



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การบูรณาการการจัดการทรัพยากรอย่างชาญฉลาดกับระบบระบุเอกลักษณ์
ของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุร่วมกับการสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ตสำหรับโลจิสติกส์และ
การจัดการห่วงโซ่อุปทาน

โดย ผศ.ดร. โสมสิริ จันทรสกุล และคณะ

ตุลาคม 2558

สัญญาเลขที่ RDG5750089

สัญญาเลขที่ RDG5750089

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การบูรณาการการจัดการทรัพยากรอย่างชาญฉลาดกับระบบระบุเอกลักษณ์
ของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุร่วมกับการสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ตสำหรับโลจิสติกส์และ
การจัดการห่วงโซ่อุปทาน

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. ผศ.ดร. โสมสิริ จันทรสกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. ดร. เหยียน จ้าว จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช.-สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

ระบบการจัดการการส่งสินค้า ข้อมูล และทรัพยากรต่างๆ หรือที่เรียกว่าระบบโลจิสติกส์ (Logistics) รวมทั้งการบริหารจัดการโซ่อุปทานนั้นได้รับความสนใจและนำมาปรับใช้อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในประเทศที่เจริญแล้ว ประเทศไทยก็ได้มีการนำหลักการดังกล่าวมาปฏิบัติอย่างจริงจังโดยเน้นการนำศาสตร์ทางวิศวกรรมศาสตร์และการบริหารธุรกิจมาปรับใช้ อย่างไรก็ตามศาสตร์ทางด้านการจัดการสารสนเทศก็มีความสำคัญอย่างมากแต่อาจมีการนำมาปรับใช้เฉพาะในผู้ประกอบการรายใหญ่ที่มีความสามารถในการรองรับการเพิ่มระบบใหม่ที่ต้องมีการลงทุนในขั้นต้นและพนักงานที่สามารถดำเนินงานได้ ดังนั้นการนำเครื่องมือในการจัดการสารสนเทศผ่านระบบซอฟต์แวร์ที่มีการเชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อสถานะของผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่งและสามารถทำการสื่อสารอย่างครบวงจรนั้นยังไม่ใช่ที่แพร่หลายนัก

โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นในการศึกษาระบบการทำงานร่วมกันของระบบสื่อสารผ่านเครือข่าย Internet และการประยุกต์ใช้ระบุเอกลักษณ์ของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุ หรือ RFID และพัฒนาต้นแบบระบบที่ใช้ในติดตามสถานะของผลิตภัณฑ์หรือปัจจัยการผลิตและทำการส่งข้อมูลสถานะของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนถ่ายโดยอัตโนมัติเพื่อให้เกิดการสื่อสารข้อมูลสารสนเทศอย่างครบวงจร โดยจะมุ่งเน้นไปยังระบบบริหารจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management System) ของโรงงานอุตสาหกรรม เริ่มตั้งแต่การรับปัจจัยการผลิตเข้ามาจัดเก็บภายในคลังสินค้า การบริหารจัดการในการเก็บขึ้นชั้นวาง ไปจนถึงการเบิกจ่ายปัจจัยการผลิตออกมาจากคลังเพื่อนำไปใช้ในสายการผลิต

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีทางด้านการสื่อสารและการจัดการสารสนเทศและทำการออกแบบระบบที่ใช้ในการบริหารจัดการคลังสินค้า จากนั้นได้ทำการพัฒนาต้นแบบระบบบริหารจัดการการขนส่งและการจัดเก็บวัตถุในคลังโดยอัตโนมัติผ่านการบูรณาการเทคโนโลยีทางด้านการสื่อสาร (Internet และ RFID) และสร้าง Software Interface เพื่อรองรับการควบคุมการทำงานของระบบ โดยภาพรวมระบบที่สร้างขึ้นประกอบด้วย

1. ระบบซอฟต์แวร์ที่รองรับการบริหารจัดการคลังสินค้าเข้าหรือวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ตั้งแต่การลงทะเบียนวัตถุดิบใหม่ที่ถูกส่งเข้ามาในโรงงานและทำการติดตามสถานะของวัตถุดิบนั้นๆแบบอัตโนมัติผ่านระบบ RFID-based Internet of Things เริ่มจากการเคลื่อนวัตถุดิบเข้าสู่คลังสินค้า การนำขึ้นเก็บบนชั้นวางในคลังสินค้า และกระบวนการในการเบิกจ่ายวัตถุดิบเพื่อนำไปใช้ในสายการผลิตหรือการคืนกลับวัตถุดิบที่ใช้ไม่หมด ซึ่งก็จะใช้การติดตามสถานะผ่านการใช้ RFID เทคโนโลยีร่วมกับ

การสื่อสารผ่าน Internet ในระบบนี้จะมีทั้งการตรวจจับสถานะโดยใช้ RFID reader ที่เชื่อมต่อ Internet ในรูปแบบไร้สาย (ผ่าน Handheld device) และในรูปแบบมีสาย

2. ระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการติดตามสถานะของวัตถุดิบที่เข้ามาในคลังสินค้า ซึ่งจะต้องมีการเชื่อมต่อข้อมูลสถานะวัตถุดิบภายใต้การทำงานของระบบซอฟต์แวร์เพื่อนำข้อมูลส่งไปประมวลผลและเก็บในฐานข้อมูลกลาง โดยจะมุ่งเน้นไปยังการออกแบบโครงสร้างและการทำงานของ RFID Gate เพื่อให้ระบบสามารถตรวจจับวัตถุดิบที่ผ่านเข้าออกได้โดยอัตโนมัติและได้อย่างครบถ้วนในเวลาจริง (Real Time)

เมื่อพัฒนาแล้วเสร็จได้มีการทำการทดสอบระบบในเชิงความสามารถในการทำงานตามที่ได้ออกแบบมาทั้งในห้องปฏิบัติการและการทดสอบในคลังวัตถุดิบของสถานประกอบการจริง นอกจากนี้ยังมีการทดสอบเพื่อหาขอบเขตการทำงานของระบบภายในห้องปฏิบัติการ อาทิเช่น ความเร็วในการเคลื่อนผ่านของวัตถุและจำนวนวัตถุที่ระบบสามารถตรวจจับได้ เป็นต้น

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนากลไกอันชาญฉลาดในการจัดสรรทรัพยากรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการคลังสินค้า ในคลังสินค้าการหยิบสินค้าเป็นกิจกรรมที่สำคัญมากเนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ใช้ปริมาณคนมากที่สุดในการบรรดาภิกรรมต่างๆในคลังสินค้า ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนต่างๆในคลังสินค้าด้วยเช่นกัน เช่นเดียวกับนักวิจัยจากประเทศอังกฤษที่เห็นพ้องว่าการหยิบสินค้าอาจส่งผลได้มากถึง 63 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมดในคลังสินค้า ดังนั้นกิจกรรมในการปรับปรุงผลิตผลในการทำงาน (Productivity) จึงมักจะได้รับความสำคัญเป็นอันมาก ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์หลักการต่างๆในการเลือกเส้นทางเพื่อเข้าไปหยิบสินค้าจากคลังสินค้าที่มีขนาดใหญ่ โดยได้ทำการทดลองวิธีการหยิบสินค้าอยู่ด้วยกัน 4 วิธีด้วยกัน นั่นคือ การหยิบสินค้าแบบ Return, แบบ Midpoint, แบบ Largest gap, และ แบบ Optimal routing โดยใช้ GA algorithm ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ซึ่งเราจะใช้วิธีการการหยิบสินค้าแบบ Batch Picking โดยจะทำการรวบรวม คำสั่งซื้อก่อนแล้วค่อยจัดเรียงคำสั่งซื้อก่อนเข้าหยิบสินค้า จากผลการทดลองที่ได้ GA algorithm ให้ระยะทางที่สั้นที่สุด จากนั้นได้นำเสนอหลักการการสับเปลี่ยนตำแหน่งการจัดวางโดยพิจารณาค่าสถิติการเบิกจ่ายที่เกิดขึ้นและทำการทดลองผ่านการจำลองทางคอมพิวเตอร์ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าจะสามารถลดระยะทางในการทำงานได้ในภาพรวม

จากการดำเนินงานวิจัยทำให้ได้ต้นแบบระบบที่ใช้ในการบริหารจัดการคลังสินค้าซึ่งสามารถรองรับการตรวจจับสถานะวัตถุดิบที่เข้าและออกจากคลังสินค้าโดยอัตโนมัติรวมถึงการติดตามตำแหน่งที่ถูกจัดวางและส่งข้อมูลสถานะและตำแหน่งนั้นในเวลาจริงผ่านระบบการสื่อสารที่ครบวงจรเพื่อการแสดงผลและติดตามสถานะวัตถุดิบนั้นๆ โดยที่ระบบหากมีการนำไปปรับใช้ในสถานประกอบการจริงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารงาน

ภายในคลังและลดความผิดพลาดที่เกิดจากบุคลากรได้ นอกจากนี้ระบบที่สร้างขึ้นยังสามารถทำการปรับใช้ต่อยอดเพื่อรองรับการรักษาความปลอดภัย เช่น การใช้ระบบแจ้งเตือนเมื่อมีการนำวัสดุออกจากคลังโดยไม่มีการเบิกจ่าย หรือ สร้างรูปแบบในการทำรายงานสรุปสถิติการทำงานของคลังสินค้าเพื่อการปรับปรุงขั้นตอนการดำเนินงานต่อไป

ต้นแบบระบบที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปปรับใช้กับคลังสินค้าในรูปแบบต่างๆได้ และเนื่องจากได้สร้างองค์ความรู้ขึ้นภายในประเทศทำให้สามารถลดต้นทุนในการพัฒนาระบบมาใช้งานโดยเฉพาะสำหรับ SME ภายในประเทศ ด้วยความรู้ที่ได้จากการทำงานวิจัยทำให้ทราบว่าเราสามารถสร้างระบบในการบริหารจัดการคลังสินค้าอย่างครบวงจรโดยใช้ระบบการตรวจจับสถานะของวัตถุดิบโดยอัตโนมัติขึ้นมาเองได้ ซึ่งข้อดีอีกอย่างหนึ่งที่จะตามมาคือความสามารถในการออกแบบระบบให้สอดคล้องกับการทำงานของแต่ละองค์กรโดยสามารถเลือกออกแบบการทำงานให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานจริง โดยรวมแล้วน่าจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อการสร้างและติดตั้งระบบในภาพรวม

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันทั่วโลกโดยเฉพาะประเทศที่เจริญแล้วได้ให้ความสำคัญในด้านการพัฒนาระบบโลจิสติกส์รวมทั้งการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานอันเนื่องมาจากการบริหารจัดการการส่งสินค้า ข้อมูล และทรัพยากรต่างๆอย่างมีประสิทธิภาพนั้นจะสามารถช่วยลดต้นทุนการประกอบการอันเนื่องมาจากการใช้ทรัพยากรทั้งในเชิงแรงงานคน และทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างเหมาะสมและให้ผลสูงสุด หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่จะส่งเสริมให้เกิดระบบโลจิสติกส์และโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพนั้นคือการบริหารจัดการข้อมูลผ่านระบบสารสนเทศอย่างครบวงจร เพื่อที่จะสามารถติดตามสถานะของวัตถุต่างๆภายในระบบรวมถึงการตรวจวัดการทำงานในแต่ละขั้นตอนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในประเทศไทยมีการนำระบบการจัดการสารสนเทศมาช่วยในการบริหารจัดการหากแต่ยังไม่ทั่วถึงนัก โดยเฉพาะผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กซึ่งอาจไม่มีความพร้อมในการลงทุนกับระบบใหม่ที่ต้องใช้เทคโนโลยีการสื่อสารมาประยุกต์ใช้และบุคลากรเองก็ไม่มี ความเชี่ยวชาญในการสร้างระบบขึ้นใช้ได้เอง จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้โดยมุ่งเน้นการศึกษาเทคโนโลยีการสื่อสารและการจัดการสารสนเทศที่ใช้ในระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน เพื่อให้ นักวิจัยไทยสามารถสร้างองค์ความรู้และพัฒนาต้นแบบระบบในการนำเทคโนโลยีทางด้านการสื่อสารมาปรับใช้ในระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน นอกจากนี้ยังรวมถึงการศึกษาเพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีอันชาญฉลาดในการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้หลักการทางปัญญาประดิษฐ์ที่เหมาะสมเพื่อลดการใช้ทรัพยากรในการทำงาน จากการดำเนินการของโครงการวิจัยนี้ต้นแบบระบบที่ใช้ในการบริหารจัดการคลังสินค้าได้ถูกสร้างขึ้น ระบบที่สร้างขึ้นนี้สามารถรองรับการตรวจนับสถานะวัตถุดิบที่เข้าและออกจากคลังสินค้าโดยอัตโนมัติ รวมถึงการติดตามตำแหน่งที่ถูกจัดวางและส่งข้อมูลสถานะและตำแหน่งนั้นในเวลาจริงผ่านระบบการสื่อสารที่ครบวงจรเพื่อการแสดงผลและติดตามสถานะวัตถุนั้นๆ โดยที่ระบบหากมีการนำไปปรับใช้ในสถานประกอบการจริงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารงานภายในคลังและลดความผิดพลาดที่เกิดจากบุคลากรได้ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาหลักการต่างๆในการเลือกเส้นทางเพื่อเข้าไปหยิบสินค้าจากคลังสินค้าที่มีขนาดใหญ่ โดยได้ทำการทดลองวิธีการหยิบสินค้าอยู่ด้วยกัน 4 วิธีด้วยกัน นั่นคือ การหยิบสินค้าแบบ Return, แบบ Midpoint, แบบ Largest gap, และ แบบ Optimal routing โดยใช้ GA algorithm ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด จากผลการทดลองผ่านแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ GA algorithm ให้ระยะทางที่สั้นที่สุด จากนั้นได้นำเสนอหลักการในการสับเปลี่ยนตำแหน่งการจัดวางโดยพิจารณาค่าสถิติการเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นและทำการทดลองผ่านการจำลองทางคอมพิวเตอร์ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าจะสามารถลดระยะทางในการทำงานได้ในภาพรวม

Abstract

In today's world, most of the countries worldwide especially the developed countries have focus on the development of logistics and supply chain management. This is because the effective management of goods delivery and information flow could lead to operation cost reduction due to efficient use of both human resources and natural resources. One of the key factors promoting efficient logistics and supply chain management system is the seamless data management through enabled information technologies in order to be able to track the status of objects within the system including the effective monitoring of all works in process. In Thailand, large enterprises have started to integrate information technology system to assist in the administration. However, Small and Medium-sized Enterprises (SMEs) may not be ready to invest in new systems that require communication technology applications as well as personnel do not have the expertise to build the system for themselves. This research is therefore focusing on the study of communication technology and information management system used in logistics and supply chain management to enable Thai researchers to build in-house knowledge and able to adapted communication system technologies in enhancing logistics and supply chain management. It also includes studies to develop an intelligent algorithm based on artificial intelligent approach for efficient resource allocation. The aim is to reduce the use of resources in the operation process. The main research outcome is the prototype of automatic warehouse management system, which provides real-time raw material tracking from entering the warehouse until the shelf arranging process. The system should enhance warehouse management as well as reducing possible human errors. In addition, mechanisms for route finding in batch picking process for the large-scale warehouse have been studied. Four popular techniques are used including return, midpoint, largest gap, and optimal routing based on GA algorithm. From simulation test, GA algorithm allows the shortest route. Then, goods rearrangement mechanism based on batch picking statistics has been proposed and studied. From the simulation tests, the rearrangement process allows lower overall travelling distance.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	10
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	10
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	12
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	13
บทที่ 2 แผนการดำเนินงาน	14
2.1 แผนการวิจัยตามข้อเสนอโครงการ	14
2.2 แผนการวิจัยตามที่ได้ดำเนินงานจริง	15
บทที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อรองรับการพัฒนาระบบโลจิสติกส์	18
3.1 ทฤษฎีพื้นฐาน	18
3.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 4 โครงสร้างต้นแบบระบบ RFID-based Internet of Things	23
4.1 การออกแบบภาพรวมการทำงานของระบบ	23
4.2 การออกแบบโครงสร้างทางซอฟต์แวร์	24
4.3 การออกแบบโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์	27
4.4 การทำงานของระบบ Warehouse Management	31
4.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ	39
4.6 ซอฟต์แวร์อินเตอร์เฟซและตัวอย่างการใช้งาน	46

บทที่ 5	กลไกอันชาญฉลาดในการจัดสรรทรัพยากร	56
5.1	บทนำ	56
5.2	Genetic Algorithm (GA) สำหรับแบบจำลองการจัดการคลังสินค้า	59
5.3	การจัดเรียงสินค้าที่เหมาะสมที่สุด (Slotting Optimization)	67
5.4	การทำการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพจากการใช้กลไกที่สร้างขึ้น	74
5.5	สรุปผลการดำเนินงานและการนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต	82
บทที่ 6	การทดสอบการทำงานของระบบต้นแบบ	84
6.1	การทดสอบการทำงานของระบบภายในห้องปฏิบัติการ (Lab Test)	84
6.2	การทดสอบการทำงานของระบบ ณ สถานที่ประกอบการ (Onsite Test)	105
บทที่ 7	สรุปและข้อเสนอแนะ	116
7.1	สรุปผลการศึกษาวิจัยและพัฒนา	116
7.2	การวิเคราะห์ต้นทุนในการสร้างระบบต้นแบบ	118
7.3	การวิเคราะห์เชิงการนำไปใช้งาน	119
7.4	ข้อเสนอแนะในการต่อยอดงานวิจัย	120
เอกสารอ้างอิง		122

บทที่ 1

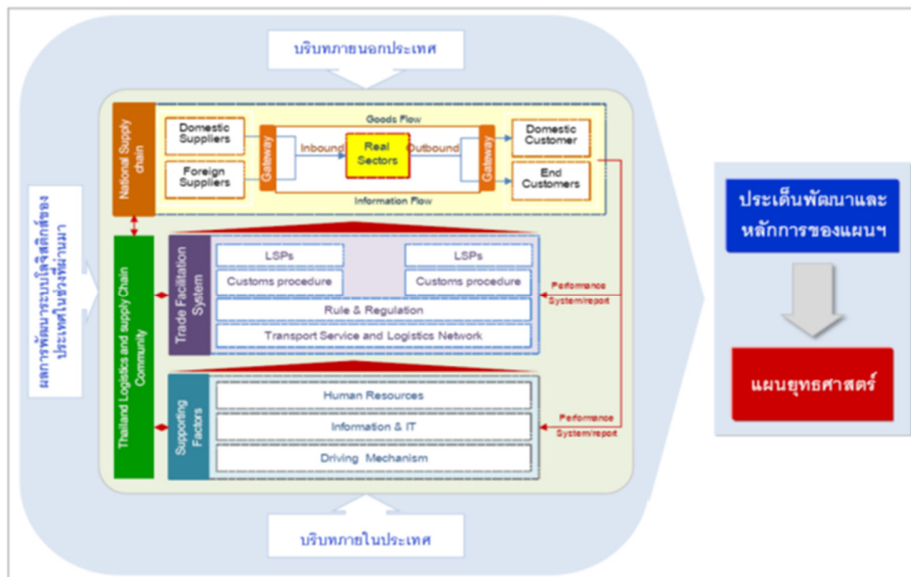
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เป็นที่ทราบกันดีว่าระบบการจัดการการส่งสินค้า ข้อมูล และทรัพยากรต่างๆ หรือที่เรียกว่าระบบโลจิสติกส์ (Logistics) รวมทั้งการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานนั้นได้รับความสนใจและมีการนำหลักการมาปรับใช้กันอย่างแพร่หลายในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาโดยเฉพาะในประเทศที่มีความพร้อมสูง รวมถึงในประเทศไทยก็ได้มีการนำหลักการดังกล่าวมาปฏิบัติอย่างจริงจัง อย่างไรก็ตามเมื่อกล่าวถึงระบบโลจิสติกส์ไทย โดยมากจะทำให้นึกถึงระบบการจัดเก็บคลังสินค้า การบริหารจัดการระบบขนส่งต่างๆ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการขนส่งสินค้า อาทิเช่น ระบบรถบรรทุก ระบบราง และระบบขนส่งผ่านอากาศยาน ซึ่งโดยหลักการแล้วระบบโลจิสติกส์จะประกอบไปด้วยศาสตร์หลักๆ 3 ด้านคือหลักการทางวิศวกรรมศาสตร์ การบริหารธุรกิจ และการจัดการสารสนเทศ ศาสตร์ที่มีการมุ่งเน้นในบ้านเราจะเป็นการปรับใช้สองด้านแรกเป็นหลักโดยมุ่งเน้นการวางแผนทางธุรกิจและการบริหารจัดการกิจกรรมในการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งสินค้าและปัจจัยการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพและลดการใช้ทรัพยากรในด้านต่างๆ สำหรับศาสตร์ทางด้านการจัดการสารสนเทศอาจมีการนำมาปรับใช้โดยเฉพาะในผู้ประกอบการรายใหญ่ที่มีความสามารถในการรองรับการเพิ่มระบบใหม่ที่ต้องมีการลงทุนในขั้นต้นและพนักงานอาจยังไม่มี ความคุ้นเคยมาก่อน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผู้ผลิตและกลุ่มผู้ใช้งานระบบขนส่งสินค้าในประเทศไทยในปัจจุบัน การนำหลักการทางโลจิสติกส์โดยเฉพาะในการปรับใช้เครื่องมือในการจัดการสารสนเทศผ่านระบบซอฟต์แวร์ที่มีการเชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการเช็คสถานะของผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่งและสามารถทำการสื่อสารอย่างครบวงจรนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก ดังนั้นการทำการศึกษาเพื่อทดสอบและพัฒนาระบบทางเทคนิค การเผยแพร่ และการนำเสนอเทคโนโลยีทางด้านสารสนเทศเพื่อรองรับการพัฒนา ระบบโลจิสติกส์ในบ้านเราให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและครบวงจรจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการส่งเสริมการพัฒนา ระบบโลจิสติกส์ไทยในภาพรวมให้ก้าวหน้าทัดเทียมนานาชาติ นอกจากนี้ผู้ประกอบการเองก็จะสามารถลดต้นทุนการผลิตอันเนื่องมาจากการจัดการทรัพยากรอย่างเหมาะสม

จากแผนยุทธศาสตร์การพัฒนา ระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย ฉบับที่ 2 (2556-2560) [1] ได้มีการอ้างอิงถึงแผนยุทธศาสตร์การพัฒนา ระบบโลจิสติกส์แห่งชาติ พ.ศ. 2550-2554 ซึ่งเป็นฉบับก่อนหน้านั้นว่าได้มีการมุ่งเน้นการพัฒนาภายใต้กรอบยุทธศาสตร์ที่สำคัญ 5 ด้าน ได้แก่ (1) การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบโลจิสติกส์ในภาคการผลิต (2) การเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งและโลจิสติกส์ (3) การพัฒนาธุรกิจโลจิสติกส์ (4) การปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกทางการค้า และ (5) การพัฒนากำลังคน ข้อมูล และกลไกการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ และได้

นำเสนอกรอบในการพิจารณาเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ของระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานของประเทศไทย
 อย่างเป็นระบบครบวงจรดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์สถานการณ์ของระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานของประเทศไทย
 [1]

กล่าวโดยสรุปได้ว่าระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทยในภาพรวมมีประสิทธิภาพดีขึ้นเห็นได้จากแนวโน้มต้นทุนการลงทุนทางโลจิสติกส์ของไทยมีแนวโน้มที่ลดลง มูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจของธุรกิจให้บริการโลจิสติกส์ภายในประเทศสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และภาคธุรกิจไทยก็มีการตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาระบบ โลจิสติกส์ภายในองค์กร อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังมีการพัฒนาทางด้านโลจิสติกส์ที่ช้ากว่าต่างประเทศในภูมิภาคเอเชีย

ดังนั้นในแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย ฉบับที่ 2 (2556-2560) จึงมุ่งเน้น “การอำนวยความสะดวกทางการค้าและการจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อความสามารถในการแข่งขัน” ผ่าน 3 ภารกิจหลัก คือ การสร้างความเข้มแข็งให้กับผู้ประกอบการไทยในห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Enhancement), การยกระดับประสิทธิภาพระบบอำนวยความสะดวกทางการค้า (Trade Facilitation Enhancement) และการพัฒนาปัจจัยสนับสนุน (Capacity Building and Policy Driving Mechanism)

จากที่ได้เกริ่นนำ ถึงแม้ผู้ประกอบการจะมีการตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาระบบโลจิสติกส์และการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทาน มีเพียงส่วนน้อยที่ได้ทำการนำมาปรับใช้อย่างครบวงจรเนื่องจากผู้ประกอบการ

ส่วนมากยังขาดความพร้อมและปัจจัยสนับสนุน ซึ่งส่วนหนึ่งคือการขาดความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีที่สำคัญที่ต้องนำมาบูรณาการภายในระบบการทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการจัดการสารสนเทศที่ใช้ในระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน โดยมุ่งเน้นการศึกษาเทคโนโลยีทางการจัดการสารสนเทศที่มีการนำเสนอมาแล้วและสามารถนำมาปรับใช้เพื่อการปรับปรุงระบบโลจิสติกส์โดยรวม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบขนถ่ายและระบบบริหารคลังสินค้า เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตอันเนื่องมาจากการใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม

2. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีและพัฒนาต้นแบบระบบในการนำเทคโนโลยีทางการสื่อสารมาปรับใช้ในระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน เพื่อการสื่อสารข้อมูลของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนถ่ายโดยอัตโนมัติและอย่างครบวงจร โดยมุ่งเน้นการศึกษาระบบการทำงานร่วมกันของระบบสื่อสารผ่านเครือข่าย Internet และการประยุกต์ใช้ระบบ RFID เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบที่ใช้ในติดตามสถานะของผลิตภัณฑ์หรือปัจจัยการผลิตและทำการส่งข้อมูลสถานะของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนถ่ายโดยอัตโนมัติเพื่อให้เกิดการสื่อสารข้อมูลสารสนเทศอย่างครบวงจร โดยจะมุ่งเน้นไปยังระบบบริหารจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management System) ของโรงงานอุตสาหกรรม เริ่มตั้งแต่การรับปัจจัยการผลิตเข้ามาในคลังสินค้า การบริหารจัดการในการเก็บขึ้นชั้นวาง ไปจนถึงการเบิกจ่ายปัจจัยการผลิตออกมาจากคลังเพื่อนำไปใช้ในสายการผลิต

ในส่วนของการรับปัจจัยการผลิตหรือวัตถุดิบเข้ามาในคลังสินค้า วัตถุดิบจะมีการติด RFID tag และผ่านการสแกนเข้าสู่ระบบเพื่อการติดตามสถานะของวัตถุดิบนั้นๆ ในส่วนของการบริหารจัดการในการเก็บขึ้นชั้นวาง ระบบจะทำการแจ้งตำแหน่งในการนำวัตถุดิบเพื่อให้บุคลากรนำไปเก็บ ในส่วนของการเบิกจ่ายปัจจัยการผลิตออกมาจากคลังเพื่อนำไปใช้ในสายการผลิต วัตถุดิบที่ต้องการเบิกจ่ายจะถูกป้อนเข้าสู่ระบบผ่านโปรแกรมอินเตอร์เฟส จากนั้นระบบจะทำการตัดสินใจและแจ้งผลเป็นตำแหน่งของวัตถุดิบเพื่อให้บุคลากรเข้าไปทำการขนถ่ายโดยจะต้องผ่านจุดตรวจสอบซึ่งจะทำการสแกน RFID tag ของวัตถุดิบนั้นๆ ว่าถูกต้องหรือไม่ก่อนที่จะสามารถนำวัตถุดิบออกจากคลังเข้าสู่สายการผลิตต่อไป

3. เพื่อการศึกษาและพัฒนาขั้นตอนวิธีอันชาญฉลาดในการจัดสรรทรัพยากร (Intelligent resource allocation algorithm) เพื่อการบริหารงานโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน โดยมุ่งเน้นในการค้นคว้าเพื่อทำการประยุกต์ใช้หลักการทางปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ที่เหมาะสมในการพัฒนาอัลกอริธึมฉลาดในการจัดสรรทรัพยากรซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการบริหารงานโลจิสติกส์ โดยกลไกดังกล่าวจะทำการ

ประมวลผลจากข้อมูลที่เก็บไว้ระหว่างการปฏิบัติงานและนำเสนอการบริหารจัดการทรัพยากรเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในภาพรวม

จากการสำรวจความเป็นไปได้และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับสูงสุด โครงการวิจัยและพัฒนาจึงมุ่งเน้นในการบริหารจัดการคลังสินค้าเพื่อการติดตามสถานะของวัตถุดิบระหว่างการขนถ่ายและเพื่อการควบคุมสินค้าคงคลัง (Inventory Control) อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการติดตามสินค้าคงคลังอย่างครบวงจรผ่านระบบ RFID-based Internet of Things ระบบจะต้องทำการบริหารจัดการโดยใช้หลักการทางปัญญาประดิษฐ์เพื่อให้มีวัตถุดิบค้างอยู่ในคลังสินค้าในปริมาณที่เหมาะสมเมื่ออ้างอิงถึง Safety Stock และสามารถแจ้งเตือนผู้ควบคุมคลังสินค้าเมื่อวัตถุดิบนั้นๆถูกเบิกจ่ายออกจากคลังจนส่วนที่เหลือคงคลังมีปริมาณต่ำกว่าจุดสั่งซื้อสินค้าซ้ำ (Reorder Point) นอกจากนี้ระบบเบิกจ่ายต้องรองรับการเบิกจ่ายวัตถุดิบแบบ First In First Out (FIFO) เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการของ Good Manufacturing Practice (GMP) ระบบดังกล่าวนี้หากเสร็จสมบูรณ์จะสามารถนำไปปรับใช้ได้กับโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆได้ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมยา อาหาร และเครื่องสำอาง นอกจากนี้ยังรวมถึงการนำศาสตร์ทางปัญญาประดิษฐ์มาปรับใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานภายในคลังสินค้าโดยการประมวลผลข้อมูลเชิงสถิติที่เก็บได้และเสนอแนะลักษณะการจัดเก็บเพื่อลดการใช้ทรัพยากรในการทำงานอีกด้วย

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ในประเทศไทยในด้านการนำศาสตร์ทางปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ในระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน และเพื่อเป็นการส่งเสริมงานวิจัยภายในประเทศให้แข็งแกร่งเทียบเท่างานวิจัยในระดับสากล
2. เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีปริมาณอุตสาหกรรมการผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์ที่สูงมาก ดังนั้นการพัฒนา ระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทานทั้งภายในหน่วยงานเองและระบบพื้นฐานของประเทศจึงเป็นสิ่งจำเป็นเร่งด่วนหากเราต้องการที่จะแข่งขันทางธุรกิจกับนานาประเทศได้ ดังนั้นองค์ความรู้ที่ได้จากการทำโครงการวิจัยนี้อาจเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและพัฒนา ระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทานในภาคอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานในขณะที่สามารถลดการใช้ทรัพยากรได้
3. ได้สร้างนักวิจัยที่มีความรู้ในศาสตร์ใหม่นี้ที่สามารถวิเคราะห์ระบบและกลไกต่างๆในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน

บทที่ 2

แผนการดำเนินงาน

2.1 แผนการวิจัยตามข้อเสนอโครงการ

แผนงานวิจัย การบูรณาการการจัดการทรัพยากรอย่างชาญฉลาดกับระบบระบุเอกลักษณ์ของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุร่วมกับการสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ตสำหรับโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทานตามที่ได้นำเสนอในข้อเสนอโครงการประกอบไปด้วยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1. สืบสวนเอกสารรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น ทำความเข้าใจในเชิงลึกถึงการจัดการทรัพยากรในระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน
2. สืบสวนวรรณกรรมที่นำเสนอหลักการต่างๆทางปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดการทรัพยากรในระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน
3. ศึกษาและออกแบบโครงสร้างระบบ RFID-based internet of things และทำการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นในการพัฒนาระบบต้นแบบ
4. ทำการพัฒนาระบบต้นแบบเพื่อรองรับการตรวจวัดสถานะของสินค้าผ่านเทคโนโลยี RFID ร่วมกับการสื่อสารข้อมูลแบบ real-time ผ่านอินเทอร์เน็ต และการแสดงผลผ่านซอฟต์แวร์อินเทอร์เน็ตเฟส
5. ทดสอบการทำงาน วิเคราะห์ผลที่ได้ และตรวจสอบแก้ไขเพื่อความถูกต้องและแม่นยำของการทดลอง
6. ค้นคว้าและพัฒนาหลักการทางปัญญาประดิษฐ์เพื่อปรับปรุงการทำงานของระบบ
7. สร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงาน
8. ตรวจสอบและแก้ไขแบบจำลองเพื่อความถูกต้องและแม่นยำของการทดลอง
9. ทดลอง เก็บผลการทดลอง และทำการประมวลผลที่ได้
10. ติดตั้งกลไกที่นำเสนอบนชุดทดลอง
11. ทำการทดลองผ่านชุดทดลองที่สร้างขึ้น เก็บผลการทดลอง และทำการประมวลผลที่ได้เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองผ่านแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์
12. วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด สรุปและอภิปรายผลการวิจัย
13. นำเสนอผลงานวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านการสัมมนา การอบรมทางวิชาการ และ/หรือ การตีพิมพ์ผลงานในวารสารระดับนานาชาติ

ตารางที่ 1 ตารางแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย (ตามข้อเสนอโครงการ)

ลำดับขั้นตอน	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	↔											
2	↔	↔										
3	↔	↔	↔									
4			↔	↔	↔							
5				↔	↔	↔						
6			↔	↔	↔							
7				↔	↔	↔						
8					↔	↔						
9						↔	↔					
10							↔	↔	↔			
11									↔	↔	↔	
12											↔	↔
13											↔	↔

2.2 แผนการวิจัยตามที่ได้ดำเนินงานจริง

จากการดำเนินงานจริง คณะนักวิจัยพบว่าควรมีการปรับปรุงแผนการดำเนินงานให้เหมาะสมขึ้นตามเวลาการทำงานที่เกิดขึ้นจริงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ตารางแผนการดำเนินงานที่ได้มีการปรับปรุงใหม่

ลำดับขั้นตอน	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	↔											
2	↔	↔										
3	↔	↔	↔	↔								
4			↔	↔	↔	↔	↔					
5					↔	↔	↔					
6				↔	↔	↔	↔					
7					↔	↔	↔					
8						↔	↔					
9							↔	↔				
10							↔	↔				
11									↔	↔		
12											↔	↔
13											↔	↔

ในกิจกรรมที่ 3 ศึกษาและออกแบบโครงสร้างระบบ RFID-based internet of things และทำการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นในการพัฒนาระบบต้นแบบ เป็นกิจกรรมที่ต้องมีการปรับแก้ตามความเหมาะสมและการใช้งานจริง ดังนั้นจึงมีการปรับเพิ่มเวลาเพื่อรองรับการปรับแก้โครงสร้างระบบจนเป็นที่น่าพอใจ รวมถึงขั้นตอนในการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ บางชิ้นส่วนต้องใช้เวลาในการไปสำรวจแหล่งขายเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานกับโครงสร้างที่จะทำขึ้น

ในกิจกรรมที่ 4 และ 5 ได้มีการปรับเพิ่มเวลาอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากกิจกรรมที่ 3 ซึ่งมีการปรับแก้โครงสร้างจนเป็นที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยที่ทางคณะนักวิจัยต้องประสานงานกับทางภาคอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องเพื่อแลกเปลี่ยนความเข้าใจเกี่ยวกับระบบที่ควรจะเป็นเพื่อให้สามารถนำมาปรับใช้ได้จริงในโรงงานอุตสาหกรรม

ในกิจกรรมที่ 6-10 ซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับหลักการทางปัญญาประดิษฐ์เพื่อปรับปรุงการทำงานของระบบ รวมถึงการตรวจสอบ แก้ไข ทดลอง เก็บผล และทำการประมวลผลที่ได้จากหลักการที่นำเสนอ นั้น ได้มีการปรับเปลี่ยนและขยายเวลาในบางกิจกรรมเนื่องจากจะต้องมีการเก็บสถิติจริงที่เกิดจากการทำงานในอุตสาหกรรมเป็นเวลา 2-3 เดือน สำหรับสถิติในการเบิกจ่ายวัตถุดิบเพื่อนำมาเป็นข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์ผ่านหลักการทางปัญญาประดิษฐ์ที่จะสร้างขึ้น

