแกนใบสั่งงานผลิตเพื่อตรวจสอบชนิดสินค้าด้วยเครื่องยิงบาร์โค้ด พนักงานบรรจุจะทำการตรวจนับสินค้าด้วยตนเองเพราะไม่สามารถทำการสแกนบาร์โค้ดกล่องสินค้าได้ เนื่องจากลูกค้าบางรายไม่อนุญาตให้มีการติดสติ๊กเกอร์บนกล่องสินค้าจึงไม่สามารถสแกนเพื่อนนับจำนวนรายชิ้นได้ เพื่อสร้างมาตรฐานการทำงานให้เป็นรูปแบบเดียวกัน จึงตกลงให้กรณีที่เป็นสินค้าต่างประเทศไม่ต้องสแกนบาร์โค้ดบนกล่องสินค้า จึงทำให้พนักงานที่ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลต้องนับจำนวนสินค้าด้วยตัวเองและกรอกยอดที่นับได้ในระบบ จากนั้นจะนำสินค้าไปจัดใส่กล่องนอกเพื่อใช้ในการขนและทำการจัดเรียงสินค้าลงพาเลทตาม แผนการบรรจุสินค้า (Packing list) ที่ได้รับจากฝ่ายวางแผนการผลิต

หลังจากบรรจุสินค้าลงพาเลทเสร็จสิ้นข้อมูลในระบบที่ถูกบันทึกโดยพนักงานจะนำมาจัดทำเป็นข้อมูลสองส่วนในฐานข้อมูลเดียวกันด้วย Microsoft Excel โดยข้อมูลที่จัดทำจากฐานข้อมูลชุดเดียวกันได้แก่ ใบรายงานยอดการผลิตในกระบวนการบรรจุเป็นรายกะเพื่อนำส่งธุรการฝ่ายผลิตใช้การตรวจสอบยอดต่อไป และข้อมูลสินค้าในแต่ละพาเลทหากถูกผลิตเต็มและพร้อมขนส่งในกะนั้น ๆ จะถูกจัดทำใบส่งสินค้าชั่วคราวเพื่อใช้ชี้บ่งสินค้าในกระบวนการขนส่ง แต่กรณีที่สินค้าในพาเลทไม่ถูกบรรจุได้เต็มจะจัดทำใบชี้บ่งสินค้าเท่าที่มีการผลิตในกะนั้น ๆ เพื่อเป็นการตัดยอดการผลิตในแต่ละกะทำให้ในหนึ่งพาเลทหากถูกผลิตหลายกะจะมีหลายใบส่งสินค้าชั่วคราว

หลังการตรวจสอบและจัดทำข้อมูล สินค้าที่พร้อมทำการขนส่งจะถูกพนักงานขนส่งตรวจสอบในแต่ละพาเลทที่รอการขนส่งว่าเอกสารที่ใช้ชี้บ่งในแต่ละพาเลทครบถ้วนหรือไม่ และผ่าน

การตรวจสอบขั้นสุดท้ายจากฝ่ายผลิตแล้วหรือไม่ หากครบถ้วนทั้งสองเงื่อนไขพาเลทที่สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายไปขึ้นรถบรรทุกมากที่สุดจะถูกยกก่อนและทำการขนสินค้าจากโรงงานไปที่คลังสินค้าต่อไป

เมื่อคลังสินค้าได้รับสินค้าที่ถูกขนส่งในแต่ละรอบพร้อมเอกสารใบขนส่งสินค้าชั่วคราวจะทำการกรอกข้อมูลสินค้าในแต่ละรอบการขนส่งนั้น ๆ เข้าสู่ระบบภายในฝ่ายคลังสินค้า และจะดำเนินการจัดทำเลขที่ใช้ในการชี้บ่งสินค้าในคลังก่อนดำเนินการรับเข้าสินค้าโดยการแกะสินค้ากรณีขายในประเทศออกจากพาเลทแยกไว้ตามชนิดสินค้าเพื่อให้สะดวกต่อการรับเข้า จากนั้นทำการสแกนบาร์โค้ดกล่องสินค้าเพื่อตรวจสอบจำนวนสินค้าแต่ละชนิดที่มากับการขนส่งแต่ละรอบ เมื่อตรวจสอบแล้วว่าสินค้าครบถ้วนจะทำการยืนยันรับเข้าสินค้าในระบบคลังสินค้า แต่หากสินค้าไม่ครบและทำการตรวจสอบดีแล้วว่าคลังสินค้าตรวจสอบจำนวนถูกต้องจะทำการติดต่อกลับไปที่ธุรการฝ่ายผลิต เพื่อให้ดำเนินการตรวจสอบรายการที่มีปัญหาตั้งแต่กระบวนการบรรจุจนถึงกระบวนการขนส่งเพื่อแก้ไขปัญหาต่อไป

3.1.3 สำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

มีการสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการด้วย 2 วิธี ได้แก่

(1) ทำการตรวจสอบข้อมูลปัญหาที่เคยเกิดขึ้นในกระบวนการย้อนหลังระหว่าง เดือนมิถุนายน 2566 ถึง เดือนมกราคม 2567 เป็นระยะเวลา 8 เดือน ซึ่งสามารถสรุปปัญหาที่พบได้ดังตาราง 8

ตาราง 8 ตารางสรุปปัญหาด้านข้อมูลในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า ระยะเวลา 8 เดือนย้อนหลัง

หัวข้อปัญหา	จำนวนที่เกิด (ครั้ง)
ข้อมูลถูกส่งไม่ตรงกับจำนวนที่สินค้าที่ขนส่งจริง	7
ข้อมูลอยู่ในรูปแบบที่ไม่ถูกต้องทำให้ไม่สามารถใช้งานได้	6
เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานล้มเหลวทำให้กระทบกระบวนการ	3
ข้อมูลสินค้าที่ถูกยกเลิกไม่ถูกนำออกจากการดำเนินงาน	1

(2) ทำการสัมภาษณ์พนักงานในกระบวนการโดยตรงในรูปแบบการสัมภาษณ์ด้วยคำถามปลายเปิดเพื่อรับทราบปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตาราง 9 โดยมีผู้เกี่ยวข้องกับกระบวนการได้แก่ User 1 คือ เจ้าหน้าที่บรรจุสินค้า User 2 คือ

หัวหน้าหน่วยบรรจุสินค้า User 3 คือ เจ้าหน้าที่ขนส่ง User 4 คือเจ้าหน้าที่ธุรการฝ่ายผลิต และ User 5 คือ เจ้าหน้าที่ธุรการฝ่ายคลังสินค้า

ตาราง 9 ตารางสรุปปัญหาจากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า

หัวข้อปัญหา	User 1	User 2	User 3	User 4	User 5
ข้อมูลที่ซับซ้อนและไม่ชัดเจนทำให้เกิดการทำงานผิดพลาด	/	/	/	/	/
ข้อมูลที่ซับซ้อนและไม่ชัดเจนทำให้ภาระงานเพิ่มขึ้น		/		/	/
ไม่ได้รับข้อมูลที่ต้องการใช้งาน				/	/

3.2 การวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการในกระบวนการขนส่งสินค้า

จากตาราง 8 ที่บ่งบอกปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนและลองวิเคราะห์ถึงสาเหตุการเกิดพบว่าปัญหาข้อมูลไม่ตรงกับสินค้าที่ขนส่งจริง และปัญหาข้อมูลสินค้าที่ถูกยกเลิกไม่ถูกนำออกจากการดำเนินงาน มีสาเหตุมาจากเจ้าหน้าที่ในกระบวนการ ซึ่งเป็น Error Human ที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการใช้มนุษย์ทำงาน ซึ่งเมื่อมนุษย์จัดการข้อมูลผิดพลาดประกอบกับไม่มีระบบกลางที่ช่วยแจ้งเตือนและจัดการข้อมูลในกรณีที่มนุษย์ทำงานผิดพลาดจึงทำให้เกิดปัญหาขึ้น ในส่วนปัญหา ข้อมูลอยู่ในรูปแบบที่ไม่ถูกต้องทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ และ เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานล้มเหลวทำให้กระทบกระบวนการ มีสาเหตุมาจากภายนอก คือเมื่อข้อมูลที่เป็นต้นทางจากกระบวนการอื่นเกิดการเปลี่ยนแปลง หรืออยู่ในรูปแบบที่ภายในไม่รองรับ จะส่งผลให้การทำงานของกระบวนการล้มเหลวได้ ซึ่งสามารถป้องกันได้ด้วยจำกัดช่องทางและตรวจสอบข้อมูลที่เข้ามาสู่กระบวนการอย่างเป็นระบบซึ่งปัจจุบันยังไม่มี จากการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง สามารถสรุปเป็นความต้องการที่ระบบต้องทำได้ได้แก่

1) ระบบที่คอยควบคุมทั้งกระบวนการไว้ภายใต้ระบบเดียว ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่คอยตรวจสอบ และส่งต่อข้อมูลระหว่างภายในสู่ภายนอกกระบวนการ

2) ระบบสามารถตรวจจับและป้องกันข้อผิดพลาดจากมนุษย์ที่จะถูกนำเข้าระบบได้

3) ระบบสามารถตรวจสอบติดตามและแจ้งเตือนเมื่อมนุษย์ทำงานผิดพลาด

4) ระบบสามารถบันทึกประวัติการทำธุรกรรมต่าง ๆ ไว้สอบกลับกรณีเกิดปัญหาขึ้นในกระบวนการ

จากตาราง 9 ที่เป็นข้อมูลปัญหาที่ได้จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ในกระบวนการโดยตรง ซึ่งพบว่าเจ้าหน้าที่ทุกตำแหน่งต้องเผชิญกับปัญหาข้อมูลที่ซับซ้อน มีปริมาณมาก และขาดความชัดเจน ทำให้มีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดในการทำงาน และเจ้าหน้าที่มากกว่าครึ่งต้องรับภาระงานเพิ่มขึ้นจากการจัดการข้อมูล นอกจากนี้เจ้าหน้าที่ 2 ใน 5 ตำแหน่งไม่ได้รับข้อมูลสำคัญที่จำเป็นต้องใช้ จากการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้จากการสัมภาษณ์ สามารถสรุปเป็นความต้องการที่ระบบต้องทำได้ ได้แก่

5) ระบบมีเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นต่อการทำงานของกระบวนการ

6) สร้างการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ

7) สร้างโครงสร้างข้อมูลที่ชัดเจน

3.3 การออกแบบระบบเพื่อแก้ไขปัญหาและตอบสนองความต้องการผู้ใช้งาน

จากการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงและปัญหาที่ได้จากการสัมภาษณ์ จนสามารถสรุปเป็นข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Requirement) ได้จะถูกนำมาตั้งต้นเพื่อออกแบบระบบให้สามารถแก้ปัญหาของกระบวนการได้ โดยมีการออกแบบระบบ 3 ส่วน ได้แก่ การออกแบบฟังก์ชันการทำงานของระบบ ให้สามารถป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้นตามจริงได้ การออกแบบระบบฐานข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาที่เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานพบเนื่องจากทั้งหมดเกิดจากการจัดการข้อมูลไม่เป็นระบบและขาดความชัดเจนในการจัดการข้อมูล และการออกแบบโครงสร้างของระบบ ให้รองรับการทำงานและความต้องการของระบบอย่างมีประสิทธิภาพ

3.3.1 การออกแบบฟังก์ชันการทำงานหรือความสามารถของระบบ

จากการศึกษาปัญหาและความต้องการภายในกระบวนการของผู้ที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปเป็น ระบบที่ต้องพัฒนาและความสามารถในการทำงานหรือฟังก์ชันการทำงานของระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า (Product tracking system) ได้ดังนี้

(1) ฟังก์ชันการยืนยันตัวตน เป็นฟังก์ชันที่ผู้ใช้งานต้องทำการเข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน ทุกครั้งก่อนเข้าใช้งานเพื่อป้องกันผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องบันทึกข้อมูลเข้าระบบ

(2) ฟังก์ชันการนำข้อมูลเข้าระบบ จะต้องสามารถนำเข้าและแก้ไขข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบรรจุได้ เช่น ข้อมูลประเภทสินค้า, จำนวนสินค้า, Lot การผลิต, วันเวลาในการบรรจุ เป็นต้น และมีการตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งต้องสามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่มีการนำเข้าระบบได้ อย่าง การตรวจสอบ Lot การผลิต, ชื่อสินค้า, จำนวนสินค้า เปรียบเทียบกับข้อมูลแผนการสั่งผลิต หากผิดพลาดต้องทำการแก้ไขก่อน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและป้องกันความผิดพลาดก่อนทำการบันทึกข้อมูลเข้าระบบ

(3) ฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า ระบบจะต้องสามารถตรวจสอบการบันทึกและส่งข้อมูลหลังผ่านการตรวจสอบไปเก็บบันทึกภายฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้องเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

(4) ฟังก์ชันจัดการข้อมูลการบรรจุสินค้า ให้สิทธิ์ในการตรวจสอบข้อมูลสินค้าหลังจากการบรรจุเพื่อยืนยันปิดยอดการบรรจุสินค้าลงในแต่ละพาเลทของระดับหัวหน้าหน่วยและผู้ช่วยหัวหน้าหน่วย นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลออกจากระบบเข้าไปเก็บภายในระบบบันทึกข้อมูลยอดการผลิตเดิม เพื่อจัดทำเอกสารส่งฝ่ายผลิตต่อไป และมีส่วนที่ใช้จัดการกับข้อมูลที่ถูกบันทึก ที่ให้ผู้ดูแลสามารถเข้าไปเพิ่มข้อมูล, แก้ไขข้อมูล, ลบข้อมูล และตรวจสอบประวัติการเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้

