สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ได้นำมาใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ โดยมีการใช้เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการเพื่อเป็นแนวทางในงานปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อเพิ่มผลผลิต รวมทั้งได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบระบบคอมมอนเรล ไดเรค อินเจคชั่น (Common rail Direct Injection)

ปัจจุบันระบบคอมมอนเรลได้ถูกนำมาใช้สำหรับรถกระบะในประเทศไทยเกือบทุกค่าย โดยมีชื่อเรียกทางการตลาดที่แตกต่างกันไป สำหรับรถยนต์นั่งนั้นเครื่องยนต์ดีเซลยังไม่เป็นที่นิยมมากนักในประเทศไทย แต่ในยุโรปซึ่งนิยมใช้รถเครื่องยนต์ดีเซลเพราะมีมลพิษต่ำกว่า ระบบคอมมอนเรลนี้ จึงได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย

ประวัติของระบบคอมมอนเรล เครื่องยนต์ระบบคอมมอนเรลถูกคิดค้นได้สำเร็จครั้งแรกโดยบริษัท Bosch ของเยอรมัน โดยในครั้งแรกระบบคอมมอนเรลถูกนำมาใช้กับเครื่องจักรขนาดใหญ่ (โดยเป็นคอมมอนเรลระบบกลไกลูกเบี้ยวเปิดหัวฉีดช่วย) ต่อมา Bosch สามารถลดขนาดของระบบลงได้ และติดตั้งกับรถยนต์เมอร์เซเดส-เบนซ์ เป็นครั้งแรก (ปี 2540) ปัจจุบันระบบนี้ได้มีบริษัทชั้นนำผลิตออกมาเพื่อจำหน่ายให้แก่บริษัทรถยนต์ เช่น Nippon-Denso, Delphi เป็นต้น

ระบบคอมมอนเรล หรือระบบจ่ายน้ำมันแบบรางร่วม เป็นระบบจ่ายน้ำมันที่ได้พัฒนาขึ้นมาล่าสุดในปัจจุบัน ระบบจ่ายเชื้อเพลิงประกอบด้วย ปั๊มแรงดันสูง (ปัจจุบันสามารถทำแรงดันได้สูงถึง 1800 บาร์ ในประเทศไทย) ในการอัดน้ำมันเข้าสู่รางร่วม (Common Rail) เพื่อรอจังหวะการฉีดที่เหมาะสมที่ประมวลได้จากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit, ECU) เมื่อถึงจังหวะการฉีดเชื้อเพลิงที่ ECU ประมวลผลออกมาได้ วาลว์น้ำมันหรือเข็มหัวฉีดจะถูกยกด้วยแรงขับจากโซลีนอยด์โดยใช้ไฟฟ้า ซึ่งระบบฉีดเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์รุ่นเก่าที่เป็นปั๊มเชื้อเพลิงแบบแถวเรียงหรือจานจ่ายจะใช้วิธีการยกเข็มหัวฉีดด้วยแรงดันในตัวน้ำมันที่ปั๊มเชื้อเพลิงอัดเข้ามา (ประมาณ 120 -250 บาร์) และสามารถเอาชนะแรงกดของสปริงที่หัวฉีดทำให้เข็มหัวฉีด

ยกเปิดน้ำมันให้ไหลผ่านไปได้ วิธีแบบเก่านี้จะไม่สามารถควบคุมจังหวะการฉีดเชื้อเพลิงให้ยืดหยุ่นได้ แตกต่างจากระบบคอมมอนเรลซึ่งใช้ไฟฟ้าในการควบคุม ดังนั้นระบบคอมมอนเรลจึงสามารถฉีดเชื้อเพลิงยืดหยุ่นได้ตามสภาวะการทำงานที่เหมาะสมตามการประมวลผลของ ECU โดย ECU ของเครื่องยนต์สามารถรับรู้สภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ได้จาก Sensor ต่างๆ เช่น ปริมาณออกซิเจนในไอเสีย แรงดันในรางร่วม คันเร่ง อุณหภูมิต่างๆ หรือ อื่นๆ ข้อดีจากการที่เราสามารถควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงได้ตามต้องการ ECU ปัจจุบันจึงสามารถควบคุมให้มีการฉีดแบบหลายครั้ง (Multiple-Injection) ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณมลพิษไนตริกออกไซด์ และช่วยให้มีการเผาไหม้ที่ไม่รุนแรงลดการน็อกของเครื่องยนต์ได้ บริษัทผู้ผลิตระบบเชื้อเพลิงให้กับรถยนต์ปัจจุบันสามารถผลิต ECU ให้คุมคุมการฉีดสูงสุดได้ถึง 5 ครั้งมีพื้นฐานดังนี้คือ การฉีดครั้งที่ 1 เป็นการฉีดล่อ (Pilot Injection) เป็นส่วนช่วยให้เชื้อเพลิงส่วนแรกผสมกับอากาศได้ดีก่อน หลังจากนั้นจึงฉีดครั้งที่ 2 ตามมาเรียกว่า Pre-Injection เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของเชื้อเพลิงในการเริ่มการเผาไหม้ส่วนแรก การฉีดครั้งที่ 3 เป็นการฉีดเชื้อเพลิงหลัก Main-Injection เป็นการฉีดที่ควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ตามคันเร่ง การฉีดครั้งที่ 4 เรียกว่า After-Injection เป็นการฉีดเพื่อเผาเขม่าหรืออนุภาคคาร์บอน (PM) ส่วนสุดท้ายเพื่อให้มีการเผาไหม้สมบูรณ์ที่สุด และการฉีดที่ 5 สุดท้ายคือ Post-Injection เป็นการฉีดควบคุมอุณหภูมิไอเสีย สำหรับในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นการฉีดเชื้อเพลิงแบบ 2 ครั้ง คือ Pilot และ Main-Injection