การปรับปรุงแผนการดำเนินงานดังที่กล่าวแล้วนั้นเพื่อให้เหมาะสมกับสถานการณ์จริง อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมของการดำเนินงานโครงการวิจัยไม่ได้ส่งผลกระทบมากนักถึงระยะเวลาดำเนินโครงการที่กำหนด

บทที่ 3

เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อรองรับการพัฒนาระบบโลจิสติกส์

3.1 ทฤษฎีพื้นฐาน

ตามที่ได้มีการนิยามโดย Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) ซึ่งเป็นสมาคมวิชาชีพระดับแนวหน้าที่มุ่งเผยแพร่ความรู้ งานวิจัย และความก้าวหน้าในการจัดการห่วงโซ่อุปทานโดยมีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) ครอบคลุมการจัดการกิจกรรมทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในการจัดหา จัดซื้อจัดจ้าง และทุกกิจกรรมการจัดการโลจิสติกส์ รวมถึงการประสานงานและสร้างความร่วมมือกับคู่ค้า และที่สำคัญการบูรณาการการจัดการอุปทานและการจัดการความต้องการทั้งภายในและระหว่างบริษัท ในส่วนของโลจิสติกส์จะครอบคลุมการวางแผน การดำเนินการ และการควบคุมการขนส่งและการจัดเก็บสินค้าให้มีประสิทธิภาพ รวมถึงการควบคุมการส่งข้อมูลหรือการสื่อสารข้อมูลจากจุดตั้งต้นไปยังปลายทางเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค [2] ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของการจัดการห่วงโซ่อุปทานคือการให้บริการต่อลูกค้าโดยที่ลูกค้าได้รับความพึงพอใจสูงสุดด้วยเวลาและต้นทุนที่ต่ำที่สุด

ดังที่ได้กล่าวข้างต้นโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทานเป็นหลักการที่ได้รับความนิยมและนำมาปรับใช้อย่างแพร่หลายและกำลังมีการขยายตัวไปอย่างกว้างขวาง โดยกลไกของระบบครอบคลุมศาสตร์ที่หลากหลายทั้งทางด้านธุรกิจ การบริหาร วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อที่จะรองรับการจัดการปัญหาในด้านต่างๆที่เกิดขึ้นดังนี้ การปรับหรือการกำหนดเครือข่ายการกระจายสินค้าที่เหมาะสม การปรับกลยุทธ์ในการกระจายสินค้า การบริหารจัดการโลจิสติกส์รวมถึงการจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างกิจกรรมโลจิสติกส์ต่างๆ การกระจายข้อมูลที่สำคัญภายในห่วงโซ่อุปทานอย่างครบวงจร และการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง เป็นต้น เมื่อพิจารณาปัญหาในด้านต่างๆจะเห็นได้ว่าปัจจัยสำคัญที่จำเป็นอย่างมากในการแก้ปัญหาเหล่านี้คือการเข้าถึงข้อมูลสถานะของปัจจัยต่างๆในขณะดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนอย่างทันท่วงทีเพื่อการติดตามผลการดำเนินงานและการบริหารจัดการที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการใช้ระบบตรวจจับและส่งข้อมูลการดำเนินการของทั้งระบบอย่างครบวงจรจึงมีความสำคัญอย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจ ลดความล่าช้าในการปฏิบัติงานอันเนื่องมาจากการส่งข้อมูลที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาจริง (Real-time) ทำให้สามารถติดตาม

และตรวจสอบสถานะได้ นอกจากนี้ยังสามารถต่อยอดเพื่อการควบคุมการปรับเปลี่ยนเส้นทางในระหว่างการขนส่ง ในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความต้องการทางธุรกิจ

ทางออกที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบันในการเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวคือการใช้ระบบการแสดงผลและกระบวนการจัดการแบบอัตโนมัติ (Automation of visibility and management process) ในกระบวนการดังกล่าวการใช้งานบาร์โค้ด (Barcoding) ได้เป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนในการบ่งชี้ (Identification) มาเป็นเวลานาน ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีในการระบุเอกลักษณ์ของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุหรือที่เรียกว่า RFID (Radio Frequency Identification) มาใช้ และก็เริ่มมีการใช้งานอย่างแพร่หลายเนื่องจาก เทคโนโลยี RFID มีข้อดีตรงที่ การตรวจวัดทำได้สะดวกรวดเร็วและง่ายกว่าการใช้บาร์โค้ดเนื่องจากไม่ต้องการการสื่อสารแบบ Line-of-sight และยังสามารถทำการติดตามสินค้าได้ทุกชิ้นที่ต้องการในขณะที่บาร์โค้ดจะเน้นที่การแยกประเภทของผลิตภัณฑ์

ระบบ RFID ประกอบด้วย

- Tag หรือ Transponder ที่มีส่วนประกอบย่อยคือสายอากาศ (antenna) และชิปที่สามารถเก็บข้อมูลได้ค่อนข้างมาก ข้อมูลที่ใช้เก็บเช่น รหัสสินค้า ผู้ผลิต ตำแหน่ง ฯลฯ ดังนั้นในการใช้งานจริง โดยมากจะทำการติด tag ที่ตัวสินค้าที่ต้องการติดตามสถานะเนื่องจาก tag มีราคาถูก ขนาดเล็ก และมีหลากหลายรูปแบบให้เลือกเพื่อความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์
- RFID reader หรือตัวอ่านข้อมูล ซึ่งในปัจจุบันมีการผลิตออกมาขายใน 3 รูปแบบหลักคือ แบบยึดติดกับโครงสร้างหลักเช่นผนัง (Fixed readers) แบบมือถือ (Handheld readers) ซึ่งสามารถนำไปใช้สแกนหรืออ่านข้อมูลจาก tag ในที่ต่างๆได้ และแบบที่รองรับการเคลื่อนไหวได้ในขณะส่งสัญญาณ (Mobile readers) ซึ่งเน้นในการใช้งานบนยานพาหนะที่มีการเคลื่อนไหว

รูปที่ 2 แสดงภาพตัวอย่างของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบหลักของระบบ RFID



รูปที่ 2 อุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบหลักของระบบ RFID (แถวบน:
ล่าง: RFID reader)

Tag, แถว

ระบบ RFID สามารถนำมาเพื่อใช้ในการติดตามสถานะและตำแหน่งของสินค้าหรือปัจจัยในการผลิตต่างๆ ข้อมูลที่ได้จะต้องถูกส่งไปยังระบบประมวลผลหรือระบบควบคุมโลจิสติกส์โดยผ่านการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของ RFID และระบบสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer network) หรือ อินเทอร์เน็ต ซึ่งการสื่อสารข้อมูลนี้อาจผ่านเครือข่ายการสื่อสารแบบมีสาย (Wired network) หรือเครือข่ายการสื่อสารไร้สาย (Wireless network) เช่น WiFi หรือทั้งสองรูปแบบ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังซอฟต์แวร์ที่ทำการเก็บข้อมูลและแสดงสถานะให้เห็นได้โดยเจ้าหน้าที่ของบริษัทและในบางกรณีลูกค้าด้วย

ระบบการแสดงผลและกระบวนการจัดการแบบอัตโนมัติไม่เพียงแต่ทำการตรวจจับสถานะต่างๆ สำหรับการควบคุมโลจิสติกส์และทำการกระจายข้อมูลเพื่อการแสดงผลเท่านั้น ภายใต้งานของระบบดังกล่าวยังรวมถึง ขั้นตอนหรือกระบวนการในการจัดการแบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นที่มาของการนำเทคโนโลยีต่างๆ ภายใต้งานทาง ปัญญาประดิษฐ์มาเพื่อการใช้และนำเสนอโลกที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้ระบบทำงานโดยอัตโนมัติอย่างแท้จริง

3.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยี RFID ร่วมกับการสื่อสารข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตมาใช้ในการจัดการโลจิสติกส์มากขึ้น จึงมีผู้หันมาทำการศึกษาเพื่อประเมินค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้เทคโนโลยีเหล่านี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเชิงรูปธรรมมากขึ้น ตัวอย่างภาพรวมเกี่ยวกับวิธีการประเมินประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID โดยทั่วไปได้ถูกนำเสนอในเอกสารอ้างอิง [3] วิธีการที่โดดเด่นวิธีหนึ่งคือ Total Cost of Ownership (TCO) ซึ่งเน้นหนักไปยังมูลค่าโดยไม่คำนึงถึงผลประโยชน์มากนัก เห็นได้จากเอกสารอ้างอิงดังกล่าวว่าเทคโนโลยี RFID-based Internet of Things ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายว่าเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีสารสนเทศหลักที่สำคัญมากในระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน

อย่างไรก็ตามถึงแม้เทคโนโลยี RFID-based Internet of Things จะมีส่วนช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผ่านการตรวจวัดสถานะและส่งข้อมูลเพื่อการแสดงผล ณ เวลาจริง ส่วนการทำงานที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งก็คือกระบวนการตัดสินใจที่ชาญฉลาดและฉับไวเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติลดความล่าช้าและความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้

ตัวอย่างเช่นในอดีตที่ผ่านมาการจัดการทรัพยากรที่จะดำเนินกิจกรรมต่างๆในคลังสินค้ากระทำโดยผู้ที่เชี่ยวชาญกับงานในระบบโดยอาศัยประสบการณ์ในการทำงาน จากเอกสารอ้างอิง [4] ได้มีการนำเสนอระบบ RFID based Resource Management System (RFID-RMS) ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานระบบดังกล่าวสามารถเลือกแพคเกจการจัดการทรัพยากรที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ทรัพยากรสำหรับแต่ละ คำสั่งการดำเนินงานคลังสินค้าโดยใช้การเรียกและวิเคราะห์ความรู้ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลซึ่งได้จากการเรียนรู้ผ่านเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์ที่เรียกว่า Case-Based Reasoning (CBR) เพื่อการประหยัดทั้งเวลาและต้นทุนการผลิต โดยในการทดลองมีการนำเทคโนโลยีที่นำเสนอมาบูรณาการรวมกับโปรแกรมควบคุมรถยก (Forklift) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลือกเส้นทางของรถยก

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นตัวอย่างแนวทางการวิจัยและพัฒนาที่นำเสนอการบูรณาการศาสตร์ทางปัญญาประดิษฐ์ในกระบวนการต่างๆของระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน

- การนำเสนอหลักการของ Genetic Algorithm (GA) สำหรับระบบการผลิตและระบบสินค้าคงคลัง โดยมุ่งเน้นการจัดลำดับและปริมาณผลิตภัณฑ์ต่อล็อตอย่างมีประสิทธิภาพ [5]

- การนำเสนอกลไกที่เรียกว่า NNR (Nearest-Neighbor Retrieval) - Inductive CBR สำหรับการแก้ปัญหาการเลือกสรรการสั่งซื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของระบบคลังสินค้า [6]
- การใช้หลักการของ GA ในการแก้ปัญหาในการจัดตารางการสั่งซื้อโดยมีข้อจำกัดต่างๆ เพื่อการเพิ่มระดับความพึงพอใจโดยรวมในขณะเดียวกันก็ลดเวลาการทำงานโดยรวม [7]
- การนำเสนอระบบ Fuzzy-GA Hybrid ในการแก้ปัญหาการจัดการการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์และการประเมินผล [8]
- การนำเสนอหลักการของ Multi-artificial intelligence system ที่เรียกว่า Integrated Intelligent Logistics System (IILS) เพื่อรองรับการให้บริการโลจิสติกส์ที่มีคุณภาพสูงโดยใช้การทำงานร่วมกันของหลายโมดูลอัจฉริยะ เช่น CBR, Fuzzy logic, และ Artificial neural networks [9]
- การนำเสนอระบบ Ontology-driven case-based reasoning system โดยมุ่งเน้นการนำความรู้ในบริบทที่ซับซ้อนมาใช้อย่างชาญฉลาดโดยเฉพาะกับระบบโลจิสติกส์ระหว่างประเทศ [10]
- การนำเสนอแบบจำลองที่เรียกว่า Real-time Location System (RTLs) ที่ทำงานอยู่บนเทคโนโลยี RFID และ Wi-Fi สำหรับการติดตามสถานะของวัตถุ โดยการนำเสนอการบริหารจัดการอย่างชาญฉลาดผ่านกระบวนการปรับปรุงทางด้านตำแหน่งในการเก็บ วิธีการในการค้นหาและติดตามสถานะ [11]

เหล่านี้เป็นแนวทางที่นักวิจัยได้มีการนำเสนอเพื่อการปรับปรุงกลไกในการทำงานของระบบโดยใช้หลักการต่างๆเพื่อการตัดสินใจในการบริหารจัดการอย่างชาญฉลาด กล่าวโดยสรุปได้ว่าการใช้เทคโนโลยีการตรวจจับและเทคนิคขั้นสูงทางปัญญาประดิษฐ์เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก ในการตรวจสอบสถานะการทำงานของระบบและตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ซึ่งเป็นข้อมูลในเวลาจริงมาประมวลผลและทำการตัดสินใจในการควบคุมระบบอย่างเหมาะสมภายในระยะเวลาอันสั้น ทั้งนี้ทั้งนั้นยังมีความเป็นไปได้อีกมากในการค้นคว้าเพื่อค้นหากลไกใหม่ๆที่เหมาะสมสำหรับระบบโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทานที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมในประเทศไทยซึ่งมีการพัฒนาไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว

บทที่ 4

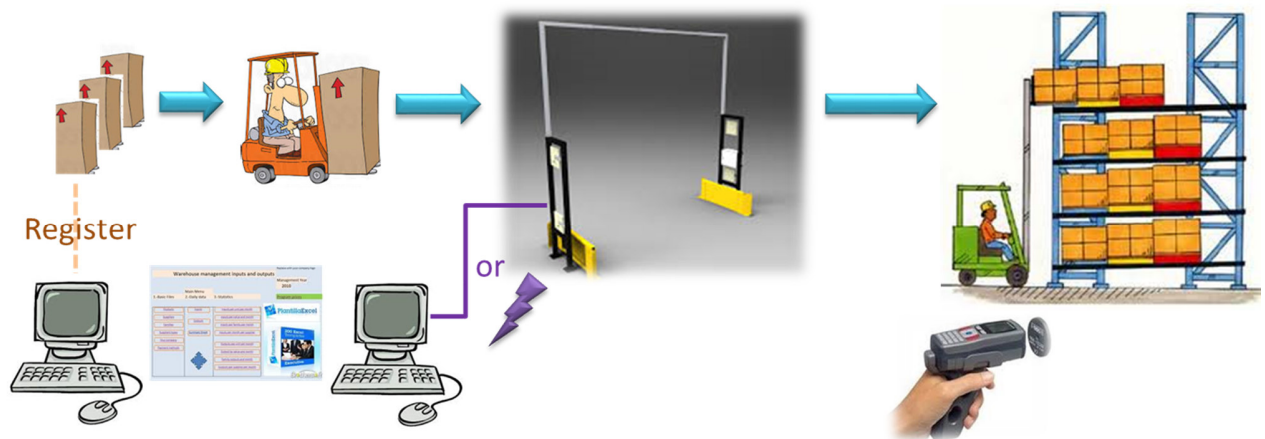
โครงสร้างต้นแบบระบบ RFID-based Internet of Things

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลซึ่งครอบคลุมการจัดการทรัพยากรโลจิสติกส์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดกลาง (SME) ซึ่งรวมถึงงานจากหลากหลายส่วนงาน อาทิ เช่น การบริหารจัดการคลังสินค้า การบริหารจัดการการขนส่งผลิตภัณฑ์ เป็นต้น จากนั้นได้มีการประชุมหารือกับผู้ประกอบการในที่นี่คือโรงงานอุตสาหกรรมผู้ผลิตยา เพื่อทำความเข้าใจถึงขอบเขตของงานวิจัยและพัฒนา โดยมุ่งเน้นในการหาข้อสรุปร่วมกันสำหรับเป้าหมายในการสร้างระบบต้นแบบเพื่อการจัดการทรัพยากรอย่างชาญฉลาดกับระบบระบุเอกลักษณ์ของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุร่วมกับการสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อสำหรับโลจิสติกส์และการจัดการโซ่อุปทาน โดยผลลัพธ์ที่ได้จะต้องสามารถนำไปใช้ได้จริงในสถานประกอบการ

ระบบต้นแบบจะมุ่งเน้นไปยังการสร้างระบบในการบริหารจัดการคลังสินค้าสำหรับการบริหารจัดการกับวัตถุดิบที่จะนำไปใช้ในสายการผลิต โดยจะเน้นไปยังอุตสาหกรรมยา ผลิตภัณฑ์เวชสำอาง และผลิตภัณฑ์อาหารเป็นหลัก ระบบจะสามารถทำงานทดแทนระบบเดิมที่ใช้อยู่ซึ่งจะเป็นการทำงานโดยบุคคลเป็นส่วนใหญ่และใช้การเก็บข้อมูลผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์พื้นฐานซึ่งไม่มีการใช้ระบบอัตโนมัติทางด้านสารสนเทศเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยจะมีกระบวนการหลักๆ 2 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการในการลงทะเบียนวัตถุดิบใหม่ที่ถูกส่งเข้ามาในโรงงาน และทำการติดตามสถานะของวัตถุดิบนั้นเริ่มจากการนำขึ้นเก็บบนชั้นวางในคลังสินค้าไปจนถึงการโยกย้ายตำแหน่งในการจัดเก็บ และกระบวนการในการเบิกจ่ายวัตถุดิบเพื่อนำไปใช้ในสายการผลิต

4.1 การออกแบบภาพรวมการทำงานของระบบ

จากข้อมูลการปฏิบัติงานจริงของภาคอุตสาหกรรมได้มีการออกแบบภาพรวมการทำงานของระบบดังภาพการทำงานในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพรวมการทำงานของระบบต้นแบบ

จากรูปที่ 3 ระบบโดยภาพรวมจะประกอบด้วย

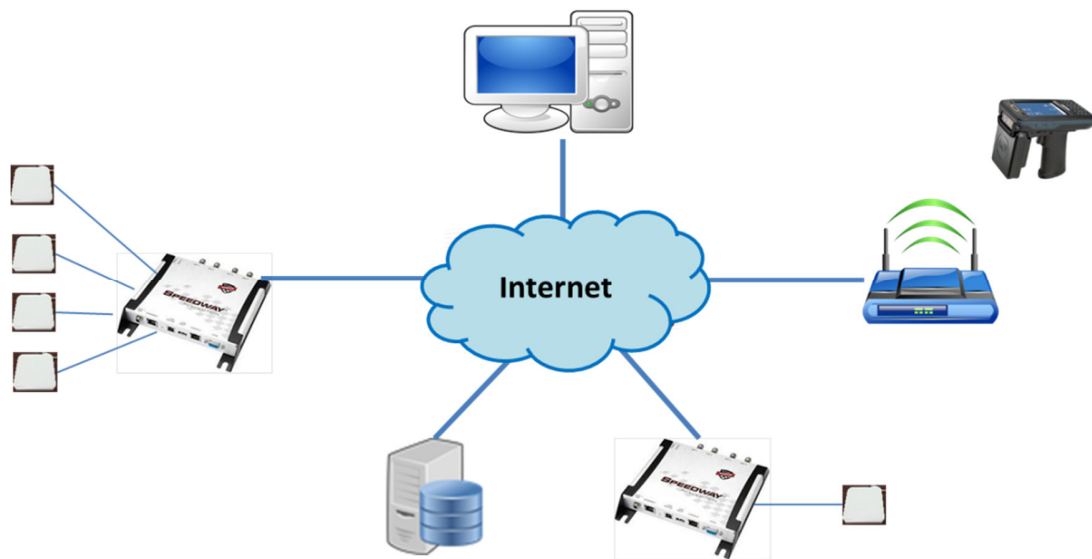
- ระบบซอฟต์แวร์ที่รองรับการบริหารจัดการคลังสินค้าขาเข้าหรือวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ตั้งแต่การลงทะเบียนวัตถุดิบใหม่ที่ถูกส่งเข้ามาในโรงงานและทำการติดตามสถานะของวัตถุดิบนั้นๆแบบอัตโนมัติผ่านระบบ RFID-based Internet of Things เริ่มจากการเคลื่อนวัตถุดิบเข้าสู่คลังสินค้า การนำขึ้นเก็บบนชั้นวางในคลังสินค้า และกระบวนการในการเบิกจ่ายวัตถุดิบเพื่อนำไปใช้ในสายการผลิตหรือการคืนกลับวัตถุดิบที่ใช้ไม่หมด ซึ่งก็จะใช้การติดตามสถานะผ่านการใช้ RFID เทคโนโลยีร่วมกับการสื่อสารผ่าน Internet ในระบบนี้จะมีทั้งการตรวจจับสถานะโดยใช้ RFID reader ที่เชื่อมต่อ Internet ในรูปแบบไร้สาย (ผ่าน Handheld device) และในรูปแบบมีสาย
- ระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการติดตามสถานะของวัตถุดิบที่เข้ามาในคลังสินค้า ซึ่งจะต้องมีการเชื่อมต่อข้อมูลสถานะวัตถุดิบภายใต้การทำงานของระบบซอฟต์แวร์เพื่อนำข้อมูลส่งไปประมวลผลและเก็บในฐานข้อมูลกลาง โดยจะมุ่งเน้นไปยังการออกแบบโครงสร้างและการทำงานของ RFID Gate เพื่อให้ระบบสามารถตรวจจับวัตถุดิบที่ผ่านเข้าออกได้โดยอัตโนมัติและได้อย่างครบถ้วนในเวลาจริง (Real Time)

4.2 การออกแบบโครงสร้างทางซอฟต์แวร์

รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างทางซอฟต์แวร์ที่ได้ออกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในคลังสินค้า โดยจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

- 1) ส่วนซอฟต์แวร์อินเทอร์เน็ตเฟสเพื่อรองรับการใช้งานระบบผ่านคอมพิวเตอร์
- 2) ส่วนควบคุมการทำงานของ RFID Reader ที่ถูกติดตั้งอยู่ที่ RFID Gate

- 3) ส่วนควบคุมการทำงานของ RFID Reader ที่ใช้ในการลงทะเบียนวัตถุดิบใหม่
- 4) ส่วนควบคุมการทำงานของ Handheld RFID Reader และการสื่อสารข้อมูลผ่าน Internet ไปยังระบบหลัก
- 5) ส่วนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทั้งหมด (Database)

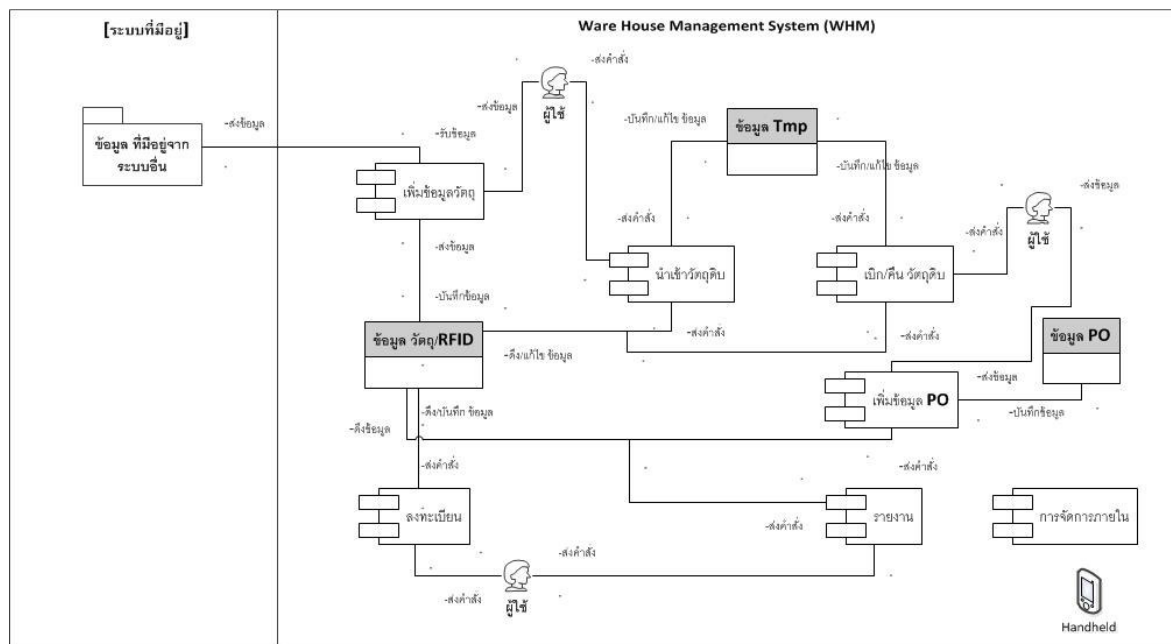


รูปที่ 4 โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ของระบบต้นแบบ

รูปที่ 5 แสดงโครงสร้างภายในของระบบซอฟต์แวร์ที่ได้ออกแบบขึ้นเพื่อรองรับโครงสร้างการทำงานในรูปที่ 3 โครงสร้างภายในของระบบซอฟต์แวร์ดังรูปที่ 5 แสดงถึงโมดูลต่างๆที่อยู่ในระบบ Web Application ที่สร้างขึ้นรวมถึงระบบการจัดการภายในคลังสินค้าซึ่งเป็นระบบที่ผูกติดกับ RFID Reader นอกจากนี้ระบบยังสามารถรองรับการเชื่อมต่อกับระบบภายนอกในอนาคตอีกด้วย โดยที่ระบบต้นแบบนี้จะสามารถนำเข้าข้อมูลวัตถุดิบที่มีอยู่มาเชื่อมต่อกับระบบ Warehouse Management Software เดิมที่ได้มีการใช้งานอยู่แล้ว โครงสร้างภายในของระบบซอฟต์แวร์ประกอบไปด้วย 7 โมดูลหลัก ดังนี้

- โมดูลในการลงทะเบียนการใช้งาน
- โมดูลในการเพิ่มข้อมูลวัตถุดิบในคลัง
- โมดูลในการนำเข้าวัตถุดิบสู่คลัง

- โมดูลในการเบิกและคืนวัสดุดิบ
- โมดูลในการเพิ่มข้อมูลการเบิกจ่าย (Product Order) วัสดุดิบ
- โมดูลในการบริหารจัดการภายในคลัง
- โมดูลในการสร้างและแสดงรายงาน



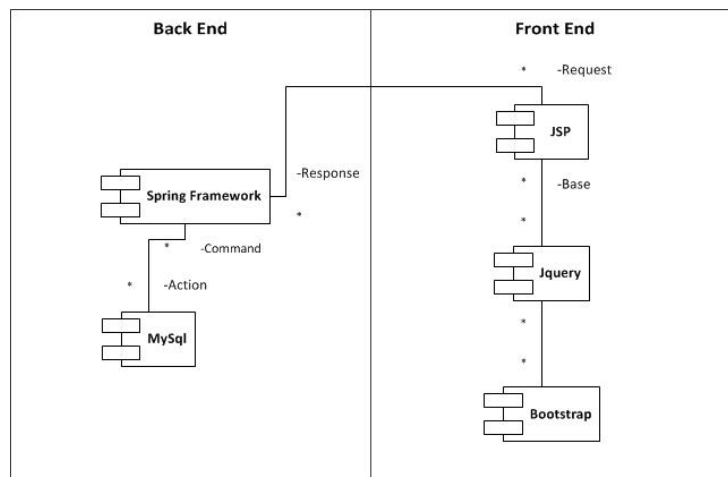
รูปที่ 5 โครงสร้างภายในของระบบซอฟต์แวร์

ส่วนประกอบต่างๆทางซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบมีดังต่อไปนี้

- Software Platform: Java
- Core Framework: Spring Framework

Features: Authorization, Security, Resource Mapping (MVC)

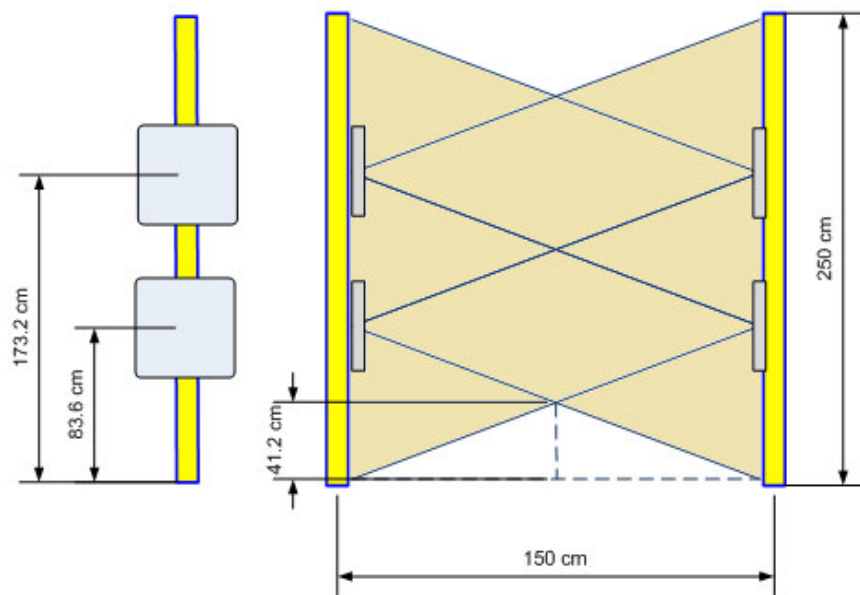
- UI Framework: JQuery, Bootstrap
Features: Responsive Design
- Database: Mysql server



รูปที่ 6 ส่วนประกอบทางซอฟต์แวร์

4.3 การออกแบบโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

ในส่วนของฮาร์ดแวร์ได้มีการประชุมหารือเพื่อทำการออกแบบโครงสร้างต้นแบบสำหรับ RFID Gate และได้มีการทำการทดลองเบื้องต้น จากนั้นได้ทำการออกแบบ RFID Gate ที่จะสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการติดตามสถานะของวัตถุที่จะเข้าและออกจากคลังสินค้าโดยอัตโนมัติ รูปที่ 7 แสดงแบบเบื้องต้นสำหรับ RFID Gate ซึ่งมีการวาด Radiation Pattern ที่ RFID Antenna (สายอากาศ) แต่ละอันสามารถครอบคลุมได้ ซึ่งหมายถึงขอบเขตความสามารถในการตรวจจับ RFID Tag ที่จะมีการผ่านเข้าออกจาก RFID Gate นี้ จากภาพโครงสร้างจะเป็นการติดตั้งเสาสองด้าน โดยแต่ละด้านจะทำการติดตั้งสายอากาศสองชุดที่ระดับความสูง 83.6 ซม. และ 173.2 ซม. เพื่อให้ระบบสามารถตรวจจับ RFID Tag ที่ระดับความสูงค่อนข้างต่ำมากไปจนถึงความสูงกว่า 2 เมตร อย่างไรก็ตามโครงสร้างที่ออกแบบนี้สามารถรองรับการปรับระดับของสายอากาศแต่ละอันและมุมในการก้มเงยของสายอากาศได้ (Antenna Tilting Angle)



รูปที่ 7 การออกแบบ RFID Gate

รูปที่ 8 และ 9 แสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของ RFID Gate ที่ได้สร้างขึ้นแล้วเสร็จ



รูปที่ 8 RFID Gate ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น



รูปที่ 9 RFID Gate ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น

4.4 การทำงานของระบบ Warehouse Management

จากภาพรวมการทำงานของระบบที่ได้กล่าวในเบื้องต้นและรูปประกอบดังรูปที่ 3 นั้น ระบบได้มีการออกแบบเพื่อรองรับการบริหารจัดการคลังสินค้าขาเข้าหรือวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ตั้งแต่การลงทะเบียนวัตถุดิบใหม่ที่ถูกส่งเข้ามาในโรงงานและทำการติดตามสถานะของวัตถุดิบนั้นๆแบบอัตโนมัติผ่านระบบ RFID-based Internet of Things และกระบวนการในการเบิกจ่ายวัตถุดิบเพื่อนำไปใช้ในสายการผลิตหรือการคืนกลับวัตถุดิบที่ใช้ไม่หมด

สำหรับในส่วนของการลงทะเบียนวัตถุดิบใหม่และการติดตามสถานะของวัตถุดิบในการจัดเก็บขึ้นชั้นวางในคลังมีขั้นตอน (flow) การทำงานเริ่มจากการรับวัตถุดิบใหม่ที่ถูกส่งเข้ามาจากผู้ผลิต (supplier) ซึ่งจะมีการลำเลียงวัตถุดิบลงการรถบรรทุกและนำมาพักไว้ก่อนการนำเข้าคลัง โรงงานโดยมากจะมีการทำการตรวจสอบคุณภาพ (Quality Control, QC) วัตถุดิบก่อนการนำเข้าเก็บยังคลัง ดังนั้นอาจมีการลงทะเบียนวัตถุดิบที่เข้าใหม่ในระบบก่อนหรือหลังการทำ QC ในระบบที่สร้างขึ้นนี้จะทำการลงทะเบียนเมื่อวัตถุดิบผ่านการทำ QC แล้ว เนื่องจากวัตถุดิบที่ไม่ผ่าน QC จะต้องถูกส่งกลับไปยังผู้ผลิตและไม่มีการนำเข้าเก็บยังคลัง ดังนั้นขั้นตอนต่อไปคือการลงทะเบียนวัตถุดิบที่เข้ามาใหม่และผ่านการทำ QC แล้วผ่านโปรแกรมจากหน้าจอของ software interface จากนั้นทำการผูกข้อมูลวัตถุดิบแต่ละยูนิตเข้ากับ RFID Tag ที่ยังไม่ได้ใช้ในการติดตาม จากนั้นนำ RFID Tag ดังกล่าวไปติดไว้ที่วัตถุดิบพร้อมรถขนถ่ายเข้าสู่คลัง ขั้นตอนต่อไปเป็นการเปิดระบบ RFID tracking ผ่าน RFID Gate ที่สร้างขึ้นโดยการส่งงานผ่านโปรแกรมซอฟต์แวร์ แล้วทำการนำวัตถุดิบผ่าน RFID Gate เข้าสู่คลัง ระบบจะทำการติดตามสถานะและเปลี่ยนสถานะของวัตถุดิบดังกล่าวโดยอัตโนมัติจากสถานะวัตถุดิบอยู่ภายนอกคลัง (out warehouse) มาเป็นอยู่ภายในคลัง (in warehouse) แต่ยังไม่ระบุตำแหน่งในการจัดเก็บบนชั้นวาง ในการบริหารการจัดเก็บและติดตามสถานะภายในคลังจะทำได้โดยใช้ Handheld RFID Reader ซึ่งเมื่อวัตถุดิบเข้าสู่คลังแล้วผู้คุมคลังจะทำการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบนั้นๆไปยังชั้นวางที่ต้องการจากนั้นจะใช้ Handheld RFID Reader ในการผูกข้อมูลชั้นวางและวัตถุดิบเข้าด้วยกันโดยการอ่าน RFID Tag ของวัตถุดิบและชั้นวางและทำการเลือกฟังก์ชันการผูกข้อมูล (boudng) ผ่านหน้าจอ interface ของ Handheld RFID Reader ระบบจะส่งข้อมูลตำแหน่งบนชั้นวางนี้ผ่านระบบสื่อสารไร้สาย (WiFi) ไปยังฐานข้อมูลเพื่อทำการเก็บข้อมูลต่อไป หากมีความต้องการในการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบจากชั้นวางหนึ่งไปยังอีกชั้นวางหนึ่งก็สามารถทำได้โดยใช้ Handheld RFID Reader โดยการควบคุมผ่านหน้าจอ interface ของ Handheld ได้ โดยเลือกใช้ฟังก์ชัน unbound ในการยกเลิกการผูกข้อมูลวัตถุดิบและ

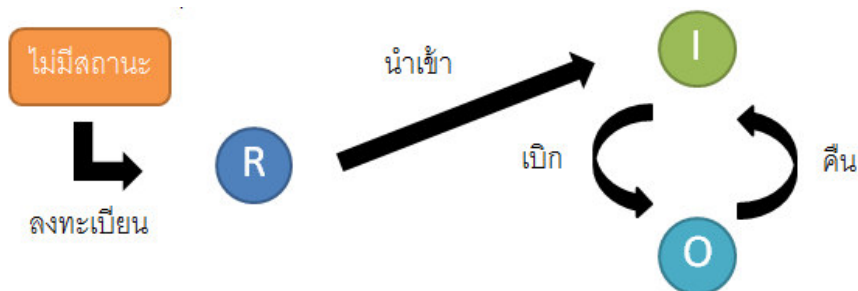
ชั้นวางเมื่อมีการนำวัตถุดิบออกจากชั้นและเลือกฟังก์ชัน bound เพื่อทำการผูกข้อมูลวัตถุดิบเข้ากับชั้นวางใหม่เมื่อมีการนำเก็บยังชั้นวางใหม่