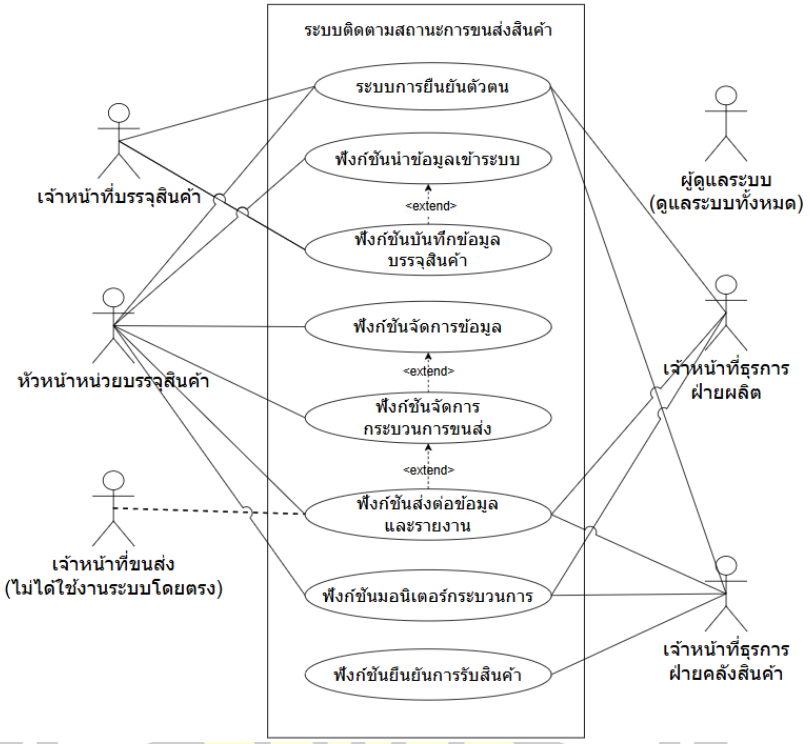
(5) ฟังก์ชันจัดลำดับการขนส่ง ให้ระดับหัวหน้าหน่วยหรือผู้ช่วยหัวหน้าหน่วยสามารถจัดลำดับการขนส่งได้ โดยมีตัวช่วยเหลือในการจัดการขนส่งโดยเรียงลำดับพาเลทที่ต้องขนส่งสินค้าและสามารถปรับแก้แผนการขนส่งได้ และสามารถตรวจสอบความถูกต้องของแผนขนส่ง ทำหน้าที่ยืนยันความถูกต้องของแผนการขนส่งเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดจากมนุษย์

(6) ฟังก์ชันส่งต่อข้อมูลแลรายงาน เป็นฟังก์ชันที่สามารถส่งข้อมูลสินค้าที่อยู่ในกระบวนการขนส่งออกไปให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งอยู่ในรูปแบบดิจิตอลและกระดาษเพื่อใช้ในการชี้บ่งพาเลทและสินค้าในแต่ละพาเลท ซึ่งรวมถึงการสร้างเอกสารบ่งชี้สินค้าในพาเลท หลังจากการบรรจุสินค้าเต็มพาเลทซึ่งมีเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้

(7) ฟังก์ชันยืนยันการรับเข้าสินค้า ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ให้ฝ่ายคลังสินค้าใช้งานเพื่อยืนยันการรับเข้าสินค้าจากกระบวนการขนส่ง และรายงานปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบการขนส่ง ซึ่งช่วยเชื่อมรอยต่อระหว่างสองหน่วยงานในกระบวนการไว้ภายใต้ระบบเดียวกัน ซึ่งช่วยแก้ปัญหาข้อมูลที่คลาดเคลื่อนกันได้

(8) ฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่แสดงสถานะการดำเนินงานภายในกระบวนการ สถานะของสินค้า สถานะของพาเลทสินค้า และสถานะของการขนส่ง ซึ่งช่วยให้สามารถติดตามส่วนที่มีปัญหาได้ภายใต้ระบบเดียว

จากการออกแบบฟังก์ชันที่จำเป็นต้องมีภายในระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า (Product tracking system) สามารถนำมาจัดทำ Use case diagram เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของฟังก์ชันในระบบและผู้ที่เกี่ยวข้องได้ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า

3.3.2 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

การออกแบบระบบฐานข้อมูลหรือระบบที่ใช้ในการเก็บข้อมูล จะเริ่มต้นจากการตรวจสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบที่ได้มีการออกแบบไว้จากการจัดทำ Use Case Diagram ที่ใช้เป็นแผนภาพที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับระบบ และความสามารถของระบบที่ผู้ใช้งานเข้ามาใช้ จากนั้นจะทำการศึกษาต่อว่าหากต้องการใช้ฟังก์ชันดังกล่าวผู้ใช้งานจะต้องนำเข้าข้อมูลใดเข้าสู่ระบบ และจะได้รับข้อมูลใดหลังประมวลผล โดยสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลผู้ใช้ที่นำเข้า(Input) และข้อมูลที่ผู้ใช้ได้รับ(Output) ได้จากการสร้าง

Context Diagram ดังภาพประกอบ 11 เป็น Context Diagram ของระบบติดตามสถานการณ์ขนส่งสินค้า โดยมีผู้เกี่ยวข้องกับระบบโดยตรงจำนวน 5 กลุ่มได้แก่

1) ผู้ดูแลระบบ

   Input: ข้อมูลผู้ใช้งาน

   Output: สิทธิ์การแก้ไขจัดการระบบโดยตรง

2) เจ้าหน้าที่บรรจุสินค้า

   Input: ข้อมูลผู้ใช้งาน, ข้อมูลการบรรจุสินค้า

   Output: ข้อมูลก่อนบรรจุสินค้า

3) หัวหน้าหน่วย/ผู้ช่วยหัวหน้าหน่วย

   Input: ข้อมูลผู้ใช้งาน, แผนการบรรจุสินค้า, Packing List, ข้อมูลการแก้ไขยอดสินค้า, แผนการขนส่ง

   Output: รายการสินค้า, สถานะสินค้า, สถานะพาเลท, สถานะการขนส่ง

4) เจ้าหน้าที่ธุรการฝ่ายคลังสินค้าสำเร็จรูปและจัดส่ง:

   Input: ข้อมูลผู้ใช้งาน, ยอดรับเข้าสินค้า

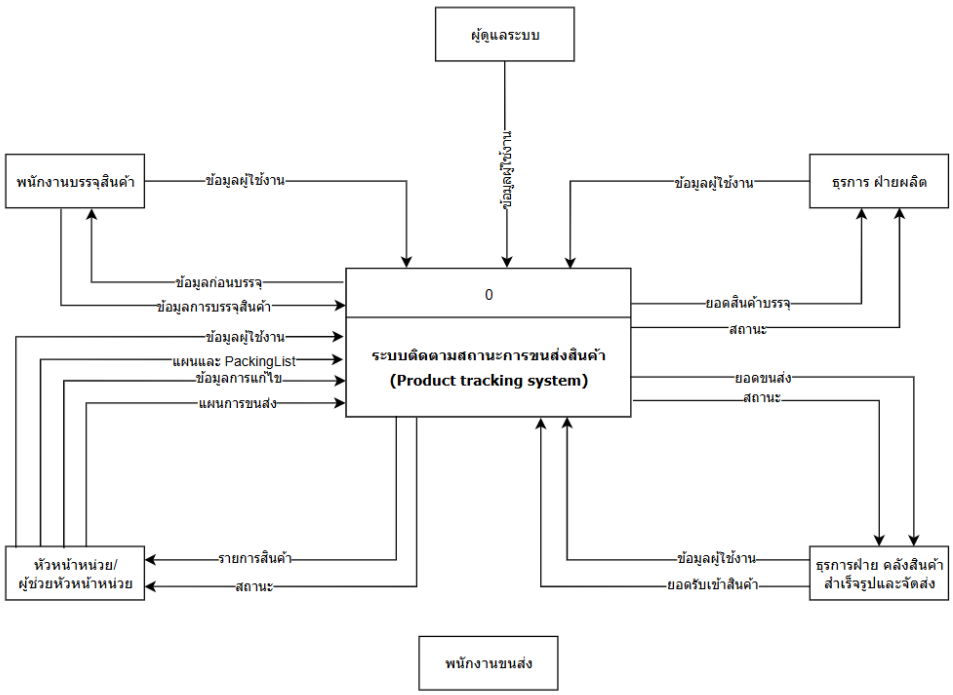
   Output: ยอดขนส่ง, สถานะสินค้า, สถานะการขนส่ง

5) เจ้าหน้าที่ธุรการฝ่ายผลิต:

   Input: ข้อมูลผู้ใช้งาน

   Output: ยอดการบรรจุสินค้าต่อวัน, สถานะสินค้า, สถานะพาเลท, สถานะการขนส่ง

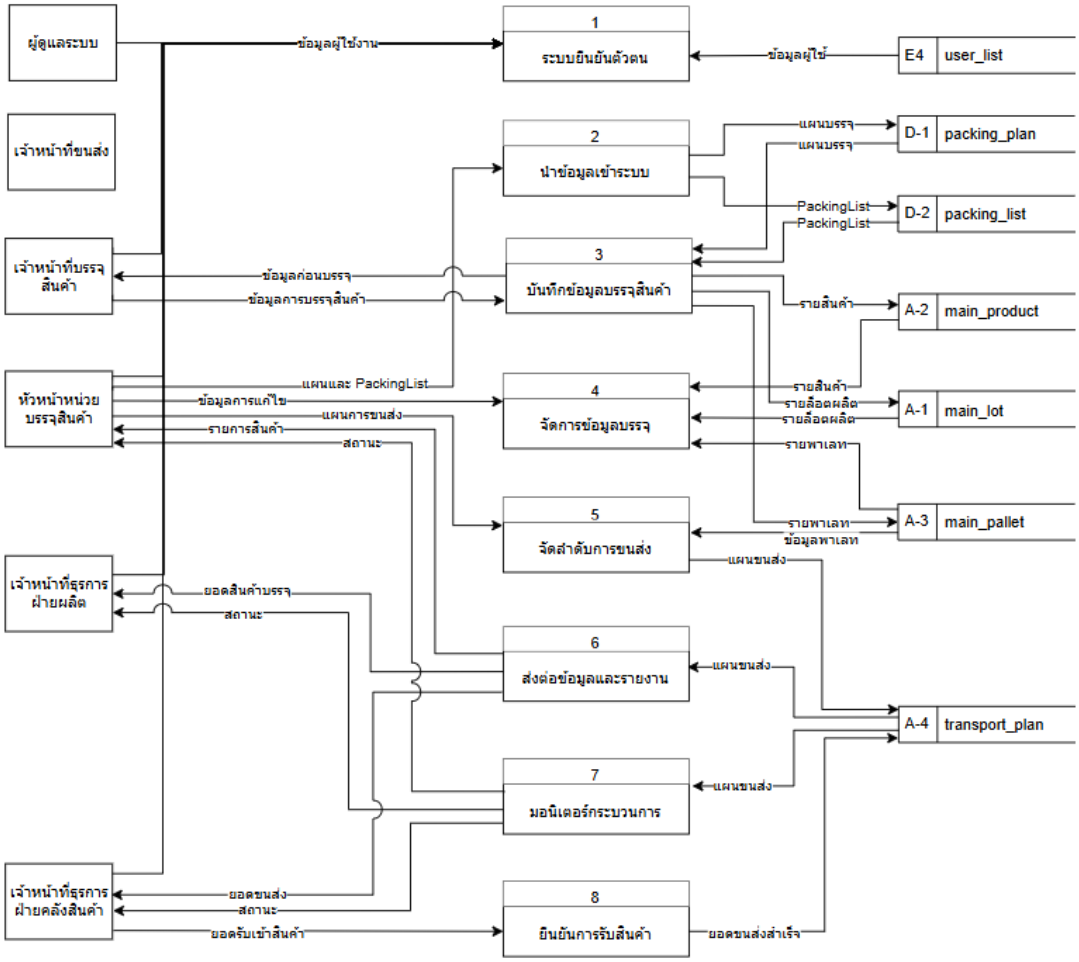
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 11 Context diagram ระบบติดตามสถานการณ์ขนส่งสินค้า