ระบบคอมมอนเรล ประกอบด้วยปั๊มแรงดันสูง รางร่วม หัวฉีดโซลินอยด์ และ อีซียู (ECU)

- ปั๊มแรงดันสูง สามารถฉีดน้ำมันให้มีความดันได้สูงถึง 1,800 บาร์ หรือ 180 MPa ขึ้นอยู่กับเครื่องยนต์แต่ละรุ่นและผู้ผลิตแต่ละเจ้า แรงดันที่สูงนี้ทำให้น้ำมันแตกตัวเป็นละอองได้ดีกว่าการใช้หัวฉีดแบบเก่ามาก หรือที่เรียกว่า Fuel Atomisation
- รางร่วม มีลักษณะเป็นท่อเล็กๆยาวๆ ที่มีความหนามากเพื่อทนต่อแรงดันสูง รางร่วมนี้จะรักษาความดันให้คงที่และช่วยให้ละอองน้ำมันที่จ่ายไปยังห้องเผาไหม้ทุกห้องมีลักษณะเหมือนกัน
- หัวฉีดโซลินอยด์ช่วยทำให้สามารถควบคุมเวลาของการฉีดน้ำมัน และปริมาณน้ำมันที่ฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ ได้อย่างละเอียด
- อีซียู หรือ Electronic Control Unit ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของทั้งระบบให้เหมาะสมกับการขับขี่ ไม่ว่าจะเป็น การเร่งเครื่อง การขับด้วยความเร็วสูง หรือความเร็วต่ำ นอกจากนี้อีซียูยังสามารถสั่งให้มีการฉีดน้ำมันเล็กน้อย เข้าไปในห้องเผาไหม้ก่อนที่จะมีการฉีดน้ำมันตามรอบได้อีกด้วย เรียกว่า ไพล็อต อินเจ็คชั่น (Pilot

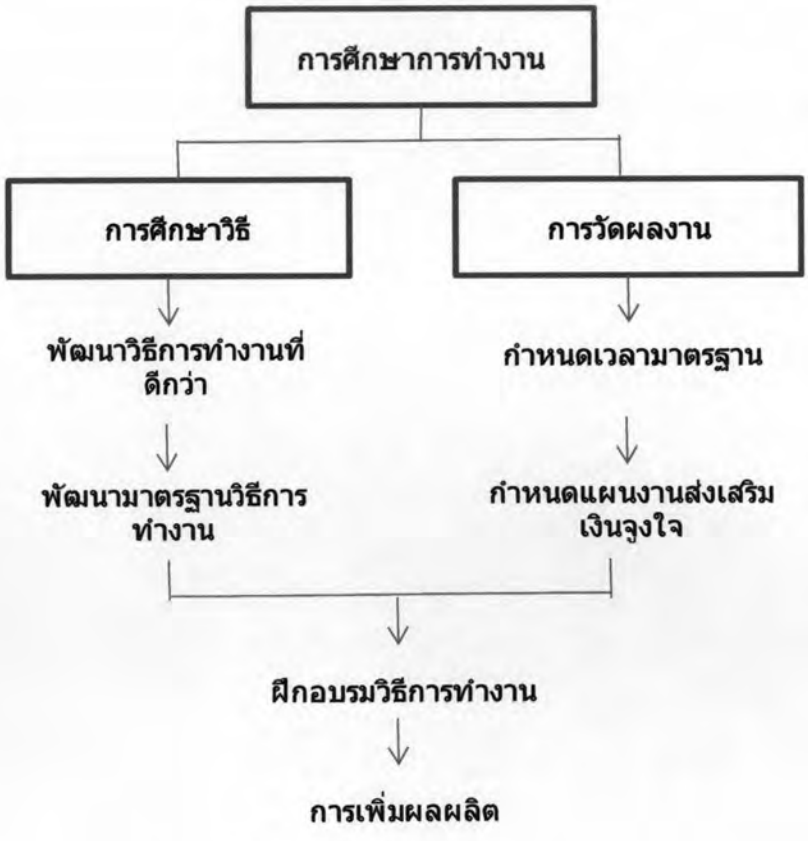
Injection) เพื่อที่จะลดความรุนแรงของการระเบิดในรอบการจุดระเบิด นอกจากนี้ ไพล็อต อินเจ็คชั่น ยังช่วยให้เครื่องยนต์สามารถสร้างกำลังงานอย่างต่อเนื่องอีกด้วย ด้วยกลไกการทำงานข้างต้น ระบบคอมมอนเรล จึงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเก่า ดังนั้นจึงช่วยประหยัดน้ำมัน ปล่อยมลพิษน้อยกว่า อีกทั้งยังเงียบกว่า และมีการสั่นสะเทือนน้อยกว่าเครื่องยนต์แบบเก่าอีกด้วย

2.1.2 หลักการและแนวคิดในการศึกษาการทำงาน

2.1.2.1 การศึกษาการทำงาน

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการทำงานสามารถสรุปได้ว่า

การศึกษาการทำงานประกอบไปด้วย การศึกษาวิธีการทำงาน และการวัดผลงาน ซึ่งใช้ในการศึกษากระบวนการทำงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานและองค์ประกอบของกระบวนการทำงานให้ดีขึ้น และสามารถใช้ในการพัฒนามาตรฐานการทำงานและกำหนดเวลาทำงาน รวมไปถึงการวางแผนการผลิต การส่งเสริมจูงใจบุคลากรและนำไปสู่การเพิ่มผลผลิต