สำหรับในส่วนของการเบิกจ่ายวัตถุดิบเพื่อนำไปใช้ในสายการผลิตหรือการคืนกลับวัตถุดิบที่ใช้ไม่หมดมีขั้นตอน (flow) การทำงานเริ่มจากการกรอกข้อมูลวัตถุดิบลงใน request form ผ่านทางโปรแกรม interface ซึ่งอาจเป็นการกรอกมาจากฝ่ายการผลิต ข้อมูลดังกล่าวจะมาปรากฏที่คลังเมื่อมีการเปิดเช็คระบบว่ามีการขอเบิกจ่ายวัตถุดิบเข้ามาหรือไม่ ผู้คุมคลังสามารถเช็ครายละเอียดได้ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือสามารถดูรายการโดยย่อได้จากหน้าจอ interface ของ Handheld RFID Reader ซึ่งได้มีการสร้างระบบ pickup navigation เบื้องต้นไว้รองรับการทำงานให้สะดวกขึ้น ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานสามารถถือ Handheld RFID Reader เข้าไปยังคลังและเช็ครายการวัตถุดิบที่ต้องการเบิกจ่ายได้พร้อมทั้งตำแหน่งของวัตถุดิบนั้นภายในคลัง เมื่อเจอวัตถุที่มีการขอเบิกจ่ายเข้ามาก็สามารถใช้ Handheld RFID Reader ในการ unbound วัตถุดิบนั้นลงจากชั้นวางและขนส่งออกจากคลังโดยผ่าน RFID Gate ที่ได้ทำการเปิดระบบไว้แล้ว เมื่อนำวัตถุดิบผ่านออกมาระบบจะทำการ update สถานะวัตถุดิบนั้นโดยอัตโนมัติว่าได้ออกมานอกคลังแล้ว ในกรณีที่มีการนำวัตถุดิบที่ไม่ถูกต้อง (ไม่มีการขอเบิก) ผ่าน RFID Gate ออกมาภายนอก ระบบจะทำการแจ้งเตือนผ่านหน้าจอถึงรายการวัตถุที่ออกมาโดยไม่มีการเบิกจ่าย หากมีการนำวัตถุดิบที่ใช้ในสายการผลิตไม่หมดต้องการนำกลับคืนไปเก็บในคลังก็จะใช้กระบวนการเช่นเดียวกันโดยเริ่มจากการกรอกข้อมูลในการคืนวัตถุดิบผ่านโปรแกรม interface จากนั้นนำวัตถุดิบที่เหลือผ่าน RFID Gate เข้าสู่คลังและใช้ Handheld RFID Reader ในการติดตามสถานะจนกระทั่งนำขึ้นเก็บบนชั้นวางโดยสมบูรณ์

ระบบ Warehouse Management (WHM) นั้นเป็นระบบที่ใช้ในการตรวจสอบวัตถุภายในคลังสินค้า โดยซอฟต์แวร์ของระบบ WHM แบ่งออกเป็นระบบย่อยๆด้วยกันทั้งหมด 6 ระบบ โดยในแต่ละระบบย่อยนั้นจะมีขั้นตอนการทำงานที่แตกต่างกันตั้งแต่การเพิ่มข้อมูลพื้นฐานเข้าสู่ระบบจนถึงการเบิกและการคืนวัตถุดิบสู่คลัง ดังนี้

- 1) ส่วนเพิ่มข้อมูลวัตถุดิบ
- 2) ส่วนลงทะเบียนวัตถุดิบ
- 3) ส่วนนำเข้าวัตถุดิบ
- 4) ส่วนเพิ่มข้อมูล PO
- 5) ส่วนการเบิกหรือคืนวัตถุดิบ
- 6) ส่วนการรายงานการทำงาน

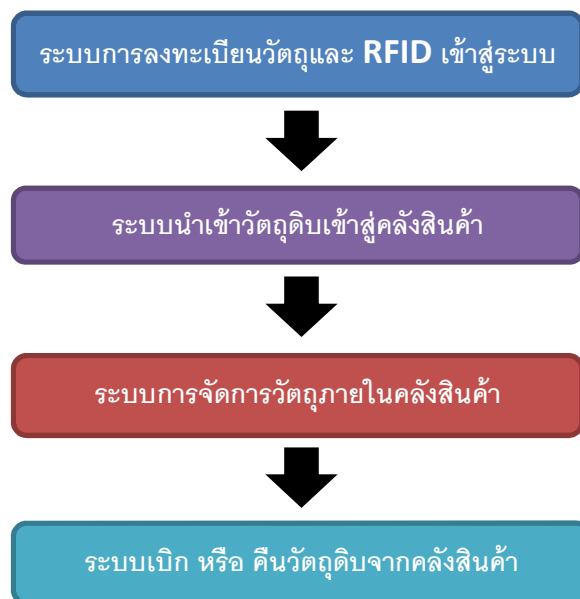
โดยภาพรวมระบบจะทำการติดตามสถานะของวัตถุภายในคลังสินค้าดังรูปที่ 10 โดยวัตถุที่จะทำการตรวจสอบนั้นมีด้วยกัน 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ วัตถุดิบ, พาเลท และ ชั้นวาง ระบบจะทำการติดตามสถานะของวัตถุดิบเป็นหลัก ซึ่งมีสถานะทั้งสิ้น 4 สถานะดังรูป



สถานะ	คำอธิบาย
(N) ยังไม่ได้ลงทะเบียน	ยังไม่ได้ทำการลงทะเบียนเข้าสู่ระบบ (วัตถุดิบ, พาเลท, ชั้นวาง)
(R) ลงทะเบียนแล้ว	ทำการลงทะเบียนวัตถุเข้าสู่ระบบแล้ว (วัตถุดิบ, พาเลท, ชั้นวาง)
(I) อยู่ภายในคลังสินค้า [In Warehouse ใช้เฉพาะวัตถุดิบ]	นำวัตถุที่ลงทะเบียนในระบบแล้วผ่าน RFID Gate เพื่อนำเข้าสู่คลังสินค้า หรือมีการคืนวัตถุดิบกลับสู่คลังสินค้า
(O) อยู่ภายนอกคลังสินค้า [Out Warehouse ใช้เฉพาะวัตถุดิบ]	เมื่อทำการเบิกวัตถุดิบออกจากคลังสินค้า

รูปที่ 10 สถานะของวัตถุภายในคลังสินค้า

นอกจากนี้ระบบยังแบ่งการทำงานเป็นสี่ขั้นตอนหลักๆดังในรูปที่ 11 และคำอธิบายของระบบการทำงานในแต่ละขั้นตอน ดังต่อไปนี้

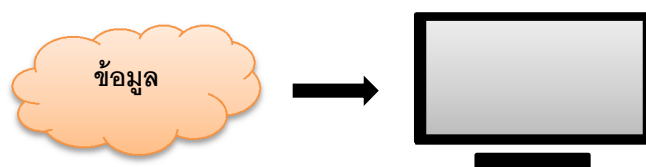


รูปที่ 11 ขั้นตอนการทำงานของระบบซอฟต์แวร์

4.4.1 ระบบการลงทะเบียนวัตถุและ RFID

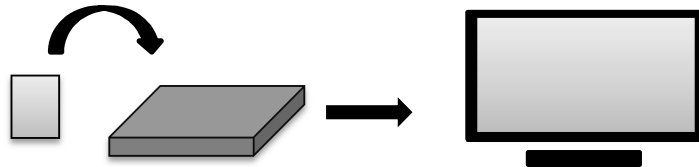
ระบบการลงทะเบียนจะเป็นระบบที่ใช้ในการลงทะเบียนวัตถุเข้าสู่ระบบ สถานะของวัตถุหลังจากลงทะเบียนจะเปลี่ยนจาก (N) เป็น (R) โดยในการลงทะเบียนนี้จะประกอบไปด้วยขั้นตอนย่อยสองสามขั้นตอนด้วยกันได้แก่

- 1) เพิ่มข้อมูลวัตถุเข้าสู่ระบบ ในขั้นตอนนี้เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุลงสู่ระบบผ่านหน้า Web โดยข้อมูลที่กรอกลงสู่ระบบจะแบ่งเป็นสี่ อย่างด้วยกัน ได้แก่ วัตถุดิบ, พาเลท, ชั้นวาง และ อาคาร



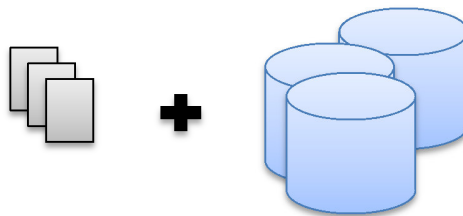
รูปที่ 12 ขั้นตอนการเพิ่มข้อมูลวัตถุเข้าสู่ระบบ

- 2) ทำการลงทะเบียน RFID Tag เข้าสู่ระบบ โดยขั้นตอนนี้จะเป็นการนำ RFID Tag มาสแกนที่ตัวอ่าน ณ จุดลงทะเบียนเพื่อทำการลงทะเบียน Tag นั้นๆเข้าสู่ระบบและผูกเข้ากับข้อมูลวัตถุแต่ละตัว



รูปที่ 13 ขั้นตอนการลงทะเบียน RFID Tag เข้าสู่ระบบ

- 3) นำ RFID Tag ไปติดบนวัตถุแต่ละชิ้น

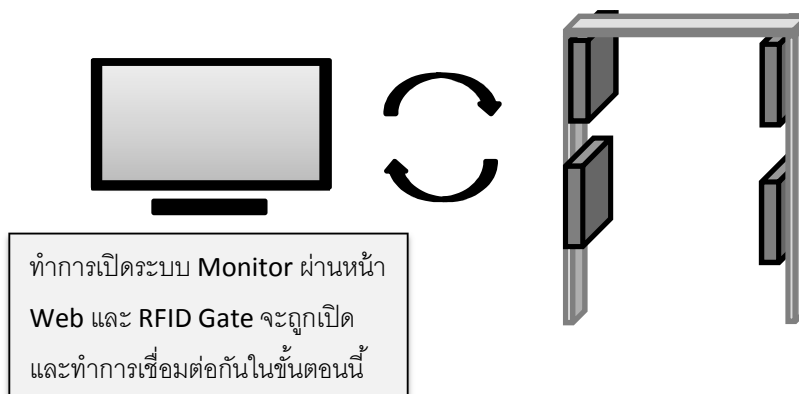


รูปที่ 14 ขั้นตอนการนำ RFID Tag ไปติดบนวัตถุ

4.4.2 ระบบการนำเข้าวัตถุดิบสู่คลังสินค้า

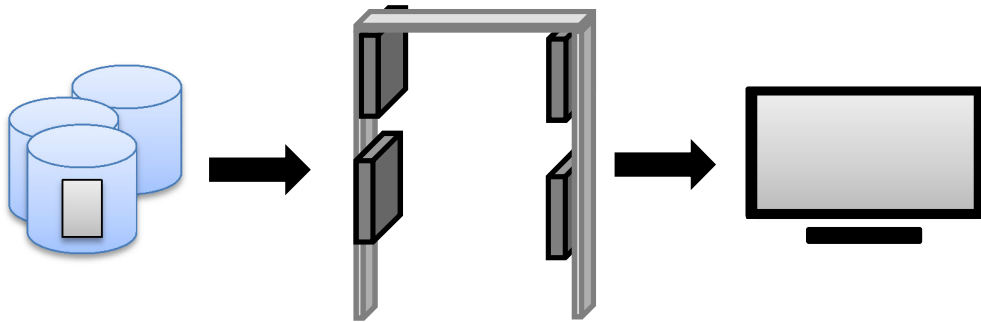
ระบบในการการนำวัตถุดิบเข้าสู่คลังนั้นคือการนำวัตถุดิบที่ทำการลงทะเบียนเข้าสู่ระบบเสร็จแล้วผ่าน RFID Gate เพื่อตรวจจับสถานะเมื่อเข้าสู่คลังสินค้า โดยสถานะจะเปลี่ยนจาก (R) เป็น (I)

- 1) ทำการเปิดระบบ Monitoring



รูปที่ 15 ขั้นตอนการเปิดระบบ Monitoring

- 2) RFID Gate จะทำการอ่านข้อมูลของวัตถุที่ผ่านเข้าออกและทำการส่งข้อมูลที่ monitor ได้ขึ้นหน้า Web รวมถึงการแจ้งเตือนข้อมูลการนำเข้าวัตถุที่ไม่ได้ผ่านการลงทะเบียนด้วย

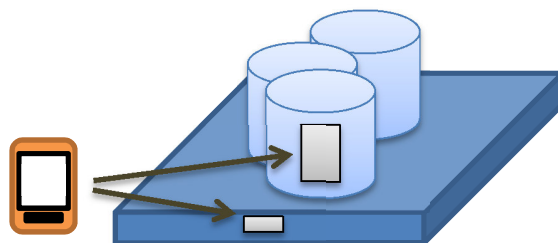


รูปที่ 16 ขั้นตอนการอ่านข้อมูลของวัตถุที่ผ่าน RFID Gate

4.4.3 ระบบการจัดการวัตถุภายในคลังสินค้า

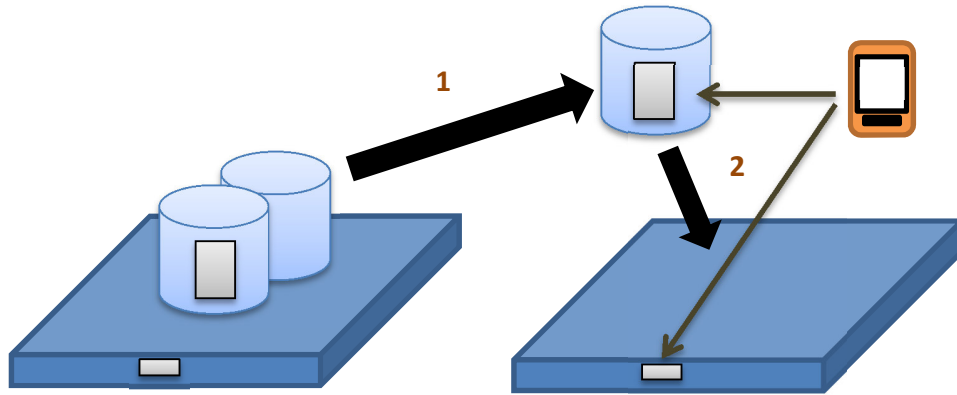
เป็นระบบสำหรับการโยกย้ายวัตถุภายในคลังสินค้าโดยในการเคลื่อนย้ายวัตถุแต่ละครั้งผู้ปฏิบัติงานจะต้องใช้ Handheld RFID Reader ในการ ยกเลิกการผูกกันของวัตถุ หรือทำการผูกวัตถุเข้าด้วยกันใหม่เช่น การดึงวัตถุออกจากพาเลทและนำวัตถุนั้นไปผูกกับพาเลทใหม่ โดยในขั้นตอนนี้สถานะจะยังคงเป็น (I)

- 1) ทำการสแกน RFID Tag ของวัตถุดิบและพาเลท แล้วทำการเลือกที่จะทำการ unbind วัตถุดิบและพาเลทตัวนี้ออกจากกัน



รูปที่ 17 ขั้นตอนการ unbind วัตถุดิบและพาเลท

2) ทำการย้ายวัตถุติดแล้วสแกน RFID Tag อีกครั้ง เพื่อทำการ bind วัตถุติดและพาเลทใหม่นี้

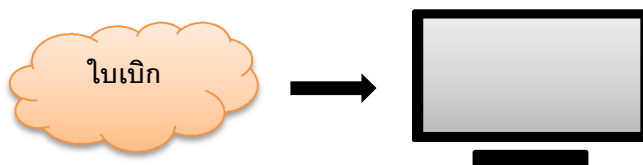


รูปที่ 18 ขั้นตอนการ bind วัตถุติดและพาเลท

4.4.4 ระบบเบิกหรือคืนวัตถุติดจากคลังสินค้า

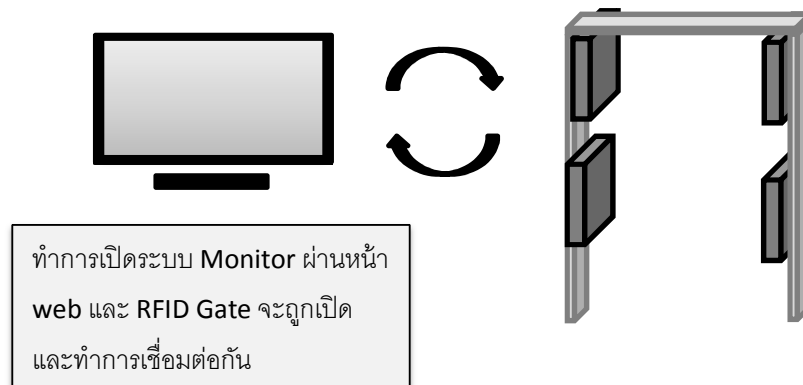
ระบบนี้จะเป็นระบบที่ใช้ในการเบิกหรือคืนวัตถุติดจากคลังสินค้าโดยวัตถุที่มีใบเบิกหรือ PO (Product Order) จะถูกนำผ่าน RFID Gate อีกครั้งและ Gate จะตรวจจับและเปลี่ยนสถานะวัตถุนั้นๆโดยอัตโนมัติจาก (I) เป็น (O) ในกรณีที่มีการเบิก และเปลี่ยนจาก (O) เป็น (I) ในกรณีที่มีการทำ PR (Product Return)

1) ทำการเพิ่มข้อมูลใบเบิก (PO) ในระบบ



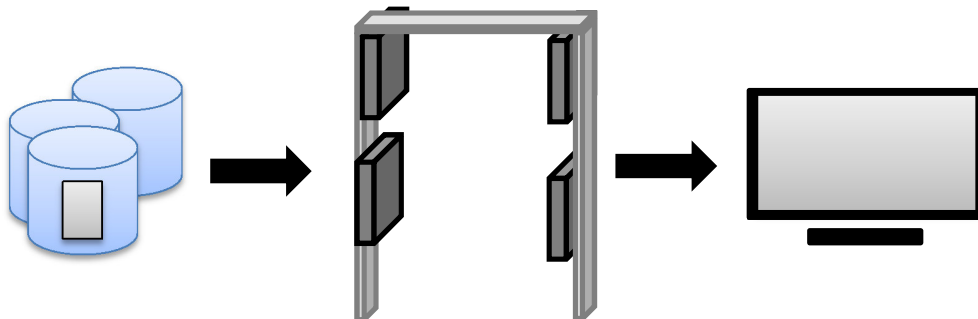
รูปที่ 19 ขั้นตอนการเพิ่มข้อมูลใบเบิก

2) ทำการเปิดระบบ Monitoring (PO/PR)



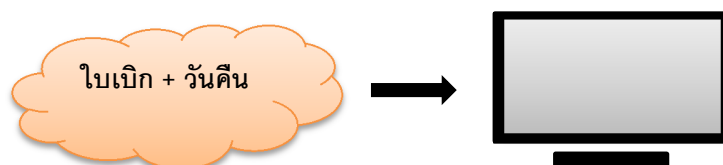
รูปที่ 20 ขั้นตอนการเปิดระบบ Monitoring

3) RFID Gate จะทำการอ่านข้อมูลของวัตถุที่ผ่าน Gate และทำการเปลี่ยนสถานะวัตถุที่ได้ออกจากคลังสินค้าและส่งข้อมูลที่ monitor ได้ขึ้นหน้า web รวมถึงการแจ้งเตือนข้อมูลของวัตถุดิบที่มีการนำออกจากคลังสินค้าโดยที่ไม่ได้ทำการลงทะเบียนเบิกจ่ายด้วย



รูปที่ 21 ขั้นตอนการนำวัตถุดิบออกจากคลังสินค้า

4) ทำการลงทะเบียนวันที่คืนวัตถุดิบในใบคืน (PR) ผ่านหน้า Web



รูปที่ 22 ขั้นตอนการลงทะเบียนวันที่คืนวัตถุดิบในใบคืน

- 5) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2) และ 3) เพื่อทำการคืนวัตถุดิบกลับเข้าสู่คลังสินค้า โดยวัตถุดิบที่จะคืนกลับสู่คลังสินค้า จะเป็นวัตถุดิบที่มีวันคืนสินค้าระบุอยู่ในใบคืนเท่านั้น

4.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

- 1) RFID Tag ใช้ในการติดกับวัตถุต่างๆเพื่อการติดตามสถานะ

ระบบต้นแบบที่สร้างขึ้นนั้นมีการใช้ RFID Tag 2 รูปแบบ คือแบบแผ่น label ที่มีราคาถูกสามารถนำมาติดบนวัตถุดิบที่มีปริมาณมากได้และสามารถโค้งไปตามพื้นผิววัตถุที่ติดเป็นลักษณะเดียวกับการติดกระดาษสติ๊กเกอร์ และรูปแบบพลาสติกคงทนที่มีราคาสูงกว่าแบบแรกซึ่งเหมาะสำหรับการติดไม้และเหล็ก โดยรูปแบบที่สองนี้จะใช้ในการติดกับพาเลตและชั้นวางของภายในคลังที่สามารถติดไว้ได้นาน RFID Tag ทั้งสองรูปแบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีดังต่อไปนี้

- UHF Alien H3 Paper label size 73x23 mm



รูปที่ 23 UHF Alien H3 Paper label

- UHF Metal Tag Mode : SI-A 102



รูปที่ 24 UHF Metal Tag

2) RFID Gate ใช้ในการอ่าน RFID Tag ที่ผ่านเข้าหรือออกจากคลังสินค้า

จากการออกแบบโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ที่ได้นำเสนอในหัวข้อ 4.3 และรูปการออกแบบ RFID Gate ดังรูปที่ 7 และ 8 จะเห็นได้ว่า RFID Gate ประกอบไปด้วย RFID Reader และสายนำสัญญาณทั้งสิ้น 4 ชุด โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ดังต่อไปนี้

- Impinj Speedway R420 RFID Reader (IPJ-REV-R420-GX12M1)



รูปที่ 25 Impinj Speedway R420 RFID Reader

Product Details	Speedway R420
Air Interface Protocol	EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 / ISO 18000-6C
Typical Throughput in Challenging Environment (Autoset Dense Reader Mode for FCC)	~430 tags/second
Supported Regions	• US, Canada, and other regions following US FCC Part 15 regulations • Europe and other regions following ETSI EN 302 208 v1.2.1 without LBT regulations • Brazil
Antennas	4 high performance, monostatic antenna ports optimized for Impinj reader antennas (RP TNC)
Transmit Power	• +10.0 to +30.0 dBm (PoE) • +10.0 to +32.5 dBm (external universal power supply)
Max Receive Sensitivity	-82 dBm
Max Return Loss	10 dB
Application Interface	EPCglobal Low Level Reader Protocol (LLRP) v1.0.1
Network Connectivity	10/100BASE-T auto-negotiate (full/half) with auto-sensing MDI/MDX for auto-crossover (RJ-45)
IP Address Configuration	• DHCP • Static • Link Local Addressing (LLA) with Multicast DNS (mDNS)

Time Synchronization	Network Time Protocol (NTP)			
Management Interfaces	• Impinj RShell Management Console using serial management console port, telnet or SSH			
	• SNMPv2 MIBII			
	• EPCglobal Reader Management v1.0.1			
	• Syslog			
Reliable Firmware Upgrade	• Dual image partitions enable smooth transition to new firmware while the reader is still operating.			
	• Scalable upgrade mechanism enables simultaneous scheduled upgrades of multiple readers			
Management Console	• RS-232 using a standard Cisco-style management Cable (DB-9 to RJ-45)			
	• Baud rate: 115200, Data: 8 bit, Parity: none, Stop: 1 bit, Flow control: none			
USB	USB 1.1 Device (Type B) and Host (Type A) ports			
GPIO	• 4 inputs, optically isolated 3-30V; 4 outputs, optically isolated, 0-30V, non-isolated 5V,			
	100mA supply (DB-15)			
Power Sources	• Power over Ethernet (PoE) IEEE 802.3af			
	• +24 VDC @ 800mA via external universal power supply with locking connector—sold separately			
Power Consumption		Idle	Typical	LDC
	PoE at +30 dBm	3W	11.5W	6W
	Power Supply at +30 dBm	3W	13.5W	6W
	Power Supply at +32.5* dBm	3W	15W	6W
	(*maximum is 31.5 dBm for ETSI region readers)			
Environmental Sealing	IEC IP52			
Operating Temperature	-20 °C to +50 °C			
Humidity	5% to 95%, non-condensing			
Dimensions (H x W x D)	7.5 x 6.9 x 1.2 in (19 x 17.5 x 3 cm)			
Weight	1.5lbs (24.5 oz)			
RoHS	Compliant to European Union directive 2002/95/EC			

- Circular Polarity RFID Panel Antenna (902-928 MHz 9 dBiC CIRCULAR POLARITY PANEL)



รูปที่ 26 Circular Polarity RFID Panel Antenna

FEATURES

- > Low profile
- > Extremely low VSWR and axial ratio
- > Weather and UV resistant radome
- > Wide range of connector and cable options
- > Left hand and right hand CP versions

SPECIFICATIONS

Antenna Part Number	S9028PLC / S9028PCR
Frequency Range	902 - 928 MHz
Gain	9 dBic
Maxium VSWR	1.3:1
3 dB Beamwidth - Azimuth	70°
Front to Back Ratio	20 dB
Polarization	Circular Right or Left
Maxium Input Power	10 Watts
Input Impedence	50 Ohms
Axial Ratio	1dB Typical
Weight (Kg)	2.3 lbs (1.04)
Mechanical Size	10.2" x 10.2" x 1.32"
Antenna Connection	Coax Pigtail, Rev TNC Male (others available)
Radome	High Strength PC
Mount Style	Threaded Stud
Temperature Operational	-25°C to +70°C
Lightning Protection	DC Grounded
Environmental Rating	IP 54

3) RFID Reader ใช้ในการลงทะเบียนวัตถุเข้าสู่ระบบ

ในส่วนของการลงทะเบียนเนื่องจากเป็นการสร้างระบบต้นแบบจึงใช้อุปกรณ์ที่คล้ายกับในชุดที่ใช้สร้าง RFID Gate โดยชุดที่ใช้ในการลงทะเบียนนี้จะประกอบไปด้วย RFID Reader (Impinj Speedway R420 RFID Reader) และ สายส่งสัญญาณ (Circular Polarity RFID Panel Antenna) อย่างละ 1 ชุด

4) Handheld RFID Reader ใช้ในการบริหารจัดการภายในคลังสินค้า

ในส่วนของการบริหารจัดการภายในคลังสินค้าในงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ Handheld ที่สามารถทำงานได้ครอบคลุมมากกว่าการอ่าน RFID Tag เพื่อให้สามารถเพิ่มเติมฟังก์ชันการทำงานต่างๆผ่านการโปรแกรม โดยใช้อุปกรณ์ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- AT880 High Performance Handheld with Long Range UHF



รูปที่ 27 ปป Handheld RFID Reader

Performance Characteristics	
Processor	Marvell™ PXA320 806MHz
Operating System	Windows CE 5.0 / Windows Embedded handheld 6.5
Memory	RAM 256MB / ROM 256MB (Max.512MB Option)
Display	3.5" QVGA with Backlight,TFT LCD 240×320 Pixel, 262, 144 Color (VGA 480x640pixel Option)
Weight	280g (PDA only, without battery)
Operating Temp.	-20℃ to 60℃
Storage Temp.	-30℃ to 70℃
Humidity	95% non-condensing
Drop Spec.	1.5M Drop to concrete
Dust & Water Proof	IP65
Physical Characteristics	
Audio	Phone Receiver, Stereo Speaker, Ear Jack, Microphone
Standard I/O Port	USB 1.1 Client / USB Host & Serial (RS-232) via gender cable or Cradle
Expansion Slot	1 Micro SD Slot (SDHC) , 1 SIM Slot, 1 SAM Slot
Notification	Vibrator, LED, Speaker
Dimensions	158mm(L) x 78mm(W) x 28mm(H)
Battery Supply	
Main Battery	Lithium-Ion Polymer 3.7V 3,300mAh (Rechargeable) Up to 4,400mAh(Option)
Backup Battery	Lithium-Ion Polymer 3.7V 80mAh (Rechargeable)
Power Adapter	Input AC100V ~ 240V / Output DC5V 3A
Network Characteristics	
WLAN	IEEE 802.11 a/b/g Compliant (Cisco Compatible Extensions Wi-Fi Alliance)
Bluetooth	Class II v2.1+EDR
Radio	GSM / GPRS / EVDO / CDMA / WDMA/UMTS / HSDPA / HSPA+
GPS	Internal Antenna
Data Capture Device	

Barcode Engine	1D Laser or 2D Imager Scanner
Camera	3Mega Pixel Fixed Focus with Flash
UHF 900 Mhz Reader	
Frequency	865-868 MHz
Reading range	0M ~ 7M (According to Tag & Environment)
Writing range	0M ~ 3M (According to Tag & Environment)
RF output	EIRP Power 0.1 ~ 1W
Protocol	EPC Gen2, ISO / IEC 18000-6C, 18000-6B (Option)
Special function	Anti - Collision
HF 13.56Mhz Reader	
Applied RFID Tag	ISO 15693 Standard , Mifare,ISO 14443 Type A / B
Reading range	Based On Tag : 0 ~ 10Cm
Gun Handle	
PDA or UHF or HF (Gun Handle)	Gun Handle Trigger
Gun Handle Battery	Lithium-ion 3.7V 4,400mAH (Rechargeable)
Cradle	
Standard Interface	USB 1.1 Host / USB Client / DC Power Jack / Extra Battery Charger / Serial(RS232) via gender cable
Ethernt RF45J Interface	RJ-45 Ethernet Interface (Option)

- 5) Web Server ใช้ในการเชื่อมต่อและประมวลผลข้อมูลที่อ่านได้จาก RFID Gate และเก็บข้อมูลหลัก

เนื่องจากในส่วนของการสร้างต้นแบบไม่รวมค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในการควบคุมระบบทางผู้วิจัยจึงใช้ server computer ที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการซึ่งมีรายละเอียดอุปกรณ์ ดังนี้

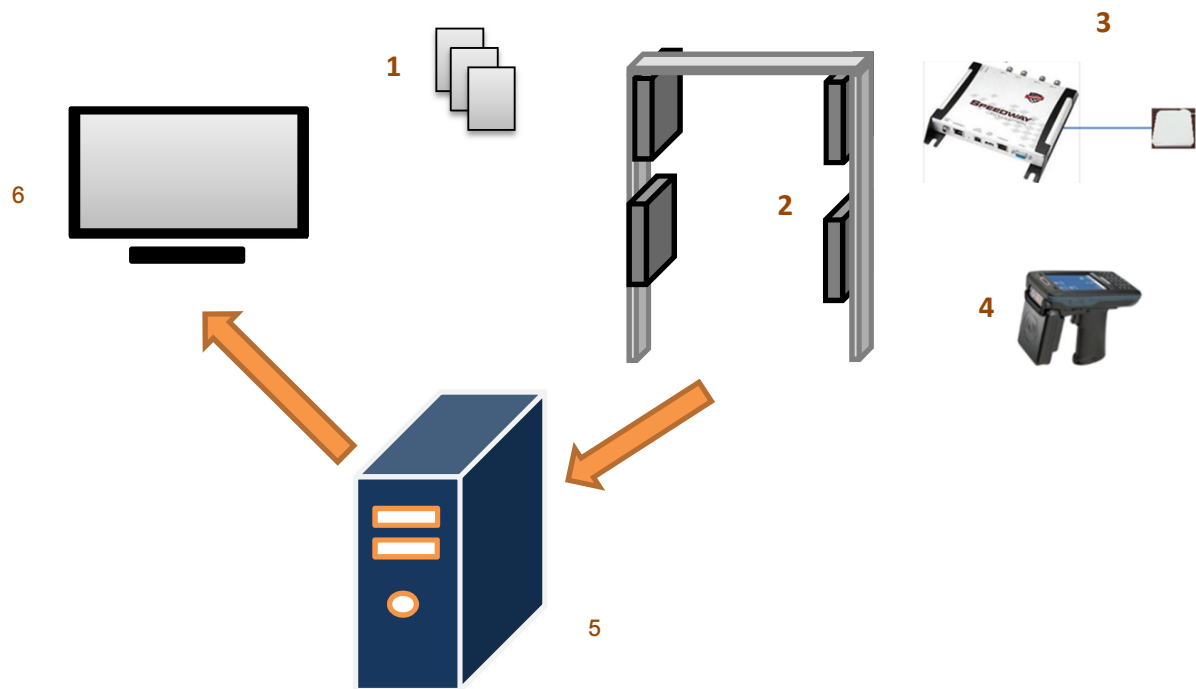
- Dell Power Edge R320 Server

Feature	PowerEdge R320 technical specification	
Form factor	1U rack	
Processors	Intel® Xeon® processor E5-2400 product family Intel Xeon processor E5-1410 Intel Pentium® processor 1400 product family	
Processor sockets	1	
Internal interconnect	Intel DMI 2.0	
Cache	2.5MB per core; core options: 2, 4, 6, 8	
Chipset	Intel C600 series	
Memory ¹	Up to 192GB (6 DIMM slots): 2GB/4GB/8GB/16GB/32GB DDR3 up to 1600MT/s	
I/O slots	2 PCIe slots: - One x8 PCIe slot with x4 bandwidth, 2.0, half-length, half-height - One x16 PCIe slot with x16 bandwidth, 3.0, half-length, full-height	
RAID controller	Internal controllers: PERC S110 (SW RAID) PERC H310 PERC H710	External HBAs (RAID): PERC H810 External HBAs (non-RAID): 6Gbps SAS HBA
Drive bays	Up to eight 2.5" hot-plug SAS, SATA or SSD or four 3.5" SAS, SATA	
Maximum internal storage ¹	Up to 16TB	
Hard drives	Hot-plug hard drive options: 2.5" SATA, nearline SAS, SAS (15K, 10K), SAS SSD, SATA SSD 3.5" SATA, nearline SAS, SAS (15K) Cabled hard drive options: 3.5" SATA, nearline SAS, SAS (15K) Self-encrypting drives available	
Embedded NIC	Broadcom® 5720 Dual Port 1Gb LOM	
I/O adapter options	1Gb Ethernet: Broadcom 5720 Dual Port 1Gb NIC Broadcom 5720 Quad Port 1Gb NIC Intel I350 Dual Port 1Gb stand-up adapter Intel I350 Quad Port 1Gb stand-up adapter 10Gb Converged Ethernet: Brocade® BR1020 Dual Port 10Gb CNA QLogic® QLE8262 Dual Port 10Gb DA/SFP+ Broadcom 57810S Dual Port 10Gb Base-T CNA Broadcom 57810S Dual Port 10Gb DA/SFP+ CNA	10Gb Ethernet: Intel X520 Dual Port 10Gb DA/SFP+ server adapter Intel X540 Dual Port 10Gb Base-T adapter FC8/FC4 HBA: QLogic QLE2460 4Gb Single Port FC HBA QLogic QLE2462 4Gb Dual Port FC HBA QLogic QLE2560 8Gb Single Port FC HBA QLogic QLE2562 8Gb Dual Port FC HBA Emulex® LPe-12000-E 8Gb Single Port FC HBA Emulex LPe-12002-E 8Gb Dual Port FC HBA Brocade 815 8Gb Single Port FC HBA Brocade 825 8Gb Dual Port FC HBA
Power	Platinum efficiency, hot-plug, redundant 350W and 550W power supplies; Bronze efficiency, cabled 350W power supply Auto-ranging power supplies	
Availability	High-efficiency, hot-plug, redundant power supplies; hot-plug hard drives; TPM; dual internal SD support; fan fault tolerance; optional bezel; information tag; ECC memory, interactive LCD screen; ENERGY STAR® compliant	

6) Workstation ใช้ในการเปิด Web Application ที่ใช้ควบคุมระบบ

เนื่องจากในส่วนของการสร้างต้นแบบไม่รวมค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในการควบคุมระบบ ทางผู้วิจัยจึงใช้ Workstation ที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการซึ่งมีรายละเอียดอุปกรณ์ ดังนี้