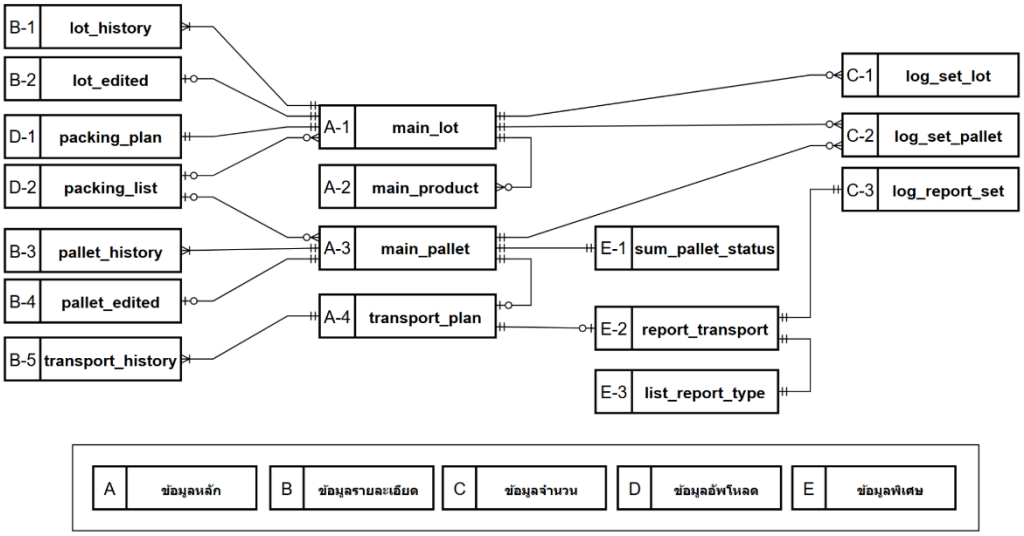
หลังจากจัดทำ Context Diagram ของระบบจะทราบภาพรวมความเกี่ยวข้องกันระหว่างระบบโดยรวม ผู้ใช้ และข้อมูล แต่ยังขาดความละเอียดเนื่องจากระบบติดตามสถานการณ์ขนส่งสินค้าประกอบไปด้วย 8 ฟังก์ชัน ได้แก่ ฟังก์ชันยืนยันตัวตน ฟังก์ชันนำข้อมูลเข้าระบบ ฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า ฟังก์ชันจัดการข้อมูลบรรจุ ฟังก์ชันจัดลำดับการขนส่ง ฟังก์ชันส่งต่อข้อมูลรายงาน ฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ และฟังก์ชันยืนยันการรับสินค้า ทำให้สามารถลงรายละเอียดของข้อมูลแต่ละชนิดที่ผู้ใช้มีการนำเข้า ว่าถูกนำเข้าไปประมวลผลในฟังก์ชันใดภายในระบบ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดดังกล่าวจากการจัดทำ Data Flow Diagram level 1 ของระบบติดตามสถานการณ์ขนส่งสินค้า ได้ดังภาพประกอบ 12

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 12 Data Flow Diagram Level 1 ระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า

หลังจากเขียน Data Flow Diagram level 1 เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของระบบย่อย ผู้ใช้งาน และข้อมูลในระบบแล้ว จะทำให้ทราบว่าแต่ละฟังก์ชันจะมีข้อมูลเข้า (Input) ข้อมูลผลลัพธ์ (Output) และฐานข้อมูล (Database) ในรูปแบบใด จากนั้นจะทำการเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละตัวแปรในระบบ โดยการจัดทำ E-R Diagram ได้ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 E-R Diagram ระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า

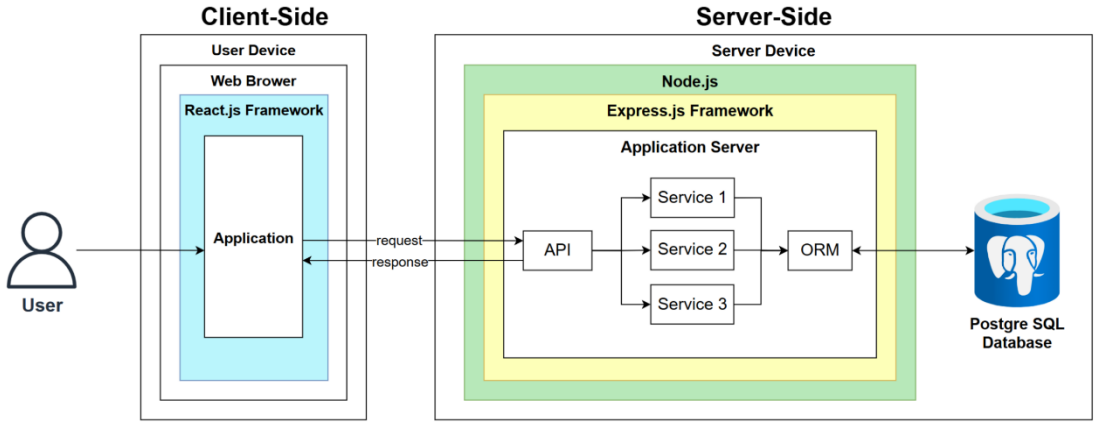
จากภาพประกอบ 13 จะสามารถแบ่งประเภทของตารางเก็บข้อมูลในระบบได้เป็น 5 กลุ่มตาราง ได้แก่ (A) ตารางข้อมูลหลัก ทำหน้าที่เป็นตารางที่ใช้เข้าถึงข้อมูลอื่น ๆ (B) ตารางข้อมูลรายละเอียด ทำหน้าที่เก็บข้อมูลรายละเอียดที่ไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลในระดับอื่น ๆ เช่น ข้อมูลการแก้ไข และ ข้อมูลบันทึกประวัติ (C) ตารางข้อมูลจำนวน ทำหน้าที่เก็บจำนวนสินค้าที่อยู่ในแต่ละระดับ เพราะเป็นข้อมูลสำคัญในการตรวจสอบจำนวนสินค้าจึงแยกออกมาเก็บเป็นตารางเพื่อให้ง่ายต่อการจัดการ (D) ตารางข้อมูลอัปโหลด คือตารางที่เก็บข้อมูลที่มาจากการอัปโหลดเข้าระบบจากผู้ใช้งาน ได้แก่ ข้อมูลแผนการบรรจุ และข้อมูลรายละเอียดการบรรจุ (E) ตารางข้อมูล-พิเศษ คือตารางซึ่งไม่ได้จัดอยู่ในสี่กลุ่มแรกและสร้างขึ้นมาเพื่อจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น ตารางที่เก็บรวบรวมสถานะของในแต่ละพาเลทล่าสุดไว้ เพื่อลดเวลาในการค้นหาข้อมูลช่วยให้ระบบทำงานได้รวดเร็วขึ้น เป็นต้น

3.3.3 การออกแบบโครงสร้างของระบบ

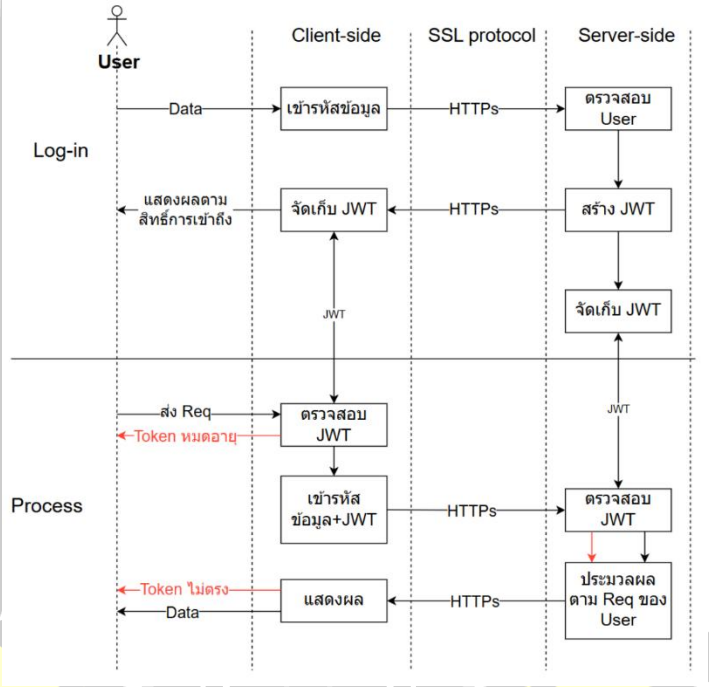
จากการออกแบบฟังก์ชันการทำงานและระบบฐานข้อมูล ของระบบติดตามสถานการณ์ขนส่งสินค้าจึงสามารถออกแบบโครงสร้างของระบบ ให้สอดคล้องกับขีดความสามารถของระบบที่มีการออกแบบไว้และให้เหมาะสมกับบริบทขององค์กรรวมถึงความสามารถของผู้ใช้งานด้วย ซึ่งจากข้อมูลที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบและงานวิจัยพบว่า เว็บแอปพลิเคชัน (Web application) เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้พัฒนาระบบเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ถูกสร้างขึ้นใหม่เพื่อแก้ไขปัญหาเทคโนโลยีเดิม คือ Website และ Application ที่รวมข้อดีของสองระบบดังกล่าวทำให้ไม่เปลืองความจำในการลงโปรแกรม และสามารถใช้ได้ทุก

แพลตฟอร์มเนื่องจากทำงานนอกระบบปฏิบัติการ (O.S.) รวมทั้งยังมีข้อดีที่มีความยืดหยุ่นในการปรับปรุงระบบให้เหมาะกับการใช้งานมากกว่าเครื่องมือเดิมที่องค์กรใช้งานเป็นหลักอย่างเช่น Microsoft Access และ Microsoft Excel ซึ่งโครงสร้างหลักของเว็บแอปพลิเคชันประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักหากแบ่งตามการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้แก่ Front-end side และ Back-end side จากตาราง 2 และตาราง 3 เมื่อมาวิเคราะห์ข้อจำกัดของระบบที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้งานในกระบวนการผลิตจะต้องมีความมั่นคงสูง คือ เมื่อมีส่วนใดของระบบล้มเหลวส่วนอื่นต้องไม่ได้รับผลกระทบ สามารถพัฒนาไปใช้ฐานข้อมูลแบบคลาวด์ได้ในอนาคต ประมวลผลได้รวดเร็วในขณะโปรแกรมทำงาน รองรับการประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก ส่งข้อมูลไปยังระบบอื่นได้ และใช้ต้นทุนการพัฒนาไม่สูง จากข้อกำหนดดังกล่าวจึงเลือกสถาปัตยกรรมของระบบเป็นแบบ Single Page Application--SPA เนื่องจากต้องการลดภาระการประมวลผลของฝั่งเซิร์ฟเวอร์และใช้เวลาในการประมวลผลต่ำ นอกจากนี้ยังใช้ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาไม่สูงมากนัก ในฝั่งของเซิร์ฟเวอร์เลือกสถาปัตยกรรมแบบ Serverless Architecture เพื่อแยกส่วนของการประมวลผลออกเป็นส่วนย่อย หากส่วนใดส่วนหนึ่งในการประมวลผลล้มเหลวจะไม่กระทบต่อการประมวลผลของส่วนอื่น นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนไปใช้ฐานข้อมูลระบบคลาวด์ได้ในอนาคต จึงสามารถสรุปโครงสร้างของระบบได้ดังภาพ 14 นอกจากนี้ระบบมีการจัดการสิทธิ์การเข้าถึง (Access Control) ตามบทบาทและหน้าที่ของผู้ใช้งานซึ่งความเกี่ยวข้องระหว่างผู้ใช้และฟังก์ชันดังภาพประกอบ 10 โดยตรวจสอบสิทธิ์ก่อนแสดงผลบนฝั่ง Client-side ทำให้ผู้ใช้เห็นเฉพาะฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องและสามารถใช้งานได้เท่านั้น นอกจากนี้ ระบบใช้ SSL Protocol เพื่อเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) และ JWT สำหรับยืนยันตัวตน (Authentication) และตรวจสอบสิทธิ์การเข้าถึง (Authorization) ระหว่าง Client-side และ Server-side เพื่อป้องกันการดักฟังข้อมูลและการปลอมตัวเป็น Client-side จึงสามารถสรุปการป้องกันจากผู้ไม่หวังดีได้ดังภาพประกอบ 15

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 14 โครงสร้างระบบติดตามสถานะสินค้า (system structure)



ภาพประกอบ 15 การเข้ารหัสข้อมูลและจำกัดสิทธิ์การใช้งานของระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้า

3.4 การพัฒนาระบบตามการออกแบบ

การออกแบบระบบจะเริ่มจากการสร้างโครงสร้างโดยรวมของระบบขึ้นมาที่ local server เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบ จากนั้นจะดำเนินการสร้างฟังก์ชันการทำงานขึ้นมาทีละส่วนตั้งแต่ ฟังก์ชันการยืนยันตัวตนจนถึงฟังก์ชันการดึงข้อมูลออกจากระบบจนครบ เมื่อทำการทำสอบระบบพื้นฐานเสร็จสิ้น จะดำเนินการสร้างส่วนของ User Interface หรือรูปร่างหน้าตาของโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าถึงระบบ

ในการพัฒนาระบบจริงอาจมีสิ่งที่ทำให้ระบบจริงที่ได้มีการพัฒนาคลาดเคลื่อนไปจากระบบที่ได้มีการออกแบบไว้ โดยฟังก์ชันการทำงานที่เป็นส่วนหลักของระบบจะยังคงเหมือนเดิมแต่ฟังก์ชันการทำงานที่เป็นรายละเอียดอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อทำการพัฒนาจริงเนื่องจากข้อจำกัดหรือตัวแปรอื่น ๆ ที่ผู้วิจัยไม่ได้คำนงถึงในระหว่างออกแบบระบบ ทำให้เมื่อมาพัฒนาระบบจริงอาจต้องปรับเปลี่ยนระบบให้สามารถตอบสนองต่อจุดประสงค์หลักได้ดีขึ้น เช่น ระบบการจัดการข้อมูลที่เป็นส่วนหลักยังคงเหมือนเดิม คือมีจุดประสงค์ในการรับเข้า ตรวจสอบ บันทึก และเรียกใช้ข้อมูลภายในระบบ แต่อาจมีการเพิ่มฟังก์ชันในการสำรองข้อมูลจากผู้ดูแลระบบ รวมถึงเก็บประวัติการแก้ไขข้อมูลเพื่อใช้ในการตรวจสอบกรณีมีปัญหาได้เป็นต้น

