

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบไฟร์วอลล์สำหรับเครือข่ายคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

A study of Firewall System Efficiency for Network in Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

กายรัฐ เจริญราษฎร์¹, ณัฐชามณู ศรีจำเริญรัตน์²
Kairat Jaroenrat¹, Natchamol Srichumroenrattana²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering at KamphaengSaen, Kasetsart University

²โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

²Business Computer Program, Faculty of Management Science, NakhonPathom Rajabhat University

E-mail: kairat.j@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การใช้งานคอมพิวเตอร์อย่างแพร่หลาย ทำให้ความต้องการที่จะส่งข้อมูลต่างๆ ผ่านอินเทอร์เน็ตมีเพิ่มขึ้น เหล่าผู้ไม่ประสงค์ดีจึงถือโอกาสเช่นนี้ในการขโมยข้อมูล ก่อความเสียหายของระบบเครือข่าย เพื่อให้ได้ซึ่งประโยชน์ตามความพึงพอใจของตนเอง ดังนั้นเครือข่ายที่ดีต้องมีการป้องกันและระบบไฟร์วอลล์เป็นสิ่งหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการนำมาป้องกันความปลอดภัยของเครือข่าย แต่ไฟร์วอลล์ที่ดีและใช้งานง่ายย่อมมีราคาแพง จากเหตุผลข้างต้นผู้จัดทำจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบไฟร์วอลล์สำหรับเครือข่ายขนาดเล็กขึ้นมา เพื่อให้หน่วยงานขนาดเล็กที่กำลังการซื้อต่ำได้ใช้งานระบบไฟร์วอลล์ที่มีคุณภาพ ใช้งานง่าย และไม่มีค่าใช้จ่าย ซึ่งระบบนี้ทำขึ้นภายใต้ระบบปฏิบัติการลินุกซ์และทดสอบใช้งานกับเครือข่ายห้องวิจัย วิศวกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบ พบว่าการใช้งานระบบเครือข่ายระบบนี้จะทำให้มีความล่าช้าในการใช้งาน (Delay) เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.070 มิลลิวินาที ซึ่งถือว่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับการที่ผู้ดูแลระบบสามารถควบคุมและจัดการการใช้งานต่างๆ ของเครื่องลูกข่าย

คำสำคัญ: ไฟร์วอลล์, โอเพนซอร์ส

ABSTRACT

The widespread uses of computers increase the transmission of information over the Internet. These are many opportunities of hacker to steal and disrupt data in the network for their self-satisfaction. Therefore, the networks must have a good defense with the firewall system that is widely used in the implementation of network security. The small organization can have a firewall to protect their networks but the easy manage systems are very expensive. Thus we have designed and developed a firewall for a small organization with high quality, easy to use and free. The system established under Linux operating system and implemented in network of Engineering Faculty at Kamphaeng Saen, Kasetsart University. From the efficiency test, we found that the average delay has been increased by

0.070 ms. which is very small for the administrator can control and manage various applications of the client.

Keywords: Firewall, Open source

บทนำ

ไฟร์วอลล์ (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2552) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการป้องกันเครือข่ายภายในจากการสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายจากภายนอก โดยอาจจะเป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือซอฟต์แวร์ (Software) หรือทั้งสองรวมกันขึ้นอยู่กับวิธีการในการออกแบบ รวมไปถึงลักษณะการใช้งานของแต่ละหน่วยงานด้วย โดยสรุปแล้วไฟร์วอลล์ก็คือเครื่องมือหรือระบบหรือกลุ่มของระบบคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ป้องกันเครือข่ายจากผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาต ไม่ให้สามารถมาใช้หรือมองเห็นข้อมูลหรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้และบังคับใช้นโยบายการควบคุมการเข้าถึงเครือข่ายระหว่างสองเครือข่ายใด ๆ (พิสิษฐ์ ชาญเกียรติก้อง, 2550)

ปัจจุบันไฟร์วอลล์มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย แต่ระบบไฟร์วอลล์ที่มีคุณภาพและใช้งานง่ายจะมีราคาสูง ส่วนระบบที่เป็นโอเพนซอร์ส (Open Source) คือระบบที่ไม่มีค่าใช้จ่ายจะมีใช้งานที่ซับซ้อน ทำให้หน่วยงานขนาดเล็ก เช่น ภาควิชาในมหาวิทยาลัย, โรงเรียนขนาดเล็ก ที่ไม่มีกำลังทรัพย์หรือบุคลากรที่มีความสามารถในการสร้างระบบไฟร์วอลล์ขึ้นมาด้วยตนเอง จะขาดส่วนสำคัญในการป้องกันระบบเครือข่ายไป ซึ่งในปัจจุบันการทำกิจกรรมต่างๆ แม้กระทั่งการทำธุรกิจก็มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ระบบเครือข่าย ดังนั้นความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายของข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายก็จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ ด้วยเหตุนี้ไฟร์วอลล์จึงมีบทบาทในการเข้ามาช่วยป้องกันเครือข่ายและข้อมูลจากการถูกจารกรรมจากผู้ไม่หวังดีได้ในระดับหนึ่ง

เพื่อให้ระบบเครือข่ายของหน่วยงานขนาดเล็กอย่างเช่น สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สามารถมีไฟร์วอลล์ที่มีประสิทธิภาพ ใช้งานง่ายและไม่มีค่าใช้จ่าย ผู้จัดทำจึงได้พัฒนา “ระบบไฟร์วอลล์สำหรับเครือข่ายขนาดเล็ก” ขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบไฟร์วอลล์ที่เหมาะสมกับเครือข่ายของหน่วยงานขนาดเล็กให้มีระบบการควบคุมและตั้งค่าไฟร์วอลล์แบบ Graphic Interface ผ่าน Web Browser โดยมีรายละเอียดดังนี้

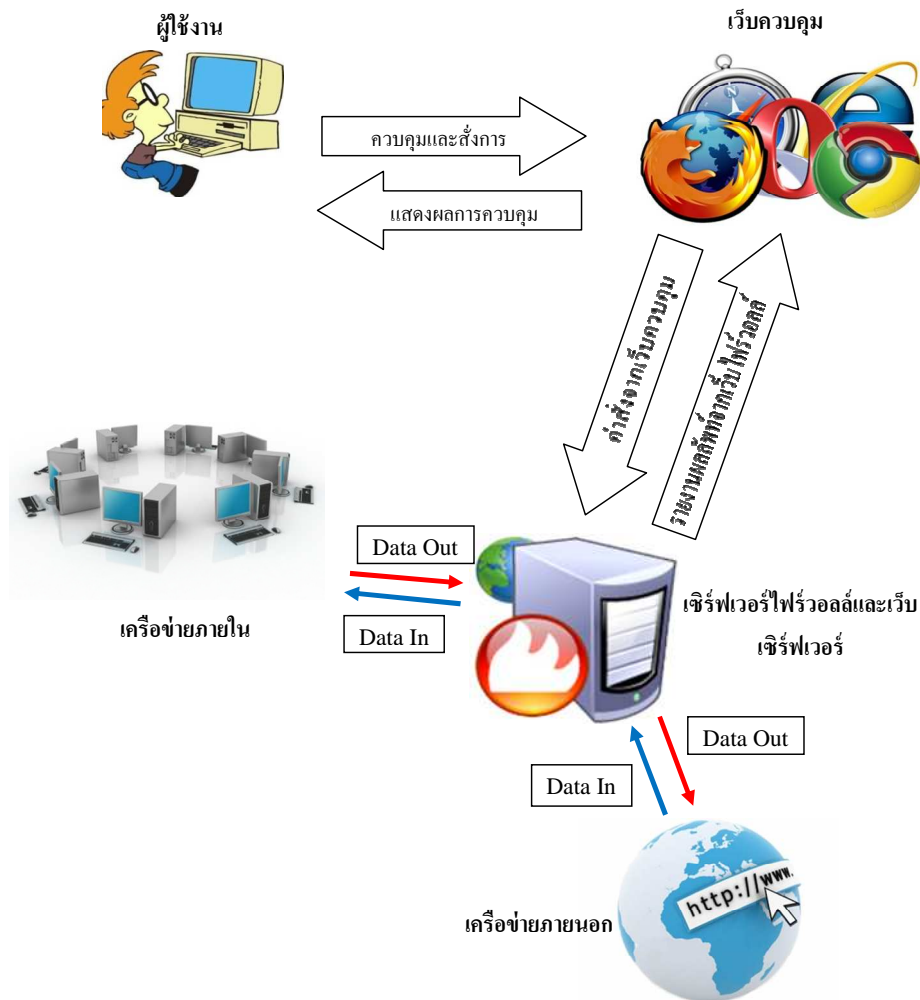
- ระบบไฟร์วอลล์ทำงานด้วยคำสั่ง ไอพีเทเบิล (บุญลือ อยู่คง, 2551) บนระบบลินุกซ์
- ระบบสามารถปิดกั้นการใช้งาน โดยพิจารณาจาก พอร์ต โพรโตคอล และไอพีแอดเดรส
- ระบบสามารถปิดกั้นการใช้งานเว็บที่ต้องการได้โดยการระบุชื่อของโดเมนเว็บ
- ระบบมีอินเทอร์เฟซ (Interface) ที่ง่ายต่อการใช้งาน

ไอพีเทเบิล (IP Table)

ไอพีเทเบิล คือ ฟรีแวย์ (GREGOR N. PURDY, 2004) ตัวหนึ่งซึ่งทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) มีหน้าที่ในการตรวจสอบชุดหรือแพ็คเกจของข้อมูลต่างๆ ที่เข้ามา, ผ่าน หรือออกจากเครื่องลินุกซ์ตัวนั้น รวมทั้งสามารถทำหน้าที่ในการส่งต่อเปลี่ยนแปลงชุดข้อมูลใดๆก็ตามที่เข้ามาได้ด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้จัดทำให้ใช้ไอพีเทเบิลนี้เป็นส่วนหลักของระบบไฟร์วอลล์ที่ควบคุมการผ่านเข้าออก ระหว่างเครือข่ายภายนอกและเครือข่ายภายใน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ภาพรวมของระบบ

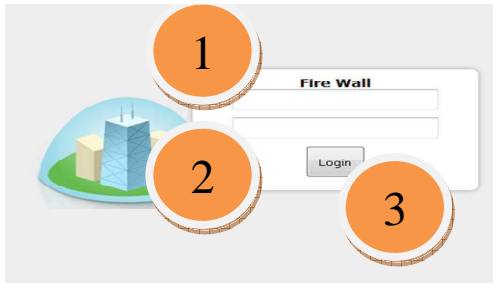


รูปที่ 1: ภาพรวมของระบบ

จากรูปที่ 1 แสดงถึงการทำงานของระบบไฟร์วอลล์ที่ควบคุมผ่านเว็บเบราว์เซอร์ซึ่งผู้ใช้งานคือผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์คและความปลอดภัยด้านคอมพิวเตอร์ในระดับหนึ่ง เช่น เจ้าหน้าที่แผนกเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นต้น เมื่อผู้ใช้งานทำการตั้งและกำหนดค่าลักษณะการทำงานของไฟร์วอลล์ผ่านเว็บแล้ว คำสั่งจะถูกส่งไปยังตัวไฟร์วอลล์และเริ่มทำงานทันที รายละเอียดแต่ละส่วนอธิบายได้ดังนี้

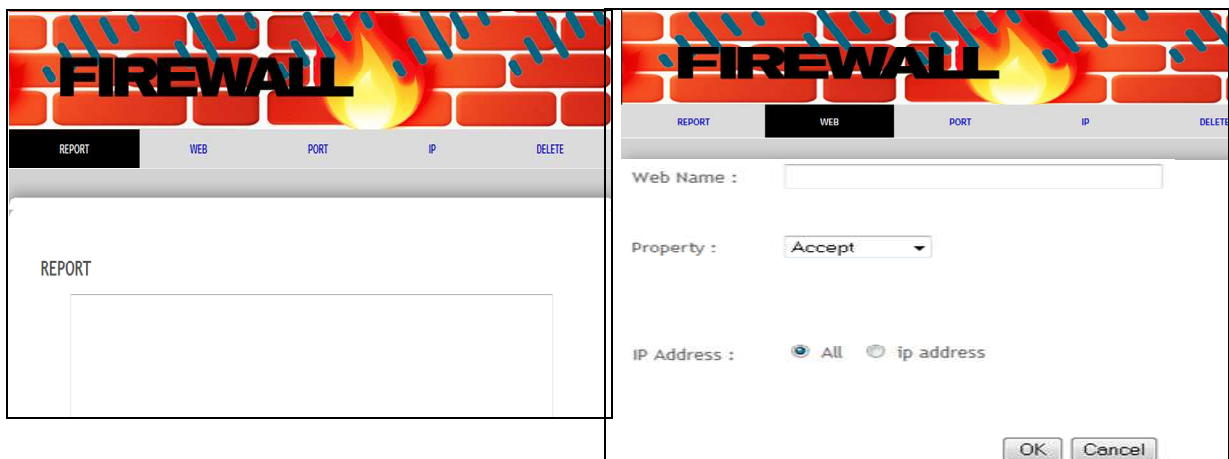
- ผู้ใช้งาน (ผู้ดูแลระบบ) ทำการตั้งค่าการทำงานต่างๆของไฟร์วอลล์ผ่านเว็บเบราว์เซอร์เพื่อเป็นการระบุสิ่งที่ต้องการจะให้ไฟร์วอลล์ทำเช่น ปิดกั้นเว็บไซต์ เป็นต้น
- เว็บควบคุม (เว็บเบราว์เซอร์) มีฟังก์ชันต่างๆของระบบไฟร์วอลล์ที่ผู้ใช้ต้องระบุลักษณะการทำงานเมื่อผู้ใช้งานยืนยันคำสั่งจะถูกส่งไปยังไฟร์วอลล์
- ไฟร์วอลล์และเว็บเบราว์เซอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการเข้าออกของข้อมูลระหว่างเน็ตเวิร์กภายในและเน็ตเวิร์กภายนอก รวมถึงเปิดให้บริการเว็บสำหรับควบคุม

2. การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน



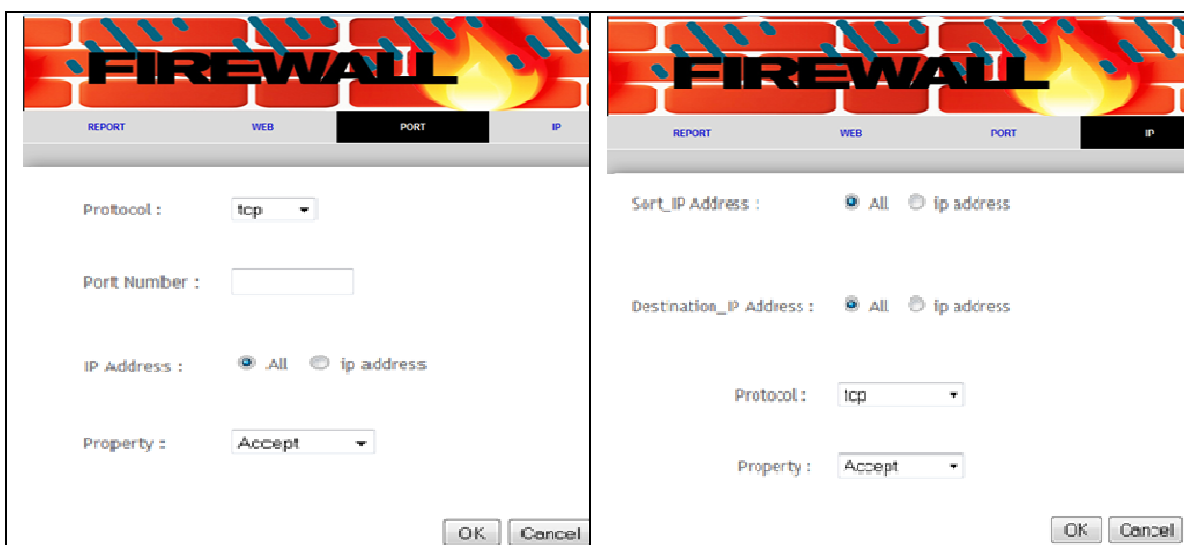
รูปที่ 2: หน้าจอการยืนยันตัวตนเพื่อเข้าระบบ

จากรูปที่ 2 เป็นหน้าจอการยืนยันตัวตนเพื่อเข้าใช้งานระบบควบคุมจัดการไฟร์วอลล์ผ่านทางหน้าเว็บเพจ โดย หมายเลข 1 เป็นช่องป้อนชื่อผู้ใช้งาน หมายเลข 2 เป็นช่องป้อนรหัสของผู้ใช้งาน และหมายเลข 3 เป็นปุ่มยืนยันเพื่อตรวจสอบชื่อและรหัสของผู้ใช้งาน



รูปที่ 3: หน้าแสดงสถานะปัจจุบันของไฟร์วอลล์

รูปที่ 4: หน้าการควบคุมการใช้งานบริการเว็บ



รูปที่ 5: หน้าการควบคุมแบบระบุหมายเลขพอร์ต

รูปที่ 6: หน้าการควบคุมโดยระบุหมายเลขไอพีแอดเดรส

จากภาพที่ 3 เป็นหน้าต่างแสดงผลการตั้งค่าไฟร์วอลล์ ซึ่งจะแสดงผลโดยอัตโนมัติหลังจากผ่านการยืนยันเพื่อเข้าใช้งานระบบ โดยหน้าต่างนี้จะแสดงผลการปรับแต่งกฎการ FORWARD ที่ถูกสั่งงานด้วยคำสั่งไอพีเทเบิล และมีแถบคำสั่งต่างๆ ทางด้านบน

รูปที่ 4 – 6 แสดงหน้าการควบคุมการใช้งานเครือข่าย โดยควบคุมบริการเว็บ ควบคุมตามหมายเลขพอร์ต และควบคุมโดยระบุหมายเลขไอพีแอดเดรส ตามลำดับ และรูปที่ 7 เป็นหน้าการล้างค่ากฎระบบ



รูปที่ 7: หน้าต่างการล้างค่ากฎการควบคุมประเภทต่าง ๆ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้พัฒนาและทำการทดลองใช้ระบบไฟร์วอลล์สำหรับเครือข่ายขนาดเล็กกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยติดตั้งไฟร์วอลล์เพื่อควบคุมการใช้งานเครือข่ายของนิสิตที่ใช้งานเครือข่ายจากภายในห้องวิจัยโครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

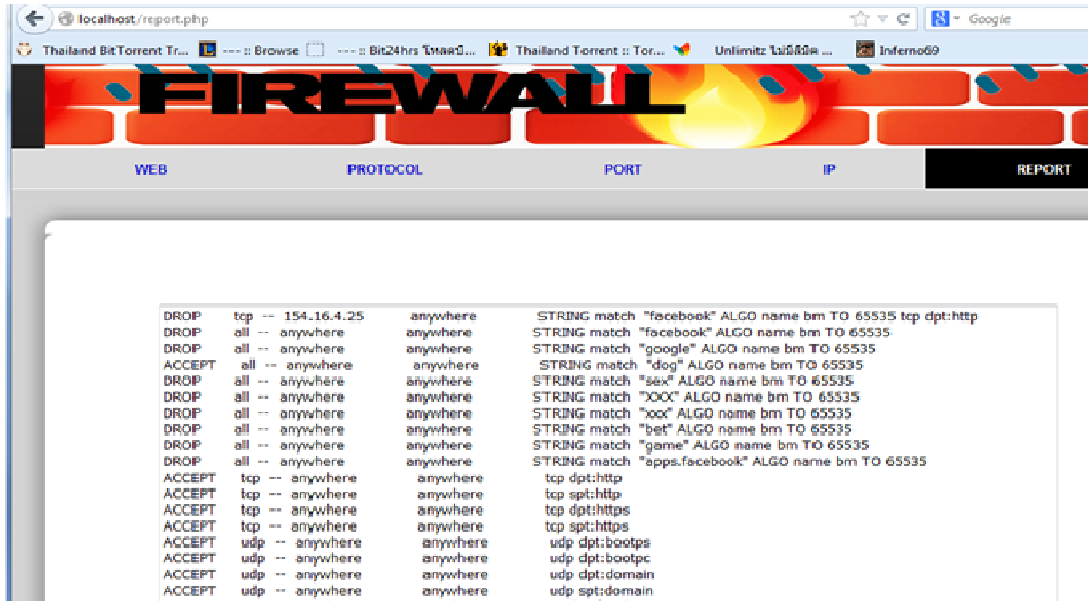
1. ผลการใช้งาน

หลังจากติดตั้งระบบในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของสาขาวิชาฯ แล้ว ปรากฏว่าผู้ใช้สามารถใช้งานได้ อย่างปกติเช่นเดิม และเมื่อผู้ดูแลทำการปิดกั้นสิ่งที่ไม่ประสงค์ให้เรียกใช้บริการผ่านเครือข่าย ไม่ว่าจะเป็นการปิดกั้นเว็บไม่เหมาะสม การปิดกั้นระบุไอพีแอดเดรส หรือการระบุหมายเลขพอร์ต ผู้ใช้ก็จะไม่สามารถใช้งานได้ ในทันทีที่ผู้ดูแลกำหนดกฎเสร็จสิ้น ในที่นี้ขอยกตัวอย่างการทดลองตั้งค่าให้ปิดกั้นบริการเว็บ Facebook โดยตัวอย่างจะใส่ชื่อของเว็บว่า “facebook” และให้สถานะเป็น “Deny” และสามารถระบุหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องที่ต้องการให้เรียกเว็บ Facebook ไม่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 8

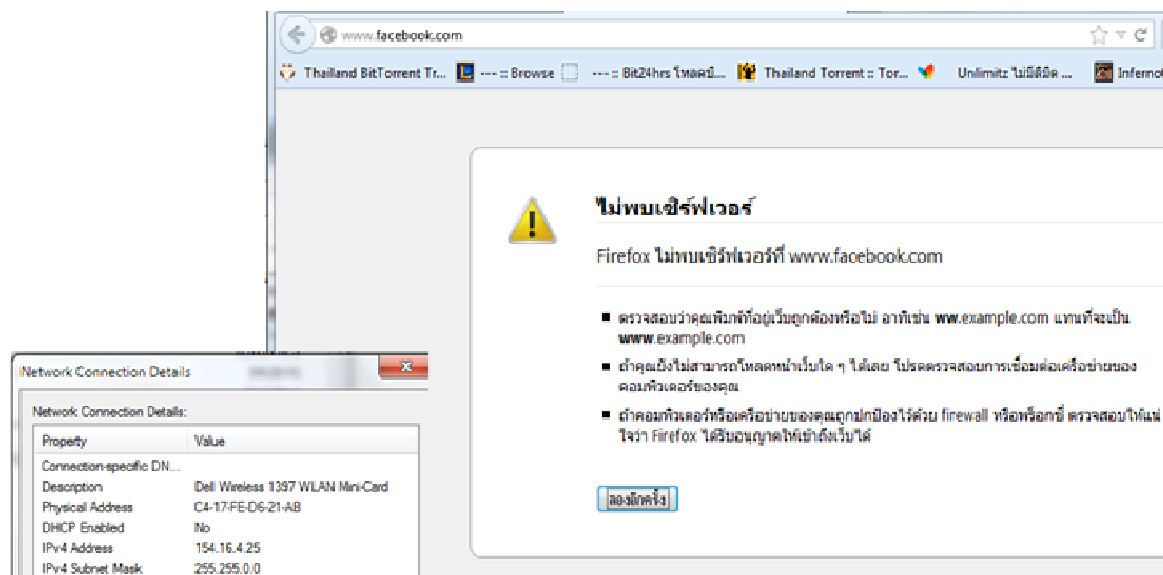


รูปที่ 8: การทดสอบปิดกั้นการใช้งานเว็บ Facebook

หลังจากที่ผู้ดูแลระบบกำหนดการปิดกั้นเว็บไซต์ Facebook สำหรับเครื่องที่มีหมายเลขไอพี 154.16.4.25 แล้ว ที่หน้า Report ของระบบ จะแสดงผลของรายการกฎที่ถูกเพิ่มเข้าไปในระบบ ดังแสดงในรูปที่ 9 และในรูปที่ 10 แสดงหน้าจอขบราวเซอร์ของเครื่องหมายเลขไอพี 154.16.4.25 ที่ไม่สามารถเข้าถึงเว็บไซต์ Facebook ได้



รูปที่ 9: หน้ารายงานสถานะของไฟร์วอลล์ที่มีการปิดกั้นการใช้งานเว็บ Facebook



รูปที่ 10: หน้าจอเครื่องลูกข่ายที่ถูกปิดกั้นการเรียกเว็บ Facebook

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการให้บริการของระบบ

การทดสอบประสิทธิภาพของเครือข่ายนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองแค่เครือข่ายของห้องวิจัยโครงงานฯ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพราะเครื่อง Server ที่ใช้เป็นระบบไฟร์วอลล์เป็นเครื่องขนาดเล็ก ไม่สามารถติดตั้งให้ครอบคลุมรองรับเครือข่ายทั้งหมดของคณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน

การทดลองดังกล่าวนี้ ได้มีการเก็บ/เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยในช่วงวันที่ 1 กันยายน 2555 – 30 กันยายน 2555 ดังต่อไปนี้ (กายรัฐ เจริญราษฎร์ และคณะ, 2555)

- เก็บข้อมูลและเปรียบเทียบค่าเวลา Round Trip Time delay จากต้นทางไปยังปลายทาง โดยผ่านและไม่ผ่าน Proxy-Firewall Server
- เก็บข้อมูล/ตรวจสอบปริมาณการใช้งานที่ไม่จำเป็นชนิดต่างๆ ที่ถูกส่งผ่านระบบ ต่อปริมาณการใช้งานทั้งหมด และเปรียบเทียบค่า Bandwidth ที่จะว่างลง หากทำการปิดกั้นการใช้งานที่ไม่จำเป็นนั้นๆ

ตารางที่ 1: ค่า Round Trip Time delay เฉลี่ย

| ปลายทาง | ผ่าน | ไม่ผ่าน | Delay ของ Server |
|--------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | Server | Server | |
| www.eng.kps.ku.ac.th | 0.312 ms | 0.245 ms | 0.067 ms |
| www.cpe.eng.kps.ku.ac.th | 0.311 ms | 0.238 ms | 0.073 ms |
| เฉลี่ย | 0.312 ms | 0.242 ms | 0.070 ms |

จากตารางที่ 1 เป็นการเก็บค่าระยะเวลาที่เครื่องลูกข่ายใช้ในการส่งข้อมูล packet ขนาด 32 ไบต์ ผ่าน Proxy-Firewall Server ไปยังปลายทาง แล้วปลายทางส่ง packet กลับมายังต้นทาง (Round Trip Time Delay) โดยทดลองกับปลายทางสองโหนดคือเครื่อง Web Server ของคณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน และ Web Server ของสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่อยู่ใน LAN วงเดียวกันกับเครื่องลูกข่าย แล้วเปรียบเทียบกับระยะเวลาการส่งข้อมูลที่ไม่ผ่าน Firewall Server โดยทำการทดสอบจำนวน 100 ครั้งในแต่ละโหนดปลายทาง แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งพบว่าการเข้าถึงเครือข่ายภายนอกโดยผ่านระบบไฟร์วอลล์ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ ใช้เวลาเพิ่มขึ้นจากการไม่มีระบบไฟร์วอลล์เพียง 0.070 ms. ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อแลกกับการที่สามารถควบคุมการเข้าออกข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในเครือข่าย

ตารางที่ 2: ปริมาณการใช้งานเฉลี่ยต่อวัน

| ประเภท | ปริมาณ (MB) | สัดส่วน (%) |
|--------------|-------------|-------------|
| Web (HTTP) | 4,970 | 62.857 |
| Web ((HTTPS) | 1,363 | 17.238 |
| DHCP | 1.056 | 0.013 |
| FTP | 55.11 | 0.697 |
| DNS | 31.30 | 0.396 |
| ICMP | 3.411 | 0.043 |
| High port | 1,483 | 18.756 |
| รวม | 7,906.899 | |

จากตารางที่ 2 เป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้งานบริการต่างๆ ผ่านระบบเครือข่าย ซึ่งทำการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 1 กันยายน 2555 ถึง 30 กันยายน 2555 แล้วหาค่าเฉลี่ยต่อวัน ซึ่งพบว่าการใช้งานส่วนใหญ่กว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นการเข้าถึงเว็บไซต์ต่างๆ และมีการใช้บริการที่ไม่จำเป็นที่เป็นการใช้งานผ่าน Port 1024 ถึง 65535 (High port) ถึง 18.756 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเล่นเกมออนไลน์ ดังนั้นหากทำการปิดกั้นบริการที่ไม่จำเป็นเหล่านี้ ก็จะทำให้สามารถประหยัดช่องสัญญาณไปได้ถึง 18.756 เปอร์เซ็นต์

สรุป

การพัฒนาเว็บไฟร์วอลล์สำหรับเครือข่ายขนาดเล็กใช้คำสั่งสร้างไฟร์วอลล์ของระบบปฏิบัติการลินุกซ์ที่ชื่อว่า ไอพีเทเบิล ซึ่งให้ความสามารถของไฟร์วอลล์ที่มีประสิทธิภาพสูงแต่ใช้งานได้ลำบากเนื่องจากต้องใช้คำสั่งผ่าน Command line ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบไฟร์วอลล์สำหรับเครือข่ายขนาดเล็กที่เพิ่มการใช้งานผ่าน Web Graphic Interface เพื่อให้การตั้งค่าต่างๆ ทำได้ง่ายและน่าใช้งาน ซึ่งมีการทดสอบด้วยการตั้งค่าปิดกั้นบริการต่างๆ และผลการทดสอบก็ประสบผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่วางไว้ ทั้งนี้จากการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบ พบว่าการใช้งานระบบเครือข่ายระบบนี้ จะทำให้มีความล่าช้าในการใช้งาน (Delay) เพิ่มขึ้นน้อยมาก เมื่อเทียบกับการที่ผู้ดูแลระบบสามารถควบคุมและจัดการการใช้งานต่างๆ ของเครื่องลูกข่าย อาทิ การปิดกั้นบริการต่างๆ ที่ไม่จำเป็น เช่น เกมออนไลน์ เว็บไซต์ต้องห้าม รวมถึงการแพร่กระจายของไวรัสคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครือข่าย นอกจากนี้ผลการทดลองยังสามารถแสดงถึงปริมาณการใช้งานบริการต่างๆ ผ่านทางเครือข่าย ซึ่งพบว่าการใช้งานส่วนใหญ่เป็นการใช้บริการเว็บถึง 80 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2552). *เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร* (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.

พิสิษฐ์ ชาญเกียรติกิจ. (2550). *การออกแบบโครงข่ายคอมพิวเตอร์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต.

กายรัฐ เจริญราษฎร์ และ วัฒนพงศ์ ประสิทธิ์เม (2555). การศึกษาผลกระทบต่อระบบเครือข่ายคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน เมื่อติดตั้งระบบเว็บแคชเซิร์ฟเวอร์ร่วมกับไฟร์วอลล์. *การประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 6 - 7 ธันวาคม 2555.*

นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

บุญลือ อยู่คง, 2551. ไอพีเทเบิล. *คู่มือประกอบการฝึกอบรมปฏิบัติงาน Linux Server Security*. สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2555, จากเว็บไซต์: <http://thaiopensource.org/sites/default/files/manual/linux-security.pdf>

GREGOR N. PURDY. (2004). *LINUX Iptables, Pocket Reference*. USA: O'Reilly Media.

การใช้เครื่องมือบ่งชี้อัตโนมัติประกอบการประเมินผลผลิตอ้อยที่ปลูกภายใต้สภาพการณ์ต่างๆ ในเขตส่งเสริมของโรงงานน้ำตาลมิตรภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ

Use of Automatic Indicator to Assist in Yield Assessment of Sugarcane Grown Under Different Condition at Mirl Phukhieo Sugar Mill's Area Promotion Chaiyaphum.

สุทัศน์ เบ้ารัตน์ และ ดร.ภัทริยา ลาสุนนท์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย หนองคาย
E-mail: suthut1981@gmail.com

บทคัดย่อ

ระบบบ่งชี้อัตโนมัติ Global Positioning System (GPS), Radio Frequency Identification (RFID) และ Barcode ถูกนำมาใช้ในการบันทึกข้อมูลประกอบการประเมินผลผลิตอ้อยแต่ละแปลงของเกษตรกรคู่สัญญาที่ปลูกภายใต้สภาพการณ์ต่างๆในเขตส่งเสริมของโรงงานน้ำตาลมิตรภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ เพื่อให้โรงงานประเมินผลผลิตอ้อยเฉลี่ยในแต่ละแปลงได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น จากการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบว่า การประเมินผลผลิตอ้อยของโรงงานมีร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย 10.5155 และการประเมินมีร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์สูงสุดถึง 24.0987

ดังนั้นการนำระบบบ่งชี้อัตโนมัติมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะทำให้มีสถิติข้อมูลจากอดีตถึงปัจจุบันที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้โรงงานสามารถประเมินผลผลิตอ้อยและกำหนดโควตาการผลิตน้ำตาลในแต่ละปีได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมถึงชาวเกษตรกรชาวไร่อ้อยสามารถเลือกพันธุ์อ้อย ประเภทการปลูก และพื้นที่ปลูกที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ประเมินผลผลิต, GPS, RFID, Barcode, อ้อย

ABSTRACT

Automatic Identification System GPS, RFID and Barcode is used to record the output of the conversion of sugarcane grown under different condition at Mitr Phu Khieo sugar mill in the promotion area, Chaiyaphum. The system yield more accurate data for the evaluation of the product in each plot. This study shows the yield of sugarcane factories with average relative percentage error of 10.5155 and a relative error of up to 24.0987 percent.

Therefore, the use of automatic identification system to collect statistical data from the past to the present yield more accurate data which resulted in an effective evaluation for predicting sugar production and quotas each year. Furthermore, farmers can select the varieties of sugarcane, suitable planting area to achieve a higher returns.

Keywords: Assessment Yield, GPS, RFID, Barcode, Sugarcane.

บทนำ

ปัจจุบันถึงแม้ว่าประเทศไทยมีการปลูกอ้อยและผลิตน้ำตาลเป็นจำนวนมากจนสามารถส่งออกน้ำตาลเป็นอันดับหนึ่งของโลก แต่โรงงานน้ำตาลในประเทศแต่ละแห่งก็ยังมีปัญหาในการประเมินผลผลิตน้ำตาลที่โรงงานจะผลิตได้ในแต่ละปีให้ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำตาลที่ผลิตได้จริง การที่โรงงานน้ำตาลจัดให้มีการทำสัญญาการปลูกอ้อยและตัดอ้อยส่งโรงงานกับเกษตรกรชาวไร่อ้อย ที่เรียกว่าเกษตรกรคู่สัญญานั้น ทำให้สามารถลดปัญหาดังกล่าวลงไปได้บางส่วน เพราะมีการสำรวจและระบุข้อมูลของแปลงปลูกอ้อย ทั้งในด้านขนาดพื้นที่ พันธุ์อ้อยที่ปลูก ประเภทของอ้อยที่ปลูก ดินในแปลงปลูก และแหล่งน้ำรอบบริเวณปลูกทำให้มีข้อมูลสำหรับการประเมินผลผลิตมากขึ้น และเมื่อแปลงอ้อยทั้งหมดของเกษตรกรคู่สัญญาถูกตัดส่งโรงงานในช่วงฤดูที่อ้อย โรงงานก็จะมีข้อมูลของผลผลิตรวมและค่าความหวานเฉลี่ยของอ้อยจากทุกแปลงปลูกแต่ถ้าไม่มีการระบุรหัสแปลงที่แน่นอนจะไม่สามารถทราบได้ว่าอ้อยที่รถบรรทุกมาส่งโรงงานน้ำตาลนั้นมาจากแปลงใด ทำให้ไม่สามารถวัดผลผลิตอ้อยของแต่ละพันธุ์ หรือแต่ละประเภทอ้อยที่ปลูกได้ถูกต้อง เป็นเหตุให้เกษตรกรคู่สัญญาไม่ปฏิบัติตามข้อตกลงในสัญญาการส่งอ้อยอย่างครบถ้วนและถูกต้อง ส่งผลให้การประเมินผลผลิตอ้อยของทางโรงงานเกิดความคลาดเคลื่อนและไม่สามารถประเมินปริมาณน้ำตาลที่จะผลิตในแต่ละปีได้ถูกต้อง

ปัจจุบันในภาคอุตสาหกรรมได้มีการนำระบบบ่งชี้อัตโนมัติมาช่วยในขบวนการผลิต การจัดเก็บและการจัดส่งสินค้าจากผู้ผลิตจนถึงผู้บริโภค เพื่อให้ต้นทุนโลจิสติกส์และต้นทุนการผลิตสินค้านั้นๆลดลง ระบบบ่งชี้อัตโนมัติดังกล่าวถ้ามีการเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมก็สามารถที่จะนำมาใช้ประกอบในการระบุแปลงอ้อยและประเมินผลผลิตอ้อยเป็นรายแปลงได้ เช่น การนำ Global Positioning System (GPS) มาใช้ในการวัดพื้นที่และระบุตำแหน่งที่ตั้งของแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรแต่ละราย ระบบ Radio Frequency Identification (RFID) และระบบ Barcode นำมาใช้ในการเก็บข้อมูลผลผลิตอ้อยเกษตรกรคู่สัญญาตัดส่งโรงงาน ซึ่งจะทำให้โรงงานน้ำตาลและเกษตรกรชาวไร่อ้อย สามารถวางแผนการผลิตอ้อยและน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำระบบบ่งชี้อัตโนมัติมาใช้ในการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณผลผลิตที่เก็บน้ำหนักรอแต่ละแปลงของเกษตรกรคู่สัญญาที่ส่งเข้าโรงงาน เพื่อประเมินผลผลิตอ้อยเฉลี่ยในแต่ละแปลงของเกษตรกรคู่สัญญา ซึ่งจะทำให้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น มีสถิติผลผลิตอ้อยในพื้นที่ส่งเสริมจากอดีตจนถึงปัจจุบันที่ถูกต้องมากขึ้น เพื่อให้โรงงานน้ำตาลสามารถประเมินผลผลิตและกำหนดโควตาการผลิตน้ำตาลในแต่ละปีได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงเกษตรกรชาวไร่อ้อยสามารถเลือกพันธุ์อ้อย ประเภทของการปลูก และพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมที่จะให้ได้ผลตอบแทนสูงมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินผลผลิตอ้อยเฉลี่ยในแต่ละแปลงของเกษตรกรคู่สัญญาที่ตัดส่งโรงงานน้ำตาล โดยใช้ระบบบ่งชี้อัตโนมัติ ได้แก่ Barcode, RFID และ GPS ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันระบบชี้วัดอัตโนมัติได้มีวิวัฒนาการที่รวดเร็วมาก จากหลักการและเหตุผลข้างต้นการพัฒนาที่ต้องนำระบบชี้วัดอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเกษตรกรคู่สัญญา ข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อเป็นข้อมูลที่จะนำไปใช้บริหารจัดการแปลงอ้อยของเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพ

1. สภาพการปลูก

การปลูกอ้อยของประเทศไทยนั้นมากกว่า 90% อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ การปลูกอ้อยเพื่อส่งโรงงานจะมี 3 ช่วง คือปลายฝน (ข้ามแล้ง) ก่อนฝน (น้ำราด) และต้นฝน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552) ดังนี้

1.1 การปลูกอ้อยปลายฝนจะดำเนินการหลังฝนหมด คือ ตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคม ถึง ปลายเดือนพฤศจิกายนหรือจนกว่าดินจะหมดความชื้น (ความชื้นไม่เพียงพอที่อ้อยจะงอก) หลักการสำคัญในการปลูกอ้อยข้ามแล้งคือ การใช้น้ำฝนให้เกิดประโยชน์สูงสุด กล่าวคือ ในช่วงอ้อยเริ่มปลูกก่อนถึงย่างปล้อง อ้อยต้องการน้ำน้อย จะใช้ความชื้นที่เก็บไว้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เมื่อเข้าฤดูฝนอ้อยเริ่มย่างปล้องต้องการน้ำมาก เมื่อได้น้ำฝนก็เติบโตอย่างต่อเนื่องผลผลิตจะสูง ถ้าปริมาณฝน 1,000 มม./ปี อาจจะได้ผลผลิตประมาณ 16 ตัน/ไร่ ถ้าปริมาณฝน 1,100 มม./ปี อาจจะได้ผลผลิตประมาณ 17.6 ตัน/ไร่ และถ้าปริมาณฝน 1,200 มม./ปี อาจจะได้ผลผลิตประมาณ 20 ตัน/ไร่

1.2 การปลูกอ้อยน้ำราด จะดำเนินการก่อนถึงฤดูฝนปกติ คือ หลังจากการปลูกอ้อยข้ามแล้ง หรือการรื้อต่อแล้วปลูกใหม่ ความชื้นในดินเหลือน้อยไม่เพียงพอที่อ้อยจะงอกจะต้องให้น้ำ โดยให้น้ำเพียงพอต่อการให้อ้อยงอกเพียงครั้งเดียว ปริมาณน้ำที่ให้ขึ้นกับความชื้นของดินขณะนั้น จะดำเนินการปลูกต้นเดือนธันวาคม ถึง ต้นเดือนมีนาคมอากาศยังไม่ร้อนจัด สำหรับระยะเวลาจากกลางเดือนมีนาคม ถึง กลางเดือนเมษายน ปกติอากาศจะร้อนจัดมาก ดินแห้งมาก การปลูกในช่วงนี้ถ้าให้น้ำแล้วกลบบางเกินไปตาอ้อยจะสุกไม่งอก หรือถ้าเกิดฝนตกหนักดินอัดแน่น อ้อยอาจจะเน่าไม่งอกฉะนั้นการปลูกอ้อยราวช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน เป็นจุดเสี่ยง จะต้องติดตามสภาพดินฟ้าอากาศอย่างใกล้ชิด

1.3 อ้อยต่อ คืออ้อยที่ตัดส่งเข้าโรงงานแล้วและอ้อยที่งอกขึ้นมาใหม่เราเรียกว่าอ้อยต่อการบำรุง อ้อยต่อครั้งที่ 1 ภายใน 2-3 สัปดาห์ จะใช้อุปกรณ์เครื่องไถพรวนสับใบอ้อยพร้อมใส่ปุ๋ย ตัดแต่งต่ออ้อยให้ชิดดินที่สุดเพื่อเร่งให้อ้อยงอก พร้อมใส่ปุ๋ย สูตร 28-10-10 สารบำรุงดิน ในอัตรา 50 กก.ต่อไร่ และสารปรับปรุงดิน 1 กก.ต่อไร่ การไถพรวนช่วยให้หน้าดินไม่แน่นมีอากาศในดินและการใส่ปุ๋ยพร้อมกันกับไถพรวนเพื่อให้ออขนำปุ๋ยไปใช้ได้เลยและลดต้นทุนค่าแรงงานคนในการใส่ปุ๋ยอีกรอบ

2. พันธุ์อ้อย

ในการวิจัยครั้งนี้เลือกศึกษาพันธุ์อ้อยตามที่โรงงานน้ำตาลส่งเสริมให้เกษตรกรคู่สัญญาปลูกทั้งสิ้น 3 สายพันธุ์ โดย 2 สายพันธุ์ที่ปลูกมากที่สุด คือ LK 92-11 และ KK3 (ขอนแก่น 3) และพันธุ์อ้อยที่ทางโรงงานน้ำตาลต้องการที่จะลดพื้นที่ปลูกคือ K 88-92 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (จิรวุฒิ, 2549)

2.1 พันธุ์ LK 92-11 ลำต้นตั้งตรง ล้มยาก มีลำขนาดกลางใส่ไม่กลวงลำต้นมีสีน้ำตาลมีการออกดอกเล็กน้อย อายุเก็บเกี่ยว 12 -13 เดือน ให้ผลผลิตน้ำหนัก 15 ตันต่อไร่ และค่าความหวาน 12-14 ซีซีเอส การไว้ต่อได้มากกว่าต่อ ตัดเข้าหีบตั้งแต่กลางเดือนมกราคม หรือเรียกว่าช่วงต้นหีบ

2.2 พันธุ์ KK3 (ขอนแก่น 3) เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและเปอร์เซ็นต์น้ำตาล (ความหวาน) สูงไม่ออกดอกทำให้ความหวานและน้ำหนักในช่วงฤดูหีบอ้อยไม่ลด กาบใบหลวม หลุดง่าย ทำให้สามารถตัดอ้อยสดได้ เกษตรกรยอมรับว่าแตกกอดี ใบคลุมพื้นเร็วทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืช ตัดง่ายโยกง่าย ไม่ล้มแม้โดนลมโยกแรงๆ ผลผลิตต่อไร่ อ้อยปลูกจะเฉลี่ยประมาณ 18 ตันต่อไร่ และอ้อยต่อประมาณ 16 ตันต่อไร่ ค่าความหวาน อ้อยปลูก 14.6 ซีซีเอส และอ้อยต่อ 15.8 ซีซีเอส ขณะที่ยังเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์นี้โดยเฉลี่ยประมาณ 12 เดือน

2.3 พันธุ์ K88-92 ผลผลิตอ้อย 15 ตันต่อไร่ ค่าความหวาน 12-15 ซีซีเอส การแตกกอปานกลางไว้ต่อได้ดี ไม่ออกดอก ลำต้นมีสีเขียวเข้ม ทนแล้งได้ดี เน้นพื้นที่ดินทราย หรือพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อความแห้ง

แล้ง หรือพื้นที่ดินดีแต่ไม่มีน้ำเสริม หรือมีความแห้งแล้ง และตัดเข้าหีบในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคมหรือเรียกว่าช่วงปลายหีบ

3. สภาพดิน

เนื้อดินหมายถึงสัดส่วนโดยน้ำหนักของอนุภาคอินทรีย์วัตถุส่วนที่เป็นของแข็งในดิน ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร เมื่ออนุภาคดินมีสัดส่วนสัมพันธ์ต่างๆจะได้เนื้อดินซึ่งได้แก่ อนุภาคขนาดทราย (Sand) ขนาดดินร่วน (Loam) และขนาดดินเหนียว (Clay) อนุภาคทั้งสามขนาดเมื่อเข้าไปในสัดส่วนสัมพันธ์ต่างๆจะได้ลักษณะเนื้อดิน (มุกดา, 2544) ดังนี้

3.1 ดินทราย (Sand) เมื่อสัมผัสจะรู้สึกสากมือมาก สังเกตได้ว่าอนุภาคดินไม่มีเกาะติดกันจะเห็นอยู่เป็นเม็ดๆ เมื่อแห้งถ้าเป็นก้อนพอจับขึ้นมาจะแตกออกจากกัน ถ้าดินชื้นใส่ลงในฝ่ามือและกำให้แน่นเสร็จแล้วปล่อยมือออก ดินจะแตกออกจากกัน ไม่จับกันเป็นก้อน หรือจับเป็นก้อนแต่หลวมมาก

3.2 ดินร่วน (Loam) เมื่อสัมผัสดินขณะชื้นจะรู้สึกนุ่มมือ แต่ยังรู้สึกสากมืออยู่บ้างเล็กน้อย เป็นลักษณะของดินทรายละเอียด เมื่อแห้งจะจับกันเป็นก้อนแข็งพอประมาณ ต้องใช้แรงกดมากพอประมาณ จึงจะทำให้ดินแตกออกจากกัน หรือถ้าทำให้ดินชื้น เมื่อใส่ลงในฝ่ามือ กำให้แน่นแล้วปล่อยมือออกดินจะจับกันเป็นก้อนไม่แตกออกจากกัน

3.3 ดินเหนียว (Clay) เมื่อแห้งดินจะแตกออกเป็นก้อนแข็งมาก จะยืดหยุ่นและเหนียวมากเมื่อเปียก เมื่อดินชื้นเวลาบีบด้วยหัวแม่มือกับนิ้ว จะทำให้เป็นแผ่นบางๆและยาวได้และไม่หักออกจากกัน

4. ระบบบ่งชี้อัตโนมัติ

เป็นเทคโนโลยีช่วยให้อุปกรณ์เครื่องมือสามารถบ่งบอกข้อมูลเกี่ยวกับคน สัตว์ หรือสิ่งของโดยอัตโนมัติ โดยอาศัยการอ่านค่าข้อมูลอัตโนมัติผ่านทางรหัสบาร์โค้ด, บาร์โค้ด 2 มิติ, Global Positioning System (GPS), Radio Frequency Identification (RFID), ระบบลายพิมพ์นิ้วมือ, ระบบการจำเสียง, และปรีนเรติล ในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้ระบบบาร์โค้ด, Global Positioning System (GPS), และ Radio Frequency Identification (RFID) เนื่องจากใช้กันอย่างแพร่หลายในกิจกรรมโลจิสติกส์และเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในภาคสนาม (ค่านาย, 2548) ดังนี้

4.1 ระบบบาร์โค้ด (Barcode) เทคโนโลยีบาร์โค้ดเป็นการให้บริการสำหรับคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการและจัดเก็บข้อมูลประเภทต่างๆ ของระบบการระบุสำหรับการผลิต เทคโนโลยีบาร์โค้ดเป็นระบบของการติดฉลากบนวัตถุ โดยมีพื้นที่สีขาวและสีดำบนแท็บซึ่งจะเป็นตัวจุดแสงจากเครื่องอ่านและสะท้อนกลับไปยังเครื่องอ่านบาร์โค้ด ในการสะท้อนกลับของแสงต้องมีคุณภาพประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ของแสงสะท้อน เครื่องอ่านถึงจะสามารถแสดงผลของข้อมูลได้ เทคโนโลยีบาร์โค้ดเป็นระบบที่บันทึกข้อมูลลงในแถบขาวดำเพื่อให้เครื่องอ่านบาร์โค้ดสามารถอ่านได้ถูกต้อง แถบบาร์โค้ดต้องไม่ฉีกขาด สกปรก (Sriram et al, 2006) บาร์โค้ดได้รับการใช้กันอย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจำนวนมากสำหรับการระบุอัตโนมัติในการเก็บข้อมูลและวัตถุประสงค์ของการควบคุมสินค้าคงคลัง อย่างไรก็ตามในร้านค้าจำนวนมาก เครื่องอ่านบาร์โค้ดเลเซอร์ที่ใช้ในการเช็คเอาท์เตอร์ มีข้อจำกัด ที่สำคัญคือจะใช้ได้ผลเมื่อระยะทางระหว่างเลเซอร์เครื่องอ่าน (เซ็นเซอร์) และฉลากที่อยู่ใกล้กันเท่านั้น ซึ่งอาจส่งผลในความไม่สะดวกในการตรวจสอบอัตโนมัติหรือในการจัดเก็บ (Sherin M. Youssef and Rana M. Salem, 2007)

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบาร์โค้ดในกระบวนการโลจิสติกส์และการจัดการคลังสินค้าได้ทำกันอย่างแพร่หลายในธุรกิจค้าขายขนาดใหญ่และขนาดย่อยทั่วไปโดยให้ความสำคัญกับการระบุบาร์โค้ดเข้าไปในตัวสินค้า เพื่อสะดวกในการตรวจสอบการจัดเก็บและการนำออกจากคลังสินค้า และโดยหลักการนี้ก็สามารถที่จะประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบาร์โค้ดกับการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยมายังโรงงานน้ำตาลได้ เมื่อเปรียบเทียบแปลง

อ้อยของเกษตรกรเป็นสินค้าในคลังที่จะต้องจ่ายให้กับโรงงานน้ำตาล ปกติเกษตรกรแต่ละรายจะมีแปลงอ้อยอยู่หลายแปลงยากต่อการติดตามกิจกรรมต่างๆในแปลงอ้อยทั้งหมด ดังนั้นการนำระบบบาร์โค้ดมาใช้เพื่อบันทึกกิจกรรมของแปลงและผลผลิตอ้อยในแต่ละแปลงที่เกษตรกรตัดเข้าโรงงานน้ำตาล จึงเป็นสิ่งที่มีความประโยชน์มาก (Sun Hong-ying, 2009)

4.2 ระบบคลื่นความถี่วิทยุ (RFID) เป็นระบบตัวชี้วัดที่ใช้กันมากในการซื้อขายและการเคลื่อนย้ายสินค้าจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ในกระบวนการจัดส่งและติดตามสินค้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งสินค้าอุตสาหกรรม โดยทั่วไปได้ใช้ระบบบาร์โค้ดและระบบ RFID ทั้งสองชนิดที่เกี่ยวกับการระบุตัวตน เก็บข้อมูลของสินค้า และใช้อ่านรายละเอียดต่างๆถึงแม้เทคโนโลยีทั้งสองชนิดดังกล่าวจะตอบสนองในฟังก์ชันเดียวกัน แต่ก็มีความสำคัญแตกต่างกัน โดยการใช้บาร์โค้ดต้องขึ้นอยู่กับวัสดุสิ่งพิมพ์ เช่นกระดาษและไวเนียล และต้องวางไว้กับสินค้า ลักษณะการอ่านจะใช้เครื่องอ่าน และสภาพการอ่านนั้นจะถูกจำกัดอยู่ที่ความสูง 10-15 ฟุต การอ่านข้อมูลผิดพลาดอาจเกิดจากการไม่ชัดเจนหรือบิดเบี้ยว นอกจากนี้การเก็บรักษาสแกนบาร์โค้ดที่ไม่ดีพอ ข้อมูลอาจเกิดความเสียหายได้ ในกรณีที่ใช้ระบบ RFID นั้นจะใช้คลื่นวิทยุอ่านข้อมูลจากป้ายข้อมูลได้แบบไร้สัมผัสและสามารถอ่านข้อมูลได้ในระยะไกลไม่ต้องอยู่ในแนวเส้นตรงหรือในสภาพที่มีทัศนวิสัยเลว (Ghrist,2008)

(อภิวิชญ์และสมจิตร, 2552) ได้ศึกษาการใช้ RFID ในการจัดการรถบรรทุกหุ้มม้านำปะหลังสดเข้าสู่โรงงาน การจัดการคิวรถรอเข้าซังน้ำหนักรพบว่า ระบบที่พัฒนาโดยใช้ RFID สามารถลดระยะเวลาในกระบวนการจัดซื้อวัตถุดิบ ลดจำนวนและภาระของพนักงานในการปฏิบัติงานและสามารถพัฒนาระบบสารสนเทศให้สามารถเชื่อมโยงแบบ Real Time เพื่อควบคุมคุณภาพและต้นทุนการผลิตให้สามารถแข่งขันทั้งภายในและภายนอกประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจสรุปได้ว่าการนำ RFID มาใช้แทนการคีย์ข้อมูลด้วยคนสามารถลดข้อผิดพลาดเนื่องจากตัวคนและเพิ่มความรวดเร็วในการปฏิบัติงาน

(สมจิตรและคณะ,2552) ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID กับข้าวหอมมะลิ ได้นำเสนอถึงกระบวนการออกแบบซอฟต์แวร์ เพื่อการตรวจสอบย้อนกลับข้าวหอมมะลิในห่วงโซ่อุปทานข้าวหอมมะลิจะทำให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดความเชื่อมั่นในความปลอดภัยของอาหาร จากการศึกษาพบว่า ได้มีการออกแบบระบบเพื่อการพัฒนาซอฟต์แวร์โดยอ้างอิงจากมาตรฐานสากล ซึ่งจะมีข้อดีคือ หากซอฟต์แวร์ใดก็ตามที่พัฒนาบนมาตรฐานเดียวกัน จะสามารถบูรณาการการทำงานเข้าด้วยกันได้ทั้งสองส่วนแล้วทำการค้นหาความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันในระบบฐานข้อมูล ซึ่งอาศัยโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนระบบจัดการข้อมูล ส่วนสืบค้นข้อมูล และส่วนสำหรับตรวจสอบการนำเข้าและส่งออกสินค้าจากหลักการนี้สามารถนำมาใช้ในการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตและเก็บเกี่ยวพืชในไร่นาได้ (จารุณี, 2551)

4.3 ระบบระบุพิกัดพื้นโลก (Global Positioning System: GPS)

ระบบระบุพิกัดพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) คือ ระบบบอกพิกัดหรือระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ซึ่งมีหลักการทำงานของเครื่อง GPS คือการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่อง GPS ซึ่งจะต้องใช้ระยะทางจากดาวเทียมอย่างต่ำ 3 ดวง เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แน่นอน ซึ่งเมื่อเครื่อง GPS สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 3 ดวงขึ้นไปแล้ว จะมีการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมถึงเครื่อง GPS โดยจากสูตรคำนวณทางฟิสิกส์ คือ ระยะทาง = ความเร็ว X เวลา โดยดาวเทียมทั้ง 3 ดวง จะส่งสัญญาณที่เหมือนกันมายังเครื่อง GPS ซึ่งความถูกต้องแม่นยำของตำแหน่งก็ขึ้นอยู่กับเครื่อง GPS ด้วย กล่าวคือมีความแม่นยำในระดับบวก/ลบ 10 เมตร ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตในพื้นที่กว้างโดยใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยวผลผลิตทำให้ได้ผลผลิตที่ได้ต่างจากที่เป็นจริง ดังนั้นจึงได้มีการนำระบบระบุพิกัดพื้นโลกมาใช้ เพื่อวัดพื้นที่และระยะทางที่ใช้ทดสอบในภาคสนามโดยติดไว้ที่ส่วนหัวของเครื่องจักรแล้วติดเซ็นเซอร์ไว้ที่ปลายของเครื่องจักรเพื่อวัดพื้นที่ที่

เก็บเกี่ยวผลผลิต(Chunjiang et al, 2010) ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้วัดพื้นที่ของเกษตรกรตัดอ้อยส่งโรงงานว่าเป็นพื้นที่ไร่แล้วนำมาคำนวณผลผลิตต่อไร่ต่อไป

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. แบ่งกลุ่มตัวอย่างในการประเมินผลผลิตอ้อย พันธุ์ LK92-11, KK3 และ K88-92 ในสภาพการณ์ต่างๆของเกษตรกรคู่สัญญา ดังนี้

- 1) พันธุ์ LK 92-11- อ้อยน้ำราด – แปลงดินเหนียว/ดินร่วนเหนียว
- 2) พันธุ์ LK 92-11- อ้อยน้ำราด – แปลงดินทราย/ดินร่วนทราย
- 3) พันธุ์ LK 92-11- อ้อยปลายฝน – แปลงดินเหนียว/ดินร่วนเหนียว
- 4) พันธุ์ LK 92-11- อ้อยปลายฝน – แปลงดินทราย/ดินร่วนทราย
- 5) พันธุ์ LK 92-11- อ้อยตอปี1 – แปลงดินเหนียว/ดินร่วนเหนียว
- 6) พันธุ์ LK 92-11- อ้อยตอปี1 – แปลงดินทราย/ดินร่วนทราย
- 7) พันธุ์ KK3- อ้อยน้ำราด – แปลงดินเหนียว/ดินร่วนเหนียว
- 8) พันธุ์ KK3- อ้อยน้ำราด – แปลงดินทราย/ดินร่วนทราย
- 9) พันธุ์ KK3- อ้อยปลายฝน – แปลงดินเหนียว/ดินร่วนเหนียว
- 10) พันธุ์ KK3- อ้อยปลายฝน – แปลงดินทราย/ดินร่วนทราย
- 11) พันธุ์ KK3- อ้อยตอปี1 – แปลงดินเหนียว/ดินร่วนเหนียว
- 12) พันธุ์ KK3- อ้อยตอปี1 – แปลงดินทราย/ดินร่วนทราย
- 13) พันธุ์ K88-92 - อ้อยน้ำราด – แปลงดินเหนียว/ดินร่วนเหนียว
- 14) พันธุ์ K88-92 - อ้อยตอปี1 – แปลงดินเหนียว/ดินร่วนเหนียว
- 15) พันธุ์ K88-92 - อ้อยตอปี1 – แปลงดินทราย/ดินร่วนทราย

อ้อยพันธุ์ K88-92 เป็นพันธุ์ที่ทางโรงงานน้ำตาลส่งเสริมให้ชาวไร่ปลูกเป็นระยะเวลายาวนานทำให้อ้อยพันธุ์ K88-92 มีชาวไร่ปลูกเพราะชาวไร่ได้เปลี่ยนไปปลูกอ้อยพันธุ์ LK 92-11 และ พันธุ์ KK3 กันมากขึ้น จึงทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างไม่ครบตามต้องการ

2. เก็บข้อมูลโดยใช้ระบบตัวชี้วัดอัตโนมัติระบุข้อมูลของแปลงอ้อยดังนี้

- 1) Barcode ใช้ระบุข้อมูล หมายเลขแปลงและหมายเลขโคกดำชาวไร่
- 2) RFID ใช้ระบุข้อมูลหมายเลขทะเบียนรถ, หมายเลขคิว, หมายเลขโคกดำชาวไร่
- 3) GPS ใช้ระบุข้อมูลจำนวนพื้นที่ของแปลงอ้อย, ที่ตั้งแปลง, ประเภทการปลูกอ้อย, ประเภท

ดิน และพันธุ์อ้อย

ข้อมูลในการประเมินผลผลิตและความหวานของอ้อยในแต่ละทรีทเมนต์ แต่ละซ้ำและแต่ละช่วงเวลา จะเก็บรวบรวมเป็นหมวดหมู่ดังนี้

- 1) น้ำหนักสดของอ้อยในแต่ละคันรถ/แปลง ที่ข้างหน้าโรงงานน้ำตาลก่อนส่งเข้าหีบ
- 2) ขนาดพื้นที่ในแปลงที่เก็บเกี่ยวอ้อยในข้อ 1
- 3) ขนาดพื้นที่ของแปลงที่ยังเก็บเกี่ยวอ้อยไม่หมด

ตารางที่ 1: ตารางตัวอย่างการเก็บข้อมูลเกษตรกรคู่สัญญากลุ่มตัวอย่างตัดอ้อยส่งตรงโรงงานน้ำตาลมิตรผลภูเขียวเขตส่งเสริมที่ 4 ประจำเดือน ธันวาคมถึงมกราคม ประจำปีการผลิต 54/55

| พริทเมนต์ | ฐำ | หมายเลข แปลง | พื้นที่ (ไร่) | เที่ยวที่ 1 | เที่ยวที่ 2 | น.น.รวม (ตัน) | น.น.เฉลี่ย (ตัน/ไร่) |
|-----------|----|-----------------|------------------|-------------|-------------|------------------|-------------------------|
| | | | | น.น. (ตัน) | น.น. (ตัน) | | |
| 1 | 1 | 104388090 | 3.29 | 22.06 | 21.58 | 43.64 | 13.25 |
| 1 | 2 | 104227201 | 3.35 | 23.77 | 21.56 | 45.33 | 13.54 |
| 2 | 1 | 104252205 | 2.45 | 15.03 | 20.85 | 35.88 | 14.65 |
| 2 | 2 | 104368042 | 3.18 | 21.46 | 23.64 | 45.10 | 14.20 |
| 3 | 1 | 104336007 | 2.19 | 14.86 | 14.79 | 29.65 | 13.55 |
| 3 | 2 | 104338020 | 3.55 | 22.38 | 23.57 | 45.95 | 12.95 |
| 4 | 1 | 104639008 | 1.41 | 10.36 | 10.12 | 20.48 | 14.50 |
| 4 | 2 | 115714010 | 0.80 | 6.1 | 5.33 | 11.43 | 14.34 |
| 5 | 1 | 115958009 | 2.00 | 10.52 | 10.19 | 20.71 | 10.36 |
| 5 | 2 | 116686004 | 2.38 | 13.87 | 13.64 | 27.51 | 11.57 |
| 6 | 1 | 112096037 | 2.20 | 25.39 | | 25.39 | 11.54 |

ตารางที่ 1: ตารางตัวอย่างการเก็บข้อมูลเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างตัดอ้อยส่งตรงโรงงานน้ำตาลมิตรผลภูเขียวเขตส่งเสริมที่ 4 ประจำเดือน ธันวาคมถึงมกราคม ประจำปีการผลิต 54/55 (ต่อ)

| ทริทเมนต์ | ซ้ำ | หมายเลขแปลง | พื้นที่ (ไร่) | เที่ยวที่ 1 | เที่ยวที่ 2 | น.น.รวม (ตัน) | น.น.เฉลี่ย (ตัน/ไร่) |
|-----------|-----|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|----------------------|
| | | | | น.น. (ตัน) | น.น. (ตัน) | | |
| 6 | 2 | 104217061 | 3.77 | 26.55 | 14.8 | 41.35 | 10.98 |
| 7 | 1 | 104398004 | 2.33 | 15.07 | 15.16 | 30.23 | 12.96 |
| 7 | 2 | 104217065 | 5.86 | 34.23 | 45.74 | 79.97 | 13.65 |
| 8 | 1 | 104551031 | 2.14 | 14.27 | 17.36 | 31.63 | 14.75 |
| 8 | 2 | 104338041 | 1.78 | 25.94 | | 25.94 | 14.56 |
| 9 | 1 | 113519009 | 1.55 | 13.24 | 11.28 | 24.52 | 15.80 |
| 9 | 2 | 112573038 | 2.22 | 20.08 | 14.43 | 34.51 | 15.57 |
| 10 | 1 | 104265055 | 3.16 | 19.43 | 25.54 | 44.97 | 14.24 |
| 10 | 2 | 104314011 | 2.00 | 26.49 | 22.37 | 48.86 | 24.43 |
| 11 | 1 | 104315046 | 8.17 | 38.45 | 47.33 | 85.78 | 10.50 |
| 11 | 2 | 104217020 | 6.08 | 32.47 | 32.24 | 64.71 | 10.65 |
| 12 | 1 | 104226050 | 2.92 | 16.31 | 14.42 | 30.73 | 10.54 |
| 12 | 2 | 104315036 | 7.20 | 48.67 | 25.8 | 74.47 | 10.35 |
| 13 | 1 | 104364036 | 2.99 | 29.82 | | 29.82 | 9.98 |
| 13 | 2 | 101771025 | 4.16 | 19.5 | 20.23 | 39.73 | 9.56 |
| 14 | 1 | 104299005 | 2.56 | 17 | 10.02 | 27.02 | 10.57 |
| 14 | 2 | 101771024 | 3.58 | 20.22 | 17.93 | 38.15 | 10.67 |
| 15 | 1 | 104257018 | 1.96 | 18.78 | | 18.78 | 9.57 |
| 15 | 2 | 104338019 | 5.04 | 23.09 | 23.72 | 46.81 | 9.29 |

3. วิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลอง Randomized Complete Block Design (RCBD) ที่มี 15 ทริทเมนต์ 2 ซ้ำ ในการศึกษานี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ต่อเนื่องกัน คือ

1) ใช้ระบบตัวชี้วัดอัตโนมัติ 3 ชนิด คือ Barcode, RFID และ GPS ในการระบุข้อมูลของแปลงอ้อยที่ต้องส่งโรงงาน

2) ประเมินผลผลิตอ้อยจากแปลงที่มีการใช้ระบบตัวชี้วัดระบุข้อมูลในการศึกษา

ข้อมูลในการประเมินผลผลิตอ้อยจะวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Mstac เพื่อหาค่าเฉลี่ยของแต่ละทริทเมนต์และเปรียบเทียบระหว่างทริทเมนต์ในการประเมินผลผลิตและความหวานของอ้อยในแปลงตาม

ทริทเมนต์ที่กำหนดไว้นั้น จะวัดผลผลิตจากน้ำหนักอ้อยแต่ละแปลงจากเครื่องชั่งหน้าโรงหีบและคำนวณเป็นน้ำหนัก ตัน/ไร่ ตามสูตร $Y = \frac{YT}{A}$

โดยที่ Y = น้ำหนักเฉลี่ยของอ้อยในแปลง (ตัน/ไร่)

YT = น้ำหนักรวมของอ้อยในแปลง (ตัน)

A = พื้นที่ในแปลงที่ตัดอ้อย (ไร่)

และเปรียบเทียบผลการวิจัยกับผลการประเมินของโรงงานโดยการคำนวณร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ตามสูตร

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์} = \frac{|x - \bar{x}|}{\bar{x}} \times 100$$

โดยที่ x = น้ำหนักเฉลี่ยของอ้อยในแปลงที่ได้จากการวิจัย (ตัน/ไร่)

\bar{x} = น้ำหนักเฉลี่ยของอ้อยในแปลงที่ได้จากการประเมินของโรงงาน (ตัน/ไร่)

พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จากการประเมินของโรงงานทั้งหมด

ผลการวิจัย

จากการใช้เครื่องมือบ่งชี้อัตโนมัติในการเก็บข้อมูลผลผลิตในปีการผลิต 2554/55 ได้ผลสรุปดังตารางที่ 3 ซึ่งจะเปรียบเทียบให้เห็นผลผลิตอ้อยแต่ละทริทเมนต์ที่ทางโรงงานประเมินไว้กับผลผลิตจริงที่เก็บข้อมูลได้จากการวิจัยและแสดงให้เห็นความคลาดเคลื่อนในการประเมินผลผลิตของโรงงานในรูปแบบร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

ตารางที่ 2: ตาราง ANOVA ผลการวิเคราะห์การประเมินผลผลิตอ้อยน้ำหนักอ้อยด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป
Mstatc

| K Value | Source | Degrees of Freedom | Sum of Squares | Mean Square | F- Value |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-------------|-----------|
| 1 | Replication | 1 | 5.675 | 5.675 | 14.0806 |
| 2 | Factor A | 1 | 0.003 | 0.003 | 0.0075 |
| -3 | Error | 1 | 0.403 | 0.403 | |
| 4 | Factor B | 2 | 63.612 | 31.806 | 11.5926** |
| 6 | AB | 2 | 0.340 | 0.170 | 0.0619 |
| 8 | Factor C | 1 | 3.293 | 3.293 | 1.2002 |
| 10 | AC | 1 | 1.293 | 1.293 | 0.4712 |
| 12 | BC | 2 | 8.199 | 4.100 | 1.4943 |
| 14 | ABC | 2 | 0.858 | 0.429 | 0.1564 |
| -15 | Error | 10 | 27.437 | 2.744 | |
| Total | | 23 | 111.113 | | |

Coefficient of Variation: 12.20%

ตารางที่ 3: เปรียบเทียบผลผลิตอ้อย (ตัน/ไร่) จากการประเมินของโรงงานกับผลผลิตจริงที่นำเข้าสู่โรงงาน

| ทริทเมนต์ | โรงงานประเมิน 54/55 | ผลวิจัย 54/55 | ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ |
|--|---------------------|---------------|-------------------------------|
| 1 | 14 | 13.56 | 3.2448 |
| 2 | 14 | 14.66 | 4.5020 |
| 3 | 13 | 13.64 | 4.6921 |
| 4 | 13 | 14.81 | 12.2215 |
| 5 | 9 | 11.54 | 22.0104 |
| 6 | 9 | 11.77 | 23.5344 |
| 7 | 14 | 13.92 | 0.5747 |
| 8 | 14 | 14.70 | 4.7619 |
| 9 | 14 | 15.81 | 11.4485 |
| 10 | 14 | 14.25 | 1.7544 |
| 11 | 9 | 10.70 | 15.8873 |
| 12 | 9 | 10.51 | 14.3673 |
| 13 | 10 | 9.88 | 1.2146 |
| 14 | 8 | 10.54 | 24.0987 |
| 15 | 8 | 9.24 | 13.4199 |
| เฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนในการประเมินของโรงงาน | | | 10.5155 |

วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาวิเคราะห์ระบบบ่งชี้อัตโนมัติมาใช้ในการประเมินผลผลิตอ้อยเป็นรายแปลงโดยการนำระบบบ่งชี้อัตโนมัติมาใช้บันทึกข้อมูลน้ำหนักอ้อยของเกษตรกรคู่สัญญา พบว่าอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 ประเภท การปลูกแบบน้ำราดและในดินเหนียว ให้ผลผลิตที่ใกล้เคียงกับที่ทางโรงงานประเมินมากที่สุดมีผลความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์คิดเป็นร้อยละ 0.5747 และพบว่าอ้อยพันธุ์ K88-92 ประเภทอ้อยตอปี 1 ปลูกในดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียว ให้ผลผลิตที่ต่างกับที่ทางโรงงานประเมินมากที่สุดมีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์คิดเป็นร้อยละ 24.1136 จากตารางผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าค่าประเมินผลผลิตที่ทางโรงงานคาดการณ์ไว้มีความคลาดเคลื่อนจากค่าผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงเฉลี่ยร้อยละ 10.5155 ดังนั้นเพื่อให้ความแม่นยำในการประเมินจึงจำเป็นต้องใช้ระบบบ่งชี้อัตโนมัติมาใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อการประเมินที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2552). *การปลูกอ้อย*. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์.
 คำนาย อภิปรัชญา. 2548. *การบริหารระบบข้อมูลโลจิสติกส์*. บริษัท โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิง จำกัด, กรุงเทพฯ.
 จารุณี พันธุ์เสื่อทอง. (2551). *การตรวจสอบการนำเข้าและส่งออกสินค้าในคลังสินค้าด้วยเทคโนโลยี RFID กรณีศึกษา บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด สาขา ขอนแก่น*. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- จิรวัดน์ เทอดพิทักษ์พงษ์. (2549). *การประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งชาติ ครั้งที่ 6*. 17-19 สิงหาคม 2549. ณ โรงแรมเบเวอร์ลี่ ฮิลล์ ปาร์ค จังหวัดนครสวรรค์.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. (2544). *ความอุดมสมบูรณ์ของดิน*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์
- สมจิตร อาจอินทร์, วรพจน์ จักขุพันธ์ และบุญวัฒน์ สุริยวงศ, (2552). *ระบบสอยย้อนกลับในห่วงโซ่อุปทานข้าวหอมมะลิโดยการบูรณาการระบบโลจิสติกส์ด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและ RFID*. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อภิวิชญ์ เจษฎาพรพันธุ์และสมจิตร อาจอินทร์. (2552). *ระบบจัดการโลจิสติกส์ภายในโรงงานแป้งมันสำปะหลังด้วย RFID กรณีศึกษา: บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด*. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Chunjiang Zhao ,Wenqian Huang, Liping Chen,Zhijun Meng,Yanji Wang and Feijun Xu. (2010). *A harvest area measurement system based on ultrasonic sensors and DGPS for yield map correction*. Precision Agric 163–180
- John Ghrist. 2008. *System i Barcode and RFID Applications Product Roundup*. SystemiNews. april
- Sherin M. Youssef and Rana M. Salem. (2007). *Automated barcode recognition for smart identification and inspection automation*. Expert Systems with Applications, 33(4), 968-977.
- Sriram, T. Vishwanatha Rao, K. Biswas, S.and Ahmed, B. .(2006). *Applications of barcode technology in automated storage and retrieval systems*. Sensors Journal, 6 (2), 248 – 253.
- Sun Hong-ying. (2009). *The Application of Barcode Technology in Logistics and Warehouse Management*. First International Workshop on Education Technology and Computer Science. Liaoning Provincial college of communications Shenyang, China

การเพิ่มความมั่นคงและประสิทธิภาพของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง
กรณีศึกษา ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดัน 22 KV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย
Increase the stability and performance of distributed system
to supply electricity 22 KV Omnoi PEA

วินัย จินโก้ว, ชนิตา จันทรตรี
Vinai Chengul, Chanida Jantree

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
Department of Engineering Management, Graduate School, South East Asia University
E-mail: nanjank19@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการเพิ่มความมั่นคงและประสิทธิภาพของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง กรณีศึกษา ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดัน 22 KV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ ศึกษา วิธีการ และปรับปรุงระบบจำหน่าย ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจ่ายไฟ และเพิ่มความมั่นคงของระบบจำหน่าย ของสถานี่อ้อมน้อย โดยการประเมินคุณภาพของระบบไฟฟ้าจากการรักษาความถี่ และแรงดันไฟฟ้า ให้อยู่ในระดับมาตรฐานหรือค่าคงที่ และความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า จากการผลิตและส่งไฟฟ้าที่มั่นคง ต่อเนื่อง มีโอกาสหรือความเสี่ยงที่จะเกิดไฟฟ้าดับมีน้อยที่สุด ด้วยดัชนีค่าเฉลี่ยความถี่ที่ระบบเกิดไฟฟ้าขัดข้อง (System Average Interruption Frequency Index: SAIFI) และค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ระบบเกิดไฟฟ้าขัดข้อง (System Average Interruption Duration Index: SAIDI) การศึกษา วิเคราะห์ ครั้งนี้ได้ปรับปรุงระบบจำหน่ายด้วยการติดตั้งอุปกรณ์สวิตซ์ตัดตอนในระบบสายส่ง และปรับปรุงระบบจำหน่ายให้มีลักษณะการจ่ายไฟระบบเดิมแบบวงรอบเปิดเป็นแบบวงรอบปิด ผลการศึกษาพบว่าเหตุการณ์ไฟฟ้าดับหรือกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ระบบจำหน่ายจะสามารถถ่ายเทโหลดไปยังระบบจำหน่ายวงจรการจ่ายไฟใกล้เคียงได้ อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาของไฟฟ้าดับนานได้ด้วยการเปรียบเทียบข้อมูลในปี 2553 และปี 2554 พบว่าค่าดัชนีความเชื่อถือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อยในส่วนของ SAIDI สามารถลดระยะเวลาไฟฟ้าดับได้ถึง 31.66% ทำให้ระบบการจ่ายไฟของสถานี่อ้อมน้อยมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

คำสำคัญ: ความมั่นคงและประสิทธิภาพของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง การปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง

ABSTRACT

This paper proposes the increment of the stability and performance of the high-voltage distributed system: a case study of the 22 KV Omnoi Provincial Electricity Authority (PEA) distributed system. The objectives are to study and improve the distributed system to gain higher performance and stability. The system performance and stability can be evaluated by regulating the frequency from distribution to transmission with sustainable stability to minimize the risk of system fault problems. Performance indexes of the study are the system average interruption index (SAIFI) and the system average interruption duration

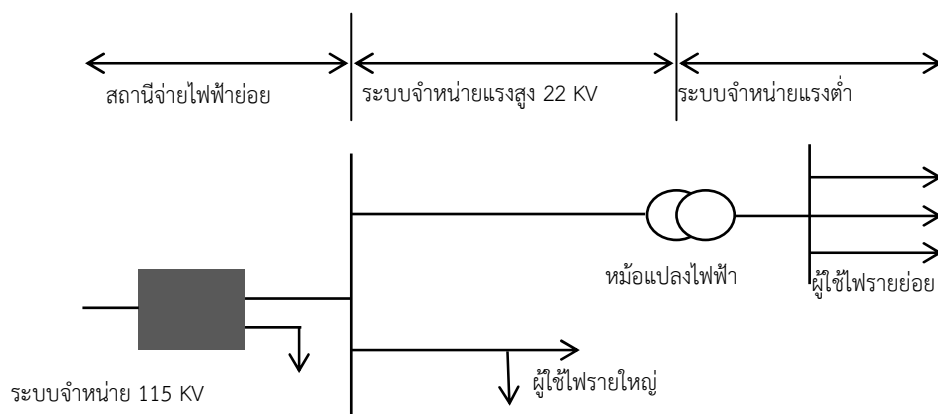
(SAIDI). This study and analysis can improve the system by installing the switching devices into such the system. The distributed system employs the closed-loop operation instead of open-loop one. As results, it was found that the proposed system can operate and solve the fault problems in the system by transferring load to other neighbor system in network. This can decrease the shut-downing time of the system. By comparison with data of 2010 and 2011, it was noticed that the SAIDI of Omnoi PEA can reduce the shut-downing time of 31.66% and can be concluded that the stability and performance of the distributed system can be improved by the proposed technique.

Keywords: Increase the stability and performance of distributed system, Improve the distributed system

บทนำ

ไฟฟ้าเป็นสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตประจำวันและเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน นอกจากนี้พลังงานไฟฟ้ายังมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการขับเคลื่อนและพัฒนาประเทศทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และมีส่วนในการสร้างความเจริญให้กับท้องถิ่นตอบสนองความต้องการของประชาชน ส่งเสริมการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ โดยเฉพาะการเจริญเติบโตทางด้านอุตสาหกรรมที่กำลังขยายตัวส่งผลให้มีปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นซึ่งนอกจากความต้องการด้านพลังงานที่เพิ่มมากขึ้นแล้ว คุณภาพและความมั่นคงทางไฟฟ้าที่ดียังเป็นส่วนสำคัญอีกประการหนึ่ง ที่ผู้ประกอบการธุรกิจและอุตสาหกรรมต้องการ ทำให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ต้องรับภาระในการจ่ายไฟให้เพียงพอต่อความต้องการอีกทั้งยังต้องคำนึงถึงเสถียรภาพในการจ่ายไฟเพื่อรองรับโหลดที่เพิ่มมากขึ้นด้วย

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขนาดแรงดัน 22 KV จะเป็นระบบที่ต่อเชื่อมระหว่างสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคไปยังระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ โดยมีหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ลดแรงดันให้มีขนาดแรงดันที่สามารถใช้งานกับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ได้ แล้วจำหน่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าย่อย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณหมู่บ้านหรือชุมชนต่าง ๆ ที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่มากนัก แต่ถ้าหากเป็นหน่วยงานหรือสถานประกอบการที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากก็จะรับพลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูงขนาดแรงดัน 22 KV โดยตรงที่มาจากสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: โครงสร้างของระบบจำหน่ายแรงดัน 22 KV

ระบบจำหน่ายสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่เป็นแบบระบบเปิด (Radial System หรือ Open Loop System) เป็นการจ่ายไฟออกจากแหล่งจ่ายไฟไปยังผู้ใช้ไฟผ่านอุปกรณ์ป้องกันเพียงด้านเดียว ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้องขึ้นในระบบจำหน่ายหรือสายส่ง จะทำให้ผู้ใช้ไฟที่รับไฟในระบบจำหน่าย จะเกิดไฟฟ้าดับทั้งหมดซึ่งในการแก้ไขบางกรณีจำเป็นต้องใช้เวลาในการสำรวจและแก้ไขจุดเกิดเหตุจน ส่งผลให้เกิดไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้าง ทำให้ผู้ใช้ไฟส่วนที่ไม่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับโดยตรงต้องมี ไฟฟ้าดับเป็นระยะเวลาอันยาวนานไปด้วย

2. ค่ามาตรฐานของความมั่นคงและความเชื่อถือได้ในการจ่ายไฟที่ต้องการ (Desirable Standard of Reliability)

ความมั่นคงในการจ่ายกระแสไฟฟ้าของระบบจำหน่ายเป็นสิ่งที่การไฟฟ้าทั้ง 3 หน่วยงานคือการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะเป็นเครื่องชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการให้บริการในด้านการจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ดีเพียงใด วิธีที่จะหาค่ามาตรฐานของความมั่นคงและความเชื่อถือได้ในการจ่ายไฟที่ต้องการ อาจกระทำได้ 3 วิธี คือ

2.1 โดยการประเมินปฏิกิริยาของผู้ใช้ไฟที่มีต่อภาวะต่าง ๆ ที่จัดได้ว่าไม่มีความมั่นคงในการจ่ายไฟที่เกิดขึ้นทั้งในอดีตและปัจจุบัน และนำประสบการณ์เหล่านี้มากำหนดมาตรฐานที่คิดว่าผู้ใช้ไฟมีความพอใจพอสมควร

2.2 ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายที่ผู้ใช้ไฟต้องสูญเสียในระยะยาว อันเนื่องจากการจ่ายไฟที่ไม่สมบูรณ์และหาทางแก้ปัญหา โดยพิจารณาการลงทุนเพิ่ม เพื่อให้การจ่ายไฟมีความมั่นคงและความเชื่อถือได้สูงให้สมดุลกับการลดลงของความสูญเสียเนื่องจากการขัดข้องของการจ่ายไฟ

2.3 พิจารณาลักษณะการออกแบบระบบจ่ายไฟที่แตกต่างกัน เช่น ระบบที่มีระบบจ่ายไฟมากกว่าหนึ่งวงจร ระบบที่เลือกระบบจ่ายไฟอื่นแทนได้ พิจารณาการจ่ายไฟแต่ละแบบมีผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟประเภทต่างๆ อย่างไรบ้าง ข้อมูลที่นำมาพิจารณา ได้แก่จำนวนผู้ใช้ไฟที่เดือดร้อนในเหตุการณ์แต่ละครั้ง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ผลประโยชน์ที่ผู้ใช้ไฟแต่ละรายได้รับเปรียบเทียบกับต้นทุนของแต่ละแบบ แล้วใช้ดุลยพินิจในการหาลักษณะการออกแบบที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้ไฟแต่ละประเภท

3. ความหมายของคุณภาพและระดับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

3.1 คุณภาพของระบบไฟฟ้าหมายถึงการรักษาความถี่ และแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับมาตรฐาน ค่าของคุณภาพไฟฟ้าต้องพยายามรักษาให้อยู่ในระดับค่าคงที่ สำหรับในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กองอุปกรณ์ป้องกัน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้กำหนดมาตรฐานของคุณภาพ 50 Hz มีการเปลี่ยนแปลงไม่เกินสูงกว่าหรือต่ำกว่าไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ ระดับแรงดันไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าจ่ายจะควบคุมให้มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นหรือต่ำลงไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันที่ระบุ (22KV, 33KV, 69KV หรือ 115KV)

3.2 ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า หมายถึงว่าการผลิตและส่งไฟฟ้าจะต้องเป็นไปอย่างมั่นคงต่อเนื่องโดยโอกาสหรือความเสี่ยงที่จะเกิดไฟฟ้าดับมีน้อยที่สุด ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะใช้ค่าดัชนี ค่าเฉลี่ยความถี่ที่ระบบเกิดไฟฟ้าขัดข้อง (System Average Interruption Frequency Index: SAIFI) และค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ระบบเกิดไฟฟ้าขัดข้อง (System Average Interruption Duration Index: SAIDI)

การศึกษาวิธี และปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดัน 22 KV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอันน้อยโดยการประยุกต์ใช้ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า และค่าเสียโอกาสในการจ่ายไฟ เป็นการเพิ่มความมั่นคงและประสิทธิภาพในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น ทั้งยังเป็นการลดความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ และเพิ่มความน่าเชื่อถือได้ให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเป็นการวิเคราะห์ ศึกษาวิธีการและปรับปรุงระบบจำหน่ายโดยการประยุกต์ใช้ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าและค่าเสียโอกาสในการจ่ายไฟ
2. เพื่อเป็นการเพิ่มความมั่นคงของระบบจำหน่ายและทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า มีประสิทธิภาพในการจ่ายกระแสไฟมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่การศึกษา

พื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้พื้นที่สภาพการจ่ายไฟของสายส่งกำลังไฟฟ้าระบบ 22 KV ในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย ซึ่งเป็นพื้นที่ย่านอุตสาหกรรม เขตภาคกลาง และพื้นที่การจ่ายไฟของสถานีอ้อมใหญ่ 2 ซึ่งพื้นที่บางส่วนที่อยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย ปัจจุบันมีการจ่ายไฟแบบวงรอบเปิด และวงรอบปิด บางส่วนที่เชื่อมโยงสถานีอ้อมน้อย 1 สถานีอ้อมน้อย 3 สถานีอ้อมใหญ่ 1 สถานีอ้อมใหญ่ 4 สถานีศาลายา 1 และสถานีพุทธมณฑล 2 เป็นต้น

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลทั่วไปในด้านทางเทคนิค ราคาค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ ค่าติดตั้งรวมทั้งกระบวนการในการปรับปรุงสายส่งบางช่วงเพื่อรองรับการติดตั้งอุปกรณ์ตัดตอนให้เป็นแบบวงรอบปิดโดยการเก็บข้อมูลสามารถเก็บได้จากแผนและ ผลการดำเนินงาน รวมถึงเอกสารการรายงาน และคู่มือปฏิบัติต่างๆ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย ดังนี้

- 1) รายงานกระแสไฟฟ้าขัดข้องและการเบี่ยงเวลา
- 2) รายงานโหลดการจ่ายกระแสไฟฟ้าของสถานีจ่ายไฟ
- 3) รายงานการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันในสถานีจ่ายกระแสไฟฟ้า
- 4) รายงานดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และSAIDI
- 5) รายงานผลจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าและรายได้จากการเก็บค่ากระแสไฟฟ้า

2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลของสภาพจ่ายไฟของระบบสายส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (แรงดัน 22 KV) ของสถานีอ้อมน้อย และสถานีใกล้เคียง ในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย เขต 3 ภาคกลาง จ.นครปฐม ที่สามารถปรับปรุงระบบการจ่ายไฟให้เป็นแบบวงรอบปิดได้

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการติดตั้งอุปกรณ์สวิตช์ตัดตอนจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์เชิงพรรณนา และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ กล่าวคือ

3.1 การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) เป็นการอธิบายถึงสภาพของปัญหาที่เกิดขึ้นกับการใช้งานระบบสายส่งกำลังไฟฟ้า รวมทั้งอธิบายให้เห็น ถึงข้อดีข้อเสียในการติดตั้งอุปกรณ์สวิตช์ตัดตอนในระบบสายส่ง 22 KV

3.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Method) แบ่งออกเป็นดังนี้

1) การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า (Power Flow Analysis) ทั้งก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์สวิตช์ตัดตอน เพื่อหาผลต่างของค่าความสูญเสียภายในสายส่งกำลังไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณหาผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการติดตั้งอุปกรณ์สวิตช์ตัดตอนในระบบจำหน่าย

2) การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า (Reliability Analysis) จะนำสถิติการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าของพื้นที่ที่ศึกษา มาคำนวณหาค่าอัตราการขัดข้อง (λ) ระยะเวลาในการแก้ไขปัญหาซ่อมแซม (r) ของสายส่ง 22 KV หลังจากการติดตั้งอุปกรณ์สวิตช์ตัดตอนในระบบให้เป็นแบบวงรอบปิดแล้ว

4. การคำนวณตำแหน่งการติดตั้งสวิตช์ตัดตอนในระบบจำหน่าย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากการพิจารณาระดับโหลด ซึ่งบทความนี้จะทำการพิจารณาระดับของโหลดใน 2 ลักษณะ คือ ลักษณะโหลดเฉลี่ย และลักษณะโหลดสูงสุดของการจ่ายไฟในวงจรการจ่ายไฟของสถานีอ้อมใหญ่ 2

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาการเกิดฟอลต์ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอุปกรณ์ส่วนต่าง ๆ ของระบบไม่ว่าจะเป็นที่สายป้อนหรือหม้อแปลงไฟฟ้าที่จุดโหลด ซึ่งอัตราความล้มเหลวก็จะแตกต่างกันออกไปตามสาเหตุที่เกิดฟอลต์เช่น เกิดฟอลต์ที่สายป้อนอัตราความล้มเหลวของสายป้อนก็จะขึ้นอยู่กับความยาวของสายป้อน ถ้าเกิดฟอลต์ที่หม้อแปลงอัตราความล้มเหลวก็จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหม้อแปลงไฟฟ้านั้น ๆ

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดที่ได้รับผลกระทบในช่วงระยะเวลาเหตุการณ์ที่เกิดไฟฟ้าดับ โดยพิจารณาจากโครงสร้างการต่อวงจรของระบบ, ตำแหน่งของอุปกรณ์ป้องกัน (ฟิวส์) และอุปกรณ์ตัดตอน (สวิตช์ตัดตอน)

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับที่จุดโหลดที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากเหตุการณ์ที่เกิดฟอลต์ ซึ่งระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับจะขึ้นอยู่กับว่าจะใช้วิธีการใดในการแก้ไขปัญหาในส่วนที่เกิดฟอลต์ เช่น ซ่อมแซมส่วนที่เกิดฟอลต์, การสับสวิตช์ตัดตอนแยกส่วนที่เกิดฟอลต์ออกจากระบบ, การเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เกิดฟอลต์ อุปกรณ์ป้องกันแยกส่วนที่เกิดฟอลต์ และการจ่ายไฟฟ้าสำรองจากสายป้อนอื่น ซึ่งแต่ละวิธีการจะมีช่วงเวลาทำการปฏิบัติงานแตกต่างกันออกไป

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อได้เวลาที่ผู้ใช้ไฟฟ้าเกิดไฟดับแล้วนำเวลาที่ได้มาคิดเป็นมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละราย โดยมูลค่าความเสียหายจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับ และชนิดของผู้ใช้ไฟฟ้า ที่จะทำให้มูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายแตกต่างกันออกไป

ขั้นตอนที่ 6 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาจุดและตำแหน่งของสวิตช์ตัดตอนที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าเมื่อเกิดไฟฟ้าดับและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสวิตช์ตัดตอน

5. การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Installation Cost)

การลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ตัดตอนในระบบจำหน่าย จะพิจารณาจากราคาของอุปกรณ์ตัดตอนจำนวนของอุปกรณ์ตัดตอน และคุณสมบัติของอุปกรณ์จะต้องได้มาตรฐานตามข้อกำหนดของ กฟภ. ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้มีอยู่ 2 ประเภทคือ แบบสวิตช์ใบมีด (Disconnecting Switch) และแบบโหลดเบรกสวิตช์ (SF 6 Switch) เมื่อเปรียบเทียบการลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ตัดตอนทั้ง 2 ประเภท มีรายละเอียดดังนี้

อุปกรณ์ตัดตอน แบบสวิตช์ใบมีด มีค่าใช้จ่ายราคาชุดละ 16,800 บาท จะมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 2% ของค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่อปี สวิตช์ตัดตอนแต่ละตัวจะมีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี

อุปกรณ์ตัดตอน แบบโหลดเบรกสวิตช์ มีราคาค่าใช้จ่ายชุดละ 86,850 บาท ไม่มีค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา รายปี มีอายุการใช้งานประมาณ 30 ปี มีราคาขายเป็นทรัพย์สินเมื่อหมดอายุใช้งานประมาณ 20,000 บาท

| รายละเอียด | ประเภทอุปกรณ์ตัดตอน | |
|--|---------------------|---------------------|
| | แบบใบมีด | แบบโหลดเบรกสวิตช์ |
| จำนวนเงินลงทุน (บาท) | 319,200 | 1,650,150 |
| อายุการใช้งาน (ปี) | 20 | 30 |
| ราคาขายเป็นทรัพย์สินเมื่อหมดอายุใช้งาน (บาท) | - | 20,000 |
| ค่าบำรุงรักษาประจำปี (บาท) | 6,384 | - |
| มูลค่าเทียบเท่าเงินปัจจุบัน | 481,366.40 | 1,814,174.90 |
| มูลค่าเทียบเท่าเงินจ่ายเท่ากันรายปี | 38,894.52 | 143,227.42 |

รูปที่ 2: เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์สวิตช์ตัดตอน

จากการวิเคราะห์ เปรียบเทียบข้อมูลของอุปกรณ์ตัดตอนทั้ง 2 ประเภท พบว่าในการติดตั้งอุปกรณ์ตัดตอนแบบสวิตช์ใบมีด จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ต่ำกว่าการติดตั้งอุปกรณ์ตัดตอนแบบโหลดเบรกสวิตช์ ดังนั้นจึงเลือกใช้อุปกรณ์ตัดตอนแบบใบมีดเป็นอุปกรณ์ตัดตอนในระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดัน 22 KV

ผลและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

ข้อมูลของสถานีจ่ายไฟในพื้นที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย พบว่าสถานีอ้อมใหญ่ 2 มีวงจรจ่ายไฟ 10 วงจร มีสถิติระยะเวลาไฟฟ้าดับนานที่สุด จากการพิจารณาพบว่าระบบจำหน่ายของสายส่ง ส่วนใหญ่เป็นการจ่ายไฟแบบเบรคเดียวหรือวงรอบเปิด บางวงจรการจ่ายไฟไม่สามารถถ่ายเทโหลดไปยังวงจรจ่ายไฟของสถานีใกล้เคียงได้ในช่วงเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ทำให้มีระยะเวลาไฟฟ้าดับนานต้องสำรวจจุดเกิดเหตุและแก้ไขแล้วเสร็จจึงสามารถจ่ายไฟคืนได้ตามปกติ

สภาพการจ่ายไฟของสถานีไฟฟ้าอ้อมใหญ่ 2 ปัจจุบันสามารถวิเคราะห์แนวทางการติดตั้งอุปกรณ์สวิตช์ตัดตอนเพิ่มในระบบจำหน่ายแรงสูงเพื่อเพิ่มความมั่นคงและประสิทธิภาพในระบบจำหน่ายแรงดัน 22 KV ดังนี้

1. วงจรการจ่ายไฟที่ 1 (OYK 1) เชื่อมโยงกับวงจรการจ่ายไฟที่ 8 สถานีไฟฟ้าอ้อมน้อย 1 และวงจรการจ่ายไฟที่ 1 สถานีอ้อมใหญ่ 1
- 1.2 วงจรการจ่ายไฟที่ 2 (OYK 2) เชื่อมโยงกับวงจรการจ่ายไฟที่ 3 สถานีไฟฟ้าพุทธมณฑล 2 และวงจรการจ่ายไฟที่ 1 สถานีไฟฟ้าศาลายา
- 1.3 วงจรการจ่ายไฟที่ 3 (OYK 3) เชื่อมโยงกับวงจรการจ่ายไฟที่ 10 สถานีไฟฟ้าอ้อมน้อย 1 และวงจรการจ่ายไฟที่ 1 สถานีไฟฟ้าศาลายา
- 1.4 วงจรการจ่ายไฟที่ 4 (OYK 4) เชื่อมโยงกับวงจรการจ่ายไฟที่ 2 สถานีไฟฟ้าศาลายา และวงจรการจ่ายไฟที่ 2 สถานีไฟฟ้าพุทธมณฑล 2
- 1.5 วงจรการจ่ายไฟที่ 5 (OYK 5) เชื่อมโยงกับวงจรการจ่ายไฟที่ 7 สถานีไฟฟ้าพุทธมณฑล 2 และวงจรการจ่ายไฟที่ 5 สถานีไฟฟ้าศาลายา
- 1.6 วงจรการจ่ายไฟที่ 6 (OYK6) เชื่อมโยงกับวงจรการจ่ายไฟที่ 8 สถานีไฟฟ้าอ้อมน้อย 1 และวงจรการจ่ายไฟที่ 1 สถานีไฟฟ้าอ้อมน้อย 3
- 1.7 วงจรการจ่ายไฟที่ 7 (OYK 7) เชื่อมโยงกับวงจรการจ่ายไฟที่ 9 สถานีไฟฟ้าอ้อมใหญ่ 2

1.8 วงจรการจ่ายไฟที่ 8 (OYK 8) เชื่อมโยงกับวงจรการจ่ายไฟที่ 1 สถานีไฟฟ้าอ้อมน้อย 1 และวงจรการจ่ายไฟที่ 5 สถานีไฟฟ้าอ้อมใหญ่ 1

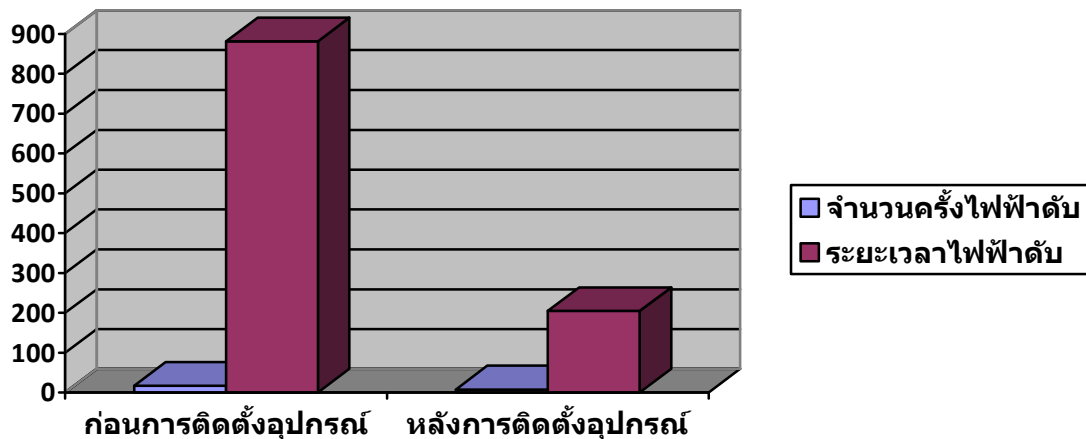
1.9 วงจรการจ่ายไฟที่ 9 (OYK 9) เชื่อมโยงกับวงจรการจ่ายไฟที่ 3 สถานีไฟฟ้าพุทธมณฑล 2 และวงจรการจ่ายไฟที่ 10 สถานีอ้อมใหญ่ 2

1.10 วงจรการจ่ายไฟที่ 10 (OYK10) เชื่อมโยงกับวงจรการจ่ายไฟที่ 1 สถานีไฟฟ้าอ้อมน้อย 1 และวงจรการจ่ายไฟที่ 9 สถานีอ้อมใหญ่ 2



รูปที่ 3: การติดตั้งสวิตช์ตัดตอนเชื่อมโยงในระบบจำหน่าย

จากรูปที่ 3 แสดงการติดตั้งสวิตช์ตัดตอนในระบบจำหน่ายและการเชื่อมโยงระบบการจ่ายไฟกับสถานีจ่ายไฟใกล้เคียง กรณีเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับในวงจรจ่ายไฟ ในการสำรวจและแก้ไขจุดเกิดเหตุจำเป็นต้องใช้ระยะเวลานาน เมื่อปรับปรุงระบบการจ่ายไฟเป็นแบบวงรอบปิดแล้วสามารถย้ายวงจรการจ่ายไฟไปยังวงจรจ่ายไฟใกล้เคียงได้ ไฟฟ้าจะดับบริเวณพื้นที่แคบลงเหลือเฉพาะบริเวณจุดเกิดเหตุที่ต้องแก้ไขเท่านั้น



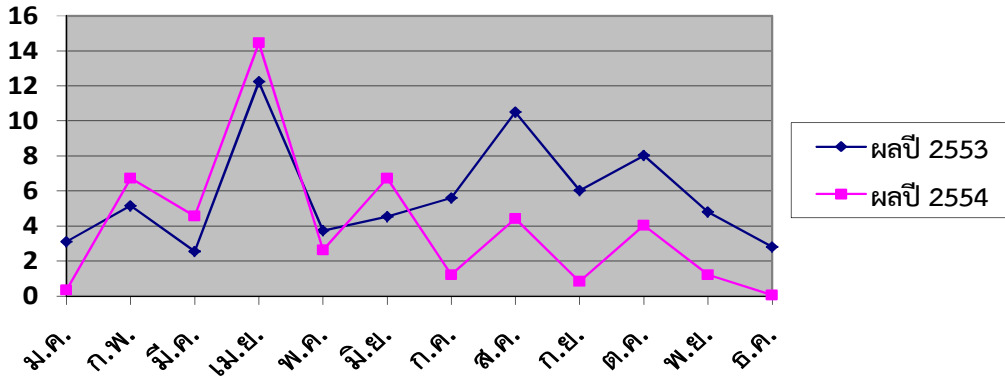
รูปที่ 4: เปรียบเทียบจำนวนครั้ง ระยะเวลาไฟดับก่อนและหลังการติดตั้งสวิตช์ตัดตอน

จากรูปที่ 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระยะเวลาไฟฟ้ดับก่อนและหลังการดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์สวิตช์ตัดตอนในระบบจำหน่ายของสถานีอ้อมใหญ่ 2 พบว่าการติดตั้งอุปกรณ์ตัดตอนในระบบจำหน่าย

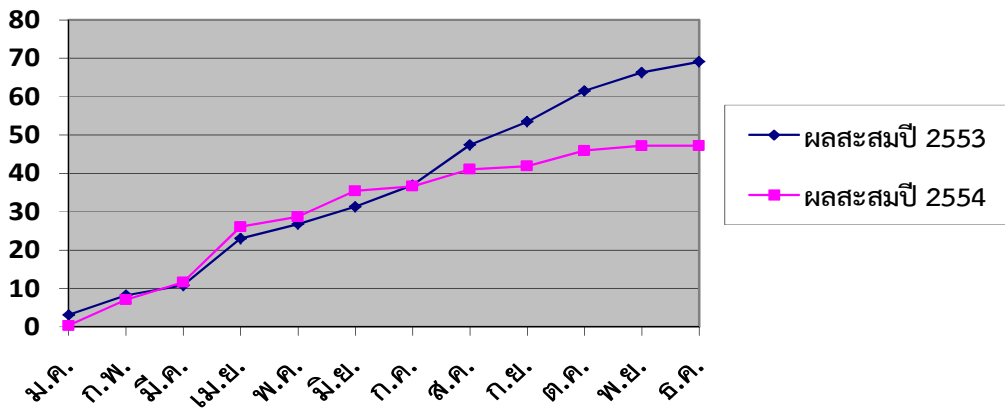
เพื่อปรับปรุงระบบการจ่ายไฟเป็นแบบวงรอบปิดสามารถช่วยลดระยะเวลาไฟฟ้าดับให้น้อยลง ทำให้ระบบจำหน่ายมีความมั่นคงมากยิ่งขึ้นและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจ่ายไฟให้สูงขึ้นอีกด้วย

การวิเคราะห์ดัชนีความเชื่อถือได้ในการจ่ายกระแสไฟฟ้า

การวิเคราะห์ดัชนีความเชื่อถือได้ในการจ่ายกระแสไฟฟ้า จะมีตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง คือ ความถี่ของการเกิดกระแสไฟฟ้าดับ (SAIFI) และระยะเวลาของกระแสไฟฟ้าที่ดับ (SAIDI)



รูปที่ 5: แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลผลค่าดัชนี SAIFI



รูปที่ 6: แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลผลค่าดัชนี SAIDI

จากรูปที่ 5 และรูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบของค่าดัชนี SAIDI พบว่าหลังการติดตั้งอุปกรณ์สวิตซ์ตัดตอนมีผลทำให้ระยะเวลาไฟดับมีค่าน้อยลงทำให้ค่าดัชนี SAIDI ลดลงด้วย

| ค่าดัชนี | ปี | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|----------|-------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FAIFI | ผลปี 2553 | 0.09 | 0.33 | 0.08 | 0.46 | 0.08 | 0.18 | 0.84 | 0.32 | 0.13 | 0.24 | 0.13 | 0.15 |
| | ผลปี 2554 | 0.01 | 0.25 | 0.18 | 0.29 | 0.13 | 0.11 | 0.04 | 0.13 | 0.02 | 0.08 | 0.10 | 0.01 |
| | ผลสะสม 2553 | 0.09 | 0.41 | 0.49 | 0.96 | 1.03 | 1.21 | 2.05 | 2.37 | 2.51 | 2.74 | 2.88 | 3.04 |
| | ผลสะสม 2554 | 0.01 | 0.26 | 0.44 | 0.73 | 0.87 | 0.98 | 1.03 | 1.06 | 1.18 | 1.26 | 1.36 | 1.37 |
| SAIDI | ผลปี 2553 | 3.10 | 5.15 | 2.55 | 12.23 | 3.73 | 4.53 | 5.60 | 10.50 | 6.03 | 8.02 | 4.80 | 2.80 |
| | ผลปี 2554 | 0.33 | 6.73 | 4.56 | 14.46 | 2.62 | 6.73 | 1.21 | 4.42 | 0.82 | 4.04 | 1.21 | 0.05 |
| | ผลสะสม 2553 | 3.10 | 8.24 | 10.79 | 23.03 | 26.77 | 31.30 | 36.91 | 47.40 | 53.45 | 61.47 | 66.27 | 69.07 |
| | ผลสะสม 2554 | 0.33 | 7.07 | 11.6 | 26.09 | 28.71 | 35.44 | 36.64 | 41.08 | 41.90 | 45.94 | 47.15 | 47.20 |

รูปที่ 7: ตารางแสดงการเปรียบเทียบสถิติค่าดัชนีความเชื่อถือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย

จากรูปที่ 7 การเปรียบเทียบข้อมูลของผลค่าดัชนีและผลสะสมของค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ในช่วงเวลาเดือน ม.ค. – ธ.ค. ปี 2553 กับช่วงการวิจัยระหว่างเดือน ม.ค. – ธ.ค. 2554 พบว่าผลสะสมของค่าดัชนีที่เป็นตัวแปรในเรื่องของระยะเวลาไฟฟ้ดับหรือ SAIDI ในปี 2553 มีค่าเท่ากับ 69.07 และในปี 2554 มีค่าเท่ากับ 47.20 ซึ่งพบว่าผลสะสมของระยะเวลาไฟฟ้ดับหรือ SAIDI ในปี 2554 มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับปี 2553 ประมาณ 31.66 %

สรุป

บทความนี้ใช้วงจรจ่ายไฟระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดัน 22 KV ของระบบจำหน่ายในพื้นที่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย เป็นกรณีศึกษา ผลจากการศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์สวิตซ์ตัดตอนเพื่อเพิ่มความมั่นคงและประสิทธิภาพความมั่นคงของระบบจำหน่ายพบว่า ในการติดตั้งอุปกรณ์สวิตซ์ตัดตอนเพิ่มในระบบจำหน่ายสามารถเพิ่มความมั่นคงและประสิทธิภาพในการจ่ายไฟได้ การติดตั้งสวิตซ์ตัดตอนเป็นอุปกรณ์ตัดตอน ทำให้ระบบจำหน่ายของสายส่ง ซึ่งเดิมมีการจ่ายไฟแบบวงรอบเปิดเปลี่ยนเป็นการจ่ายไฟแบบวงรอบปิด ทำให้ระบบจำหน่ายมีความมั่นคงมากยิ่งขึ้น บริเวณพื้นที่ไฟดับมีน้อยลง เนื่องจากกรณีถ้ามีเหตุการณ์ไฟฟ้ดับหรือกระแสไฟฟ้ขัดข้อง ระบบจำหน่ายจะสามารถถ่ายเทโหลดไปยังระบบจำหน่ายวงจรจ่ายไฟใกล้เคียงได้ อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาของไฟฟ้ดับนานได้ จากการผลการวิจัยก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์สวิตซ์ตัดตอนในปี 2553 และปี 2554 พบว่าค่าดัชนีความเชื่อถือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อยในส่วนของ SAIDI สามารถลดระยะเวลาไฟฟ้ดับได้ถึง 31.66% ทำให้ระบบการจ่ายไฟมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- รัชศักดิ์ สารนอก. (2547). *การวิเคราะห์งานก่อสร้างระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง ขนาดแรงดัน 22 KV*
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าธนบุรี.
- กนกวรรณ กลิ่นเอี่ยม. (2549). *การหาตำแหน่งติดตั้งสวิตช์ตัดตอนที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล
โดยวิธีเชิงพันธุกรรม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อาทิตย์ พานิชการ. (2551). *การปรับปรุงระบบสายส่งแบบวงรอบปิดเพื่อเสริมความมั่นคงในการจ่ายไฟใน
จังหวัดราชบุรี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเอเชีย
อาคเนย์,
- คณะกรรมการวางแผนระบบสายส่ง. (2547). *คู่มือการวางแผนระบบสายส่งกำลังไฟฟ้า*. การไฟฟ้าส่วน
ภูมิภาค. กรุงเทพฯ.
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 3 ภาคกลาง จังหวัดนครปฐม 2551 *สรุปรายงานผลการดำเนินการตามโครงการลด
ค่าดัชนีความเชื่อถือได้: ฝ่ายปฏิบัติการเครือข่าย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 3 ภาคกลาง จังหวัด
นครปฐม*.
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย 2551 *ฐานข้อมูลการจ่ายกระแสไฟฟ้า: แผนปฏิบัติการและบำรุงรักษา การ
ไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย*.
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย 2551 *รายงานผลการปฏิบัติงานประจำเดือน: แผนปฏิบัติการและบำรุงรักษา
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย*.
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย 2551 *สถิติการใช้ไฟฟ้าและจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า: แผนกบัญชีและประมวลผล การ
ไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอ้อมน้อย*.
- สุรัตน์ นันตะสุนทร. *ระบบไฟฟ้ากำลัง เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น). สำนักพิมพ์
บริษัทประชาชน จำกัด.
- ชัต อินทะสี. (2540). *การส่งและจ่ายกำลังไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.

การลดของเสียในกระบวนการผลิตผ้าวาร์ปนิตตั้ง Waste reduce in Warp knitting process

เด่นพงษ์ ศรีบุตตา, ชนิตา จันทรตรี
Denpong Sribudda, Chanida Jantree

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
Department of Engineering Management, Graduate School, South-East Asia University
E-mail: sribudda69@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตผ้าวาร์ปนิตตั้ง เริ่มด้วยการสำรวจสภาพปัจจุบันของโรงงานตัวอย่าง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตที่ผ่านมาในช่วงของการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง กรกฎาคม ของปี พ.ศ.2555 วิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย ด้วยแผนภูมิพาเรโตเพื่อเลือกเอาปัญหาที่สำคัญที่สุด 3 อันดับแรก และใช้แผนภูมิแกงปลา ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและดำเนินการแก้ไข

ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลเดิมในช่วงเดือน มกราคม ถึง กรกฎาคม พ.ศ.2555 ปัญหาด้านผ้าเปื้อนน้ำมัน จำนวน 19,259 หลา ผ้าเป็นเม็ด จำนวน 16,171 หลา และผ้าทอเข็มเสีย จำนวน 11,229 หลา แต่หลังจากการศึกษาข้อมูล นำทฤษฎีเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโต และแผนภูมิแกงปลา มาประยุกต์ใช้ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ทำให้สามารถลดของเสียเฉลี่ยจากเดือน สิงหาคม ถึง กันยายน พ.ศ.2555 ดังนี้ ผ้าเปื้อนน้ำมัน 10,150 หลา ผ้าเป็นเม็ด 4,350 หลาและผ้าทอเข็มเสีย 5,525 หลา คิดเป็นปริมาณผ้าอยู่ที่ 26,633 หลา ต่อเดือน ซึ่งต้นทุนมูลค่าผ้าดิบเท่ากับ 50 บาทต่อหลาจะสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้เป็นจำนวนเงินคือ 1,331,650 บาทต่อเดือน

คำสำคัญ: การลดความสูญเสีย กระบวนการผลิตผ้าวาร์ปนิตตั้ง

ABSTRACT

The objective of the study was to reduce waste product in the warp knitting process. The initial environment survey of the sampling factories would be done to collect the proper processing information. The survey would be done from January to July, 2012. Analysis of the causes of waste product would be done by using Paretaeu Diagram. The three major causes of defect would considered. The Fish Bone Diagram would be applied for analysis of the causes and the solving methods.

The study could show that the information from January to July, 2,012 related to dirty cloth of oil at the length of 19,259 yards, gross cloth at length of 16,171 yards, and defect cloth due to malfunction needle at the length of 11229 yards. After studying process, the Paretaeu Diagram and the Fish Bone Diagram were systematically applied to. It could result in reduction of waste products. From August to September, 2012, the monthly average waste from the dirty cloth of oil could be at 10,150 yards, the gross cloth at 4,350 yards, and the defect cloth due to malfunction needle at 5,525 yards. The investment per yard

would be at 50 Baht and the production cost effective could be monthly reduced to 1,331,650 Baht.

Keywords: Waste reduction, Warp knitting process

บทนำ

อุตสาหกรรมทอผ้า เป็นอุตสาหกรรมที่มีขั้นตอนการผลิตหลากหลายขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นด้าย และโครงสร้างผ้าทอ สำหรับเครื่องจักรที่ใช้ในการเตรียมเส้นด้ายย้อม และเส้นด้ายพุ่งแต่ละโรงก็จะมี ความแตกต่างกัน ยิ่งในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีของเครื่องจักรทอผ้าเปลี่ยนรูปแบบการส่งเส้นด้ายพุ่งและ จากการ ใช้ กระสวยมาเป็นไร้กระสวยเพื่อเพิ่มผลผลิต หรือเพิ่มความเร็วในการส่งเส้นด้ายพุ่ง และประหยัดพื้นที่สำหรับจัดวางเครื่องจักรทอผ้า ดังนั้นสิ่งที่ตามมาคือ เรื่องคุณภาพของเส้นด้าย การจัดเตรียมด้ายย้อม และเส้นด้ายพุ่งที่ ถูกต้อง ซึ่งบริษัทตัวอย่างมีกระบวนการผลิตถักผ้าแนวเส้นด้ายย้อม ซึ่งให้ความสนใจ และใส่ใจเรื่องดังกล่าว ส่วนมากจะเกิดปัญหาเรื่อง ตำหนิผ้าทอ เช่น ด้ายขาด ด้ายหนา-บางไม่เท่ากัน ด้ายเปื้อนน้ำมัน ด้ายตึง ผ้าเสีย เป็นรู เนื่องจากไค้ดเปียดกับเข็ม เข็มเสีย ด้ายสะดุด-ด้ายติดในปิม ผ้าเป็นขน จึงทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไม่ เพียงพอกับความต้องการของตลาด ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต คุณภาพผ้าทอ และความล่าช้าในการส่งมอบมากกว่าเดิม

ตำหนิในผ้าอาจเกิดขึ้นได้หากผู้ผลิตไม่มีการควบคุมและป้องกันในระหว่างผลิต ตำหนิส่วนมาก สามารถตรวจสอบได้ด้วยสายตา การผลิตผ้าให้มีคุณภาพและมาตรฐานเป็นที่ยอมรับนั้น ขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบที่สำคัญ คือ เส้นด้าย การปรับเครื่องถักและการบำรุงรักษารวมทั้งการตกแต่งสำเร็จจะต้องไป ตามข้อกำหนด ถ้าเกิดความบกพร่องขึ้น จะมีผลกระทบต่อคุณภาพผ้าได้หลายทาง ผ้าที่ผลิตจากเส้นด้ายที่มี คุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานหรือการปรับเครื่องถักไม่ถูกต้อง หรือการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่เพียงพอและ สม่าเสมอ จะมีโอกาสเป็นตำหนิได้ค่อนข้างสูง ซึ่งการพอกย้อมและตกแต่งสำเร็จก็ไม่สามารถช่วยให้ตำหนิ นั้น หายไปได้ ดังนั้นในกระบวนการผลิตผ้าถักแต่ละขั้นตอน จะต้องมีการควบคุมเส้นด้าย การปรับเครื่องถักผ้าให้ ถูกต้อง การบำรุงรักษาเครื่องถักผ้าผ้าสม่าเสมอ การตรวจสอบและบันทึกข้อบกพร่องในผ้า มีการเก็บข้อมูล ด้านคุณภาพในกระบวนการผลิตไว้ทุกครั้งที่ทำการผลิตออกมา เพื่อที่สามารถนำปัญหาที่เกิดขึ้นหาสาเหตุและ วิธีแก้ไขตำหนิที่เกิดขึ้นให้ทันต่อเวลาและเกิดความเสียหายน้อยที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ลดของเสียในกระบวนการผลิตผ้าวาร์ปนิตตั้ง
2. ลดต้นทุนของการผลิตลง

วิธีดำเนินการวิจัย

เริ่มจากการศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง ศึกษาถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยรวม โดยเรียงจากความถี่มากไปหาความถี่น้อย แสดงค่าในตารางที่ 1

ตารางที่ 1: จำนวนเปอร์เซ็นต์ปัญหาของเสียสะสม โดยเรียงจากความถี่มากไปหาความถี่น้อย

| ลำดับที่ | ปัญหา | รวมจำนวน (หลา) | เปอร์เซ็นต์ ของเสีย | เปอร์เซ็นต์ของเสีย สะสม |
|----------|------------------|-------------------|------------------------|----------------------------|
| 1 | เปื้อนน้ำมัน | 19,259 | 37.26 | 37.26 |
| 2 | ผ้าเป็นเม็ด | 16,171 | 31.29 | 68.55 |
| 3 | ผ้าทอเข้มเสีย | 11,229 | 21.72 | 90.27 |
| 4 | รอยหยุด | 1,793 | 3.47 | 93.74 |
| 5 | ปิมมาร์ค | 859 | 1.66 | 95.40 |
| 6 | เส้นขาว,ดำ | 686 | 1.33 | 96.72 |
| 7 | ผ้าเป็นรอยเกี่ยว | 529 | 1.02 | 97.75 |
| 8 | เส้นด้ายปน | 329 | 0.64 | 98.38 |
| 9 | ผ้าเป็นเส้นร่อน | 300 | 0.58 | 98.96 |
| 10 | ผ้าเป็นคลื่น | 293 | 0.57 | 99.53 |
| 11 | รอยด้ายผิด | 157 | 0.30 | 99.83 |
| 12 | ด้ายSpandex แตก | 86 | 0.17 | 100.00 |
| | รวม | 51,689 | 100.00 | |

จากตารางที่ 1 พบว่าปัญหาของ ของเสียสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ผ้าเปื้อนน้ำมัน จำนวน 19,259 หลา 37.26% ผ้าเป็นเม็ด จำนวน 16,171 หลา 31.29 % และผ้าทอเข้มเสีย จำนวน 11,229 หลา 21.72 % ตามลำดับ

ผลการวิจัย

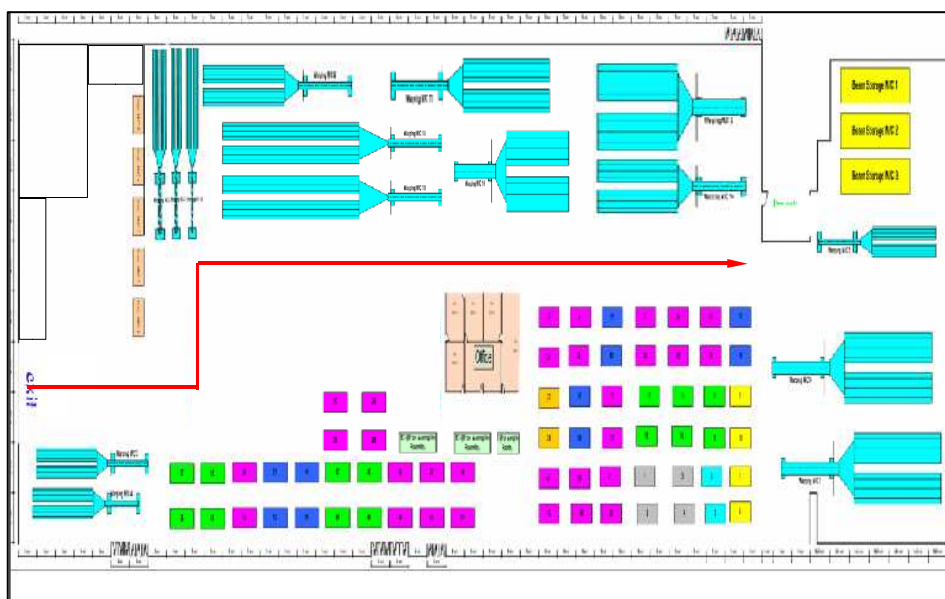
ผลการศึกษาปัญหาของ ของเสียสูงสุด 3 อันดับแรก โดยอาศัยหลักการและทฤษฎีเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโต และนำปัญหาหลักทั้ง 3 มาทำการวิเคราะห์ต่อยอดด้วยแผนภูมิแกงปลา เพื่อหาสาเหตุของปัญหา ที่นำไปสู่การปรับปรุงการผลิต เพื่อเพิ่มคุณภาพผ้า ให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ต้องการ ในประเด็นต่าง ๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: สาเหตุปัญหาของเสียด้าน สูงสุด 3 อันดับแรก

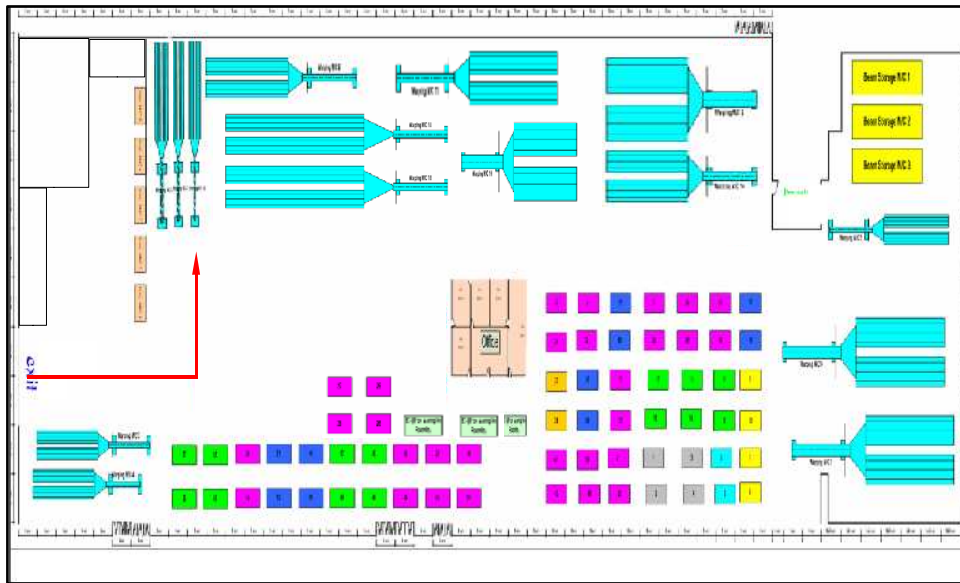
| ลำดับที่ | ปัญหา | ขั้นตอน | สาเหตุ |
|----------|-----------------|-------------------|--|
| 1 | ผ้าเปื้อนน้ำมัน | การเตรียมเส้นด้าย | - มีรอยกที่ใช้น้ำมันวิ่งผ่านเครื่องสปี - พนักงานจับหลอดด้วยมือที่เปื้อนน้ำมัน |
| | | เครื่องจักรทำงาน | - ชุดเทนชั้นเครื่องสปีไม่สะอาด |
| | | ซ่อมเครื่องจักร | - ช่างเครื่อง พนักงานทอมือเปื้อนน้ำมันจับถูกม้วนผ้า ในขณะที่ซ่อมเครื่อง |
| 2 | ผ้าเป็นเม็ด | การทอ | - เครื่องทอปรับค่า การปล่อยเส้นด้ายไม่เหมาะสม - ปรับชุดเทนชั้นเครื่องสปี ไม่เหมาะสม |
| 3 | ผ้าทอเข็มเสีย | การตรวจสอบ | - ไม่มีการตรวจเช็คคุณภาพของไคต์กับเข็ม - ไม่ระมัดระวังอุปกรณ์ควบคุมทำให้ไคต์งอและเข็มงอ |
| | | เครื่องจักรทำงาน | - ไคต์เบียดกับเข็มแล้วทำให้ผ้าที่ทอมาเสียเป็นพื้นปลา |
| | | การทอ | - พนักงานดูตำหนิไม่ออกตอนผ้าเสีย - พนักงานไม่เดินตรวจเช็คระหว่างเครื่องทอทำงาน |

หลังจากวิเคราะห์หาสาเหตุได้แล้ว จึงทำการแก้ไขปัญหาทั้ง 3 สาเหตุหลักซึ่งจะมีวิธีการแก้ไขปัญหาและลงไปปฏิบัติงานจริง ทั้งจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานใหม่และทำการอบรมให้กับพนักงานให้สามารถปฏิบัติตามได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการแก้ไขปัญหาผ้าเปื้อนน้ำมัน คือเปลี่ยนเส้นทางวิ่งของรอยกที่ใช้น้ำมันและใช้รอยกไฟฟ้าเข้ามาช่วย ดังรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1: ผังแสดงเส้นทางวิ่งของรอยกน้ำมันก่อนปรับปรุง



รูปที่ 2: ผังแสดงเส้นทางวิ่งของรดยกน้ำมันหลังปรับปรุง

จากรูปที่ 2 เส้นสีแดงแสดงเส้นทางวิ่งของรดยกน้ำมัน ซึ่งก่อนปรับปรุงรดยกน้ำมันต้องยกกล่องเส้นด้ายเข้าไปส่งตามเครื่องสืบต่างๆทำให้คราบเขม่าจากท่อไอเสียฟุ้งกระจายไปเปื้อนหลอดด้ายที่อยู่บนเครื่องสืบ หลังปรับปรุงได้นำเอารดยกไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการตัดด้ายภายในแผนกแทน โดยให้รดยกน้ำมันตัดด้ายมาส่งแค่ปากทางเข้าแผนกเท่านั้น

ปรับปรุงแผนล้างเครื่องสืบใหม่ และจัดทำขั้นตอนการล้างเครื่องสืบ

แผนล้างเครื่องสืบ

| เครื่องสืบ | มกราคม | กุมภาพันธ์ | มีนาคม | เมษายน | พฤษภาคม | มิถุนายน | กรกฎาคม | สิงหาคม | กันยายน | ตุลาคม | พฤศจิกายน | ธันวาคม |
|------------|--------|------------|--------|--------|---------|----------|---------|---------|---------|--------|-----------|---------|
| No.1 | | | | | | | | | | | | |
| No.2 | | | | | | | | | | | | |
| No.3 | | | | | | | | | | | | |
| No.4 | | | | | | | | | | | | |
| No.5 | | | | | | | | | | | | |
| No.6 | | | | | | | | | | | | |
| No.7 | | | | | | | | | | | | |
| No.8 | | | | | | | | | | | | |
| No.9 | | | | | | | | | | | | |
| No.10 | | | | | | | | | | | | |
| No.11 | | | | | | | | | | | | |
| No.12 | | | | | | | | | | | | |
| No.13 | | | | | | | | | | | | |
| No.14 | | | | | | | | | | | | |
| No.15 | | | | | | | | | | | | |
| No.16 | | | | | | | | | | | | |
| No.17 | | | | | | | | | | | | |
| No.18 | | | | | | | | | | | | |
| No.19 | | | | | | | | | | | | |

รูปที่ 3: แผนล้างเครื่องสืบก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่ามีแผนล้างเครื่องสืบแค่ปีละ 1 ครั้ง ซึ่งระยะเวลาที่นานเกินไปทำให้ฝุ่นที่เกาะตามเครื่องสืบสะสมเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เส้นด้ายที่สืบเปื้อน



รูปที่ 4: ตัวอย่างฝุ่นที่เกาะตามเครื่องสืบ

| แผนล้างเครื่องสืบ | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|------------|--------|--------|---------|----------|---------|---------|---------|--------|-----------|---------|
| เครื่องสืบ | มกราคม | กุมภาพันธ์ | มีนาคม | เมษายน | พฤษภาคม | มิถุนายน | กรกฎาคม | สิงหาคม | กันยายน | ตุลาคม | พฤศจิกายน | ธันวาคม |
| NO.1 | | | | | | | | | | | | |
| NO.2 | | | | | | | | | | | | |
| NO.3 | | | | | | | | | | | | |
| NO.4 | | | | | | | | | | | | |
| NO.5 | | | | | | | | | | | | |
| NO.6 | | | | | | | | | | | | |
| NO.7 | | | | | | | | | | | | |
| NO.8 | | | | | | | | | | | | |
| NO.9 | | | | | | | | | | | | |
| NO.10 | | | | | | | | | | | | |
| NO.11 | | | | | | | | | | | | |
| NO.12 | | | | | | | | | | | | |
| NO.13 | | | | | | | | | | | | |
| NO.14 | | | | | | | | | | | | |
| NO.15 | | | | | | | | | | | | |
| NO.16 | | | | | | | | | | | | |
| NO.17 | | | | | | | | | | | | |
| NO.18 | | | | | | | | | | | | |
| NO.19 | | | | | | | | | | | | |

กำหนดเครื่อง ได้หวั่น เกาหลี เยอรมัน ๑เดือน/ครั้ง
spandex ๓เดือน/ครั้ง

รูปที่ 5: แผนล้างเครื่องสืบท้ายหลังปรับปรุง

แผนล้างเครื่องสปีหลังปรับปรุงได้ปรับเปลี่ยนความถี่ในการล้างเครื่องสปีให้มากขึ้นช่วยลดปัญหาฝุ่นเกาะตามเครื่องสปีได้ทำให้เส้นด้ายเปื้อนฝุ่นน้อยลง

| ขั้นตอนการล้างเครื่องสปี | | | |
|---|--------------------------|-----------|--------------------------------------|
| 1. ถอดอะไหล่สปีแช่น้ำผงซักฟอก | <input type="checkbox"/> | เสร็จแล้ว | <input type="checkbox"/> ยังไม่เสร็จ |
| 2. ผึ่งตากอะไหล่ให้แห้ง | <input type="checkbox"/> | เสร็จแล้ว | <input type="checkbox"/> ยังไม่เสร็จ |
| 3. ล้างตัวแทนชิ้นและ ล้างดกไก่ | <input type="checkbox"/> | เสร็จแล้ว | <input type="checkbox"/> ยังไม่เสร็จ |
| 4. ล้างหลักใส่ด้าย (สแตนด์บาย) | <input type="checkbox"/> | เสร็จแล้ว | <input type="checkbox"/> ยังไม่เสร็จ |
| 5. หยอดน้ำมันแทนชิ้น และถูพื้น | <input type="checkbox"/> | เสร็จแล้ว | <input type="checkbox"/> ยังไม่เสร็จ |
| 6. ประกอบอะไหล่ | <input type="checkbox"/> | เสร็จแล้ว | <input type="checkbox"/> ยังไม่เสร็จ |
| 7. ร้อยด้ายใส่หน้าเครื่อง และตรวจสอบงานให้เรียบร้อย | <input type="checkbox"/> | เสร็จแล้ว | <input type="checkbox"/> ยังไม่เสร็จ |

หัวหน้าทีมล้าง...../...../.....
ผู้ตรวจสอบ...../...../.....

รูปที่ 6: ใบตรวจเช็คขั้นตอนล้างเครื่องสปี

จัดอบรมพนักงานและช่างเครื่องถึงผลเสียที่ของปัญหาเปื้อนน้ำมัน และวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง

ผ้าเป็นเม็ด แก้ไขโดยปรับค่าการปล่อยเส้นด้ายของเครื่องทอใหม่ เนื่องจากค่าเดิมมีความตึงน้อยเกินไปทำให้ริมผ้าที่มีการสะบัดของเส้นด้ายมากเส้นด้ายสะบัดหนีหัวเข็มจึงเกิดปัญหาผ้าเป็นเม็ด จึงได้ทำการทดลองปรับค่าความตึงของการปล่อยเส้นด้ายให้ตึงขึ้นทีละนิดโดยค่อยๆปรับลดค่าการปล่อยด้ายลงทีละ 5 mm/R จนได้ค่าที่ทำให้ปัญหาผ้าเป็นเม็ดหายไป โดยทำการปรับค่าการปล่อยเส้นด้ายจาก

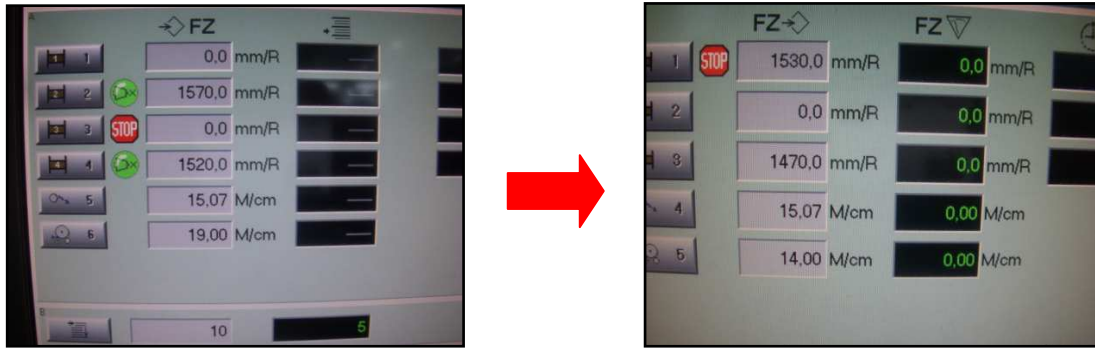
ค่าเดิม L1 => ปรับที่ 1570 mm/R

L3 => ปรับที่ 1520 mm/R

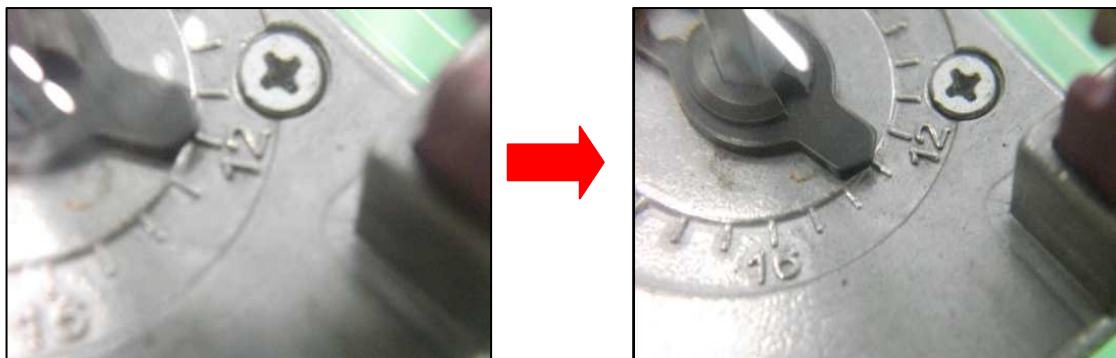
ปรับใหม่เป็น L1 => ปรับที่ 1530 mm/R

L3 => ปรับที่ 1470 mm/R

ปรับตั้งTension เครื่องสปีใหม่ โดยจะปรับที่แผงด้ายสุดท้ายริมปริม เดิมปรับไว้ที่ตำแหน่ง 12 ของใหม่จะปรับไปที่ตำแหน่ง 13 เป็นการเพิ่มTensionในบริเวณด้านริมปริมให้มากขึ้น เนื่องจากปัญหาผ้าเป็นเม็ดที่เกิดจากการสะบัดของเส้นด้ายโดยเฉพาะช่วงริมผ้า จึงได้ทดลองปรับค่าTensionให้มีค่าความตึงมากขึ้นเพื่อช่วยให้เส้นด้ายสะบัดน้อยลง โดยค่าที่เหมาะสมคือปรับไว้ตำแหน่งที่ 12 เนื่องจากได้ทดลองปรับให้ตึงมากกว่าตำแหน่ง 12 แล้วเส้นด้ายมีความตึงมากเกินไป ทำให้เส้นด้ายขาดบ่อย



รูปที่ 7: ตัวอย่างการปรับค่าการปล่อยเส้นด้าย



รูปที่ 8: ตัวอย่างลักษณะการปรับค่าเทนชั่นเครื่องสปี

ผ้าทอเข็มเสีย แก้ไขโดย

- ทำการตรวจเช็คคุณภาพทุกครั้ง โดยใช้เครื่องมือตรวจเช็ค เทอร์โมมิเตอร์
- ตรวจเช็คโกดกับเข็ม ถ้าอให้ทำการแก้ไขโดยเปลี่ยนใหม่ หรือตัดให้ตรง
- ให้พนักงานทำการปรับโกดใหม่ไม่ให้ไปเบียดกับเข็ม
- ทำการอบรมพนักงานให้มีแผนการตรวจเช็คทุกครั้งและดูตำหนิให้ออก ก่อนเริ่มงานจริง
- จัดให้มีการอบรมให้ความรู้ขั้นตอนการทำงานของเครื่องทอผ้าทุกขั้นตอนก่อนปฏิบัติงานจริง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาทั้งกิจกรรมและวิธีการทั้งหมดในการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานพบว่า จากเดิมที่เคยพบปัญหาเฉลี่ยด้านผ้าเปื้อนน้ำมันอยู่ที่ 19,259 หลา ผ้าเป็นเม็ดอยู่ที่ 16,171 หลา และผ้าทอเข็มเสียอยู่ที่ 11,229 หลา แต่หลังจากการประยุกต์ใช้หลักการ นำทฤษฎีเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโต และแผนภูมิแกงปลา มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม แล้วสามารถลดเหลือเฉลี่ยผ้าเปื้อนน้ำมัน 10,150 หลา ผ้าเป็นเม็ด 4,350 หลาและผ้าทอเข็มเสีย 5525 หลา เมื่อนำจำนวนที่สามารถลดปริมาณงานที่ไม่ได้คุณภาพลงได้ จะคิดเป็นปริมาณผ้าอยู่ที่ 26,633 หลา ต่อเดือน เมื่อคิดเป็นมูลค่าผ้าดิบที่ 50 บาทต่อหลาจะสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ $26,633 \times 50$ บาท จะได้เป็นจำนวนเงินคือ 1,331,650 บาทต่อเดือน

เอกสารอ้างอิง

ข้อมูลจากฝ่ายผลิตแผนกวาร์ปนิตตั้ง บริษัท วาย อาร์ ซี เท็กไทล์จำกัด เลขที่134,134/2-3 หมู่ 6
ถนนเศรษฐกิจ 1 ตำบลอ้อมน้อย อำเภอกะทู้ม้วน จังหวัดสมุทรสาคร 74130

การประยุกต์ใช้ระบบบริหารคุณภาพแบบ SIX SIGMA เพื่อลดความสูญเสียแบ่ง ระหว่างกระบวนการอบเฟอรรีในกระบวนการผลิตขนมเวเฟอร์

The Application of SIX SIGMA Quality Management Systems to Reduce Losses During Baking Flour Confectionery Wafers in the Wafer Production Process

พงษ์ชัย สีดากันต์, ชนิตา จันทร์ตรี

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
E-mail: pseedaphan@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการคุณภาพแบบซิกส์ ซิกม่า (SIX SIGMA) เพื่อลดปริมาณความสูญเสียในกระบวนการผลิตขนมเวเฟอร์ เช่น ลดซี้แบ่ง หรือ ซี้เตาจากการอบ และความไม่สมบูรณ์ของแผ่นเวเฟอร์ที่เกิดจากพิมพ์เวเฟอร์ที่ชำรุดจากการใช้งาน ที่ทำให้ได้แผ่นเวเฟอร์ไม่สมบูรณ์ของบริษัทผลิตภัณฑ์อาหารศรีสยาม จำกัด โดยศึกษาหาสาเหตุที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการบริหารงานแบบ SIX SIGMA ได้ช่วยให้บริษัทลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจากก่อนการปรับปรุงระดับคุณภาพมีค่า Sigma = 2.75 σ และหลังปรับปรุงมีค่าระดับคุณภาพ Sigma = 3.15 σ เพิ่มขึ้น 0.4 σ นั้นหมายถึงโอกาสที่จะเกิดจำนวนของเสียก่อนปรับปรุงที่ 100,00 ชิ้น ลดลงเหลือ 49,500 ชิ้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่าจากเดือน ม.ค.2554 ถึง เม.ย.2555 สามารถปรับปรุงคุณภาพ ให้ของเสียมีเปอร์เซ็นต์ลดลงจาก 3.34 % เหลือ 1.63 % ลดลง 1.71 % โดยคิดเป็นมูลค่าผลกำไรเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม 240,562 บาท

คำสำคัญ: ซิกส์ ซิกม่า, การลดความสูญเสีย, กระบวนการผลิตขนมเวเฟอร์

Abstract:

The objective of the research was to study the cause of production defect and the solving method by applying the SIX SIGMA quality management practices to reduce the loss in the wafer producing process of Sri Siam Food Products Company. The loss reduction could be done on such as the loss from the starch or oven dust waste on the baking process, and wafer shape defect because of malfunction mold.

The results of the study could show that the application of the SIX SIGMA quality management practices could be helpful for reducing waste wafer product from Sigma of 2.75 σ to 3.15 σ ; it could be increased at 0.4 σ . From the result, it could imply that it could reduce waste product from 100,000 pieces to 49,500 pieces. From the process from January, 2011, to April, 2012, the waste reduction percentages could be from 3.34% to 1.63 %, it could be reduced at 1.71 %. The production profit could be 240,562 Baht more than ever.

Keywords: SIX SIGMA, Waste reduction, Wafer Production Process

บทนำ

บริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารศรีสยาม จำกัด เป็นบริษัทผู้ผลิตขนมปังตราดอกบัว เช่น ขนมปังกรอบขนมขาไก่ และขนมเวเฟอร์ ซึ่งขั้นตอนของกระบวนการผลิตเวเฟอร์เริ่มที่ การลำเลียงแป้งลงมาตามท่อลำเลียงแล้วหยอดแป้งลงที่พิมพ์ ครั้งละ 1 พิมพ์ เพื่อให้เข้าไปที่เตาอบเวเฟอร์ จากนั้นพิมพ์จะหมุนรอบเตาอบ 1 รอบเพื่อทำการอบแป้งให้สุกที่อุณหภูมิภายในเตา 100° C ใช้เวลา 1.50 นาที ต่อหนึ่งรอบ โดยขอบพิมพ์จะมีซี่เตาดูดออกมา ซึ่งเกิดจากการก่อตัวของแป้ง และความหนาของแผ่นเวเฟอร์ 3.0 mm ± 1 ในกระบวนการผลิตขนมเวเฟอร์ที่ผ่านมา มีปัญหาเรื่องซี่แป้งที่ไหลล้นออกจากพิมพ์ที่ใช้ในการอบเวเฟอร์ โดยซี่แป้งหรือซี่เตาไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และความไม่สมบูรณ์ของแผ่นขนมเวเฟอร์ที่เป็นของเสีย ระยะเวลาที่ทำการวิจัยตั้งแต่ เดือนมกราคม 2554 – เมษายน 2555

จากข้อมูลที่มีปัญหา เดือน มกราคม 2554 จำนวน 200 แผ่น พบว่า ความบกพร่องจากการผลิตมี 40 แผ่น ที่เกิดจากอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป, มี 80 แผ่น ที่เกิดจากความไม่สมบูรณ์ของพิมพ์, 20 แผ่น ที่เกิดจากการลำเลียงมาตามสายพาน, 10 แผ่น ที่เกิดจากระบบไฟฟ้า, 20 แผ่น ตรวจสอบอะไหล่เตาไม่ละเอียด, 20 แผ่น มีเศษผงปนเปื้อนในแป้ง และ 10 แผ่น อื่นๆ ตามลำดับ

ตารางที่ 1: การเก็บตัวอย่างที่มีปัญหา จากกระบวนการผลิต

| ลำดับที่ | ชนิดของความบกพร่อง | จำนวนของเสีย ครั้ง | จำนวนของเสีย สะสม ครั้ง | เปอร์เซ็นต์ของเสีย เทียบกับจำนวนรวม | เปอร์เซ็นต์สะสม ของเสีย |
|-----------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| 1 | อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป | 40 | 40 | 20.00% | 20.00% |
| 2 | ความไม่สมบูรณ์ของพิมพ์ | 80 | 120 | 40.00% | 60.00% |
| 3 | การลำเลียงบนสายพาน | 20 | 140 | 10.00% | 70.00% |
| 4 | ระบบ ไฟฟ้า | 10 | 150 | 5.00% | 75.00% |
| 5 | ตรวจสอบอะไหล่เตาไม่ละเอียด | 20 | 170 | 10.00% | 85.00% |
| 6 | มีเศษผงปนเปื้อนในแป้ง | 20 | 190 | 10.00% | 95.00% |
| 7 | อื่น ๆ | 10 | 200 | 5.00% | 100.00% |
| จำนวนรวม | | 200 | | 100.00% | |

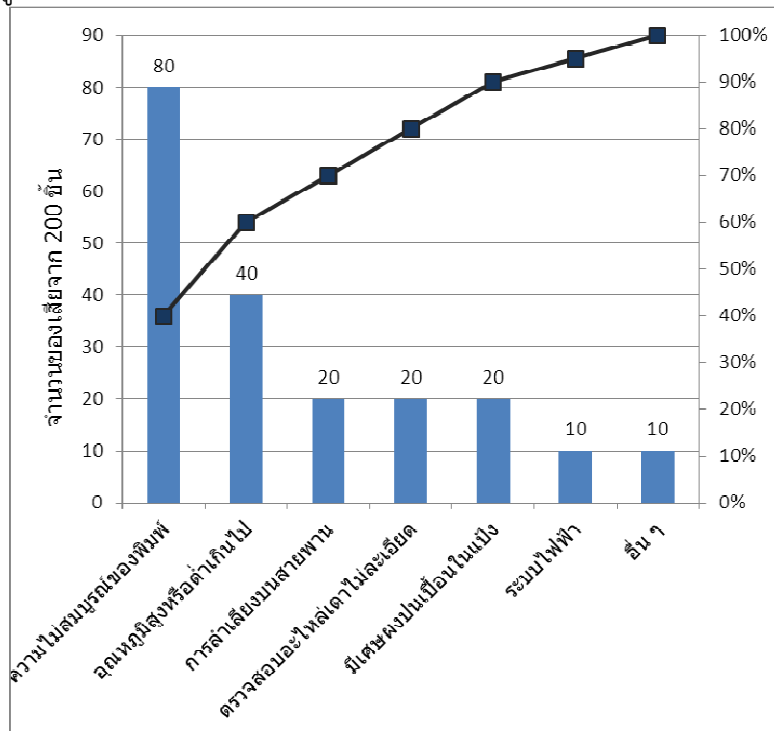
นำข้อมูลมาจัดเรียงลงในตาราง จากมากไปหาน้อย จะได้กราฟความสัมพันธ์ 2 แบบ คือ แผนภูมิแท่งที่แสดงตัวเลข หรือร้อยละของความสัมพันธ์ (ได้แก่ 80, 40, 20, 20, 20, 10, 10) และแบบผลรวมสะสม (Cumulative Sum) (ได้แก่ 40, 120, 140, 150, 170, 190, 200) ซึ่งกราฟที่ได้ จะแสดงให้เห็นลำดับและขนาดของผลกระทบของตัวแปร และแสดงให้เห็นว่าการแก้ไขปัญหา จะต้องแก้ไขที่ตัวแปรใดก่อน โดยแผนภูมิพาร์โตจะมีประโยชน์ในการสรุปรวมประมาณการขนาดของปัญหาที่จะแก้ไขได้จากปัจจัยแต่ละปัจจัย

ถ้านำข้อมูลมาเรียงลำดับในตารางจากมากไปน้อย จะได้กราฟตามความสัมพันธ์ ดังนี้

ตารางที่ 2: แสดงข้อมูลการเรียงลำดับจากมากไปน้อย

| ลำดับที่ | ชนิดของความบกพร่อง | จำนวนของเสีย ครั้ง | จำนวนของเสีย สะสม ครั้ง | เปอร์เซ็นต์ของเสีย เทียบกับจำนวนรวม | เปอร์เซ็นต์สะสม ของเสีย |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|--|----------------------------|
| 1 | ความไม่สมบูรณ์ของพิมพ์ | 80 | 80 | 40.00% | 40.00% |
| 2 | อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป | 40 | 120 | 20.00% | 60.00% |
| 3 | การลำเลียงบนสายพาน | 20 | 140 | 10.00% | 70.00% |
| 4 | ตรวจสอบอะไหล่ที่ไม่ละเอียด | 20 | 160 | 10.00% | 80.00% |
| 5 | มีเศษผงปนเปื้อนในแป้ง | 20 | 180 | 10.00% | 90.00% |
| 6 | ระบบไฟฟ้า | 10 | 190 | 5.00% | 95.00% |
| 7 | อื่น ๆ | 10 | 200 | 5.00% | 100.00% |
| จำนวนรวม | | 200 | | 100.00% | |

จากการรวบรวมข้อมูลเดือน มกราคม 2554 ในส่วนของการผลิต มีเตาอบเวเฟอร์ รวมจำนวน 4
เตา แต่ละเตามี 63 พิมพ์ จากแผ่นเวเฟอร์ของเสีย จำนวน 200 แผ่น นำมาแยกวิเคราะห์สาเหตุ ซึ่งแสดงเป็น
แผนภูมิพาเรโต ในรูปที่ 1



รูปที่ 1: แผนภูมิพาเรโตจำแนกตามสาเหตุของแผ่นเวเฟอร์ของเสีย จำนวน 200 แผ่น

เป้าหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพ (Productivity Facilitator) ให้กับบริษัท คือ การลด
เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียจากขั้นตอนการผลิต ซึ่งเดิมอยู่ที่ 0.06 % ให้ลดลงเหลือ 0.02 % โดยใช้แนวทางการ
บริหารจัดการคุณภาพแบบ SIX SIGMA ไปปฏิบัติ เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน ทำให้ต้นทุนการ

ผลิตลดลง ลดอัตราการสูญเสียวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เช่น การลดข้อบกพร่อง หรือข้อผิดพลาด ซึ่งเกิดจากการทำงานของเครื่องอบเวเฟอร์ และเพิ่มผลกำไร ทำให้คน เครื่องมือ เครื่องจักร และกำลังการผลิตทั้งหมดบรรลุประสิทธิภาพสูงสุดได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาแนวทางการจัดการคุณภาพแบบ SIX SIGMA ในการปฏิบัติเพื่อลดปริมาณความสูญเสียของเตาอบเวเฟอร์ เช่น ลดข้อบกพร่อง หรือ ข้อผิดพลาดจากการอบ และความไม่สมบูรณ์ของแผ่นเวเฟอร์ที่เกิดจากพิมพ์เวเฟอร์ที่ชำรุดจากการใช้งาน ที่ทำให้ได้แผ่นเวเฟอร์ไม่สมบูรณ์ในกระบวนการผลิตขนมเวเฟอร์ของบริษัทผลิตภัณฑ์อาหารศรีสยาม จำกัด

2. เพื่อศึกษาสาเหตุที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากปัญหาความสูญเสียของเตาอบเวเฟอร์จากพิมพ์เวเฟอร์ที่ชำรุดจากการใช้งาน เช่น ข้อบกพร่อง หรือข้อผิดพลาดจากการอบและความไม่สมบูรณ์ของแผ่นเวเฟอร์ ที่ทำให้ได้แผ่นเวเฟอร์ไม่สมบูรณ์ในกระบวนการผลิตขนมเวเฟอร์ของบริษัทผลิตภัณฑ์อาหารศรีสยาม จำกัด

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. กระบวนการปรับปรุงของ SIX SIGMA

ความหมายของซิกม่า (SIX SIGMA: σ) ใ่วัว (SIX SIGMA: σ) เป็นอักษรกรีกโบราณในทางสถิติ ใช้แทนความหมายระดับความผันแปรของกระบวนการหรือเรียกเป็นภาษาวิชาการว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S, S.D.) แต่ถ้ายกกำลังสองของ S ก็จะมีชื่อใหม่ว่าความแปรปรวน (Variance : S^2) โดยความหมายทางกายภาพทั้งส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความแปรปรวนนั้นจะกล่าวถึงระดับความผันแปรของกระบวนการนั่นเอง [3]

ขั้นตอนของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพองค์กร SIX SIGMA จะใช้หลักการที่เรียกว่าดีเมอิก (DMAIC) ซึ่งย่อมาจาก Define, Measure, Analyze, Improve และ Control ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการที่เห็นว่ายังเป็นกระบวนการที่ปฏิบัติต่อไปได้แต่ต้องปรับเปลี่ยนหรือควบคุมตัวแปรบางอย่างเพื่อให้ผลที่ได้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้าอย่างสม่ำเสมอหรือหมายถึง การประยุกต์ตัวแบบเพื่อปรับปรุงแก้ไขกระบวนการและการออกแบบหรือแก้ไขแบบกระบวนการใหม่ [1]

2. การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) นั้นเป็นวิธีการในการกำหนด แนวโน้มที่จะเกิดสภาพความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ เป็นการประเมินความเสี่ยงร่วมกับความล้มเหลวแบบต่าง ๆ, ลำดับความสำคัญของสภาพการล้มเหลวขึ้นอยู่กับความเร่งด่วนหรือสภาพของความล้มเหลวนั้น และในการป้องกันก็เช่นกันจะดำเนินการก่อนหลังตามความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น [2]

รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย มีดังนี้

3.4.1.1 การระบุปัญหา (Define Phase)

เป็นขั้นตอนที่นำไปสู่การกำหนดจุดเริ่มต้นและทิศทางของการวิจัยตามวิธีการทาง SIX SIGMA ที่ประยุกต์ใช้ในกระบวนการอบขนมเวเฟอร์ เพื่อลดปริมาณความสูญเสียแปรปรวนในระหว่างการผลิต เพื่อหาสาเหตุและแนวทางแก้ไขปัญหาความสูญเสียแปรปรวน โดยใช้แนวทางการจัดการคุณภาพแบบ SIX SIGMA โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

- (1) ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการบริหารจัดการคุณภาพแบบ SIX SIGMA
- (2) เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- (3) กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อลดปริมาณการสูญเสียแบ่งในกระบวนการผลิต โดยการลดของเสียที่เกิดจากปัญหาเตาอบขนมเวเฟอร์ โดยใช้แนวทางของ SIX SIGMA
- (4) ระบุขอบเขตของงานวิจัย โดยใช้แผนภาพกระบวนการ (Process Map)
- (5) กำหนดระยะเวลาในการทำการวิจัย
- (6) กำหนดทีมงานดำเนินงาน ซึ่งจะต้องคัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญในส่วนของกระบวนการที่เลือกทำการปรับปรุง เพื่อช่วยสนับสนุนการทดลองและระดมความคิดด้วยเครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมาย ซึ่งทีมงานประกอบด้วย บุคคลของบริษัทกรณีศึกษา รวมทั้งหมด 16 คน ดังนี้

| | |
|--------------------------------------|------------|
| - ผู้จัดการแผนกเวเฟอร์-ไอแอนด์ | จำนวน 1 คน |
| - Supervisor แผนกผลิตเวเฟอร์-ไอแอนด์ | จำนวน 1 คน |
| - หัวหน้าแผนกเตาเวเฟอร์ | จำนวน 2 คน |
| - หัวหน้าแผนกเวเฟอร์-ไอแอนด์ | จำนวน 2 คน |
| - วิศวกร / ช่างแผนกซ่อมบำรุง | จำนวน 1 คน |
| - Supervisor แผนกตรวจสอบคุณภาพ | จำนวน 1 คน |
| - พนักงานแผนกผลิตเวเฟอร์-ไอแอนด์ | จำนวน 8 คน |

3.4.1.2 การวัด (Measure Phase)

เป็นขั้นตอนเพื่อศึกษาแหล่งที่มาที่เป็นสาเหตุของปัญหาด้วยเครื่องมือทางสถิติต่างๆ โดยเริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับรายละเอียดของกระบวนการผลิตในทุกๆ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา แสดงกระบวนการผลิตโดยใช้แผนภาพกระบวนการ (Process Map) และทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อที่จะประกันความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวัดก่อนทำการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ปัญหา

จากนั้นทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อลดขอบเขตของแหล่งที่มาของปัญหาที่ทำการพิจารณาและนำผลลัพธ์จากการทดลองมาศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยการระดมความคิดเห็นจากกลุ่มสมาชิกที่คัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ และปฏิบัติงานในกระบวนการอบเวเฟอร์ และทำการคัดเลือกปัจจัยต่าง ๆ ที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

3.4.1.3 การวิเคราะห์ (Analysis Phase)

เป็นขั้นตอนการระดมความคิดจากสมาชิกในทีม เพื่อหาสาเหตุที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุดระบุจากแผนภาพกระบวนการ (Process Map) ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

- (1) ทำการศึกษาขั้นตอนของกระบวนการผลิต ในกระบวนการอบเวเฟอร์
- (2) ระดมความคิดเพื่อระบุปัจจัยที่เป็นไปได้ที่มีผลกระทบต่อการศึกษาการสูญเสียแบ่งระหว่างกระบวนการอบเวเฟอร์ ซึ่งเครื่องมือที่นำมาประยุกต์ใช้ช่วยในการพิจารณา คือ แผนภาพกระบวนการ (Process Map) ในการระดมความคิดนี้จะทำโดยสมาชิกในทีม ทำการระดมความคิดโดยอิสระ เพราะผลลัพธ์ในขั้นตอนนี้ คือ จำนวนปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยผลการระดมความคิด นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาใส่ตารางสาเหตุและผลกระทบ (Cause and Effect Matrix) ในที่นี้กำหนดอัตราความสำคัญ เท่ากับ 10 เนื่องจากเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการเพียงข้อเดียว

(3) ให้กลุ่มสมาชิกทำการลงคะแนนความสำคัญให้กับทุกปัจจัยที่ได้ ซึ่งจะให้คะแนนในช่วง 1 ถึง 10 คะแนน โดยแต่ละคนจะให้คะแนนของตัวเองจนครบทุกปัจจัย

ผู้วิจัยทำการรวบรวมคะแนน พร้อมทั้งทำการคูณคะแนนของแต่ละปัจจัย ในแต่ละสมาชิกด้วยอัตราความสำคัญที่มีต่อลูกค้า เท่ากับ 10 จากนั้นทำการรวมคะแนนที่ได้ทั้งหมดในแต่ละปัจจัย และทำการสรุปคะแนนในตารางสาเหตุและผลกระทบ (Cause and Effect Matrix)

(4) จัดลำดับความสำคัญของปัจจัยในตารางสาเหตุและผลกระทบ (Cause and Effect Matrix) โดยเรียงลำดับคะแนนจากมากไปน้อยด้วยแผนภูมิพาร์โต

(5) หลังจากที่ได้พิจารณาเลือกปัจจัยที่สำคัญจากการพิจารณาด้วยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สาเหตุและผลกระทบแล้ว จะนำปัจจัยมาวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ พร้อมกับการพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจะคำนึงถึงการให้คะแนนของ Risk Priority Number (RPN) ให้กับแต่ละปัญหา

ผลการดำเนินงานวิจัย

1. การระบุปัญหา (Define Phase)

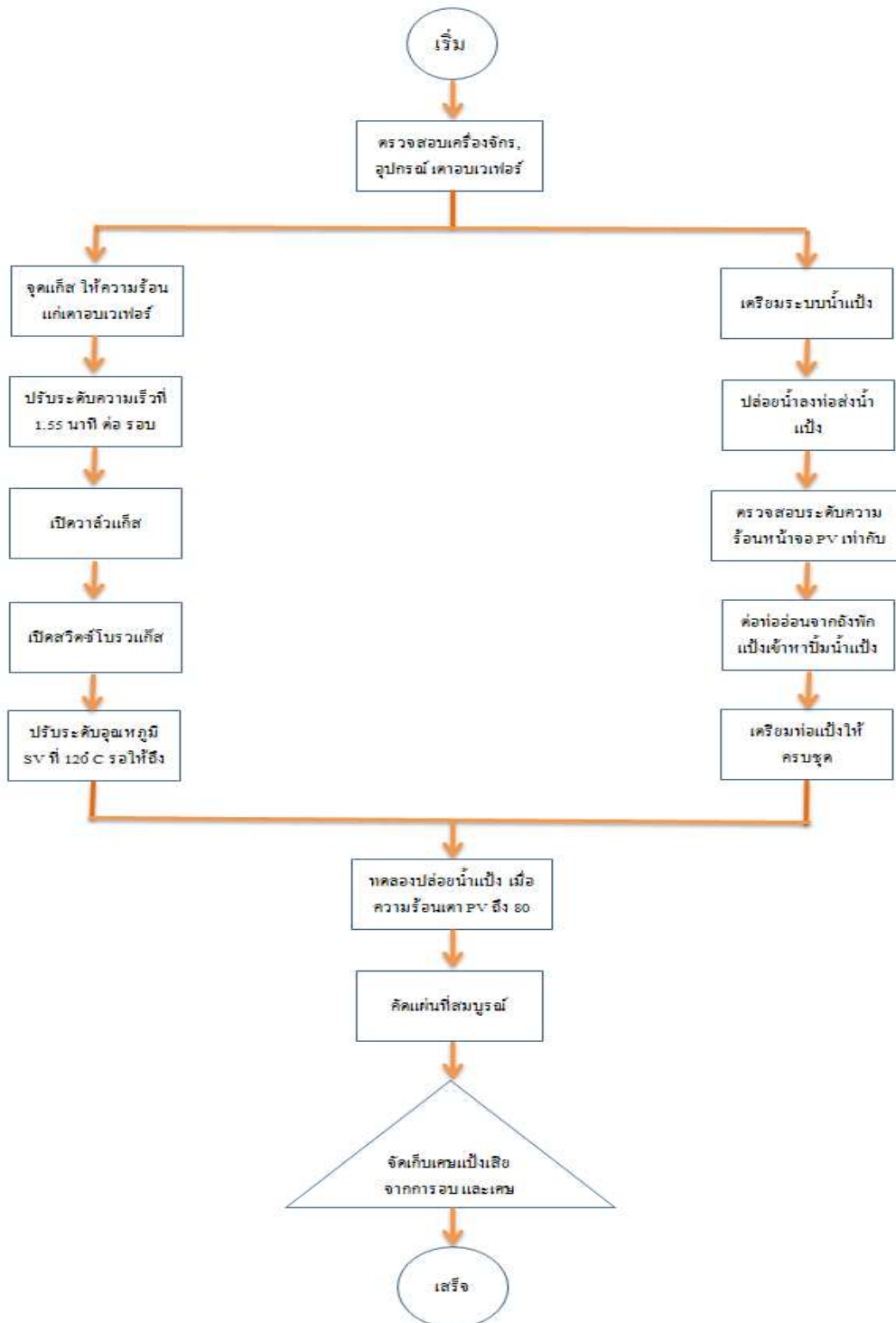
ขั้นตอนการระบุปัญหา ถือเป็นขั้นตอนแรกในการกำหนดจุดเริ่มต้นและทิศทางของการวิจัยตามวิธีการทาง SIX SIGMA ที่นำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตขนมเวเฟอร์ ที่นำไปใช้ปฏิบัติเพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1.1 การกำหนดทีมงานดำเนินงาน

ในการกำหนดทีมงานดำเนินงานโดยคัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ความสามารถในส่วนของกระบวนการที่ทำการแก้ไขปรับปรุง เพื่อช่วยสนับสนุนและระดมความคิดด้วยเครื่องมือและเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการดำเนินงาน ซึ่งทีมงานดำเนินงานประกอบด้วยบุคคลจำนวนทั้งหมด 16 คน ประกอบด้วยผู้จัดการแผนกเวเฟอร์-ใจแอนท์ 1 คน Supervisorแผนกผลิตเวเฟอร์-ใจแอนท์ 1 คน หัวหน้าแผนกเตาเวเฟอร์ 2 คน หัวหน้าแผนกเวเฟอร์-ใจแอนท์ 2 คน วิศวกรแผนกซ่อมบำรุง 1 คน Supervisor แผนกตรวจสอบคุณภาพ 1 คน และพนักงานแผนกผลิตเวเฟอร์-ใจแอนท์ 8 คน

1.2 การศึกษากระบวนการผลิต

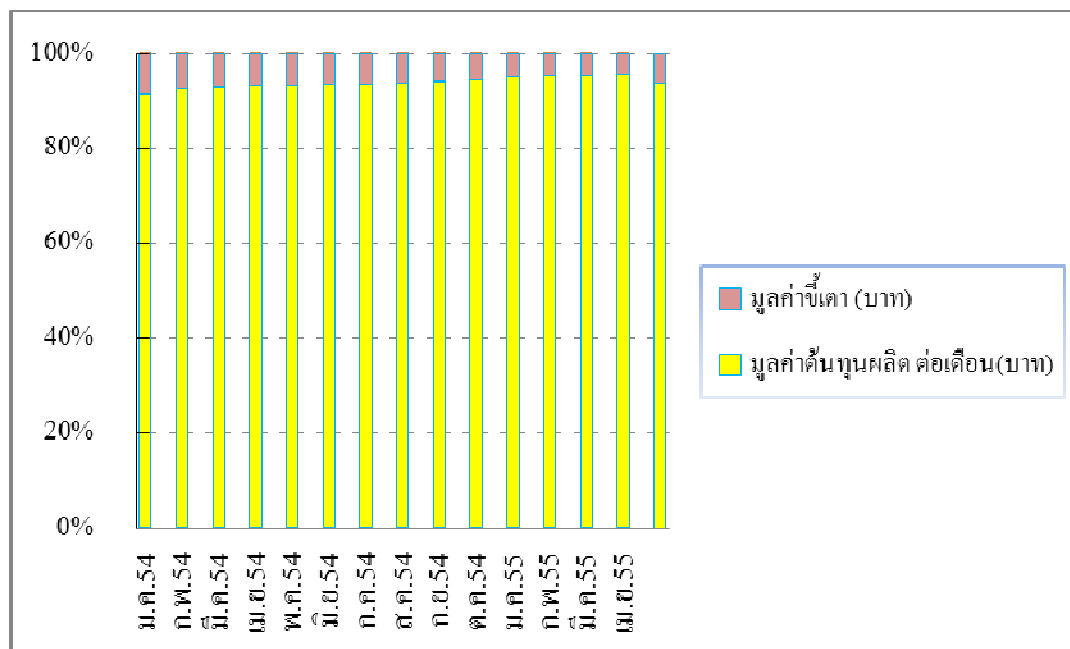
การเขียนแผนผังกระบวนการ (SIPOC Diagram) จะสามารถช่วยให้มองเห็นภาพรวมเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาของกระบวนการผลิต โดยเขียนเป็นแผนภาพกระบวนการ ในรูปที่ 2



รูปที่ 2: ขั้นตอนของกระบวนการผสมน้ำแข็งเวเฟอร์โดยละเอียดจากแผนภาพกระบวนการ

1.3 สภาพปัญหาในปัจจุบัน

จากการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนเมษายน 2555 พบว่า ในกระบวนการผสมแป้งเวเฟอร์มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต โดยเฉลี่ย 6.56% เมื่อเทียบกับจำนวนมูลค่าต้นทุนผลิตต่อเดือน (บาท)



รูปที่ 3: เปอร์เซนต์ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผสมแป้งเวเฟอร์ เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนเมษายน 2555

2. การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด (Gage R&R)

การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ เพื่อลดความผันแปรของระบบให้มีสาเหตุหลักมาจากกระบวนการผลิตเท่านั้น จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์และปรับปรุงระบบการวัดให้มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการยอมรับทางสถิติ ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) เลือกสิ่งตัวอย่างในกระบวนการผลิต 200 ชิ้น ซึ่งสิ่งเหล่านั้นจะต้องประกอบด้วย สิ่งที่มีคุณภาพดี และไม่ดีในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน
- 2) เลือกพนักงานตรวจสอบมาจำนวนทั้งสิ้น 3 คน จากแผนกเวเฟอร์
- 3) เลือกชิ้นงานในกระบวนการผลิตและสุ่มจำนวนทั้งสิ้น 200 ตัวอย่าง โดยที่ชิ้นงานเหล่านั้นต้องผ่านการตรวจวัดและได้ผลลัพธ์แล้ว
- 4) ทำการศึกษาพนักงานทีละคน โดยทำการตรวจชิ้นงานที่เตรียมไว้ และจะต้องเป็นการวัดแบบสุ่ม และให้พนักงานประเมินสิ่งตัวอย่างนั้นๆ ว่าผ่านหรือไม่ผ่าน ทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจวัดลงในแบบฟอร์มของพนักงานแต่ละคน โดยจะต้องทำซ้ำ 2 ครั้ง จนครบทุกคนทั้ง 3 คน
- 5) บันทึกค่าลงในแบบฟอร์มเพื่อทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด ผลการตรวจสอบคุณภาพงาน

ผลการตรวจสอบคุณภาพงานในระยะสั้น สรุปได้ว่าสำหรับผลของการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด พนักงานแต่ละคนมีความสามารถในการตรวจสอบไม่เท่ากัน โดยมีเปอร์เซ็นต์

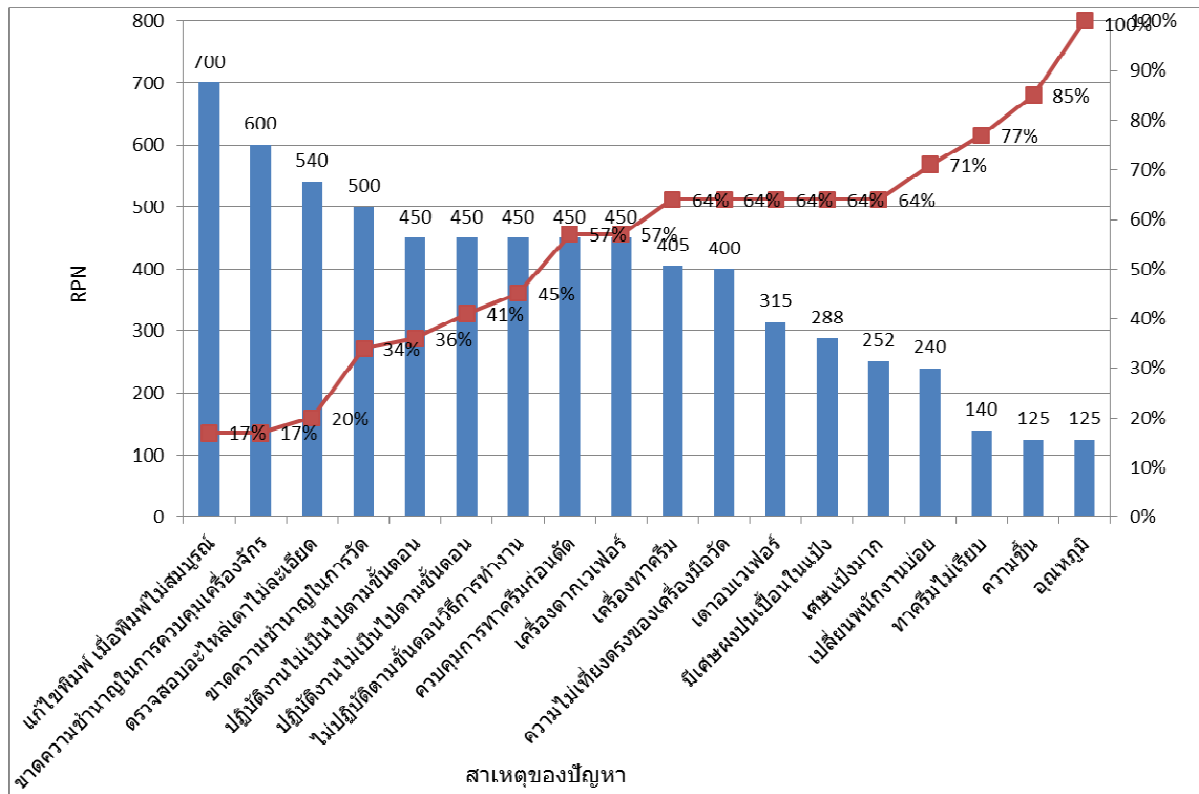
Repeatability ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 เท่ากับ 90% คนที่ 2 และ 3 เท่ากับ 93.33% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความไม่ลำเอียงของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 เท่ากับ 20% คนที่ 2 และ 3 เท่ากับ 26.67% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้าน Repeatability ของการตรวจสอบเท่ากับ 46.67% เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านความลำเอียงของการตรวจสอบเท่ากับ 46.67%

โดยการตัดสินใจว่าประสิทธิภาพของแต่ละดัชนีสามารถยอมรับได้หรือไม่ จะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยปกติค่าที่วัดได้จะต้องมีค่า 95% ขึ้นไป จึงสามารถสรุปได้ว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลของพนักงานอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากการตรวจสอบ พบว่าประสิทธิภาพของแต่ละดัชนีต่ำกว่า 95% ดังนั้นจะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัด โดยการจัดฝึกอบรมพนักงาน ในเรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเตาอบ พิมพ์เวเฟอร์ และการดูลักษณะของปัญหา เพื่อให้เข้าใจถึงพื้นฐานของเตาอบและพิมพ์เวเฟอร์ และลักษณะของเสียได้อย่างถูกต้อง เข้าใจหลักเกณฑ์การตัดสินใจในการแยกแยะความแตกต่างของเสียจากกระบวนการผลิต โดยใช้ระยะเวลา 1 วัน เป็นพนักงานแผนกเวเฟอร์ จำนวน 20 คน หลังจากการฝึกอบรมพนักงานทำให้ผลการตรวจสอบงานดีขึ้นและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์ Repeatability ของพนักงานตรวจสอบ คนที่ 1 คนที่ 2 และคนที่ 3 เท่ากับ 100% เปอร์เซ็นต์ความไม่ลำเอียงของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 คนที่ 2 และคนที่ 3 เท่ากับ 100% เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้าน Repeatability ของการตรวจสอบเท่ากับ 100% และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านความลำเอียงของการตรวจสอบเท่ากับ 100%

3. การวิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหา

การวิเคราะห์ปัญหาโดยการตัดสินใจจากข้อมูลทางสถิติอ้างอิง ประกอบด้วย การตั้งสมมติฐาน และการทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยนำผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์ของ FMEA โดยเลือกสาเหตุจากการเรียงลำดับเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงกว่า เพื่อทำการวิเคราะห์ก่อนตามลำดับไป

การแก้ไขปัญหาด้วยการลองผิดลองถูก โดยไม่ได้ทำการทดลองหรือทดสอบด้วยวิธีการเก็บข้อมูล และพิสูจน์ข้อมูลอย่างถูกต้อง เป็นวิธีการที่ไม่ได้ทำการแก้ปัญหอย่างแท้จริง



รูปที่ 4: แผนภูมิการเรดเรียงลำดับแสดงค่าความเสี่ยง RPN ที่ได้จากการวิเคราะห์ FMEA

4. การวิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหา

การวิเคราะห์ปัญหาโดยการตัดสินใจซึ่งปราศจากข้อมูลทางสถิติอ้างอิง จะทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ดังนั้น ขั้นตอนที่สำคัญของวิธีการทางสถิติ จึงประกอบด้วย การตั้งสมมติฐาน และการทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยนำผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์ของ FMEA โดยเลือกสาเหตุจากการเรียงลำดับเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงกว่า เพื่อทำการวิเคราะห์ก่อนตามลำดับไป

การแก้ไขปัญหาด้วยการลองผิดลองถูก โดยไม่ได้ทำการทดลองหรือทดสอบด้วยวิธีการเก็บข้อมูล และพิสูจน์ข้อมูลอย่างถูกต้อง เป็นวิธีการที่ไม่ได้ทำการแก้ปัญหาอย่างแท้จริง

ดังนั้น ในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและปัจจัยแวดล้อมของปัญหาให้ได้มากที่สุด เพื่อสามารถยืนยันได้อย่างแน่ชัดว่าสาเหตุเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหาคุณภาพหรือไม่

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

จากการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลได้นำเอาปัญหาที่เกิดขึ้นมาแก้ไขโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ความไม่สมบูรณ์ของพิมพ์

จากผลการจัดลำดับค่า RPN จะพบว่าความไม่สมบูรณ์ของพิมพ์ โดยมีค่า RPN เท่ากับ 700 คะแนน จากค่า RPN ทั้งหมด 7005 คะแนน จึงได้ทำการสำรวจพบว่า น็อตหลังพิมพ์และน็อตใต้พิมพ์ของเตาอบเวเฟอร์ขาดการตรวจเช็คสภาพการใช้งานจึงได้ทำการกำหนดการแก้ไขปัญหาโดย ทำการตรวจเช็ค น็อตหลังและใต้พิมพ์ทุก 2 สัปดาห์ เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาน็อตหลังพิมพ์และน็อตใต้พิมพ์คลายตัวทำให้แผ่น

เวเฟอร์หนาหรือบางไม่ได้ตามมาตรฐานตามที่กำหนดทำให้เกิดการสูญเสียในกระบวนการผลิตและเพื่อเป็นการเพิ่มอายุการใช้งานของน็อตไม่ให้คลายตัวจนหลุด หรือน็อตขาด

4.2 ขาดการตรวจสอบความหนาของแผ่นเวเฟอร์

ระบบเดิมแผ่น เวเฟอร์มีการตรวจสอบความหนาทุก 1 เดือน และมักจะละเลยการตรวจสอบ ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาเรื่องความหนาบางของแผ่นเวเฟอร์ทุกจุดไม่เท่ากันเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียในกระบวนการผลิตเพราะความถี่ในการตรวจวัดน้อยเกินไปจึงได้ทำการตรวจวัดความหนาของแผ่นเวเฟอร์ ทุก 1 สัปดาห์และทำการบันทึกความหนาบางลงในแบบฟอร์มการตรวจวัดแผ่น เวเฟอร์

4.3 ท่อหยดแบ่งเกิดปัญหาแบ่งอุดตันได้ง่าย

ท่อหยดแบ่งเกิดปัญหาแบ่งอุดตันได้ง่ายทำให้ปริมาณน้ำแบ่งที่หยดลงพิมพ์เวเฟอร์ไม่สม่ำเสมอจึงทำให้เกิดการสูญเสียในกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงได้ทำการทำตระแกรงที่ถังพักแบ่งก่อนที่จะเข้าปั๊มเพื่อเป็นการเพื่อเป็นการกรองแบ่งที่ตกตะกอนหรือส่วนที่แข็งตัวเป็นก้อนอาจทำให้เกิดการอุดตันที่ท่อหยดน้ำแบ่งลงที่พิมพ์เวเฟอร์ทำให้แบ่งหยดลงพิมพ์ไม่สม่ำเสมอและทำให้เกิดการสูญเสีย

4.4 กากบาทลือกพิมพ์เวเฟอร์และลูกปืนเกิดการสึกหรอ

กากบาทลือกพิมพ์เวเฟอร์และลูกปืนเกิดการสึกจากการใช้งานทำให้เกิดการสูญเสียของแผ่นเวเฟอร์ทำให้แผ่นหนาบางไม่ได้มาตรฐานปกติทำการตรวจเช็คทุก 3 เดือนจึงได้ทำการเพิ่มความถี่ในการตรวจเช็คกากบาทและลูกปืนทุก 2 สัปดาห์เพื่อป้องกันการเกิดแผ่นหนาบางไม่ได้มาตรฐาน

1. การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ

เมื่อสามารถระบุปัญหา สาเหตุของปัญหา แนวทางการแก้ไขปัญหา และนำแนวทางไปปฏิบัติงาน นอกจากนี้ยังได้เน้นกิจกรรมเพื่อการแก้ไข เน้นการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำขึ้นอีก และคงสภาพของการปรับปรุงนั้นไว้ต่อเนื่อง ฝ้าติดตามแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงที

3.1 ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการอบให้คงที่

3.2 ควบคุมปริมาตรน้ำแบ่งที่หยดลงพิมพ์

3.3 ควบคุมความหนาของแผ่นให้คงที่

2. การตรวจสอบ

การตรวจสอบเพื่อให้มั่นใจว่า ปัญหาได้รับการป้องกันแก้ไขไม่ให้เกิดซ้ำแล้ว ด้วยการจัดเก็บข้อมูลผลการแก้ไขปัญหาคด้วยแผนภูมิหรือตารางบันทึกจำนวนครั้งที่ผิดพลาดของพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบผลการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไขปัญหา ซึ่งได้ดำเนินการ 2 แบบ ดังนี้

- การสุ่มตรวจสอบโดยตารางสรุปการบันทึกผลการทำงานต่อวัน เพื่อเป็นการตรวจสอบปริมาณการทำงาน เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

- การตรวจสอบโดยใช้สายตาการควบคุมทีมงาน เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ เป็นการตรวจสอบว่าดำเนินงานตามขั้นตอนวิธีการปฏิบัติหรือไม่ และยังเป็น การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน และเครื่องจักรต่าง ๆ ด้วย

จากข้อมูลการผลิตหลังการนำระบบการบริหารแบบ Six Sigma มาประยุกต์ใช้ ในเดือน มกราคม 2554 – เมษายน 2555 จะต้องมีแผ่นเวเฟอร์จากการผลิตจำนวน 2000 แผ่นเสีย 15 แผ่น ที่เกิดจากอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป, จำนวน 20 แผ่น ที่เกิดจากความไม่สมบูรณ์ของพิมพ์, จำนวน 16 แผ่น ที่เกิดจากการลำเลียงมาตามสายพาน และจำนวน 9 แผ่น ที่เกิดจากระบบไฟฟ้า 18 แผ่น ตรวจสอบอะไหล่เก่าไม่ละเอียด 15 แผ่น มีเศษผงปนเปื้อนในแบ่ง 6 แผ่น อื่น ๆ ตามลำดับ สามารถคำนวณหา DPMO (Defects

per Million Opportunities) หรือจำนวนจุดที่จะเกิดความผิดพลาดหรือของเสียขึ้นจากการทำงาน 1 ล้าน ครั้ง คือ

สรุป คือ DPMO = 49,500 จุด เมื่อนำมาเทียบกับอัตราของเสียตามตารางที่ 3 จะพบว่า มาตรฐานการทำงานอยู่ที่ประมาณ ระดับคุณภาพ 3.15 σ (อ้างอิงที่ระดับมาตรฐาน 6 σ กรณีของเสีย (ppm) จากการกระจายเมื่อมีการเลื่อนแนวแกนออกไป 1.5 Sigma จากการกระจายแบบปกติ)

สรุป การคำนวณหา DPMO = 400,000 จุดนั้นสามารถใช้เป็นมาตรวัดเพื่อจะเป็นตัวบอกถึง ค่าใช้จ่ายแฝงของการทำงานซ้ำ (Rework) และการคำนวณ DPO จะช่วยบอกถึงโอกาสที่จะเกิดจำนวนของ เสียหรือจำนวนจุดที่จะทำงานผิดพลาดในกระบวนการทำงาน

3. การคำนวณจำนวนของเสียในรูปแบบของ Defects Per Opportunity (DPO)

จากข้อมูลการผลิต จะมีการนำระบบการบริหารแบบ SIX SIGMA มาประยุกต์ใช้ ตั้งแต่เดือน มกราคม 2554 – เมษายน 2555 มีการเก็บตัวอย่างที่มีปัญหา จำนวน 200 แผ่น จากการผลิตมี 40 แผ่น ที่เกิดจากอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป, มี 80 แผ่น ที่เกิดจากความไม่สมบูรณ์ของพิมพ์, 20 แผ่น ที่เกิดจากการ ลำเลียงมาตามสายพาน, 10 แผ่น ที่เกิดจากระบบไฟฟ้า, 20 แผ่นตรวจสอบบะโหลกเตาไม่ละเอียด, 20 แผ่นมี เศษผงปนเปื้อนในแป้งและ 10 แผ่น อื่นๆ ตามลำดับ สามารถคำนวณหา DPMO (Defects Per Million Opportunities) หรือจำนวนจุดที่จะเกิดความผิดพลาดหรือของเสียขึ้นจากการทำงาน 1 ล้าน ครั้ง นั่นคือ DPMO = 100,000 จุด เมื่อนำมาเทียบกับอัตราของเสียตามตารางที่ 3 จะพบว่า มาตรฐานการทำงานอยู่ที่ ประมาณ ระดับคุณภาพ 2.75 σ (อ้างอิงที่ระดับมาตรฐาน 1 σ กรณีของเสีย (PPM) จากการกระจายเมื่อมี การเลื่อนแนวแกนออกไป 1 SIGMA จากการกระจายแบบปกติ

สรุป การคำนวณหา DPMO = 100,000 จุดนั้นสามารถใช้เป็นมาตรวัดเพื่อจะเป็นตัวบอกถึงค่าใช้จ่าย แฝงของการทำงานซ้ำ (Rework) และการคำนวณ DPO จะช่วยบอกถึงโอกาสที่จะเกิดจำนวนของเสียหรือ จำนวนจุดที่จะทำงานผิดพลาดในกระบวนการทำงาน

สรุป

การนำเอาระบบการบริหารงานแบบ SIX SIGMA มาประยุกต์ใช้และทดลองใช้ในการบริหารงาน เพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการทำงานของเครื่องอบเวเฟอร์ และความไม่สมบูรณ์ของแผ่นเวเฟอร์ ที่ใช้ใน กระบวนการผลิตขนมเวเฟอร์ของบริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารศรีสยาม จำกัด ได้ช่วยในการลดของเสียที่เกิดขึ้นใน การปฏิบัติงาน เพื่อให้ต้นทุนการผลิตลดลง ลดอัตราการสูญเสียวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเช่น การลดซีแพ่ง หรือ ซีเตา ซึ่งเกิดจากการทำงานของเครื่องอบเวเฟอร์ ทำให้กระบวนการผลิตจากก่อนการปรับปรุงระดับคุณภาพ Sigma = 2.75 σ และหลังปรับปรุงระดับคุณภาพ Sigma = 3.15 σ เพิ่มขึ้น 0.4 σ หรือโอกาสที่จะเกิด จำนวนของเสียก่อนปรับปรุงที่ 100,00 จุด ลดลงเหลือ 49,500 จุดนั้นหมายความว่าช่วยบริษัทลดต้นทุนการ ผลิต จากผลการดำเนินการสามารถปรับปรุงคุณภาพมีเปอร์เซ็นต์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจากเดือน ม.ค. 2554 ถึง เม.ย.2555 จาก 3.34 % เหลือ 1.63 % ลดลง 1.71 % และทำให้ปริมาณของเสียในขั้นตอนการ ผลิต จาก 743,90 บาท เหลือ 23547 บาท ทำให้ของเสียลดลงถึง 240,562 บาทนั่นคือบริษัทฯ มีผลกำไร เพิ่มขึ้นมากจากเดิม

เอกสารอ้างอิง

- เกียรติขจรโฆมานะสิน. 2550. *Lean* วิธีแห่งการสร้างคุณค่าสู่องค์กรที่เป็นเลิศ. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.
- ไชยยนต์สาวนะชัย. 2550. *การจัดการระบบการผลิต แบบโตโยต้าแบบเดินตามทีละขั้น*. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- วชิรพงษ์สาลีสิงห์. 2548. *ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma*. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.
- เกรียงศักดิ์ เอื้อสกุลรุ่งเรือง. (2544). *กระบวนการจัดทำระบบการบริหารงานแบบซิกซ์ ซิกม่า ของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษา: บริษัทโซนี่สยามอินดัสตรีส์ จำกัด*. วิทยานิพนธ์ วิทยาการจัดการอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร.
- ธนัท วาณิชธนรักษ์. (2548). *แนวทางการนำระบบการบริหาร Six Sigma มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (จิตวิทยาอุตสาหกรรมและองค์กร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยรามคำแหง. ถ่ายเอกสาร.
- วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. 2548. *ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma*. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, หน้า 80 -81

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดเรียงเครื่องมือและอุปกรณ์การแพทย์เข้าสู่ตู้ฆ่าเชื้อ DECISION SUPPORT SYSTEM FOR LOADING MEDICAL PRODUCTS INTO STERILIZATION CHAMBER.

อักษร บุญเรือง, ชนิตา จันทร์ตรี
Aksorn Boonreuang, Chanida Jantree

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
Engineering Management Graduate School South-East Asia University
Email: aksorn_1@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนในการตัดสินใจสำหรับการหารูปแบบการวางบรรจุภัณฑ์บนพาเลทแล้วนำเข้าสู่ตู้ฆ่าเชื้อ ให้มีค่าอัตราประโยชน์การใช้ปริมาตรของพื้นที่เพิ่มขึ้น เพื่อลดต้นทุนการฆ่าเชื้อต่อบรรจุภัณฑ์ โดยได้เปรียบเทียบวิธีการแบบเดิมที่มีการตัดสินใจจากพนักงานกับขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมา ซึ่งปัญหาจากกรณีศึกษาเป็นการจัดเรียงบรรจุภัณฑ์ประเภท A, B และ C โดยมีข้อจำกัดในการทำให้ปราศจากเชื้อที่แตกต่างกัน ในการศึกษาได้ใช้วิธีเชิงฮิวริสติกที่มีพื้นฐานมาจากวิธีกำหนดการเชิงพลวัตและขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์โดยใช้สมการในการคำนวณและปรับปรุงคำตอบตามมุมมองการวางบรรจุภัณฑ์ที่กำหนดไว้

ขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้กับบรรจุภัณฑ์ทุกประเภทและทุกมุมมอง โดยมุมมองแบบ Side view มีความถี่ในการให้ค่าที่เหมาะสมมากที่สุด ส่วนค่าอัตราประโยชน์ในการวางบรรจุภัณฑ์บนพาเลทมีค่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3.66 % และมีปริมาณบรรจุภัณฑ์บนพาเลทเพิ่มขึ้น 2 กล่อง โดยการบรรจุที่เพิ่มขึ้นนี้มีผลต่อบรรจุภัณฑ์ทุกประเภท ค่าอัตราประโยชน์และปริมาณบรรจุภัณฑ์ในพาเลทที่เพิ่มขึ้นนี้สามารถนำมาหาปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นในตู้ฆ่าเชื้อได้ และสามารถลดต้นทุนในการฆ่าเชื้อต่อกล่องลงได้เฉลี่ย 4.26% ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นมานี้ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการหารูปแบบการจัดเรียงบรรจุภัณฑ์บนพาเลทเพื่อเพิ่มปริมาณในบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่ ส่วนข้อจำกัดคือ ผู้ใช้งานจะต้องทำการเลือกมุมมองที่ให้ค่าที่เหมาะสมก่อนและนำมาวาดภาพการเรียงบรรจุภัณฑ์ตามขนาดของบรรจุภัณฑ์และรูปแบบที่แสดงผลออกมา

คำสำคัญ: ระบบสนับสนุนในการตัดสินใจ, ค่าอัตราประโยชน์, วิธีเชิงฮิวริสติก, กำหนดการเชิงพลวัต, ตู้ฆ่าเชื้อ

Abstract

The purpose of this research to develop a decision support system for loading medical products into the pallets, then into sterilization chamber. To increase the utility volume of space and reduce the cost sterilization of medical products per box. By comparison with traditional methods of awarding employees with a computer algorithm developed. The case study is the problem of loading, medical products type A, B and C,

with restrictions on the different cycle sterilization. The heuristic method that is based on dynamic programming and computer algorithm were used in this study, using the equation to calculate and improve the view on the product specified.

A computer algorithm was developed to find the optimal solution all view and all product, Side view of a particular frequency is the most suitable time. Utility placed on pallets is increased 3.66% and packed up two boxes by filling up this affects all types of product. Utility value and increase volume of product that can be used to find increase volume of product into sterilization chamber and can reduce the cost of sterilization per box average 4.26%. The decision support system was developed, are suitable for used in a package arranged on a pallet in order to increase the volume of product that is smaller rather than larger. The limitation is that the user will have to select the proper view to the first and to draw loading product as same as result.

Keywords: Decision support system, Utility, Heuristic methods, Dynamic programming, Sterilization chamber

บทนำ

สินค้าประเภทเครื่องมือ และอุปกรณ์การแพทย์ เมื่อทำการผลิตเสร็จแล้วจะต้องทำการฆ่าเชื้อ เพื่อให้สินค้าปราศจากเชื้อโรคก่อนที่จะส่งถึงมือผู้ใช้สินค้า แต่มักจะพบกับปัญหาของปริมาณตู้ฆ่าเชื้อที่ไม่เพียงพอต่อปริมาณการฆ่าเชื้อและมีราคาสูง เนื่องจากมีผู้ประกอบการหลายรายที่ต้องการความรวดเร็วในการนำผลิตภัณฑ์ผ่านการฆ่าเชื้อ และทำให้สินค้าปราศจากเชื้อตามความต้องการของลูกค้า ดังนั้นหากสามารถเพิ่มปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่นำเข้าฆ่าเชื้อแต่ละรอบได้ ก็จะสามารถลดจำนวนครั้งในการฆ่าเชื้อได้ และลดต้นทุนในการฆ่าเชื้อต่อกล่องได้เช่นกัน การแก้ปัญหาการจัดเรียงบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ Bischoff et al. (1995: 377-390) ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดเรียงบรรจุภัณฑ์บนพาเลท (pallet loading problem) เป้าหมายของการบรรจุคือการจัดเรียงบรรจุภัณฑ์ให้อัตถประโยชน์ของการใช้ปริมาตรมีค่ามากที่สุด โดยทราบค่าขนาดของบรรจุภัณฑ์ขนาดของพาเลทและขีดจำกัดความสูงของบรรจุภัณฑ์ที่สามารถวางบนพาเลท ในงานวิจัยได้นำเสนอการใช้ อัลกอริทึมหาคำตอบแบบประมาณ (heuristic), Scheithauer and Sommerwei (1998: 509-526) ได้ศึกษาปัญหาการบรรจุรูปลิ่มเหลี่ยมขนาดเล็กลงในสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ เพื่อให้การใช้พื้นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยได้พัฒนาวิธีการหาคำตอบแบบประมาณ (heuristic) โดยใช้หลักการจาก “ฮิวริสติก G4” เพื่อหาคำตอบของปัญหาการจัดเรียงบรรจุภัณฑ์บนพาเลท, Steudel (1979) พิจารณาการจัดวางบรรจุภัณฑ์ในพาเลทแบบ 2 มิติ โดยได้นำเสนอวิธีเชิงฮิวริสติก คือ ใช้วิธีกำหนดการเชิงพลวัต (Dynamic Programming) มาประยุกต์ในการแก้ปัญหาในกรณีที่กล่องมีขนาดเท่ากัน มีวัตถุประสงค์ คือ ต้องการหารูปแบบการจัดเรียงที่เหมาะสม เพื่อให้มีสัดส่วนของพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ต่อพื้นที่ทั้งหมดน้อยที่สุด, Hodgson (1982) ได้ทำการพิจารณาการจัดวางบรรจุภัณฑ์ในพาเลทแบบ 2 มิติ ซึ่งเป็นปัญหาในการจัดวางกล่องรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก n กล่อง โดยมีวัตถุประสงค์ คือ ให้มีการใช้พื้นที่การวางกล่องสินค้าในพาเลทให้มากที่สุด ใช้วิธีกำหนดการเชิงพลวัต และวิธีฮิวริสติกในการแก้ปัญหา, สุภารัตน์ (2547: 39-74) ได้ใช้วิธีเชิงฮิวริสติกที่มีพื้นฐานมาจากวิธีกำหนดการเชิงพลวัตและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณหารูปแบบการบรรจุสินค้าที่มีอรรถประโยชน์ของการใช้ปริมาตรสูงสุด จากนั้นจึงทำการประเมินประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอโดยใช้ข้อมูล

จากกรณีศึกษาพบว่าค่าของอัตราประโยชน์ของการใช้ปริมาตร คือ 92.928 % ซึ่งมีความมากกว่าการบรรจุแบบเดิมถึง 16.896 %

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (decision support system) สำหรับการหารูปแบบการวางบรรจุภัณฑ์บนพาเลทแล้วนำเข้าตู้ฆ่าเชื้อ ให้มีค่าอัตราประโยชน์การใช้ปริมาตรของพื้นที่เพิ่มขึ้นโดยขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ และเพื่อลดต้นทุนการฆ่าเชื้อต่อบรรจุภัณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การแก้ปัญหาการบรรจุ ได้ใช้วิธีเชิงฮิวริสติกแบบ 2D Rectangular Packing ที่มีพื้นฐานมาจากวิธีกำหนดการเชิงพลวัต (Dynamic Programming) และขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมา โดยใช้สมการในการคำนวณปรับปรุงค่าตอบเพื่อหารูปแบบการบรรจุให้มีอัตราประโยชน์ของการใช้ปริมาตรสูงสุดในการจัดวางบรรจุภัณฑ์ที่ละชั้นในพาเลทแบบ 2 มิติ

Huristic เพื่อแก้ปัญหาการบรรจุ

1. สมการที่ใช้ในการคำนวณ

การคำนวณหาการบรรจุกล่องเล็กเพื่อให้เกิดพื้นที่ในกล่องใหญ่ให้ได้มากที่สุดมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$F_n(S_n) = \text{MAX}[X_n \cdot l + Y_n \cdot w + F_{n-1}(S_{n-1})] \quad (1)$$

$$\text{Subject to } X_n \cdot l + Y_n \cdot w \leq D_n \quad n = 1, \dots, 4 \quad (2)$$

โดยที่

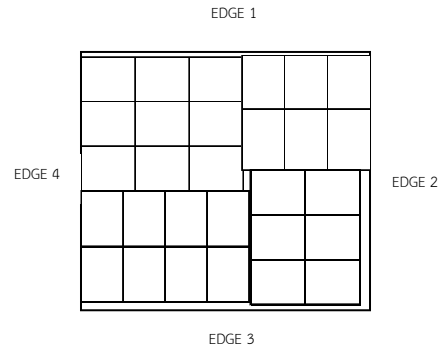
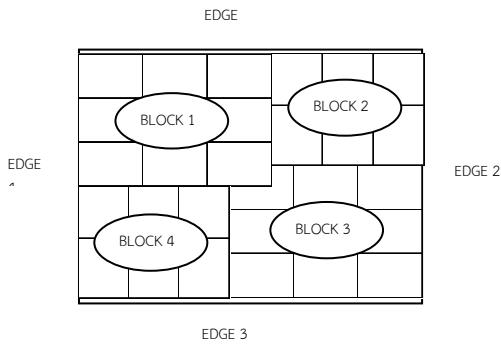
- n = ด้านทั้ง 4 ของกล่องใหญ่ คือ ด้านยาว (n = 1, 3) และด้านกว้าง (n = 2, 4)
- $F_n(S_n)$ = ค่ามากที่สุดของผลรวมค่าความกว้างและความยาวที่ได้วางในด้าน n ของกล่องใหญ่ที่มีการรับตัวแปร S_n เข้ามา
- X_n = จำนวนกล่องเล็กที่มีความยาว (l) วางตามแนวยาวในด้านที่ n ของกล่องใหญ่
- Y_n = จำนวนกล่องเล็กที่มีความกว้าง (w) วางตามแนวกว้างในด้านที่ n ของกล่องใหญ่
- D_n = ขนาดของด้านที่ n ของกล่องใหญ่ (เป็นได้ทั้งด้านกว้างและด้านยาว)
- S_n = ตัวแปรของแต่ละสถานะ n ซึ่งเป็นเงื่อนไขค่าเริ่มต้นสำหรับด้าน n โดย S_n มีค่าที่เป็นไปได้ 3 ค่า ตัวอย่างเช่น

$$S_n = 1 : X_n = 0, Y_n = 2 \text{ (ให้ } X_n \text{ มีค่า} = 0 \text{ แล้วหาค่า } Y_n \text{ จากสมการ (2))}$$

$$S_n = 2 : X_n = 2, Y_n = 0 \text{ (ให้ } Y_n \text{ มีค่า} = 0 \text{ แล้วหาค่า } X_n \text{ จากสมการ (2))}$$

$$S_n = 3 : X_n = 1, Y_n = 1 \text{ (ให้ } X_n \text{ มีค่า} = 1 \text{ แล้วหาค่า } Y_n \text{ จากสมการ (2))}$$

รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างรูปแบบการบรรจุกล่องเล็กในแต่ละด้าน $n = 1, \dots, 4$ ของกล่องใหญ่ที่ประกอบขึ้นมาจาก B_1, B_2, B_3, B_4 ตามความสัมพันธ์ของ X_n และ Y_n โดยต้องสังเกตเงื่อนไขของ X_n และ Y_n เช่น ถ้า $X_n \geq 1$ ดังนั้น $Y_n \geq 1$ แสดงว่าเกิดสี่เหลี่ยม B_1 ขึ้นมา และมีความสัมพันธ์กับด้านที่ 1 และด้านที่ 4 ของกล่องใหญ่ เป็นต้น



รูปที่ 1: แสดงรูปแบบการบรรจุของกล่องเล็ก ประกอบขึ้นมาเป็น B_1, B_2, B_3, B_4

รูปที่ 2: แสดงรูปแบบการบรรจุของกล่องเล็ก หลังจากปรับปรุงค่า X_3 และ Y_3

- B_1 : เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่เกิดมาจาก X_1 และ Y_4
- B_2 : เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่เกิดมาจาก X_2 และ Y_1
- B_3 : เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่เกิดมาจาก X_3 และ Y_2
- B_4 : เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่เกิดมาจาก X_4 และ Y_3

2. การปรับปรุงคำตอบ

ในส่วนนี้จะทำการปรับปรุงคำตอบ โดยการเพิ่มหรือลดค่าของ X_n และ Y_n เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ในกล่องใหญ่ให้ได้มากที่สุด การปรับปรุงคำตอบจะทำในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ที่ 1: เกิดการซ้อนทับกันระหว่าง B_1, B_2, B_3, B_4

เหตุการณ์ที่ 2: เกิดพื้นที่ว่างตรงกลางของกล่องใหญ่มีมากกว่าพื้นที่ของกล่องเล็ก

2.1 การปรับปรุงคำตอบในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ที่ 1

การซ้อนทับกันระหว่าง B_1, B_2, B_3, B_4 มาจากเงื่อนไขที่เป็นจริงของสมการ 2 สมการ ดังต่อไปนี้

$$\text{กรณีที่เกิดการซ้อนทับกันระหว่าง } B_1, B_3 \text{ ถ้าสมการทั้งสองเป็นจริง}$$

$$(D_1 - X_1.l) < X_3.l \quad \text{และ} \quad (D_4 - Y_4.w) < Y_2.w \quad (3)$$

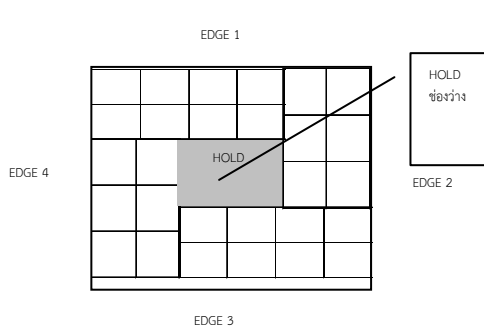
$$\text{กรณีที่เกิดการซ้อนทับกันระหว่าง } B_1, B_4 \text{ ถ้าสมการทั้งสองเป็นจริง}$$

$$(D_1 - Y_1.w) < Y_3.w \quad \text{และ} \quad (D_2 - X_2.l) < X_4.l \quad (4)$$

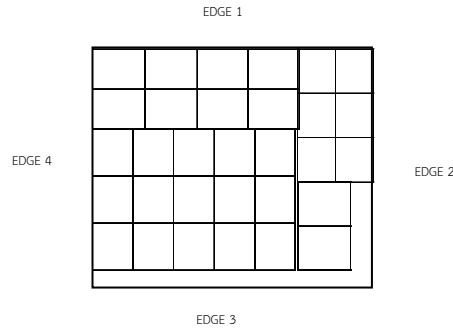
วิธีการปรับปรุงคำตอบ คือ กำหนดให้ B_1, B_2 คงที่ จากนั้นปรับปรุงส่วนของ B_3, B_4 ซึ่งหมายถึง การปรับปรุงค่าของ X_3, Y_2, X_4, Y_3 ให้เป็นไปตามเงื่อนไข เพื่อแก้ปัญหาการเกิดการซ้อนทับกัน ดังแสดงในรูปที่ 2

2.2 การปรับปรุงคำตอบในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ที่ 2

เพื่อแก้ปัญหาการเกิดพื้นที่ว่างตรงกลางของกล่องใหญ่มีพื้นที่มากกว่าพื้นที่ของกล่องเล็กวิธีการปรับปรุงคำตอบในกรณีนี้จะคล้ายกับกรณีที่ 1 คือ กำหนดให้ B_1, B_2 คงที่ จากนั้นปรับปรุง B_3, B_4 ซึ่งหมายถึง การปรับปรุงค่าของ X_3, Y_2, X_4, Y_3 จนกว่าพื้นที่ตรงกลางมีค่าน้อยกว่าพื้นที่ของกล่องเล็ก (คือ ไม่สามารถนำกล่องเล็กเข้ามาบรรจุในกล่องใหญ่ได้อีก) ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ สุदारัตน์ (2547: 213-219)



รูปที่ 3: แสดงรูปแบบการบรรจุของกล่องเล็ก
 ที่ทำให้มีพื้นที่ว่างตรงกลางขนาดใหญ่



รูปที่ 4: แสดงรูปแบบการบรรจุของกล่องเล็ก
 หลังจากปรับปรุงค่า X_3 และ Y_3 ในรูปที่ 2

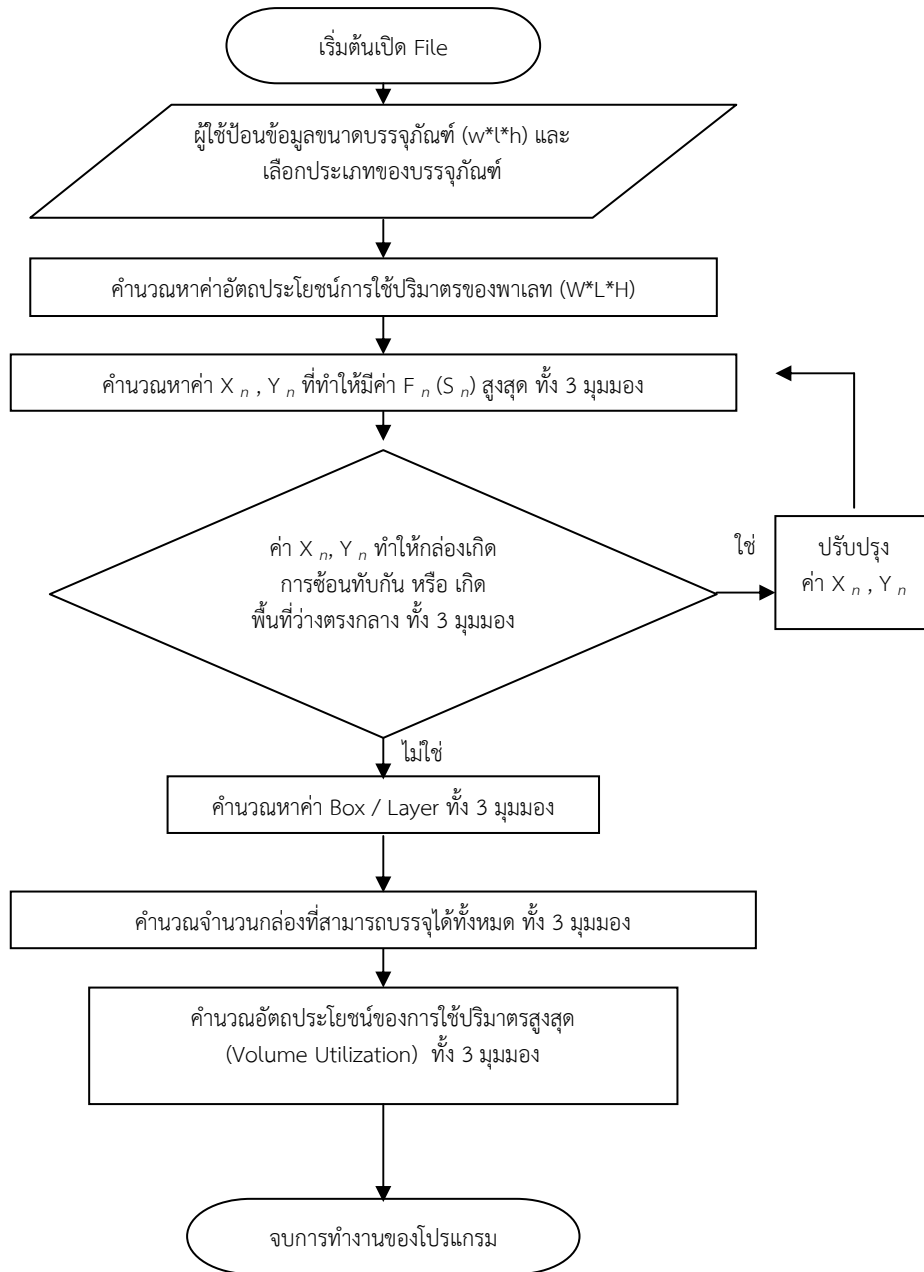
3. มุมมองการจัดวาง 9 ทางเลือก

- ทางเลือกที่ 1 การวางกล่องมุมมอง Front view (l^*h) ลงบนพาเลทมุมมอง Front view (L^*H)
- ทางเลือกที่ 2 การวางกล่องมุมมอง Side view (w^*h) ลงบนพาเลทมุมมอง Front view (L^*H)
- ทางเลือกที่ 3 การวางกล่องมุมมอง Top view (w^*l) ลงบนพาเลทมุมมอง Front view (L^*H)
- ทางเลือกที่ 4 การวางกล่องมุมมอง Front view (l^*h) ลงบนพาเลทมุมมอง Side view (W^*H)
- ทางเลือกที่ 5 การวางกล่องมุมมอง Side view (w^*h) ลงบนพาเลทมุมมอง Side view (W^*H)
- ทางเลือกที่ 6 การวางกล่องมุมมอง Top view (w^*l) ลงบนพาเลทมุมมอง Side view (W^*H)
- ทางเลือกที่ 7 การวางกล่องมุมมอง Front view (l^*h) ลงบนพาเลทมุมมอง Top view (W^*L)
- ทางเลือกที่ 8 การวางกล่องมุมมอง Side view (w^*h) ลงบนพาเลทมุมมอง Top view (W^*L)
- ทางเลือกที่ 9 การวางกล่องมุมมอง Top view (w^*l) ลงบนพาเลทมุมมอง Top view (W^*L)

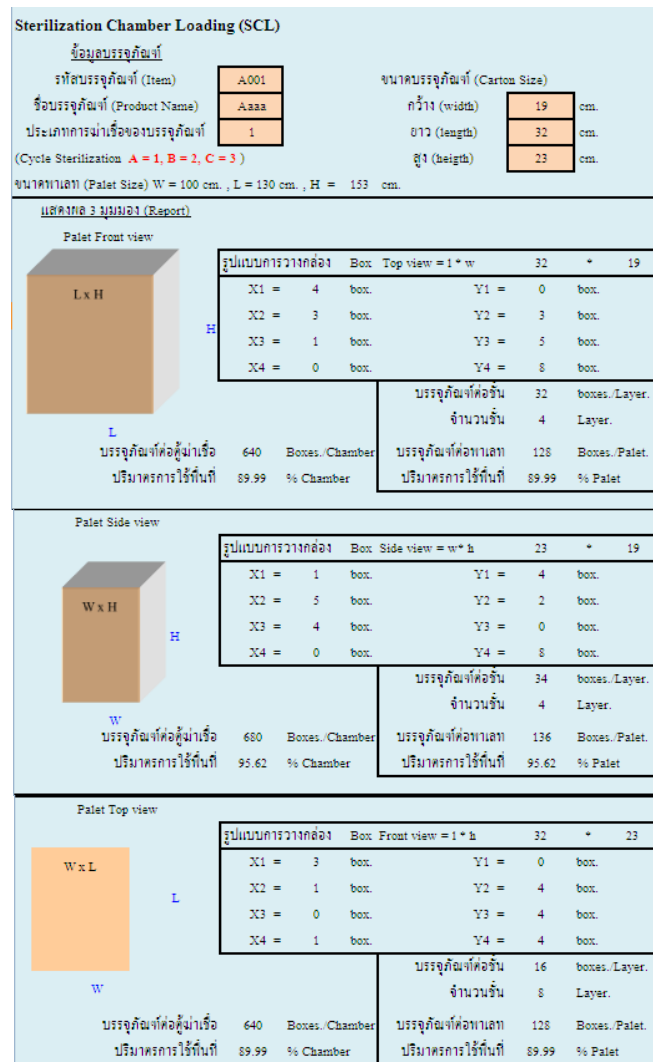
4. ขั้นตอนวิธีการทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมา

ในส่วนนี้เป็นนำเอาวิธีฮิวริสติก มาพัฒนาเป็นขั้นตอนวิธีการทางคอมพิวเตอร์ เรียกว่า Sterilization Chamber Loading (SCL) โดยพัฒนาขึ้นมาจาก Microsoft Office Excel 2007 เพื่อให้คำนวณหารูปแบบการบรรจุสินค้าลงในพาเลทเพื่อให้มีอัตราประโยชน์ของการใช้ปริมาตรเพิ่มขึ้น โดยจะอธิบายรายละเอียดของโครงสร้างการทำงานของขั้นตอนวิธีการทางคอมพิวเตอร์ ดังต่อไปนี้

4.1 โครงสร้างการทำงานของขั้นตอนวิธีการทางคอมพิวเตอร์



รูปที่ 5: แสดงแผนภาพการไหลของขั้นตอนการทำงานของวิธีการทางคอมพิวเตอร์



รูปที่ 6: แสดงผลการคำนวณจาก SCL ทั้ง 3 มุมมอง

5. การดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหาการบรรจุ ทำการพิจารณาตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

5.1 พิจารณาความสูงของตู้ฆ่าเชื้อ และความกว้าง ความยาว ของพาเลท ตามตารางที่ 1 โดยใช้ SCL ที่ได้พัฒนาขึ้นมาในการคำนวณเพื่อให้ได้ข้อมูลค่าอัตราประโยชน์การใช้ปริมาตรของพาเลทที่บรรจุสินค้าแต่ละประเภท

ตารางที่ 1: แสดงขนาดบรรจุภัณฑ์และการบรรจุจากวิธีเดิมที่มีการตัดสินใจจากพนักงาน

| บรรจุภัณฑ์ | กว้าง (w) (cm.) | ยาว (l) (cm.) | สูง (h) (cm.) | การวางบรรจุภัณฑ์ พาเลท (แบบเดิม) | | |
|------------|--------------------|------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| | | | | จำนวน (ctn.) | ปริมาตรพาเลท (m ³) | อัตราประโยชน์พาเลท (%) |
| A1 | 19 | 32 | 23 | 132 | 1.85 | 92.80 |
| A2 | 33 | 59 | 36 | 24 | 1.68 | 84.58 |
| A3 | 34 | 58 | 38 | 24 | 1.80 | 90.42 |
| B1 | 33 | 33 | 15 | 90 | 1.47 | 68.96 |
| B2 | 65 | 65 | 35 | 12 | 1.77 | 83.23 |
| B3 | 50 | 63 | 48 | 8 | 1.21 | 56.74 |
| C1 | 37 | 61 | 27 | 25 | 1.52 | 71.46 |
| C2 | 43 | 81 | 23 | 21 | 1.68 | 78.91 |
| C3 | 63 | 83 | 33 | 10 | 1.73 | 80.94 |
| PCR | 134 | 586 | 167 | - | - | - |
| Chamber A | 130 | 500 | 153 | - | - | - |
| Chamber B | 134 | 592 | 164 | - | - | - |
| Pallet A | 100 | 130 | 153 | - | - | - |
| Pallet B | 100 | 130 | 164 | - | - | - |

5.2 พิจารณาการบรรจุสินค้าลงในพาเลท จากข้อมูลของบรรจุภัณฑ์ และค่าอัตราประโยชน์จากขั้นตอนที่ 1 โดยการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับการพัฒนา SCL เพื่อให้ได้ข้อมูลค่าอัตราประโยชน์ที่สามารถบรรจุสินค้าได้ใน 1 พาเลท

5.3 ข้อมูลค่าอัตราประโยชน์ที่สามารถบรรจุสินค้าได้ใน 1 พาเลท จากขั้นตอนที่ 2 นำมาวิเคราะห์หาค่าอัตราประโยชน์สูงสุดที่สามารถนำเข้าตู้ฆ่าเชื้อและต้นทุนการฆ่าเชื้อ โดยที่ตู้ฆ่าเชื้อ 1 ตู้ สามารถนำเข้าพาเลทเข้าได้ 5 พาเลท

$$\text{ค่าอัตราประโยชน์สูงสุด} = [\text{จำนวนพาเลท 5 พาเลท} \times \text{ค่าอัตราประโยชน์ที่สามารถบรรจุได้ใน 1 พาเลท}]$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตารางที่ 2: แสดงผลจำนวนบรรจุภัณฑ์จากการใช้ SCL ในมุมมอง Front view, Side view, Top view และวิธีเดิมที่มีการตัดสินใจจากพนักงาน จากการวางบนพาเลท

| มุมมองการวางบรรจุภัณฑ์ | กล่อง A1 | กล่องA2 | กล่องA3 | กล่องB1 | กล่องB2 | กล่องB3 | กล่องC1 | กล่องC2 | กล่องC3 |
|---------------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| จำนวนบรรจุภัณฑ์ | | | | | | | | | |
| Front view (box) | 128 | 12 | 12 | 96 | 8 | 8 | 22 | 22 | 10 |
| Side view (box) | 136 | 24 | 18 | 96 | 12 | 8 | 28 | 24 | 7 |
| Top view (box) | 128 | 24 | 20 | 90 | 10 | 8 | 30 | 20 | 8 |
| แบบเดิม(box) | 132 | 24 | 20 | 90 | 12 | 8 | 25 | 21 | 10 |
| ค่าอัตราประโยชน์/พาเลท | | | | | | | | | |
| Front view (%) | 89.99 | 42.29 | 45.21 | 73.55 | 55.49 | 56.74 | 62.88 | 82.66 | 80.94 |
| Side view (%) | 95.62 | 84.58 | 67.82 | 73.55 | 83.23 | 56.74 | 80.03 | 90.18 | 56.66 |
| Top view (%) | 89.99 | 84.58 | 75.35 | 68.96 | 69.36 | 56.74 | 85.75 | 75.15 | 64.75 |
| แบบเดิม(%) | 92.80 | 84.58 | 75.35 | 68.96 | 83.23 | 56.74 | 71.46 | 78.91 | 80.94 |
| ปริมาตร/กล่อง (m ³) | 0.014 | 0.070 | 0.075 | 0.016 | 0.148 | 0.151 | 0.061 | 0.080 | 0.173 |

ตารางที่ 3: แสดงผลการเปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์จากการตัดสินใจจากพนักงานและจาก SCL

| มุมมองการวางบรรจุภัณฑ์ | กล่อง A1 | กล่อง A2 | กล่อง A3 | กล่อง B1 | กล่อง B2 | กล่อง B3 | กล่อง C1 | กล่อง C2 | กล่อง C3 | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| ปริมาตรบรรจุภัณฑ์ (cm ³) | 0.014 | 0.070 | 0.075 | 0.016 | 0.148 | 0.151 | 0.061 | 0.080 | 0.173 | 0.09 |
| การบรรจุแบบเดิม (กล่อง) | 132 | 24 | 20 | 90 | 12 | 8 | 25 | 21 | 10 | 38 |
| การบรรจุแบบ SCL(กล่อง) | 136 | 24 | 20 | 96 | 12 | 8 | 30 | 24 | 10 | 40 |
| การบรรจุเพิ่มขึ้น (กล่อง) | 4 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 5 | 3 | 0 | 2 |
| การบรรจุแบบเดิม (%) | 92.80 | 84.58 | 75.35 | 68.96 | 83.23 | 56.74 | 71.46 | 78.91 | 80.94 | 77.00 |
| การบรรจุแบบ SCL (%) | 95.62 | 84.58 | 75.35 | 73.55 | 83.23 | 56.74 | 85.75 | 90.18 | 80.94 | 80.66 |
| การบรรจุเพิ่มขึ้น (%) | 2.81 | 0.00 | 0.00 | 4.60 | 0.00 | 0.00 | 14.29 | 11.27 | 0.00 | 3.66 |
| ราคาต่อกล่องแบบเดิม (บาท) | 113.64 | 625.00 | 750.00 | 166.67 | 1250.00 | 1875.00 | 600.00 | 714.29 | 1500.00 | 843.84 |
| ราคาต่อกล่องแบบ SCL(บาท) | 110.29 | 625.00 | 750.00 | 156.25 | 1250.00 | 1875.00 | 500.00 | 625.00 | 1500.00 | 821.28 |
| ราคาต่อกล่องลดลง (บาท) | 3.34 | 0.00 | 0.00 | 10.42 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 89.29 | 0.00 | 22.56 |
| ราคาต่อกล่องลดลง (%) | 2.94 | 0.00 | 0.00 | 6.25 | 0.00 | 0.00 | 16.67 | 12.50 | 0.00 | 4.26 |

การวิจัยครั้งนี้ได้เปรียบเทียบค่าอัตราประโยชน์จากวิธีเดิมที่มีการตัดสินใจจากพนักงานกับการใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในรูปแบบขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ ที่มีรูปแบบการวางกล่องบนพาเลทมุมมอง Front view, Side view และ Top view โดยพิจารณาจากตัวอย่างการวางบรรจุภัณฑ์ 9 ขนาด ได้แก่ A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3

ขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาสามารถแสดงผลการบรรจุลงในพาเลทและตู้ฆ่าเชื้อได้ในทุกมุมมอง โดยสามารถคำนวณหาค่าบรรจุภัณฑ์ต่อชั้น จำนวนชั้นในการวางบรรจุภัณฑ์ จำนวนบรรจุภัณฑ์ต่อพาเลท ค่าอัตราประโยชน์ในการวางบรรจุภัณฑ์ต่อพาเลท จำนวนบรรจุภัณฑ์ต่อตู้ฆ่าเชื้อ และค่าอัตราประโยชน์ในการนำบรรจุภัณฑ์เข้าตู้ฆ่าเชื้อได้ การใช้ SCL ในการหาค่าของทั้ง 3 มุมมอง และเลือกค่ามากที่สุดมาเปรียบเทียบกับวิธีการแบบเดิมพบว่าค่าอัตราประโยชน์ของปริมาตรพาเลทในทุกมุมมองสามารถให้ค่าที่สูงที่สุดได้ โดยในการวิจัยนี้มุมมอง Side view มีความถี่ในการให้ค่าสูงที่สุดมากที่สุด 6 ครั้ง หรือในบรรจุภัณฑ์ A1, A2, B1, B2, B3, C2 และมากกว่าวิธีการแบบเดิมที่ให้ค่าสูงสุด 5 ครั้ง ในบรรจุภัณฑ์ A2, A3, B2, B3, C3 รองลงมาคือมุมมอง Top view ที่ให้ค่าสูงสุด 4 ครั้ง ในบรรจุภัณฑ์ A2, A3, B3, C1 และมุมมองที่มีความถี่ในการให้ค่าสูงสูดน้อยครั้งที่สุดคือ Front view ในบรรจุภัณฑ์ B1, B3 และ C3

เมื่อนำค่าอัตราประโยชน์จาก SCL มาเปรียบเทียบกับวิธีการแบบเดิมนั้น ค่าที่ได้มีทั้งค่าที่เพิ่มขึ้น ค่าที่เท่ากับวิธีการแบบเดิม และค่าที่น้อยกว่าวิธีการแบบเดิม โดยในการวิจัยนี้จะไม่พิจารณาค่าที่น้อยกว่าวิธีการแบบเดิมในการนำไปใช้ประโยชน์ในการบรรจุ ค่าอัตราประโยชน์ในการวางบรรจุภัณฑ์บนพาเลทที่เพิ่มขึ้นนี้มีการแสดงผลได้ในบรรจุภัณฑ์ทุกประเภทเฉลี่ย 3.66% หรือเฉลี่ย 2 กล่อง โดยพบว่าเพิ่มขึ้น ในบรรจุภัณฑ์ A1, B1, C1 และ C2 ค่าอัตราประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นมีค่า 2.81%, 4.60%, 14.29% และ 11.27% ตามลำดับ หรือมีปริมาณบรรจุภัณฑ์บนพาเลทเพิ่มขึ้นจำนวน 4, 6, 5 และ 3 กล่องตามลำดับ ส่วนค่าอัตราประโยชน์ที่ได้จากการวางบรรจุภัณฑ์บนพาเลทมีค่า 95.62%, 73.55%, 85.75% และ 93.18% ตามลำดับ หรือมีปริมาณบรรจุภัณฑ์บนพาเลทจำนวน 136, 96, 30 และ 24 กล่องตามลำดับ สำหรับค่าอัตราประโยชน์ในการนำบรรจุภัณฑ์วางบนพาเลทมีค่าที่เท่ากับวิธีการแบบเดิมสามารถแสดงผลได้ในบรรจุภัณฑ์ทุกประเภทเช่นกัน โดยในการวิจัยนี้พบในบรรจุภัณฑ์ A2, A3, B2, B3 และ C3 ตามลำดับ หรือมีปริมาณบรรจุภัณฑ์บนพาเลทจำนวน 24, 20, 12, 8 และ 10 กล่องตามลำดับ

ในการวิจัยได้เปรียบเทียบปริมาตรของบรรจุภัณฑ์ระหว่างการให้ค่าสูงสุดจาก SCL และวิธีการแบบเดิม พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีปริมาตร 0.014, 0.016 และ 0.061 ลูกบาศก์เมตร ในบรรจุภัณฑ์ A1, B1 และ C1 ตามลำดับ เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กและมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าอัตราประโยชน์การใช้ปริมาตรบนพาเลท ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่มีปริมาตร 0.070, 0.075, 0.148, 0.151 และ 0.173 ลูกบาศก์เมตร ในบรรจุภัณฑ์ A2, A3, B2, B3 และ C3 ตามลำดับ เป็นบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ซึ่งให้ค่าอัตราประโยชน์ที่เท่ากับวิธีการแบบเดิม นอกจากนี้ยังมีบรรจุภัณฑ์ C2 ที่มีปริมาตร 0.080 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ที่พบว่าไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าอัตราประโยชน์อีกด้วย

สรุป

1. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในรูปแบบของขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ ที่เรียกว่า Sterilization Chamber Loading (SCL) ที่พัฒนาขึ้นมาี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการหารูปแบบในการจัดเรียงบรรจุภัณฑ์บนพาเลทแล้วนำเข้าตู้ฆ่าเชื้อเพื่อหาปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่ เนื่องจากสามารถเพิ่มปริมาณบรรจุภัณฑ์ให้มากขึ้นได้ โดยสามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของมุมมอง Front view, Side view และ Top view ได้ และการแสดงผลค่าอัตราประโยชน์จาก SCL สามารถให้ได้ทั้งค่าที่เพิ่มขึ้น ค่าที่เท่ากับวิธีการแบบเดิม และค่าที่น้อยกว่าวิธีการเดิม กับบรรจุภัณฑ์ทุกประเภททั้ง A, B และ C โดยค่าอัตราประโยชน์ในการวางบรรจุภัณฑ์บนพาเลทที่เพิ่มขึ้นนี้มีค่าเฉลี่ย 3.66% หรือเพิ่มขึ้น 2 กล่อง จากบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด และเพิ่มขึ้นกับบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กปริมาตรน้อยกว่า 0.061 ลูกบาศก์เมตร

2. ค่าอัตราประโยชน์และปริมาณบรรจุภัณฑ์ในพาเลทที่เพิ่มขึ้นนี้ สามารถนำมาหาปริมาณบรรจุภัณฑ์ในตู้ฆ่าเชื้อได้ และสามารถลดต้นทุนในการฆ่าเชื้อต่อกล่องลงได้เฉลี่ย 4.26% จากบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

สุดารัตน์ สุ่มมาตย์. (2547). การใช้วิธีเชิงฮิวริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะและการบรรจุ.

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bischoff, E. E. and M. S. W. Ratcliff. (1995). Issues in the Development of Approaches to Container Loading. Omega , 23(4), 377-390.

Hodgson, T.J. (1982). A combined approach to the pallet loading problem. IIE Transactions, 14(3), 175-182.

Scheithauer, G. And U. SommerweiB. (1998). 4-Block heuristic for the rectangle packing problem. Europe. J. of Oper. Res, 108, 509-526.

Studel, H. J.(1979). Generating pallet loading patterns: A special case of the two-dimensional cutting stock problem. Management Science, 25(10), 997-1004.

การประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางหลวง กรณีศึกษา: ทางหลวงหมายเลข 3422 ตอน 2 ส่วนที่ 1

Price estimation for Highway construction project Casestudy: Highway No.3422 Phase 2 Part 1

เสถียร คงสอน¹, ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร²

¹สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
²สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

E-mail: satain_sau@hotmail.com

บทคัดย่อ

การประมาณราคาค่าก่อสร้างของกรมทางหลวง ใช้การประมาณราคาเพื่อการก่อสร้างเป็นตัวกำหนดราคาเบื้องต้นโดยอิงกับราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นหลักซึ่งจะได้ราคา่างาน แบบราคาเดียว แต่ในความเป็นจริงแล้วการประกวดราคาผู้เข้าแข่งขันต้องมีราคา่างานหลายราคาเพื่อปรับลดให้ต่ำกว่าราคากลางจึงจะชนะการประมูลอีกทั้งยังมีความผันผวนไม่แน่นอนที่เกิดจากตัวแปรต่างๆหลายตัวส่งผลทำให้ราคาค่าก่อสร้างมีความผันผวนโดยเฉพาะงานก่อสร้างของโครงการที่มีระยะเวลาก่อสร้างยาวนาน

งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการที่พิจารณาความผันผวนของราคาค่าก่อสร้าง โดยนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โลมาใช้กับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3422 ตอน 2 ส่วนที่ 1 เป็นกรณีศึกษา เพื่อวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงของต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการที่ได้ประมาณไว้ โดยทำการวิเคราะห์ความผันผวนเฉพาะต้นทุนราคาค่าก่อสร้างของกิจกรรมหลัก ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะงาน ได้เป็น 4 กิจกรรม ได้แก่กิจกรรมงานดิน (Earthwork) งานรองพื้นทาง และงานพื้นทาง (Sub base and Base Courses) งานผิวทาง (Surface Courses) และงานโครงสร้างคอนกรีต (Structures)

ผลการจำลองสถานการณ์ สามารถทำการวิเคราะห์ความผันผวนของราคาค่าก่อสร้างภายใต้สภาวะความไม่แน่นอนของต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการ มีค่าความน่าจะเป็นร้อยละ 100 ที่ต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการ จะอยู่ในช่วงราคา 179,263,168.39 บาท ถึง ราคา 218,369,185.00 บาท จากค่าความน่าจะเป็นที่ได้มานี้ ผู้รับจ้างที่มีความประสงค์จะประมูลงานก่อสร้างสามารถใช้ราคาดังกล่าวเป็นกรอบการตัดสินใจในการปรับลดราคา่างานก่อสร้างของโครงการ ในการประมาณราคาต้นทุนค่าก่อสร้างด้วยวิธีราคาเฉลี่ยที่เหมาะสมเท่ากับ 183,847,852.20 บาท เปรียบเทียบกับ การจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล ซึ่งได้ค่ามัธยฐาน เท่ากับ 198,817,161.72 บาท มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 14,969,309.52 บาท ซึ่งวิธีจำลองสถานการณ์มีค่าสูงกว่าคิดเป็นร้อยละ 8.14 %

คำสำคัญ: การประมาณราคาค่าก่อสร้าง, การจำลองสถานการณ์

Abstract

Construction cost estimation of Highway Department using the price of estimates for construction as a basic cost indicator by reference of oil price as a main factor to get a single price of the work cost but in fact in the tender bids all competitors must offer the work cost in various levels to reduce it to be cheaper than the central price in order to win the bid

and also there are many uncertainties occurred from variances which caused uncertainty to the construction cost especially some constructions under the construction in a long period.

This research has offered a guideline of the construction cost estimation of the project considering the construction cost variances by applying for Monte Carlo simulation with the construction project of highway No. 3422 phase 2 part 1 as a study case in order to analyze its construction cost risk of this project as estimated by analyzing its cost variances of construction cost of main activity which able divided into 4 activities as its characteristics namely Earthwork, Sub base and Base course, Surface course and Concrete structure.

Result of simulation can analyze the construction cost variances under uncertain situation of the project construction costs and its tendency value was 100% that the project construction cost should be at the cost range during 179,263,168.39 Bath to 218,369,185.00 Bath. From this tendency gained herewith the subcontractor wishing to attend a tender bid for such construction able to sue such price as a frame of decision making in adjust the project construction cost. In the construction cost estimation with an appropriate average price method equal to 183,847,852.20 Baht comparing with Monte Carlo simulation which got a median equal to 189,817,161.72 Baht its incorrect value equals to 14,969,309.52 Baht which the simulation had higher value calculated at 8.14%.

Keywords: construction cost estimation, simulation

บทนำ

ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างของกรมทางหลวง โดยทั่วไปผู้ประมาณราคาจะทำการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยนำข้อมูลราคาวัสดุก่อสร้าง ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง รวมทั้งอัตราค่างานชนิดต่างๆ ซึ่งทำการสืบค้น หรือรวบรวมข้อมูลได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น ร้านค้าวัสดุก่อสร้าง แหล่งผลิตวัสดุสำเร็จรูป หรือจากผู้ประกอบการ มาทำการประมาณราคา เพื่อนำมาใช้ในการประกวดราคาจ้างเหมาก่อสร้าง ซึ่งจะได้ราคาค่างาน แบบราคาเดียว แต่ในความเป็นจริงแล้วยังมีความผันผวนไม่แน่นอนของตัวแปรต่างๆ หลายตัวที่ส่งผลทำให้ราคาค่าก่อสร้างมีความผันผวนไม่แน่นอนหลังจากกำหนดราคากลางแล้ว โดยเฉพาะงานก่อสร้างของโครงการที่มีระยะเวลาก่อสร้างยาวนาน ย่อมจะมีความเสี่ยง ที่อาจเกิดขึ้นจากความผันผวนหรือความไม่แน่นอนของราคาค่าก่อสร้างโครงการค่อนข้างมาก และในขั้นตอนการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ผู้ประมาณการจะมีการเผื่อค่าความเสี่ยง เนื่องจากความผันผวนของราคาค่าก่อสร้างในลักษณะต่างๆ หลายรูปแบบ แต่วิธีที่นิยมนำมาลดความเสี่ยงจากการขาดทุนมากที่สุด คือเกณฑ์การประมาณราคาค่าก่อสร้างที่มากกว่าความเป็นจริง ซึ่งวิธีแบบนี้อาจช่วยให้ผู้ประมาณราคาลดความเสี่ยงลงได้ แต่ในอีกด้านหนึ่งวิธีดังกล่าวอาจทำให้เสียโอกาสในการได้งาน เนื่องจากราคาที่เสนอสูงเกินกว่าราคากลางของหน่วยราชการเจ้าของงาน ในกรณีโครงการก่อสร้างทางหลวง ของกรมทางหลวง ผู้รับจ้างจะต้องทำการเสนอราคาแข่งขันให้ต่ำกว่าราคากลางให้มากที่สุดเพื่อจะได้เป็นผู้ได้รับการคัดเลือกให้เป็นผู้ชนะการประกวดราคาจ้างเหมาก่อสร้างนั้นๆ แต่ขณะเดียวกันผู้เสนอราคางานก่อสร้างจะต้องมีการเผื่อค่าความเสี่ยง เนื่องจากความผันผวนของราคาค่าก่อสร้างไว้โดยเฉพาะในปัจจุบันปัจจัยสำคัญที่ทำให้ราคาวัสดุหลายรายการผันผวนมากเกิดจากราคาน้ำมันเป็นหลักตรวจสอบได้จากประกาศของกระทรวงพาณิชย์

ดังนั้นเพื่อให้ผู้รับเหมาก่อสร้าง สามารถทำการประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางหลวง

สายต่าง ๆ ของกรมทางหลวงเพื่อเป็นข้อมูลในการแข่งขันการประกวดราคาจ้างเหมาก่อสร้างได้อย่างเหมาะสม ผู้ทำการวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการวิเคราะห์ค่าความผันผวนของราคาวัสดุก่อสร้างของโครงการ ด้วยการเลือกเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความผันผวนของราคาค่าก่อสร้างโครงการ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Crystal Ball เวอร์ชัน 7 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการจำลองสถานการณ์ ทำงานบนโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงและความไม่แน่นอนของราคาค่าก่อสร้างที่ได้เก็บรวบรวมราคาของวัสดุก่อสร้างที่เกี่ยวข้องจากอดีตถึงปัจจุบันโดยอาศัยเทคนิคการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล ซึ่งเป็นเทคนิคการจำลองสถานการณ์ภายใต้สภาวะความไม่แน่นอน และเกิดขึ้นได้ตามโอกาสแห่งความน่าจะเป็น โดยข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้เพื่อทำนาย วางแผน และการตัดสินใจเพื่อการจัดการต่างๆในอนาคตได้โดยรูปแบบการทำงานอาศัยข้อมูลทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของราคาค่าก่อสร้างในอนาคต โดยการสุ่มค่าตัวเลขของตัวแปรต่างๆ สำหรับนำมาใช้ในการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ซึ่งค่าตัวเลขของตัวแปรแต่ละตัวจะมีโอกาสในการถูกเลือก ขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นของข้อมูลตัวแปรเหล่านั้น โดยนำโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3422 ตอน 2 ส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นงานก่อสร้างทางของกรมทางหลวงเป็นกรณีศึกษาสำหรับนำไปจัดการความเสี่ยงด้านความผันผวนของราคาค่าก่อสร้าง และเพื่อประยุกต์ใช้กับงานก่อสร้างทางของกรมทางหลวงสายอื่นๆ ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางหลวง กรณีศึกษา: ทางหลวงหมายเลข 3422 ตอน 2 ส่วนที่ 1 ที่เกิดจากความผันผวนของราคาวัสดุ

วิบูลย์ สุรสาคร (2537) ได้ทำการประมาณราคาค่าก่อสร้างอาคารด้วยวิธีมอนติคาร์โล โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลอาคารสูง 20 ถึง 30 ชั้นในเขตกรุงเทพมหานคร แบ่งเป็นอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยที่ก่อสร้างแล้วเสร็จโดยพิจารณาตัวแปร 13 ตัว ได้แก่ ค่าดำเนินการและค่าโสหุ้ย งานเสาเข็ม งานดินและระบบป้องกันดินพัง งานคอนกรีต งานไม้แบบ งานเหล็กเสริม งานฉาบฉวย งานผนังและฉนวน งานฝ้าเพดานงานประตูกันน้ำต่างและกระจก งานสุขภัณฑ์และอุปกรณ์ประกอบ งานสี และสุดท้ายเป็นงานอื่น ๆ ก่อนนำข้อมูลมาทำการสร้างแบบจำลอง

คริส เชตสุรียา (2546) ได้ทำการจัดแบ่งค่าเผื่อสำรอง ออกเป็น 2 ส่วน เพื่อใช้ในการจัดการความเสี่ยงงานก่อสร้างให้กับกิจกรรมต่างๆ ของโครงการก่อสร้าง คือค่าเผื่อสำรองความเสี่ยงต้นทุน (cost contingency) ใช้ชดเชยความเสี่ยงด้านต้นทุนที่เกิดจากความแปรปรวนของราคาของกิจกรรมและค่าเผื่อสำรองความเสี่ยงงานก่อสร้าง (risk contingency) เพื่อชดเชยความเสี่ยงในกระบวนการก่อสร้างโดยมีการประยุกต์ใช้การเปรียบเทียบเป็นคู่ (pairwise comparison) เพื่อประเมินและวัดความเสี่ยงของกิจกรรมในโครงการก่อสร้าง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคำนวณปริมาณงานเพื่อจัดทำเอกสารบัญชีปริมาณงาน (Bill Of Quantity, BOQ)

งานก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3422 ตอน 2 ส่วนที่ 1 ซึ่งแบ่งตามลักษณะงาน ได้เป็น 6 กิจกรรมดังนี้

1.1 กิจกรรมงานดิน แบ่งรายการได้ 3 รายการหลัก และ 7 รายการย่อย เช่น งานขุด ตัก ตัดถมดิน เป็นต้น

1.2 กิจกรรมงานรองพื้นทางและพื้นทาง แบ่งรายการได้ 2 รายการหลัก และ 2 รายการย่อย เช่น งานลูกรัง งานหินคลุก เป็นต้น

1.3 กิจกรรมงานผิวทาง แบ่งรายการงานได้ 2 รายการหลัก และ 4 รายการย่อย เช่น งานแอสฟัลต์คอนกรีต เป็นต้น

1.4 กิจกรรมงานโครงสร้างคอนกรีต แบ่งรายการงานได้ 2 รายการหลัก และ 9 รายการย่อย เช่น งานท่อระบายน้ำ งานสะพานคอนกรีต เป็นต้น

1.5 กิจกรรมงานเบ็ดเตล็ด แบ่งรายการงานได้ 11 รายการหลัก และ 15 รายการย่อย เช่น งานป้ายจราจร งานไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นต้น

1.6 กิจกรรมงานอำนวยความสะดวกด้านจราจร แบ่งรายการงานก่อสร้างตามลักษณะงานได้ 1 รายการ เช่น งานไฟสัญญาณเตือน เป็นต้น

โดยในงานวิจัยนี้เลือกพิจารณาเฉพาะกิจกรรมลำดับที่ 3.1.1 – 3.1.4 มาวิเคราะห์เพื่อประมาณราคาค่าก่อสร้างเนื่องจากกิจกรรมดังกล่าวเป็นกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดต้นทุนเปลี่ยนแปลงในการดำเนินโครงการ

2. การคำนวณอัตราราคาต้นทุนต่อหน่วย

การคำนวณอัตราราคาต้นทุนต่อหน่วย ใช้วิธีการคำนวณตามหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม ซึ่งกำหนดโดยคณะกรรมการกำกับนโยบายราคากลางงานก่อสร้างตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2550

3. การประมาณราคาค่าก่อสร้าง

การประมาณต้นทุนราคาค่าก่อสร้าง เป็นการรวมผลคูณของปริมาณงานก่อสร้างกับอัตราราคาต้นทุนต่อหน่วยของงานก่อสร้างรายการต่าง ๆ ดังสมการที่ (1)

$$C = \sum_{i=1}^n u_i v_i \quad (1)$$

C = ผลรวมของต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการ

u_i = อัตราราคาต้นทุนต่อหน่วยของงานก่อสร้างส่วนที่ i

v_i = ปริมาณงานก่อสร้างส่วนที่ i

จากการประมาณต้นทุนตามสมการข้างต้น ได้ต้นทุนราคาค่าก่อสร้างรวมทั้งสิ้น 183,847,852.20 บาท โดยต้นทุนราคาค่าก่อสร้างกิจกรรมงานดิน มีมูลค่าสูงที่สุด 63,255,597.60 บาท หรือคิดเป็น 34.407 % รองลงมาคือ กิจกรรมงานผิวทาง มีมูลค่า 58,864,605.40 บาท หรือคิดเป็น 32.018% สำหรับกิจกรรมงานโครงสร้างคอนกรีต มีมูลค่า 27,943,713.55 บาท หรือคิดเป็น 15.199% และกิจกรรมงานรองพื้นทางและพื้นทาง มีมูลค่า 26,228,538.60 บาท หรือคิดเป็น 14.266% โดยผลรวมของกิจกรรมทั้ง 4 กิจกรรม มีมูลค่ารวมทั้งสิ้น 176,292,455.20 บาท หรือคิดเป็น 95.89% ของต้นทุน

4. การจำแนกตัวแปร

ทำการวิเคราะห์ความผันผวนเฉพาะต้นทุนราคาค่าก่อสร้างของกิจกรรมหลัก ได้แก่ กิจกรรมงานดิน กิจกรรมงานรองพื้นทางและพื้นทาง กิจกรรมงานผิวทาง และกิจกรรมงานโครงสร้างคอนกรีต ซึ่งจากการแยกตัวแปรของงานก่อสร้างแต่ละรายการ สรุปตัวแปรหลักได้ทั้งสิ้น 27 ตัวแปร โดยแบ่งเป็นตัวแปรอิสระ 22 ตัวแปร และตัวแปรที่ถูกกำหนด 5 ตัวแปร ซึ่งตัวแปรทั้ง 2 กลุ่ม มีผลต่อความผันผวนต่อราคาค่าก่อสร้างส่วนกิจกรรมอื่น ๆ ถือเป็นกิจกรรมรอง ซึ่งกำหนดให้เป็นกิจกรรมที่มีต้นทุนของราคาค่าก่อสร้างคงที่ (Fixed Cost)

4.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) จำนวน 22 ตัวแปร มีดังต่อไปนี้

1) น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

- 2) น้ำมันเชื้อเพลิงเบนซิน 91
- 3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ Type 1
- 4) ไม้ยางแปรรูป ขนาด 1 ½ " x 3" ยาวท่อนละ 4.00 - 4.50 เมตร
- 5) ไม้กระบากแปรรูป ขนาด 1" x 6" ยาวท่อนละ 4.00 - 4.50 เมตร
- 6) ไม้อัดยาง ขนาด 4' x 8' หนา 4 มิลลิเมตร
- 7) เสาค้ำไม้ขนาด Ø 6" ยาว 6.00 เมตร
- 8) เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 Ø 6 มิลลิเมตร
- 9) เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 Ø 9 มิลลิเมตร
- 10) เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SR.30 Ø 12 มิลลิเมตร
- 11) เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SR.30 Ø 16 มิลลิเมตร
- 12) เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SR.30 Ø 20 มิลลิเมตร
- 13) เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SR.30 Ø 25 มิลลิเมตร
- 14) สวดเหล็กเสริมคอนกรีตอัดแรงชั้นคุณภาพ 1725 ชนิดตีเกลียว 7 เส้น Ø 3/8 นิ้ว และ Ø ½ นิ้ว
- 15) ยาง Asphalt Cement (AC)
- 16) ยาง Cut – Back Asphalt (MC)
- 17) ทราฮายาบ
- 18) หินย่อย เบอร์ 1
- 19) หินย่อย เบอร์ 2
- 20) ทราฮยม
- 21) ลูกเรียง
- 22) หินคลุก

4.2 ตัวแปรที่ถูกกำหนด (Assigned Variable) จำนวน 5 ตัวแปร เป็นตัวแปรตาม จะแปรผันตามตัวแปรราคาน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ในทุก ๆ ช่วงราคา 1 บาท มีดังต่อไปนี้

- 1) ตัวแปรอัตราราคาค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง
- 2) ตัวแปรอัตราราคางานดิน
- 3) ตัวแปรอัตราราคางานรองพื้นทางและพื้นทาง
- 4) ตัวแปรอัตราราคางานผิวทาง
- 5) ตัวแปรอัตราราคางานโครงสร้างคอนกรีต

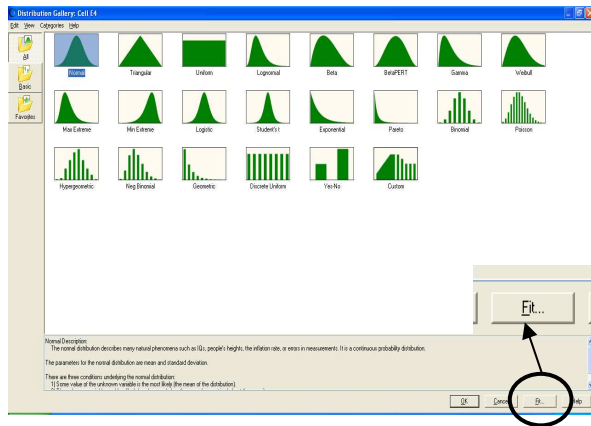
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เอกสารและข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประเมินราคาต้นทุนในงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของโครงสร้างและข้อกำหนดต่าง ๆ ทั้งด้านคุณภาพวัสดุ และวิธีการก่อสร้างอย่างครบถ้วน

6. การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็น

การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็น เป็นการทดสอบเทียบความกลมกลืน (Goodness-of-fit test) ของการกระจายข้อมูลตัวแปรอิสระต่าง ๆ ว่ามีความกลมกลืนกับลักษณะการกระจายรูปแบบใด การวิจัยนี้ใช้แบบทดสอบ ไคกำลังสอง (Chi-square test) ในโปรแกรม Crystal Ball ซึ่งแบบทดสอบโปรแกรมดังกล่าวสามารถทำการทดสอบเพื่อเทียบความกลมกลืน และเรียงลำดับในการเลือกรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมที่สุดให้โดยอัตโนมัติเป็นวิธีไม่อิงพารามิเตอร์ (nonparametric test) ดังรูปที่ 1 หรือวิธี

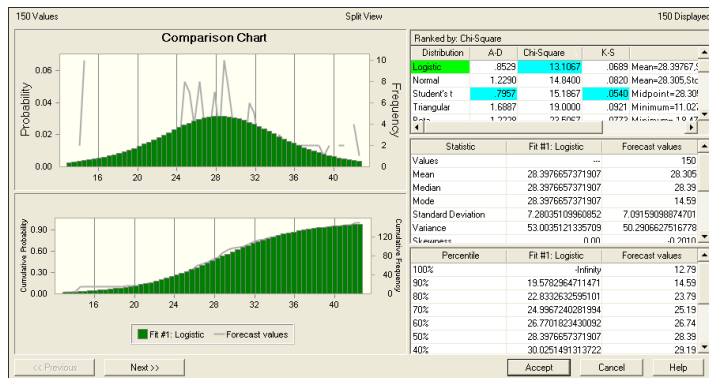
ไม่ขึ้นอยู่กับรูปแบบการแจกแจง (Distribution-free methods) เป็นวิธีการที่ไม่มีข้อกำหนดว่าจะต้องทราบ ว่าข้อมูล หรือค่าสังเกตที่นำมาวิเคราะห์มาจากการแจกแจงรูปแบบใด หรือไม่ขึ้นอยู่กับ การแจกแจงของ ประชากรตัวอย่างข้อมูลเหล่านั้น บางกรณีอาจเพียงแค่สมมุติว่า มาจากการแจกแจงประเภทต่อเนื่อง หรือไม่ ต่อเนื่องเท่านั้น



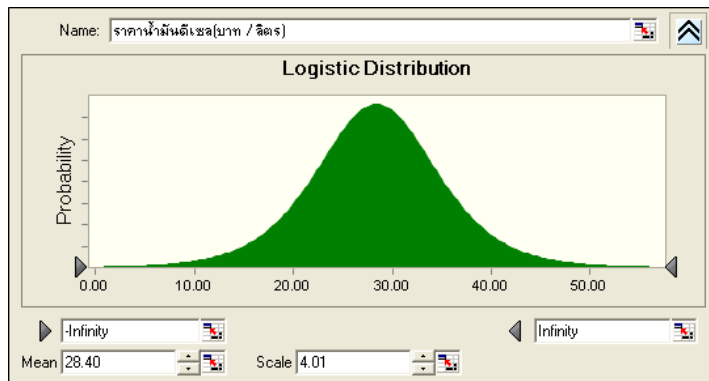
รูปที่ 1: หน้าต่าง Distribution Gallery

6.1 ผลการทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็น

จากสถิติข้อมูลของตัวแปรอิสระที่เก็บรวบรวมได้ เมื่อนำมาทดสอบสมมุติฐานหาลักษณะการ แจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลตัวแปร จากการทดสอบเทียบความกลมกลืน โดยใช้รูปแบบฟังก์ชัน Fit Distributions ในโปรแกรม Crystal Ball จะสามารถกำหนดรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของ ข้อมูลตัวแปรอิสระต่างๆ ได้ ดังรูปที่ 2 และ 3



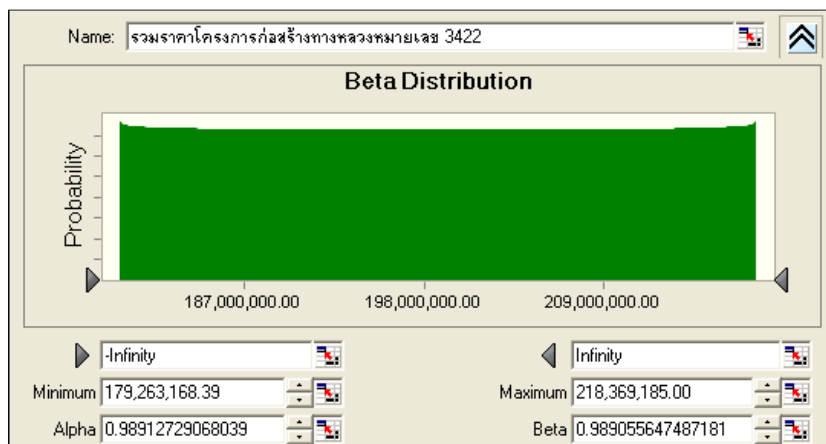
รูปที่ 2: ผลการทดสอบเทียบความกลมกลืน ของตัวแปรน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล



รูปที่ 3: ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น ของตัวแปรน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

7. การจำลองสถานการณ์

ได้ทำการจำลองสถานการณ์ในลักษณะของการทำซ้ำหรือการทำเลียนแบบตามทฤษฎี และเทคนิคการจำลองสถานการณ์ของมอนติคาร์โล ใช้โปรแกรม Crystal Ball เป็นเครื่องมือในการดำเนินการ สร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์ (Model building) ใน Spreadsheet ของโปรแกรม Microsoft Excel ประกอบด้วยตารางข้อมูลและสูตรการคำนวณต่าง ๆ เพื่อประมาณต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการในลักษณะราคาที่จะเป็น (Most likely point estimate) ซึ่งโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3422 ตอน 2 ส่วนที่ 1 มีต้นทุนราคาค่าก่อสร้างทั้งสิ้น 183,847,852.20 บาท โดยการสุ่มค่าตัวแปร จากลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรอิสระแต่ละตัว แล้วทำการบันทึกผลการคำนวณต้นทุนราคาค่าก่อสร้างในแต่ละรอบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแผนภูมิการแจกแจงความน่าจะเป็นของต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการก่อสร้าง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4: ความถี่สะสมของต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3422 ตอน 2 ส่วนที่ 1

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการจำลองสถานการณ์ความผันผวนของราคาค่าก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางหลวง ตอน 2 ส่วนที่ 1 มีรูปแบบการกระจายความน่าจะเป็น (Probability distribution) ของราคาค่าก่อสร้างแบบ Beta Distribution ดังรูป โดยต้นทุนราคาค่าก่อสร้างสูงสุด เท่ากับ 218,369,185.00 บาท ต้นทุนราคาค่าก่อสร้าง

ต่ำสุด เท่ากับ 179,263,168.39 บาท มีค่าพิสัยหรือความกว้างของช่วงข้อมูล เท่ากับ 39,106,016.61 บาท ผลการคาดการณ์ ต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการก่อสร้างดังรูปที่ 5 โดยผลการจำลองสถานการณ์ สามารถทำการวิเคราะห์ความผันผวนของราคาค่าก่อสร้างภายใต้สภาวะความไม่แน่นอนของต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการ ได้ดังต่อไปนี้

- ต้นทุนราคาค่าก่อสร้างที่ประมาณไว้ด้วยวิธีราคาเฉลี่ยที่เหมาะสม มีค่าเท่ากับ 183,847,852.20 บาท ราคานี้เป็นราคาที่หน่วยราชการนำไปเป็นราคาต้นทุนค่าก่อสร้างของโครงการแล้วทำการเพื่อค่าความผันผวนในรูปของ Factor F แล้วจึงจัดทำเป็นราคากลางเพื่อออกประกาศหาตัวผู้รับจ้าง

| Ranked by: Chi-Square | | K-S | | Parameters | |
|-----------------------|-------------|--------------|--------------|---|--|
| Distribution | A-D | Chi-Square | K-S | | |
| Uniform | .091 | .1905 | .0455 | Minimum=178232241.421,Maximum=21939987 | |
| Beta | .042 | .1905 | .0255 | Minimum=179263168.3944,Maximum=2183691 | |
| Normal | .230 | .6667 | .0756 | Mean=198816884.84143,Std. Dev.=11610008.7 | |
| Lognormal | .232 | .6667 | .0784 | Mean=198833627.77127,Std. Dev.=11647407.5 | |
| Weibull | .195 | .6667 | .0729 | Location=161370124.98443,Scale=41782509.84 | |
| Gamma | .269 | .6667 | .0867 | Location=125721342.6025,Scale=1788135.6858 | |
| Logistic | .273 | .6667 | .0796 | Mean=198816988.00477,Scale=6938164.0639 | |
| Student's t | .237 | .6667 | .0762 | Midpoint=198816884.84143,Scale=11421945.27 | |
| Min Extreme | .330 | 1.1429 | .0988 | Likeliest=204454941.9139,Scale=10242241.780 | |
| Max Extreme | .330 | 1.1429 | .0987 | Likeliest=193178760.89266,Scale=10242626.60 | |

| Percentile | Fit: Beta | Forecast values |
|------------|------------------|-----------------|
| 100% | 179263168.394399 | 180103497.53 |
| 90% | 183116227.340624 | 182162152.334 |
| 80% | 187023478.740372 | 186094776.45 |
| 70% | 190947850.554335 | 190024038.97 |
| 60% | 194880682.910359 | 193952022.834 |
| 50% | 198817161.718631 | 197882443.005 |
| 40% | 202753582.483767 | 201808964.116 |
| 30% | 206686235.864613 | 205739239.454 |
| 20% | 210610290.266197 | 209669519.364 |
| 10% | 214517040.1559 | 213597446.343 |
| 0% | 218369184.998867 | 217528619.71 |

รูปที่ 5: รูปแบบการกระจายความน่าจะเป็น (Probability distribution) ของราคาค่าก่อสร้างแบบ Beta

- มีค่าความน่าจะเป็นร้อยละ 100 ที่ต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการ จะอยู่ในช่วงราคา 179,263,168.39 บาท ถึง ราคา 218,369,185.00 บาท ตามรูปที่ 5 จากค่าความน่าจะเป็นที่ได้มานี้ผู้รับจ้างที่มีความประสงค์จะประมูลงานก่อสร้างสามารถใช้ราคาดังกล่าวเป็นกรอบการตัดสินใจในการปรับลดราคางานก่อสร้างของโครงการโดยอาศัยวิชาการทางด้านสถิติเป็นตัวรองรับ

- ในการประมาณราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง รวมราคาต้นทุนของโครงการก่อสร้างที่ประมาณไว้ด้วยวิธีราคาเฉลี่ยที่เหมาะสม เท่ากับ 183,847,852.20 บาท เปรียบเทียบกับการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล ซึ่งได้ค่ากลาง เท่ากับ 198,817,161.72 บาท มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 14,969,309.52 บาท ซึ่งวิธีจำลองสถานการณ์มีค่าสูงกว่าคิดเป็นร้อยละ 8.14 % ผลของการจำลองสถานการณ์การสามารถทราบว่าหากราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะมีผลกระทบต่อราคาวีสดุและต้นทุนการก่อสร้างของโครงการ

สรุป

การวิเคราะห์ความผันผวนของราคาค่าก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3422 ตอน 2 ส่วนที่ 1 เป็นการจำลองสถานการณ์ภายใต้สภาวะความผันผวนหรือความไม่แน่นอนของราคาวีสดุก่อสร้าง, ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง และอัตราราคางานต่าง ๆ โดยการทำให้แบบการประมาณราคาค่าก่อสร้างด้วยเทคนิคการ

จำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Crystal Ball เป็นเครื่องมือในการจำลองสถานการณ์

ในการสร้างตัวแบบจำลองได้ทำการแบ่งกิจกรรมงานก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3422 ตอน 2 ส่วนที่ 1 เป็น 4 กิจกรรม เพื่อทำการประมาณต้นทุนราคาค่าก่อสร้าง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่รวบรวมได้ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปรแบบค่าเดียว สำหรับนำมาใช้เป็นข้อมูลในการประมาณต้นทุนราคาค่าก่อสร้าง ซึ่งต้นทุนราคาค่าก่อสร้างที่ได้จะเป็นเพียงต้นทุนราคาค่าก่อสร้างที่ผู้ประมาณราคา คาดว่าจะมีความเหมาะสมที่สุดเท่านั้น โดยไม่ได้คำนึงถึงความผันผวนของตัวแปรต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นภายใต้โอกาสแห่งความน่าจะเป็นจากการประมาณต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการมีต้นทุนรวมทั้งสิ้น 183,847,852.20 บาท ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนราคาค่าก่อสร้างของกิจกรรมต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1) กิจกรรมงานดิน มีมูลค่า 63,255,597.60 บาท เท่ากับ 34.407% ของราคารวม
- 2) กิจกรรมงานรองพื้นทางและพื้นทาง มีมูลค่า 26,228,538.60 บาท เท่ากับ 14.266% ของราคารวม
- 3) กิจกรรมงานผิวทาง มีมูลค่า 58,864,605.40 บาท เท่ากับ 32.018% ของราคารวม
- 4) กิจกรรมงานโครงสร้างคอนกรีต มีมูลค่า 27,943,713.55 บาท เท่ากับ 15.199% ของราคารวม

ในการวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ความผันผวนของราคาค่าก่อสร้างเฉพาะกิจกรรมที่มีต้นทุนราคาค่าก่อสร้างเปลี่ยนแปลงจำนวน 4 กิจกรรม ซึ่งจะกำหนดให้กิจกรรมดังกล่าวมีต้นทุน ราคาค่าก่อสร้างผันผวน (Variable Cost) สำหรับกิจกรรมอื่นๆ สมมติให้เป็นกิจกรรมที่มีต้นทุนราคาค่าก่อสร้างคงที่ (Fixed Cost)

ผลการจำลองสถานการณ์ ประมาณราคาต้นทุนค่าก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3422 ตอน 2 ส่วนที่ 1 โดยใช้โปรแกรม Crystal Ball สามารถคาดการณ์ต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางหลวงกรณีศึกษา ได้ดังต่อไปนี้

- ต้นทุนราคาค่าก่อสร้างที่ประมาณไว้ด้วยวิธีราคาเฉลี่ยที่มีค่าเท่ากับ 198,817,161.72 บาท
- มีค่าความน่าจะเป็นร้อยละ 100 ที่ต้นทุนราคาค่าก่อสร้างโครงการ จะอยู่ในช่วงราคา 179,263,168.39 บาท ถึง ราคา 218,369,185.00 บาท
- ในการประมาณราคาต้นทุนค่าก่อสร้างตามตารางที่ 3.3 รวมราคาต้นทุนของโครงการก่อสร้างเท่ากับ 183,847,852.20 บาท เปรียบเทียบกับการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล ซึ่งได้ค่ามัธยฐาน เท่ากับ 198,817,161.72 บาท มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 14,969,309.52 บาท ซึ่งวิธีจำลองสถานการณ์มีค่าสูงกว่าคิดเป็นร้อยละ 8.14 %

เอกสารอ้างอิง

- วิสูตร จิระคำเกิง. *การบริหารงานก่อสร้าง*. กรุงเทพฯ: วรณกวี, 2548.
- คริส เชิดสุริยา. *“การจัดแบ่งค่าเผื่อสำรองเพื่อการจัดการความเสี่ยงงานก่อสร้าง”*
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- สายันต์ คงศรีเจริญ. *“การศึกษาแบบจำลองสำหรับการประมาณราคาก่อสร้างงานทางหลวง”*
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- วิบูลย์ สุรสาคร. *“การประมาณราคาก่อสร้างอาคารด้วยวิธีมอนติคาร์โล”*
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

การศึกษาแนวทางและอุปสรรคในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดในประเทศไทย Study on Possibilities and Barriers to Promoting Hybrid Car in Thailand

สุชาติดา วรรณพิณ¹, ดร.รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ², ดร.แก้วกันยา สุตประเสริฐ²

¹สาขาวิชาการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

²สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: nanlisy@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางและอุปสรรคในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและนโยบายส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดในต่างประเทศ ประกอบกับการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้รถยนต์ไฮบริดในประเทศไทยโดยทำการสำรวจด้วยแบบสอบถามสำหรับผู้ที่ใช้รถยนต์ไฮบริด 100 คน และ ผู้ที่ไม่ใช้รถยนต์ไฮบริด 400 คน ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้รถยนต์ไฮบริด คือ ปัจจัยพื้นฐาน เช่น อายุ อาชีพ และ รายได้ โดยผู้ที่ใช้รถยนต์ไฮบริดร้อยละ 93 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนสูงกว่ารายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนของประเทศไทยโดยร้อยละ 68 ของผู้ที่ใช้รถยนต์ไฮบริดมีรายได้อื่นๆ นอกเหนือจากรายได้ประจำ ส่วนปัจจัยนอกเหนือจากปัจจัยพื้นฐาน พบว่า สำหรับผู้ใช้รถยนต์ไฮบริดปัจจัยด้านรูปลักษณะของรถยนต์มีผลต่อการเลือกใช้รถยนต์ไฮบริดมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 42 ในขณะที่ปัจจัยด้านความคุ้มค่ามีผลต่อบุคคลทั่วไปที่ไม่ใช้รถยนต์ไฮบริดมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 38 นอกจากนี้ยังพบว่า ความรู้ความเข้าใจ และ นโยบายส่งเสริมจากภาครัฐ มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้รถยนต์ไฮบริดอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับอุปสรรคในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดในประเทศไทย คือ รถยนต์ไฮบริดมีราคาขายสูงเมื่อเทียบกับรายได้เฉลี่ยของประชาชนส่วนใหญ่ ประกอบกับโครงสร้างภาษีที่ไม่สอดคล้องกับการส่งเสริมการใช้รถยนต์ประสิทธิภาพสูง ดังนั้นมาตรการระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว เช่น การลดภาษี การจัดเก็บภาษีตามปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงการส่งเสริมให้มีการผลิตรถยนต์แห่งชาติเพื่อให้รถยนต์มีราคาถูกลง จึงเป็นแนวทางที่สามารถนำไปพิจารณาเพื่อกำหนดนโยบายส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดและรถยนต์ประสิทธิภาพสูงสำหรับประเทศไทยในอนาคต

คำสำคัญ: การส่งเสริม, นโยบาย, รถยนต์ไฮบริด, รถยนต์ประสิทธิภาพสูง

ABSTRACT

This research aims to investigate the barriers and promoting the use of hybrid cars in Thailand by analyzing relevant information and promote the use of hybrid vehicles in the country. In addition, factors affecting the selection of hybrid cars in the country were surveyed by questionnaire for 100 user of hybrid cars, and those who do not use hybrid cars for 400 results. Factors affecting the selection of vehicles, hybrids are fundamentals such as age, occupation and income by the use of hybrid cars and 93 percent of the average income per month is higher than the median income of households in Thailand. 68 percent of those who use hybrid vehicles income other than regular income. And factors other than fundamentals, find a car hybrid factor, the look of a car affect used car hybrid, most account

for 42 percent, while the price is right effect. the general non-hybrid cars, most of which also found that 38 percent. Knowledge and understanding of public policy. Affect the decision to adopt hybrid cars significantly. For barriers to promote the use of hybrid cars, hybrid cars in Thailand is a high price compared to the average income of most people. The tax structure is not consistent with the promotion of the use of high performance cars. The short, medium and long-term measures, such as imposing a tax based on the amount of carbon dioxide emissions. To encourage the production of the car in order to drive the price down. It's an approach that can be taken into account to determine the policy of encouraging the use of hybrid cars and high performance cars for Thailand in the future.

Keywords: Promoting, Policy, Hybrid Electric Vehicle, High performance cars

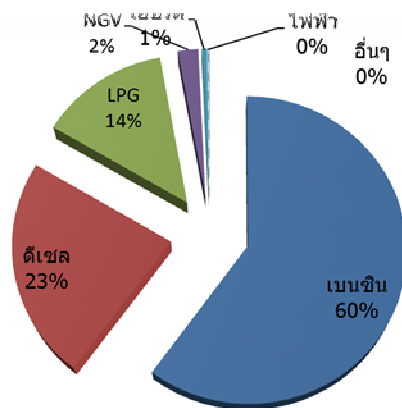
บทนำ

ภาคขนส่งจัดเป็นภาคที่มีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final Energy Consumption) สูงเป็นอันดับที่ 2 รองจากภาคอุตสาหกรรม โดยในปี พ.ศ. 2554-2555 มีการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 36 ของปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะการขนส่งทางถนนมีการใช้พลังงานมากที่สุดประมาณร้อยละ 85 ของการใช้พลังงานในภาคขนส่งทั้งหมด และในปริมาณการใช้งานดังกล่าว กว่าร้อยละ 80 เป็นการใช้พลังงานจากน้ำมันเบนซินและดีเซลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) ที่มีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและยังปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนอีกด้วย โดยสถานการณ์ดังกล่าวทำให้ทั่วโลกตื่นตัวในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูง การวิจัยและพัฒนาด้านพลังงานทดแทน รวมถึงการมีมาตรการต่างๆในการลดการใช้พลังงานในภาคขนส่ง เช่น การใช้อยานยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูง การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทางและการขนส่งสินค้า และการใช้มาตรการจัดการความต้องการเดินทาง โดยพบว่า การใช้อยานยนต์ประสิทธิภาพสูงนั้นมีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานในภาคขนส่งได้ถึงร้อยละ 77 และส่วนใหญ่เกิดจากการใช้รถยนต์นั่งส่วนบุคคล (กระทรวงพลังงาน, 2554) ซึ่งมาตรการที่จะทำให้มีการเปลี่ยนไปใช้อยานยนต์ประสิทธิภาพสูงนั้น อาจจะเป็นมาตรการบังคับด้านกฎหมายหรือมาตรการจูงใจเพื่อกระตุ้นให้มีการผลิตและจำหน่ายยานยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สำหรับประเทศไทยทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้พลังงานในภาคขนส่งที่มีต้นทุนต่ำและมีศักยภาพมากที่สุด คือ การอนุรักษ์พลังงานและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ซึ่งหมายถึงการทำงานที่ได้ผลลัพธ์เท่าปกติ แต่ใช้พลังงานน้อยกว่าปกตินอกจากนี้การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานยังเป็นทางเลือกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในบริบทของการศึกษาวิจัยนี้ เป็นการศึกษาในส่วนของงานวิจัยที่มีประสิทธิภาพสูงซึ่งหมายถึง รถยนต์ไฮบริด (Hybrid Electric Vehicles : HEVs) ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยียานยนต์ประสิทธิภาพสูงโดยเป็นรถยนต์ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานร่วมกับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงเมื่อเทียบกับรถยนต์ทั่วไปที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine : ICE) เพียงอย่างเดียว (Green Auto Fuels, 2012) สำหรับประเทศไทยที่ผ่านมา รถยนต์ไฮบริดต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งคันจึงทำให้สัดส่วนการใช้รถยนต์ไฮบริดน้อยมากคิดเป็นร้อยละ 0.02 ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่งทั้งหมดในปี พ.ศ. 2550 แต่ถึงแม้ปัจจุบันรถยนต์ไฮบริดสามารถผลิตได้ในประเทศไทยแล้วก็ตามแต่ปริมาณการใช้รถยนต์ไฮบริดก็ยังไม่ถึงร้อยละ 1 ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

ไม่เกิน 7 ที่นั่งทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 1 (กรมการขนส่งทางบก, 2555) ซึ่งมาตรการด้านภาษีที่มีอยู่ในปัจจุบัน ยังไม่สามารถทำให้เกิดการขยายการใช้งานของรถยนต์ไฮบริดได้เท่าที่ควร (Verband der Automobilindustrie, 2012)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาปัญหาและแนวทางการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริด สำหรับประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคขนส่ง และเป็นแนวทางในการศึกษาการส่งเสริมการใช้รถยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงในอนาคต



รูปที่ 1: สัดส่วนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่งจำแนกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดในประเทศไทย
2. เพื่อเสนอแนวทางในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดในประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

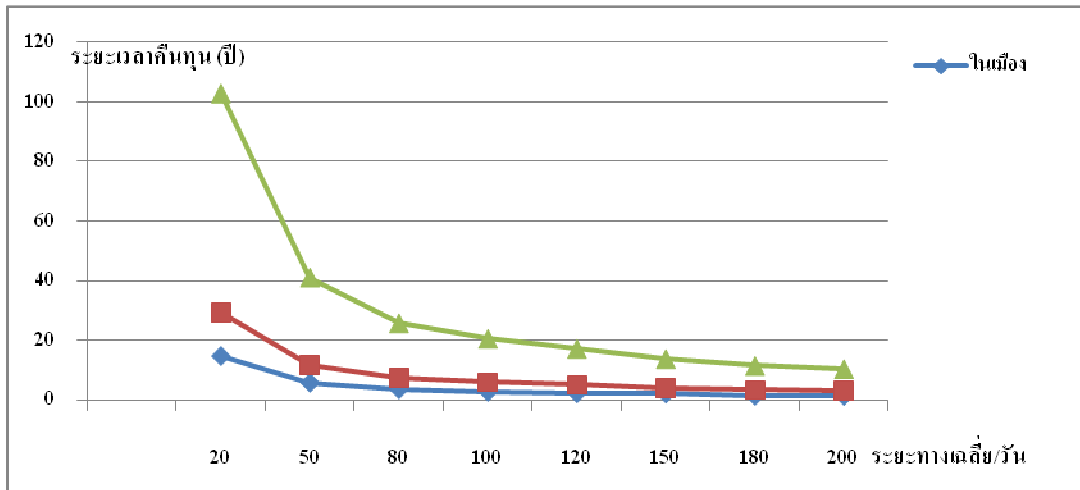
1. กำหนดวัตถุประสงค์ในการศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วยประเด็นหลัก 2 ประเด็นคือ 1) ปัญหาและอุปสรรคในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริด และ 2) แนวทางส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริด
2. กำหนดสมมติฐานในการศึกษา โดยมีการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการใช้รถยนต์ไฮบริดของประชาชนในประเทศไทย ดังต่อไปนี้
 - 2.1 ปัจจัยพื้นฐาน เช่น เพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา และ รายได้ มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้รถยนต์ไฮบริด
 - 2.2 ปัจจัยด้านราคาของรถยนต์ ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้มีสมมติฐาน คือ
 - สำหรับผู้ที่ไม่ใช้รถยนต์ไฮบริด ราคาไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อรถยนต์ไฮบริด
 - สำหรับผู้ใช้รถยนต์ไฮบริด ราคาไม่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อรถยนต์ไฮบริด
 - 2.3 ปัจจัยด้านความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะการทำงาน ประสิทธิภาพ และ ความคุ้มค่าของรถยนต์ไฮบริด เนื่องจากผู้ใช้รถยนต์ไฮบริดและผู้ที่ไม่ใช้รถยนต์ไฮบริดอาจให้ความหมายของคำว่าความคุ้มค่าต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจที่แตกต่างกัน ซึ่งมีการตั้งสมมติฐานไว้ดังนี้ คือ
 - ปัจจัยด้านความค้ำค่านั้นส่งผลต่อผู้ใช้รถยนต์ไฮบริดน้อยกว่าบุคคลทั่วไปที่ไม่ใช้รถยนต์ไฮบริด

- 2.4 ปัจจัยด้านนโยบายหรือมาตรการส่งเสริม
สมมติฐาน : นโยบายหรือมาตรการจากภาครัฐมีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้รถยนต์ไฮบริด
3. การศึกษาข้อมูล
 - 3.1 ศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ โดยศึกษาจากเอกสาร งานวิจัย และเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง
 - ประสิทธิภาพของรถยนต์ไฮบริด
 - ความคุ้มค่าในการใช้รถยนต์ไฮบริด
 - อำนาจในการซื้อรถยนต์ไฮบริดเมื่อพิจารณาจากรายได้เฉลี่ยของประชาชน
 - นโยบาย/มาตรการ ส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดทั้งในและต่างประเทศ
 - 3.2 ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ โดยใช้แบบสอบถามในการสำรวจภาคสนาม ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ ผู้ที่ใช้รถยนต์ไฮบริดจำนวน 100 คน และ ผู้ที่ไม่ใช้รถยนต์ไฮบริด จำนวน 400 คน
4. ทดสอบสมมติฐานโดยการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทั้งจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง และจากการสำรวจด้วยแบบสอบถาม ว่ามีความสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่
5. วิเคราะห์ผลการศึกษา
6. สรุปปัจจัยที่เป็นอุปสรรคในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดในประเทศไทย และเสนอแนวทางหรือมาตรการในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดในประเทศไทย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

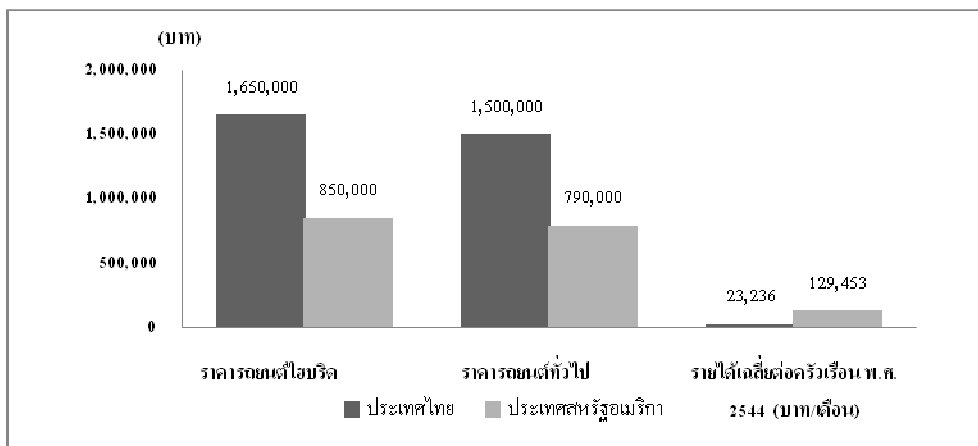
1. ผลการศึกษาด้านความคุ้มค่าและอำนาจในการซื้อรถยนต์ไฮบริด

จากการศึกษาด้านอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถยนต์ไฮบริด พบว่ารถยนต์ไฮบริดมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำกว่ารถยนต์ทั่วไปที่มีปริมาตรกระบอกสูบเท่ากันคิดเป็นร้อยละ 40 และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่ารถยนต์ทั่วไปคิดเป็นร้อยละ 42 โดยรถยนต์ไฮบริดมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงที่สุดในกรณีขับในเมืองที่มีสภาพจราจรในลักษณะเคลื่อนที่สลับกับหยุดนิ่ง ส่วนกรณีขับขึ้นนอกเมืองนั้น อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถยนต์ไฮบริดไม่แตกต่างจากรถยนต์ทั่วไป (U.S. Department of Energy, 2012) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าในการใช้รถยนต์ไฮบริดจากจุดคุ้มทุนที่คำนวณจากค่าน้ำมันที่ประหยัดได้เปรียบเทียบกับส่วนต่างของราคาที่ต้องจ่ายเพิ่มในการซื้อรถยนต์ไฮบริด ดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่าจุดคุ้มทุนของรถยนต์ไฮบริดแปรผันตรงกับระยะทางที่ใช้ ราคาน้ำมัน และสัดส่วนการขับในเมือง โดยกรณีที่มีระยะทางการใช้มากหรือราคาน้ำมันสูงขึ้นและสัดส่วนการขับในเมืองมากก็จะทำให้เข้าสู่จุดคุ้มทุนเร็วขึ้น



รูปที่ 2: เปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนของรถยนต์ไฮบริดกรณีขับช้้นในเมือง ชั้ช้้นนอกเมือง และชั้ช้้นในเมืองสลับกับนอกเมือง

เมื่อพิจารณาจุดคุ้มทุนของรถยนต์ไฮบริดในบริบทของประเทศไทยเปรียบเทียบกับประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นประเทศที่มีสัดส่วนการใช้รถยนต์ไฮบริดสูง พบว่าจุดคุ้มทุนของรถยนต์ไฮบริดกับรถยนต์ทั่วไปของประเทศสหรัฐอเมริกากับประเทศไทยนั้นใกล้เคียงกัน เนื่องจากราคาส่วนต่างของรถยนต์ไฮบริดกับรถยนต์ทั่วไปของทั้ง 2 ประเทศมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ราคาขายของรถยนต์ไฮบริดและรายได้ของประชากรนั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลต่อสัดส่วนการใช้รถยนต์ไฮบริดของทั้ง 2 ประเทศ



รูปที่ 3: เปรียบเทียบราคาารถยนต์ไฮบริดและรายได้เฉลี่ยของประเทศไทยและประเทศสหรัฐอเมริกา

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับนโยบายส่งเสริมจากรัฐ พบว่าประเทศไทยนั้นมีการส่งเสริมรถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ (NGV) ซึ่งมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและต้นทุนในการติดตั้งต่ำ ทำให้ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศที่มีรายได้น้อยนั้นเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงทางเลือกประเภทก๊าซธรรมชาติ ทั้ง NGV และ LPG มากกว่าที่จะเปลี่ยนไปใช้รถยนต์ไฮบริด

2) ผลจากการสำรวจด้วยแบบสอบถาม

2.1) ผลจากการสำรวจด้านข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากผลการสำรวจ พบว่าผู้ใช้รถยนต์ไฮบริดส่วนใหญ่คือ เพศชายร้อยละ 74 มีการศึกษาระดับปริญญาตรี-ปริญญาโทมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 95 มีอายุระหว่าง 40-49 ปีมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 49 อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจร้อยละ 46 มีรายได้ประจำเฉลี่ยต่อเดือนระหว่าง 20,000 – 40,000 บาทคิดเป็นร้อยละ 47 และ ร้อยละ 68 มีรายได้เสริมอื่น ๆ นอกเหนือจากรายได้ประจำ

ซึ่งผลการสำรวจดังกล่าว สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์อำนาจในการซื้อรถยนต์ไฮบริดของประชาชนส่วนใหญ่ในประเทศไทย นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้และสอดคล้องกับทฤษฎีด้านอุปสงค์ในข้อที่กล่าวไว้ว่า ปริมาณซื้อขึ้นอยู่กับรายได้เฉลี่ยของครัวเรือน และ รสนิยมโดยสิ่งที่กำหนดรสนิยมของผู้บริโภค ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา เป็นต้น แต่ในขณะเดียวกันก็มีกลุ่มตัวอย่างส่วนหนึ่งที่มีลักษณะใกล้เคียงกันแต่ไม่ประสงค์ที่จะซื้อรถยนต์ไฮบริดทั้งนี้อาจเป็นที่ทัศนคติส่วนตัว หรือ วัตถุประสงค์ในการใช้งานไม่เหมาะกับการใช้รถยนต์ไฮบริด ไม่มีทัศนคติด้านสิ่งแวดล้อม หรือเป็นที่การจำแนกคุณภาพของสินค้าของกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว

2.2) ผลจากการสำรวจข้อมูลด้านทัศนคติเกี่ยวกับการเลือกใช้รถยนต์และทัศนคติเกี่ยวกับรถยนต์ไฮบริดของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช้รถยนต์ไฮบริด

1. ประชาชนส่วนใหญ่ขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรถยนต์ไฮบริด โดยพบว่ามีผู้ที่เข้าใจด้านเทคนิคดีเพียงร้อยละ 7 เท่านั้น
2. เหตุผลส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 49 ที่ทำให้ไม่เลือกใช้รถยนต์ไฮบริดคือ เกินงบประมาณที่คิดไว้และคิดว่ารถยนต์ไฮบริดในปัจจุบันมีราคาแพงเกินไป
3. ประชาชนส่วนใหญ่ไม่มีความสนใจเรื่องสิ่งแวดล้อม โดยพบว่าผู้สนใจจะเลือกใช้รถยนต์ไฮบริดเนื่องจากมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมร้อยละ 20 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างน้อย
4. ร้อยละ 22 ของบุคคลทั่วไปซึ่งเป็นสัดส่วนที่มากที่สุดสำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้รถยนต์คือ วัตถุประสงค์ในการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างที่ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขายและธุรกิจส่วนตัว ซึ่งรถยนต์ที่ใช้มีความจำเป็นต่อการประกอบอาชีพ

2.3) ผลจากการสำรวจข้อมูลด้านทัศนคติเกี่ยวกับการเลือกใช้รถยนต์และทัศนคติเกี่ยวกับรถยนต์ไฮบริดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้รถยนต์ไฮบริด

จากผลการสำรวจ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้รถยนต์ไฮบริดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้รถยนต์ไฮบริดในปัจจุบัน คือ รูปลักษณ์และความสวยงามมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 25 และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 15 และเมื่อถามถึงความคิดเห็นด้านความคุ้มค่าของรถยนต์ไฮบริดที่ใช้เมื่อเทียบกับราคาน้ำมันในปัจจุบันส่วนใหญ่ร้อยละ 97 คิดว่าคุ้มค่า

สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัญหาและอุปสรรคในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดในประเทศไทย 2) แนวทางการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดในประเทศไทย โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้รถยนต์ไฮบริด คือ วัตถุประสงค์ในการใช้รถยนต์ ความรู้ความเข้าใจและความสนใจที่ผู้บริโภคมีต่อรถยนต์ไฮบริด นโยบายสนับสนุนจากภาครัฐ รวมถึงปัจจัยพื้นฐาน เช่น อายุ อาชีพ รายได้ สำหรับอุปสรรคในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฮบริดในประเทศไทย คือ ราคาของรถยนต์ไฮบริดสูงเกินไป

กว่าที่ประชาชนส่วนใหญ่จะซื้อได้ ประกอบกับโครงสร้างภาษีที่ไม่สอดคล้องกับการส่งเสริมการใช้รถยนต์ ประสิทธิภาพสูง

2) จากการศึกษานโยบายหรือมาตรการจูงใจที่ส่งผลต่อการเพิ่มสัดส่วนการใช้รถยนต์ไฮบริดในต่างประเทศ ทั้งมาตรการด้านการเงิน มาตรการบังคับทางกฎหมาย รวมถึงมาตรการเกี่ยวกับการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ประสิทธิภาพสูง สามารถนำมาประยุกต์กับนโยบายในปัจจุบันหรือใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายในอนาคต โดย

มาตรการระยะสั้น

มาตรการด้านการเงินและการคลัง เช่น การลดภาษี การให้เงินอุดหนุนแก่ผู้ซื้อรถยนต์ไฮบริด เพื่อเป็นการจูงใจให้ผู้บริโภคซื้อรถยนต์ไฮบริดเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลทางรายได้

มาตรการระยะกลาง

1) มาตรการบังคับด้านกฎหมาย เช่น การกำหนดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงขั้นต่ำ การเก็บภาษีตามปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ การเรียกเก็บค่าปรับหรือค่าธรรมเนียมสำหรับรถยนต์ที่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงและรถยนต์ที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด โดยควรเก็บหรือปรับที่โรงงานผลิตเพื่อกระตุ้นให้ผู้ผลิตพัฒนารถยนต์ที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น

2) การให้ความรู้ประชาชน เช่น ให้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและรูปแบบการขับขี่ที่มีประสิทธิภาพ การให้ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้พลังงานควบคู่ไปกับการโฆษณารถยนต์และการเผยแพร่ข้อมูลผ่านทางเว็บไซต์

3) มาตรการบังคับติดฉลากแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของรถยนต์ โดยแสดงข้อมูลที่ช่วยผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อรถยนต์ประสิทธิภาพสูง ทั้งนี้อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางของตลาดรถยนต์ โดยมีการผลิตและจำหน่ายรถยนต์ประสิทธิภาพสูงเร็วขึ้น

มาตรการระยะยาว

1) ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา

ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยียานยนต์ เช่น แบตเตอรี่ รถยนต์ไฮบริด รถยนต์ไฟฟ้า พร้อมกับวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือกอื่นๆ

2) ส่งเสริมการผลิตรถยนต์แห่งชาติ

ควรส่งเสริมให้มีการผลิตรถยนต์แห่งชาติ โดยรัฐเป็นผู้สนับสนุนและลงทุนเพื่อที่จะสามารถควบคุมราคาขายให้สอดคล้องกับรายได้ของคนไทย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). *การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ*

เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2555, จากเว็บไซต์ <http://www.dede.go.th>

กระทรวงพลังงาน, แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (2554 – 2573). สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2555,

จากเว็บไซต์ http://www.eppo.go.th/ccep/download/NEEP2030_FINAL.pdf

Green Auto Fuels, Hybrid Electric Vehicle. Retrieved June 25, 2012, from Website:

<http://green-auto-fuels.com/hybrid-electric-car-basics>

กรมการขนส่งทางบก. (2555). *จำนวนรถยนต์จดทะเบียนสะสมจำแนกตามชนิดเชื้อเพลิง*. สืบค้นเมื่อ

31 ตุลาคม 2555, จากเว็บไซต์ http://apps.dlt.go.th/statistics_web/vehicle.html

Verband der Automobilindustrie. (2012). “Thailand’s passenger cars taxation”. Retrieved September 12, 2012, from Website: <http://www.vda.de/de/index.html>

U.S. Department of Energy. (2012). Learn About the New Label. Retrieved September 15, 2012, from Website: <http://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=bt1>

ระบบบำบัดและฟื้นฟูกล้ามเนื้อและแขนไขโรโรลเลอร์ Gyro Roller, the Upper Extremity Rehabilitation System

พชร กุลปวโรภาส, ภัณฑิรา มกรานนท์,
ณัฐวุฒิ โรหิตเสถียร และ ผศ.ดร.ปัทมาธิ ฤทธิประวัตติ

ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail: potchara.ac123@gmail.com

บทคัดย่อ

ระบบบำบัดและฟื้นฟูกล้ามเนื้อและแขนไขโรโรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ฟื้นฟูรูปแบบใหม่ซึ่งอาศัยหลักการไจโรสโคป (Gyroscope) ในการฟื้นฟูกล้ามเนื้อ โดยเมื่อผู้ป่วยออกแรงกระทำต่อไจโรโรลเลอร์แล้ว จะมีแรงป้อนกลับมากกระทำที่มือและแขนของผู้ป่วยช่วยให้กล้ามเนื้อได้รับการออกกำลังกายและมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ระบบบำบัดและฟื้นฟูกล้ามเนื้อและแขนไขโรโรลเลอร์ได้ประยุกต์หลักการดังกล่าวเพื่อสร้างเครื่องมือให้แก่ผู้ป่วยที่ได้รับการกระทบกระเทือนต่อระบบประสาทได้ใช้ในการฟื้นฟู โดยผู้ป่วยสามารถเลือกรูปแบบการฟื้นฟูได้ 2 โหมดด้วยกัน คือ โหมดแอคทีฟ (active mode) และโหมดพาสซีฟ (passive mode) ซึ่งทั้งสองโหมดนี้จะมีเกมคอมพิวเตอร์ที่ได้ออกแบบไว้ให้ใช้ร่วมกัน เพื่อให้ผู้ป่วยทำการบำบัดและฟื้นฟูด้วยความสนุกและเพลิดเพลิน รวมถึงสามารถบันทึกความก้าวหน้าในการบำบัดและฟื้นฟูด้วย

คำสำคัญ: การฟื้นฟูสมรรถภาพ, ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง, ไจโรสโคป

ABSTRACT

The upper extremity rehabilitation system, Gyro-Roller, uses the principle of gyroscope to exercise human muscles. If a patient moves Gyro-Roller, it will apply force to their hands and arms. The muscles are thus exercised and strengthened. The developed Gyro-Roller can be used in 2 modes, i.e., active and passive mode. Both modes have been interfaced with a computer game. This can make the rehabilitation more fun and interesting. Moreover, progression of the rehabilitation can be recorded for further evaluation.

Keywords: rehabilitation, stroke patients, gyroscopic effect

บทนำ

ผู้ป่วยที่ได้รับการกระทบกระเทือนต่อระบบประสาท มักประสบปัญหาในการควบคุมการเคลื่อนไหว ไม่ว่าจะเป็นแขน ขาหรือกล้ามเนื้ออื่นๆ รวมถึงอาจสูญเสียระบบรับรู้สัมผัสด้วย ซึ่งหากปล่อยทิ้งไว้โดยไม่ได้รับการฟื้นฟูเป็นเวลานานก็จะทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อนั้นๆเสียหายไปมากยิ่งขึ้น เช่น กล้ามเนื้ออาจเกิดการหดเกร็ง ชื่อยึดหรือติด เป็นต้น เพื่อลดความเสียหายดังกล่าวรวมถึงฟื้นฟูความสามารถหรือหน้าที่ของกล้ามเนื้อเหล่านั้น ผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับการบำบัดและฟื้นฟูเพื่อให้ระบบประสาทสร้างเส้นทางใหม่ในการส่งการกล้ามเนื้อเหล่านั้น

ระบบบำบัดและฟื้นฟูกล้ามเนื้อและแขนไขโรโรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ฟื้นฟูรูปแบบใหม่ซึ่งอาศัยหลักการไจโรสโคป (Gyroscope) ในการฟื้นฟูกล้ามเนื้อ โดยเมื่อผู้ป่วยออกแรงกระทำต่อไจโรโรลเลอร์แล้ว

จะมีแรงป้อนกลับมากระทำที่มือและแขนของผู้ป่วยช่วยให้กล้ามเนื้อได้รับการออกกำลังกายและมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

สำหรับหลักการของโรลเลอร์เป็นหลักการที่เกี่ยวกับวัตถุที่หมุนด้วยความเร็วหนึ่งๆ โดยแรงเฉื่อยของล้อจะช่วยรักษาทิศทางของการหมุนนั้นๆ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศของแกนหมุนของวัตถุซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทิศของโมเมนตัมเชิงมุม (Angular momentum) จะทำให้เกิดแรงบิดเพื่อรักษาทิศของการหมุนของวัตถุนั้นให้คงเดิม

ระบบบำบัดและฟื้นฟูกล้ามเนื้อและแขนโรลเลอร์ได้ประยุกต์หลักการดังกล่าวเพื่อสร้างเครื่องมือให้แก่ผู้ป่วยที่ได้รับการกระทบกระเทือนต่อระบบประสาทได้ใช้ในการฟื้นฟู โดยผู้ป่วยสามารถเลือกรูปแบบการฟื้นฟูได้ 2 โหมดด้วยกัน คือ โหมดแอคทีฟ (active mode) และโหมดพาสซีฟ (passive mode) ซึ่งทั้งสองโหมดนี้จะมีเกมคอมพิวเตอร์ที่ได้ออกแบบไว้ให้ใช้ร่วมกัน เพื่อให้ผู้ป่วยทำการบำบัดและฟื้นฟูด้วยความสนุกและเพลิดเพลิน รวมถึงสามารถบันทึกความก้าวหน้าในการบำบัดและฟื้นฟูด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ระบบบำบัดและฟื้นฟูกล้ามเนื้อและแขนโรลเลอร์มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปบำบัดผู้ป่วยที่มีปัญหาในการควบคุมกล้ามเนื้อและแขนโดยอาศัยการสร้างแรงบิดมากระทำที่มือและแขนของผู้ป่วยจากหลักการโรลเลอร์ ช่วยให้มือและแขนผู้ป่วยได้ออกกำลังกายให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ข้อกำหนดในการออกแบบ

1.1 ความยาวและน้ำหนักของร่างกายส่วนแขน

1.2

ตารางที่ 1: ความยาวและน้ำหนักส่วนแขน ของคนน้ำหนัก 60 กิโลกรัม สูง 170 เซนติเมตร

| | ความยาว (cm) | น้ำหนัก (kg) |
|--------|--------------|--------------|
| ต้นแขน | 25.100 | 1.5982 |
| แขน | 24.110 | 0.9917 |
| มือ | 17.409 | 0.3970 |

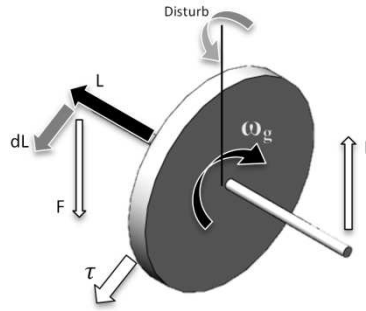
ที่มา: <http://www.clbme.bas.bg/projects/motco/data/massinertial.html>

1.3 หลักการของโรลเลอร์

วัตถุที่มีการหมุนรอบตัวด้วยความเร็วเชิงมุม (ω) จะมีโมเมนตัมเชิงมุม (L) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันตามสมการ

$$L = I \times \omega \quad (1)$$

โดยที่ I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ



รูปที่ 1: ไจโรสโคป

เมื่อรบกวนระบบดังรูปที่ 1 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางของ โมเมนตัมเชิงมุม หรือ dL จากสมการ

$$\tau = \frac{dL}{dt} \quad (2)$$

และ

$$\tau = F \times R \quad (3)$$

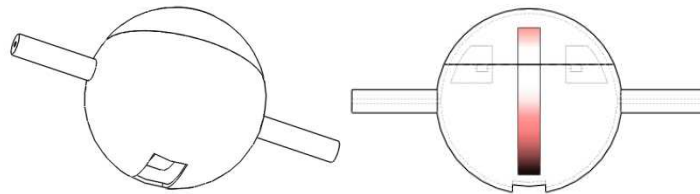
การเปลี่ยนแปลงทิศทางของ โมเมนตัมเชิงมุมทำให้เกิดแรงบิด τ ซึ่งเป็นแรงที่นำมาใช้ในการออกกำลังกายให้กล้ามเนื้อ

2. การออกแบบอุปกรณ์

ระบบบำบัดและฟื้นฟูกล้ามเนื้อมือและแขนไจโรโรลเลอร์ ประกอบด้วย ลูกบอลไจโรโรลเลอร์ (รูปที่ 2), ฐานวางลูกบอลไจโรโรลเลอร์ (รูปที่3) และฝาครอบ (รูปที่4)

2.1 ลูกบอลไจโรโรลเลอร์

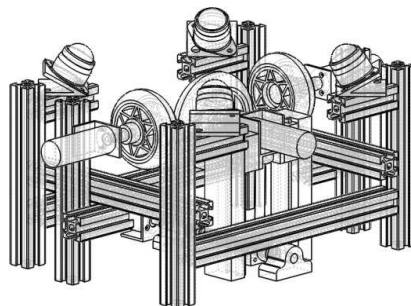
ภายในลูกบอลไจโรโรลเลอร์ มีล้อที่ทำหน้าที่ในการสร้างแรงบิดอยู่



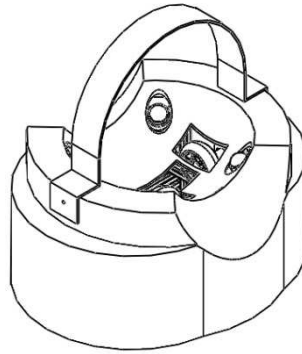
รูปที่ 2: ลูกบอลไจโรโรลเลอร์ และภายในของลูกบอล

2.2 ฐานวางลูกบอลไจโรโรลเลอร์

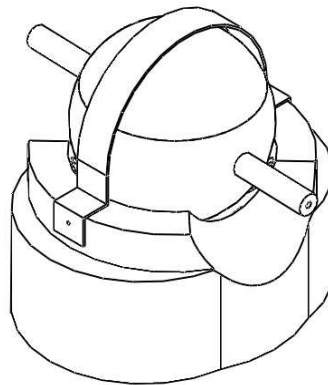
โครงสร้างฐานวางลูกบอลไจโรโรลเลอร์ประกอบขึ้นจากอลูมิเนียม มีล้ออิสระติดไว้ที่ทั้งสี่มุมเพื่อรองรับการเคลื่อนไหวของลูกบอล และมีล้อสองอันซึ่งติดไว้ด้านข้างสำหรับขับเคลื่อนลูกบอลไจโรโรลเลอร์ในโหมดพาสซีฟ โดยล้อทั้งสองอันนี้จะถูกควบคุมด้วยมอเตอร์ นอกจากนี้ที่ฐานวางลูกบอลไจโรโรลเลอร์ยังมีชุดยกล้อป้อนสำหรับป้อนล้อที่อยู่ในลูกบอล



รูปที่ 3: แสดงฐานวางลูกบอลไจโรโรลเลอร์



รูปที่ 4: แสดงฐานและฝาครอบใจโรโรลเลอร์



รูปที่ 5: แสดงใจโรโรลเลอร์ที่พร้อมใช้งาน

3. การควบคุม

อุปกรณ์ตรวจจับ (sensor) และอุปกรณ์ขับเคลื่อน (actuator) ต่างๆ ถูกใส่ไว้ในลูกบอลใจโรโรลเลอร์ โดยสามารถติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางบอร์ด microcontroller (MCU) ของ Arduino รุ่น UNO R3

3.1 อุปกรณ์ตรวจจับ

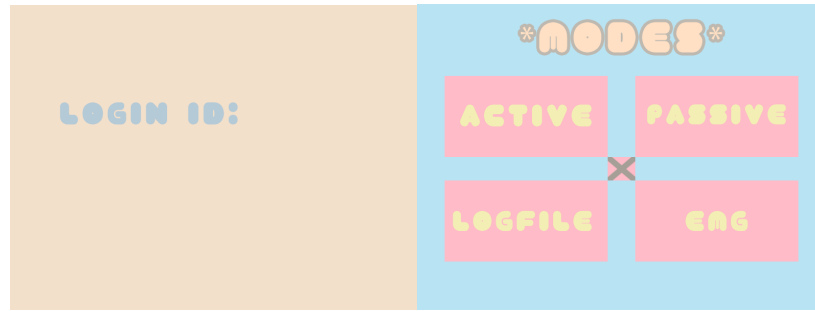
ใจโรเซ็นเซอร์ (Gyro sensor) รุ่น LPR550AL Dual-Axis (Pitch and Roll or XY) ถูกติดตั้งเพื่อตรวจจับความเร็วเชิงมุมใน 2 แกน แล้วนำมาระบุถึงการเคลื่อนไหวของบอลในระหว่างการเล่นเกมลิมิตสวิทช์ (Limit switch) ถูกติดตั้งเพื่อจำกัดช่วงของการเคลื่อนที่

3.2 อุปกรณ์ขับเคลื่อน

การขับเคลื่อนทั้งหมดทำโดยใช้มอเตอร์ทั้งในการหมุนลูกบอลใจโรโรลเลอร์ และปั่นล้อภายในเพื่อให้เกิดใจโรเอฟเฟค (Gyro-effect)

4. การติดต่อกับผู้ใช้งาน

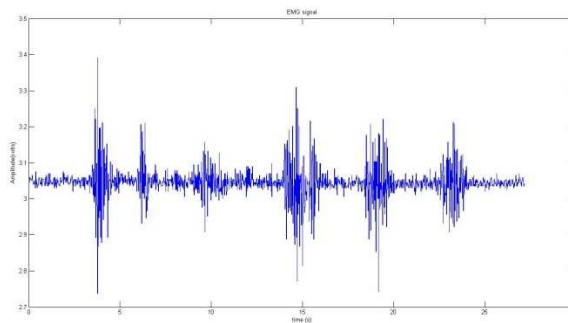
Graphical User Interface หรือ GUI ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน โดยเครื่องสามารถเข้าถึงโหมดต่างๆของ Gyro-Roller, เกม, การเก็บสัญญาณกล้ำเนื้อ รวมถึงสามารถเรียกดูข้อมูลการเล่นของผู้ป่วยและสัญญาณกล้ำเนื้อที่ได้บันทึกไว้ได้



รูปที่ 6: GUI

5. การติดตามผลการใช้งาน

ระบบสามารถบันทึกผลคะแนนและเวลาในการเล่นรวมถึงสัญญาณกล้ามเนื้อ ไว้ในรูปแบบของ Log file เพื่อใช้วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการรักษา



รูปที่ 7: สัญญาณกล้ามเนื้อ

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|----------------------------|-----------|----------|------|----------|-----------|------|
| 1 | ID | test | | | | | |
| 2 | Name | test | | | | | |
| 3 | Time | Mode | PlayTime | Coin | All coin | Miss coin | Move |
| 4 | 2013-01-22 22:06:26.250000 | Active | 5.048 | 0 | 130 | 130 | 188 |
| 5 | 2013-01-22 22:06:49.498000 | Active | 10.006 | 70 | 230 | 160 | 304 |
| 6 | 2013-01-22 22:07:00.185000 | EMG monit | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 2013-01-22 22:07:46.042000 | open Log | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 2013-01-23 16:21:28.205000 | Active | 20.018 | 360 | 480 | 140 | 763 |
| 9 | 2013-01-23 16:22:00.273000 | EMG monit | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 2013-01-23 16:23:09.304000 | open Log | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 2013-01-23 17:24:27.060000 | Active | 30.039 | 340 | 920 | 580 | 1098 |
| 12 | 2013-01-23 17:24:34.835000 | EMG monit | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 2013-01-23 17:25:49.706000 | open Log | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

รูปที่ 8: Log file

6. การทดสอบระบบ

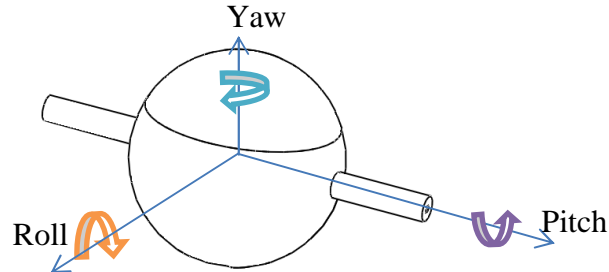
6.1 ระยะเวลาที่ล้อใจโรสโคปหมุน

การทดสอบนี้ทำโดยควบคุมให้ล้อป่นที่ฐานวางซึ่งถูกยกขึ้นมาปั่นล้อภายในล้อใจโรลเลอร์ ให้หมุนด้วยความเร็วคงที่เพื่อเกิดแรงบิด โดยจะเริ่มจับเวลาตั้งแต่ที่ล้อป่นถูกยกลงไปจนกระทั่งล้อภายในนั้นหยุดหมุน ทั้งสิ้น 10 ครั้งแล้วจึงหารระยะเวลาเฉลี่ย

6.2 ผลของใจโรสโคปต่อการออกแรงกล้ามเนื้อ

ทำการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อไบเซพ (Bicep) ด้วยเครื่อง BioPAC โดยจำเป็นต้องคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ออกกับสัญญาณที่วัดได้ โดยเก็บสัญญาณจากการยกน้ำหนัก 1 และ 2 กิโลกรัม

จากนั้นเก็บสัญญาณขณะทำลองกับเครื่อง Gyro-Roller ทั้งที่วางอยู่บนฐาน และไม่อยู่บนฐาน โดยจะทำการทดสอบด้วยการหมุนในแกน Roll เท่านั้น ตามรูปที่ 9 ซึ่งจะทำให้เกิดไจโรเอฟเฟคในแกน yaw หรือทำให้กล้ามเนื้อเกิด flexion ซึ่งกล้ามเนื้อไบเซพเป็นหนึ่งในกล้ามเนื้อที่ใช้ในการ flexion ทั้งที่อยู่บนฐาน และไม่อยู่บนฐาน



รูปที่ 9: แสดงชื่อแกน

สัญญาณกล้ามเนื้อจะถูกประมวลผลโดยใช้การคำนวณค่า Root Mean Square (RMS) จากสมการ

$$RMS\ EMG = \sqrt{\frac{\sum (EMG - mean)^2}{n}} \quad (4)$$

โดย n มีขนาดเป็น 200

จากการเก็บสัญญาณกล้ามเนื้อขณะเล่นเครื่อง ทั้งที่มีและไม่มีการวิ่ง นำกลับมาเทียบกลับเป็นน้ำหนักที่ออกแรงเพิ่มขึ้นจากไจโร

โดยสมการ

$$Load = \frac{(RMS\ EMG\ when\ active) - (RMS\ EMG\ when\ non - active)}{Voltage\ per\ Kilograms}$$

6.3 ความเหมาะสมของระบบ

ในการทดสอบนี้ทำโดยให้คน 10 คน ทดลองเล่น Gyro-Roller จากนั้นให้ทำแบบสอบถาม ซึ่งจะสอบถามถึงแรงที่เกิดขึ้นว่าสามารถรู้สึกได้ว่าเกิดในทิศที่ควรจะเป็นหรือไม่ ความเหมาะสมของแรงที่เกิดระยะการเคลื่อนที่ ตัวเกม รวมถึงความเหมาะสมด้านการออกแบบของเครื่องด้วย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการจับเวลาตั้งแต่ช่วงที่ล้อปั่นยกขึ้นมาปั่นไม่สัมผัสกับล้อภายในจนกระทั่งล้อภายในหยุดหมุนจำนวน 10 ครั้ง พบว่าล้อหมุนภายในจะหมุนอยู่ที่เวลาเฉลี่ยคือ 47.673 วินาที

ตารางที่ 2: เวลาที่ล้อใจโรป็น

| | Time |
|----|-------|
| 1 | 47.4 |
| 2 | 46 |
| 3 | 48.25 |
| 4 | 46.02 |
| 5 | 49.14 |
| 6 | 49.68 |
| 7 | 49.89 |
| 8 | 45.45 |
| 9 | 49.16 |
| 10 | 45.74 |

หาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ออกกับสัญญาณที่วัดได้ โดยเก็บสัญญาณจากการยกน้ำหนัก 1 และ 2 กิโลกรัม

ตารางที่ 3: ความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ออกกับสัญญาณที่วัดได้

| Subject | 1 Kg (V) | 2 Kg (V) | Voltage/Kg |
|---------|----------|----------|------------|
| 1 | 0.1712 | 0.1888 | |
| | 0.1983 | 0.1764 | |
| | 0.1831 | 0.1959 | |
| AVG. | 0.1842 | 0.187033 | 0.032367 |
| 2 | 0.2327 | 0.2201 | |
| | 0.2335 | 0.1828 | |
| | 0.216 | 0.2394 | |
| AVG. | 0.2274 | 0.2141 | 0.018833 |
| 3 | 0.1726 | 0.2091 | |
| | 0.1701 | 0.2115 | |
| | 0.1894 | 0.2051 | |
| AVG. | 0.177367 | 0.208567 | 0.0312 |
| 4 | 0.2613 | 0.2547 | |
| | 0.2165 | 0.2345 | |
| | 0.2147 | 0.2726 | |
| AVG. | 0.230833 | 0.253933 | 0.0231 |

ตารางที่ 4: เวลาที่ล้อใจโรป็น

| Subject | วางบนฐาน | ยกพื้นฐาน |
|---------|-----------|-----------|
| 1 | -1.1730 | 0.640577 |
| 2 | -0.66017 | 0.6 |
| 3 | -2.9786 | 0.5715 |
| 4 | -0.261183 | 0.5036 |

จากแบบสอบถามพบว่าคนส่วนใหญ่สามารถรู้สึกถึงแรงที่เกิดขึ้นได้ แต่ควรเพิ่มความแรง และระยะเวลาการเกิดให้นานขึ้น

สรุป

จากงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบบำบัดและฟื้นฟูกล้ามเนื้อและแขนขาโรลเลอร์ ทั้งในส่วนของตัวอุปกรณ์ ส่วนควบคุม และส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน จากการทดสอบพบว่า ระยะเวลาการหมุนของล้อภายในโรลเลอร์ คือ 47.673 วินาที และจากแบบสอบถาม ทำให้รู้ว่ามีแรงเกิดขึ้น แต่เกิดขึ้นเร็วและยังไม่แรงพอ เนื่องจากโรลเลอร์มีความเร็วรอบน้อยและหยุดหมุนเร็ว จากอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมาสามารถสร้างน้ำหนักได้ประมาณ 0.5 กิโลกรัม ประมาณ 3-5 วินาทีหลังจากมีการเพิ่มความเร็วยุติของโรลเลอร์ไปจนสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- นพ.สุรัตน์ บุญญะการกุล และ นพ.สมบัติ มุ่งทวิพงษ์. โรคหลอดเลือดสมอง (อัมพฤกษ์ อัมพาต). สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2556, จากเว็บไซต์: <http://www.phyathai.com/medicalarticledetail/1/6/99/th>
- Michele Antolini, Monica Bordegoni, Umberto Cugini. (2011). World Haptics Conference (WHC). *A Haptic Direction Indicator Using the Gyro Effect*, 21-24 June 2011 Politec. di Milano, Milan, Italy.
- Turner, Glenn. (2009). *Gyroscope*. Retrieved August 10, 2012, from: <http://www.gyroscopes.org>
- Hiroaki Yano, Masayuki Yoshie and Hiroo Iwata. (2003). Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems. *Development of a Non-grounded Haptic Interface Using the Gyro Effect*. 22-23 March 2003.
- Greg Welch and Gary Bishop. (2006). *An Introduction to the Kalman Filter*. University of North Carolina at Chapel Hill.

การแก้ความบิดเบี้ยวของภาพซึ่งได้จากการส่องกล้องแบบแข็งทางจมูก Correction of Image Distortion for Rigid Nasal Endoscope

สุรพงศ์ รัตนลาภไพบูลย์, ธงชัย พงศ์มณฑพัฒน์, ผศ.ดร.ปิ่นรสสิ ฤทธิประวัตติ
Surapong Rattanalappaiboon, Thongchai Bhongmakapat,
Asst.Prof.Dr. Panrasee Ritthipravat

ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Mahidol University
E-mail: panrasee.rit@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

กล้องแบบแข็งทางจมูก (Rigid Nasal Endoscope) เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจหาความผิดปกติทางจมูก เนื่องจากมีความสะดวก และปลอดภัยต่อการใช้งาน แต่เนื่องจากความต้องการที่จะทำให้กล้องสามารถรับภาพได้กว้างขึ้น จึงมีการนำเลนส์มุมกว้างหรือเลนส์ฟิชอาย (Fisheye lens) มาใช้ อย่างไรก็ตามภาพที่ได้จะมีความบิดเบี้ยวอย่างมาก จึงต้องอาศัยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในการคาดคะเนขนาดของอวัยวะภายใน รวมถึงบ่งชี้ถึงความผิดปกติต่างๆ งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งศึกษาการแก้ปัญหาคำบิดเบี้ยวของภาพด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเรียกว่า “Equidistant Projection Function” ควบคู่ไปกับแนวคิดของการคงสภาพเส้นตรงหลังจากถ่ายภาพ โดยทำการทดลองกับภาพถ่ายของตารางหมากรุกซึ่งได้จากกล้องแบบแข็งทางจมูก และเลือกจุดตัดของตารางหมากรุกเท่านั้น ซึ่งจากการทดลองพบว่า ด้วยวิธีการนี้เราสามารถแก้ไขการบิดเบี้ยวของภาพได้ และภาพที่ถูกแก้ไขการบิดเบี้ยวแล้วถูกแสดงเพื่อเปรียบเทียบกับภาพที่ยังมีการบิดเบี้ยวอยู่

คำสำคัญ: กล้องแบบแข็งทางจมูก, การแก้ความบิดเบี้ยวของภาพ, เลนส์ฟิชอาย

ABSTRACT

Rigid nasal endoscope is a medical device that is widely used in nasal diagnosis because it is easy to use and safe. Fisheye lens is generally equipped with the endoscope in order to create a wide nasal image. However, it provides strong distortion in the image. Physicians thus have to use their expertise for determining the organs' size and abnormalities. This research aims to study the correction of image distortion for rigid nasal endoscope. The mathematical technique based on “Equidistant Projection Function” and straight line concept is applied. Experiments are performed by taking checkerboard images from rigid nasal endoscope. Images after the correction are compared with the original images in order to show the effectiveness of the proposed technique.

Keywords: Rigid nasal endoscope, Correction of image distortion, Fisheye lens

บทนำ

กล้องเอนโดสโคป (Endoscope) เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่นิยมนำมาใช้ช่วยในการวินิจฉัยโรคที่พบภายในร่างกาย รวมถึงช่วยในการผ่าตัดแบบรุกรานต่ำ (minimally invasive surgery) ข้อดีของการวินิจฉัยผ่านการส่องกล้อง คือ แพทย์สามารถมองเห็นลักษณะอวัยวะภายในร่างกายได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ช่วยให้แพทย์สามารถวินิจฉัยโรคได้แม่นยำมากขึ้น และยังไม่มีการสร้างบาดแผลให้กับผู้ป่วย หรือถ้าจะมีก็เป็นเพียงบาดแผลเล็กๆเท่านั้น จึงมีความปลอดภัยมาก โดยกล้องเอนโดสโคปนี้ได้ถูกนำไปใช้วินิจฉัยโรคในหลายๆ อวัยวะในร่างกาย เช่น โพรงจมูก กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก และ ลำไส้ใหญ่ เป็นต้น ซึ่งภาพที่ได้จากกล้องเอนโดสโคปนั้น จะมีลักษณะคล้ายกับภาพที่ถ่ายจากกล้องทั่วๆ ไป คือมีลักษณะเป็นภาพถ่ายหรือภาพวิดีโอ แต่จะมีความบิดเบี้ยวของภาพอันเนื่องมาจากลักษณะของเลนส์ที่ใช้ ซึ่งจะเป็นเลนส์แบบที่มีมุมมองกว้าง (wide angle) หรือในบางกรณีจะเป็นเลนส์แบบฟิชอาย (fisheye lens) อันเป็นผลดีต่อการวินิจฉัย เพราะจะทำให้สามารถมองเห็นภาพลักษณะภายในอวัยวะนั้นๆ ได้ในมุมมองที่กว้างมากขึ้น แต่อย่างไรก็ดี การบิดเบี้ยวของภาพนั้นจะมากขึ้นตามความกว้างของมุมมองที่มากขึ้น จึงส่งผลเสียโดยแพทย์จำเป็นต้องคาดคะเนขนาดของอวัยวะภายในต่างๆ ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญอย่างมาก ซึ่งแพทย์แต่ละท่านก็อาจให้ผลการคาดคะเนที่แตกต่างกันออกไป ทำให้เกิดการวินิจฉัยอาจมีความคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการลดการบิดเบี้ยวของภาพที่ได้จากกล้องเอนโดสโคป เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัยโรค

การลดการบิดเบี้ยวของภาพ (Image distortion) นั้น จะประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วนคือ 1. จุดศูนย์กลางของการบิดเบี้ยว (Center of distortion) และ 2. สมการทางคณิตศาสตร์ของเลนส์มุมกว้างหรือเลนส์ฟิชอาย ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการคิดค้นวิธีการแก้การบิดเบี้ยวขึ้นมาหลายรูปแบบ หนึ่งในรูปแบบที่มีการใช้กันมากคือ การใช้สมการโพลีโนเมียลเลขยกกำลังสี่หรือคู่ วิธีนี้พบมากในการใช้แก้การบิดเบี้ยวอันเกิดขึ้นจากกล้องที่มีเลนส์ราคาไม่แพง โดยภาพที่ถ่ายจะมีความบิดเบี้ยวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งไม่เหมาะกับกล้องเอนโดสโคป [1] ต่อมาได้มีผู้ทำการทดลองพบว่าใช้สมการโพลีโนเมียลเลขยกกำลังสี่หรือคู่นั้นไม่สามารถที่จะแก้การบิดเบี้ยวที่เกิดจากเลนส์มุมกว้างและเลนส์ฟิชอายได้ และนักวิจัยคนนี้ได้ทำการพัฒนาวิธีการลดการบิดเบี้ยวของภาพจากเลนส์ฟิชอาย โดยใช้แสงเลเซอร์กำลังต่ำเพื่อคำนวณหาตำแหน่งศูนย์กลางของการบิดเบี้ยว ควบคู่กับการใช้ตารางหมากรุกเพื่อคำนวณหาตัวแปรที่จำเป็นในการแก้การบิดเบี้ยว อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังมีความยุ่งยากและไม่เหมาะต่อการใช้กับกล้องเอนโดสโคปที่มีราคาแพง เนื่องจากมีความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายของกล้องเอนโดสโคป [2] ต่อมาได้มีผู้วิจัยคิดค้นการคำนวณหาตัวแปรที่จำเป็นของกล้องรวมทั้งค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแก้การบิดเบี้ยวของภาพ ด้วยวิธีการสร้าง vanish point จากการเลือกจุดตัดของตารางหมากรุก ซึ่งการสร้าง vanish point นั้นมีความเสี่ยงต่อความผิดพลาด เนื่องจากถ้าผู้วิจัยเลือกจุดตัดคลาดเคลื่อนไปนิดหน่อย ตำแหน่ง vanish point ก็จะถูกผิดพลาดไปได้ อันจะส่งผลต่อการแก้การบิดเบี้ยวของภาพ [3] ในเวลาต่อมาได้มีนักวิจัยทำการรวบรวมวิธีที่ใช้ในการแก้การบิดเบี้ยวของภาพ และทำการเปรียบเทียบความแม่นยำของแต่ละวิธีด้วยการประมาณค่าหาตำแหน่งของจุดตัดของตารางหมากรุกที่ควรจะเป็นหลังจากแก้การบิดเบี้ยวแล้ว ด้วยหลักการวาดภาพแบบ perspective และทำการเปรียบเทียบกับจุดตัดที่ได้จากภาพถ่ายแต่ปัญหาที่เกิดขึ้นก็คล้ายกับงานที่ผ่านมาคือ จำเป็นต้องกำหนดจุด vanish point จากการเลือกจุดตัดบนภาพ ซึ่งเกิดความผิดพลาดได้ง่าย[4] และมีงานวิจัยชิ้นหนึ่งได้นำเสนอวิธีการแก้การบิดเบี้ยวของภาพโดยใช้แนวคิดที่บอกว่า อะไรที่เป็นเส้นตรง หลังจากถ่ายรูปแล้วก็ควรจะเป็นเส้นตรงเหมือนเดิม ด้วยความคิดนี้จึงได้มีการพัฒนาระบบในการค้นหาเส้นโค้งในภาพ แล้วนำสมการการบิดเบี้ยวของภาพมาใช้แก้ความบิดเบี้ยว ด้วยการปรับค่าตัวแปรแล้วคำนวณหาค่า error ทำไปเรื่อยๆจนกว่าจะได้ค่า error ที่น้อยที่สุด

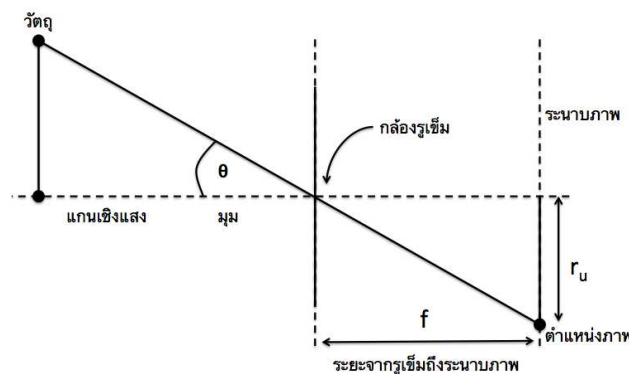
แต่วิธีนี้ยังคงมีข้อเสียอยู่ กล่าวคือ ถ้าระบบเลือกเส้นโค้งที่ไม่ได้เกิดจากการบิดเบี้ยวของเลนส์ จะทำให้การแก้การบิดเบี้ยวผิดพลาดไป [5]

ในงานวิจัยชิ้นนี้จะนำเสนอวิธีการแก้การบิดเบี้ยวของภาพที่ได้จากกล้องแบบแข็งทางจมูก (Rigid Nasal Endoscope) ที่มีเลนส์ที่ใช้เป็นเลนส์มุมกว้างหรือเลนส์ฟิชอาย ด้วยการประมาณว่า “จุดศูนย์กลางของการบิดเบี้ยวของภาพอยู่ที่บริเวณกึ่งกลางภาพ” ร่วมกับวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัยโรค โดยในหัวข้อถัดไปจะประกอบด้วย หลักการที่เกี่ยวข้อง การทดลอง ผลการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

หลักการที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของหลักการที่เกี่ยวข้องนั้น จะอธิบายถึงสมการทางคณิตศาสตร์ของกล้องแบบทั่วไป, กล้องแบบฟิชอาย และเงื่อนไขที่ใช้ในการแก้การบิดเบี้ยวของภาพ คือแนวคิดที่บอกว่า “อะไรที่เป็นเส้นตรงหลังจากถ่ายภาพก็ควรจะเป็นเส้นตรง” โดยอธิบายในเชิงคณิตศาสตร์

สำหรับกล้องถ่ายรูปโดยทั่วไปนั้นจะถูกแทนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ของกล้องอย่างง่าย คือ กล้องรูเข็ม โดยมีลักษณะดังนี้



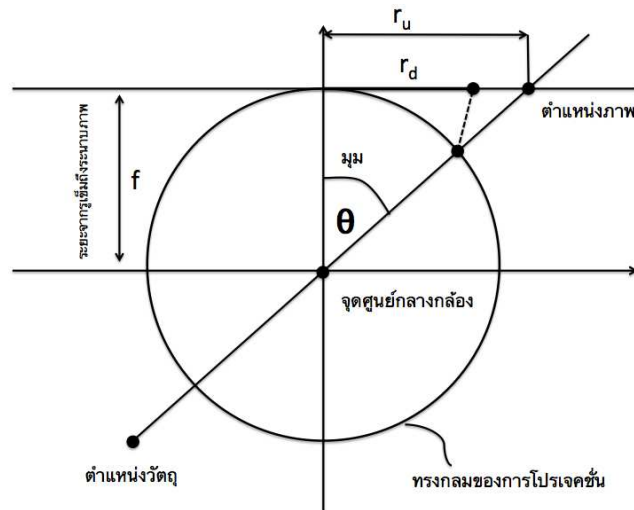
รูปที่ 1: ภาพแสดงรูปแบบการเดินทางของแสงผ่านกล้องรูเข็ม

โดยที่ r_u คือ ตำแหน่งของวัตถุบนระนาบภาพเมื่อวัดจากแกนเชิงแสง
 f คือ ระยะจากแนวกล้องรูเข็มถึงระนาบภาพ
 θ คือ มุมระหว่างแนวแสงของวัตถุกับแกนเชิงแสง

เมื่อแสงจากวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเข้ากล้องและผ่านจุดศูนย์กลางของกล้อง (รูเข็ม) และไปตกกระทบที่ระนาบภาพ จะทำให้ได้ความสัมพันธ์ตามรูปดังนี้

$$r_u = f \tan(\theta) \quad (1)$$

แต่สำหรับเลนส์แบบฟิชอายนั้น ได้มีการออกแบบสมการทางคณิตศาสตร์ออกมารองรับ โดยสมการที่ถูกใช้ในเลนส์แบบฟิชอายนี้เรียกว่า ‘Equidistant Projection Function’



รูปที่: 2 แสดงรูปแบบการเดินทางของแสงผ่านเลนส์แบบพิกซายภายใต้สมการทางคณิตศาสตร์แบบ Equidistant Projection Function

โดยที่ r_d คือ ตำแหน่งของวัตถุบนระนาบภาพของเลนส์แบบพิกซาย
 f คือ ระยะจากแนวกล้องรูเข็มถึงระนาบภาพ
 θ คือ มุมระหว่างแนวแสงของวัตถุกับแกนเชิงแสง

โดยมีสมการของความสัมพันธ์ระหว่างค่า r_d และ θ ดังนี้

$$r_d = f\theta \quad (2)$$

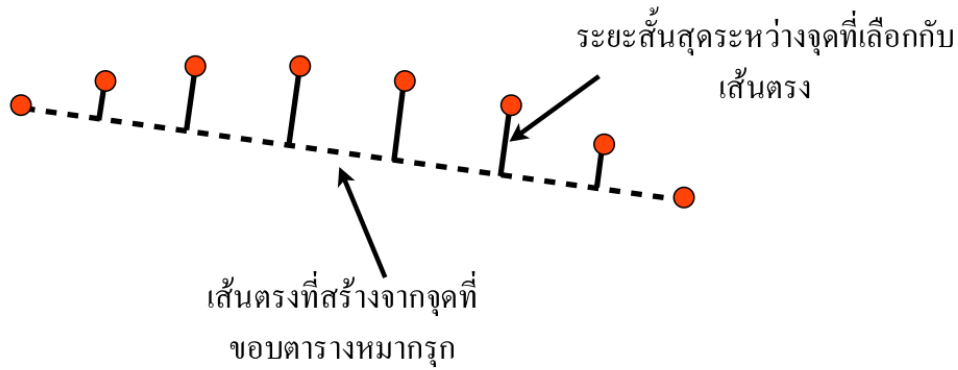
แทนตัวแปร θ จากสมการที่ (1) ลงในสมการที่ (2) จะได้

$$r_d = f \arctan\left(\frac{r_u}{f}\right) \quad (3)$$

สุดท้ายเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง r_d และ r_u

$$r_u = f \tan\left(\frac{r_d}{f}\right) \quad (4)$$

ในการเปลี่ยนจากภาพที่บิดเบี้ยวเป็นภาพที่ไม่บิดเบี้ยวนั้น เราจะใช้ข้อมูลจากตารางหมากรุกที่เราทราบว่า จุดตัดบนตารางหมากรุกนั้น ในแต่ละแถวจะเรียงกันเป็นเส้นตรงดังนั้น เงื่อนไขนี้จึงถูกนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน ด้วยวิธีการหาผลรวมของระยะจากจุดตัดในตารางหมากรุกไปยังเส้นตรงที่สร้างจากขอบของตารางหมากรุก



รูปที่ 3: ภาพแสดงการวัดค่าความคลาดเคลื่อน

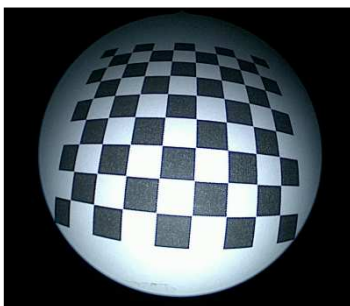
ตามสมการ

$$d = \frac{|ax_0 + by_0 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (5)$$

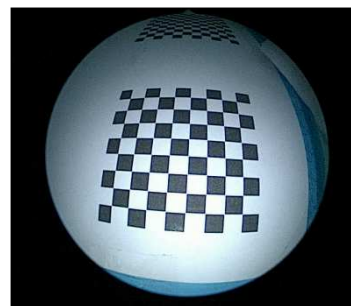
โดยที่ d คือระยะสั้นที่สุดระหว่างจุด (x_0, y_0) เส้นตรงที่มีสมการ $0 = ax + by + c$
 a, b, c คือ สัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรง
 (x_0, y_0) คือ จุดที่ถูกเลือกบนตารางหมากรุก

การทดลอง

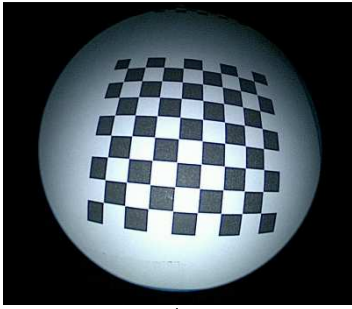
ในส่วนของการทดลองนั้นทำโดยให้แพทย์ผู้ชำนาญการ ใช้กล้องแบบแข็งทางจุมุกในการถ่ายภาพแผ่นตารางหมากรุกในมุมที่ต่างกัน ภาพที่ได้จะมีขนาดอยู่ที่ 1920x1080 พิกเซล จากนั้นจึงนำภาพเหล่านั้นมาทำการคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่จำเป็นต่อการลดการบิดเบี้ยวของภาพ ในการทดลองนี้เราได้ทำการเลือกภาพถ่ายตารางหมากรุกที่มุมต่างๆ กันมาทั้งหมด 10 ภาพ ดังรูปที่ 4



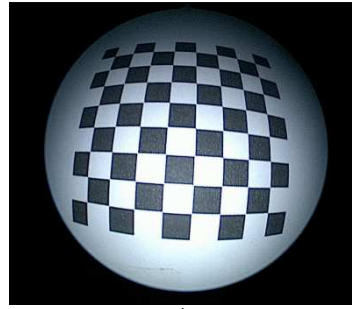
รูปที่ 4.1



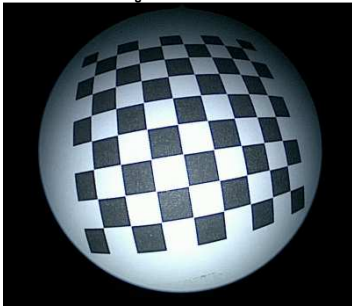
รูปที่ 4.2



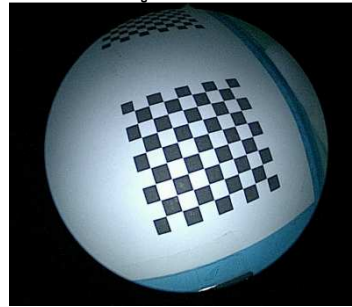
รูปที่ 4.3



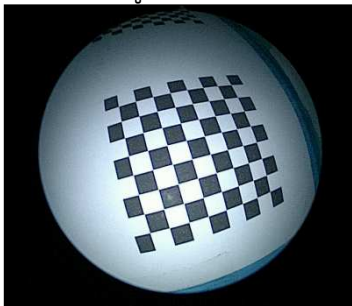
รูปที่ 4.4



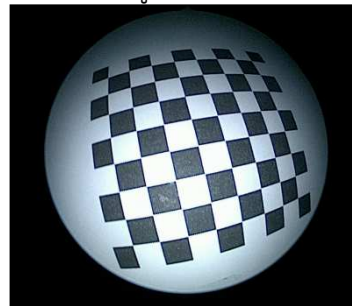
รูปที่ 4.5



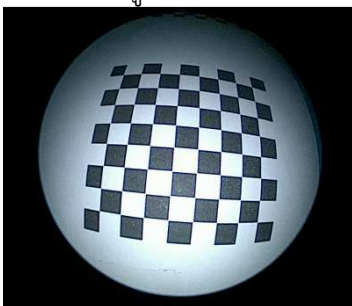
รูปที่ 4.6



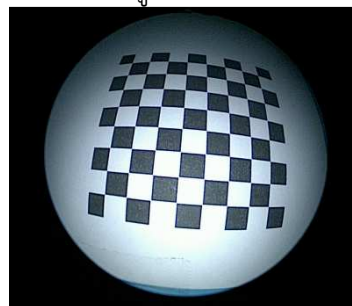
รูปที่ 4.7



รูปที่ 4.8



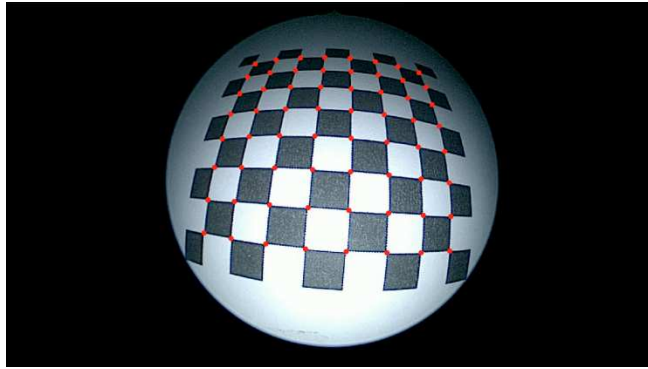
รูปที่ 4.9



รูปที่ 4.10

รูปที่ 4: แสดงภาพถ่ายตารางหมากรุกจากกล้องแบบแข็งทางจุ่มทั้ง 10 ภาพ

จากนั้นทำการเลือกจุดบนภาพตารางหมากรุกในบริเวณที่เป็นจุดตัดของตารางหมากรุก โดยเลือกทุกๆ จุดบนภาพและเลือกทุกๆ ภาพ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5: แสดงการเลือกจุดตัดบนภาพถ่ายดาวเทียม (จุดสีแดง)

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อมาคำนวณหาตัวแปรที่ต้องการ ด้วยวิธีการใช้ความรู้ทางด้านระเบียบวิธีการเชิงตัวเลข (Numerical Method) โดยกำหนดจุดศูนย์กลางของการบิดเบี้ยว (Center of distortion) ไว้ที่จุดตรงกลางภาพ และกำหนดค่า f เริ่มต้น และทำการเพิ่มค่า f ไปเรื่อยๆทีละนิด ในแต่ละครั้งที่ปรับค่า f ระบบจะทำการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน และท้ายที่สุดระบบจะหยุดเมื่อได้ค่า f ทำให้ได้ค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด

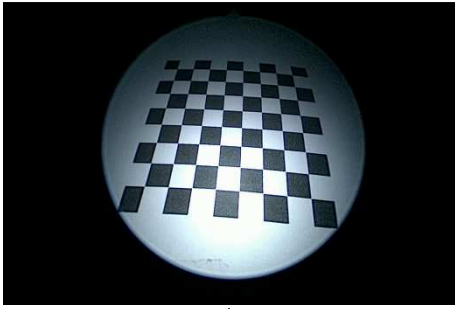
ผลการทดลอง

จากการทดลองคำนวณค่าระยะ f ของภาพทั้งสิบภาพถูกแสดงในตารางด้านล่าง

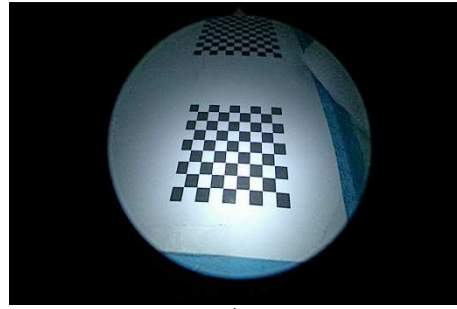
ตารางที่ 1: แสดงค่า f ของภาพแต่ละภาพจากการทดลอง

| รูปที่ | f | รูปที่ | f |
|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.4249 | 6 | 0.4590 |
| 2 | 0.4937 | 7 | 0.4739 |
| 3 | 0.4606 | 8 | 0.4322 |
| 4 | 0.4314 | 9 | 0.4967 |
| 5 | 0.4352 | 10 | 0.4714 |

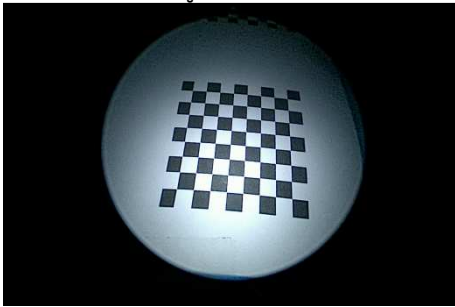
โดยจากสิบภาพ เราจะทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาใช้ในการแปลงภาพจากภาพที่บิดเบี้ยวมาเป็นภาพธรรมดา ค่าเฉลี่ยที่ได้คือ 0.4579 จากนั้นนำค่า f เฉลี่ยที่ได้และค่าตำแหน่งจุดตัดของแต่ละภาพไปแทนในสมการที่ (4) เพื่อแปลงภาพถ่ายซึ่งได้ภาพดังรูปที่ 5



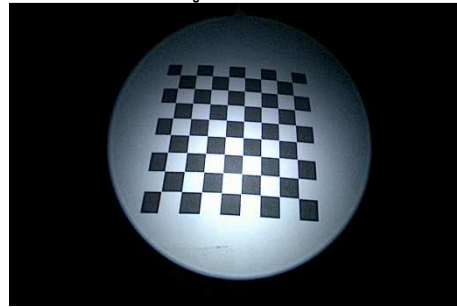
รูปที่ 5.1



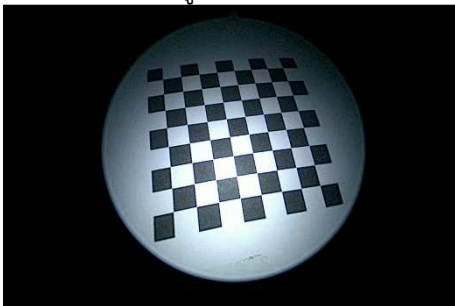
รูปที่ 5.2



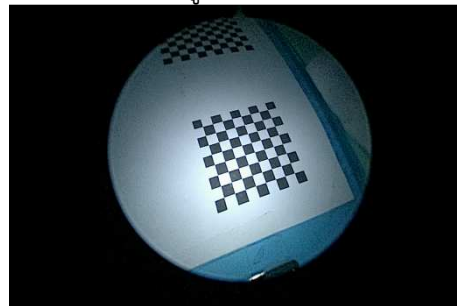
รูปที่ 5.3



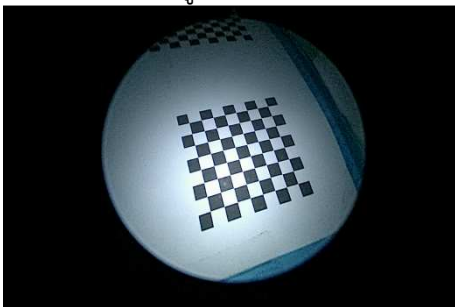
รูปที่ 5.4



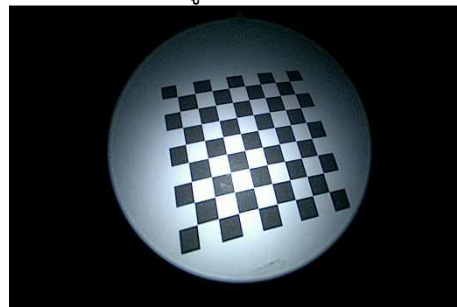
รูปที่ 5.5



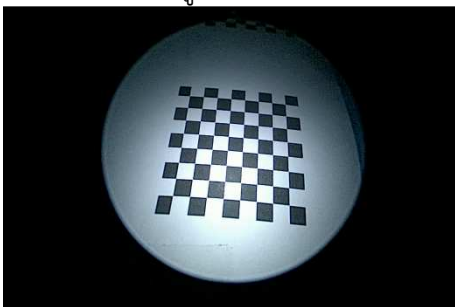
รูปที่ 5.6



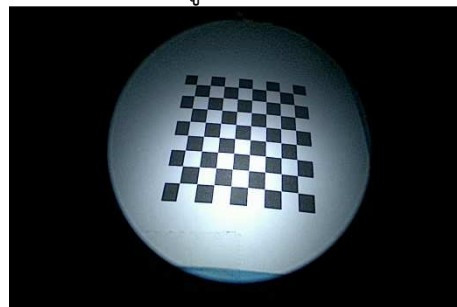
รูปที่ 5.7



รูปที่ 5.8



รูปที่ 5.9



รูปที่ 5.10

รูปที่ 5: แสดงภาพถ่ายตารางหมากรุกที่ถูกแก้การบิดเบี้ยวแล้วทั้ง 10 ภาพ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองหาค่าตัวแปรที่จำเป็นต่อการแก้การบิดเบี้ยวของภาพที่ทำให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ถูกแสดงในตารางด้านล่าง

ตารางที่2: ตารางแสดงค่า f และค่าความคลาดเคลื่อนน้อยสุดของแต่ละภาพ

| รูปที่ | f | ค่าความคลาดเคลื่อน | รูปที่ | f | ค่าความคลาดเคลื่อน |
|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------------------|
| 1 | 0.4249 | 444.2 | 6 | 0.4590 | 178.3 |
| 2 | 0.4937 | 173.5 | 7 | 0.4739 | 218.6 |
| 3 | 0.4606 | 291.6 | 8 | 0.4322 | 460.3 |
| 4 | 0.4314 | 372.0 | 9 | 0.4967 | 283.2 |
| 5 | 0.4352 | 413.1 | 10 | 0.4714 | 289.0 |

จากค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดที่ได้จากการทดลองทั้ง 10 ภาพ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าน้อยเมื่อใช้ภาพตารางหมากรุกที่ถูกถ่ายในระยะที่ห่างจากกล้อง (รูปที่มีตารางหมากรุกขนาดเล็ก) แต่ค่าความคลาดเคลื่อนจะมากเมื่อใช้ภาพตารางหมากรุกที่ถูกถ่ายในระยะที่ใกล้กล้อง (รูปที่มีตารางหมากรุกขนาดใหญ่) ที่เป็นแบบนี้เพราะว่า ในรูปที่ตารางหมากรุกมีขนาดเล็กนั้นจะสังเกตเห็นได้ว่า รูปตารางหมากรุกที่มีการบิดเบี้ยวนั้นจะมีการบิดเบี้ยวที่ไม่มากนัก เนื่องมาจากจุดตัดในตารางหมากรุกมีระยะที่ใกล้กับจุดศูนย์กลางของการบิดเบี้ยว ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของจุดตัดไม่มาก ทำให้การแก้การบิดเบี้ยวมีประสิทธิภาพมากกว่าภาพตารางหมากรุกที่ถ่ายในระยะใกล้ และสำหรับภาพตารางหมากรุกที่ถูกถ่ายในระยะที่ห่างจากกล้องนั้น เราจะสังเกตเห็นว่าจุดตัดของตารางหมากรุกจะอยู่แค่บริเวณตรงกลางภาพเท่านั้น ซึ่งจะทำให้เรามีข้อมูลที่ใช้ในการแก้การบิดเบี้ยวที่ไม่ครอบคลุมทั้งภาพ ส่วนค่า f ที่มีค่าไม่เท่ากันนั้น เกิดเนื่องมาจากจุดตัดของตารางหมากรุกในแต่ละภาพนั้น ครอบคลุมพื้นที่ของภาพไม่เท่ากัน ทำให้การคำนวณค่า f ความคลาดเคลื่อน

สรุป

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการแก้การบิดเบี้ยวของภาพอันเนื่องมาจากการใช้เลนส์มุมกว้างหรือเลนส์ฟิชอาย เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับกล้องแบบแข็งทางจุมุก โดยใช้แนวคิดที่ว่า “อะไรที่เป็นเส้นตรงหลังจากถ่ายภาพก็ควรจะเป็นเส้นตรง” ร่วมกับสมการทางคณิตศาสตร์ของเลนส์ฟิชอายที่เรียกว่า “Equidistant Projection Function” จากการทดลองพบว่า วิธีการดังกล่าวสามารถที่จะแก้การบิดเบี้ยวของภาพได้ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดที่วัดได้จะมีค่าน้อยเมื่อภาพตารางหมากรุกที่ถูกถ่ายในระยะที่ห่างจากกล้อง และมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดมีค่ามากขึ้นเมื่อภาพตารางหมากรุกที่ถูกถ่ายในระยะที่ใกล้กล้อง

เอกสารอ้างอิง

- Wolfgang,Hugemann. (2010). *Correcting Lens Distortions in Digital Photographs*. Retrived February 14, 2013, from http://www.imagemagick.org/Usage/lens/correcting_lens_distortions.pdf
- Shah, S. &Aggarwal, J.K. (1996). *Intrinsic Parameter Calibration Procedure for A (High-Distortion) Fish-eye Lens Camera with Distortion Model and Accuracy Estimation*. Pattern Recognition: Vol. 29, No. 11 pp. 1775-1788, 1996
- Zhu, H., Yang, J. & Liu, Z., (2009). *Fisheye Camera Calibration with Two Pairs of Vanishing Points*. International Conference on Information Technology and Computer Science
- Hughes, C., Denny, P., Jones, E. &Glavin, M. (2010). *Accuracy of fish-eye lens models*. Applied Optics: Vol. 49, No. 17, 10 June 2010
- Devernay, F. &Faugeras, O. (2001). *Straight Lines Have to Be Straight: Automatic Calibration and Removal of Distortion from Scenes of Structured Environments*. Machine Vision and Applications 13, 1 (2001) 14-24



สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Panyapiwat Institute of Management (PIM)

85/1 หมู่ 2 ถนนแจ้งวัฒนะ ตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

โทรศัพท์ 0 2832 0020 โทรสาร 0 2832 0391

www.pim.ac.th