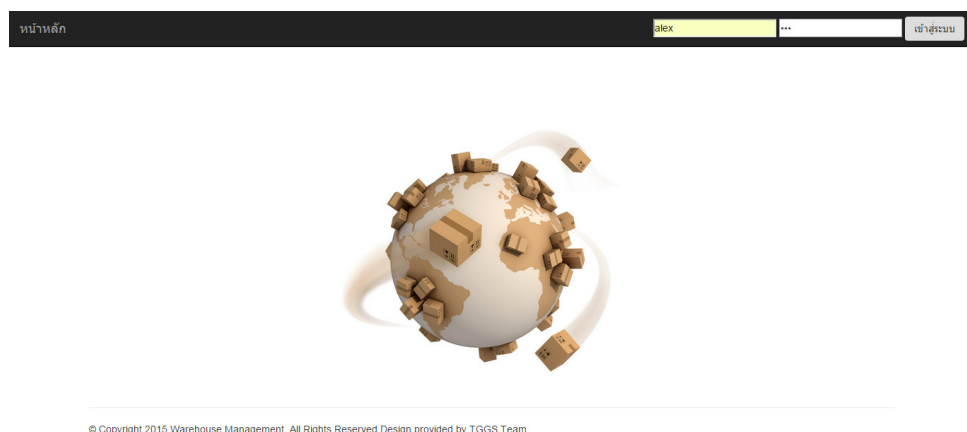
- Lenovo H50-50 Desktop (Core i7-4790, 3.6G/8G DDR3-1600/1TB, 7200RPM/NV, GT705, 2G/DT, DVD, RAMBO/802.11BGN/DOS)



รูปที่ 28 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

4.6 ซอฟต์แวร์อินเทอร์เน็ตและตัวอย่างการใช้งาน

1) หน้า Index สำหรับ Login



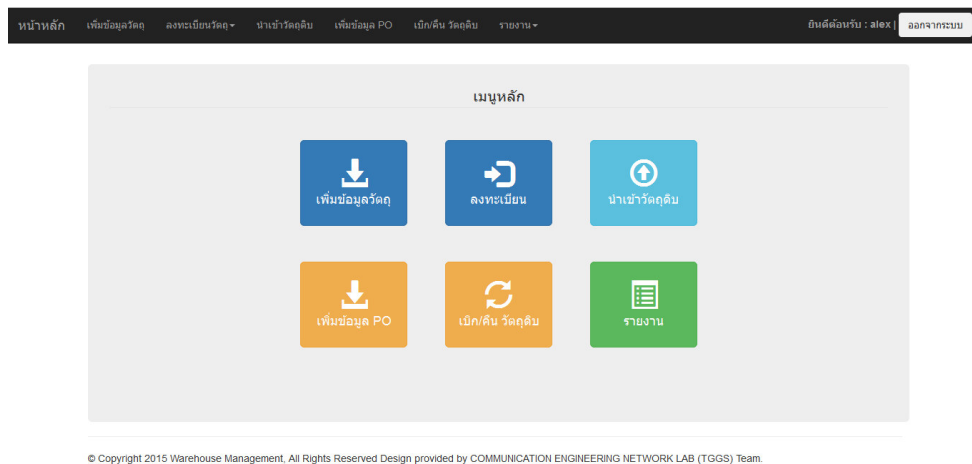
รูปที่ 29 Software interface : login page

2) หน้า Menu หลัก

โดยจะแบ่งการทำงานออกเป็นระบบย่อย 6 ระบบด้วยดังรูปที่ 30 ดังนี้

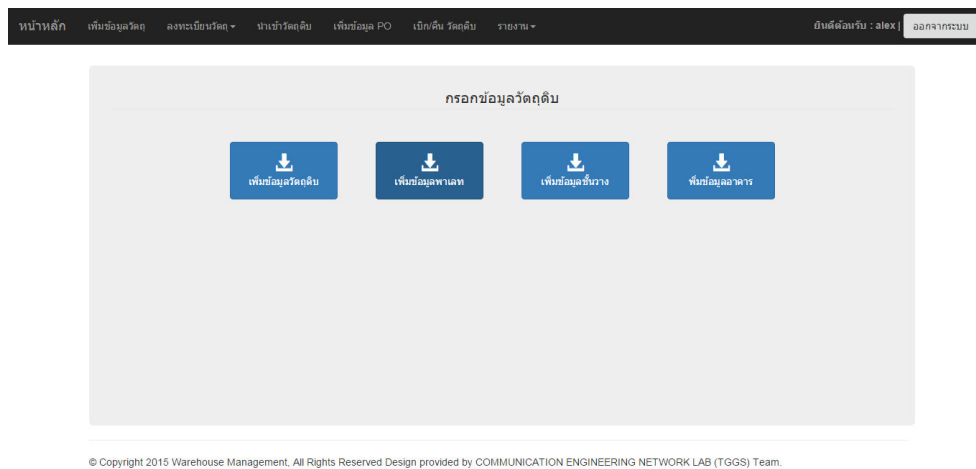
- ระบบเพิ่มข้อมูลวัตถุ
- ระบบลงทะเบียนวัตถุและ RFID Tag
- ระบบนำเข้าวัตถุดิบสู่คลังสินค้า
- ระบบลงทะเบียนเบิกวัตถุดิบ
- ระบบเบิก/คืน วัตถุดิบ
- ระบบรายงานผล

* ระบบการจัดการวัตถุภายในคลังสินค้านั้นเป็นระบบที่ไม่ได้อยู่บนหน้า Web Application

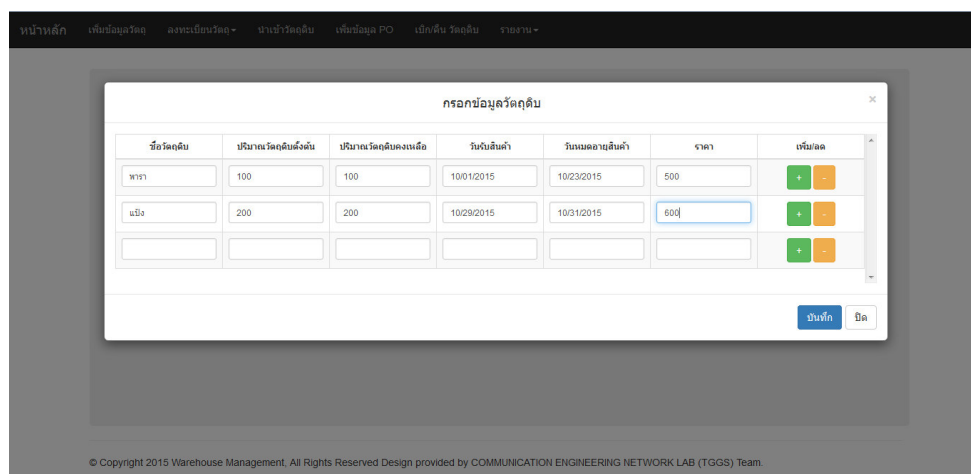


รูปที่ 30 Software interface : main menu

3) หน้าซอฟต์แวร์อินเตอร์เฟซสำหรับระบบเพิ่มข้อมูลวัตถุ



เมื่อกด function ใหนก็ตามจะได้ข้อมูลดังนี้



รูปที่ 31 Software interface : object registration page

4) หน้าซอฟต์แวร์อินเตอร์เฟซสำหรับระบบผูกข้อมูล RFID Tag เข้ากับวัตถุดิบ

สามารถทำการค้นหาวัตถุดิบที่อยู่ในระบบและยังไม่ได้ลงทะเบียนแล้วทำการผูกวัตถุดิบเข้ากับ RFID Tag ได้

ลงทะเบียนและผูกข้อมูล RFID

วัตถุที่ต้องการผูกข้อมูล: ☒ วัตถุดิบ ☐ วัสดุ ☐ อื่นๆ

หมายเลขวัตถุดิบ: ชื่อวัตถุดิบ: หมายเลข RFID: วันที่เริ่ม: วันที่สิ้นสุด:

				00:00:00.0	00:00:00.0			
6	R	1003	อาหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-21 00:00:00.0	100	100	ลงทะเบียนแล้ว
7	N	-	อาหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-22 00:00:00.0	100	100	ลงทะเบียนใหม่
8	N	-	อาหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-23 00:00:00.0	100	100	ลงทะเบียนใหม่
9	N	-	อาหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-24 00:00:00.0	100	100	ลงทะเบียนใหม่
10	R	100	อาหาร	2015-07-01	2015-07-25	100	100	ลงทะเบียนแล้ว

© Copyright 2015 Warehouse Management, All Rights Reserved Design provided by COMMUNICATION ENGINEERING NETWORK LAB (TGGS) Team.



เมื่อกดลงทะเบียนวัตถุดิบใหม่ระบบจะทำการขอข้อมูลที่อ่านได้จาก RFID Reader

ลงทะเบียนและผูกข้อมูล RFID

วัตถุที่ต้องการผูกข้อมูล: ☒ วัตถุดิบ ☐ วัสดุ ☐ อื่นๆ

หมายเลขวัตถุดิบ: ชื่อวัตถุดิบ: หมายเลข RFID: วันที่เริ่ม: วันที่สิ้นสุด:

				00:00:00.0	00:00:00.0			
6	R	1003	อาหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-21 00:00:00.0	100	100	ลงทะเบียนแล้ว
7	N	-	อาหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-22 00:00:00.0	100	100	ลงทะเบียนใหม่
8	N	-	อาหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-23 00:00:00.0	100	100	ลงทะเบียนใหม่
9	N	-	อาหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-24 00:00:00.0	100	100	ลงทะเบียนใหม่
10	R	100	อาหาร	2015-07-01	2015-07-25	100	100	ลงทะเบียนแล้ว

© Copyright 2015 Warehouse Management, All Rights Reserved Design provided by COMMUNICATION ENGINEERING NETWORK LAB (TGGS) Team.



เมื่ออ่านจบจะขึ้นยืนยันการทำงาน

ลงทะเบียนและผูกข้อมูล RFID

วัตถุที่ต้องการผูกข้อมูล: ☒ วัตถุดิบ ☐ วัสดุ ☐ อื่นๆ

หมายเลขวัตถุดิบ: ชื่อวัตถุดิบ: หมายเลข RFID: วันที่เริ่ม: วันที่สิ้นสุด:

ผลการทำงาน

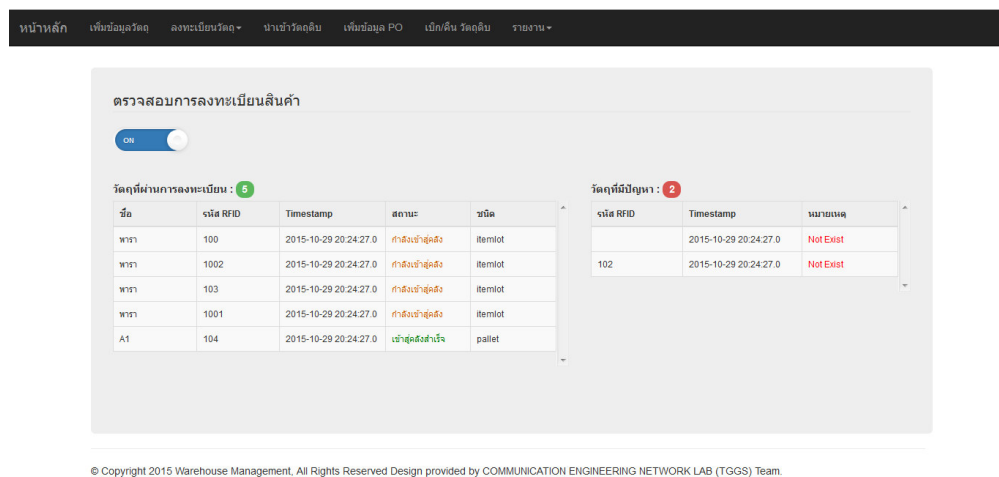
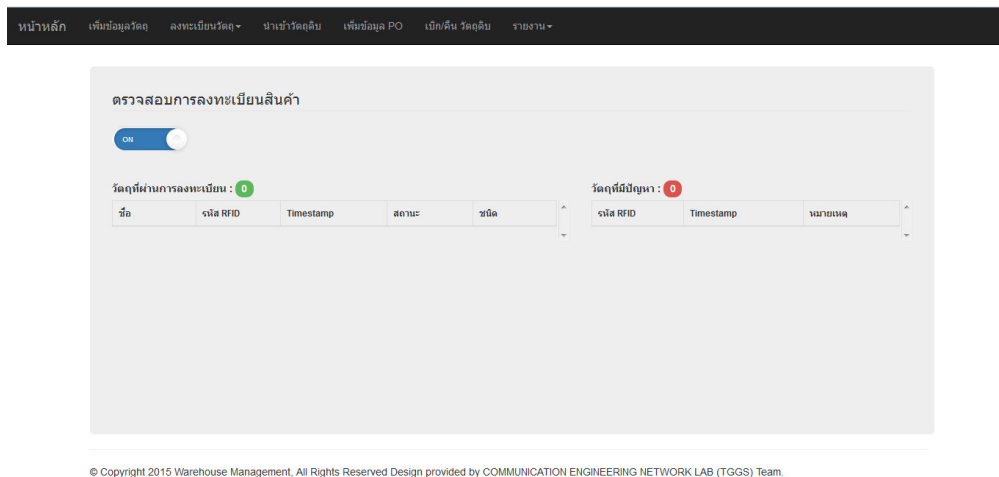
การผูกข้อมูล สำเร็จ

© Copyright 2015 Warehouse Management, All Rights Reserved Design provided by COMMUNICATION ENGINEERING NETWORK LAB (TGGS) Team.

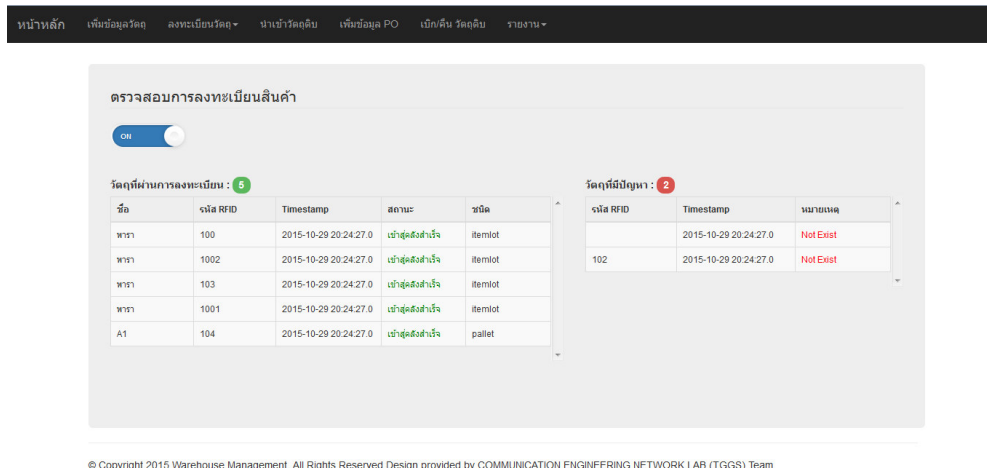
รูปที่ 32 Software interface : RFID and object registration monitoring page

5) หน้าซอฟต์แวร์อินเตอร์เฟซสำหรับระบบการนำเข้าวัตถุเข้าสู่คลัง

ในส่วนของระบบนี้จะทำการตรวจจับวัตถุที่ผ่าน RFID Gate และแจ้งผลเมื่อวัตถุผ่านเข้าไปสำเร็จ รวมทั้งการแจ้งเตือนในกรณีมีวัตถุไม่เหมาะสมผ่านเข้า Gate



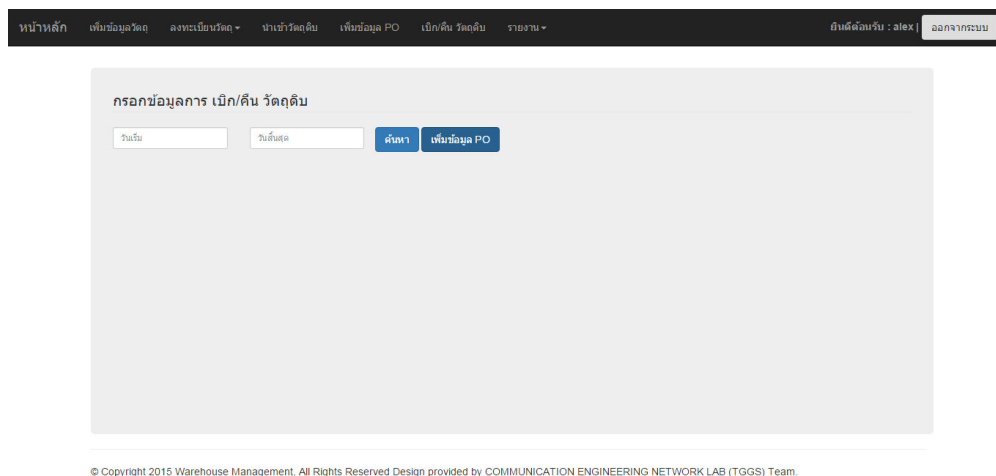
รูปที่ 33 Software interface : RFID gate object detection page



รูปที่ 33 Software interface : RFID gate object detection page (ต่อ)

6) หน้าซอฟต์แวร์อินเตอร์เฟซสำหรับระบบเพิ่ม PO

เป็นระบบที่ใช้ในการเปิด PO ใหม่เข้าสู่ระบบ และใช้ในการปิด PO แต่ละใบด้วยเช่นกัน



เมื่อทำการสร้าง PO ระบบจะทำการแสดงวัตถุดิบที่สามารถทำการเบิกถอนจากในระบบคลังขึ้นมา โดย user จะสามารถสร้าง PO โดยอ้างอิงจากวัตถุดิบเหล่านี้ได้

รูปที่ 34 Software interface : PO input page

หน้าหลัก | เพิ่มข้อมูลวัสดุ | ลงทะเบียนวัสดุ | เข้าวัสดุ | เพิ่มข้อมูล PO | เบิก/คืน วัสดุ | รายงาน

หมายเลขวัสดุ

ชื่อวัสดุ

หมายเลข RFID

I

วันเริ่ม

วันสิ้นสุด

ค้นหา

จ.น	สถานะ	จ.น RFID	ชื่อวัสดุ	วันที่เริ่ม	วันที่จบ	ปริมาณเริ่มต้น	ปริมาณปัจจุบัน	เลือก
2	I	103	พารา	2015-07-01 00:00:00	2015-07-17 00:00:00	100	100	☒
4	I	1001	พารา	2015-07-01 00:00:00	2015-07-19 00:00:00	100	100	☒
5	I	1002	พารา	2015-07-01 00:00:00	2015-07-20 00:00:00	100	100	☒
10	I	100	พารา	2015-07-01 00:00:00	2015-07-25 00:00:00	100	100	☐

บันทึก

ลบ

© Copyright 2015 Warehouse Management. All Rights Reserved Design provided by COMMUNICATION ENGINEERING NETWORK LAB (TGGS) Team.

กรอกข้อมูลการ เบิก/คืน วัสดุ

วันเริ่ม

วันสิ้นสุด

ค้นหา

เพิ่มข้อมูล PO

สำเร็จ! การบันทึกสมบูรณ์

รูปที่ 34 Software interface : PO input page (ต่อ)

7) หน้าซอฟต์แวร์อินเตอร์เฟสสำหรับระบบ เบิก/คืน วัสดุ

ในส่วนของระบบนี้จะทำหน้าที่คล้ายกับระบบนำเข้าวัสดุโดย ในการเบิกวัสดุระบบจะทำการอนุมัติเฉพาะวัสดุที่มีบันทึกในใบเบิกเท่านั้น

หน้าหลัก

เพิ่มข้อมูลวัตถุดิบ

ลงทะเบียนวัตถุดิบ

นำเข้าวัตถุดิบ

เพิ่มข้อมูล PO

เบิก/คืน วัตถุดิบ

รายงาน

เบิก/คืน วัตถุดิบ

ON

วัตถุดิบผ่านการเบิก/คืน : 2

ชื่อ	รหัส RFID	Timestamp	สถานะ	ชนิด
อาหาร	103	2015-10-29 20:42:56.0	กำลังทำการเบิก	Itemlot
อาหาร	1001	2015-10-29 20:42:56.0	กำลังทำการเบิก	Itemlot

วัตถุดิบมีปัญหา : 3

รหัส RFID	Timestamp	หมายเหตุ
100	2015-10-29 20:42:56.0	No PO found
102	2015-10-29 20:42:56.0	Unknown Error
1099	2015-10-29 20:42:56.0	Unknown Error

© Copyright 2015 Warehouse Management, All Rights Reserved Design provided by COMMUNICATION ENGINEERING NETWORK LAB (TGGS) Team.

หน้าหลัก

เพิ่มข้อมูลวัตถุดิบ

ลงทะเบียนวัตถุดิบ

นำเข้าวัตถุดิบ

เพิ่มข้อมูล PO

เบิก/คืน วัตถุดิบ

รายงาน

เบิก/คืน วัตถุดิบ

ON

วัตถุดิบผ่านการเบิก/คืน : 2

ชื่อ	รหัส RFID	Timestamp	สถานะ	ชนิด
อาหาร	103	2015-10-29 20:43:27.0	การเบิกสำเร็จ	Itemlot
อาหาร	1001	2015-10-29 20:43:27.0	การคืนสำเร็จ	Itemlot

วัตถุดิบมีปัญหา : 3

รหัส RFID	Timestamp	หมายเหตุ
100	2015-10-29 20:42:56.0	No PO found
102	2015-10-29 20:42:56.0	Unknown Error
1099	2015-10-29 20:42:56.0	Unknown Error

© Copyright 2015 Warehouse Management, All Rights Reserved Design provided by COMMUNICATION ENGINEERING NETWORK LAB (TGGS) Team.

รูปที่ 35 Software interface : PO monitoring page

และเมื่อต้องการคืนวัตถุดิบผู้ปฏิบัติงานจะต้องทำการกรอกวันที่คืนสินค้าใน PR ก่อน

กรอกข้อมูลการ เบิก/คืน วัสดุ

2015-10-31 20:46:28 | 2015-10-31 20:46:11 | ค้นหา | เพิ่มข้อมูล PO

วัสดุที่ผ่านการลงทะเบียน

ID	รหัสวัสดุ	ชื่อวัสดุ	ปริมาณเริ่ม	ปริมาณปัจจุบัน	รับเข้า	คืน
103	2	อาหาร	100	100	2015-10-29 00:00:00.0	2015-10-31
104	4	อาหาร	100	100	2015-10-29 00:00:00.0	2015-10-31
105	5	อาหาร	100	100	2015-10-29 00:00:00.0	2015-10-31

บันทึก

© Copyright 2015 Warehouse Management, All Rights Reserved Design provided by COMMUNICATION ENGINEERING NETWORK LAB (TGGS) Team.



หลังจากนั้นจึงนำวัสดุทั้งหมดวิ่งผ่าน RFID Gate อีกครั้ง

เบิก/คืน วัสดุ

ON

วัสดุที่ผ่านการเบิก/คืน : 2

ชื่อ	รหัส RFID	Timestamp	สถานะ	ชนิด
อาหาร	103	2015-10-29 20:47:45.0	กำลังทำการเบิก	Itemlot
อาหาร	1001	2015-10-29 20:47:45.0	กำลังทำการเบิก	Itemlot

วัสดุที่มีปัญหา : 3

รหัส RFID	Timestamp	หมายเหตุ
102	2015-10-29 20:47:45.0	Unknown Error
100	2015-10-29 20:47:45.0	No PO found
1099	2015-10-29 20:47:45.0	Unknown Error

© Copyright 2015 Warehouse Management, All Rights Reserved Design provided by COMMUNICATION ENGINEERING NETWORK LAB (TGGS) Team.



รูปที่ 36 Software interface : PR monitoring page

เบิก/คืน วัสดุคืบ

ON

วัสดุที่ผ่านการเบิก/คืน : 2

ชื่อ	รหัส RFID	Timestamp	สถานะ	ชนิด
ทหาร	103	2015-10-29 20:48:16.0	การเบิกสำเร็จ	itemlot
ทหาร	1001	2015-10-29 20:48:16.0	การเบิกสำเร็จ	itemlot

วัสดุที่มีปัญหา : 3

รหัส RFID	Timestamp	หมายเหตุ
102	2015-10-29 20:47:45.0	Unknown Error
100	2015-10-29 20:47:45.0	No PO found
1099	2015-10-29 20:47:45.0	Unknown Error

รูปที่ 36 Software interface : PR monitoring page (ต่อ)

8) หน้าซอฟต์แวร์อินเตอร์เฟสสำหรับรายงานข้อมูลต่างๆในระบบ

รูปที่ 37 แสดงตัวอย่างรายงานที่ใช้ในการแจ้งเตือนว่าวัสดุคืบใดหมดอายุไปแล้ว

หน้าหลัก เพิ่มข้อมูลวัสดุ ลงทะเบียนวัสดุ นำเข้าวัสดุคืบ เพิ่มข้อมูล PO เบิก/คืน วัสดุคืบ รายงาน

รายงาน แจ้งเตือนวัสดุคืบหมดอายุ

รหัส	ชื่อวัสดุคืบ	รับวัสดุคืบ	วันหมดอายุ	จำนวนวัน
1	ทหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-31 00:00:00.0	เกินมา 90 วันแล้ว
2	ทหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-17 00:00:00.0	เกินมา 104 วันแล้ว
3	ทหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-18 00:00:00.0	เกินมา 103 วันแล้ว
4	ทหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-19 00:00:00.0	เกินมา 102 วันแล้ว
5	ทหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-20 00:00:00.0	เกินมา 101 วันแล้ว
6	ทหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-21 00:00:00.0	เกินมา 100 วันแล้ว
7	ทหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-22 00:00:00.0	เกินมา 99 วันแล้ว
8	ทหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-23 00:00:00.0	เกินมา 98 วันแล้ว
9	ทหาร	2015-07-01 00:00:00.0	2015-07-24 00:00:00.0	เกินมา 97 วันแล้ว

© Copyright 2015 Warehouse Management, All Rights Reserved Design provided by COMMUNICATION ENGINEERING NETWORK LAB (TGGS) Team.

รูปที่ 37 Software interface : report page

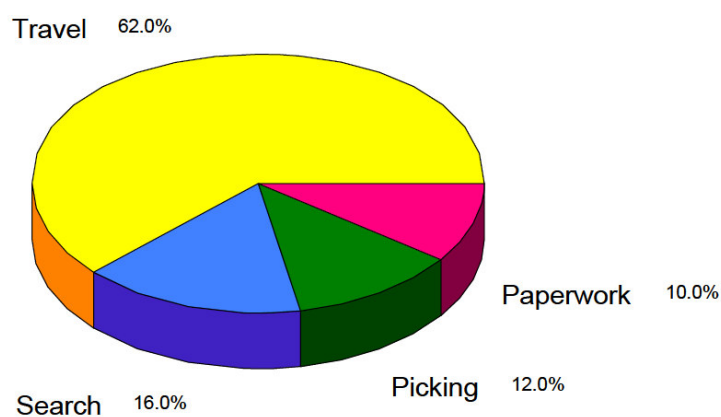
บทที่ 5

กลไกอันชาญฉลาดในการจัดสรรทรัพยากร

5.1 บทนำ

ในคลังสินค้าการหยิบสินค้าเป็นกิจกรรมที่สำคัญมากเนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ใช้ปริมาณคนมากที่สุดในการบรรดาภิกรรมต่างๆในคลังสินค้า จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในกิจกรรมการหยิบสินค้าจะมีอัตราส่วนมากที่สุด ดังนั้นจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนต่างๆในคลังสินค้าด้วยเช่นกัน และอาจเป็นต้นทุนแรงงานโดยตรงของคลังสินค้าถึง 50 เปอร์เซ็นต์ [12] เช่นเดียวกับนักวิจัยจากประเทศอังกฤษที่เห็นพ้องว่าการหยิบสินค้าอาจส่งผลได้มากถึง 63 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมดในคลังสินค้า [13] ดังนั้นกิจกรรมในการปรับปรุงผลิตผลในการทำงาน (Productivity) จึงมักจะได้รับความสำคัญเป็นอันมาก

เมื่อวิเคราะห์กิจกรรมในการหยิบสินค้าภายในคลังเราจะเรียนรู้ว่าเราควรจะให้ความสำคัญอะไรบ้างจากรูปที่ 38 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนของกิจกรรมย่อยในการหยิบสินค้าจะตกอยู่ในการเดินทางถึง 62% ดังนั้นหากเรามีการปรับผังการวางสินค้าใหม่ (Re-layout) หรือแม้แต่กระทั่งการทำ Slotting Optimization ใหม่ นั่นจะช่วยลดต้นทุนในภาพรวมได้



รูปที่ 38 แสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนของเวลาที่ใช้ในกิจกรรมการหยิบสินค้า ปรับปรุงจาก [13]

ซึ่งเนื้อหาในรายงานเล่มนี้จะเน้นไปที่รูปแบบการหยิบสินค้าจากคลังสินค้าที่มีข้ออยู่ตลอดจนการปรับปรุงรูปแบบในการหยิบสินค้า เพื่อให้สามารถลดระยะการเดินทางในการหยิบสินค้าจากคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและลดค่าใช้จ่ายรวมทั้งตอบสนองต่อคำสั่งในการหยิบสินค้าได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

เมื่อพูดถึงรูปแบบในการหยิบสินค้าจะมีรูปแบบมากมายให้เลือกใช้ ซึ่งรูปแบบต่างๆ ไม่ได้จำกัดว่าจะต้องเลือกใช้เพียงแต่รูปแบบเดียวโดยเด็ดขาด (Mutually Exclusive) หากแต่สามารถใช้ร่วมกันได้ตามแต่ความต้องการหรือการใช้งานของแต่ละที่ โดยรูปแบบการหยิบจะแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ 4 กลุ่ม คือ

- 1) การหยิบแบบอิสระ (Basic Order Picking) โดยการหยิบแบบอิสระ เป็นวิธีการหยิบที่พนักงานหยิบสินค้าเดินทางเข้าไปหยิบสินค้าด้วยรายการหยิบหนึ่งคำสั่งซื้อและหยิบทีละรายการ (line by line) ทุกรายการในคำสั่งซื้อ และทำการหยิบตามลำดับ (Sequence order)
- 2) การเลือกหยิบสินค้าเป็นชุด (Batch Picking) โดยกำหนดกลุ่มของใบจ่ายสินค้า ที่จะทำการหยิบสินค้าเพื่อกำหนดงานการหยิบสินค้าให้กับผู้ที่จะไปทำการหยิบสินค้าโดยมีเงื่อนไขของการกำหนดกลุ่ม เช่น การขนส่ง วันที่สั่งสินค้า หรือวันกำหนดส่งสินค้ากำหนดช่วงของใบจ่ายสินค้า กำหนดตามลูกค้า กำหนดตามผู้หยิบสินค้าและแต่ละครั้งพนักงานจะได้รับมอบหมายใบสั่งซื้อมากกว่า 1 ใบ เนื่องจากการหยิบแต่ละครั้งจะต้องทำการหยิบหลายใบสั่งซื้อ ดังนั้นจึงต้องทำการเรียงลำดับการหยิบตามตำแหน่งที่จัดเก็บ และเนื่องจากหยิบมาพร้อมกัน จึงต้องมาคัดแยกตามใบสั่งซื้ออีกที วิธีการหยิบประเภทนี้เหมาะสำหรับใบสั่งซื้อที่มีขนาดเล็ก มีสินค้าไม่กี่ประเภท ข้อดีของการหยิบสินค้าแบบ Batch Picking คือ เดินทางน้อยและทำงานได้ไว ส่วนข้อเสีย คือ เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ง่าย และเสียเวลาทำการคัดแยก
- 3) การเลือกหยิบสินค้าตามโซน (Zone Picking) การเลือกหยิบของตามโซนที่เลือกไว้ในคลังเก็บ โดยพนักงานแต่ละคนจะได้รับการกำหนดพื้นที่รับผิดชอบของตนเองและส่งสินค้าพร้อมใบสั่งซื้อต่อไปยังพื้นที่ใกล้เคียง และเนื่องจากหยิบมาพร้อมกัน จึงต้องมาคัดแยกตามใบสั่งซื้ออีกที วิธีการหยิบแบบนี้เหมาะกับคลังสินค้าที่มีขนาดใหญ่ ข้อดีของการหยิบแบบ Zone picking คือ สามารถจัดรูปแบบการเก็บสินค้าได้หลากหลาย เช่น สินค้าที่ต้องดูแลเป็นพิเศษ ซึ่งจะต้องใช้พนักงานที่มีความชำนาญสามารถทำให้เดินทางน้อยและหยิบสินค้าได้เร็ว ข้อเสีย คือ พนักงานบางจุดอาจจะว่างงาน และเสียเวลาคัดแยก

- 4) การเลือกหยิบตามชนิดของการขนส่ง (Wave picking) การเลือกหยิบตามชนิดของการขนส่ง เป็นรูปแบบผสมระหว่างการหยิบแล้วส่งต่อแบบ Zone กับ การหยิบเป็นชุด Batch โดยพนักงานแต่ละคนจะได้รับการกำหนดพื้นที่รับผิดชอบของตัวเอง ใบคำสั่งซื้อจะถูกส่งไปยังพนักงานแต่ละคนซึ่งจะได้รับการกำหนดพื้นที่รับผิดชอบของตนเอง ใบคำสั่งซื้อจะถูกส่งไปยังพนักงานแต่ละคนเหมือนคลื่นตามช่วงเวลา เช่น เข้าหนึ่งรอบ บ่ายหนึ่งรอบ ที่มีรายการจัดส่งสินค้าและเนื่องจากหยิบสินค้ามาพร้อมกัน จึงต้องมาคัดแยกตามใบสั่งซื้ออีกที วิธีการหยิบสินค้าประเภทนี้เหมาะสมกับคลังสินค้าที่มีขนาดใหญ่ มีคำสั่งซื้อที่แยกตามผู้ขนส่ง เส้นทาง หรือพื้นที่ของลูกค้า มีใบสั่งซื้อเข้ามาเป็นช่วงๆ และแต่ละใบสั่งซื้อมีการหยิบสินค้าเป็นจำนวนหลายรายการ

กระบวนการที่จะทำให้เกิดการประหยัดจากการหยิบสินค้าให้เกิดประโยชน์สูงสุดก็คือ การจัดเส้นทางการหยิบสินค้าและการจัดเก็บที่เหมาะสม เพราะว่าเวลาเดินทาง (Travel Time) สามารถลดลงได้มากกว่า 50% ถ้าเราเลือกกลยุทธ์การจัดเส้นทางที่เหมาะสม สามารถช่วยลดระยะทางในการหยิบได้เป็นอย่างดี [14] การลดระยะทางหยิบสินค้าโดยการจัดเส้นทางนั้น เป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจอย่างแพร่หลายเพื่อลดระยะเวลาการทำงานในกระบวนการหยิบสินค้า โดยการให้เจ้าหน้าที่ทำการรวบรวมจำนวนสินค้าทั้งหมดในปริมาณที่ต้องการทำการจัดเส้นทางในการหยิบ แล้วเรียงลำดับการหยิบตามที่ได้วางแผนเอาไว้เพื่อทำให้ระยะทางการหยิบสั้นที่สุด

การจัดชั้นตอนที่มีประสิทธิภาพ เพื่อหาเส้นทางการหยิบที่สั้นที่สุดได้พัฒนาโดย Ratliff และ Rosenthal (1983) [15] มี 6 วิธี ดังนี้

- 1) S-shape Strategy : เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการหยิบสินค้า โดยจะหยิบไปตามทางยาวของทางเดิน (Aisle) ที่มีสินค้าที่ต้องหยิบ เดินทางไปทางเดียวเท่านั้น ถ้าช่องไหนไม่มีสินค้าก็ไม่ต้องเข้าไปหยิบ เมื่อหยิบสินค้าอันสุดท้ายแล้ว เจ้าหน้าที่จะต้องเดินกลับไปที่ด้านหน้า (Front Aisle) เสมอ เป็นการเข้าและออกทางเดียวเท่านั้น อุปกรณ์ที่ใช้ในคลังสินค้าที่ใช้กลยุทธ์ในการหยิบแบบนี้ไม่จำเป็นต้องหมุนหรือหรือเปลี่ยนทิศภายในช่องทางการก็ได้ทำให้ช่วยลดเวลาในการเปลี่ยนช่องทางการเดิน
- 2) Return Strategy : เป็นวิธีการเดินแบบเข้าและออกช่องทางการเดินหลังจากหยิบสินค้าในช่องทางการแล้วเหมาะสำหรับช่องทางการที่ค่อนข้างกว้างที่เครื่องมือสามารถเปลี่ยนช่องทางการวิ่งได้