รูปที่ 2.1 การศึกษาการทำงาน

2.1.1.2 **ประโยชน์ของการศึกษาการทำงาน**

การศึกษาการทำงาน เป็นเครื่องมือของการเพิ่มผลผลิตทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการ ดังนั้นประโยชน์เบื้องต้นก็คือ ช่วยให้เกิดผลงานที่ดีขึ้นสูงขึ้น จุดเน้นของการศึกษาการทำงานจึงอยู่ที่ ทำงานน้อยได้งานมาก นักศึกษาการทำงานจึงมีหน้าที่ในการพัฒนาระบบงานหรือวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.1.3 **การศึกษาวิธีการทำงาน**

ขั้นตอนของการศึกษาวิธีการทำงานพอสรุปได้ดังนี้

1. **การเลือกงาน** กิจกรรมที่จะทำการศึกษาการทำงานมีมากมาย ดังนั้นการจะใช้ประโยชน์จากการศึกษาการทำงานได้อย่างเต็มที่คือ การรู้จักดำเนินการศึกษาการทำงานที่จะมีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนก่อน ในขณะเดียวกันก็ป้องกันการเสียเวลาในการศึกษาการทำงานซึ่งอาจจะไม่ก่อให้เกิดผลดีต่อองค์กร การแก้ไขปัญหาของงานหนึ่งอาจจะมีผลทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการแก้ปัญหาของงานอีกหลาย ๆ งานก็ได้ การกำหนดความก่อนหลังของงานที่จะเลือกทำ จึงเป็นขั้น ตอนแรกของการศึกษาการทำงาน
2. **การบันทึกงาน** หรือการเก็บข้อมูลการทำงานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความบกพร่องและสาเหตุความบกพร่อง เป็นงานขั้นตอนต่อจากการเลือกงาน ถ้าเรามีวิธีการในการบันทึกงานที่เลือกจะศึกษา ทำให้เข้าใจปัญหาและสาเหตุของปัญหาได้ง่าย การวิเคราะห์ปัญหาจะตรงประเด็นและง่ายต่อการเข้าใจถึงปัญหาที่แท้จริงของงาน ช่วยให้สามารถพัฒนาวิธีการทำงานที่ดีกว่า และกำหนดมาตรฐานของงานเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป
3. **การวิเคราะห์งาน** การวิเคราะห์งานเป็นขั้นตอนที่ช่วยให้เข้าใจปัญหาและเกิดแนวคิดในการแก้ไขปัญหา เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์งานคือ เทคนิคการตั้งคำถาม เทคนิคการแบ่งแยกความสำคัญของปัญหา และเทคนิคการแบ่งแยกประเภทของงาน ถ้าตั้งคำถามกับกิจกรรมต่าง ๆ ที่บันทึกมาได้ เราจะได้คำตอบที่เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขระบบงาน และช่วยให้กำหนดทางเลือกใหม่ ซึ่งจะช่วยให้เกิดวิธีการทำงานที่ดีกว่า
4. **การปรับปรุงงาน** การปรับปรุงงานจะอาศัยเทคนิคการ ละ ลด รวบงาน เพื่อปรับปรุงให้มีขั้นตอนที่มีความซับซ้อนยุ่งยากน้อยลง ลดงานที่ไม่จำเป็นและตัดลดความสูญเสียต่าง ๆ จากการกำหนดรู้ส่วนงานที่เราเรียกว่าเวลาไร้ประสิทธิ

ภาพ (เวลาที่ไม่ได้ทำอะไรและไม่เกิดผลผลิตใด ๆ ในการดำเนินการผลิต) และเวลาส่วนเกิน(เวลาที่ใช้ไปในการทำงานแต่ไม่เกิดผลงานอะไร) รวมทั้งการกำหนดแหล่งที่มาของความสูญเสีย การปรับปรุงงานจึงเป็นขั้นตอนที่นำมาซึ่งวิธีการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

5. **การเปรียบเทียบประเมินผลการปรับปรุงงาน** ในขั้นตอนการเปรียบเทียบประเมินผลการปรับปรุงงานจะเป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลงาน โดยทั่วไปจะต้องทำการวัดผลงานของวิธีการทำงานเดิมก่อน โดยมีเกณฑ์การวัดผลงาน ซึ่งอาจจะเป็นเวลาทำงาน ระยะทางที่ต้องเดินทางจำนวนขั้นตอนที่ทำ ผลผลิตที่ได้ อัตราผลิตภาพ (Productivity Index) ฯลฯ และโดยการวัดผลงานในระบบเดียวกัน เราจะสามารถประเมินผลการปรับปรุงงานได้ว่า การใช้วิธีการทำงานใหม่จะส่งผลให้ได้ผลงานดีกว่าการทำงาน ด้วยวิธีการทำงานแบบเดิมในปริมาณจำนวน อัตราส่วนหรือเปอร์เซ็นต์เท่าไร
6. **การประยุกต์ใช้การศึกษาการทำงาน** เป็นขั้นตอนที่เป็นกิจกรรมการกำหนดมาตรฐานขั้นตอนวิธีการทำงาน เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาบุคลากร และถือเป็นเกณฑ์ปฏิบัติสำหรับคนงานและระบบงาน ใช้เป็นข้อมูลเพื่อกำหนดแผนงานและเป็นเครื่องมือในการควบคุมการทำงาน การผลักดันให้คนงานยอมรับในกระบวนการวิธีการทำงานใหม่เป็นงานที่ต้องใช้ความอดทน และถ้าขั้นตอนการประยุกต์นี้ล้มเหลวซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการไม่ร่วมมือของคนงานในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการทำงาน หรือเกิดจากมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานจริง ในระยะเวลาไม่นานก็กลับไปทำงานในวิธีเดิมที่คุ้นเคยกว่า ความล้มเหลวดังกล่าวก็คือความล้มเหลวของการศึกษาการทำงาน

2.1.4 การศึกษาเวลา

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเวลาสามารถสรุปได้ว่า

การศึกษาเวลา คือ เทคนิคการวัดผลงานซึ่งมีกระบวนการเพื่อกำหนดหาเวลาในการทำงานโดยคนงานที่เหมาะสมซึ่งทำงานในอัตราที่ปกติ ภายใต้เงื่อนไขมาตรฐานในการวัดผลงาน โดยมีผลลัพธ์ของการวัดผลงานเรียกว่า เวลามาตรฐานจากคำนิยามของการศึกษาเวลา เราสามารถกำหนดหลักการพื้นฐานของการศึกษาเวลาได้ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาเวลาจะต้องใช้กระบวนการในการหาเวลาในการทำงาน
2. คนงานที่ใช้ศึกษาในการศึกษาเวลาจะต้องเป็นคนงานที่มีความเหมาะสม

3. คนงานที่ใช้ศึกษาต้องทำงานในอัตราปกติ
4. ต้องมีเงื่อนไขมาตรฐานในการวัดผลงาน
5. ผลลัพธ์ของการศึกษาเวลา คือ เวลามาตรฐานของการทำงาน

กระบวนการศึกษาเวลาจะได้กล่าวโดยละเอียดเป็นขั้นตอนของการศึกษาเวลาซึ่งจะต้องมีอุปกรณ์การจับเวลา กระบวนการแบ่งแยกย่อยงาน เทคนิคการจับเวลาและขั้นตอนในการกำหนดเวลามาตรฐานคนงานที่ใช้เป็นหุ่นสำหรับการศึกษาเวลา จะต้องเป็นคนงานที่มีความรู้ความสามารถในการทำงานที่จะศึกษาเป็นอย่างดี โดยมีประสบการณ์หรือผ่านการฝึกฝนจนคล่องแคล่วในการทำงานที่จะใช้ศึกษาเวลา การทำงานระหว่างการศึกษาเวลาจะต้องไม่ติดขัดจนไม่สามารถจะเก็บบันทึกข้อมูลเวลาทำงานได้อย่างถูกต้อง ให้ความร่วมมือในการทำงานอย่างปกติไม่ช้าไม่เร็วเกินไป ไม่ปิดบังข้อมูลที่เก็บบันทึกเวลาผิดไปจากความเป็นจริงเพื่อให้ได้ข้อมูลเวลาซึ่งใช้เป็นมาตรฐานสำหรับคนส่วนใหญ่ได้

ในการศึกษาเวลา เงื่อนไขมาตรฐานที่ต้องคำนึงคือ มาตรฐานการวัดเวลา มาตรฐานเครื่องมือวัดเวลา และมาตรฐานการทำงาน การวัดเวลาจะต้องมีความน่าเชื่อถือและมีความมั่นคงสม่ำเสมอเครื่องมือที่ใช้วัดก็เช่นกัน ถ้าเป็นเครื่องมือที่ทันสมัยและมาตรฐานการวัดที่สอดคล้องกันก็จะยิ่งดี และส่วนสุดท้ายคือมาตรฐานการทำงานซึ่งจะต้องครอบคลุมตั้งแต่วิธีการทำงาน สถานที่ทำงาน ระยะเวลาการทำงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงาน องค์ประกอบของการทำงานเหล่านี้จะต้องได้มาตรฐานก่อนการศึกษาเวลา

การกำหนดเวลามาตรฐานของการทำงาน จะประกอบด้วยเวลาที่บันทึกได้จากการทำงานซึ่งจะต้องคำนวณหาเวลาที่ใช้เป็นค่าตัวแทนของเวลาของการทำงานหรือ ค่าเวลาที่เลือก(Select Time) เมื่อประเมินตามอัตราความเร็วของการทำงานของคนงานและมีการปรับค่าการประเมินแล้วจะได้เป็นค่าเวลาปกติ (Normal Time) และเมื่อมีการเพิ่มเวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าจะได้ค่าเวลาเป็น เวลามาตรฐาน (Standard Time)

2.1.5 **ผลิตภาพ** (Productivity)

คำว่า ผลิตภาพ เป็นคำที่มีความหมายตามสูตรเช่นเดียวกับคำว่า ประสิทธิภาพ กล่าวคือผลิตภาพเป็นดัชนีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ในการก่อเกิดผลผลิตนั้นหรือในเทอมเดียวกันเป็นสูตรดังนี้

$$\text{Productivity} = \text{Output} / \text{Input}$$

ถึงแม้จะใช้สูตรเขียนแบบเดียวกัน แต่ความหมายของผลิตภาพนั้นมีความสัมพันธ์ของผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ต่าง ๆ โดยมีการคำนวณค่าเชิงเศรษฐกิจทั้งผลผลิตและทรัพยากรที่ใช้ จึงไม่ได้วัดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ แต่จะวัดออกมาเป็นตัวเลข โดยไม่จำเป็นต้องน้อยกว่าหนึ่ง และโดยหลักการที่ถูกต้องแล้วจะต้องมากกว่าหนึ่งเสมอ

ในการเปรียบเทียบความหมายของประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และผลิตภาพ กล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพแสดงถึงการใช้ทรัพยากรว่าดีระดับใดเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ต้องการ ขณะที่ประสิทธิผลแสดงผลผลิตระดับที่ต้องการได้อย่างไรจากทรัพยากรที่ใช้ ความหมายของผลิตภาพ จึงเป็นความหมายร่วมของประสิทธิภาพและประสิทธิผล เนื่องจากประสิทธิภาพมีความสัมพันธ์กับการใช้ทรัพยากร ขณะที่ประสิทธิผลมีความสัมพันธ์กับผลงานที่ต้องการ แต่ผลิตภาพต้องใช้ความสัมพันธ์ของทั้งผลิตและทรัพยากรที่ใช้ในรูปแบบเชิงเศรษฐกิจ คือ มีค่าเป็นจำนวนเงิน

2.1.6 การเพิ่มผลผลิต

การเพิ่มผลผลิตตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลิตผล (Output) ต่อปัจจัยการผลิต (Input) ที่ใช้ไป โดยค่าของผลิตผลจะต้องเป็นผลิตผลที่ขายได้จริงไม่นับรวมผลิตผลที่เป็นของเสีย (Defect) ผลิตผลที่ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด และผลิตผลที่ต้องนำมาเก็บไว้ในโกดังสินค้า เนื่องจากผลิตผลเหล่านี้เป็นผลิตผลที่ไม่ได้ก่อให้เกิดรายได้ต่อโรงงาน

ความสำคัญของการเพิ่มผลผลิต สรุปได้ดังนี้

1. ทรัพยากรมีจำกัด และขาดแคลนลงทุกวัน โดยมุ่งคำนึงถึงผลประโยชน์สูงสุดในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้สูญเสียน้อยที่สุดและมุ่งปรับปรุงสิ่งต่างๆ ให้ดีขึ้นเสมอ
2. เพื่อให้สามารถสู้กับคู่แข่งขันในตลาดทั้งในและต่างประเทศ

การปรับปรุงการเพิ่มผลผลิต คือ ความพยายามที่จะขจัด 3 มุ ให้มีน้อยที่สุด หรือไม่มีเลย ได้แก่

มุดะ (Muda) หมายถึง ความสูญเปล่าสิ้นเปลือง (Waste) ในกิจกรรมใดๆ ที่กระทำแล้วไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม

มุริ (Muri) หมายถึง สภาพที่เหนื่อยยากตรากตรำ เนื่องมาจากการใช้งานที่มากเกินกว่าที่จะรับได้ หรือเกินมาตรฐานที่กำหนด

มุระ (Mura) หมายถึง ความไม่สม่ำเสมอ การที่การทำงานไม่สามารถไหลลื่นหรือคุณภาพของสินค้าและบริการไม่สม่ำเสมอ

2.1.7 **ความสูญเปล่าจากการรอคอย**

คือความสูญเปล่าที่เกิดจากปัจจัยสองอย่างของการผลิตไม่สัมพันธ์กัน ทำให้มีเวลาว่างงานในการผลิต ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการรอคอย โดยลักษณะของความสูญเปล่าจากการรอคอยมีดังนี้ พนักงานรอเครื่องจักรทำงาน เครื่องจักรหรือวัตถุดิบรอคนมาทำงาน มีการรอชิ้นงานจากกระบวนการก่อนหน้า การรอการซ่อมเครื่องจักร การรอการตั้งเครื่อง ซึ่งสาเหตุของความสูญเปล่าจากการรอคอยคือ วิธีการทำงานของแต่ละกระบวนการที่ไม่สอดคล้องกัน ใช้เวลาในการตั้งเครื่องจักรนาน และประสิทธิภาพของเครื่องจักรต่ำ

ดังนั้นเพื่อลดความสูญเปล่าจากการรอคอย สามารถทำได้โดย

- จัดวางแผนการผลิต แผนการเข้าของวัตถุดิบ และลำดับการผลิตให้สอดคล้องกัน
- จัดทำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อบำรุงรักษา เครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา
- จัดสรรปริมาณงาน แรงงาน และเครื่องจักรให้เกิดความสมดุลในสายการผลิต
- วางแผนขั้นตอนการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต และเตรียมเครื่องมือ พนักงานให้พร้อมก่อนหยุดเครื่อง หรือจัดหาอุปกรณ์ช่วยในการปรับเปลี่ยน เพื่อลดเวลาการตั้งเครื่องจักร
- ฝึกให้พนักงานมีทักษะในการทำงานหลายด้าน

2.1.8 **หลักเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว** (Motion Economy)

หลักเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว หรือการเคลื่อนไหวอย่างประหยัด (วีรพจน์ ลือประสิทธิ์สกุล และกิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2534, เล่มที่ 2: 99-119) เป็นหลักการที่ช่วยทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพประภาพ ประหยัดเวลา และลดความเมื่อยล้า โดยจะนำหลักการนี้ไปใช้ในการปรับปรุงท่าทางการปฏิบัติงาน และวิธีการเคลื่อนไหวลดความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม ซึ่งหลักเศรษฐศาสตร์สามารถจัดรวมกันได้เป็น 3 กลุ่มคือ

1. การใช้โครงร่างมนุษย์
2. การจัดตำแหน่งของสถานที่ปฏิบัติงาน
3. การออกแบบเครื่องมือ

หลักเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับโครงร่างมนุษย์มี 9 ข้อดั

2.1.9 **เทคนิค** ECRS

เทคนิค ECRS เป็นเทคนิคเพื่อการปรับปรุงงาน ซึ่งประกอบด้วย

E = Eliminate all unnecessary work

ขจัดงานที่ไม่จำเป็นออกให้หมด

C = Combine operations (elements of work)

รวมการทำงานหรืองานย่อยเข้าด้วยกัน

R = Rearrange sequence of operations

ลำดับขั้นการทำงานใหม่

S = Simplify the necessary operations

ทำงานที่จำเป็นให้ง่ายขึ้น

2.1.10 ผังแสดงเหตุและผล

ผังแสดงเหตุและผล หรือผังก้างปลา คือ แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลของการทำงาน (อาการ หรือคุณลักษณะของปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง แสดงไว้ที่หัวก้างปลา) กับสาเหตุต่าง ๆ (ปัจจัยหรือองค์ประกอบต่าง ๆ ในการทำงานนั้น ๆ แสดงไว้ที่ก้างปลา)

ประโยชน์ของผังแสดงเหตุและผล คือช่วยให้วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้อย่างมีเหตุผล ละเอียดครอบคลุมเจาะลึกถึงสาเหตุที่เป็นรากเหง้า (Root Causes) ของปัญหาได้อย่างง่ายดาย และเป็นระบบ อันนำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง ตรงจุด และยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยระดมความคิดเห็นจากสมาชิก หรือผู้เกี่ยวข้องหลาย ๆ คน มารวมไว้ในภาพผังเดียวกัน ทำให้สมาชิกเกิดความเข้าใจตรงกัน

ซึ่งมีวิธีการเขียนผังแสดงเหตุและผลดังนี้คือ

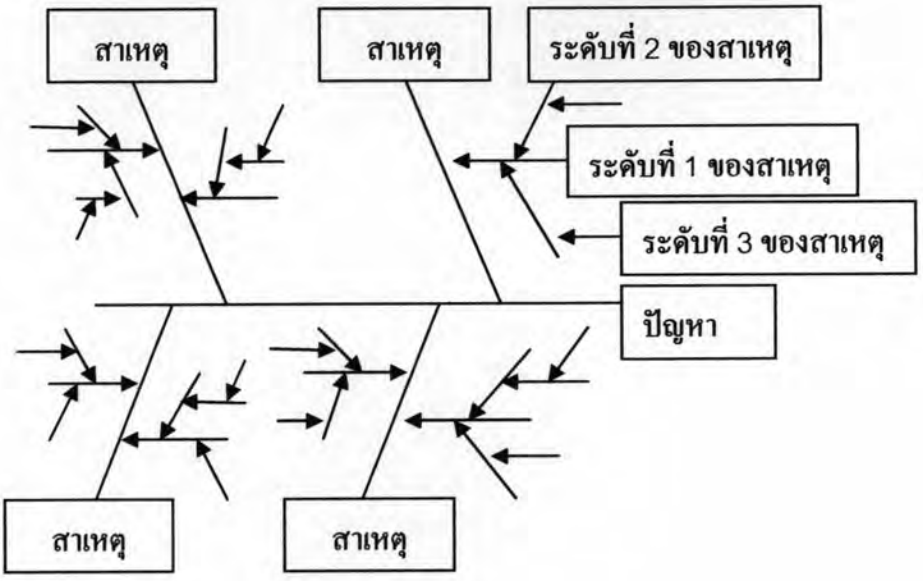
1. เลือกอาการหรือคุณสมบัติของปัญหาที่ต้องการที่จะแก้ไขปัญหาข้อหนึ่ง โดยอาจดึงมาจาก "ผังพาเรโต" นำมาเขียนไว้ที่หัวปลา ถ้ามีข้อมูลความถี่ของปัญหาที่เกิดขึ้นในรอบเวลาหนึ่ง ๆ ก็ให้นำมาแสดงด้วย เช่น เกิดอุบัติเหตุ 35 ครั้งต่อเดือน

2. เขียนลูกศรชี้ไปที่หัวปลาแทนกระดูกสันหลังของปลา

3. เขียนก้างใหญ่ให้หัวลูกศรวิ่งเข้าสู่กระดูกสันหลัง เพื่อระบุถึงกลุ่มใหญ่ของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา โดยทั่วไปนิยมระบุเป็นกลุ่มที่เกี่ยวกับคน (Man) เครื่องจักร อุปกรณ์ (Machine) วัตถุดิบ (Material) วิธีการ (Method) แต่อาจจะเป็นแบบอื่นก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสมของเรื่องราว

5. เขียนก้างกลางแยกออกจากก้างใหญ่ เพื่อแสดงสาเหตุของก้างใหญ่ เขียนก้างเล็กแยกออกจากก้างกลาง เพื่อแสดงสาเหตุของก้างกลาง เขียนก้างฝอยแยกออกจากก้างเล็ก เพื่อแสดงสาเหตุของก้างเล็ก

6. ระดมสมองหาสาเหตุของปัญหาโดยตั้งคำถาม ทำไมซ้ำกัน 5-7 ครั้ง พร้อมทั้งเขียนข้อความแสดงสาเหตุของปัญหาในก้างปลาระดับต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ทำไปจนกว่าจะระบุถึงสาเหตุที่เป็นรากเหง้าของปัญหาได้ หรือจนกว่ากระทั่งไม่มีใครเสนอความคิดเห็นเพิ่มเติมอีก



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของแผนภาพก้างปลา

2.1.11 การวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

การวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง เป็นวิธีการคิดที่เป็นระบบในการตรวจหาข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นและป้องกันข้อบกพร่องต่างๆไม่ให้เกิดขึ้น ทำให้สามารถคาดการณ์ปัญหาและมีระบบในการจัดอันดับหรือการจัดความสำคัญก่อนหลัง ดังนั้นจึงสามารถดำเนินการกับข้อบกพร่องที่มีโอกาสมากที่สุดได้ จึงเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญต่อการจัดการทำงานในการลดข้อบกพร่อง หรือลดความผิดพลาด เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการที่ศึกษา โดยแปลงความผิดพลาดนั้นๆให้อยู่รูปของสาเหตุ ซึ่งจุดเด่นของการวิเคราะห์ด้วย FMEA จะอยู่ที่การคิดอย่างเป็นระบบและมีการคำนึงปัจจัยต่างๆ เช่น

- ความรุนแรง (Severity) ของผลกระทบ

- อัตราการเกิด (Occurrence) ของอาการของปัญหาเนื่องจากสาเหตุต่างๆ

- ความสามารถในการป้องกัน (Detection) ของวิธีการควบคุม

จุดประสงค์ของการดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA) คือ

1. เพื่อบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่องแนวโน้มผลกระทบที่เกิดขึ้นว่ามีปริมาณเท่าใด

2. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการบ่งชี้คุณลักษณะวิกฤติและคุณลักษณะที่สำคัญ (Critical and Significant Characteristic)

3. เพื่อจัดลำดับความสำคัญในการดำเนินการกับข้อบกพร่องแนวโน้มหรือความไม่ถูกต้องจากการออกแบบและกระบวนการผลิต

4. เพื่อให้วิศวกรได้มุ่งเน้นไปยังการกำจัดเหตุแห่งการเกิดข้อบกพร่อง ทั้งที่เกิดขึ้นแล้วและยังไม่ได้เกิดขึ้น และการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำอีก

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยที่มุ่งปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต เพื่อเพิ่มผลผลิต โดยการใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการ โดยงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ มีดังนี้

2.2.1 งานวิจัยฉบับที่ 1

นิตยา ศรีสุข (2545) จากงานวิจัยเรื่อง "การเปรียบเทียบการเพิ่มกำลังการผลิต โดยวิธีการปรับแต่งเครื่องจักรและการเพิ่มเครื่องจักรในจุดคอขวด กรณีศึกษา : โรงงานผลิตหลอดไฟสำหรับยานยนต์" กล่าวถึงการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการเพิ่มกำลังการผลิตโรงงานผลิตหลอดไฟ สำหรับยานยนต์ระหว่างวิธีการปรับแต่งเครื่องจักรเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่น และการซื้อเครื่องจักรเพิ่มในขั้นตอนที่เป็นจุดคอขวด โดยอาศัยการอ้างอิงของการ พยากรณ์ ความต้องการของตลาดถึง พ.ศ. 2548 กับกำลังการผลิตปัจจุบัน การศึกษาการเปรียบเทียบ ปัจจัยของทั้ง 2 วิธี ดังนี้ 1) เงินลงทุน 2) จุดคุ้มทุน 3) อัตราผลตอบแทนและ 4) ความยืดหยุ่นขอกระบวนการผลิต สรุปได้ว่าโรงงานนี้ควรเลือกวิธีการปรับแต่งเครื่องจักรสำหรับเพิ่มกำลังการผลิต

2.2.2 งานวิจัยฉบับที่ 2

ปาริฉัตร พูนไชยศรี (2544) จากงานวิจัยเรื่อง "การเพิ่มผลผลิตในโรงงานไม้ประสาน" วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิต และลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตแผ่นไม้ประสานจากไม้ยางพารา ปัญหา คือ ปัญหาทางด้านแรงงาน ด้านการจัด

วางผังโรงงาน ด้านเครื่องจักร และด้านวัตถุดิบไม้ยางพารา ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง คือ การจัดการด้านต่างๆ ดังนี้

- การจัดการด้านแรงงาน ได้แก่ การจำแนกประเภทงาน การจัดทำระบบค่าแรงงาน
- การจัดการด้านวางผังโรงงาน ได้แก่ การนำเครื่องจักรงานรอผลิตที่ไม่ได้ใช้งานออกจากสายการผลิต และการจัดผังโรงงานใหม่
- การจัดการด้านเครื่องจักร ได้แก่ การซ่อมเครื่องจักรที่เสียอย่างต่อเนื่องและจัดทำระบบซ่อมบำรุงเชิงรักษาป้องกันให้กับเครื่องจักร 6 เครื่อง
- การจัดการด้านวัตถุดิบไม้ยางพารา ได้แก่ การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบไม้ยางพารา และการจัดระบบการเลือกขนาดวัตถุดิบไม้ยางพารา

โดยผลจากการปรับปรุง พบว่า ผลผลิตไม้ประสานต่อเดือน เพิ่มขึ้น 71.67% และส่งผลให้ผลกำไรต่อเดือนเพิ่มขึ้นด้วย

2.2.3 งานวิจัยฉบับที่ 3

นภิส ชุนห์ศรี (2543) จากงานวิจัยเรื่อง "การจัดสมดุลการผลิตแบบประกอบ-ในโรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์" กล่าวถึงการพัฒนาแบบจำองทางคณิตศาสตร์ของการจัดสายสมดุลในสาย การผลิตแบบประกอบที่มีอยู่ให้เหมาะสมโดยใช้วัตถุประสงค์ของการได้ชิ้นงานออกมามากที่สุดโดยมีข้อจำกัด คือ จำนวนคนที่ใช้, จำนวนเครื่องจักรและพื้นที่ใช้งานในแต่ละสายการประกอบ โดยเปรียบเทียบกับวิธีการปัจจุบันที่ใช้ Excel spreadsheet ช่วยในการคำนวณโดยรู้ความต้องการจำนวนชิ้นงานแต่ละวัน คำนวณหาจำนวนคนงานที่ใช้, จำนวนเครื่องจักรที่น้อยที่สุดที่สามารถประกอบได้จำนวนตรงตามต้องการ

2.2.4 งานวิจัยฉบับที่ 4

โกเมศ เจนอนันต์พร (2543) จากงานวิจัยเรื่อง "การเพิ่มผลิตภาพในโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ" กล่าวถึงการศึกษาการเพิ่มผลิตภาพในโรงงาน โดยเริ่มจากการศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน ศึกษาปัญหาและสาเหตุของปัญหา จากการศึกษาพบว่ามีปัญหาอยู่ด้วยกัน 2 อย่างคือผลิตภาพต่ำและปัญหาของเสียมีมาก ส่วนสาเหตุของปัญหามาจากคนขาดความชำนาญในการปฏิบัติหน้าที่และเวลาสูญเสียของเครื่องจักร หลังการพัฒนาระบบแล้วพบว่า เวลาการสูญเสียของเครื่องจักรลดลงจาก 65,059 ชั่วโมงต่อเดือน เหลือ 52,187 ชั่วโมงต่อเดือน หรือคิดเป็นเวลาการสูญเสียของเครื่องจักรจากเวลาทั้งหมด โดยเฉลี่ยลดลงจาก 5.80 เปอร์เซนต์ เป็น 4.95 เปอร์เซนต์ เพิ่มความสามารถการผลิตจาก 370,760 ตัวต่อเดือน เป็น 377,655 ตัวต่อเดือน

หรือเทียบกับกำลังการผลิตจะเพิ่มขึ้นจาก 71.3 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มโอกาสทางการขาย 16,692,792 บาทต่อเดือน

2.2.5 งานวิจัยฉบับที่ 5

สมโภชน์ กูลศิริศรีตระกูล (2543) จากงานวิจัยเรื่อง "การเพิ่มผลผลิตของสายการประกอบโครงเสริมกันชนหน้ารถกระบะ" กล่าวถึงการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มผลผลิตของสายการประกอบโครงเสริมกันชนหน้ารถกระบะ เพื่อต้องการเพิ่มผลผลิต ด้วยการลดเวลาในการทำงานและลดต้นทุนในการผลิต โดยทำการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาของสายการผลิตในด้านเทคนิค ขั้นตอนการทำงานและวิธีการทำงาน ซึ่งจากการวิเคราะห์สามารถแยกปัญหาของสายการประกอบได้ คือ ปัญหาเกี่ยวกับเทคนิคการทำงาน การขนถ่ายวัสดุและการจัดสมดุลของสายการประกอบ ส่วนการแก้ปัญหา ได้ทำการปรับปรุงวิธีการทำงาน วิธีการขนถ่ายวัสดุ ออกแบบและจัดทำเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ให้สะดวกต่อการใช้งานทำให้เวลามาตรฐานในการทำงานลดลง แล้วจึงจัดสมดุลของสายการประกอบใหม่ ผลจากการปรับปรุงสามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 22.7 เวลาในการทำงานลดลงร้อยละ 18.7 และต้นทุนในการผลิตลดลงร้อยละ 1.68

2.2.6 งานวิจัยฉบับที่ 6

สุรภาส ลือสุขประเสริฐ (2543) จากงานวิจัยเรื่อง "การเพิ่มผลผลิตกุ้งแช่แข็งในอุตสาหกรรมอาหารทะเล" ได้ศึกษาวิธีการเพิ่มอัตราการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็งด้วยการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิตสินค้ากุ้งน้ำจืดแช่แข็งทั้งทางด้านระบบการผลิตในส่วนของแผนกชั่งเรียงวัตถุดิบโดยพบว่าเกิดเวลาสูญเปล่าของพนักงานโดยไม่ก่อให้เกิดงาน เกิดปัญหาสินค้าค้างในสายการผลิตนานซึ่งส่งผลต่อคุณภาพสินค้า และปัญหาความไม่สมดุลของสายการผลิตทำให้เกิดคอคอดของสินค้าบนสายพานลำเลียง ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทำการหาแนวทางแก้ไขโดยการนำหลักการศึกษาการทำงาน การศึกษาเวลามาตรฐานในการทำงานและการจัดสมดุลในสายการผลิตมาปรับปรุงระบบการผลิตในแต่ละขั้นตอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลจากการปรับปรุงสามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้ 25.05% และลดค่าแรงงานพนักงานลงได้ 16.13%

2.2.7 งานวิจัยฉบับที่ 7

ก้อง ภูมเรศ (2542) จากงานวิจัยเรื่อง "การพัฒนาขีดความสามารถในการผลิตหัวอ่านคอมพิวเตอร์ ผลิตภัณฑ์ที่นำมาศึกษา คือ ผลิตภัณฑ์ซีต้า 18 การศึกษานี้ใช้หลักการของการตัดและลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของจำนวนชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ ในแต่ละชั่งโมงการทำงาน การศึกษาเวลาและเทคนิคของซิกซ์ซิกม่า การศึกษา

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สายการผลิตเพื่อหาจุดคอขวดแต่ไม่สามารถทำการปรับปรุงกระบวนการจุดคอขวดได้เนื่องจากข้อจำกัดด้านต้นแบบการผลิตและพื้นที่ จากนั้นทำการศึกษาส่วนปฏิบัติการอื่นในสายการผลิตโดยลดจำนวนผู้ปฏิบัติงานและนำไปเพิ่มแรงงานในส่วนปฏิบัติการอื่นที่เป็นคอขวด ขีดความสามารถในการผลิตหัวอ่านคอมพิวเตอร์ของผลิตภัณฑ์ซีต้า 18 ใน 1 สายการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 9,900 ชิ้นต่อวันเป็น 11,000 ชิ้นต่อวัน (เพิ่มขึ้น 11%) โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์