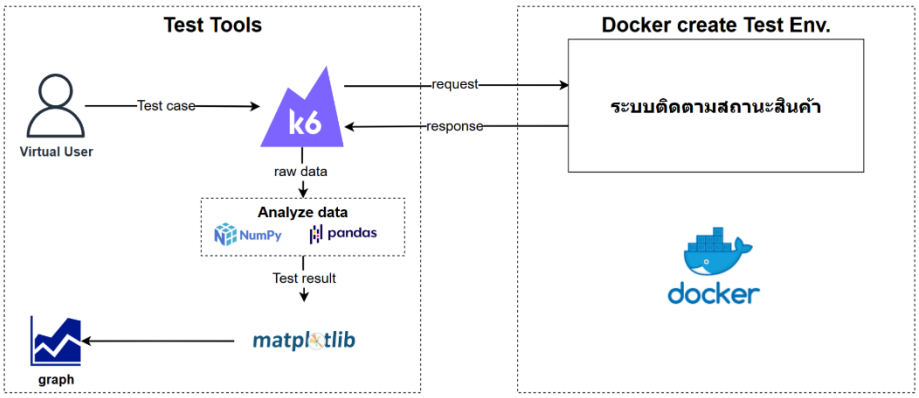
3.5 การทดสอบระบบและนำไปใช้งานจริง

การทดสอบและนำไปใช้งาน (testing & integration) ในงานวิจัยได้ทำการทดสอบฟังก์ชัน (functional test) เพื่อตรวจสอบว่าระบบทำงานได้ตามการออกแบบ และการทดสอบประสิทธิภาพ (performance test) เพื่อตรวจสอบว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในภาวะต่าง ๆ ที่กำหนด

(1) การทดสอบฟังก์ชัน ทำการตรวจสอบระบบที่พัฒนาขึ้นโดยเปรียบเทียบกับขอบเขตความสามารถที่ระบบควรทำได้เพื่อแก้ปัญหาที่ตั้งไว้ โดยผู้พัฒนาร่วมกับหัวหน้าหน่วยงานทำการตรวจสอบผ่านรายการตรวจสอบ (check list)

(2) การทดสอบประสิทธิภาพ ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ (performance test) ภายใต้เงื่อนไข ต่าง ๆ ได้แก่ Load test เพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบในสถานการณ์ที่สนใจ Capacity test เพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบภายใต้เงื่อนไขการใช้งานจริง Stress test เพื่อหาจุดสูงสุดที่ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก่อนระบบล้มเหลว และ Availability test ทดสอบความผิดปกติในการใช้ทรัพยากรและประสิทธิภาพเมื่อระบบทำงานต่อเนื่อง (Patil, 2012) โดยเมื่อเปรียบเทียบเครื่องมือที่ใช้ทดสอบระบบที่เป็นที่นิยมได้แก่ jMeter และ K6 พบว่า K6 มีประสิทธิภาพโดยรวม ความง่ายในการใช้งาน และใช้ทรัพยากรน้อยกว่า jMeter (Ashwin K Chandrasekhar, 2021) จึงเลือกใช้เครื่องมือ K6 ทำการทดสอบ ใช้ Numpy ไลบรารี, Pandas ไลบรารี และ matplotlib ไลบรารี ในการวิเคราะห์และแสดงผลการทดสอบในรูปแบบกราฟ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลและมีเครื่องมือช่วยในการคำนวนข้อมูลซึ่งง่ายต่อการใช้งาน และเนื่องจากขณะทดสอบได้ทำการทดสอบบนอุปกรณ์ที่มี สเปกแตกต่างจากส

เปกของเซิร์ฟเวอร์ จึงต้องมีการกำหนดสภาพแวดล้อมการทดสอบ (test environment) ด้วย Docker เพราเป็นเครื่องมือที่สามารถกำหนดการตั้งค่าต่าง ๆ ได้ง่ายผ่านไฟล์เพียงไฟล์เดียว (.yml) ทั้งยังเป็นเครื่องมือที่ใช้การติดตั้งโปรแกรมบนเซิร์ฟเวอร์จริงในขั้นต่อไป จึงเหมาะสมในการใช้ทำการกำหนดสภาพแวดล้อมการทดสอบให้เหมือนกับสภาพแวดล้อมจริง โดยอ้างอิงจากสเปกของเซิร์ฟเวอร์จริง คือ CPU 8 core 8 tread RAM 16 GB และ memory 100 GB จึงสามารถสรุปเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพได้ดังภาพประกอบ 16 โดยการทดสอบในแต่ละสถานการณ์จะประเมินประสิทธิภาพ 3 ด้าน ได้แก่ Throughput (req/sec) หรือจำนวนคำขอที่ระบบสามารถตอบสนองได้ Response time (ms) หรือ เวลาที่รอระหว่างเซิร์ฟเวอร์ประมวลผล Resource Usage หรือทรัพยากรที่ระบบใช้ในการประมวลผลได้แก่ CPU (%) และ RAM (MB)(Ashwin K Chandrasekhar, 2021) ซึ่งได้มีการวัดหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 และ 95 เพื่อหากรณีที่เลวร้ายที่สุดที่เกิดขึ้นได้



ภาพประกอบ 16 การทดสอบประสิทธิภาพ (performance test)

บทที่ 4
การดำเนินการทดลอง

ในบทนี้เป็นการบรรยายเกี่ยวกับระบบติดตามสถานะสินค้าในกระบวนการที่ได้มีการพัฒนาขึ้นในแต่ละฟังก์ชันการทำงาน และวิธีการทดสอบระบบทั้งการทดสอบฟังก์ชันและการทดสอบประสิทธิภาพ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ระบบติดตามสถานะสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า

4.2 การทดสอบฟังก์ชัน (Functional test)

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพ (Performance test)

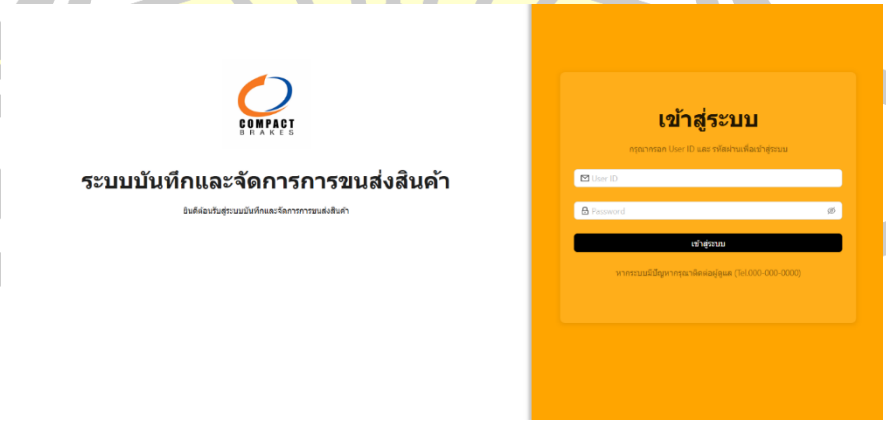
4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการ

4.1 ระบบติดตามสถานะสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า

หลังการพัฒนาระบบติดตามสถานะสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้าสามารถสรุปการทำงานและหน้าตาของโปรแกรมในแต่ละฟังก์ชันได้ดังนี้

4.1.1 ฟังก์ชันการยืนยันตัวตน

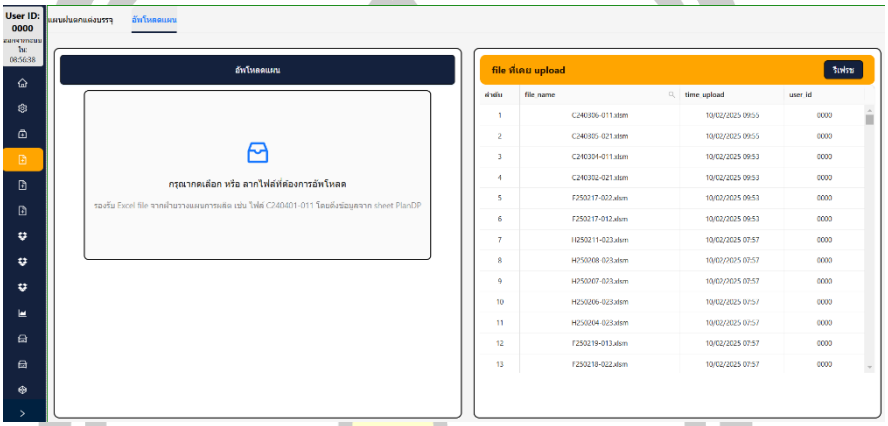
ทำหน้าที่ในการตรวจสอบและป้องกันผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาใช้งานในระบบโดยได้รับอนุญาต โดยเมื่อเข้ามาในระบบต้องกรอก user_id และ password ที่ลงทะเบียนในฐานข้อมูลหากตรงกันจึงจะสามารถเข้าใช้งานในระบบได้ตาม user_role ซึ่งแต่ละ user จะมีสิทธิ์ในการเข้าถึงแตกต่างกัน โดยฟังก์ชันที่ผู้ใช้กรอกข้อมูลมีหน้าตาดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างฟังก์ชันการยืนยันตัวตน

4.1.2 ฟังก์ชันการนำข้อมูลเข้าระบบ

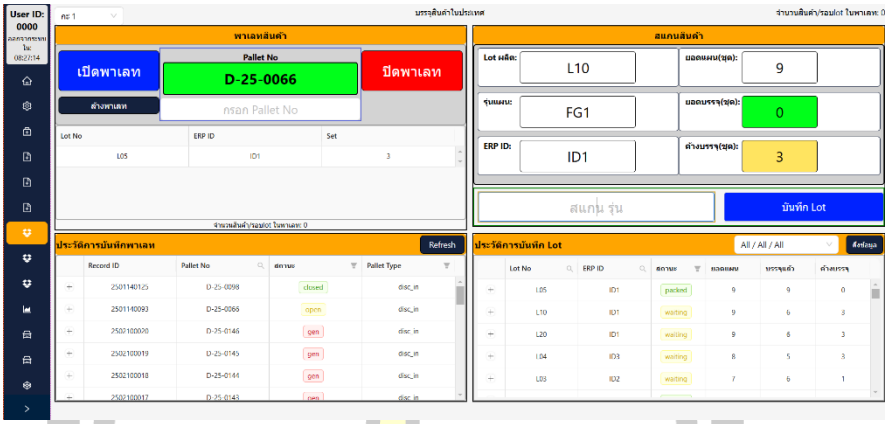
เป็นฟังก์ชันที่ทำหน้าที่นำเข้าข้อมูลที่จำเป็นจากกระบวนการอื่นๆ เข้ามาเพื่อให้สามารถดำเนินกระบวนการได้ โดยมีสองข้อมูลหลักที่ถูกนำเข้าซึ่งจะถูกอัพโหลดเข้าระบบในรูปแบบ Microsoft Excel file ซึ่งระบบจะอ่านข้อมูลจากไฟล์ดังกล่าวและบันทึกลงฐานข้อมูล โดยข้อมูลที่ถูกเข้ามาตั้งต้นในการดำเนินงานได้แก่ แผนการบรรจุ และ Packing list มีหน้าตาโปรแกรมดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างฟังก์ชันการนำข้อมูลเข้าระบบ

4.1.3 ฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า

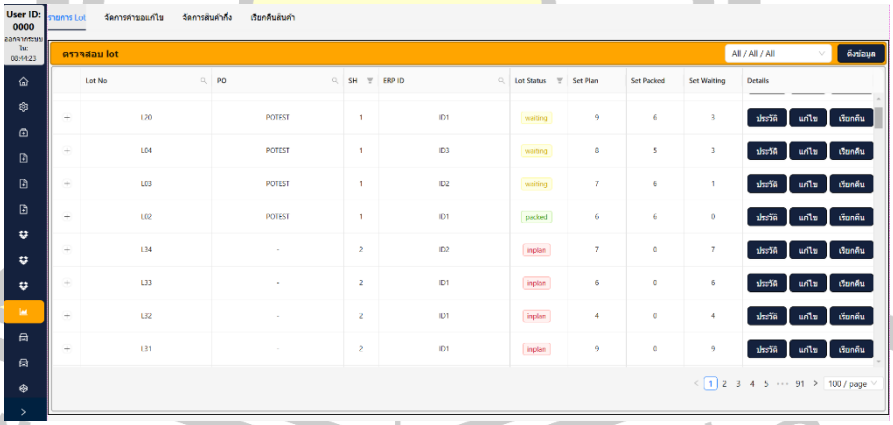
เป็นฟังก์ชันหลักที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลสินค้าตามแผนการผลิต โดยจะมีการกรอก pallet_no เข้าสู่ระบบเพื่อเป็นการชี้บ่งพาเลทว่าสินค้าจะถูกบรรจุลงพาเลทใด และเมื่อสินค้าออกจากไลน์ในแต่ละล็อตการผลิตจะถูกสแกนล็อตที่สินค้าดังกล่าวอยู่ จากนั้นทำการสแกนบาร์โค้ดข้างกล่องสินค้าเพื่อนับจำนวนสินค้าที่ถูกบรรจุสำเร็จในแต่ละล็อตการผลิต โดยตั้งแต่การกรอกข้อมูลพาเลทเข้าระบบ การสแกนล็อตการผลิต และการสแกนบาร์โค้ดสินค้า จะถูกนำข้อมูลไปตรวจสอบกับแผนการผลิตและ packing list ว่ามีข้อมูลในระบบและข้อมูลดังกล่าวตรงกันหรือไม่ หากไม่ตรงกันจะแจ้งเตือนข้อผิดพลาดและไม่บันทึกรายการดังกล่าว เพื่อป้องกันในกรณีที่ผู้ใช้งานกรอกผิดพลาด โดยมีหน้าตาโปรแกรมดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า

