

# คลังข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการทำงานซ้ำของกระบวนการปรับตั้งมุลล์รถยนต์

ปฐมชัย สุวรรณปิณฑะ<sup>a</sup> และ มานพ เรียวเดชะ<sup>b,\*</sup>

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

E-mail: psuwanpi@hotmail.com<sup>a</sup>, manop.r@chula.ac.th<sup>b,\*</sup>

## บทคัดย่อ

สายการประกอบรถยนต์ของโรงงานแห่งหนึ่ง มีปัญหาจากรถที่ผ่านกระบวนการประกอบแล้วแต่ไม่ผ่านมาตรฐานการปรับตั้งมุลล์จากการตรวจสอบ ทำให้ต้องนำรถเหล่านั้นกลับเข้ามาปรับแก้ค่ามุลล์ใหม่อีก จึงส่งผลกระทบต่อโรงงานในหลายด้าน เช่น ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นจากการทำงานล่วงเวลาเพื่อการปรับตั้งซ้ำ ความล่าช้าในการจัดส่งสินค้า รวมถึงความเมื่อยล้าของพนักงานจากการปฏิบัติงานเป็นเวลานาน บทความนี้นำเสนอการใช้เทคนิคคลังข้อมูลเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาดังกล่าวจากข้อมูลประวัติการปรับตั้งมุลล์ของรถยนต์ ซึ่งเริ่มจากการทำความเข้าใจปัญหาเพื่อระบุถึงข้อมูลที่ต้องใช้สำหรับการวิเคราะห์ แล้วเตรียมข้อมูลโดยกระบวนการ Extract Transform และ Load (ETL) เพื่อสร้างเป็นคลังข้อมูล โดยใช้ Microsoft SQL Server 2008 เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล ในกระบวนการวิเคราะห์ใช้การตั้งคำถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปัญหาที่เกิดขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ที่อาจเป็นสาเหตุของปัญหา และใช้การประมวลผลเชิงวิเคราะห์ออนไลน์ (OLAP) ในการหาคำตอบของคำถามเหล่านั้นจากคลังข้อมูลที่สร้างขึ้นมา โดยใช้ The Business Intelligence Development Studio Projects ใน Microsoft Visual Studio 2008 ในการพัฒนาระบบการวิเคราะห์ และคำตอบที่ได้ถูกสรุปเพื่อนำเสนอเป็นวิธีการแก้ไขที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งหลังจากดำเนินการตามวิธีที่นำเสนอเป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่าการทำงานซ้ำของกระบวนการปรับตั้งมุลล์รถยนต์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากร้อยละ 5.56 เหลือร้อยละ 3.90

## คำสืบค้น

คลังข้อมูล, การประมวลผลเชิงวิเคราะห์ออนไลน์

# Data Warehousing for Analysis of Rework Problems in Wheel Alignment Process

Pathomchai Suwanpinta<sup>a</sup> and Manop Reodecha<sup>b,\*</sup>

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,  
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand  
E-mail: psuwanpi@hotmail.com<sup>a</sup>, manop.r@chula.ac.th<sup>b,\*</sup>

## ABSTRACT

The problems of reworks in the car assembly process of the case study plant occurred when cars that had completed the assembly process did not pass the quality inspection standards of the wheel alignment process and needed rework. Reworking increased the workload of the wheel alignment process. This often caused overtime work in order to meet production targets. Overtime work added production cost and exhausted workers. This paper reported an attempt to analyze the production data with data warehousing technique in order to find the causes of the wheel alignment problems. It started from understanding the problem in order to identify the data requirements. After that, data were prepared through the ETL (Extract-Transform-Load) process. The appropriate data was then used to create a data warehouse using Microsoft SQL Server 2008 as the database management system. The analyses asked questions on relationships between problems and factors that might cause them. This was done with Online-Analytical Processing (OLAP) on the data warehouse using the Business Intelligence Development Studio Projects in Microsoft Visual Studio 2008 as the development tool. When the analysis revealed the real causes of the problems, effective solutions were proposed. After implementing the proposed solutions for two months, it was found that the reworks of the wheel alignment process reduced significantly from 5.56 percent to 3.90 percent.

## KEYWORDS

Data Warehouse, Online-Analytical Processing (OLAP).

## I. บทนำ

มุมล้อรถยนต์ คือ การวางตำแหน่งของล้อรถยนต์ ซึ่งมุมล้อที่เหมาะสมจะทำให้ล้อหมุนเลี้ยวได้อย่างราบรื่น จุดศูนย์กลางการหมุนเลี้ยวของล้อทั้งสองอยู่ร่วมกัน ป้องกันการสึกหรอของยาง และอาการเสียดังขณะเลี้ยวได้ในระดับหนึ่ง [1] ดังนั้นคุณภาพของการปรับตั้งมุมล้อจึงเป็นสิ่งสำคัญที่บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ต้องให้ความสนใจ มุมล้อที่สำคัญประกอบด้วย มุมแคมเบอร์ (Camber) มุมคาสเตอร์ (Caster) และมุมโท (Toe) สำหรับโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานประกอบรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ กำลังประสบปัญหาการปรับตั้งมุมโท โดยพบว่าต้องมีการปรับตั้งมุมโทซ้ำให้กับรถที่ผ่านการปรับตั้งเรียบร้อยแล้ว แต่ไม่ผ่านมาตรฐานการตรวจสอบถึงร้อยละ 5.56 ทำให้พนักงานต้องทำงานเพิ่มขึ้น ซึ่งบ่อยครั้งต้องจัดให้มีการทำงานล่วงเวลา และส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าเนื่องจากท่าทางในการปรับตั้งมุมโตนั่นก่อให้เกิดความเมื่อยล้าได้ง่าย อีกทั้งยังส่งผลให้ต้นทุนต่อหน่วยสูงขึ้นจากค่าแรง รวมถึงค่าใช้จ่ายอื่นที่เกิดขึ้นในช่วงของการทำงานล่วงเวลา และอาจส่งผลให้ไม่สามารถส่งรถถึงมือลูกค้าได้ตามระยะเวลาที่กำหนด