- 3) Midpoint Strategy : การเดินแบบนี้จะแบ่งคลังสินค้าออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนหน้าและส่วนหลัง โดยจะเดินตรงไปหยิบสินค้าที่อยู่ในส่วนหลัง (Back Aisle) ก่อนให้หมดรายการสินค้า แล้วจึงเดินขึ้นมาหยิบสินค้าที่เหลือในอยู่ในส่วนด้านหน้า (Front Aisle) จนครบ
- 4) Largest Gap Strategy : เป็นวิธีการเดินจากช่องทางเดินแรกตรงไปที่ด้านหลังของคลังสินค้าก่อน แล้วเดินไปหยิบเฉพาะช่องทางที่ต้องการ โดยเดินมาถึงจุดกึ่งกลางแต่ละส่วน (Block) เท่านั้นเพื่อหยิบสินค้า สามารถเดินไปและเดินกลับได้ เมื่อหยิบสินค้าเสร็จกลับไปจัดเตรียมสินค้าออกได้
- 5) Composite/Combined Strategy : เป็นวิธีการเดินที่ผสมผสานการเดินแบบ S-shape และ Return strategy ไว้ด้วยกัน โดยดูจากเส้นทางการเดินไปหยิบสินค้าที่สุดให้ใช้แบบนั้น โดยจะเดินทางไปทางเดียวหรือเลือกเดินไปกลับในช่องทางก็ได้ เหมาะสมกับการใช้หยิบคลังสินค้าที่มีสินค้าจำนวนมาก
- 6) Optimal Routing : เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนมากในการหาเส้นทางการเดินที่เหมาะสมที่สุดในคลังสินค้าเพื่อหาเส้นทางที่เป็นไปได้ 3 ทางในการเปลี่ยนช่องทาง ได้แก่ ทางด้านหน้า ทางด้านหลัง และระหว่างช่องทาง ต้องใช้โปรแกรมในการแก้ปัญหาเพื่อหาเส้นทางที่ดีที่สุดในการเดินไปหยิบสินค้า

ในงานวิจัยนี้จะทำการใช้วิธีการเก็บสินค้าแบบ Optimal Routing ในการหยิบสินค้า โดยจะใช้ จินเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm, GA) ในการหาเส้นทางที่ดีที่สุด [16] โดยจะกล่าวในเนื้อหาในหัวข้อต่อไป

5.2 Genetic Algorithm (GA) สำหรับแบบจำลองการจัดการคลังสินค้า

รูปแบบการหยิบสินค้าในคลังสินค้าด้วยการรวมกลุ่มคำสั่งสินค้า (Based Batching Method) จะมีหลายวิธีการด้วยกัน เช่น แบบ S-shape, แบบ Return, แบบ Midpoint, แบบ Largest Gap เป็นต้น ซึ่งจุดประสงค์หลักก็เพื่อลดระยะทางในการหยิบสินค้าให้มากที่สุด

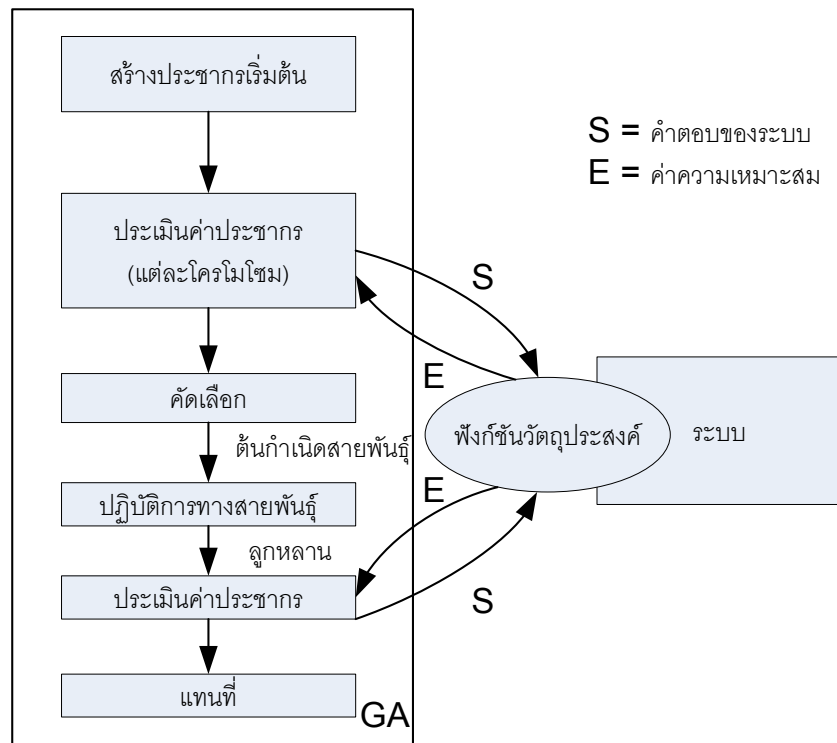
สำหรับการรูปแบบที่จะนำมาอธิบายในครั้งนี้จะใช้ Genetic Algorithm ซึ่งมีข้อดีคือ มีข้อกำหนดทางคณิตศาสตร์น้อย มีความยืดหยุ่น และสามารถหาความน่าจะเป็นและหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดได้ โดย GA เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้หลักการคัดเลือกแบบธรรมชาติและหลักการทางสายพันธุ์ GA เป็นการคำนวณอย่างหนึ่งที่สามารถกล่าวได้ว่ามี “วิวัฒนาการ” อยู่ในขั้นตอนของการค้นหาคำตอบ และได้รับการจัดให้เป็นวิธีหนึ่งในกลุ่มของการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (evolutionary computing) ซึ่งปัจจุบันเป็นที่ยอมรับในประสิทธิภาพ และมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

5.2.1 ขั้นตอนการทำงานของ Genetic Algorithm

รูปที่ 35 แสดงขั้นตอนทั่วไปของ GA และการเชื่อมโยงเข้ากับระบบในโลกความเป็นจริงเพื่อทำการค้นหาคำตอบที่ต้องการ คำตอบของระบบที่ต้องการให้ GA ทำการค้นหาคำตอบจะอยู่ในรูปของโครโมโซมในกลุ่มของประชากร (แน่นอนว่าคำตอบที่ต้องการจะต้องเป็นโครโมโซมที่ดีที่สุดในกลุ่ม) ดังนั้นระบบจะสามารถรู้ได้ว่าคำตอบที่มีอยู่ใน GA ณ เวลาหนึ่งๆ นั้นดีหรือไม่ดีอย่างไรด้วยการประเมินค่าของโครโมโซม ระบบจะมีการเชื่อมต่อกับ GA ผ่านฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการใช้ในการประเมินค่าของโครโมโซมซึ่งจะมีรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

ขั้นตอนการทำงานทั่วไปของ GA

- 1) สร้างประชากร โดยปกติจะใช้การสุ่ม (random)
- 2) ประเมินค่าโครโมโซมของกลุ่มประชากรทั้งหมดด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เนื่องจากระบบไม่สามารถเข้าใจค่าของโครโมโซมภายใน GA ดังนั้นโครโมโซมจะต้องผ่านการถอดรหัสก่อนที่จะนำไปทำการคำนวณด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้
- 3) คำนวณค่าความเหมาะสมแล้วส่งกลับไปยัง GA
- 4) ใช้ค่าความเหมาะสมทำการคัดเลือกโครโมโซมบางกลุ่ม เพื่อนำมาเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์ ซึ่งจะถูกใช้เป็นตัวแทนในการถ่ายทอดสายพันธุ์ให้กับรุ่นถัดไป
- 5) นำต้นกำเนิดสายพันธุ์มาทำการสร้างลูกหลาน ด้วยปฏิบัติการทางสายพันธุ์ โครโมโซมที่ได้ในขั้นตอนนี้ก็คือโครโมโซมลูกหลาน
- 6) คำนวณค่าความเหมาะสมของโครโมโซมลูกหลาน โดยใช้ขั้นตอนเดียวกับข้อ 3)
- 7) โครโมโซมในประชากรเดิมจะถูกแทนที่ด้วยลูกหลานที่ได้จากข้อ 5) ประชากรเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกแทนที่ ด้วยกลวิธีเฉพาะสำหรับขั้นตอนของการแทนที่ที่ใช้ค่าความเหมาะสมในการตัดสินใจ
- 8) เริ่มต้นทำซ้ำจากขั้นตอนในข้อ 2) ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้คำตอบที่ต้องการ คำตอบที่ได้จะมาจากโครโมโซมที่ดีที่สุดในกลุ่มประชากรนั่นเอง โดยที่สามารถใช้ค่าจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการประเมินว่าคำตอบที่ได้เป็นที่ต้องการหรือไม่



รูปที่ 39 ขั้นตอนทั่วไปของ GA กับการเชื่อมโยงเข้ากับระบบ

จากกระบวนการของ GA จะเห็นได้ว่าสิ่งที่จำเป็นจะต้องทำการออกแบบเพื่อนำ GA มาใช้คือ

- โครโมโซมประชากรและการเข้ารหัส
- การประเมินค่าความเหมาะสม
- การคัดเลือกต้นกำเนิดสายพันธุ์
- ปฏิบัติการทางสายพันธุ์
- การแทนที่

5.2.2 การเข้ารหัส (Coding)

การประยุกต์ใช้ GA สำหรับแก้ปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดนั้น แต่ละคำตอบของปัญหาที่ต้องการหาจะต้องถูกทำให้เป็นรหัส (Encoded) ในรูปแบบการเรียงตัวของอักขระที่มีความยาวจำกัด (String) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ อยู่ในรูปของรหัสการเรียงตัวของตัวเลขทางพีชคณิต (Permutation Coding) เช่น 6 2 1 4 3 5 และรหัสแบบตัวเลขฐานสอง (Binary Coding) เช่น 1 0 1 0 0 1 รหัสแบบตัวเลขฐานสองนิยมใช้กับปัญหาฟังก์ชันการหาค่าที่ดีที่สุดโดยที่ การถอดรหัส (Decoding) จะออกมาอยู่ในรูปค่าจำนวนเต็ม ส่วนรหัสการเรียงสลับของตัวเลขทางพีชคณิตมักจะใช้สำหรับปัญหาที่มีลักษณะของลำดับเข้ามาเกี่ยวข้องโดยใช้เลขจำนวนเต็ม

5.2.3 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

การประเมินค่าความเหมาะสมเป็นขั้นตอนในการประเมินว่าโครโมโซมหนึ่งๆ ดีหรือไม่ดีอย่างไร เมื่อเทียบกับโครโมโซมอื่นๆ ที่มีอยู่ในกลุ่มประชากรนั้นๆ โดยปกติแล้วการประเมินค่าความเหมาะสมของโครโมโซมจะประกอบไปด้วยการคำนวณค่าของ 2 ฟังก์ชัน นั่นคือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) และ ฟังก์ชันกำหนดค่าความเหมาะสม (Fitness Function) โดยที่ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นส่วนสำคัญในกระบวนการ GA

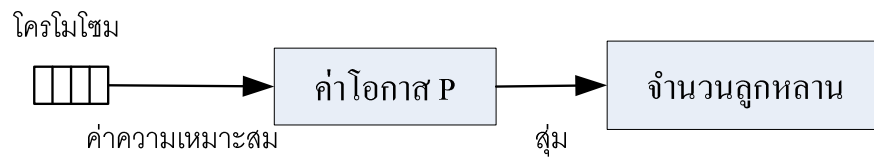
5.2.4 การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection)

การคัดเลือกสายพันธุ์ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซม เพื่อที่จะให้ได้โครโมโซมที่ดีที่สุด โดยทำการคัดเลือกจากประชากรทั้งหมด ซึ่งโครโมโซมที่ถูกคัดเลือกจะถูกนำไปเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์ หรือ พ่อแม่ (Parent) เพื่อใช้ในการให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นถัดไป GA จะทำการคัดเลือกสายพันธุ์โดยจะพิจารณาที่ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมนั้นๆ ถ้าโครโมโซมไหนมีค่าความเหมาะสมที่ดี ย่อมหมายถึงการเป็นโครโมโซมที่มีโอกาสที่จะให้ลูกหลาน (Offspring) ในจำนวนที่มากกว่า

ขั้นตอนที่ใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่จะให้ได้โครโมโซมที่ดีนั้นประกอบด้วย 2 ขั้นตอนนั้นคือ

- 1) การกำหนดค่าโอกาส P ในการถูกคัดเลือกเพื่อเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์ให้กับโครโมโซม
- 2) การแปลงค่าโอกาส P ไปเป็นจำนวนของโครโมโซมลูกหลาน

ในขั้นตอนการคัดเลือกดังกล่าว GA จะใช้ค่าโอกาส P แทนค่าความเหมาะสม ผลลัพธ์จากการคัดเลือกคือจำนวนลูกหลานที่จะได้จากโครโมโซมนั้นๆ โครโมโซมที่มีโอกาสในการถูกคัดเลือกสูงจะให้จำนวนของโครโมโซมลูกหลานที่สูงด้วย ดังนั้นสิ่งที่เราต้องพิจารณาคือการคำนวณค่า P ที่เหมาะสม



รูปที่ 40 การกำหนดค่าโอกาส P เพื่อใช้ในขั้นตอนการคัดเลือก

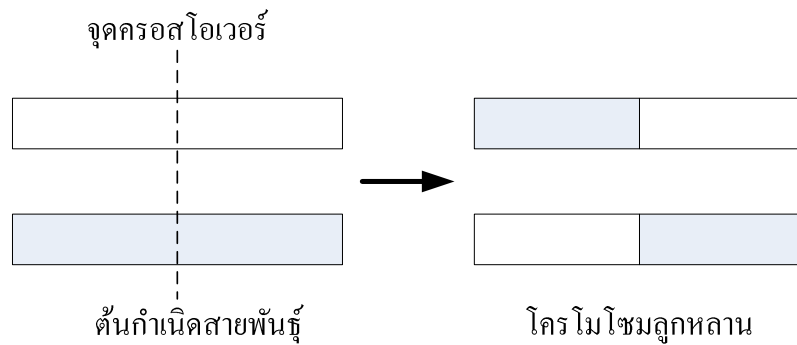
การกำหนดค่าโอกาส P ในการถูกคัดเลือกที่ใช้กันแพร่หลายทั่วไป เช่น วิธีการแบ่งเป็นสัดส่วน (proportionate) วิธีของโบลต์ซมันน์ (Boltzmann) วิธีการจัดอันดับ (ranking) และวิธีการแข่งขัน (tournament) ฯลฯ ส่วนการแปลงค่าโอกาส P ไปเป็นจำนวนโครโมโซมลูกหลาน หรือที่เรียกว่าการชักตัวอย่าง (Sampling) จะใช้วิธีของวงล้อรูเล็ต (roulette wheel sampling) หรือวิธีการกระบวนการเฟ้นสุ่มครอบจักรวาล (stochastic universal sampling หรือ SUS) เป็นต้น

5.2.5 การข้ามสายพันธุ์ (Crossover)

การข้ามสายพันธุ์เป็นวิธีการรวมตัวใหม่ของโครโมโซม (Recombination operation) โดยทำการรวมส่วนย่อยระหว่างโครโมโซมต้นกำเนิดสายพันธุ์ ตั้งแต่สองโครโมโซมขึ้นไป เพื่อให้กลายเป็นโครโมโซมลูกหลาน โครโมโซมลูกหลานที่ได้จากการข้ามสายพันธุ์นี้จะมีพันธุกรรมจากต้นกำเนิดสายพันธุ์อยู่ในตัว โดยปกติทั่วไปจะมีการกำหนดอัตราการทำการข้ามสายพันธุ์เอาไว้ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ความน่าจะเป็น (Pc) เป็นตัวกำหนดอัตราดังกล่าว วิธีการทำการข้ามสายพันธุ์มีได้หลายแบบดังต่อไปนี้

1) การทำครอสโอเวอร์แบบจุดเดียว (Single-Point Crossover)

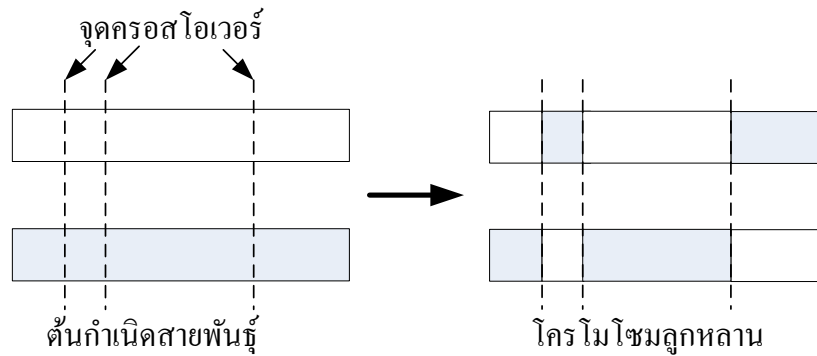
การทำครอสโอเวอร์แบบจุดเดียว โครโมโซมลูกหลานจะมีสายพันธุ์ของแต่ละต้นกำเนิดอยู่อย่างละหนึ่งส่วน จุดตัดในการทำครอสโอเวอร์โดยปกติจะได้อาจมาจากการสุ่มเลือก ตัวอย่างของการทำครอสโอเวอร์แบบจุดเดียวแสดงได้ดังรูปที่ 41



รูปที่ 41 ครอสโอเวอร์แบบจุดเดียว

2) การทำครอสโอเวอร์แบบหลายจุด (Multiple-point Crossover)

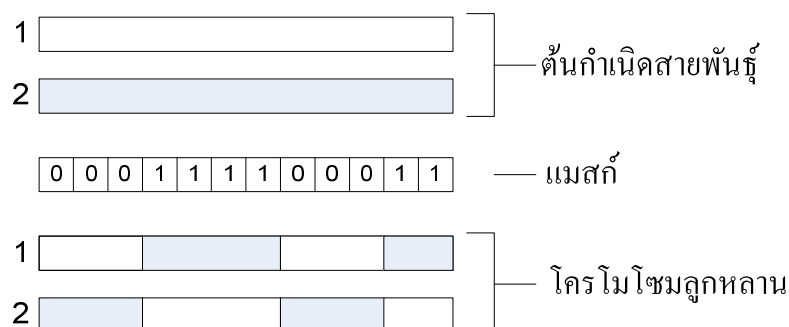
พิจารณาตัวอย่างการทำครอสโอเวอร์แบบหลายจุด ดังแสดงในรูปที่ 38 ที่ซึ่งมีการใช้จุดตัดทั้งหมด 3 จุด ดังนั้นโครโมโซมลูกหลานจะมีสายพันธุ์ของต้นกำเนิดอยู่มากกว่าหนึ่งส่วน หลักการเลือกจุดของครอสโอเวอร์นั้นมีอยู่หลายแบบ แต่ละแบบจะให้ผลต่อการเปลี่ยนแปลง ของสายพันธุ์ในโครโมโซมลูกหลานที่แตกต่างกันออกไปด้วยวิธีที่ง่ายและเป็นที่ยอมรับทั่วไปคือการสุ่มเลือกจุดครอสโอเวอร์ การทำครอสโอเวอร์แบบหลายจุดจะให้ผลของลูกหลานที่มีความหลากหลายกว่าการทำครอสโอเวอร์แบบจุดเดียว อันจะมีผลให้การเข้าสู่คำตอบของระบบสามารถครอบคลุมพื้นที่ของคำตอบได้มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการทำครอสโอเวอร์แบบหลายจุด ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมลูกหลานได้มากกว่าการทำครอสโอเวอร์แบบจุดเดียวนั้น อาจจะทำให้มีโอกาสเบี่ยงเบนของคำตอบที่มีอยู่ในโครโมโซมลูกหลานได้ในอัตราที่สูงกว่าเช่นกัน



รูปที่ 42 ครอสโอเวอร์แบบหลายจุด

3) ครอสโอเวอร์แบบสม่ำเสมอ (Uniform Crossover)

การทำครอสโอเวอร์แบบจุดเดียวและหลายจุด มีการกำหนดจุดตัดเอาไว้ก่อนที่จะทำการสับส่วยย่อยของโครโมโซมที่จุดนั้นๆ วิธีดังกล่าวมีความแตกต่างไปจากการทำครอสโอเวอร์แบบสม่ำเสมอ ที่ซึ่งถูกออกแบบให้ทุกจุดบนโครโมโซมสามารถเป็นจุดตัวได้ ในทางปฏิบัติจะมีการใช้ครอสโอเวอร์แมสก์หรือตัวพราง (cross-over mask) ช่วยในการทำครอสโอเวอร์ ตัวพรางดังกล่าวจะเป็นชนิดไบนารีและมีขนาดจำนวนบิตเท่ากับความยาวของโครโมโซม ค่าของตัวพรางที่ตำแหน่งต่างๆ จะเป็นตัวบอกถึงการครอสโอเวอร์ระหว่างต้นกำเนิดสายพันธุ์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 43 ณ ตำแหน่งที่ตัวพรางมีค่าเป็น 1 โครโมโซมลูกหลานจะได้รับการสับส่วยย่อยของโครโมโซมต้นกำเนิดสายพันธุ์ ถ้าตำแหน่งที่แมสก์มีค่าเป็น 0 โครโมโซมลูกหลานจะยังคงเป็นส่วนย่อยของโครโมโซมต้นกำเนิดสายพันธุ์ โดยไม่มีการสับส่วยแต่อย่างใด

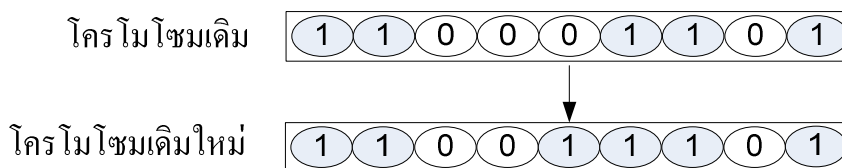


รูปที่ 43 ครอสโอเวอร์แบบสม่ำเสมอ

5.2.6 มิวเทชัน (Mutation)

มิวเทชันเป็นวิธีการแปรผันยีนหรือส่วนย่อยของโครโมโซม ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับการกลายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในทางชีววิทยานั้นเอง ปกติแล้วอัตราการทำมิวเทชันจะมีค่าค่อนข้างต่ำ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าความน่าจะเป็นในการทำมิวเทชันนั้นมีค่าน้อย ถ้ามิวเทชันคือการเปลี่ยนแปลงยีนในโครโมโซมแล้ว มิวเทชันจะเป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงตัวเลขของโครโมโซมนั้นเอง เพราะในทางปฏิบัติแล้ว ยีนของโครโมโซมก็คือบิตในระบบตัวเลขของคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 44

การทำมิวเทชันเปรียบเสมือนกับการก้าวเดินไปสู่คำตอบของระบบเช่นเดียวกับการทำครอสโอเวอร์ นอกเหนือไปจากนั้น มิวเทชันยังสามารถถูกพิจารณาเป็นการทำให้เกิดความหลากหลายขึ้นในกลุ่มประชากร มีผลให้คำตอบที่เกิดขึ้นในกระบวนการของ GA ครอบคลุมพื้นที่การค้นหาคำตอบทั่วถึงยิ่งขึ้น



รูปที่ 44 การแปรผันยีนในมิวเทชัน

ขั้นตอนการทำครอสโอเวอร์และมิวเทชันเป็นการสร้างและการเปลี่ยนแปลงของต้นกำเนิดสายพันธุ์ ซึ่งให้ผลเป็นโครโมโซมลูกหลาน การทำครอสโอเวอร์มีผลให้โครโมโซมลูกหลานได้รับสายพันธุ์จากต้นกำเนิด โดยโครโมโซมลูกหลานจะได้รับส่วนที่ดีจากส่วนย่อยของต้นกำเนิดสายพันธุ์ไป ในขณะที่การทำมิวเทชันเป็นการสร้างความแปรผันขึ้นในโครโมโซมลูกหลาน เพื่อให้เกิดประชากรใหม่ที่ดีกว่าขึ้น

5.2.7 การแทนที่ (Replacement)

การแทนที่ เป็นขั้นตอนหลังจากที่ GA ได้โครโมโซมลูกหลานเรียบร้อยแล้ว และจะนำโครโมโซมลูกหลานใหม่นี้ไปแทนที่ประชากรรุ่นเก่า จุดประสงค์ในการแทนที่นั้นค่อนข้างชัดเจน กล่าวคือ การนำโครโมโซมลูกหลานมาแทนที่ประชากรรุ่นก่อน จะทำให้ประชากรรุ่นใหม่ประกอบไปด้วยโครโมโซมใหม่ๆ ซึ่งเป็นโครโมโซมที่ดีกว่าเพราะ

ได้สืบทอดสายพันธุ์ที่ดีจากต้นกำเนิดสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว กลยุทธ์ในการคัดเลือกกว่าโครโมโซมไหนจะถูกแทนที่นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

1) การแทนที่ทั้งรุ่น (Generational GA)

เป็นการนำประชากรลูกหลานไปแทนที่ประชากรเก่าทั้งหมด ดังนั้นถ้าในระบบหนึ่งมีจำนวนประชากรเท่ากับ N จำนวนของโครโมโซมลูกหลานที่จะมาแทนที่จะต้องมีขนาด N เช่นกัน วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายเนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนของการคัดเลือก แต่ถ้าไม่มีขั้นตอนดังกล่าวกลายเป็นข้อเสีย นั่นคือ โครโมโซมที่ดีๆ ในรุ่นก่อนจะถูกแทนที่ไปด้วย วิธีแก้ก็คือการเก็บโครโมโซมที่ดีที่สุดไว้หรือเรียกได้ว่ากลยุทธ์คัดเลือกหัวกระทิ (elitist strategy)

2) การแทนที่ประชากรแบบบางส่วน (Partial GA)

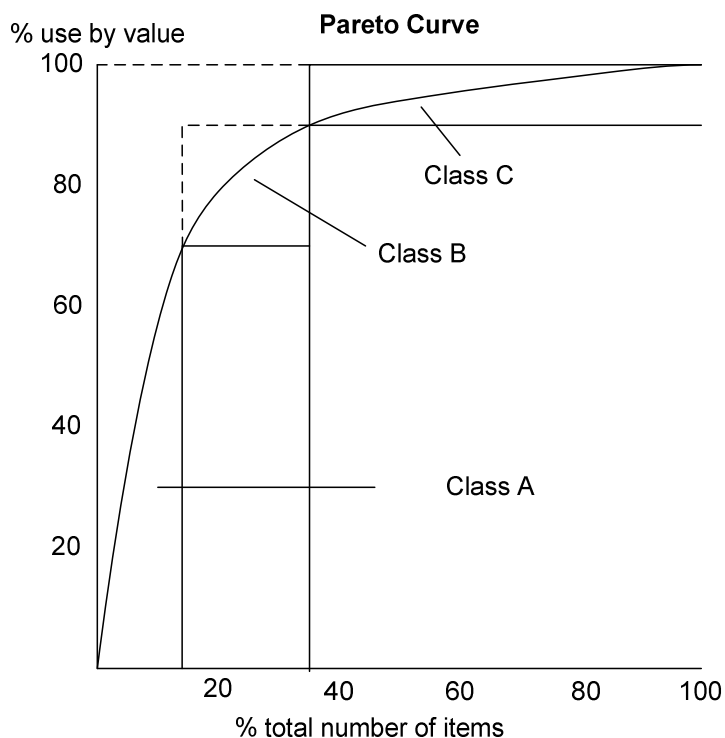
เป็นการนำเอาประชากรลูกหลานไปแทนที่ประชากรเดิมเพียงบางส่วนเท่านั้น ดังนั้นจะต้องมีการคัดเลือกประชากรที่จะถูกแทนที่ ซึ่งโดยปกติจะพิจารณาจากค่าความเหมาะสมของโครโมโซมนั้นเอง โครโมโซมเก่าจะถูกแทนที่ด้วยโครโมโซมใหม่เพียง 1 หรือ 2 ตัวเท่านั้น กลวิธีในการแทนที่มีอยู่หลายวิธี เช่นการแทนที่ประชากรที่ดีที่สุดในรุ่นหรือการแทนที่ประชากรโดยการสุ่มเลือก เป็นต้น

5.3 การจัดเรียงสินค้าที่เหมาะสมที่สุด (Slotting Optimization)

การจัดเรียงสินค้าเป็นเรื่องที่สำคัญมากจากการวิจัยพบว่าคลังสินค้าส่วนใหญ่ใช้เวลามากกว่าที่ควรจะเป็นถึง 10-30% ต่อปีเพราะการจัดเรียงสินค้าไม่เหมาะสม [13] ดังนั้นการจัดเรียงที่เหมาะสมจะทำให้การหยิบสินค้าใช้เวลาน้อยลง

ในการหาวิธีการเก็บที่เหมาะสมต้องใช้ข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูลและความรู้ทางสถิติเข้าช่วย ส่วนมากการวิเคราะห์มักใช้ค่าความนิยมอย่างเดียว แต่การวิเคราะห์อาจใช้ข้อมูลได้หลายวิธี เช่น ค่าความนิยม (Popularity) ทั้งนี้ไม่ใช่มูลค่าในการเก็บสินค้า, ระยะทางในการเดินเข้าไปหาจุดหยิบสินค้า, ช่วงเวลาในการเก็บ เนื่องจากอาจเป็นการเก็บแบบฤดูกาลได้, ปริมาตรสินค้าที่เก็บ, ขนาดสินค้า, การวิเคราะห์การกระจายตัวของ การตอบสนองเสร็จสิ้นของคำสั่งซื้อ (Order Completion Distribution) หลังจากนั้นให้นำมาจัดคลังสินค้าโดยใช้หลัก Pareto และ ABC analysis โดยจัดเรียงให้สินค้าที่เป็น A (Fast move) อยู่ใกล้จุดหยิบมากที่สุด และเก็บสินค้าที่เป็น Slow move ไว้ด้านหลัง

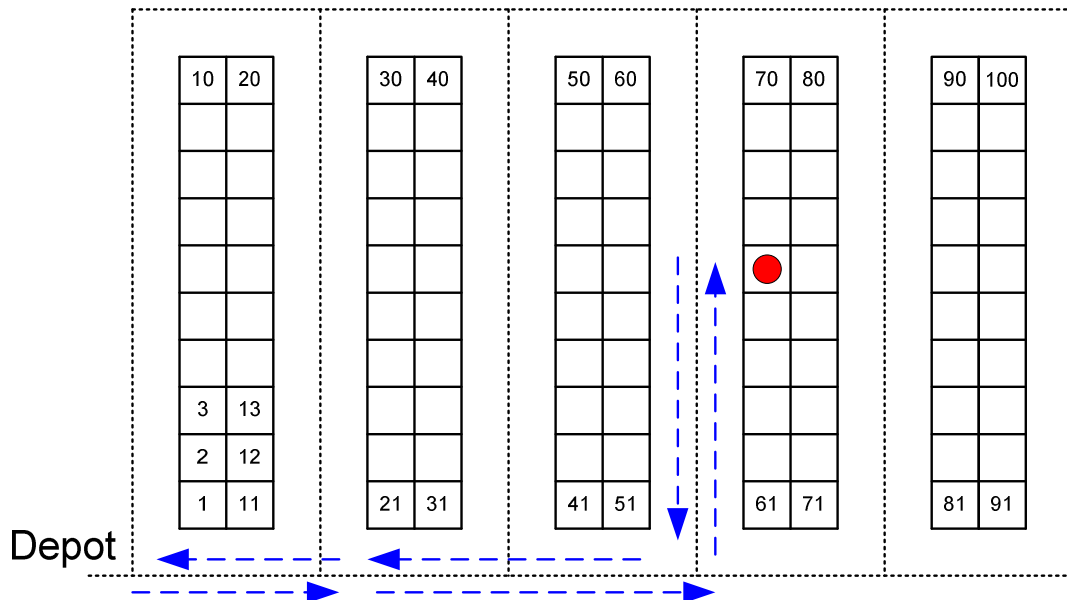
การวิเคราะห์แบบ ABC Analysis เป็นแนวคิดที่ให้ความสำคัญกับสินค้าตามกลุ่มสินค้าโดยการจัดลำดับสินค้าตามยอดขายหรือส่วนแบ่งกำไรของสินค้านั้น ซึ่งสินค้าที่จัดอยู่ในกลุ่ม A จะประกอบด้วยสินค้าเพียงไม่กี่ประเภทหรือมีจำนวน SKU (Stock Keeping Unit) น้อยแต่เป็นสินค้าที่มียอดขายหรือส่วนแบ่งกำไรมากที่สุด ส่วนสินค้าที่มียอดขายหรือส่วนแบ่งกำไรรองลงไปจะได้รับความสำคัญน้อยลงเป็น B และ C ตามลำดับ [17]



รูปที่ 45 แสดง ABC Analysis หรือ Pareto Curve

ABC Analysis มีเกณฑ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในเรื่องการจัดตำแหน่งการวางสินค้า โดยจะจัดกลุ่มตามการเคลื่อนไหวหรือ movement ของสินค้า โดยจากการจัดสินค้าตามเกณฑ์ดังกล่าวจะพบว่าสินค้าที่มีจำนวนเพียง 20% นั้นจะมีการ movement ของสินค้ามากกว่า 80% ของสินค้าทั้งหมด

จากรูปที่ 46 แสดงแผนผังคลังสินค้าจำลองโดยกำหนดให้ตำแหน่งที่เก็บสินค้าอยู่ทั้งหมด 100 ตำแหน่ง โดยแบ่งเป็นแถวละ 10 ตำแหน่ง และจะเว้นทางเดินไว้เพื่อเป็นทางเดินไปเก็บสินค้า ซึ่งทางเดินที่เว้นไว้สามารถกลับทางเดิมได้



รูปที่ 47 เส้นทางเก็บสินค้าที่คลังสินค้า

การเข้าไปหยิบสินค้านั้นดังที่ได้กล่าวไปแล้วมีหลายวิธีด้วยกัน จากรูปที่ 47 ยกตัวอย่างการหยิบของแบบ Basic Order Picking โดยจะทำการหยิบตามคำสั่งที่ได้รับ โดยตำแหน่งจุดสีแดงเป็นตำแหน่งของสินค้าโดยพนักงานจะต้องเลือกเส้นทางที่ใกล้ที่สุด ในการเข้าไปหยิบสินค้า ซึ่งถ้ามีกล่องสินค้าเพียงกล่องเดียวต่อเที่ยวการเข้าไปหยิบ พนักงานก็สามารถเลือกเส้นทางในการหยิบได้ แต่ถ้ามีสินค้าที่มากขึ้นการไปหยิบสินค้าในครบและให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุดและใช้เวลาน้อยที่สุด ก็จะเป็นการลดต้นทุนในเรื่องของการเข้าไปหยิบสินค้า การจัดเรียงสินค้าในเหมาะสมที่สุดจึงเป็นส่วนที่สำคัญในการจัดการคลังสินค้า

ตามที่เราเข้าใจกันทุกๆ คลังสินค้าจะมีการเก็บสถิติ ว่าสินค้าที่หยิบใน 1 เดือน หรือ 1 ปี สินค้าไหนนิยมหยิบบ่อยสุด ซึ่งเราได้สมมุติการหยิบสินค้า 20 ตำแหน่งและมีความถี่การหยิบแสดงได้ดังตารางที่ 4 โดยจะกำหนดให้ 4 อันดับที่ใช้งานบ่อยสุดเป็น class A

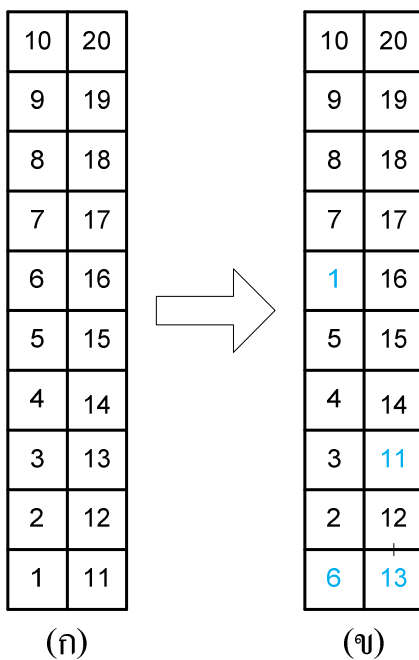
จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าการเก็บข้อมูลความถี่ในการเก็บข้อมูลไว้ โดยตำแหน่งที่ 6 มีความถี่สูงสุดในการเข้าไปหยิบสินค้า นั่นคือ จำนวน 120 ครั้ง รองลงมาคือตำแหน่ง 13, 7, และ 14 โดยมีค่าความถี่การหยิบสินค้า คือ 110, 98, และ 97 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 การจัดเรียงข้อมูลตามความถี่การใช้งานและการแทนที่