4.1.4 ฟังก์ชันจัดการข้อมูล

เป็นหน้าที่ให้ผู้ใช้งานระดับหัวหน้าหน่วยสามารถตรวจสอบข้อมูลหลังการบันทึกข้อมูลการบรรจุสินค้า เมื่อตรวจพบคำร้องขอแก้ไขสถานะพาเลท หรือร้องขอแก้ไขจำนวนสินค้าจากเจ้าหน้าบรรจุสินค้า หัวหน้าหน่วยสามารถอนุมัติคำร้อง เพื่อแก้ไขยอดในระบบ หรือปฏิเสธคำร้องดังกล่าว เพื่อป้องกันการแก้ไขผิดพลาดจากพนักงานและระบบจะบันทึกทุกการอนุมัติละปฏิเสธการแก้ไข เพื่อให้มีข้อมูลใช้ในการสอบกลับกรณีมียอดสินค้าสูญหาย โดยมีหน้าตาโปรแกรมที่ใช้ตรวจสอบและจัดการข้อมูลหลังบรรจุสินค้าดังภาพประกอบ 20

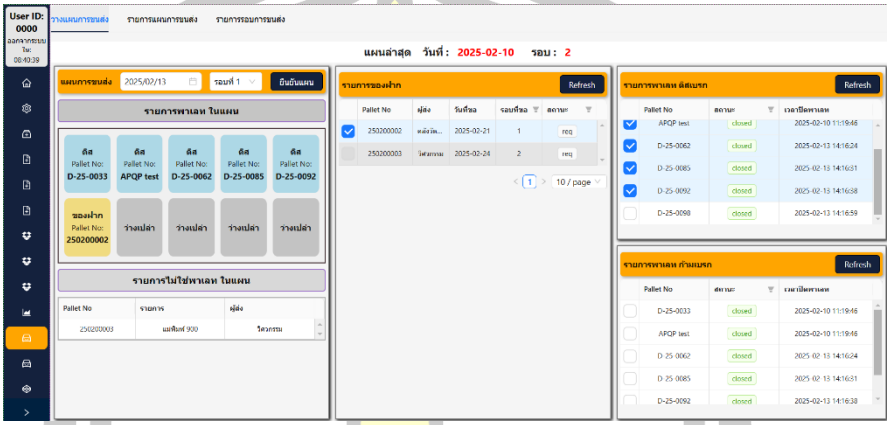


ภาพประกอบ 20 ตัวอย่างฟังก์ชันจัดการข้อมูล

4.1.5 ฟังก์ชันจัดการกระบวนการขนส่ง

เป็นฟังก์ชันที่ให้หัวหน้าหน่วยงานทำการจัดการพาเลทสินค้าและของฝากขนส่งที่รอการขนส่งอยู่ในปัจจุบันหลังการบรรจุ โดยจะแสดงเฉพาะพาเลทสินค้าที่บรรจุเต็มรอการขนส่งและเรียงลำดับเวลาที่ปิดพาเลทเพื่อให้เลือกจัดส่งพาเลทที่ถูกบรรจุเสร็จก่อนขนส่งไปที่คลังสินค้าก่อน โดยมีส่วนที่แสดงกราฟพิคพาเลทที่ถูกขนส่งในแต่ละรอบ นอกจากนี้ก่อนเลือกวันและรอบขนส่งในแต่ละ

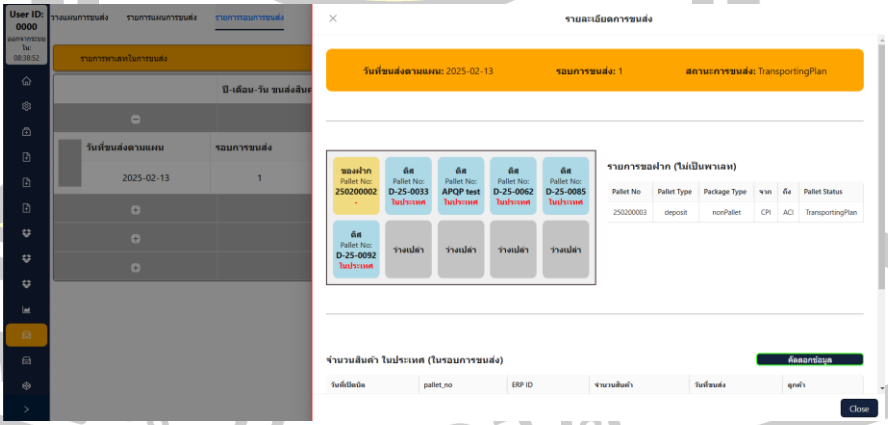
รอบจะทำการตรวจสอบในฐานข้อมูลก่อนว่ามีแผนการขนส่งถูกจัดไว้ในวันและรอบดังกล่าวแล้วหรือไม่ เพื่อป้องกันการจัดแผนการขนส่งซ้ำ และมีการบันทึกผู้จัดแผนและผู้แก้ไขแผนการขนส่งเพื่อใช้ในกรณีที่ต้องการสอบกลับข้อผิดพลาด มีหน้าตาการจัดลำกับการขนส่งดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 21 ตัวอย่างฟังก์ชันจัดการกระบวนการขนส่ง

4.1.6 ฟังก์ชันส่งต่อข้อมูลและรายงาน

ทำหน้าที่ส่งข้อมูลสินค้าที่จะถูกขนส่งในแต่ละรอบการขนส่งพร้อมบอกวันและเวลาที่สินค้าจะมาถึง และมีฟิวเจอร์การคัดลอกข้อมูลสินค้าที่จะถูกขนส่งในแต่ละรอบไปเข้าระบบภายในคลังสินค้าต่อ ทำให้เจ้าหน้าที่ธุรการคลังสินค้าสามารถตรวจสอบสินค้าที่จะถูกขนส่งและดึงข้อมูลไปใช้ได้ทันที มีหน้าตาโปรแกรมดังภาพประกอบ 22

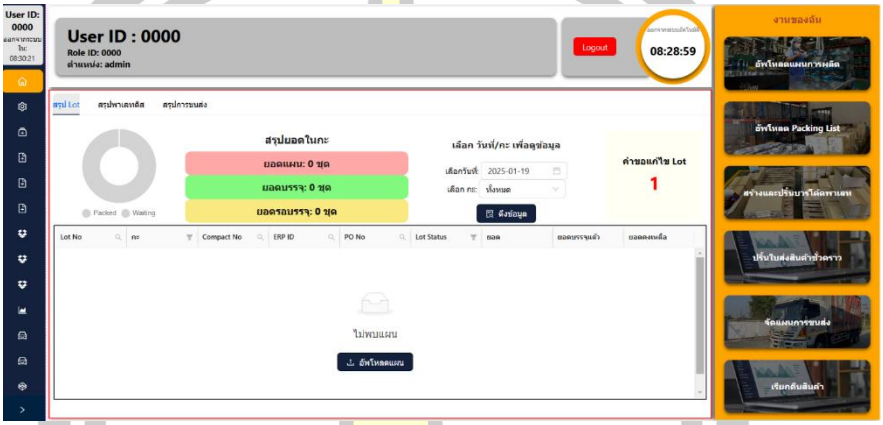


ภาพประกอบ 22 ตัวอย่างฟังก์ชันส่งต่อข้อมูลและรายงาน

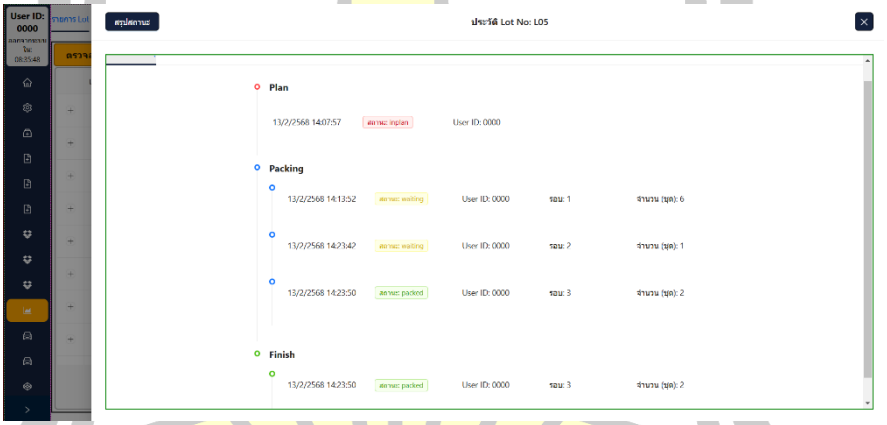
4.1.7 ฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ

เป็นฟังก์ชันที่ทำหน้าที่นำข้อมูลซึ่งมีการบันทึกไว้ในแต่ละระดับ ตั้งแต่ระดับสินค้า และล็อตการผลิต ระดับพาเลทสินค้า และระดับรอบการขนส่ง มาใช้ในการติดตามในแต่ละระดับ ตั้งแต่นำเข้าระบบ การแก้ไข และการยืนยัน ทำให้สามารถตรวจสอบ ติดตาม และมอนิเตอร์สินค้าที่ไหลภายใน

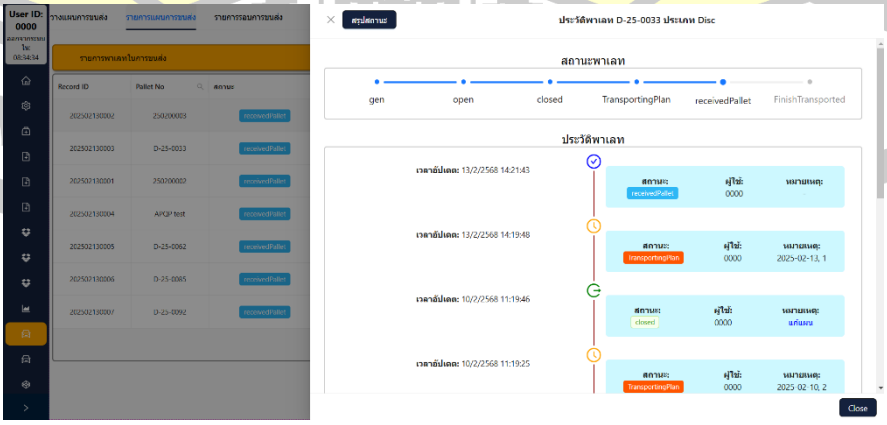
กระบวนการได้ทั้งหมดโดยมีหน้าตาโปรแกรมที่ใช้ตรวจสอบยอดการผลิตดังภาพประกอบ 23 หน้าตาโปรแกรมที่ใช้ติดตามสถานะในแต่ละล็อตการผลิตดังภาพประกอบ 24 หน้าตาโปรแกรมที่ใช้ในการติดตามพาเลทสินค้าดังภาพประกอบ 25 และหน้าตาโปรแกรมที่ใช้ติดตามการขนส่งดังภาพประกอบ 26



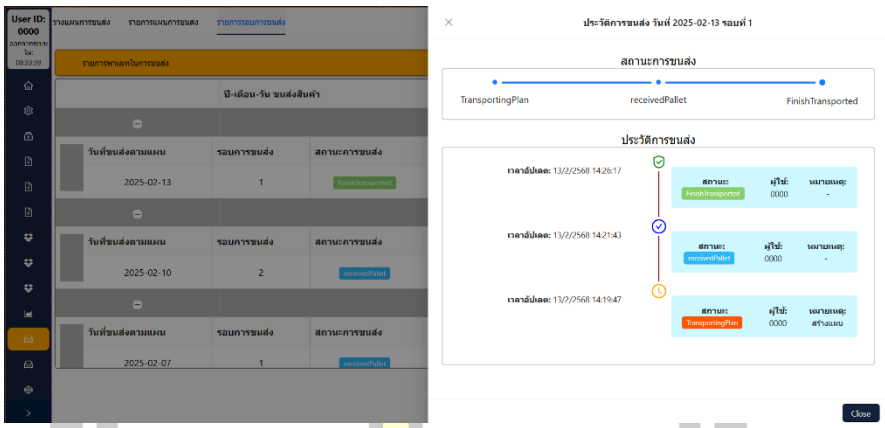
ภาพประกอบ 23 ตัวอย่างฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ



ภาพประกอบ 24 ตัวอย่างฟังก์ชันมอนิเตอร์ล็อตการผลิต



ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างฟังก์ชันมอนิเตอร์พาเลทสินค้า



ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างฟังก์ชันมอนิเตอร์การขนส่งสินค้า