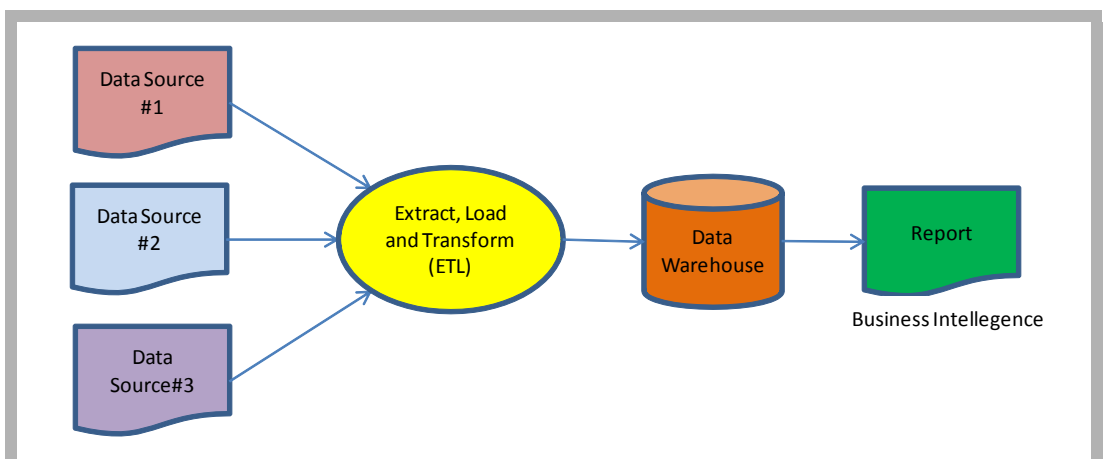
โรงงานกรณีศึกษามีระบบบันทึกข้อมูลของทุกขั้นตอนในระบบการผลิต เพื่อการสอบกลับในกรณีที่พบปัญหาในภายหลังกับรถที่ผลิตจากโรงงาน โดยในปัจจุบันข้อมูลดังกล่าวมีเป็นจำนวนมากแต่ไม่ได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาการผลิตแต่อย่างใด ซึ่งรวมถึงข้อมูลประวัติการปรับตั้งมุมล้อที่ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลของเครื่องปรับตั้ง งานวิจัยนี้เป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้นอกเหนือจากจุดประสงค์หลักที่ได้กล่าวไปแล้ว ด้วยการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการปรับตั้งมุมโทไม่ได้มาตรฐานเพื่อนำไปกำหนดแนวทางแก้ปัญหาดังกล่าว โดยใช้เทคนิคคลังข้อมูลซึ่งมีความรวดเร็วของการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมาก ทั้งยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ในหลายมิติพร้อมกัน ทำให้วิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุร่วมของปัญหาได้

## II. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

คลังข้อมูล (Data Warehouse) เป็นระบบข้อมูลขนาดใหญ่ขององค์กรหรือหน่วยงาน ซึ่งเอื้ออำนวยให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลภายในคลังข้อมูลต้องมีเพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมทางธุรกิจ คลังข้อมูลสามารถทำให้ผู้บริหารได้รับข้อมูลเพื่อการตัดสินใจได้อย่างทันท่วงที ซึ่งทำให้ดำเนินธุรกิจได้อย่างคล่องตัว คุณลักษณะของข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในคลังข้อมูล คือ subject-oriented integrated time variant และ nonvolatile [2] ซึ่งมักถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อรวบรวมข้อมูลในทุกส่วนขององค์กร ทั้งเก่าและใหม่ไว้ด้วยกัน โดยไม่มีการลบข้อมูลเก่าๆ ที่ไม่จริงในปัจจุบันทิ้ง กระบวนการของคลังข้อมูลเป็นดังรูปที่ 1

รูปที่ 1

กระบวนการของคลังข้อมูล  
(ดัดแปลงจาก [3])



ข้อมูลดิบเพื่อการวิเคราะห์อาจมาจากหลายแหล่ง เช่น ข้อมูลจากโรงงานอุตสาหกรรม ข้อมูลการขาย และข้อมูลทางการเงิน เป็นต้น ในการวิเคราะห์อาจไม่ต้องการใช้ข้อมูลทั้งหมดจากแต่ละแหล่ง เช่น ข้อมูลการปรับตั้งมุมล้อประกอบด้วยการปรับตั้งมุมโท มุมแคมเบอร์ และมุมคาสเตอร์ แต่ข้อมูลที่ต้องการนำมาใช้มีเพียงมุมโทเท่านั้น จึงแยก (Extract) ข้อมูลทั้งสามประเภทออกมาเพียงประเภทเดียวคือมุมโท อย่างไรก็ตามข้อมูลที่แยกออกมาแล้วอาจไม่อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ เช่น ข้อมูลเวลาในการปรับตั้งมุมโทจากข้อมูลดิบจะบันทึกไว้เป็นเวลาจริง แต่ในการวิเคราะห์อาจต้องการเป็นช่วงเวลา จึงใช้การแปลง (Transform) จากเวลาจริงให้อยู่ในรูปของช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งหลังจากได้ข้อมูลที่สนใจทั้งหมดในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์แล้วต่อไปจะเป็นการส่ง (Load) ข้อมูลไปจัดเก็บไว้ยังปลายทาง โดยอาจกำหนดให้มีการส่งข้อมูลไปจัดเก็บยังปลายทางเป็นรายอาทิตย์ รายเดือน หรือรายปี ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม โดยกระบวนการจัดการข้อมูลสำหรับการสร้างคลังข้อมูลตามข้างต้นอาจเรียกว่ากระบวนการ ETL (Extract- Transform- Load) ซึ่งต้องสามารถทำได้โดยอัตโนมัติ การวิเคราะห์ข้อมูลในคลังข้อมูลเพื่อหาคำตอบหรือสิ่งที่สนใจนั้นจะใช้เครื่องมือที่สามารถช่วยให้วิเคราะห์ข้อมูลได้ในหลายมิติ ซึ่ง Online Analytical Processing หรือเรียกว่า OLAP [4] เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลภายในคลังข้อมูล โดยสามารถทำได้ทั้งการดูข้อมูลแบบหยาบ (Roll up) เจาะในส่วนที่สนใจโดยละเอียด (Drill down) แยกข้อมูลเป็นส่วนๆ เฉพาะที่สนใจ (Slice) พลิกแกนข้อมูลให้ตรงกับที่สนใจเท่านั้น (Dice) หรือจะแสดงข้อมูลในลักษณะลูกบาศก์ (Rotate) ได้ คลังข้อมูล ช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถทำได้อย่างรวดเร็วแม้ว่าข้อมูลในการวิเคราะห์จะมีอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้หลายมิติพร้อมกันและสามารถวิเคราะห์ปัญหาอาจมีปัจจัยสาเหตุของปัญหาหลายปัจจัยได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ผู้บริหารหรือผู้ที่เกี่ยวข้องมีข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจทางธุรกิจที่มีประสิทธิภาพในระยะเวลาที่เหมาะสม

ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้เทคนิคคลังข้อมูลกับอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ Trujillo และ Vazquez [5] ได้นำเทคนิคคลังข้อมูลไปใช้ในโรงงานอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งในประเทศเม็กซิโก สำหรับการวิเคราะห์ปัญหาจากการผลิต โดยใช้เวลาเพียงไม่กี่นาที ในการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากจากหลายเดือนหรือปี เมื่อเทียบกับวิธีการแบบเดิมซึ่งใช้เวลามากกว่า 2 ชั่วโมง สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพียงรายสัปดาห์เท่านั้น Cao และคณะ [6] ได้พัฒนาระบบคลังข้อมูลเพื่อใช้ในงานเวชศาสตร์การบิน เพื่อช่วยประกอบการวิเคราะห์โรคทางการบิน งานวิจัยมุ่งนำเสนอกระบวนการ ETL ผ่านทาง Microsoft SQL Server 2005 ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลในรูปแบบเอกสาร และในรูปแบบของระบบฐานข้อมูล หลังจากระบบได้ถูกใช้งานพบว่าผลการสำรวจความคิดเห็นออกมาเป็นที่น่าสนใจ ภาวินี วงศ์จันทร์มา [7] ได้พัฒนากลังข้อมูลเพื่อจัดการความเสี่ยงของบัตรเครดิตสำหรับธนาคารพาณิชย์ขึ้น ซึ่งช่วยประกอบการตัดสินใจในการอนุมัติบัตรเครดิตให้กับบุคคลเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดหนี้สูญ นิธิวดี บัณญ [8] ได้พัฒนากลังข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อช่วยให้การตัดสินใจดำเนินธุรกิจของผู้บริหารทำได้รวดเร็วและคล่องตัวมากขึ้นในการบริหารธุรกิจผลิตและจำหน่ายแร่ที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ซึ่งพยายามพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ ให้มีคุณสมบัติเฉพาะตามความเหมาะสมของการนำไปใช้งาน พณิศา ธีระวรวิญญ [9] ได้รวบรวมข้อมูลจากระบบปฏิบัติการประจำวันที่อยู่ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล (Microsoft Excel) มาจัดทำเป็นระบบคลังข้อมูลเพื่อการตัดสินใจในการจัดการระบบสินค้าคงคลังให้เหมาะสมกับกิจการซึ่งเป็นธุรกิจการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศเข้ามาขายในประเทศ การจัดการระบบสินค้าคงคลังที่ทำได้ดีขึ้น ส่งผลให้ธุรกิจมีผลกำไรเพิ่มขึ้น

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเทคนิคเหมืองข้อมูลเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหาร ซึ่งช่วยให้การตัดสินใจสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการองค์ประกอบที่สำคัญของคลังข้อมูลที่จะประสบความสำเร็จนั้นคือ ข้อมูลที่ถูกนำมาสร้างเป็นคลังข้อมูล ซึ่งหากข้อมูลที่นำมาใช้ไม่เพียงพอหรือ

เหมาะสมกับจุดประสงค์ของการพัฒนาคลังข้อมูลก็อาจทำให้ผลที่ได้ผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง ซึ่งอาจส่งผลให้การตัดสินใจของผู้บริหารเกิดความผิดพลาดจนทำให้เกิดผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจได้ ดังนั้นสิ่งที่ผู้วิจัยต้องให้ความสำคัญ คือ การทำความเข้าใจธุรกิจและข้อมูลที่มีอยู่ในธุรกิจ ซึ่งสามารถช่วยให้ทราบถึงความเหมาะสมของข้อมูลที่ต้องถูกนำมาใช้ในการสร้างคลังข้อมูลสำหรับใช้เพื่อจุดประสงค์ที่แตกต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