ตำแหน่ง	ความถี่หยิบ (ครั้ง)	จัดเรียงข้อมูลใหม่		การแทนที่
		ตำแหน่ง	ความถี่หยิบ (ครั้ง)	
1	74	6	120	6 [1]
2	89	13	110	2
3	77	7	98	3
4	80	14	97	4
5	69	2	89	5
6	120	11	85	1 [6]
7	98	8	83	7
8	83	4	80	8
9	57	12	79	9
10	64	3	77	10
11	85	16	76	13 [11]
12	79	1	74	12
13	110	20	72	11 [13]
14	97	17	70	14
15	65	5	69	15
16	76	15	65	16
17	70	10	64	17
18	62	18	62	18
19	60	19	60	19
20	72	9	57	20

เมื่อได้กำหนด class เรียบร้อยแล้วต่อไปจะทำการสับเปลี่ยนตำแหน่ง ของ class A ที่มีความนิยมการ หยิบมากที่สุด มาตำแหน่งที่ใกล้ทางเดินและสามารถหยิบสินค้าได้ง่ายสุด เพื่อให้เราสามารถลด การเดินทาง รวมทั้ง ลดเวลาการเข้าไปหยิบสินค้าที่คลังสินค้า

จากรูปที่ 48 (ก) ตำแหน่งที่ 6 และ 13 คือตำแหน่งที่มีความถี่การหยิบมากที่สุดสองอันดับแรก และเป็น ตำแหน่งที่ยากต่อการเข้าไปหยิบสินค้า เนื่องจากว่าอยู่เกือบตรงกลางระหว่างทางเข้าด้านหน้าและทางเข้าด้านหลัง โดยจะทำการสับเปลี่ยนกับตำแหน่งที่อยู่ใกล้ทางเข้า-ออก และสามารถหยิบได้ง่าย นั่นคือตำแหน่ง 1 และตำแหน่ง 11 จากนั้นจะได้ดังรูปที่ 48 (ข) นั่นคือ ตำแหน่ง 1 ถูกแทนด้วยตำแหน่ง 6 และตำแหน่ง 6 มาแทน 1 และอีก 1 คู่ ตำแหน่ง 11 ถูกแทนด้วยตำแหน่ง 13 และตำแหน่ง 13 ถูกแทนด้วย 11 นั่นเอง

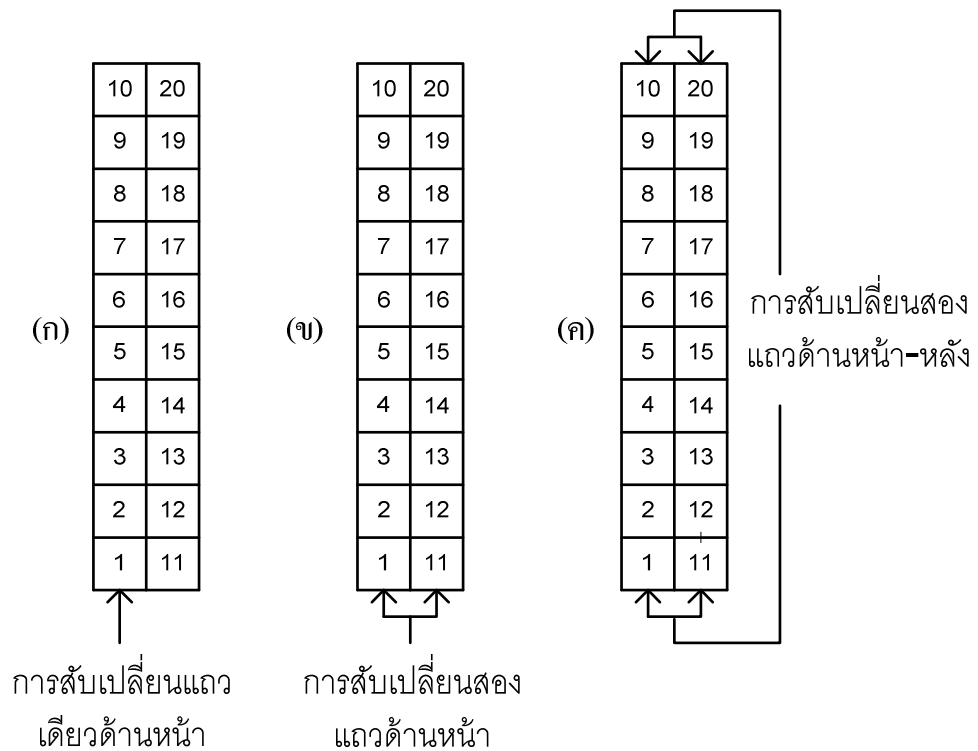


รูปที่ 48 การสับเปลี่ยนตำแหน่งคลังสินค้า

หลังจากทำการสับเปลี่ยนเสร็จแล้วก็ทำการทดลองหาเส้นทางการหยิบสินค้าเปรียบเทียบกับของเดิมที่ไม่ มีการสับเปลี่ยน

วิธีการสับเปลี่ยนมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้จะแบ่งการสับเปลี่ยนดังนี้ คือ

- 1) การสับเปลี่ยนแถวเดียวด้านหน้า
- 2) การสับเปลี่ยนสองแถวด้านหน้า
- 3) การสับเปลี่ยนสองแถวด้านหน้า-หลัง



รูปที่ 49 (ก) การสับเปลี่ยนแถวเดียวด้านหน้า (ข) การสับเปลี่ยนสองแถวด้านหน้า

(ค) การสับเปลี่ยนสองแถวด้านหน้า-หลัง

การสับเปลี่ยนแถวเดียวด้านหน้า จะทำการสับเปลี่ยนแถวแรกของคลังสินค้ากับตำแหน่งที่ได้จากการเรียงลำดับของความเร็วการใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น จากตารางที่ 4 ตำแหน่งที่ได้จากการเรียง 3 อันดับแรกคือ ตำแหน่ง 6, 13, และ 7 จะทำการสับเปลี่ยนกับแถวแรก คือ ตำแหน่งที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ

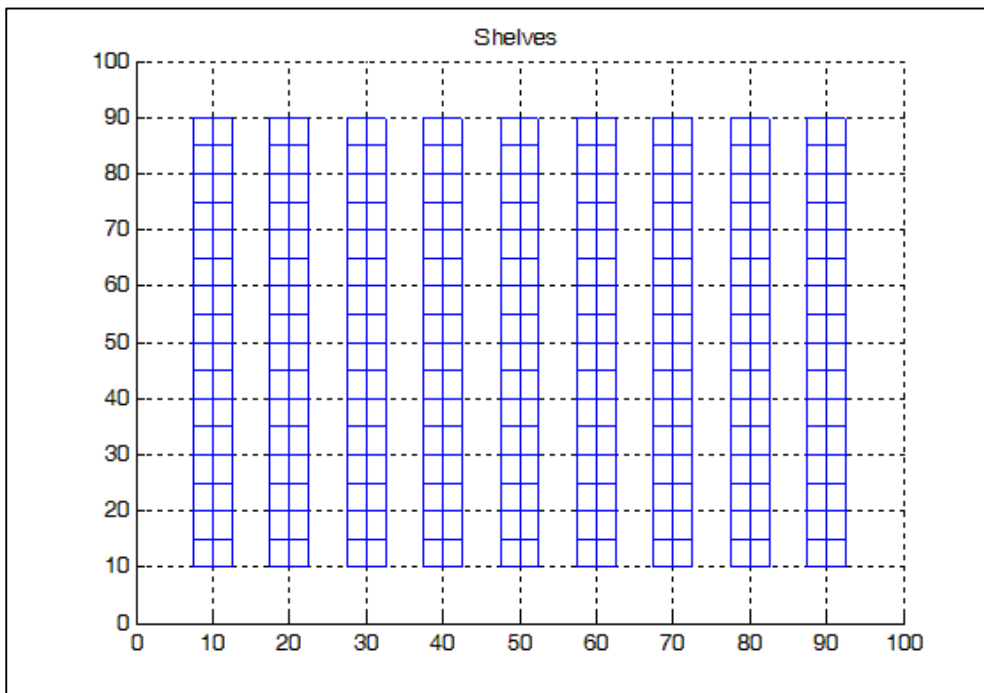
เช่นเดียวกันการสับเปลี่ยนสองแถวด้านหน้า จะทำการสับเปลี่ยนโดยนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4 ที่ได้จากการเรียงความถี่การใช้งานจากมากไปหาน้อยมา เช่น 4 อันดับการใช้งานบ่อยสุด คือ ตำแหน่ง 6, 13, 7, และ 14 มาสับเปลี่ยนกับ ตำแหน่ง 1, 11, 2, และ 12 ตามลำดับ

ในส่วนของการสับเปลี่ยนสองแถวด้านหน้า-หลัง จะทำการสับเปลี่ยนค่าที่ได้จากตารางที่ 4 ที่ได้จากการเรียงความถี่การใช้งานจากมากไปหาน้อยมา นั่นคือ ตำแหน่ง 6, 13, 7, และ 14 มาสับเปลี่ยนกับ ตำแหน่ง 1, 11, 10 และ 20 ตามลำดับ

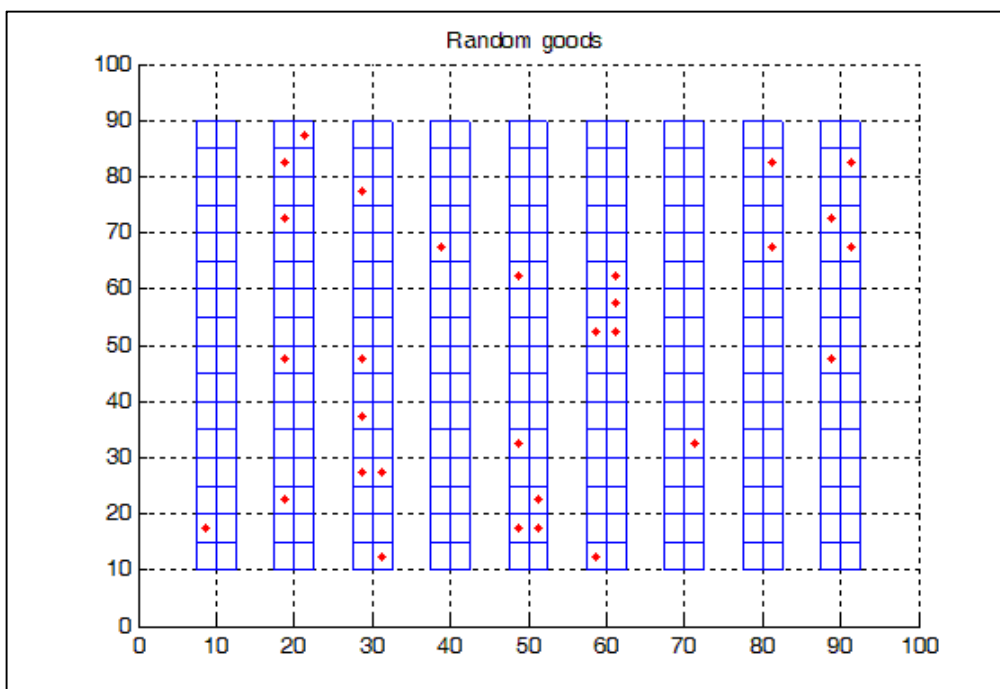
5.4 การทำการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพจากการใช้กลไกที่สร้างขึ้น

การหยิบสินค้าที่คลังสินค้าโดยการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เพื่อที่จะทำให้เกิดการคั่งค่าที่สุด และเสียเวลาน้อยที่สุดในการหยิบสินค้า เราได้ทำการทดลองวิธีการหยิบสินค้าอยู่ด้วยกัน 4 วิธีด้วยกัน นั่นคือ การหยิบสินค้าแบบ Return, การหยิบสินค้าแบบ Midpoint, การหยิบสินค้าแบบ Largest gap, และ การหยิบแบบ Optimal routing โดยใช้ GA algorithm ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ซึ่งเราจะใช้วิธีการการหยิบสินค้าแบบ Batch Picking โดยจะทำการรวบรวม คำสั่งซื้อก่อนแล้วค่อยจัดเรียงคำสั่งซื้อก่อนเข้าหยิบสินค้า

ซึ่งในการทดลองในครั้งนี้เราจะกำหนดให้คลังสินค้ามีขนาดความกว้าง 100 เมตร และ ยาว 100 เมตร โดยจะมีทั้งหมด 9 แถว และในแต่ละแถวจะมีชั้นวาง 32 ตำแหน่ง รวมทั้งหมดคือ 288 ตำแหน่ง และทางเดินสามารถกลับออกทางเดิมได้ ซึ่ง Layout ของคลังสินค้า แสดงได้ดังรูปที่ 50



รูปที่ 50 กำหนด Layout ของคลังสินค้า



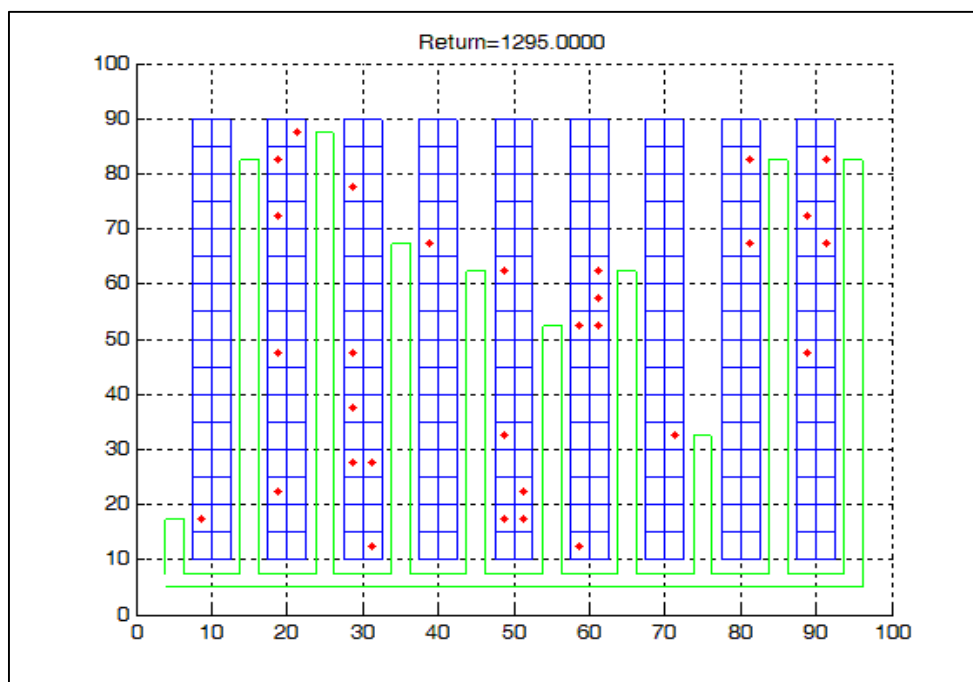
รูปที่ 51 แสดงตำแหน่งของสินค้า

เราจะทำการสุ่มสินค้าที่ต้องการหยิบ 30 ตำแหน่ง แล้วทำการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดของแต่ละแบบของการหยิบสินค้า โดยรูปที่ 51 แสดงสินค้าที่ต้องไปนำออกมาจากคลังสินค้าจำนวน 30 ตำแหน่ง แสดงโดยจุดสีแดง

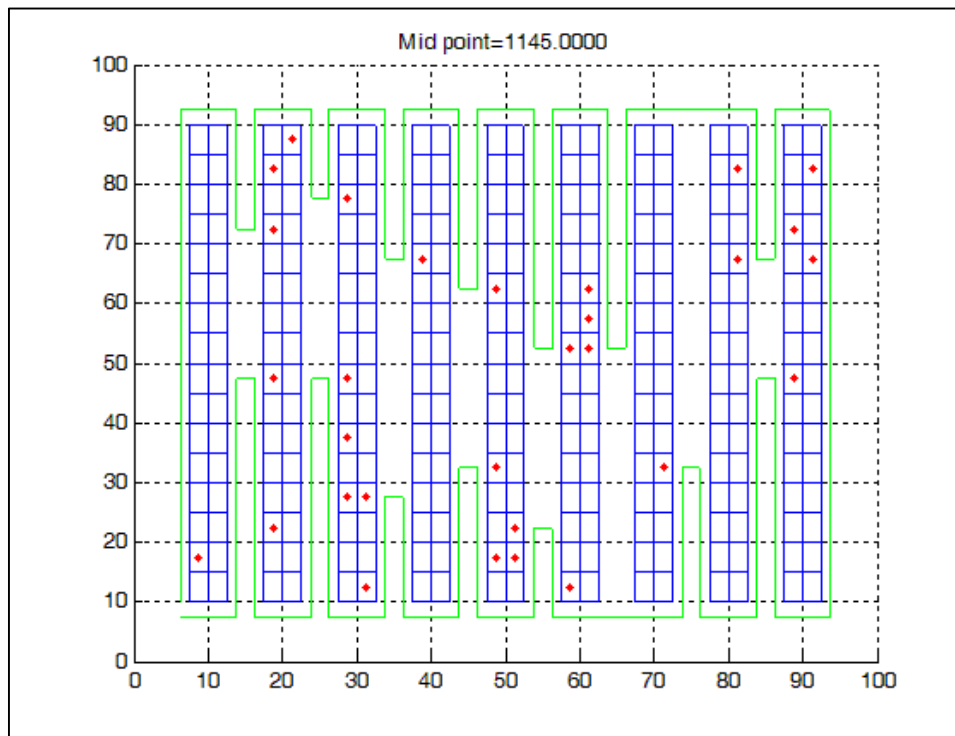
ในการทดลองในครั้งนี้จะทำการทดลองหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยแบ่งเป็น การหยิบแบบ Return, การหยิบแบบ Midpoint, การหยิบแบบ Largest gap, และการหยิบแบบ Optimal routing โดยใช้ GA Algorithm ซึ่งผลจะเริ่มจากการไม่มีการสับเปลี่ยนสินค้าก่อนแล้วทำการเปรียบเทียบผล จากนั้นจะทดลองโดยการสับเปลี่ยนสินค้าโดยคัดเลือกจากค่าที่มีความถี่การใช้งานน้อยสุด Class A แล้วทำการสับเปลี่ยนแบบต่างๆ แล้วดูผลการทดลอง

5.4.1 ผลการทดลองแบบไม่มีการสับเปลี่ยนตำแหน่ง

โดยเราจะกำหนดให้การสุ่มครั้งละ 30 ตำแหน่งของสินค้า แล้วทำทั้งหมด 100 ครั้งแล้วทำการเก็บผลการทดลอง จากรูปที่ 52 แสดงผลการทดลองจำนวน 1 ครั้งของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยทำการหยิบแบบ Return ซึ่งในระยะทางรวมทั้งสิ้น 1295 เมตร



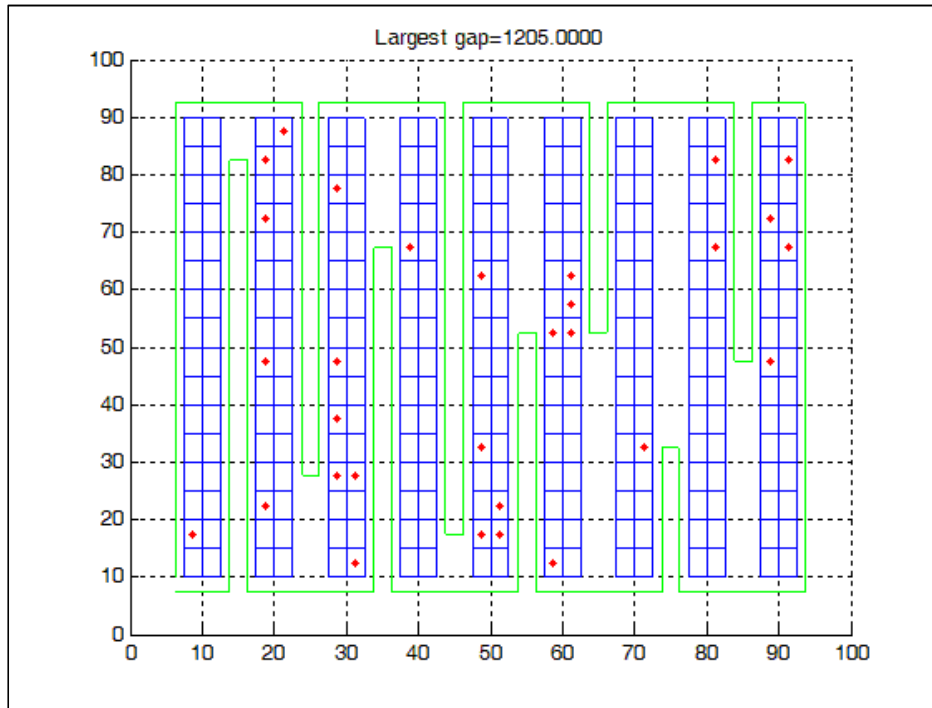
รูปที่ 52 การหยิบสินค้าแบบ Return



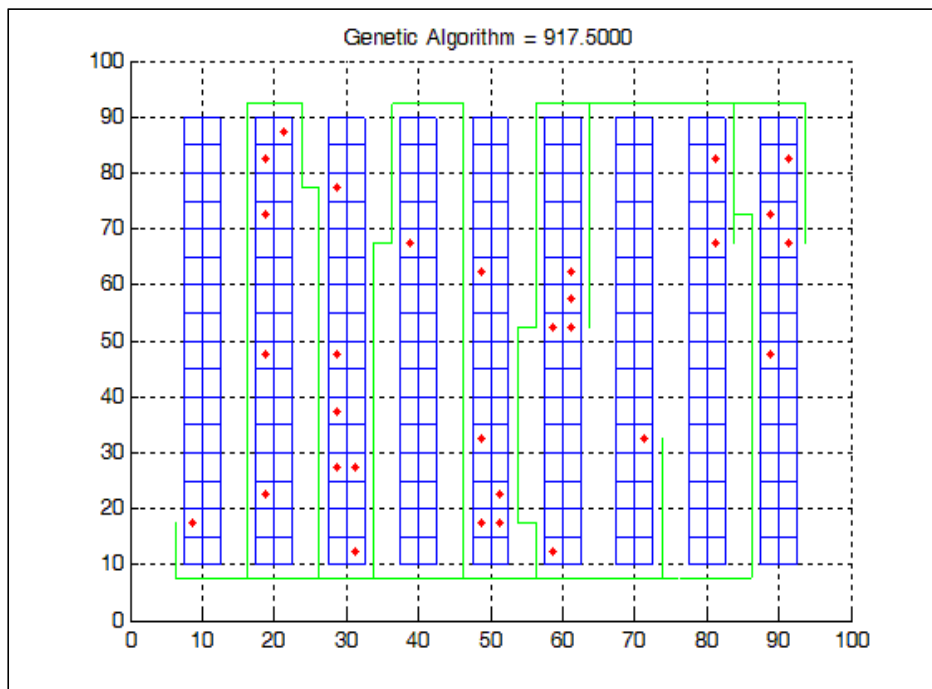
รูปที่ 53 การหีบสินค้าแบบ Midpoint

รูปที่ 53 แสดงผลการทดลองการการหีบสินค้าแบบ Midpoint โดยการหีบสินค้าแบบ Midpoint จะทำการหีบแล้วย้อนกลับมาทางเดิมเมื่อเดินไปถึงกึ่งกลางของทางเดินตามแถวของคลังสินค้า ซึ่งระยะทางที่สั้นที่สุดของการหีบสินค้าแบบ Midpoint คือ 1145 เมตร ในการหีบสินค้า 30 ตำแหน่ง

รูปที่ 54 แสดงผลการหีบสินค้าแบบ Largest gap โดยจะทำการสลับด้านหน้าและด้านหลังของแต่ละแถวของคลังสินค้า จนครบแล้วกลับมาที่จุดรวมสินค้าหรือจุดเริ่มต้น ซึ่งให้ระยะทางที่สั้นที่สุดคือ 1205 เมตร ในส่วนของรูปที่ 55 คือผลการลองที่ได้จากการหีบสินค้าแบบ Optimal routing โดยใช้ GA Algorithm ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการหีบสินค้า ซึ่ง GA Algorithm เราจะกำหนดให้ ค่าจำนวนประชากรในการทดลองเท่ากับ 100 คน เปรี่อใช้ในการทำ Mutation เท่ากับ 0.4 % การวนซ้ำได้ทั้งหมด 10000 ครั้ง โดยจะได้ระยะทางที่สั้นที่สุดเท่ากับ 917 เมตร



รูปที่ 54 การหีบสินค้าแบบ Largest gap



รูปที่ 55 การหีบสินค้าแบบ optimal routing โดยใช้ GA Algorithm

ตารางที่ 5 สรุปผลการทดลองการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดแบบต่างๆ

รูปแบบที่ใช้ในการหีบสินค้า	ระยะทางรวม (เมตร)	สามารถย่นระยะได้ (เมตร)
Return	1346	0
Mid-point	1092	254
Largest-gap	1334	12
GA Algorithm	907	439

จากตารางที่ 5 เป็นการสรุปผลการทดลองการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดแบบต่างๆ ซึ่งจะทำการสุ่มตำแหน่งที่ต้องไปหีบทั้งหมด 30 ตำแหน่ง จำนวน 100 ครั้ง ผลที่ได้คือ การหีบแบบ return จะให้เส้นทางที่ยาวที่สุดคือ 1346 เมตร และเส้นทางที่สั้นที่สุดคือ รูปแบบการหีบที่ได้จากการทำ GA คือ 907 เมตร และสามารถย่นระยะทางได้ถึง 439 เมตร ส่วน Midpoint ได้เส้นทางสั้นเป็นอันดับสอง คือ 1092 เมตร และ วิธีการหีบแบบ Largest gap ได้เส้นทาง 1334 เมตร ก็เกือบจะเท่ากับวิธีการหีบแบบ Return

5.4.2 ผลการทดลองเมื่อมีการสับเปลี่ยนตำแหน่ง

ในขั้นตอนการสับเปลี่ยนตำแหน่งสินค้า ก่อนอื่นต้องการการแบ่ง class ของสินค้า โดยใช้หลัก Pareto และ ABC Analysis ในการกำหนด class ของสินค้า ซึ่งในการทดลองในครั้งนี้เราจะใช้ สุ่มตำแหน่งของสินค้าที่ต้องไปเก็บ 30 ตำแหน่ง เป็นจำนวน 100 ครั้ง ซึ่งรวมทั้งสินค้าทั้งหมด 3000 ตำแหน่งที่ต้องไปหีบ แล้วทำการวิเคราะห์ โดยใช้ ABC Analysis หา class ของ สินค้าที่ใช้อยู่ โดยจะใช้ class A และ class B ในการสับเปลี่ยนหรือย้ายให้มาใกล้ทางเดินที่สามารถหีบง่ายที่สุดเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าที่สุดนั่นเอง



รูปที่ 56 แสดงตำแหน่งที่เก็บสินค้า

ในการสับเปลี่ยนตำแหน่งที่เก็บสินค้านั้นจะทำการสับเปลี่ยน โดยพิจารณาในแต่ละแถว ซึ่งมีตำแหน่งทั้งหมด 32 ตำแหน่ง ยกตัวอย่างแถวที่ 1 จะมีอยู่ทั้งหมด 32 ตำแหน่ง โดยทำการเรียงความถี่การหยิบสินค้าจากมากไปหาน้อย เช่น ตำแหน่งที่ 16 และ 13 ค่าตำแหน่งที่มีการหยิบสินค้าบ่อยที่สุด จากนั้นจะทำการสับเปลี่ยนตำแหน่งที่เก็บสินค้า (พิจารณาการสับเปลี่ยนแบบ 2 อันดับ) โดย ตำแหน่ง 1 และ 2 จะถูกแทนด้วยตำแหน่งของความถี่การหยิบสินค้ามากที่สุด นั่นคือ 16 และ 13 ตามลำดับ แล้วนำ ตำแหน่งที่ 1 ไปแทนที่ 16 และนำ ตำแหน่งที่ 2 ไปแทนตำแหน่ง 13 เป็นต้น และจะพิจารณาทุกๆ แถวในแบบเดียวกันจนครบ 9 แถว

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเรามีการสับเปลี่ยนทั้งหมด 3 แบบด้วยกันที่จะใช้ในการทดลองในครั้งนี้ นั่นคือการสับเปลี่ยนแถวเดียวด้านหน้า, การสับเปลี่ยนสองแถวด้านหน้า, และการสับเปลี่ยนสองแถวด้านหน้า-หลัง จำนวนการสับเปลี่ยนจะทำการสับเปลี่ยน 2 ตำแหน่ง ถึง 12 ตำแหน่งจากทั้งหมด 32 ตำแหน่ง สรุปผลการทดลองได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สรุปผลการทดลองการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดแบบต่างๆ ที่ได้จากการสับเปลี่ยนตำแหน่ง

วิธีการ		ระยะทางรวม (เมตร)				ปรับปรุง (%)			
		Retur	Mid	Larg	GA	Retu	Mid	Large	GA
ไม่มีการสับเปลี่ยนตำแหน่ง		1346	1092	1334	907	0	0	0	0
เปลี่ยนแถวเดียว ด้านหน้า	เปลี่ยน 2	1334	1070	1333	895	0.96	2.07	0.04	1.37
	เปลี่ยน 3	1331	1067	1329	896	1.13	2.31	0.32	1.23
	เปลี่ยน 4	1312	1063	1317	897	2.64	2.69	1.24	1.16
เปลี่ยนสองแถว ด้านหน้า	เปลี่ยน 2	1318	1057	1333	892	2.15	3.31	0.02	1.71
	เปลี่ยน 4	1275	1033	1330	880	5.61	5.70	0.28	3.01
	เปลี่ยน 6	1245	1014	1319	873	8.14	7.72	1.15	3.91
เปลี่ยนสองแถวหน้า- หลัง	เปลี่ยน 4	1372	1057	1342	905	-1.86	3.28	-0.65	0.18
	เปลี่ยน 8	1381	1030	1341	878	-2.50	5.96	-0.53	3.28
	เปลี่ยน 12	1370	997	1366	868	-1.76	9.51	-2.33	4.44

จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่า การหีบแบบ GA จะให้ระยะทางที่สั้นที่สุด และเมื่อเทียบกับการสับเปลี่ยนแบบ เปลี่ยนสองแถวหน้า-หลัง เปลี่ยน 12 ตำแหน่งจะสามารถย่นระยะการเดินทางได้ถึง 4.44% แต่ก็ต้องเคลื่อยย้ายตำแหน่ง 12 ตำแหน่งก่อน 1 ครั้ง และรองลงมาคือ เปลี่ยนสองแถวด้านหน้า เปลี่ยน 6 ตำแหน่งจะสามารถปรับปรุงระยะทางได้ถึง 3.91% การหีบแบบ return จะให้เส้นทางที่ยาว แต่จะสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้เมื่อมีการสับเปลี่ยนสองแถวด้านหน้า เปลี่ยน 6 ตำแหน่ง นั่นคือ ปรับปรุงไปถึง 8.14 % ส่วนการสับเปลี่ยนสองแถวหน้า-หลัง ไม่สามารถปรับปรุงเส้นทางได้เลย

การหีบแบบ Midpoint โดยการสับเปลี่ยนแบบสองแถวหน้า-หลังสามารถปรับปรุงได้ถึง 9.51% เมื่อเทียบกับการไม่มีการสับเปลี่ยน ในส่วนของการหีบแบบ Largest gap ไม่ว่าจะสับเปลี่ยนตำแหน่งแบบไหนผลของการปรับปรุงเส้นทางที่ใกล้ที่สุดก็ไม่ได้มากเมื่อเทียบกับการไม่ได้สับเปลี่ยนตำแหน่ง

ในการทำการทดลองนี้เนื่องจากการทดลองผ่านแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ลักษณะของคลังสินค้าจะต้องเป็นไปในรูปแบบที่แน่ชัดซึ่งจะเป็นการตั้งสมมติฐานโดยอ้างอิงจากเอกสารอ้างอิงต่างๆที่ได้จากการสำรวจ

วรรณกรรมในระดับนานาชาติ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นจำลองคลังสินค้าที่มีจำนวนชั้นทั้งสิ้น 32 ชั้นในแต่ละแถว และมีจำนวนแถวทั้งหมด 9 แถว ดังนั้นจะมีชั้นวางของทั้งสิ้น 288 ช่อง และได้ตั้งสมมติฐานว่าแต่ละช่องจะเก็บสินค้าที่แตกต่างกัน จากการเก็บสถิติในการสั่งหยิบของจากคลัง ค่าความน่าจะเป็นสำหรับแต่ละสินค้าจากสถิติการสั่งของ 100 ครั้งที่เกิดขึ้น (แต่ละครั้งจะสั่งหยิบของ 30 ชนิด) จะถูกคำนวณและเก็บในฐานข้อมูล ดังนั้นข้อมูลของสินค้าแต่ละชนิดจะถูกเชื่อมเข้ากับค่าความต้องการในการหยิบ (popularity value) จากนั้นด้วยหลักการที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ตำแหน่งของการวางสินค้าจะถูกเรียงใหม่โดยอ้างอิงถึงค่าความต้องการในการหยิบดังกล่าว เพื่อให้ระยะทางในการเข้าหยิบสินค้าที่สั้นที่สุดโดยค่า average สำหรับภาพรวม

หลังจากการจัดเรียงตำแหน่งสินค้าใหม่แล้ว การสั่งสินค้าล็อตใหม่ได้ถูกสร้างขึ้นทั้งสิ้น 100 ครั้งแต่ละครั้งมีสินค้า 30 ชนิด โดยการสั่งสินค้านั้นจะเป็นการเลือกโดยอ้างอิงถึง popularity value ไม่ใช่การสั่งโดย random ดังนั้นสินค้าที่มีสถิติการถูกสั่งสูงจะมีโอกาสในการเข้ามาอยู่ในล็อตการสั่งใหม่นี้ได้มากกว่า การทำการทดลองเช่นนี้เพื่อเป็นการจำลองที่ใกล้เคียงความเป็นจริง ซึ่งสินค้าที่ได้รับความนิยมน่าจะมีการสั่งหยิบมากกว่าสินค้าที่ไม่ได้รับความนิยมน้อยกว่า ดังนั้นหลักการที่ได้นำเสนอมานั้นน่าจะให้ผลในการเลือกเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการสั่งสินค้าล็อตใหม่ อย่างไรก็ตามอาจมีข้อจำกัดอื่นๆที่สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาได้ อาทิเช่น popularity ของสินค้าแต่ละชนิดที่อาจขึ้นอยู่กับฤดูกาล เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณา ร่วมกับการเก็บสถิติสินค้าที่ถูกสั่ง

5.5 สรุปผลการดำเนินงานและการนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต

5.5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การหยิบสินค้าจากคลังสินค้าที่มีขนาดใหญ่เมื่อมีการหยิบสินค้าเป็นจำนวนมากในแต่ละวันแล้วละก็จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมียุทธวิธีหยิบที่เป็นประโยชน์ในการเลือกเส้นทางหยิบสินค้า จะเห็นได้ว่า ถ้ามีนำ GA Algorithm มาใช้ในการคำนวณหรือเป็นแนวทางในการเลือกเส้นทางหยิบของแล้วจะทำให้ลดการเดินทางได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแบบ return, mid-point, และ largest-gap ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลของการทดสอบโดยใช้ซอร์ฟแวร์ ระยะทางที่ได้ จาก GA จะให้ระยะทางที่ใกล้กว่ามาก

ไม่เพียงเท่านั้นเราได้ทำการสับเปลี่ยนตำแหน่งโดยพิจารณาค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แบบ ABC Analysis เพื่อแยก class จากนั้นทำการเลือก class A มาสับเปลี่ยนกับตำแหน่งสินค้าที่ใกล้ทางเดินที่สุดและสามารถเก็บได้

ง่ายที่สุด ซึ่งผลการทดลอง การหีบสินค้าแบบ Optimal routing โดยใช้ GA Algorithm ให้ผลดีที่สุดที่การเปลี่ยนสองแถวหน้า-หลัง เปลี่ยน 12 ตำแหน่ง นั่นคือ 4.44% แต่ถึงกระนั้นเราจำเป็นต้องย้ายตำแหน่งถึง 12 ตำแหน่ง แต่ทำเพียงครั้งเดียว รองลงมาคือการเปลี่ยนสองแถวหน้า เปลี่ยน 6 ตำแหน่งซึ่งในผลเป็นที่น่าพอใจที่ปรับปรุงได้ถึง 3.91% เมื่อเทียบกับ การไม่มีการสับเปลี่ยน

5.5.2 การนำไปประยุกต์ใช้งานในอนาคต

เราสามารถหาวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดไปใช้งานได้ในการจัดการคลังสินค้า ไม่ว่าจะเป็นคลังสินค้าขนาดใหญ่หรือขนาดเล็ก ซึ่งถ้ามีการจัดการที่เหมาะสมเราก็จะสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเดินเข้าไปหีบสินค้านั้นได้ ซึ่งค่าใช้จ่ายประมาณ 62% ของกิจกรรมการหีบสินค้าขึ้นอยู่กับการเดินทางเข้าไปหีบสินค้านั่นเอง

บทที่ 6

การทดสอบการทำงานของระบบต้นแบบ

ในบทนี้จะเป็นการรายงานผลการทดลองการทำงานของระบบต้นแบบที่คณะผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ดังที่ได้นำเสนอโครงสร้างมาแล้ว การทำการทดลองประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆคือ การทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานโดยภาพรวมและการทดสอบข้อจำกัดต่างๆของระบบการตรวจจับวัตถุโดยอัตโนมัติซึ่งจะเป็นการทดสอบการทำงานภายในห้องปฏิบัติการ และการนำระบบต้นแบบที่สร้างขึ้นไปติดตั้งในคลังสินค้า ณ สถานที่ประกอบการเพื่อทำการทดสอบระบบภายใต้การทำงานในสภาวะแวดล้อมจริง

6.1 การทดสอบการทำงานของระบบภายในห้องปฏิบัติการ (Lab Test)

ระบบต้นแบบได้ถูกเชื่อมต่อไว้ในห้องปฏิบัติการ Communication Networks ชั้น 5 ตึก TGGS มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยมีการติดตั้งระบบเพื่อให้คล้ายคลึงกับการทำงานของคลังสินค้าโดยทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 57 และ รูปที่ 58



รูปที่ 57 การติดตั้งต้นแบบระบบภายในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 58 การติดตั้งชั้นวางวัตถุภายในห้องปฏิบัติการ

ได้มีการทดสอบขั้นตอนการทำงานตามลักษณะการทำงานจริงของระบบคลังวัตถุดิบดังที่ได้กล่าวมาในบทที่ 4 เพื่อให้แน่ใจว่าระบบสามารถทำงานได้โดยไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน จากนั้นได้ทำการทดสอบข้อจำกัดต่างๆของระบบโดยเน้นไปยังการตรวจจับวัตถุดิบที่ผ่าน RFID Gate ที่สร้างขึ้น โดยจะแบ่งออกเป็นการทดสอบข้อจำกัดใน 2 รูปแบบคือ จำนวน RFID Tag ที่มากที่สุดที่ระบบสามารถอ่านหรือตรวจจับได้ในการนำผ่าน RFID Gate แต่ละครั้ง และผลกระทบของความเร็วในการนำวัตถุผ่านเข้า RFID Gate ต่อความสามารถในการตรวจจับจำนวน RFID Tag

ในการทดสอบนี้ได้มีการจัดวางกล่องกระดาษบนพาเลทที่ใช้ในการทดสอบเพื่อให้ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริง ซึ่งการจัดเรียงนี้จะประกอบไปด้วยกล่องกระดาษทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 18 นิ้วx18 นิ้วx18 นิ้ว จำนวน 12 กล่อง ตั้งซ้อนกันโดยการจัดวางดังรูปที่ 59

ในการทดลองในห้องปฏิบัติการจะใช้พาเลทสองรูปแบบคือ พาเลทไม้และพาเลทพลาสติก โดยทั่วไปพาเลทที่ใช้ในแวดวงอุตสาหกรรมมีหลากหลายประเภทจำแนกตามความเหมาะสมในการใช้งานตามสถานการณ์ เช่น

- พาลาไมท์ ซึ่งน่าจะเป็นพาลาไมท์ที่มีผู้ใช้มากที่สุด เนื่องจากไม้เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในอดีต นอกจากนี้ ข้อดีของพาลาไมท์คือสามารถผลิตตามแบบได้รวดเร็ว ราคาเหมาะสม มีความแข็งแรง ทนทาน และไม่ต้องขึ้นบล็อกเวลาผลิตเหมือนกับพาลาไมท์ประเภทอื่น ทำให้มีความยืดหยุ่นต่อการผลิต ข้อเสียของพาลาไมท์คือสามารถขึ้นราได้ถ้าจัดเก็บในสภาวะไม่เหมาะสม อาจพบปัญหาของปลวก มอด หากไม้ไม่ได้รับการอัดน้ำยาด้วยถังอัดน้ำยาแรงดันสูง และอาจมีรอยแตก มีเปลือก มีรอยต่างๆ ตามธรรมชาติของเนื้อไม้ ทำให้ดูไม่สวยงามนัก
- พาลาไมท์พลาสติก ได้รับความนิยมอย่างมาก ในแวดวงอุตสาหกรรม เนื่องจากพาลาไมท์พลาสติกจะมีขนาดที่ได้มาตรฐาน เพราะพาลาไมท์พลาสติกทุกตัวจะผลิตจากบล็อกหรือแม่พิมพ์สำหรับผลิตขึ้นงาน นอกจากนี้ ยังไม่มีปัญหาเรื่องปลวก มอด แมลง ไม่ขึ้นรา และกันน้ำได้ ข้อเสียของพาลาไมท์พลาสติกคือราคาต่อชิ้นจะสูงกว่าพาลาไมท์หลายชนิด แต่จะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า มีต้นทุนสูงในการสั่งทำบล็อกตามความต้องการในการใช้งาน ไม่เหมาะที่จะนำเข้าห้องอบความร้อน และเมื่อนำไปใส่สินค้าบางประเภทที่เป็นพลาสติกจะค่อนข้างสิ้นเปลืองได้
- พาลาไมท์เหล็ก จะเน้นในเรื่องความแข็งแรง ทนทาน อายุการใช้งานยาวนาน ไม่มีปัญหาเรื่อง ปลวก มอด และเป็นวัสดุที่ไม่เป็นเชื้อไฟ ข้อเสียของพาลาไมท์เหล็กคือน้ำหนักมาก ไม่เหมาะกับการส่งออก เหมาะกับการใช้หมุนเวียนภายในโรงงาน และราคาสูง
- พาลาไมท์โฟม จะช่วยในเรื่องของน้ำหนักที่เบา สามารถลดต้นทุนในการขนส่ง ไม่มีปัญหาเรื่องปลวก มอด แมลง ไม่ขึ้นรา แม้จะเก็บในที่ชื้น ทำความสะอาดได้ง่าย ข้อเสียของพาลาไมท์โฟมคือไม่ย่อยสลาย ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและความแข็งแรงทนทานน้อย
- พาลาไมท์กระดาษ มีข้อดีที่น้ำหนักเบา สะดวกต่อการใช้งาน และลดน้ำหนักในการขนส่งสินค้า เหมาะต่อการขนส่งทางอากาศ สามารถส่งออกไปยังต่างประเทศได้ทั่วโลก ข้อเสียของพาลาไมท์กระดาษคือหากถูกน้ำ จะทำให้เปื่อยยุ่ยได้ง่าย อาจขึ้นราได้ หากเก็บอยู่ในพื้นที่จัดเก็บที่มีความร้อนชื้น และความแข็งแรงทนทานอาจน้อยกว่าพาลาไมท์ชนิดอื่นๆ



รูปที่ 59 ลักษณะการจัดเรียงกล่องวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองได้มีการแบ่งลักษณะการติด RFID Tag ลงบนกล่องกระดาษใน 3 ลักษณะดังนี้

- 1) การติดแบบด้านข้างซ้ายและขวา – การติดในลักษณะนี้โดยทฤษฎีแล้วจะเป็นการติดในลักษณะที่ดีที่สุดสำหรับการตรวจจับ RFID Tag เนื่องจาก RFID Tag ทั้งหมดที่มีจะถูกติดอยู่บนด้านข้างของกล่องทั้งหมดบนพาเลท (ติดเฉพาะด้านที่หันหน้าไปยัง Antenna) ซึ่งจะช่วยให้เกิดเส้นทางในการเดินทางของสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุที่ไม่มีวัตถุอื่นขวางอยู่ระหว่างเส้นทาง (propagation path) รูปที่ 60 แสดงภาพถ่ายการจัดเรียงและติด RFID Tag ในลักษณะนี้



รูปที่ 60 ลักษณะการติด RFID Tag แบบด้านข้างซ้ายและขวา

- 2) การติดแบบด้านหน้าและด้านหลัง – การติดในลักษณะนี้เพื่อการทดสอบความสามารถในการอ่าน RFID Tag ถึงแม้จะมีการติดในด้านที่ไม่เหมาะสมนัก โดยที่ RFID Tag ทั้งหมดที่จะทำการทดสอบแต่ละครั้งจะถูกติดอยู่บนด้านหน้าและด้านหลังของกล่องบนพาเลทเท่านั้น ถึงแม้ในกรณีนี้จะไม่มีวัตถุอื่นขวางอยู่ระหว่างเส้นทางของสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุแต่ทิศทางในการส่งสัญญาณไม่ใช่ทิศทางที่ดีที่สุด รูปที่ 61 แสดงภาพถ่ายการจัดเรียงและการติด RFID Tag ในลักษณะนี้



รูปที่ 61 ลักษณะการติด RFID Tag แบบด้านหน้าและด้านหลัง

- 3) การติดแบบรอบกล่อง (ซ้าย ขวา หน้า หลัง และบน) – การติดในลักษณะนี้ทำเพื่อการทดสอบความสามารถในการอ่าน RFID Tag ในกรณีที่ไม่สามารถควบคุมการติด RFID Tag ได้ โดยที่ RFID Tag ทั้งหมดที่จะทำการทดสอบแต่ละครั้งจะถูกติดอยู่บนทุกด้านของกล่องบนพาเลทยกเว้นด้านล่างกล่อง รูปที่ 62 แสดงภาพถ่ายการจัดเรียงและการติด RFID Tag ในลักษณะนี้



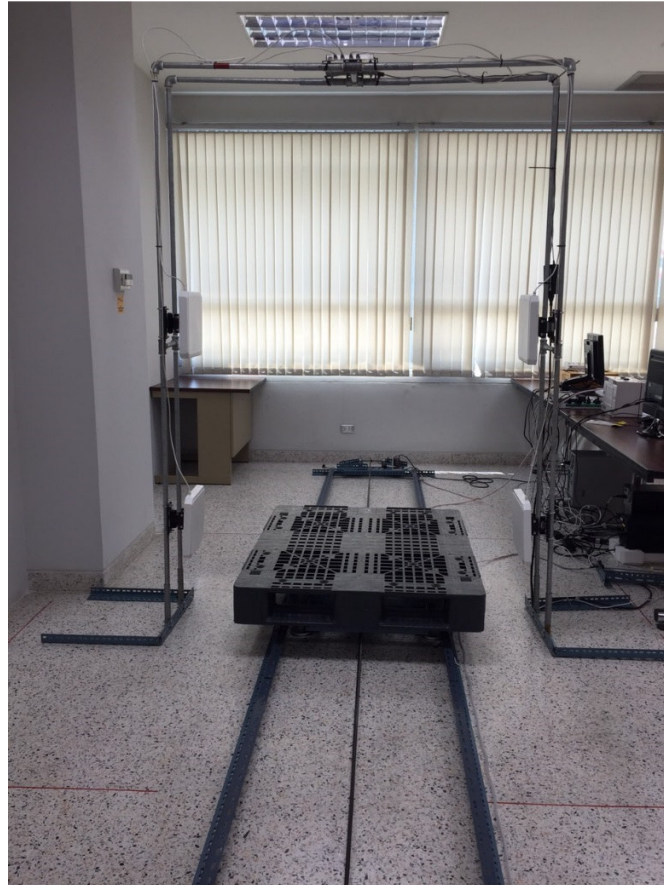
รูปที่ 62 ลักษณะการติด RFID Tag แบบติดรอบกล่อง

ในส่วนของการทดสอบผลกระทบจากความเร็วในการนำวัตถุดิบที่ได้จัดเรียงบนพาเลทผ่าน RFID Gate นั้น ได้มีการแบ่งความเร็วในการนำวัตถุดิบผ่าน RFID Gate ทั้งสิ้น 3 ระดับดังนี้

- 1) ความเร็วจากระบบรางที่สร้างขึ้น = 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- 2) ความเร็วจากการเข็นรถเข็นแบบปกติ = 1.26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- 3) ความเร็วจากการเข็นรถเข็นแบบเร็ว = 2.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ในแต่ละเซ็คของการทดลองได้มีการเพิ่มจำนวน RFID Tag ทั้งหมดที่ติดอยู่บนกล่องวัตถุดิบเริ่มจากจำนวน 20 tag ไปจนกระทั่งระบบเริ่มมีการตรวจจับได้ไม่ครบเพื่อการหาขอบเขตที่ระบบรองรับการทำงานได้ ในการทดลองนี้ได้มีการตั้งค่าพลังงานในการส่งสัญญาณของ RFID Gate ไว้ที่ 16dBm เหตุผลในการใช้พลังงานในการส่งสัญญาณไม่มากนักเนื่องจากการใช้ค่าพลังงานในการส่งสัญญาณนั้นมีผลต่อขอบเขตในการกระจายสัญญาณ ดังในรูปที่ 63 จากการใช้พลังงานตามที่เซ็คไว้ขอบเขตของการกระจายสัญญาณได้มีการทดลองและตีเส้นขอบเขตไว้ดังในรูปที่ 63 โดยดูจากเส้นสีแดงที่ติดอยู่บนพื้น จากการเซ็คในรูปแบบนี้ RFID Tag ที่อยู่ภายนอก

กรอบเส้นสีแดงระบบจะไม่สามารถตรวจจับได้ เหตุผลที่ต้องมีการสร้างขอบเขตดังกล่าวเนื่องจากการปฏิบัติงานจริงในคลังสินค้าจะต้องมีการเคลื่อนย้ายของวัตถุอื่นๆซึ่งอาจมีการติด RFID Tag บริเวณใกล้เคียงกับที่ได้ติดตั้ง RFID Gate โดยที่ RFID Gate ไม่ควรอ่านวัตถุนั้นๆ

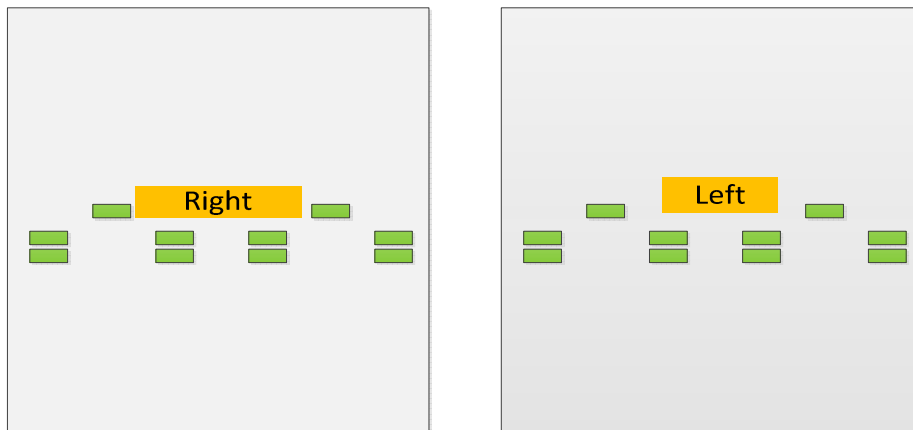


รูปที่ 63 ขอบเขตที่ RFID Gate สามารถตรวจจับ RFID Tag

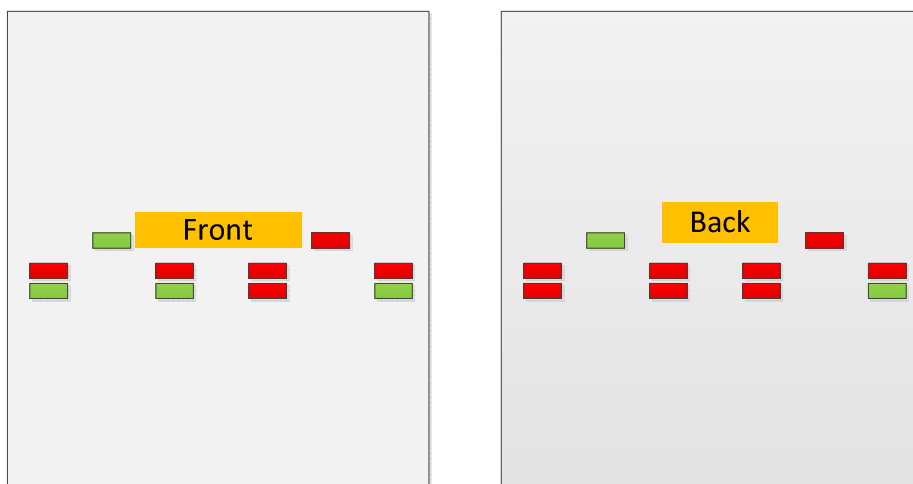
การนำเสนอผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อยตามความเร็วที่ใช้ทดลองในการนำวัตถุดิบผ่าน RFID Gate

6.1.1 ผลการทดลองเมื่อใช้ความเร็วในการในการนำวัตถุดิบผ่าน RFID Gate ที่ 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

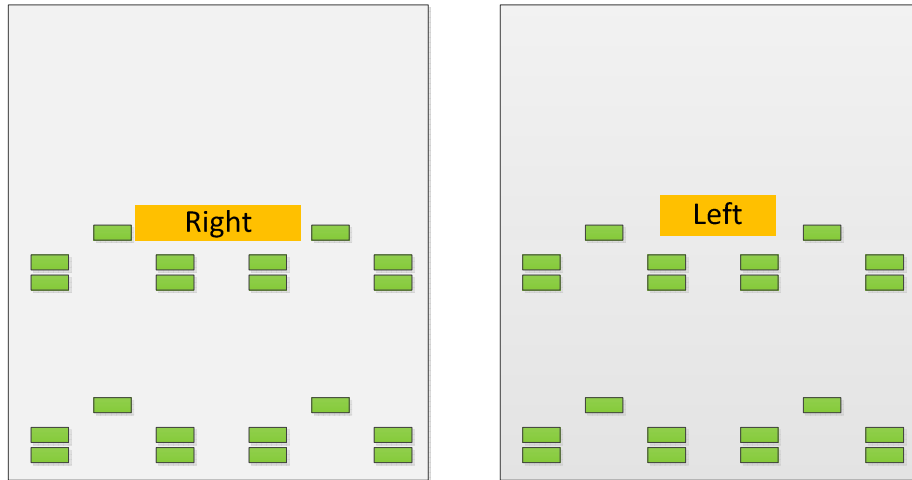
ผลการทดลองที่ได้ถูกนำมาสร้างเป็นรูปภาพตามการติด RFID จริงในตอนทำการทดลอง โดยที่ RFID Tag ที่ระบบสามารถตรวจจับได้จะมีสีเขียวและ RFID Tag ที่ระบบไม่สามารถตรวจจับได้จะมีสีแดง ทำให้สามารถประเมินได้ด้วยตาเปล่าว่าในตำแหน่งใดเป็นตำแหน่งที่น่าจะทำให้เกิดปัญหาในการตรวจจับ



รูปที่ 64 ผลการทดลองที่ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 20 ชิ้น ติดด้านข้างซ้ายและขวา



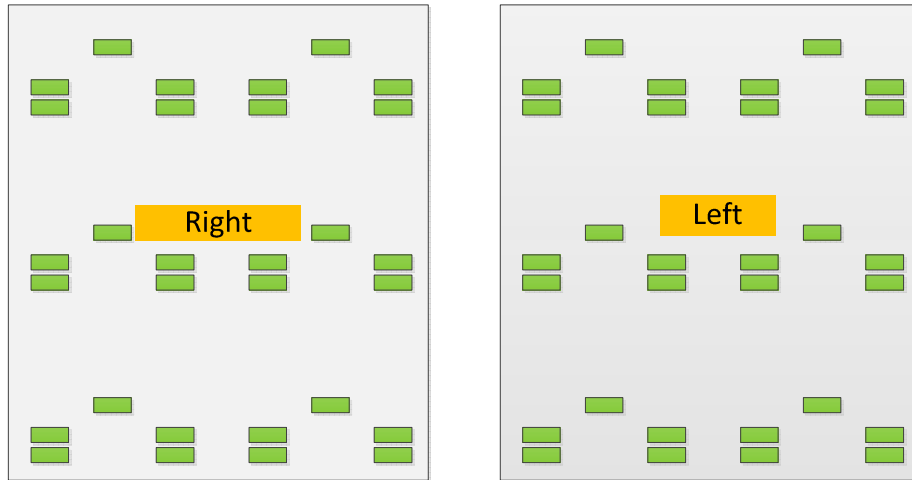
รูปที่ 65 ผลการทดลองที่ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 20 ชิ้น ติดด้านหน้าและหลัง



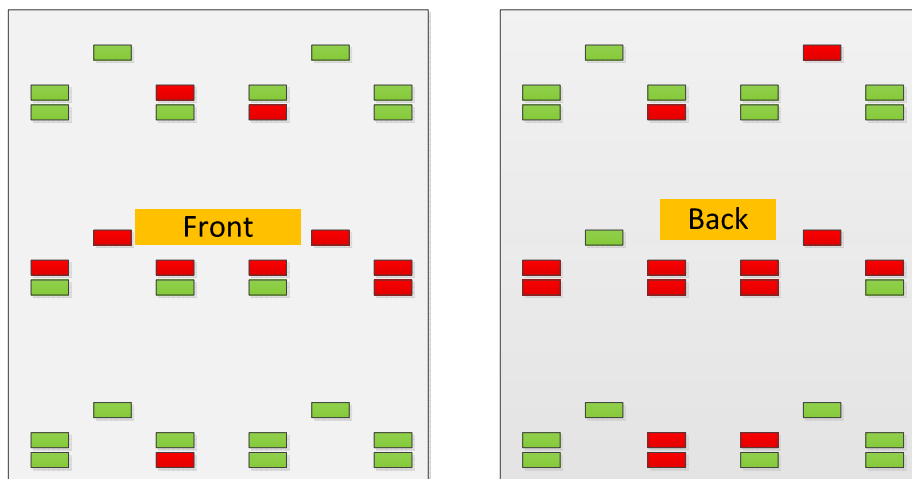
รูปที่ 66 ผลการทดลองที่ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 40 ชิ้น ติดด้านข้างซ้ายและขวา



รูปที่ 67 ผลการทดลองที่ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 40 ชิ้น ติดด้านหน้าและหลัง



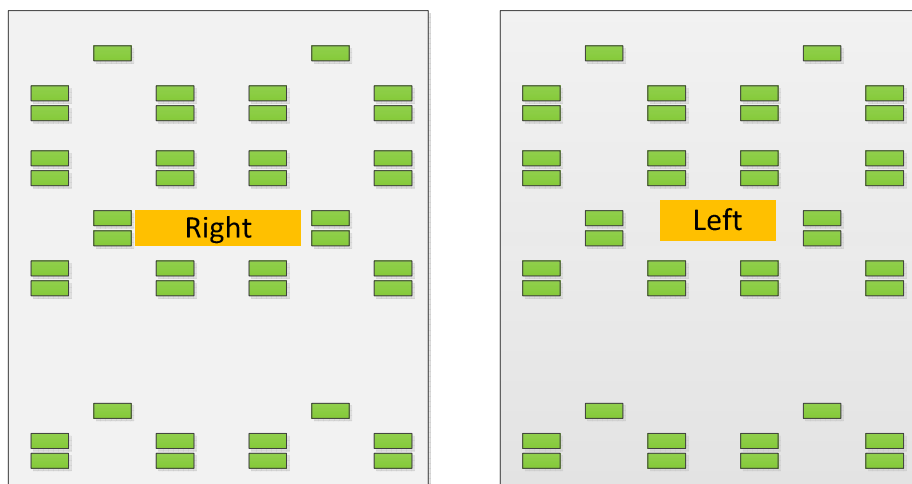
รูปที่ 68 ผลการทดลองที่ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 60 ขึ้น ติดด้านข้างซ้ายและขวา



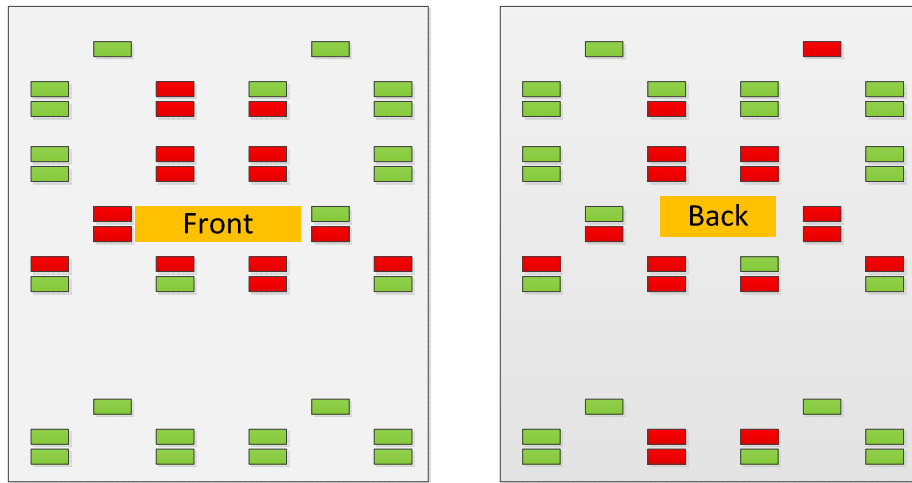
รูปที่ 69 ผลการทดลองที่ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 60 ขึ้น ติดด้านหน้าและหลัง



รูปที่ 70 ผลการทดลองที่ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 60 ชิ้น ติดรอบกล่อง



รูปที่ 71 ผลการทดลองที่ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 80 ชิ้น ติดด้านข้างซ้ายและขวา



รูปที่ 72 ผลการทดลองที่ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 80 ชิ้น ติดด้านหน้าและหลัง



รูปที่ 73 ผลการทดลองที่ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 100 ชิ้น ติดด้านข้างซ้ายและขวา

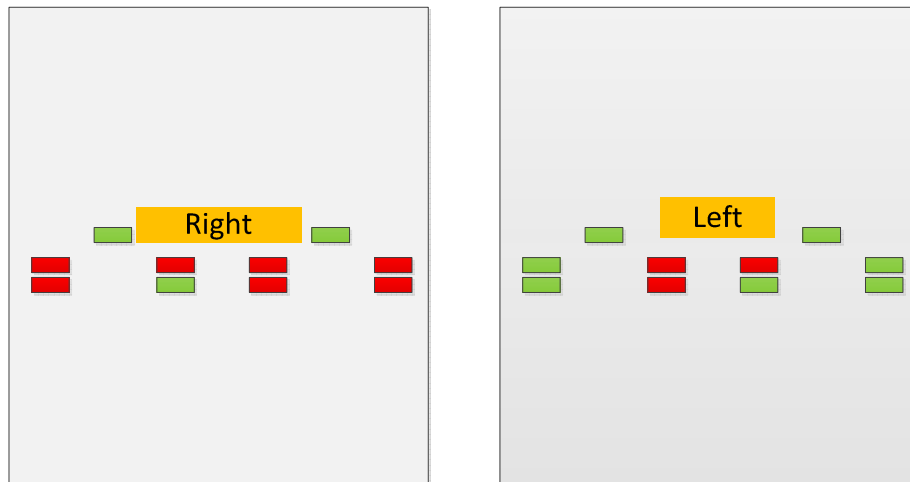


รูปที่ 74 ผลการทดลองที่ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 120 ชิ้น ติดด้านข้างซ้ายและขวา

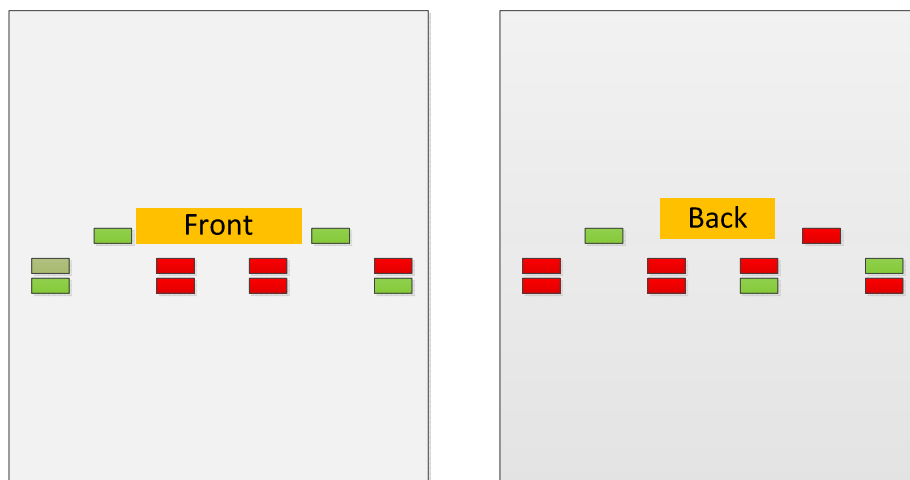
จากผลการทดลองในส่วนแรกที่ใช้ความเร็ว 0.341 กิโลเมตรต่อชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 64 ถึงรูปที่ 74 นั้น จะเห็นได้ว่าในกรณีการติด RFID Tag แบบติดเฉพาะด้านข้างซ้ายและขวาซึ่งเป็นรูปแบบการติดที่ดีที่สุดและความเร็วที่ควบคุมด้วยระบบรางที่ความเร็วไม่มากนัก (ช้ากว่าการเดินด้วยคน) ระบบสามารถตรวจจับจำนวน RFID Tag ได้มากถึง 80 ชิ้นโดยไม่มีความผิดพลาด อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มจำนวน RFID Tag เป็น 100 และ 120 ชิ้น ด้วยการใช้พลังงานที่เซฟไว้ที่ 1.6dBm ระบบจะเริ่มมีการตรวจจับได้ไม่ครบ

สำหรับในรูปแบบการติด RFID Tag แบบด้านหน้าและหลังซึ่งเป็นรูปแบบที่ไม่เหมาะสมนักนั้น ระบบไม่สามารถตรวจจับได้ครบทุกชิ้นแม้จะติด RFID Tag จำนวนรวมจะไม่มากนัก การทดลองสำหรับรูปแบบการติดแบบรอบกล่องมีการทดสอบสำหรับจำนวน RFID Tag ที่ 60 ชิ้นเท่านั้น เนื่องจากจะสามารถติด RFID Tag ได้ครบทุกด้านที่กำหนดและกระจายไปยังทุกกล่องที่ถูกจัดเรียงบนพาเลท (ทั้ง 12 กล่อง) โดยเน้นการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นว่าในด้านใดของกล่องระบบมีความสามารถในการตรวจจับเป็นอย่างไร จากรูปที่ 70 แสดงให้เห็นได้ค่อนข้างชัดเจนว่าด้านข้างซ้ายและขวาจะสามารถตรวจจับได้ดี รวมไปถึงการติด Tag ทางด้านบนของกล่องและด้านข้างกล่องที่หันอยู่ข้างใน และค่อนข้างชัดเจนว่าด้านหน้าและด้านหลังจะเป็นด้านที่ระบบจะตรวจจับได้ยากที่สุด

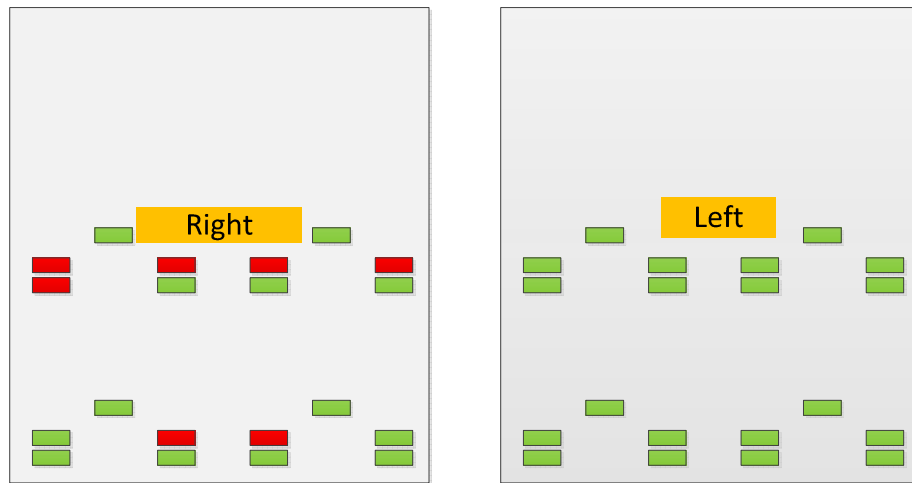
6.1.2 ผลการทดลองเมื่อใช้ความเร็วในการในการนำวัตถุผ่าน RFID Gate ที่ 1.26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 75 ผลการทดลองที่ความเร็ว 1.26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 20 ชิ้น ติดด้านข้างซ้ายและขวา



รูปที่ 76 ผลการทดลองที่ความเร็ว 1.26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 20 ชิ้น ติดด้านหน้าและหลัง



รูปที่ 77 ผลการทดลองที่ความเร็ว 1.26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 40 ชิ้น ติดด้านข้างซ้ายและขวา



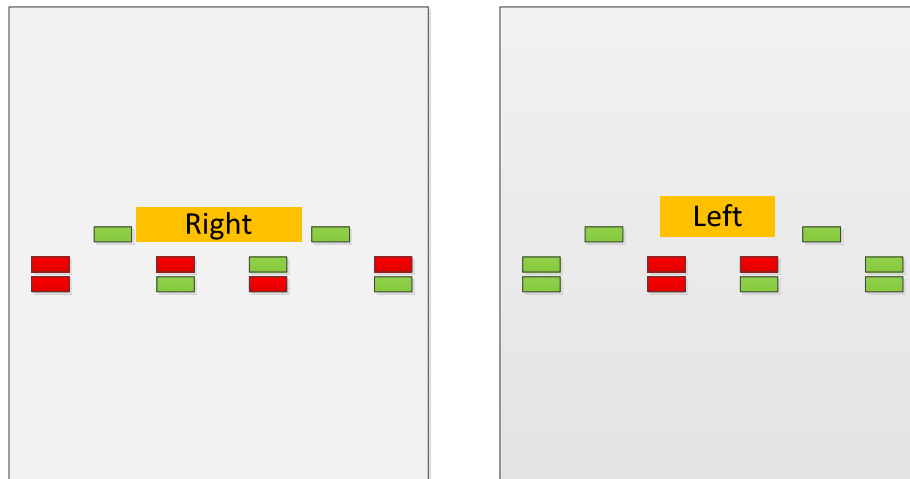
รูปที่ 78 ผลการทดลองที่ความเร็ว 1.26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 40 ชิ้น ติดด้านหน้าและหลัง



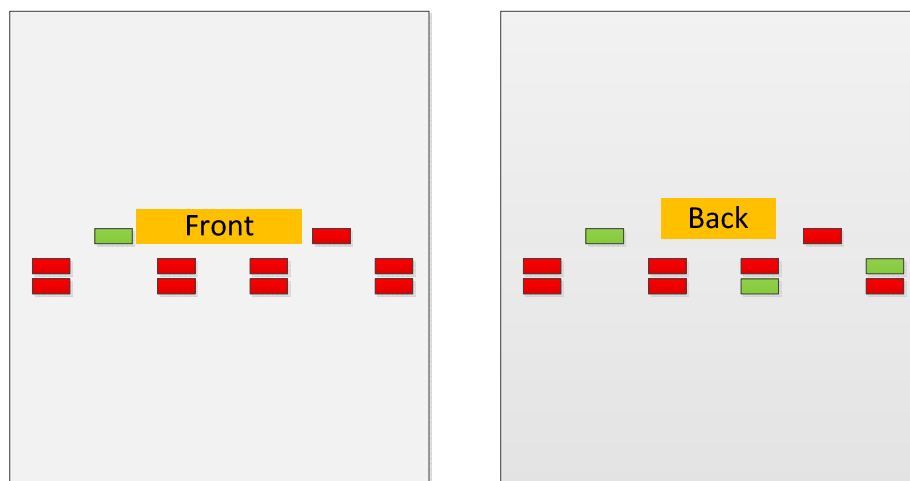
รูปที่ 79 ผลการทดลองที่ความเร็ว 1.26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 60 ชิ้น ติดรอบกล่อง

จากผลการทดลองในส่วนที่ 2 ซึ่งใช้ความเร็ว 1.26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 75 ถึงรูปที่ 79 นั้น จะเห็นได้ว่าความเร็วที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการตรวจจับ RFID Tag ของระบบค่อนข้างมาก โดยในส่วนที่ 2 นี้ ความเร็วที่ใช้โดยประมาณจะเทียบเท่ากับการใช้คลื่นพาเลทโดยใช้ความเร็วใกล้เคียงกับการเดินคลื่นพาเลทตามปกติ จะเห็นได้ว่าแม้จะติด RFID Tag จำนวนไม่มากนักระบบก็เริ่มที่จะตรวจจับได้ไม่ครบทุกชิ้นและคล้ายกับในส่วนที่ 1 การติดด้านข้างจะทำให้สามารถตรวจจับ Tag ได้ดีกว่าการติดแบบด้านหน้าและหลังของกล่อง

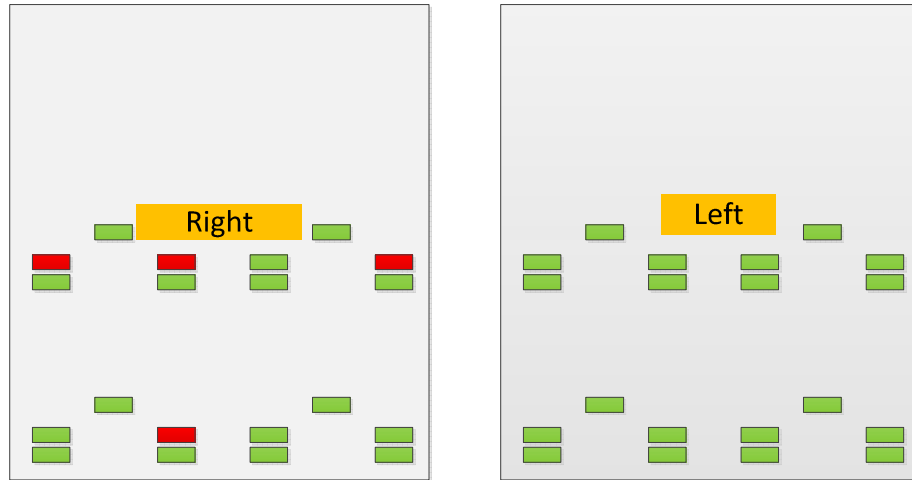
6.1.3 ผลการทดลองเมื่อใช้ความเร็วในการในการนำวัตถุผ่าน RFID Gate ที่ 2.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 80 ผลการทดลองที่ความเร็ว 2.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 20 ชิ้น ติดด้านข้างซ้ายและขวา



รูปที่ 81 ผลการทดลองที่ความเร็ว 2.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 20 ชิ้น ติดด้านหน้าและหลัง



รูปที่ 82 ผลการทดลองที่ความเร็ว 2.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 40 ชิ้น ติดด้านข้างซ้ายและขวา



รูปที่ 83 ผลการทดลองที่ความเร็ว 2.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 40 ชิ้น ติดด้านหน้าและหลัง



รูปที่ 84 ผลการทดลองที่ความเร็ว 2.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมง RFID Tag 60 ขึ้น ติดรอบกล่อง

จากผลการทดลองในส่วนที่ 3 ซึ่งใช้ความเร็ว 2.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 80 ถึงรูปที่ 84 นั้น จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความเร็วในการเซ็น การตรวจจับ RFID Tag ของระบบก็จะแย่ง โดยในส่วนที่ 3 นี้ ความเร็วที่ใช้โดยประมาณจะเทียบเท่ากับการใช้คลื่นพาเลทโดยใช้ความเร็วใกล้เคียงกับการเดินเซ็นพาเลทที่ค่อนข้างเร็วกว่าปกติ ระบบจะเกิดความผิดพลาดแม้จะติด Tag จำนวนน้อย การติดด้านข้างจะทำให้สามารถตรวจจับ Tag ได้ดีกว่าการติดแบบด้านหน้าและหลังของกล่องเช่นเดียวกับในส่วนที่ 2

ผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7 ในแต่ละการทดลองได้มีการทำการทดลองและเก็บผลทั้งสิ้น 3 ครั้งเพื่อความถูกต้องของผลการทดลอง จากตารางสรุปผลแถวที่เป็นสีเขียวแสดงผลการทดลองจากรูปแบบการติด RFID Tag ที่ด้านข้างซ้ายและขวาของกล่อง แถวที่เป็นสีชมพูแสดงผลการทดลองจากรูปแบบการติด RFID Tag ที่ด้านหน้าและหลังของกล่อง และแถวที่เป็นสีส้มแสดงผลการทดลองจากรูปแบบการติด RFID Tag โดยรอบของกล่อง

ตารางที่ 7 สรุปปริมาณจำนวนขึ้นของ RFID Tag ที่ระบบสามารถตรวจจับได้ในแต่ละการทดลอง

จำนวน Tags	Speed (km/hr)	ตำแหน่งในการติด Tag			จำนวน Tag ที่สามารถตรวจจับได้			Error (%)
		หน้า/หลัง	ข้าง	บน	Test No.1	Test No.2	Test No.3	
20	0.341		/		20	20	20	0
20	0.341	/			6	6	6	70
40	0.341		/		40	40	40	0
40	0.341	/			21	21	21	47.5
60	0.341		/		60	60	60	0
60	0.341	/			39	39	37	36.11
60	0.341	/	/	/	49	49	49	18.33
80	0.341		/		80	80	80	0
80	0.341	/			43	48	48	40
100	0.341		/		94	94	94	6
120	0.341		/		112	112	112	6.67
20	1.26		/		10	10	10	50
20	1.26	/			8	8	8	60
40	1.26		/		33	33	33	17.5
40	1.26	/			20	20	20	50
60	1.26	/	/	/	43	43	43	28.33
20	2.53		/		12	12	12	40
20	2.53	/			4	4	4	80
40	2.53		/		36	36	36	10
40	2.53	/			19	19	19	52.5
60	2.53	/	/	/	40	40	40	33.33

จากการทดลองทั้งหมดในห้องปฏิบัติการทำให้สามารถสังเกตได้ว่าระบบที่สร้างขึ้นมีความเสถียรค่อนข้างดี โดยจากการทำการทดลองระบบที่ใช้ในการตรวจจับ RFID Tag ผ่านการอ่านของ RFID Gate ที่สร้างขึ้นสามารถเปิดใช้งานได้ตลอดทั้งวันโดยการเปิดอย่างต่อเนื่อง

6.2 การทดสอบการทำงานของระบบ ณ สถานประกอบการ (Onsite Test)

การทดลองการทำงานของระบบ ณ สถานประกอบการถูกจัดขึ้นเพื่อเป็นการทดสอบว่าระบบสามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมจริง โดยได้มีการขอความร่วมมือจากทางโรงงานผลิตยาในการนำระบบต้นแบบที่สร้างขึ้นไปติดตั้งที่คลังสินค้าขาเข้าหรือคลังวัตถุดิบของโรงงาน และทำการเชื่อมต่อระบบให้พร้อมทำงานได้จริง จากนั้นได้ทำการทดสอบการทำงานในแต่ละขั้นตอนอย่างครบถ้วน โดยได้มีการหารือเพื่อทดสอบระบบในรูปแบบต่างๆคล้ายกับที่มีการปฏิบัติงานจริง รูปที่ 85 ถึง 88 แสดงการติดตั้งระบบต้นแบบภายในคลังวัตถุดิบของโรงงานผลิตยาที่ได้ให้ความร่วมมือในการทดสอบระบบต้นแบบ



รูปที่ 85 การติดตั้งระบบต้นแบบเพื่อการทดสอบการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิต



รูปที่ 86 การติดตั้งระบบต้นแบบเพื่อการทดสอบการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิต

จากภาพถ่ายการติดตั้งระบบ จะเห็นได้ว่า RFID Gate ถูกติดตั้งอยู่ทางด้านหน้าฝั่งทางเข้าของคลังวัตถุดิบ ซึ่งเป็นช่องทางที่ผู้คุมคลังจะใช้เป็นประจำในการเข้าไปหยิบวัตถุดิบในแต่ละวัน อย่างไรก็ตามการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอื่นๆ อาทิเช่น คอมพิวเตอร์ หรือชุดเครื่องอ่าน RFID Reader เพื่อการลงทะเบียนวัตถุดิบได้ถูกติดตั้งในบริเวณใกล้เคียงกับเพื่อความสะดวกในการทำการทดสอบระบบการทำงาน แต่ในการปฏิบัติงานจริงอาจต้องอยู่ในบริเวณอื่นตามความเหมาะสม ระบบ network ที่ใช้ในการทดสอบเป็นการใช้การเชื่อมต่อผ่าน network switch และ WiFi router เพื่อเป็นการจำลองการใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตที่ใกล้เคียงความเป็นจริงให้มากที่สุดหากแต่ไม่เป็นการรบกวนการทำงานของทางบริษัท เนื่องจากการทดลองต่างๆ ณ สถานประกอบการทำการทดสอบในวันทำงานปกติ



รูปที่ 87 การติดตั้งระบบต้นแบบเพื่อการทดสอบการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิต



รูปที่ 88 การติดตั้งระบบต้นแบบเพื่อการทดสอบการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิต

รูปที่ 89 ถึง 95 แสดงภาพถ่ายจากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานต่างๆของระบบตามขั้นตอนการปฏิบัติงานจริง โดยใช้วัตถุติดและการจัดเรียงเพื่อนำเข้าสู่คลังสินค้าที่ทางโรงงานผลิตใช้อยู่จริง โดยได้มีการทดลองกับวัตถุที่มีการบรรจุในลักษณะที่แตกต่างกันและการจัดเรียงเพื่อกำหนดเก็บบนชั้นวางที่แตกต่างกันดังภาพ ในภาพรวมนั้นระบบทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 89 การทดสอบการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิต



รูปที่ 90 การทดสอบการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิต

ในส่วนของการทำการทดลอง เนื่องจากโรงงานผู้ผลิตมีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องดังนั้นในการทำการทดลองไม่สามารถใช้เวลานานมากได้ ดังนั้นจึงมุ่งเน้นไปยังการทดสอบระบบในเชิงความสามารถในการทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมจริงตามขั้นตอนการทำงานที่ได้ออกแบบไว้ (ร่วมกับทางบริษัท) โดยเริ่มจากการใช้รูปแบบตามจริงที่ทางบริษัทได้ให้โจทย์ไว้และใช้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ตามในรูปที่ 89 และ 90 ซึ่งเป็นถึงที่ใช้ในการบรรจุวัตถุดิบชนิดผงโดยมีน้ำหนักสูงสุด 60 กิโลกรัมต่อถัง โดยจะมีการจัดเรียงบนพาเลททั้งสิ้น พาเลทละ 10 ถัง ดังรูป โดยในการทดลอง RFID Tag จะถูกติดตั้งที่ด้านข้างทั้งสองด้านของถังวัตถุดิบ (ซึ่งเป็นลักษณะการติดตั้งที่

ระบบสามารถตรวจจับได้ดีที่สุดจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ) เนื่องจากในสถานประกอบการจริงยังไม่มี การติดตั้งระบบสายพานในการลำเลียงวัตถุดิบ การทดลองจึงทำโดยการใช้คนเดินทั้งพาเลตที่มีวัตถุดิบอยู่ด้านบน โดยใช้ความเร็วในการเดินโดยประมาณที่ความเร็วจากการเดินรถเข็นแบบปกติ (ประมาณ = 1.26 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง ตามการทดลองในห้องปฏิบัติการ) โดยได้ทำการทดลองการเดินผ่าน RFID Gate ประมาณ 10 ครั้ง โดยการใช้ setting นี้ระบบไปมีความผิดพลาดในการอ่าน กล่าวคือสามารถอ่าน RFID Tag ทั้ง 10 อันได้ครบในทุกครั้งที่ ทดลอง และระบบสามารถทำงานตามกระบวนการทำงานที่ได้ออกแบบไว้ (ตาม flow การทำงานของระบบ Warehouse Management ในหัวข้อ 4.4)

จากนั้นทางผู้วิจัยได้ทดลองเพิ่มเติม โดยการใช้พาเลตที่มีการจัดเรียงวัตถุดิบจริงแต่เป็นวัตถุดิบที่ไม่มีการ ใช้งานมากนักหรือมีลักษณะพิเศษซึ่งไม่อยู่ใน requirement ที่ได้ทำการทดลองในเบื้องต้น ตามรูปที่ 91-94 โดย ในรูปที่ 91 และ 92 เป็นลักษณะวัตถุดิบห่อกระดาษจำนวนทั้งสิ้น 60 ชิ้น โดยทำการทดลองการเดินผ่าน RFID Gate ประมาณ 5 ครั้ง และผลการอ่านที่ได้โดยเฉลี่ยโดยประมาณจะสามารถอ่านได้เกิน 70% ตามรูปที่ 93 และ 94 ได้มีการทดลองกับวัตถุที่บรรจุในถังเหล็กซึ่งระบบยังไม่ได้ออกแบบให้ครอบคลุมวัตถุดิบชนิดนี้ จากการทดลอง จะต้องใช้ RFID Tag ที่ใช้ในการติดเหล็กจึงจะสามารถอ่านได้ อย่างไรก็ตาม RFID Gate ที่ได้ออกแบบมา ยังไม่สามารถอ่าน Tag ที่ติดกับถังเหล็กนี้ได้เมื่อมีการเดินผ่าน RFID Gate แต่จะสามารถใช้ Handheld RFID Reader ในการอ่าน Tag เพื่อการบริหารจัดการการนำเข้าคลังและการจัดเก็บได้ จึงเป็นโจทย์สำหรับการวิจัยในอนาคต ต่อไปในการออกแบบการติดตั้ง RFID Tag ร่วมกับการออกแบบ RFID Gate เพื่อให้สามารถอ่านวัตถุที่เป็นเหล็ก ได้โดยการผ่าน RFID Gate



รูปที่ 91 การทดสอบการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิต



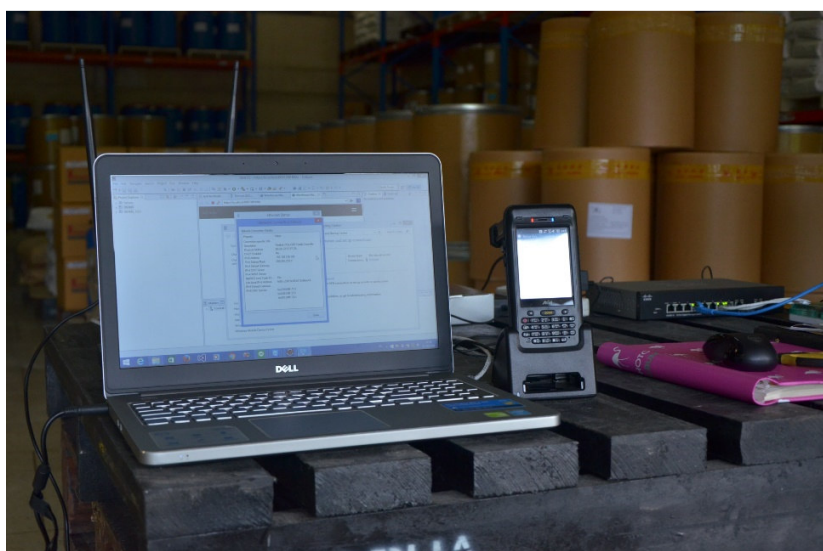
รูปที่ 92 การทดสอบการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิต



รูปที่ 93 การทดสอบการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิต



รูปที่ 94 การทดสอบการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิต



รูปที่ 95 การทดสอบการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานผู้ผลิต

บทที่ 7

สรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาเทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศที่นำมาประยุกต์ใช้ในระบบโลจิสติกส์ และการจัดการโซ่อุปทานเพื่อเป็นการสนับสนุนการพัฒนาองค์ความรู้ภายในประเทศให้สามารถรองรับการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบขนถ่ายและระบบบริหารคลังสินค้า เมื่อเราสามารถพัฒนาระบบขึ้นได้เองภายในประเทศก็จะเป็นการลดงบประมาณของผู้ประกอบการในการลงทุนนำเข้ระบบจากต่างประเทศ ยังผลให้เกิดความสามารถในการแข่งขันกับตลาดโลกที่เพิ่มขึ้น นอกจากการพัฒนาแบบต้นแบบเพื่อรองรับการสื่อสารข้อมูลของผลิตภัณฑ์ในระหว่างขนถ่ายโดยอัตโนมัติและอย่างครบวงจรแล้ว โครงการวิจัยนี้ยังมุ่งเน้นการศึกษาเพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีอันชาญฉลาดในการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้หลักการทางปัญญาประดิษฐ์ที่เหมาะสมเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบและลดการใช้ทรัพยากร

7.1 สรุปผลการศึกษาวิจัยและพัฒนา

จากการทำการวิจัยนี้ระบบต้นแบบที่ใช้ในการบริหารจัดการคลังสินค้าเข้าหรือคลังวัตถุดิบได้ถูกสร้างขึ้นโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญทั้งในส่วนซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบผ่านซอฟต์แวร์อินเทอร์เน็ตเฟส (Web Application) ที่สร้างขึ้นโดยศึกษาจากขั้นตอนการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการ (โรงงานผลิตยา) และในส่วนฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการตรวจจับหรืออ่าน RFID Tag รวมถึงการส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารทั้งในรูปแบบการสื่อสารไร้สายและการสื่อสารแบบมีสาย ระบบที่สร้างแล้วเสร็จสามารถรองรับกระบวนการหลักๆ ภายในการบริหารคลังวัตถุดิบ กระบวนการแรกคือการลงทะเบียนวัตถุดิบใหม่ที่มีการส่งมาเก็บยังคลัง ทำการผูกข้อมูลเข้ากับ RFID Tag เพื่อการติดตามสถานะ การนำวัตถุดิบเข้าสู่คลังโดยมีการตรวจเช็คและ update สถานะของวัตถุดิบนั้นๆโดยอัตโนมัติเมื่อมีการผ่าน RFID Gate การติดตามสถานะภายในคลังสินค้าผ่านการทำงานของ Handheld RFID Reader รวมถึงการโยกย้ายตำแหน่งในการจัดเก็บ กระบวนการหลักกระบวนการที่ 2 คือกระบวนการในการเบิกจ่ายวัตถุดิบเข้าสู่สายการผลิต ตั้งแต่การกรอกใบเบิกวัตถุดิบผ่านทางหน้าซอฟต์แวร์อินเทอร์เน็ตเฟส การใช้ Handheld RFID Reader ในการ navigate เพื่อการเช็ครายการและหาตำแหน่งวัตถุดิบที่มีการขอเบิกเข้ามา การนำวัตถุดิบออกจากชั้นวาง การนำวัตถุดิบออกจากคลังสินค้าโดยมีการเช็คและ update

สถานะโดยอัตโนมัติผ่านการทำงานของ RFID Gate รวมถึงการคืนวัตถุที่ใช้ไม่หมดกลับเข้าสู่คลังผ่านการกรอกข้อมูลการคืนและการนำเข้าสู่คลังจนถึงการจัดเก็บบนชั้นวาง

ดังได้กล่าวในรายละเอียด การทดสอบระบบต้นแบบที่สร้างขึ้นในเชิงฟังก์ชันพื้นฐานการทำงานทั้งหมดที่กล่าวมานี้ ได้มีการแบ่งการทดสอบออกเป็นสองส่วนคือการทดสอบการทำงานภายในห้องปฏิบัติการและการทดสอบการทำงานภายในคลังวัตถุของสถานประกอบการจริง ซึ่งจากผลการทดลองก็เป็นที่น่าพอใจเนื่องจากระบบทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยที่การทดสอบ ณ สถานประกอบการทำให้สามารถทดสอบการตรวจจับสถานะวัตถุโดยอัตโนมัติเมื่อผ่าน RFID Gate ได้กว้างกว่าการทดสอบในห้องปฏิบัติการทั้งนี้เนื่องจากการทดสอบโดยใช้วัตถุจริงซึ่งมีลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันรวมถึงการจัดเรียงบรรจุภัณฑ์บนพาเลทที่มีความแตกต่างกันทั้งในลักษณะการซ้อนกันและปริมาณของบรรจุภัณฑ์ที่มีการซ้อนกันบน 1 พาเลท

ในส่วนของการทดสอบระบบภายในห้องปฏิบัติการได้มีการทดสอบเพื่อหาขอบเขตความสามารถในการตรวจจับวัตถุของ RFID Gate ในที่นี้ได้มีการตั้งค่าพลังงานในการส่งสัญญาณของ RFID Reader ที่ค่าเดียวตลอดการทดสอบที่ 16dBm ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สูงมากนัก การทดสอบได้มีการควบคุมลักษณะการติด RFID Tag บนแต่ละด้านของกล่องทรงสี่เหลี่ยมจตุรัสในสามรูปแบบ จากการทดสอบทำให้สามารถสรุปได้ว่าการติด RFID Tag ที่ด้านข้างของกล่องจะทำให้ระบบสามารถอ่านได้ดีที่สุดในทางกลับกันการติด RFID Tag ที่ด้านหน้าและหลังของกล่องจะทำให้การอ่านทำได้ไม่ดีนัก การทดสอบได้มีการปรับเพิ่มจำนวน RFID Tag ที่ติดอยู่บนกล่องและมีการปรับความเร็วในการนำวัตถุผ่าน RFID Gate ทั้งสิ้น 3 ค่าความเร็ว จากผลการทดลองจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการเพิ่มความเร็วในการนำวัตถุผ่าน RFID Gate ทำให้ประสิทธิภาพในการตรวจจับ RFID Tag ลดลง และเมื่อเพิ่มจำนวน RFID Tag จนถึงจุดหนึ่ง (ซึ่งต่างกันในแต่ละความเร็วและรูปแบบการติด RFID Tag) ระบบจะเริ่มตรวจจับ RFID Tag ได้ไม่ครบ ทำให้สามารถหาค่าขอบเขตความสามารถในการตรวจจับในแต่ละเคสได้ดังสรุปผลการทดลองที่แสดงในบทที่ 6

ในส่วนของการเสนอแนะกลไกอันชาญฉลาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคลังสินค้าได้ทำการศึกษาหลักการต่างๆที่ใช้ในการหีบสินค้าภายในคลังสินค้าขนาดใหญ่โดยได้ทำการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อทดสอบการใช้ทรัพยากรของแต่ละรูปแบบ ทำให้ได้ข้อสรุปว่าการใช้ Genetic Algorithm ในการกำหนดเส้นทางนั้นให้ระยะที่สั้นที่สุด จากนั้นได้นำเสนอขั้นตอนในการสับเปลี่ยนตำแหน่งโดยใช้การ

ประมวลผลจากสถิติการหยิบวัตถุในคลัง ทำให้เห็นได้ว่าวิธีการในการสับเปลี่ยนตำแหน่งในการเก็บวัตถุนั้นช่วยลดระยะทางในการหยิบวัตถุในคลังได้ ซึ่งจะยังผลให้เกิดการลดการใช้ทรัพยากรในการปฏิบัติงาน

7.2 การวิเคราะห์ต้นทุนในการสร้างระบบต้นแบบ

เนื่องจากการศึกษาวิจัยเพื่อทำการสร้างระบบต้นแบบแรก ดังนั้นต้นทุนที่ใช้ในการสร้างระบบได้มาจากค่าอุปกรณ์ Hardware ที่ใช้ภายในระบบรวมถึง Hardware ที่ใช้ในการประกอบโครงสร้างชิ้นงาน และค่าแรงในการทำชิ้นงาน โดยแบ่งเป็นหมวดหมู่ได้ดังตารางที่ 8 ซึ่งค่าใช้จ่ายนี้เป็นค่าใช้จ่ายโดยประมาณที่ใกล้เคียงกับการใช้จ่ายจริง ในส่วนของการลงทุนทางด้านการสร้าง Software นั้นจะมาจากค่าใช้จ่ายโดยตรงในการจ้างโปรแกรมเมอร์ในการออกแบบและสร้างระบบ Software ทั้งหมด

ตารางที่ 8 สรุปต้นทุนโดยประมาณในการสร้างระบบต้นแบบ

รายการ	ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ
1. อุปกรณ์ Hardware ที่ใช้ภายในระบบ	384,924.-
2. อุปกรณ์ Hardware ที่ใช้ประกอบโครงสร้าง	38,159.-
3. ค่าจ้างนักวิจัยในการสร้าง Hardware และระบบควบคุม	280,320.-
3. ค่าจ้างโปรแกรมเมอร์สำหรับสร้าง Software	120,000.-
รวม	823,403.-
หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายนี้ไม่รวมค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของระบบ เนื่องจากในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการจัดซื้อใหม่ อย่างไรก็ตามในการใช้งานจริงจะต้องมีการใช้งานคอมพิวเตอร์อย่างน้อย 2 ชุด	

7.3 การวิเคราะห์เชิงการนำไปใช้งาน

ในการนำระบบไปใช้งานจริงนั้นสำหรับการใช้ระบบตรวจจับโดยใช้เทคโนโลยี RFID ดังที่ได้กล่าวในเบื้องต้น ข้อดีของการใช้เทคโนโลยีนี้คือความสามารถในการตรวจจับวัตถุได้ทีละมากกว่า 1 ชิ้นในขณะเดียวกันโดยไม่ต้องทำการสแกนวัตถุทีละชิ้นดังเช่นที่ใช้กับเทคโนโลยีบาร์โค้ด อย่างไรก็ตามในขั้นตอนแรกจะต้องมีการผูกข้อมูลวัตถุต่างๆเข้ากับ RFID Tag เสียก่อนและนำ RFID Tag นั้นไปติดที่วัตถุที่ต้องการติดตามสถานะโดยอัตโนมัติเมื่อผ่านเข้าออกคลังสินค้า ในทางกลับกันในการใช้บาร์โค้ดผู้ประกอบการจะสามารถที่จะปรี้นบาร์โค้ดลงบนประจักษ์ภัณฑ์ทำให้สามารถประหยัดงบประมาณได้แต่ก็จะต้องมีการกรอกข้อมูลวัตถุนั้นๆเข้าระบบฐานข้อมูลเช่นเดียวกับการใช้ RFID สิ่งทีบาร์โค้ดยังให้ผลประโยชน์ที่สูงกว่า RFID ในปัจจุบันนั้นคือต้นทุนในการใช้งานเนื่องจาก RFID Tag จะต้องซื้อเป็นชิ้นส่วนแยกต่างหากและราคายังไม่ถูกนัก (5-10 บาท ในรูปแบบ label) ส่วนบาร์โค้ดสามารถปรี้นลงกล่องได้ดังกล่าว ดังนั้นผู้ประกอบการจะต้องทำการประเมินความคุ้มค่าในการนำเทคโนโลยี RFID มาใช้แทนการอ่านทีละชิ้นโดยใช้บาร์โค้ด อีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถประยุกต์ใช้ได้คือการใช้ RFID ร่วมกับบาร์โค้ดเพื่อลดต้นทุนในการติด RFID Tag ลงบนวัตถุทุกชนิดโดยเฉพาะวัตถุที่ราคาไม่สูงนัก อย่างไรก็ตามก็จะต้องทำการออกแบบการใช้งานให้ตอบโจทย์การทำงานโดยดูจากข้อดีของแต่ละเทคโนโลยีผนวกกับลักษณะในการทำงานของสถานประกอบการซึ่งอาจแตกต่างกันในแต่ละที่ และจะต้องทำการสร้างระบบควบคุมเพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันทั้งสองเทคโนโลยีได้

เนื่องจากระบบต้นแบบนี้ได้ถูกออกแบบมาตามขั้นตอนการทำงานของโรงงานผู้ผลิตยาเพียงโรงงานเดียว ดังนั้นการนำระบบไปใช้งานกับโรงงานอื่นๆนั้นอาจต้องมีการปรับกระบวนการหรือเพิ่มฟังก์ชันการทำงานตาม flow และ requirement ของโรงงานนั้นๆ อย่างไรก็ตามโครงสร้างหลักๆในการบริหารจัดการคลังวัตถุดิบน่าจะมีลักษณะใกล้เคียงกันโดยเฉพาะกับโรงงานยา เวชสำอาง หรือโรงงานผลิตอาหารทั่วไป โดยเมื่อระบบได้ถูกปรับแต่งให้เหมาะสมกับการทำงานตามขั้นตอนแล้ว ในการใช้งานระบบจะต้องมีลำดับการติดตั้งระบบเพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามนี้

- การติดตั้งระบบ Hardware ซึ่งหลักๆในที่นี้คือการติดตั้ง RFID Gate ในบริเวณที่เหมาะสมและทำการทดสอบการทำงานของ RFID Gate ในเชิงความครอบคลุมในการตรวจจับ RFID Tag

- ทำการวางระบบสื่อสารเพื่อการทำงานของระบบในภาพรวม ทำการทดสอบการเชื่อมต่อแต่ละส่วน ควบคุมเข้าด้วยกันผ่านระบบ Internet (ทั้งในส่วนของ wired และ wireless connection)
- ส่วนการควบคุมการทำงานผ่าน Software จะต้องทำการติดตั้งระบบ Software บนเครื่อง คอมพิวเตอร์ที่ต้องการใช้งานทั้งหมด
- ทำการทดสอบระบบตามขั้นตอนการทำงานที่ได้ออกแบบไว้

ระบบต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้เนื่องจากใช้เทคโนโลยี RFID ที่คลื่นความถี่สากล ดังนั้นหากมีการขยายขอบเขต ของงานเพื่อการเชื่อมต่อไปยังต่างประเทศก็น่าจะสามารถทำงานได้ อย่างไรก็ตามก็จะต้องมีการ synchronize ข้อมูล ให้เป็นไปในรูปแบบเดียวกันระหว่างต้นทางและปลายทาง ซึ่งในส่วนนี้โดยมากจะเป็นการปรับการใช้งานของ ซอฟต์แวร์ให้ทำงานร่วมกันได้และเป็นการทำงานบนฐานข้อมูลร่วมกัน

7.4 ข้อเสนอแนะในการต่อยอดงานวิจัย

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำงานวิจัยนี้และเพื่อเป็นการต่อยอดจากการวิจัย มีดังต่อไปนี้

- ด้วยความรู้ที่ได้จากการทำงานวิจัยทำให้ทราบว่าเราสามารถสร้างระบบในการบริหารจัดการคลังสินค้า อย่างครบวงจรโดยใช้ระบบการตรวจจับสถานะของวัตถุโดยอัตโนมัติขึ้นมาเองได้ ซึ่งข้อดีอีกอย่างหนึ่ง ที่จะตามมาคือความสามารถในการออกแบบระบบให้สอดคล้องกับการทำงานของแต่ละองค์กรโดย สามารถเลือกออกแบบการทำงานให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานจริง โดยรวมแล้วน่าจะเป็นการลด ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อการสร้างและติดตั้งระบบในภาพรวม
- เนื่องจากลักษณะและสิ่งแวดล้อมในสถานประกอบการแต่ละที่แตกต่างกัน การสร้างระบบการตรวจจับ RFID Tag จะต้องมีการออกแบบเพื่อให้สามารถทำงานได้ตามความต้องการจริง ในระบบต้นแบบนี้สร้างขึ้นตามความลักษณะการทำงานภายในคลังสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยาซึ่งมีการจัดเรียงบรรจุ ภัณฑ์จำนวนไม่มากนักบน 1 พาเลททำให้การตั้งค่าการส่งพลังงานและการออกแบบ RFID Gate นี้ สามารถทำงานได้ อย่างไรก็ตามในคลังสินค้านี้ลักษณะที่แตกต่างออกไป อาทิเช่น คลังสินค้าที่มีการจัดเรียง กล่องจำนวนมากซ้อนๆกัน จะต้องมีการทำการทดลองใหม่เพื่อให้สามารถตั้งค่าพารามิเตอร์ในการส่ง สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุและโครงสร้างที่เหมาะสมกับลักษณะงานนั้นๆ

- จากโครงสร้างทางซอฟต์แวร์หลักที่สร้างขึ้นสามารถรองรับการต่อยอดการทำงานฟังก์ชันต่างๆได้อีกมาก อาทิเช่น การเพิ่มรูปแบบในการแจ้งเตือนแบบต่างๆตามที่ภาคอุตสาหกรรมต้องการได้
- การต่อยอดเพื่อให้ครอบคลุมการเชื่อมต่อการงานไปยังการตรวจจับสถานะก่อนและหลังการขนส่ง โดยในที่นี้จะต้องมีการติดตั้งระบบการตรวจจับอัตโนมัติที่ต้นทางและปลายทางโดยที่สามารถส่งข้อมูลในเวลาจริงโดยการสื่อสารผ่าน Internet เพื่อให้สามารถทราบสถานะในการจัดส่งเพื่อการตรวจสอบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย ฉบับที่ 2 (2556-2560)
[Online] Available: <http://www.nesdb.go.th>
- [2] “The Logistic Handbook: a Practical Guide for the Supply Chain Management of Health Commodities,” USAID, [Online] Available: <http://cscmp.org/>
- [3] D.Gille, and J. Strucker, “Into the Unknown – Measuring the Business Performance of RFID,” 16th European Conference on Information Systems (ECIS 2008), 2008.
- [4] H.K.H. Chow, K.L. Choy, W.B. Lee, and C.K. Lau, “Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations,” Expert Systems with Applications, vol. 30, Issue 4, May 2006, pp. 561–576.
- [5] M. Kampf and P. Kochel, “Simulation-based sequencing and lot size optimization for a production-and-inventory system with multiple items,” International Journal of Production Economics, vol. 104, 2006, pp. 191-200.
- [6] H.J. Wong, C.W. Chiou, and Y.K. Juan, “Decision support model based on case-based reasoning approach for estimating the restoration budget of history buildings,” Expert systems with Applications (In Press), 2007.
- [7] Z.X. Guo, W.K. Wong, S.Y.S. Leung, J.T. Fan, and S.F. Chan, “Genetic optimization for order scheduling with multiple uncertainties,” Expert Systems with Applications, vol. 35, 2008, pp. 1788-1801.
- [8] N. Sortrakul, H.L. Nachtmann, and C.R. Cassady, “Genetic algorithms for integrated preventive maintenance planning and production scheduling for a single machine,” Computers in Industry, vol. 56, 2005, pp.161-168.
- [9] Y.K. Tse, T.M. Chan, and R.H. Lie, “Solving complex logistics problems with multi-artificial intelligent system,” International Journal of Engineering Business Management, vol. 1, no. 1, 2009, pp. 37-48.
- [10] M. Kowalski, S. Zelewski, D. Bergenrodt, and H. Klüpfel, “Application of new techniques of artificial intelligence in logistic: an ontology-driven case-based reasoning approach,” in

Proc. the European Modelling and Simulation Conference 2012 (ESM'2012), 2012, pp. 323-328.

- [11] B. Ding, .L. Chen, D. Chen, and H. Yuan, "Application of RTLS in Warehouse Management Based on RFID and Wi-Fi," WiCOM'08, October 2008.
- [12] Rushton, A., Croucher, P. and Baker, "The Handbook of Logistics and Distribution Management," (3rd ed.). London: Kogan, 2006.
- [13] Frazelle, Edward H., "Supply chain strategy: the logistics of supply chain management", New York: McGraw-Hill, 2001.
- [14] Cliff Holste, "Logistics News : Designing the Most Effective Order Pick Routing in the DC", [Online], Available : http://www.scdigest.com/assets/Experts/Holste_09-07-02.php?cid=2553&ctype=content [access on 2010, February 19]
- [15] H. D. Ratliff and A. S. Rosenthal, "Order-picking in rectangular warehouse: a solvable case of the Traveling Salesman Problem", Operations Research, vol.31, pp.507-521, 1983.
- [16] Zhang haijun, Liu bingwu, "A New Genetic Algorithm for Order-Picking of Irregular Warehouse," International Conference on Environmental Science and Information Application Technology, pp. 121-124, 2009.
- [17] J. R. Stock and D. M. Lambert, "Strategic logistics management", 4th ed., United States of America: McGraw-Hill, 2001.