4.1.8 ฟังก์ชันยืนยันการรับสินค้า

เป็นฟังก์ชันที่ถูกใช้โดยเจ้าหน้าที่ธุรการคลังสินค้าโดยเมื่อสินค้าในแต่ละรอบการขนส่งถึงคลังสินค้าจะเข้ามากด “รับพาเลท” เพื่อเป็นหลักฐานว่าสินค้าแต่ละพาเลทในรอบการขนส่งดังกล่าวถูกขนส่งถึงคลังสินค้าเรียบร้อย และเมื่อคลังสินค้าตรวจสอบสินค้าทั้งหมดและไม่พบปัญหา จะกด “ยืนยันรับเข้า” ในระบบเพื่อยืนยันว่าสินค้าดังกล่าวถูกขนส่งสำเร็จและออกจากกระบวนการขนส่งสินค้าแล้ว แต่หากพบปัญหาเช่น จำนวนสินค้าไม่ตรงกับยอดในระบบจะแจ้งปัญหาผ่านระบบเพื่อให้ฝ่ายผลิตดำเนินการตรวจสอบปัญหาและแก้ไขต่อไป ซึ่งมีหน้าตาโปรแกรมดังภาพประกอบ 27

ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างฟังก์ชันยืนยันการรับสินค้า

4.2 การทดสอบฟังก์ชัน (Functional test)

ทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบฟังก์ชันการใช้งานระบบ โดยตรวจสอบขีดความสามารถของระบบที่คาดหวังกับระบบจริงที่ได้มีการพัฒนา โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 รูปแบบย่อย คือ ประเมินความสามารถ และประเมินความถูกต้อง โดยการประเมินความสามารถมีคำตอบเป็นสามารถทำได้

หรือไม่ จะถูกทดลองใช้งานและประเมินโดยหัวหน้าฝ่ายงานที่เกี่ยวข้องร่วมกับผู้พัฒนาระบบ เช่น การประเมินฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ ในหัวข้อ “สามารถตรวจสอบสถานะของสินค้าในกระบวนการได้” จากภาพ 28 ซึ่งประวัติของสินค้าตั้งแต่ถูกนำแผนเข้าระบบ ถูกบรรจุ จนถึงรายละเอียดการแก้ไขยอดสินค้า ถูกแสดงออกมาในรูปแบบแยกสถานะ โดยมีข้อมูลผู้ดำเนินการและเวลาที่ลงบันทึกในแต่ละครั้ง เพื่อใช้ตรวจสอบสถานะของสินค้าในกระบวนการได้จริงและง่ายต่อการตรวจสอบที่มาของสินค้า จึงถูกประเมินโดยหัวหน้าผู้ดูแลเป็น “ผ่าน” การประเมินความถูกต้องจะมีตอบเป็นทำงานถูกหรือผิด ซึ่งทำการทดสอบโดยใส่อินพุตที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ถูกต้องจำนวน 3 ครั้ง และใส่อินพุตที่ทำให้ผลลัพธ์ผิดจำนวน 3 ครั้งเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ เช่น การประเมินฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า ในหัวข้อ “ตรวจจับสินค้าที่ไม่ตรงกับล็อตผลิตและแจ้งเตือนได้ถูกต้อง”จากตาราง 10 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับสินค้าที่ไม่ถูกล็อตการผลิตได้ถูกต้องทุกครั้ง จึงประเมินเป็น “ผ่าน” เมื่อประเมินทั้ง 7 ฟังก์ชัน รวมทั้งหมด 15 หัวข้อ พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดทั้งหมด 15 หัวข้อ ซึ่งคิดเป็น 100% โดยรายละเอียดการทดสอบฟังก์ชันแสดงดังตาราง 11

ภาพประกอบ 28 หน้าต่างแสดงการติดตามสถานะของสินค้าในล็อตเป้าหมาย ของฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ

ตาราง 10 การทดสอบตรวจจับสินค้าที่ไม่ตรงล็อตผลิต ของฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า

ครั้ง	ข้อมูลอินพุต	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผลลัพธ์
1	ถูกล็อต	ไม่แจ้งเตือน	ไม่แจ้งเตือน
2	ผิดล็อต	แจ้งเตือนผิดล็อต	แจ้งเตือนผิดล็อต
3	ถูกล็อต	ไม่แจ้งเตือน	ไม่แจ้งเตือน
4	ผิดล็อต	แจ้งเตือนผิดล็อต	แจ้งเตือนผิดล็อต
5	ถูกล็อต	ไม่แจ้งเตือน	ไม่แจ้งเตือน
6	ผิดล็อต	แจ้งเตือนผิดล็อต	แจ้งเตือนผิดล็อต

ตาราง 11 สรุปผลการทดสอบฟังก์ชัน (Functional Test) ระบบติดตามสถานะสินค้า

ลำดับ	ฟังก์ชัน	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผลการทดสอบ
1	ฟังก์ชันการยืนยันตัวตน	ตรวจตรวจสอบการเข้าใช้งานระบบทุกครั้ง	ผ่าน
		จำกัดการเข้าถึงและแสดงผลในระบบตามกลุ่มผู้ใช้งาน	ผ่าน
2	ฟังก์ชันนำข้อมูลเข้าระบบ	อัปโหลดข้อมูลที่เกี่ยวข้องในรูปแบบ Excel เข้าระบบได้ถูกต้อง	ผ่าน
		ตรวจจับรายการซ้ำและไม่ถูกต้องที่ถูกอัปโหลดเข้าระบบได้	ผ่าน
3	ฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า	อ่านบาร์โค้ดกล่องสินค้าได้ถูกต้อง	ผ่าน
		ตรวจจับสินค้าที่ไม่ตรงกับล็อตผลิตและแจ้งเตือนได้ถูกต้อง	ผ่าน
4	ฟังก์ชันจัดการข้อมูล	ตรวจสอบประวัติการบรรจุสินค้าและการแก้ไขได้	ผ่าน
		ตรวจสอบยอดการบรรจุรายวันได้	ผ่าน
5	ฟังก์ชันจัดการกระบวนการขนส่ง	ตรวจสอบรายการพาเลทที่ไม่ถูกจัดในแผนการขนส่งได้	ผ่าน
		เรียงลำดับพาเลทที่บรรจุเสร็จก่อนหลังเพื่อช่วยจัดลำดับได้	ผ่าน
6	ฟังก์ชันส่งต่อข้อมูลและรายงาน	ตรวจสอบสินค้าที่รอการขนส่งในแต่ละพาเลทได้	ผ่าน
		ตรวจสอบสินค้าในแต่ละรอบการขนส่งได้	ผ่าน

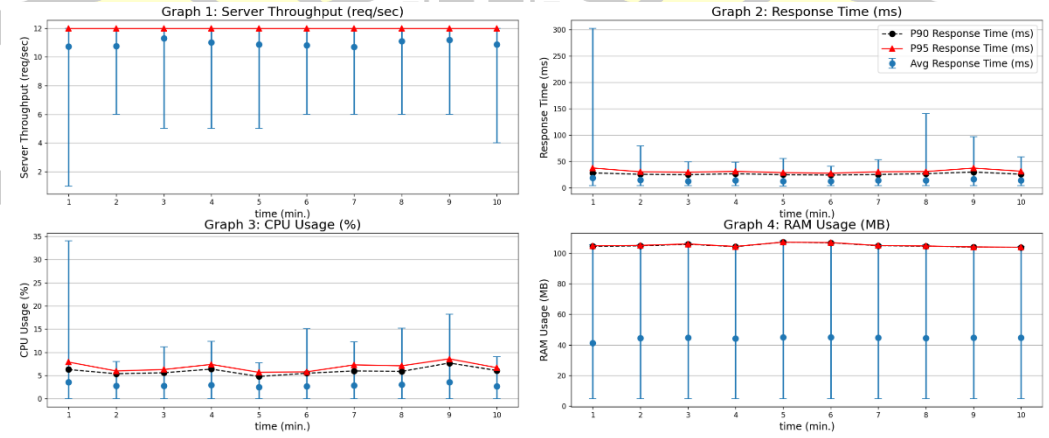
(ต่อ) ตาราง 11 สรุปผลการทดสอบฟังก์ชัน (Functional Test) ระบบติดตามสถานะสินค้า

ลำดับ	ฟังก์ชัน	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผลการทดสอบ
7	ฟังก์ชันยืนยันการรับสินค้า	สามารถบันทึกประวัติรายการสินค้าที่ถูกรับข้าสำเร็จ	ผ่าน
		สามารถบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการขนส่งเข้าระบบได้	ผ่าน
8	ฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ	สามารถตรวจสอบสถานะของสินค้าในกระบวนการได้	ผ่าน
		สามารถติดตามสถานะแต่ละพาเลทในกระบวนการได้	ผ่าน
		สามารถติดตามสถานะแต่ละรอบการขนส่งได้	ผ่าน

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพ (Performance test)

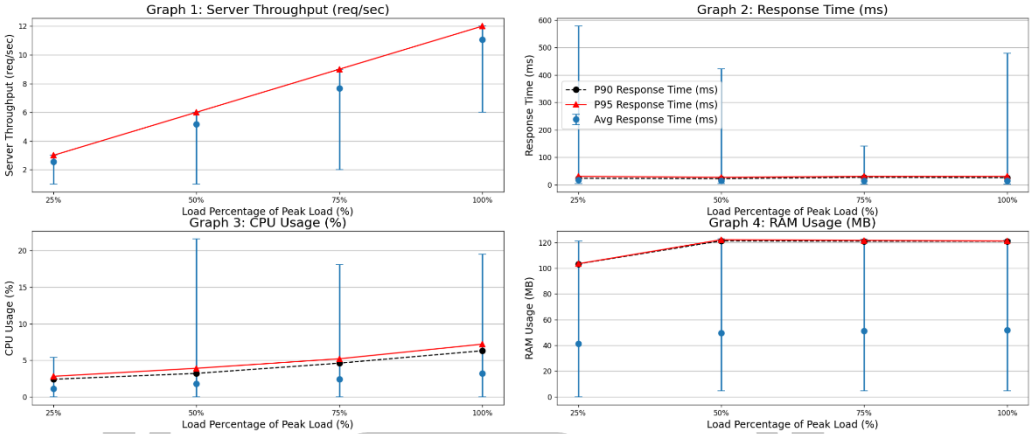
การทดสอบประสิทธิภาพ (performance test) ได้ทำการทดสอบหลายประเภท ได้แก่ Load test, Capacity test, Stress test และ Availability test และได้ประเมินประสิทธิภาพ 3 ด้าน ได้แก่ Throughput (req/sec), Response time (ms) และ Resource Usage ซึ่งรวมถึงการใช้ CPU (%) และ RAM (MB) (Igor Jugo, 2014) ได้ผลการทดสอบดังนี้

(1) เมื่อทดสอบด้วยการทำ Load Test ตามค่าเฉลี่ยที่ถูกใช้งานจริงเป็นเวลา 10 นาที ผลการทดสอบแสดงดังภาพประกอบ 29 เมื่อระบบมีโหลดสูงสุด 12 req/sec จากกราฟที่ 1 พบว่า Throughput (avg.) มีค่า 10.93 req/sec, จากกราฟที่ 2 Response Time P(95) มีค่า 31.18 ms และ Resource Usage จากกราฟที่ 3 ใช้ CPU (avg.) ในการประมวลผลที่ 2.97% และ จากกราฟที่ 4 ใช้ RAM (avg.) ที่ 44.34 MB



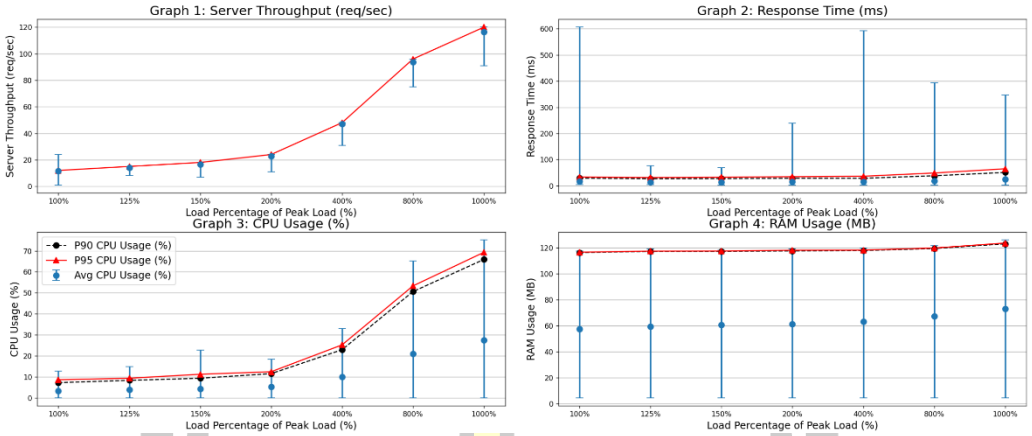
ภาพประกอบ 29 ผลการทดสอบ Load Test ที่ 100% ของ Peak load เป็นเวลา 10 นาที

(2) เมื่อทดสอบด้วย Capacity Test โดยกำหนดจำนวนโหลดในระดับที่ต่างกันจากน้อยไปถึง peak load โดยใช้เวลาในการทดสอบ 5 นาทีต่อระดับ ได้ผลการทดสอบดังภาพประกอบ 30 ในกราฟแกน X คือจำนวนโหลดที่เพิ่มขึ้นจากน้อยไปมากตั้งแต่ 25% 50% 75% และ 100% ของ peak load และแกน Y คือหัวข้อประเมินแต่ละด้าน จากกราฟที่ 1 และ 2 พบว่า ระบบสามารถตอบสนองคำขอของผู้ใช้งานได้ทันเวลาเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น โดยมี response time คงที่จากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ 95 ในกราฟที่ 2 พบว่า response time ส่วนใหญ่ ไม่เกิน 30.34 ms และจากกราฟที่ 3 และ 4 มีการใช้ CPU สูงสุดที่ 3.2% และ RAM เพียง121.7 MB