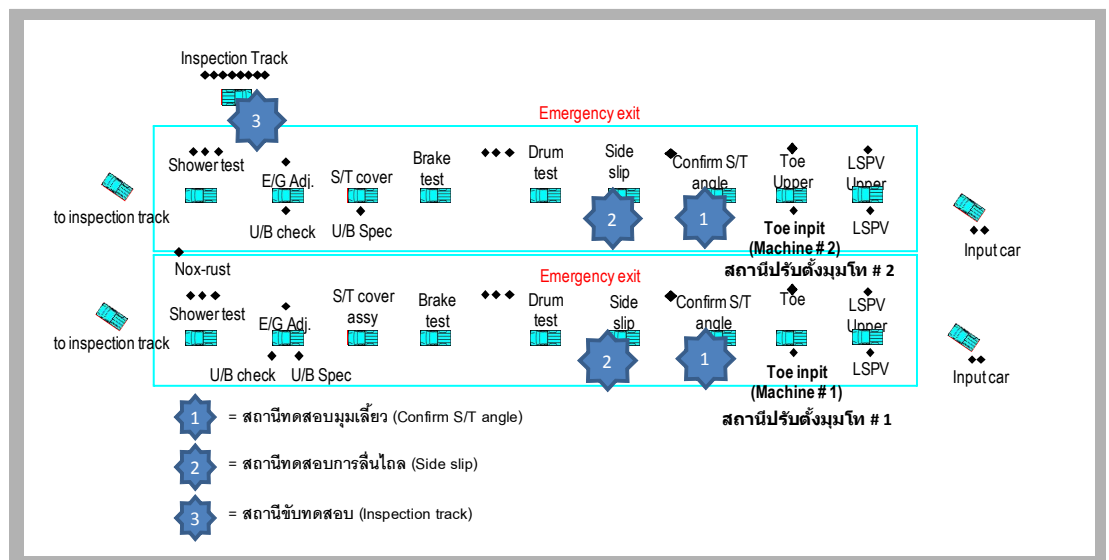
### III. ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญห

#### 3.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การทำงานซ้ำของกระบวนการปรับตั้งมุมล้อรถยนต์ เกิดขึ้นเพื่อปรับแก้ไขมุมล้อของรถที่ไม่ผ่านมาตรฐานการควบคุมคุณภาพ รูปที่ 2 แสดงสายงานการตรวจสอบคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งมีสถานีปรับตั้งมุมล้อรวมถึงสถานีงานตรวจสอบที่เกี่ยวข้องเป็นส่วนหนึ่งของสายงานดังกล่าวซึ่งมี 2 สายงาน กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการปรับตั้งมุมล้อเริ่มจากการที่รถทุกคันต้องถูกนำเข้ารับการปรับตั้งมุมล้อในสถานีปรับตั้งมุมล้อในสายงานใดสายงานหนึ่ง หลังจากนั้นรถทุกคันต้องเข้ารับการตรวจสอบคุณภาพของการปรับตั้งในสถานีตรวจสอบที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วย 3 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจสอบมุมเลี้ยว สถานีตรวจสอบการลื่นไถล และสถานีขับทดสอบ ซึ่งหากพบว่าผลการตรวจสอบไม่ผ่านมาตรฐานจากสถานีงานใดสถานีงานหนึ่ง รถคันนั้นๆ ต้องถูกนำเข้ารับการปรับตั้งใหม่อีกครั้ง ซึ่งต้องนำรถเข้าสู่สายงานโดยเริ่มจากสถานีงานแรก (Input car) เท่านั้น และต้องอยู่ในสายงานจนกระทั่งครบทุกสถานีงานในสายงานเหมือนเช่นในรอบแรกทุกประการ ซึ่งลักษณะการทำงานที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อโรงงานกรณีศึกษาดังนี้

รูปที่ 2

สายงานการตรวจสอบ  
คุณภาพของโรงงาน  
กรณีศึกษา



1. หากนำรถเข้าปรับตั้งใหม่ในช่วงเวลาการทำงานปกตินั้นจำเป็นจะต้องใช้การแทรกงาน เนื่องจากการรับเข้าและส่งออกระหว่างสายงานการตรวจสอบคุณภาพและสถานีงานก่อนหน้านี้มีอัตราที่เท่ากัน เพราะใช้สายพานลำเลียงในการเคลื่อนย้าย ดังนั้นหากนำรถเข้าแทรกในช่วงจังหวะที่ไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้สายงานก่อนหน้านี้ต้องหยุดชะงัก และอาจส่งผลให้จำนวนผลผลิตไม่ได้ตามแผนที่กำหนดในแต่ละวัน
2. หากไม่สามารถหาช่วงจังหวะในการนำรถเข้าแทรกในช่วงเวลาทำงานปกติได้ ก็จะต้องจัดให้มีการทำงานล่วงเวลาเพื่อผลักดันรถออกให้ได้ตามกรอบเวลาที่กำหนด ซึ่งหากเป็นวันที่ทางโรงงานได้กำหนดให้มีการทำงานล่วงเวลาอยู่ในแผนการทำงานไว้แล้ว ก็จะต้องจัดให้ทำงานล่วงเวลาต่อจาก

ช่วงเวลาของการทำงานล่วงเวลาที่ทางโรงงานกำหนดออกไปอีก ส่งผลให้บริษัทต้องรับภาระทางด้านต้นทุนแรงงานที่เพิ่มขึ้น รวมถึงตัวพนักงานต้องเผชิญกับความเมื่อยล้าจากการทำงานติดต่อกันเป็นเวลานานด้วย

3. การที่ไม่สามารถปล่อยรถออกจากโรงงานได้ตามระยะเวลาที่กำหนด บางครั้งอาจทำให้ต้องพลาดรอบการจัดส่งตามที่ได้วางแผนไว้ ส่งผลให้ลูกค้าไม่ได้รับรถตามเวลาที่กำหนด

ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นเหล่านี้เป็นปัญหาที่สมควรจะได้รับการแก้ไขเพื่อให้การดำเนินงานของโรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

## 3.2 แนวทางการแก้ปัญหา

โรงงานกรณีศึกษาได้เก็บข้อมูลประวัติการปรับตั้งมุมล้อของรถทุกคนไว้เพื่อการสอบกลับในกรณีที่พบปัญหาในภายหลัง แต่ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อการอื่นแต่อย่างใด ข้อมูลเหล่านั้นน่าจะมีประโยชน์ในการวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งผลจากการวิเคราะห์สามารถใช้ประกอบการตัดสินใจในการจัดการทำงานของสถานีปรับตั้งมุมล้อใหม่ภายใต้ทรัพยากรเดิม โดยการเลี้ยงไม่ให้อัจฉริยะประกอบที่ก่อให้เกิดการปรับตั้งไม่ผ่านมาตรฐานอยู่ร่วมกัน ส่งผลให้ปัญหาจากการปรับตั้งในครั้งแรกลดน้อยลง การทำงานซ้ำที่เกิดขึ้นจะลดน้อยลงตามไปด้วย

## 3.3 ปัจจัยสาเหตุของปัญหา

ในการวิเคราะห์ปัญหาจะใช้การตั้งคำถาม ซึ่งจะเป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่เกิดขึ้นที่มีต่อปัจจัยองค์ประกอบของการปรับตั้งมุมล้อของสถานีปรับตั้งเอง ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้อาจเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นในการวิเคราะห์จะต้องทราบถึงปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุของปัญหา ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงข้อมูลที่ต้องถูกใช้สำหรับการวิเคราะห์ สำหรับปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุของปัญหามีนดังนี้

1. พนักงานปรับตั้ง
2. เครื่องปรับตั้งมุมล้อรถยนต์
3. รถที่ถูกปรับตั้ง
4. เวลาในการปรับตั้ง
5. ค่ามาตรฐานในการปรับตั้ง

# IV. การวิเคราะห์หาแนวทางในการลดจำนวนปัญหา

## 4.1 เทคนิคและเครื่องมือในการวิเคราะห์

สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่เกิดขึ้นกับองค์ประกอบต่าง ๆ ในการปรับตั้งของสถานีปรับตั้งมุมล้อนั้น ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลประวัติของการปรับตั้งซึ่งถูกเก็บมาเป็นเวลานานภายในฐานข้อมูลของเครื่องปรับตั้งมุมล้อ การที่จะดึงเอาสิ่งที่ต้องการจะทราบออกมาจากข้อมูลจำนวนมากนั้นต้องใช้เทคนิคหรือวิธีการที่เหมาะสม สำหรับในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เทคนิคคลังข้อมูล (Data Warehouse) ในการวิเคราะห์ปัญหา สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบการวิเคราะห์คือ The Business Intelligence Development Studio Projects ใน Microsoft Visual Studio 2008 [10] และใช้ Microsoft SQL Server 2008 [11] เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล

## 4.2 ข้อมูลในการวิเคราะห์

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเป็นข้อมูลการปรับตั้งมุมล้อของรถทุกคันซึ่งถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลภายในเครื่องปรับตั้งมุมล้อทั้งสองเครื่องโดยมีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลแบบตาราง (CSV; Comma-Separated Value) โดยใช้จุดภาคแบ่งข้อมูลในแต่ละคอลัมน์ และเว้นบรรทัดแทนแถว โดยข้อมูลที่นำมาเข้าสู่ระบบการวิเคราะห์เป็นข้อมูลการปรับตั้งมุมล้อในระหว่างเดือนมกราคม 2553 ถึงเดือนธันวาคม 2554 ซึ่งมีการปรับตั้งของรถในรุ่นที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ทั้งสิ้น 479,002 เรคคอร์ด ซึ่งในแต่ละเรคคอร์ดประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น 38 ฟิลด์ แต่เมื่อพิจารณาพบว่ามียู 8 ฟิลด์ ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยสาเหตุของปัญหาดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ปัญหา

| ชื่อฟิลด์            | คำอธิบาย                                 |
|----------------------|------------------------------------------|
| Line no.             | หมายเลขเครื่องจักร                       |
| Time                 | เวลาที่รถเข้ารับการปรับตั้ง              |
| Vin no.              | หมายเลขตัวถังของรถที่เข้ารับการปรับตั้ง  |
| Model Name           | รุ่นรถที่เข้ารับการปรับตั้ง              |
| Base Toe Front Low   | ค่ามาตรฐานล่างของรถที่เข้ารับการปรับตั้ง |
| Base Toe Front High  | ค่ามาตรฐานบนของรถที่เข้ารับการปรับตั้ง   |
| Base Total Toe Front | ค่าจริงจากการปรับตั้ง                    |
| EmployeeID           | รายชื่อพนักงานปรับตั้ง                   |

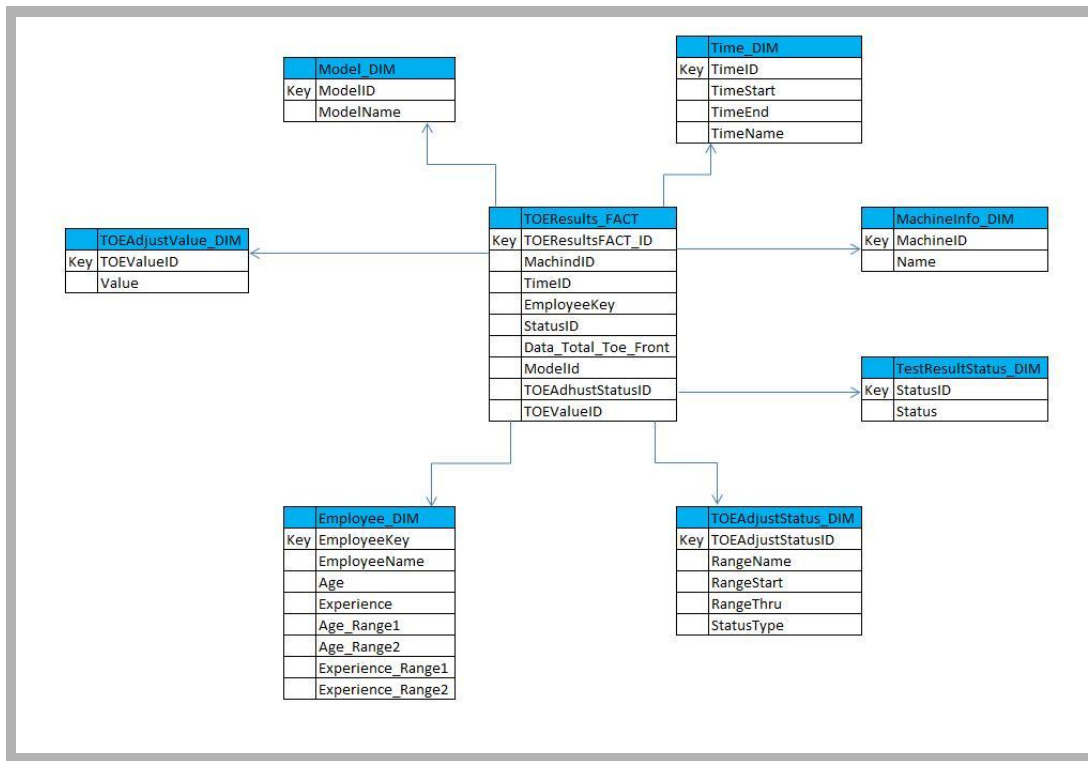
เมื่อได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์แล้วพบว่าข้อมูลบางอย่างซึ่งอาจไม่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ จึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้เหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ สำหรับการในงานวิจัยนี้ใช้การแปลงข้อมูลโดยการเขียน SQL ผังไว้ในส่วนของ Server (Stored Procedure) ของโปรแกรม Microsoft SQL Server 2008

## 4.3 ระบบเพื่อการวิเคราะห์

เมื่อข้อมูลทั้งหมดพร้อมใช้เพื่อการวิเคราะห์ปัญหาแล้ว ในลำดับถัดไปเป็นการสร้างระบบเพื่อการวิเคราะห์ สำหรับในงานวิจัยนี้สร้างระบบเพื่อการวิเคราะห์โดย The Business Intelligence Development Studio Projects ใน Microsoft Visual Studio 2008 โดยใช้โครงสร้างคลังข้อมูลแบบรูปดาว (Star schema) [12] ซึ่งประกอบด้วยตารางความจริง (Fact table) 1 ตาราง และตารางมิติ 7 ตาราง (Dimension table) ดังรูปที่ 3

สำหรับตารางความจริง (Toe Result Fact table) และตารางมิติจะใช้คีย์เป็นตัวเชื่อมโยง ดังนั้นคอลลัมน์คีย์ของตารางมิติต้องอยู่ในตารางความจริงด้วย มิติที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาการปรับตั้งมุมล้อที่ได้สร้างขึ้นมาประกอบด้วย 7 มิติ ดังนี้

1. มิติรุ่นรถ (Model dimension)
2. มิติเวลา (Time dimension)
3. มิติเครื่องปรับตั้งมุมล้อ (Machine dimension)
4. มิติพนักงานปรับตั้ง (Employee dimension)
5. มิติค่าการปรับตั้งมุมล้อ (Toe adjust value dimension)



รูปที่ 3

โมเดลของระบบการ  
วิเคราะห์

6. มิติสถานะการปรับตั้งมุล้อ (Toe adjust status dimension)

7. มิติผลการตรวจสอบมาตรฐาน (Test result status dimension)

การที่มีตารางมิติ 7 ตารางทำให้สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหาได้สูงสุดถึง 7 ปัจจัยซึ่งครอบคลุม 5 ปัจจัย ซึ่งเป็นปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการก่อให้เกิดปัญหาดังหัวข้อที่ 3.3

#### 4.4 คำตอบที่ต้องการจากการวิเคราะห์

เป้าหมายจากการวิเคราะห์ข้อมูลก็เพื่อที่จะต้องการทราบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับองค์ประกอบต่างๆ ในการปฏิบัติงาน ดังนั้นคำถามที่ตั้งขึ้นมาควรได้คำตอบที่สามารถใช้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจได้ ที่สำคัญต้องสามารถหาคำตอบได้จากระบบการวิเคราะห์ที่ถูกสร้างขึ้น ซึ่งตัวอย่างของคำถามที่ได้ถูกตั้งขึ้นมามีดังนี้

- การปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโดยภาพรวมมีจำนวนเท่าใด
- การปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโดยพนักงานแต่ละคนมีจำนวนเท่าใด
- การปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเกิดขึ้นในช่วงเวลาใดบ้างและมีจำนวนเท่าใดในแต่ละช่วงเวลา
- รถที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจากเครื่องปรับตั้งแต่ละเครื่องมีจำนวนเท่าใด
- รถแต่ละประเภทที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการตรวจสอบมีจำนวนเท่าใด
- ช่วงมาตรฐานที่เหมาะสมกับรถแต่ละประเภทเมื่อถูกปรับตั้งโดยเครื่องจักรหมายเลข 1 และ 2 เป็นเท่าใด

#### 4.5 ผลการวิเคราะห์และแนวทางในการดำเนินการ

การวิเคราะห์เป็นการหาคำตอบของคำถามที่ถูกตั้งขึ้นมาในหัวข้อ 4.4 และใช้การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ โดยในเบื้องต้นต้องการทราบถึงภาพรวมของปัญหาที่เกิดขึ้นในรอบ 2 ปี ซึ่งเป็นช่วงของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ รวมถึงเป็นคำตอบของคำถามที่ว่า การปรับตั้งที่ไม่ผ่านมาตรฐานโดยภาพรวมมีจำนวนเท่าใด ซึ่งผลที่ได้พบว่า

รถที่ได้รับการปรับตั้งแล้วสามารถผ่านมาตรฐานการตรวจสอบได้ในรอบแรกคิดเป็นอัตรา 94.44% ในขณะที่รถที่ไม่สามารถผ่านมาตรฐานการตรวจสอบจากการปรับตั้งครั้งแรกคิดเป็นอัตราร้อยละ 5.56 ดังตารางที่ 2

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ เมื่อเทียบจำนวนปัญหาที่เกิดขึ้นกับปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุของปัญหา ไม่ว่าจะเป็นพนักงานปรับตั้ง รถที่เข้ารับการปรับตั้ง เครื่องปรับตั้ง เวลาในการปรับตั้ง และมาตรฐานในการปรับตั้ง ปัจจัยที่เห็นเด่นชัดต่อการเกิดขึ้นของปัญหา คือ เมื่อรถขับเคลื่อน 2 ล้อแบบยกสูง และรถขับเคลื่อน 4 ล้อถูกนำเข้ามาปรับตั้งโดยเครื่องปรับตั้งหมายเลข 1 ก่อให้เกิดปัญหามากที่สุด จากตารางที่ 3 จะเห็นว่ารถขับเคลื่อน 2 ล้อแบบยกสูงเมื่อเข้ารับการปรับตั้งโดยเครื่องปรับตั้งหมายเลข 1 อัตราการปรับตั้งซ้ำอยู่ที่ร้อยละ 15.07 และรถ

ตารางที่ 2

ภาพรวมของปัญหาที่เกิดขึ้นในรอบ 2 ปี

| ประเภทของรถ                | การปรับตั้งที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | การปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) |
|----------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อ         | 204,646                                   | 8,852                                        |
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อแบบยกสูง | 60,358                                    | 6,521                                        |
| รถขับเคลื่อน 4 ล้อ         | 187,363                                   | 11,262                                       |
| รวม/เฉลี่ย                 | 452,367                                   | 26,635                                       |
| ร้อยละของจำนวนรวม          | 94.44                                     | 5.56                                         |

ขับเคลื่อน 4 ล้อ เมื่อเข้ารับการปรับตั้งโดยเครื่องปรับตั้งหมายเลข 1 อัตราการปรับตั้งซ้ำอยู่ที่ร้อยละ 7.21

และจากตารางที่ 4 พบว่ารถขับเคลื่อน 2 ล้อแบบยกสูงเมื่อเข้ารับการปรับตั้งโดยเครื่องปรับตั้งหมายเลข 2 อัตราการปรับตั้งซ้ำมีเพียงร้อยละ 3.79 เช่นเดียวกับรถขับเคลื่อน 4 ล้อ เมื่อเข้ารับการปรับตั้งโดยเครื่องปรับตั้งหมายเลข 2 อัตราการปรับตั้งซ้ำอยู่ที่ร้อยละ 4.02

ตารางที่ 3

การปรับตั้งบนเครื่องหมายเลข 1

| ประเภทของรถ                | การปรับตั้งที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | ร้อยละของการปรับตั้งที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ | การปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | ร้อยละของการปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ |
|----------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อ         | 105,482                                   | 94.63                                      | 5,989                                        | 5.37                                          |
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อแบบยกสูง | 30,006                                    | 84.93                                      | 5,326                                        | 15.07                                         |
| รถขับเคลื่อน 4 ล้อ         | 95,387                                    | 92.79                                      | 7,409                                        | 7.21                                          |
| รวม/เฉลี่ย                 | 230,875                                   | 90.78                                      | 18,724                                       | 9.22                                          |

ตารางที่ 3

การปรับตั้งบนเครื่องหมายเลข 2

| ประเภทของรถ                | การปรับตั้งที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | ร้อยละของการปรับตั้งที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ | การปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | ร้อยละของการปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ |
|----------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อ         | 99,164                                    | 97.19                                      | 2,863                                        | 2.81                                          |
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อแบบยกสูง | 30,352                                    | 96.21                                      | 1,195                                        | 3.79                                          |
| รถขับเคลื่อน 4 ล้อ         | 91,976                                    | 95.98                                      | 3,853                                        | 4.02                                          |
| รวม/เฉลี่ย                 | 221,492                                   | 96.46                                      | 7,911                                        | 3.54                                          |

จากผลการวิเคราะห์ นำมาสรุปเป็นแนวทางในการลดการเกิดปัญหา โดยให้หลีกเลี่ยงการนำรถขับเคลื่อน 2 ล้อแบบยกสูง และรถขับเคลื่อน 4 ล้อเข้าทำการปรับตั้งในสายงานลำดับที่ 1 ซึ่งหากพบรถใน 2 รุ่นดังกล่าวนี้ออกจากสายงานก่อนหน้าให้นำเข้าปรับตั้งในสายงานลำดับที่ 2 ให้มากที่สุดเท่าที่สามารถทำได้

## V. ผลการปรับปรุงการทำงาน

หลังจากการปรับปรุงการทำงานของสถานีปรับตั้งมุมล้อโดยหลีกเลี่ยงการนำรถขับเคลื่อน 2 ล้อ แบบยกสูงเข้าปรับตั้งโดยเครื่องปรับตั้งหมายเลข 1 ซึ่งการดำเนินการเริ่มตั้งแต่เดือน มกราคม 2555 จนถึงเดือน มีนาคม 2555 พบการปรับตั้งไปแล้วทั้งสิ้น 62,769 ครั้ง ในจำนวนนี้เกิดเป็นงานซ้ำทั้งสิ้น 2,472 ครั้ง หรือคิดเป็นอัตรา 3.90% ของการปรับตั้งทั้งหมด ซึ่งมีแนวโน้มดีขึ้นกว่าก่อนการดำเนินการตามแนวทางที่ได้นำเสนอ ซึ่งมีการทำงานซ้ำโดยเฉลี่ยอยู่ที่อัตรา 5.56% ดังตารางที่ 5 สำหรับการปรับตั้งบนเครื่องปรับตั้งหมายเลข 1 ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งพบว่าอัตราการปรับตั้งซ้ำของรถขับเคลื่อน 2 ล้อแบบยกสูงลดลงจากร้อยละ 15.07 เป็นร้อยละ 9.14 ในขณะที่รถขับเคลื่อน 4 ล้อลดลงจากร้อยละ 7.21 เป็นร้อยละ 6.06 สำหรับเครื่องปรับตั้งหมายเลข 2 พบว่ามีอัตราการปรับตั้งซ้ำใกล้เคียงกับก่อนการปรับปรุง ดังตารางที่ 6 ซึ่งการทำงานซ้ำที่ลดลงนี้ส่งผลให้การทำงานล่วงเวลาของพนักงานที่เกี่ยวข้องลดลงโดยเฉลี่ยจาก 18.5 ชั่วโมง/คน/เดือน เหลือ 10 ชั่วโมง/คน/เดือน

| ประเภทของรถ                | ก่อนการดำเนินการปรับปรุง                  |                                              | หลังการดำเนินการปรับปรุง                  |                                              |
|----------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                            | การปรับตั้งที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | การปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | การปรับตั้งที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | การปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) |
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อ         | 204,646                                   | 8,852                                        | 23,110                                    | 665                                          |
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อแบบยกสูง | 60,358                                    | 6,521                                        | 11,906                                    | 349                                          |
| รถขับเคลื่อน 4 ล้อ         | 187,363                                   | 11,262                                       | 25,281                                    | 1,458                                        |
| รวม (คัน)                  | 452,367                                   | 26,635                                       | 60,297                                    | 2,472                                        |
| ร้อยละของจำนวนรวม          | 94.44                                     | 5.56                                         | 96.10                                     | 3.90                                         |

ตารางที่ 5

ตารางเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการ

| ประเภทของรถ                | การปรับตั้งที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | ร้อยละของการปรับตั้งที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ | การปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | ร้อยละของการปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ |
|----------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อ         | 13,559                                    | 97.44                                      | 356                                          | 2.56                                          |
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อแบบยกสูง | 2,107                                     | 90.86                                      | 212                                          | 9.14                                          |
| รถขับเคลื่อน 4 ล้อ         | 12,886                                    | 93.94                                      | 831                                          | 6.06                                          |
| รวม/เฉลี่ย                 | 28,552                                    | 94.08                                      | 1,399                                        | 5.92                                          |

ตารางที่ 6

การปรับตั้งบนเครื่องหมายเลข 1 หลังการปรับปรุง

| ประเภทของรถ                | การปรับตั้งที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | ร้อยละของการปรับตั้งที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ | การปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ (ครั้ง) | ร้อยละของการปรับตั้งที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ |
|----------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อ         | 9,551                                     | 96.87                                      | 309                                          | 3.13                                          |
| รถขับเคลื่อน 2 ล้อแบบยกสูง | 9,799                                     | 98.62                                      | 137                                          | 1.38                                          |
| รถขับเคลื่อน 4 ล้อ         | 12,395                                    | 95.19                                      | 627                                          | 4.81                                          |
| รวม/เฉลี่ย                 | 31,745                                    | 96.89                                      | 1,073                                        | 3.11                                          |

ตารางที่ 7

การปรับตั้งบนเครื่องหมายเลข 2 หลังการปรับปรุง

## VI. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาในงานอุตสาหกรรม โดยใช้คลังข้อมูลเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลจากกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการสร้างคุณค่าเพิ่มจากการนำข้อมูลจากสายการผลิตมาใช้ประโยชน์นอกเหนือจากจุดประสงค์ที่กำหนดไว้แต่แรก ซึ่งในกรณีนี้ที่เสนอนี้ คือการสอบกลับในกรณีที่เกิดปัญหาขึ้นเท่านั้น ในปัจจุบันพบว่าการเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตกันมากขึ้น ซึ่งระบบคลังข้อมูลจะเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่เป็นจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ทราบถึงข้อมูลเบื้องต้นเพื่อประกอบการตัดสินใจทางธุรกิจ ทำให้เกิดความคล่องตัวในการบริหารงานและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ถึงแม้ว่าในบางครั้งผลที่ได้อาจไม่ใช่สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา แต่ก็ยังสามารถใช้ผลในการอ้างอิงเพื่อการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยวิธีการอื่นๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น และที่สำคัญการใช้คลังข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูลจากกระบวนการผลิตนี้ยังเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับข้อมูลที่ถูกนำมาวิเคราะห์ได้อีกทางหนึ่ง

## บรรณานุกรม

- [1] J. Erjavec, *Automotive Technology: A System Approach*, 3rd ed., Thomson, 2005.
- [2] กิตติพงษ์ กลมกล่อม, *การออกแบบและพัฒนาคลังข้อมูล*, พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ เค.ที.พี, 2552.
- [3] Datawarehouse4you.info. Data Warehouse. [Online]. Available: <http://www.datawarehouse4you.info>. [Accessed: May 26, 2012]
- [4] E. Turbun, E. J. Aronson, P. L. Liang, and R. Shardy, *Decission Support and Business Intelligence System*, 8th ed. Pearson Education, 2007.
- [5] J. L. G. Trujillo and G. N. Vazquez, "Knowledge discovery in databases process in developing countries industry: Building an IT infrastructure based in a data warehousing and OLAP technology for a quality management system of an electronic manufacturing company in Mexico," in *International Symposium on Information Technology*, 2008, pp. 1-8.
- [6] Y. Cao, Q. Liu, Z. Zheng, and H. Su, "Research of data warehouse established methodsbased on civil aviation medicine certification management information system," in *International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology*, 2010, pp. 61-64.
- [7] ภาวิณี วงศ์จันทร์มา. "คลังข้อมูลเพื่อการจัดการความเสี่ยงบัตรเครดิตสำหรับธนาคารพาณิชย์," *โครงการปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 2552.
- [8] นิธิดี บัณญ. "คลังข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารธุรกิจผลิตและจำหน่ายแร่," *โครงการปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 2552.
- [9] พันธิต วีระวัญญ. "คลังข้อมูลด้านการจัดซื้อและขายสำหรับธุรกิจนำเข้าและจัดจำหน่ายเคมีภัณฑ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม," *โครงการปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 2553.
- [10] Microsoft Corporation. Enterprise Data Warehousing. [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/sqlserver/en/us/solutions-technologies/data-warehousing.aspx>. [Accessed: Nov 15, 2011]
- [11] Microsoft Corporation. Introducing Business Intelligence Development Studio. [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms173767.aspx>. [Accessed: Nov 15, 2011]
- [12] CIOBriefings LLC. Designing the Star Schema Database. [Online]. Available: <http://www.ciobriefings.com/Publications/WhitePapers/DesigningtheStarSchemaDatabase/tabid/101/Default.aspx>. [Accessed: Nov 17, 2011]