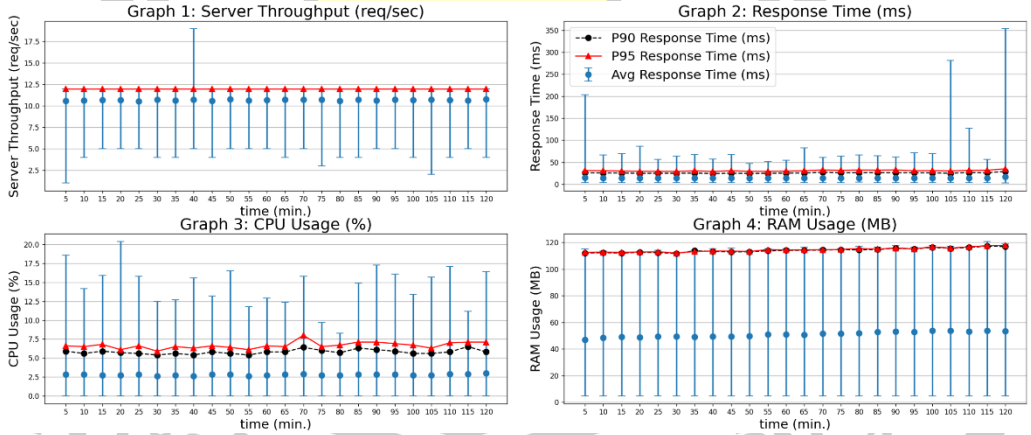
ภาพประกอบ 30 ผลการทดสอบ Capacity test ที่ 25% 50% 70% 100% ของ Peak load

(3) เมื่อทดสอบด้วย Stress Test ที่ 100% 125% 150% 200% 400% 800% และ 1000% ของ peak load โดยใช้เวลาในการทดสอบ 5 นาทีต่อระดับ ได้ผลการทดสอบดังภาพประกอบ 31 จากกราฟที่ 1 และ 2 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณโหลด ระบบจะใช้ทรัพยากรในการประมวลผลมากขึ้นในการรักษา response time ให้คงที่ แต่จากกราฟที่ 2 3 และ 4 พบว่าเมื่อโหลดเพิ่มขึ้นถึง 800% ของ peak load ระบบจะไม่สามารถรักษา response time ให้คงที่ได้ เนื่องจากมีทรัพยากรไม่เพียงพอในบางช่วงเวลา ดังนั้นจุดที่ระบบจะเริ่มช้าและได้รับผลกระทบด้านประสิทธิภาพคือที่ 800% ของ peak load ปัจจุบัน หรือ เป็นจำนวน 96 req/sec



ภาพประกอบ 31 ผลการทดสอบ Stress test ที่ 100% 125% 150% 200% 400% 800% 1000% *ของ Peak load*

(4) เมื่อทดสอบด้วย Availability Test หรือ Strength Test จากกราฟที่ 1 และ 2 พบว่าหลังจากระบบทำงานต่อเนื่องเป็นเวลา 120 นาที ที่ peak load ระบบสามารถรักษา Throughput และ Response time ให้คงที่ได้ แต่จากกราฟที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นของทรัพยากรที่ใช้ในการประมวลผลเล็กน้อย โดยใช้ CPU เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 0.06 ต่อนาทีและ RAM เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 0.12 ต่อนาที จากการทำงานปกติ ซึ่งไม่กระทบการทำงานโดยรวมของระบบเนื่องจากในการทำงานจริงจะไม่ทำงานที่ peak load ตลอดเวลา ดังที่แสดงในภาพประกอบ 32

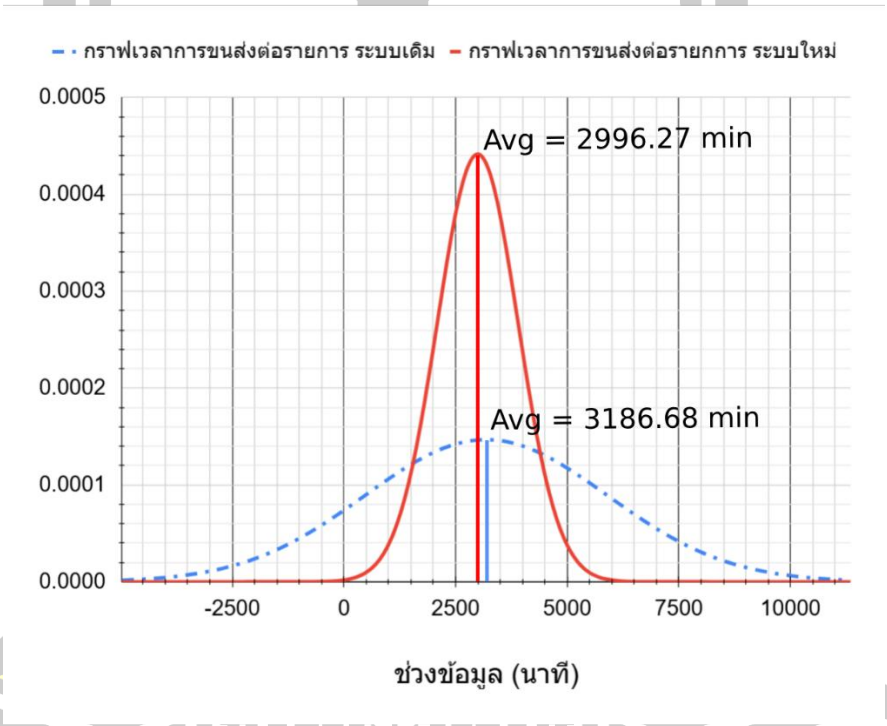


ภาพประกอบ 32 ผลการทดสอบ Availability Test ที่ 100% ของ Peak load เป็นเวลา 120 นาที

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดการสินค้าในกระบวนการขนส่ง ระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่ โดยหากสามารถจัดการกระบวนการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ สินค้าที่บรรจุเสร็จสิ้นจะ

มีเวลารอการขนส่งที่ต่ำ นับจากบรรจุเสร็จสิ้นจนถึงถูกขนส่งไปที่คลังสินค้า ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลระยะเวลาที่สินค้ารอการขนส่ง จำนวน 100 รายการใบส่งสินค้าจากทั้งสองระบบ จากนั้นนำมาสร้างเป็นกราฟระฆังคว่ำ (Bell Curve) เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยและการกระจายตัวของเวลารอการขนส่งในแต่ละรายการ ระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่ได้ดังภาพประกอบ 33 พบว่า การขนส่งในระบบเดิมสินค้าที่บรรจุเสร็จจะต้องรอการขนส่งเป็นเวลาเฉลี่ย 3186.68 นาที หรือ 2.21 วัน แต่ในส่วนกราฟการขนส่งในระบบใหม่มีเวลาเฉลี่ยที่สินค้ารอขนส่งอยู่ที่ 2996.27 นาที หรือ 2.08 วัน ซึ่งสินค้ามีเวลาการรอขนส่งลดลงจากระบบเดิม 190.41 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 5.98 หากเปรียบการกระจายตัวของเวลาที่ใช้จะพบว่าระบบใหม่ มีช่วงการกระจายตัวที่แคบกว่าระบบเดิมประมาณร้อยละ 38 กล่าวคือ การคาดการว่าสินค้าที่บรรจุเสร็จสิ้นจะถูกขนส่งในอีกกี่วันทำได้แม่นยำมากขึ้น



ภาพประกอบ 33 กราฟ Bell Curve เปรียบเทียบการกระจายตัวของสินค้าที่รอการขนส่ง ระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 ผลการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาระบบบันทึกข้อมูลและติดตามสถานะการขนส่งสินค้า (Transportation tracking system) เป็นงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการซึ่งมีสาเหตุมาจากการวางระบบการจัดการในกระบวนการเดิมไม่มีประสิทธิภาพ โดยดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ซึ่งใช้สถาปัตยกรรมแบบ SPA ร่วมกับสถาปัตยกรรม Server less เพื่อให้ได้ระบบที่เหมาะสมกับกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้า

ในระบบบันทึกข้อมูลและติดตามสถานการณ์ขนส่งสินค้า ประกอบไปด้วย 8 ฟังก์ชันหลักที่ครอบคลุมการทำงานตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางของกระบวนการได้แก่ ฟังก์ชันการยืนยันตัวตนเพื่อป้องกันผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้าใช้งานระบบและรักษาความปลอดภัยของผู้ไม่หวังดี ฟังก์ชันนำข้อมูลเข้าระบบ เพื่อควบคุมการนำเข้าข้อมูลที่ไม่ถูกต้องจากกระบวนการอื่นไม่ให้ส่งผลกระทบต่อการดำเนินงาน ฟังก์ชันบันทึกข้อมูลบรรจุสินค้า เพื่อตรวจสอบและนับจำนวนสินค้าซึ่งถูกผลิตและบรรจุในแต่ละพาเลทโดยมีการป้องกันการแก้ไขโดยพละการ ฟังก์ชันการจัดการข้อมูล เพื่อจำกัดสิทธิ์เฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องในการสามารถแก้ไขข้อมูล ฟังก์ชันการจัดการกระบวนการขนส่ง เพื่อให้สามารถจัดการสินค้าซึ่งจะถูกขนส่งได้อย่างเป็นระบบและมีการบันทึกประวัติไว้ ฟังก์ชันการส่งต่อข้อมูลและรายงานเพื่อเป็นส่วนส่งต่อข้อมูลไปยังกระบวนการอื่น ๆ ฟังก์ชันมอนิเตอร์กระบวนการ เพื่อให้สามารถตอบสอบและติดตามสินค้าและข้อมูลที่ไหลผ่านกระบวนการได้ สุดท้ายคือฟังก์ชันยืนยันการรับเข้าสินค้าเพื่อเป็นยืนยันการส่งออกสินค้าจากกระบวนการ นอกจากฟังก์ชันหลักที่ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาและจัดการข้อมูลภายในกระบวนการแล้ว ยังมีระบบภายในที่ช่วยสนับสนุนการทำงานของระบบหลักให้มีความมั่นคงและหน้าเชื่อถือ ซึ่งถูกดูแลโดยผู้ดูแลระบบ คือระบบป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในฟังก์ชันหลัก โดยในฟังก์ชันหลักจะมีการป้องกันการนำเข้าข้อมูลที่ไม่ถูกต้องเพื่อป้องกันปัญหาในเบื้องต้น หากเกิดข้อผิดพลาดจากการประมวลผลในฝั่งเซิร์ฟเวอร์ของระบบซึ่งไม่ทำให้เซิร์ฟเวอร์ล้มเหลว จะมีการบันทึกข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นและย้อนกลับธุรกรรมที่ไม่สมบูรณ์ (Rollback Transaction) เพื่อป้องกันข้อมูลที่ผิดพลาดถูกบันทึกเข้าฐานข้อมูล แต่หากข้อผิดพลาดดังกล่าวทำให้ระบบล้มเหลวจำเป็นต้องให้ผู้ดูแลระบบเข้ามาแทรกแซง โดยสลับไปใช้เซิร์ฟเวอร์สำรองแทนในระหว่างแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบหลัก

ผลการวิจัยและพัฒนาระบบติดตามสถานการณ์ขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สู่คลังสินค้า สามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ระบบติดตามสถานการณ์ขนส่งสินค้าที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยเลือกใช้สถาปัตยกรรมแบบ Application--SPA ในการออกแบบโดยภาพรวม และเลือกใช้สถาปัตยกรรมแบบ Serverless ในการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันส่วนการประมวลผล สามารถทำงานได้ตามความคาดหวังในทุกข้อที่ทดสอบ จำนวน 15 หัวข้อ เช่น การตรวจสอบก่อนบันทึกข้อมูลในฟังก์ชันบันทึกข้อมูลการบรรจุสินค้า หรือ การบันทึกประวัติการเปลี่ยนแปลงยอดสินค้าตลอดทั้งกระบวนการในทุกฟังก์ชันจึงสามารถติดตามการแก้ไขเปลี่ยนแปลงของสินค้าได้ตลอดกระบวนการ เป็นต้น นั่นทำให้ระบบสามารถสร้างมาตรฐานการบันทึกข้อมูล จัดระเบียบข้อมูล ติดตามสถานะสินค้า และสถานะการขนส่งได้ในระบบเดียว ดังนั้นระบบที่พัฒนาจึงสามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการส่งต่อข้อมูล จัดการข้อมูลและติดตามสถานะสินค้าในกระบวนการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่คลังสินค้าอย่างเป็นระบบได้ตามวัตถุประสงค์

2. จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ (performance test) ทั้ง 4 กรณี ประกอบด้วย Load test, Capacity test, Stress test และ Availability test พบว่า ระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้าที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นสามารถทำงานภายใต้โหลดปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองคำขอได้อย่างรวดเร็วจากผลการทดสอบ Load test และ Capacity test ที่แสดงให้เห็นว่า Response time และใช้ Resource อยู่ในระดับต่ำโดย Throughput สูง นอกจากนี้ระบบสามารถทำงานต่อเนื่องได้อย่างเสถียรและไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้งานจาก Availability test แต่เมื่อระบบทำงานที่โหลดสูงสุดเป็นเวลานานจะทำให้ใช้ Resource มากขึ้นในการประมวลผลนั่นอาจทำให้ความเสถียรลดลง ซึ่งมีการแก้ไขคือ การตั้งค่าการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ให้รีสตาร์ทเมื่อใช้ทรัพยากรมากเกินร้อยละ 70 เพื่อล่างแคชภายในระบบทำให้แก้ปัญหาเรื่องความหน่วงของระบบเมื่อทำงานต่อเนื่องได้ โดยเมื่อโหลดมากกว่า 800% ของ Peak load ปัจจุบันผู้ใช้งานจะเริ่มได้รับผลกระทบเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบจาก Response time ที่เพิ่มมากขึ้นจึงควรมีการพัฒนาระบบเพิ่มเติมเมื่อมีการใช้งานมากกว่า 96 req/sec ซึ่งโหลดของระบบจะถูกมอนิเตอร์โดยผู้ดูแลระบบ หากมีโหลดเกินขอบเขตที่ระบบรับได้สามารถให้ผู้ใช้งานส่วนหนึ่งสลับไปใช้งานผ่านเซิร์ฟเวอร์สำรองเพื่อลดโหลดการทำงานของระบบหลัก ซึ่งช่วยแก้ปัญหาได้เบื้องต้นระหว่างรอการขยายระบบ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้โหลดปัจจุบัน และมีความสามารถรองรับการขยายตัวได้มากถึง 8 เท่าของโหลดปัจจุบันก่อนที่ต้อง

ปรับปรุงระบบอีกครั้ง การทดสอบประสิทธิภาพทำให้ทราบประสิทธิภาพและข้อจำกัดของระบบจริง จึงสามารถหาแนวทางการป้องกันระบบก่อนเกิดปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์

ผลกระทบที่เกิดจากระบบติดตามสถานะการขนส่งสินค้าต่อธุรกิจ โดยการที่ระบบสามารถช่วยในการติดตามสอบกลับสินค้าที่มีปัญหาภายในกระบวนการได้ ทำให้ลดเวลาในการแก้ปัญหาด้านข้อมูลจาก 54.76 นาทีต่อปัญหา เหลือเพียง 15 นาทีต่อปัญหา ซึ่งคิดเป็นต้นทุนโดยตรงที่ลดได้มากกว่า 36,521.22 บาทต่อปี หรือ 4 ใน 5 ของระบบเดิม นอกจากนี้ระบบยังช่วยลดเวลาที่สินค้ารอคอยการขนส่งจากระบบเดิมลง 190.41 นาทีต่อรายการ หรือคิดเป็นร้อยละ 5.98 ซึ่งส่งผลให้กระบวนการสามารถจัดส่งสินค้าได้จำนวนรอบที่มากขึ้นในระยะเวลาเท่าเดิม กระบวนการขนส่งจึงมีประสิทธิภาพมากขึ้น และการที่สามารถคาดการเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าได้แม่นยำมากขึ้น เนื่องจากการกระจายตัวของเวลารอการขนส่งสินค้าในกระบวนการใหม่ลดลง ทำให้ฝ่ายคลังสินค้าสามารถวางแผนในการจัดการสินค้าที่จะเข้าสู่คลังได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นทำให้ใช้ต้นทุนในการบริหารจัดการคลังสินค้าต่ำในทางอ้อม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระบบติดตามสถานะสินค้าที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบ ติดตาม และจัดการกระบวนการขนส่งระหว่างโรงงานสู่คลังสินค้า สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกรณีศึกษา อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ขนาดกลาง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานและลดต้นทุนที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาระบบ

จากการดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบบันทึกข้อมูลและติดตามสถานะการขนส่งสินค้ามีปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาระบบ ดังนี้

1) เนื่องจากมีการควบคุมข้อมูลที่นำเข้าระบบให้ชัดเจนมากขึ้น จึงเกิดปัญหาที่ข้อมูลจากกระบวนการอื่นในปัจจุบันไม่อยู่ในรูปแบบที่ใช้งานได้สะดวก

2) กระบวนการทำงานในปัจจุบันยังไม่มีความชัดเจนในการจัดการข้อมูล จึงใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลมาก

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการวิจัยทางผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ และแนวทางในการพัฒนาระบบในอนาคต ดังนี้

1.ระบบติดตามสถานะสินค้าที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้จัดการกระบวนการขนส่งในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ขนาดกลางได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ให้ความสำคัญกับเวลาและประสิทธิภาพในกระบวนการขนส่งได้ เช่น อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ที่ให้ความสำคัญด้านเวลาการขนส่งเพื่อรักษาความสดใหม่ของ

วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ จึงต้องติดตามสถานะการขนส่งของสินค้าอย่างใกล้ชิดซึ่งสามารถใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นในการติดตามและจัดการกระบวนการได้ อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัด ที่ต้องกำหนดจุดหมายปลายทางที่ชัดเจน และไม่มีฟังก์ชันคำนวณระยะทางแบบเปลี่ยนแปลงได้ตามปลายทาง ซึ่งอาจไม่เหมาะกับการจัดส่งที่ไม่มีจุดหมายปลายทางที่แน่นอน เนื่องจากฟังก์ชันการคำนวนประสิทธิภาพการขนส่งไม่รองรับการคำนวนเวลาในการขนส่งที่แตกต่างกัน หรือในอุตสาหกรรมด้านโลจิสติกส์ที่มีการขนส่งสินค้าแบบ Door-to-Door ซึ่งจะมีปลายทางการขนส่งเปลี่ยนไปตามลูกค้า เป็นต้น

2. เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านงบประมาณและเวลาในการพัฒนาจึงได้พัฒนาระบบให้ผู้ปฏิบัติงานเป็นคนนำเข้าข้อมูลและใช้เทคโนโลยีซึ่งมีค่าใช้จ่ายต่ำในการติดตามสินค้า ในอนาคตสามารถพัฒนาระบบโดยการนำเอาเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (IoT) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการติดตามพาเลทสินค้าเพื่อให้สามารถตรวจสอบและบันทึกข้อมูลในการขนส่ง รวมถึงการรับสินค้าเข้าคลังแบบอัตโนมัติและลดข้อผิดพลาดในการกรอกข้อมูลได้ ซึ่งสามารถพัฒนาระบบเดิมต่อได้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

Ambore, S. (2021). *Web Application Development: Full & Detailed Guide For 2022*. https://www.linkedin.com/pulse/web-application-development-full-detailed-guide-2022-sham-ambore/

Andersson, M. (2023). *The Importance of Web Application Architecture*.

Ashwin K Chandrasekhar, A. S. C. (2021). Comparative Analysis of Load Testing Tools. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, *9*(6), 758-764.

Bilal Al-Ahmad, k. A. D. (2020). Survey of Testing Methods for Web Applications. *European International Journal of Science and Technology*, *9*(12), 1-22.

Chi, C. (2023). *A Beginner's Guide to Data Flow Diagrams*. https://blog.hubspot.com/marketing/data-flow-diagram

Chuanrakthum, P., Sudjidsomphote, T., & Joomsoda, L. (2020). แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่ง ไปรษณียภัณฑ์และพัสดุไปรษณีย์ของ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด. *The Journal of Pacific Institute of Management Science*, *6*, 348-356. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/pacific/article/view/246925

Ferràs-Hernández, X., Tarrats-Pons, E., & Arimany-Serrat, N. (2017). Disruption in the automotive industry: A Cambrian moment. *Business Horizons*, 855-863.

Igor Jugo, D. K., Ana Meˇstrovi´c. (2014). Analysis and Evaluation of Web Application. , (pp. 40-56). . 14th International Conference, ICWE 2014, Toulouse, France, July 1-4, 2014, Proceedings, Toulouse, France: Université Paul Sabatier.

İlayda, Y. D. (2023). *A Deep Dive into SDLC: From Planning to Deployment | Product Coalition*. https://productcoalition.com/a-comprehensive-guide-to-the-software-development-life-cycle-sdlc-15b7892e1d44

Jain, M. (2023). *Understanding Data: Definition, Importance, and Its Four Key Aspects*. https://www.linkedin.com/pulse/understanding-data-definition-importance-its-four-key-manas-jain/

Jintan Sehapong, ฐ. s. (2015). Effective Transportation Management with Radio Frequency Identification (RFID) Technology. *Journal of Business Administration The Association of Private Higher Education Institutions of Thailand*, *4*(1).

M.Kroenke, D., & J.Auer, D. (2010). Database concepts. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292076249_A24580004/preview-9781292076249_A24580004.pdf

Navathe, S., & Elmasri, R. (2007). *Fundamentals of Database Systems 7th ed.* Ramez Elmasri and Shamkant B. Navathe.

Patil, S. S. (2012). Identification of Performance Improving Factors for Web Application by Performance Testing. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering 2*(8), 433-436.

Pattara Leelaprute, N. C. (2018). Development of system and database for Capacity Planning in Integrated Circuit Manufacturing. *Development of system and database for Capacity Planning in Integrated Circuit Manufacturing*, *12*(2).

Phanthali, P. (2020). Social Changes in the 21st Century. *Mekong Region Journal*, *3*(2), 44-55.

Piyunggoon Orsuwan, S. T. (2023). Web Application Development for Efficient and Paperless Disbursement of Office Supplies. Case study 9th Armoured Regiment, 4th Infantry Division. *Journal of Logistics and Digital Supply Chain*, *1*(3), 52-67.

R.Goelgner, C., & Ritchie, J. R. B. (2012). *TOURISM Principles, Practices, Philosophies*. John Wiley & Sons, Inc.

Thomas, M. (2020). *Guide to Mobile App Development: Web vs. Native vs. Hybrid*. https://www.coderus.com/guide-to-mobile-app-development-web-vs-native-vs-hybrid/

Tu, Z. (2023). Research on the Application of Layered Architecture in Computer Software Development. *Journal of Computing and Electronic Information Management*, *11*(3), 34-38.

Vettor, R., Smith, S., Torre, C. D. l., Anil, N., Likness, J., Phillip, C., Ghosh, S., & MairaWenzel. (2023). *Architecting-Cloud-Native-NET-Apps-for-Azure*. Microsoft Developer Division, .NET, and Visual Studio product teams.

จูฑะมณีโรจน์, ด. (2021). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับการเรียนการสอนโดยใช้การตัดสินใจเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมกาประเมิณเหตุผลสำหรับนักศึกษาแพทย์ชั้นพรีคลินิก.

เถาชารี, เ. (2558). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางโลจิสติกส์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์. *thailandindustry*. Retrieved ตุลาคม, from

http://thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=110&section=5&issues=10

ปราณี, ป. (2018). การออกแบบระบบเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูลลูกค้าที่ซื้อรถยนต์ ใหม่. มหาวิทยาลัยมหิดล, ค.). *Use Case Diagram*. https://www.rama.mahidol.ac.th/ramapharmacy/sites/default/files/public/pdf/Use-Case-Diagram.pdf

รัตนวิไลสกุล, เ., เติมแต้ม, ธ., เข็มทอง, ต., & กิจนบำรุงศักดิ์, ศ. (2021). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแบบคำร้องสำหรับนักศึกษา. *The Journal of Industrial Technology : Suan Sunandha Rajabhat University*, 44-52.

เลิศรัศมีวงศ์, ฐ. (2021). การพัฒนาเว็ปแอปพลิเคชันสำหรับจัดการการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการการวางแผนทางการเงินร่วมกับระบบบริหารเงินแบบหกโหล เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมทางการเงินของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.

สมสาร์, ป. (2561). ระบบบริหารจัดการข้อมูลผู้ขาย กรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์.

อธิกุลรัตน์, ก., & แจ้งรักษ์สกุล, ศ. (2023). การออกแบบและใช้งานระบบสื่อสารด้านโลจิสติกส์การผลิตด้วยกูเกิลเวิร์คสเปซ กรณีศึกษา บริษัทไฮเทคพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด. *Journal of Professional Routine to Research*.

อินสมตัว, ณ., & กสิกิจวิวัฒน์, ป. (2563). การประเมินมูลค่าเวลาในการขนส่งสินค้าเกษตร. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยทาแห่งชาต, ชลบุรี.

อุดมธนะธีระ, เ. (2557). ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการขนส่ง (Information technology systems in transportation management). *IOK2U*. Retrieved กันยายน 15, from https://www.iok2u.com/article/logistics-supply-chain/lm57-information-technology-systems-in-transportation-management

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	วิมุตติพันธ์ พลมั่น
วันเกิด	25 สิงหาคม 2544
สถานที่เกิด	จังหวัดกาฬสินธุ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	42/1 ตำบลหนองชุมพล อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพรชบุรี
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นักศึกษาฝึกงาน(ปริญญาโท)
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คอมแพ็ค อินเตอร์เนชั่นแนล (1994) สาขาเขาย้อย เพชรบุรี เลขที่ 36 หมู่ 4 ตำบลหนองชุมพล อำเภอเขาย้อย เพชรบุรี 76140
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	ทุนสนับสนุนจากโครงการ Work-Integrated Learning

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว