บทที่ 8

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นบทสรุปของงานวิจัยศึกษาทั้งหมด เป็นการวิเคราะห์ผลการวิจัยและการแนะนำข้อเสนอแนะหรือแนวทางที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เพื่อนำไปเป็นแนวทางของการพัฒนาต่อไป

8.1 การวิเคราะห์ผลการวิจัย

จากผลการประเมินความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องมือวัดที่ใช้ในสายการผลิตซีลของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งได้แบ่งออกเป็นการศึกษาเครื่องมือวัดแบบแบบข้อมูลวัด ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์สโคป และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล ส่วนเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป เท่านั้น โดยก่อนที่จะทำการศึกษาความแม่นยำของระบบการวัดได้ทำการศึกษาหรือประเมินความถูกต้องของระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด และแบบข้อมูลนับทั้งหมดพบว่าผลการประเมินของแต่ละเครื่องมือเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ตามที่ระบบ QS9000 กำหนดไว้ (การวิเคราะห์ความถูกต้อง ได้แก่ ความเอนเอียง ความมีคุณสมบัติเชิงเส้นตรง และความมีเสถียรภาพ) จึงศึกษาหรือประเมินวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดในแต่ละเครื่องมือวัด พบว่าจากการศึกษาวิจัยหรือการประเมินค่า %GR&R หรือ ค่าความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน ของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดทั้งหมดมีค่า % GR%R เกินกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของระบบการวัดค่อนข้างมาก เมื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุแห่งความแปรปรวนหรือความคลาดเคลื่อนที่สามารถบ่งชี้ได้ ในการศึกษาเชิงสถิติ จะเรียกว่าสาเหตุพิเศษ ได้แก่ วิธีการวัดของผู้วัดที่ไม่ถูกต้อง การวัดชิ้นงานคนละตำแหน่ง พนักงานขาดความชำนาญในการวัด วิธีการวัดชิ้นงานในจุดตรวจสอบที่ทำได้ยาก และความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเครื่องมือวัดจากการแก้ไขและปรับปรุงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ โดยหลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงสาเหตุ

ดังกล่าว พบว่าค่าความแปรปรวนของความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดมีค่าดีขึ้น กล่าวคือ ค่า % GR&R มีค่าลดลงจนอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งการลดลงของค่า % GR&R ของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดเหล่านี้แก้ไขโดยการลดค่าความแปรปรวนที่เกิดจากสาเหตุพิเศษ โดยที่ยังไม่ได้แก้ไขสาเหตุสามัญ เช่น การปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการวัดให้ดียิ่งขึ้น เช่น ความชื้นสัมพันธ์ แสงสว่างในพื้นที่ตรวจสอบ ซึ่งผลกระทบดังกล่าวนี้อาจจะนำไปเป็นแนวทางในการศึกษาหรือการประเมินและการปรับปรุงสำหรับกรณีศึกษาอื่นๆ ต่อไป

สำหรับการศึกษาหรือการประเมินค่าความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน ของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับที่ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปเท่านั้น จะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบโดยผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับและปฏิเสธ หรือ ผ่านและไม่ผ่าน โดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิกัดของข้อกำหนดเฉพาะ จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบนั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการประเมิน จึงเป็นการประเมินในด้านความสอดคล้อง (Consistency) และความสม่ำเสมอ (Uniformity) ของการวัดด้วยตา หรือการวัดโดยอาศัยความรู้สึกของพนักงานวัด รวมทั้งนำผลไปใช้วัดความสม่ำเสมอระหว่างพนักงานวัด ตลอดจนการขจัดความไม่สอดคล้อง (Inconsistency) ที่เกิดขึ้นมา ซึ่งในการศึกษาในการวิจัยนี้ใช้การประเมินในระยะสั้น โดยทำการทดลองกับพนักงานวัดของทั้ง 4 กะการผลิตที่แบ่งออกเป็น 4 กะของบริษัทกรณีศึกษาที่ ได้แก่ กะA กะB กะC และ กะD พบว่า พนักงานทั้งหมดมีความสามารถในการทวนซ้ำได้ดีมาก คือ มีค่าเท่ากับ 100% ในทำนองเดียวกันพบว่า % ความไม่เอนเอียง อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ เมื่อนำผลของดัชนีที่แสดงประสิทธิผลของการตรวจสอบพบว่าระบบการวัดนี้ไม่มีปัญหาด้านความถูกต้องในการตรวจสอบ แต่จากการวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในสายการผลิตซีลโดยการสอบถามพนักงานผู้ปฏิบัติงานที่ผิดพลาด พบว่าบางครั้งในขณะที่พนักงานปฏิบัติอยู่ในกะกลางคืนและตรวจพบปัญหาคุณภาพที่เป็นปัญหาที่ไม่ค่อยเกิดขึ้นมาเป็นประจำ พนักงานไม่แน่ใจในการตัดสินใจถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงส่งผลให้เกิดการตรวจสอบที่ผิดพลาด ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้และข้อมูลของพนักงานหลายๆ ท่าน จึงได้จัดทำคู่มือมาตรฐานสำหรับพนักงานผู้ปฏิบัติงานในสายการผลิตซีล ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข ที่เป็นการสรุปถึงขั้นตอนต่างๆ ในการปฏิบัติงาน การใช้เครื่องมือ การตรวจสอบ เพื่อใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการปฏิบัติงาน ต่อไป

จากการศึกษาหรือการประเมินความแม่นยำของระบบการวัดพบว่า สาเหตุการเกิดความแปรปรวนในระบบการวัดนี้เกิดจากเครื่องมือวัด ซึ่งความแม่นยำของเครื่องมือวัดก็เป็นสาเหตุหนึ่งของระบบการวัด จากการศึกษาสามารถบอกได้ว่าเครื่องมือวัดที่มีการปรับแต่งและมีความละเอียดสูงจะสามารถช่วยให้ระบบการวัดมีความแปรปรวนต่ำกว่า โดยจะลดความแปรปรวนที่มีสาเหตุมาจากความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดให้น้อยลงไป

สำหรับความแปรปรวนที่เกิดจากเครื่องมือวัดนั้นได้ทำการปรับปรุงอุปกรณ์ของเครื่องมือวัดให้เครื่องเกิดความแม่นยำในการวัดและช่วยอำนวยความสะดวกแก่พนักงานผู้วัด รวมถึงซ่อมแซมแก้ไขในส่วนของเครื่องมือที่มีการชำรุดเสียหาย เช่น การเปลี่ยนกำลังขยายของเลนต์ที่กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกลวัด จาก 10X เป็น 20X การแก้ไขชุดซูมสเกลของเครื่องเอกซเรย์ที่ขัดข้อง การปรับปรุงจิ๊กที่ใช้ในการจับยึดชิ้นงานของเครื่องสมาร์ทสโคป เป็นต้น อีกทั้งได้นำผลการศึกษาหรือการประเมินในครั้งนี้ให้กับฝ่ายวิศวกรรม หรือวิศวกรผู้ที่เกี่ยวข้องในการเลือกเครื่องมือวัดที่จะนำมาใช้ในสายการผลิตซีล เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกเครื่องมือวัด และการประเมินต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี 2547 นี้ บริษัทกรณีศึกษาแห่งนี้ได้มีโครงการขยายสายการผลิตไปที่โครงการ 2 ซึ่งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมแวลโกล จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยเป็นการเปิดและการขยายสายการผลิต เพื่อรองรับธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์ที่กำลังมีการขยายตัวอย่างมาก

สำหรับอีกประเด็นหนึ่งของความแปรปรวนมีสาเหตุมาจากพนักงานผู้วัด พบว่าจากวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานที่มีการสลับหมุนเวียนทำงานกันเป็นประจำ ไม่มีการปฏิบัติงานประจำในแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ทำให้พนักงานขาดความชำนาญในการปฏิบัติงาน การตรวจสอบของพนักงานผิดพลาด เกิดชิ้นงานที่เสียอยู่เสมอ จากการศึกษาหรือการประเมินในครั้งนี้ผู้ประเมินได้ทำการทดลองและวิเคราะห์หาสาเหตุแห่งความแปรปรวนหรือความคลาดเคลื่อนร่วมกับพนักงานและหัวหน้างาน หลังจากการปรับปรุงพบว่าพนักงานเกิดความเข้าใจวิธีการวัดที่ถูกต้อง และได้เลือกตัวแทนของพนักงานผู้ที่มีความชำนาญงานมาปรับปรุงวิธีการวัดและการปฏิบัติงานรวมทั้งร่วมกันฝึกอบรมพนักงานอื่นในสายการผลิตซีลทั้งหมด เพื่อให้เกิดความชำนาญงาน ทำให้พนักงานผู้วัดมีความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้นรวมถึงทัศนคติในการปฏิบัติงานที่ดีขึ้น อีกทั้งยังลดข้อขัดแย้งระหว่างพนักงานผู้วัดกับพนักงานในส่วนของฝ่ายควบคุมคุณภาพได้อย่างมาก ทำให้ของเสียที่เกิดจากความผิดพลาดในการวัดลดลง

ในการศึกษาหรือการประเมินเพื่อวิเคราะห์ระบบการวัดควรเลือกใช้ชิ้นงานมาตรฐานชุดเดียวกัน เพราะว่าสามารถเปรียบเทียบผลการปรับปรุงก่อนและหลังการปรับปรุงได้อย่างชัดเจน เป็นการลดความแปรปรวนที่เกิดจากชิ้นงาน เช่น การตรวจสอบการเบี่ยงเบนของเส้นลวด (% of Wire Sway) ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงชิ้นงานที่นำมาตรวจสอบไป จะมีผลให้ค่าการเบี่ยงเบนของเส้นลวด (% of Wire Sway) ของการศึกษาก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงเปลี่ยนไป ทำให้ความผันแปรที่เกิดจากชิ้นงานมีผลต่อการวิเคราะห์ระบบการวัด ดังนั้นในการศึกษาหรือการประเมินควรจะใช้ชิ้นงานมาตรฐานกลุ่มเดียวกัน และมีการกำหนดตำแหน่งหรือจุดตรวจสอบอย่างชัดเจน เพื่อเป็นการกำจัดสาเหตุความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้ในการประเมิน เพื่อให้ได้ค่าความแปรปรวนที่เป็นตัวแทนที่แท้จริงของการศึกษาและหรือการประเมิน

สภาพแวดล้อมในการวัดก็เป็นส่วนหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในการศึกษาหรือการประเมินระบบการวัด ดังนั้นการศึกษาหรือการประเมินจะต้องจำลองหรือเลียนแบบตามสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงานที่แท้จริง (สำหรับการศึกษาหรือการประเมินนี้ทำการประเมินภายใต้สภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงานจริงของพนักงานผู้วัด) ซึ่งต้องศึกษาหรือทำการประเมินภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกันทั้งก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุง

8.2 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาหรือการทดลองที่ประเมินความสามารถของระบบการวัดของกระบวนการซีลของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อทำการศึกษาเรื่องชนิดและขนาดของความผันแปรของระบบการวัดในสภาวะแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และทำการลดความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดนี้ เพื่อปรับปรุงระบบการวัด โดยแบ่งลักษณะการศึกษาหรือการประเมินออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นการประเมินเพื่อการวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัด ที่กล่าวถึงการประเมินเพื่อการวิเคราะห์ความถูกต้องหรือการทดสอบความสามารถด้านความถูกต้องของระบบการวัดของเครื่องมือวัดได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์ทสโคป และ เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล รวมถึงการควบคุมให้ระบบการวัดนี้ความสามารถด้านความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตลอดการศึกษาหรือการประเมิน ส่วนที่ 2 คือ การศึกษาเพื่อประเมินผลด้านความแม่นยำของระบบการวัดที่จะทำการศึกษาหลังจากระบบการวัดมีคุณสมบัติด้านความถูกต้องเหมาะสมแล้ว โดยแบ่งการศึกษาออกตามลักษณะของข้อมูล คือ การประเมินของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด และ เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ ซึ่งสรุปผลของแต่ละขั้นตอนการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

8.2.1 การวิเคราะห์ผลความถูกต้องของระบบการวัด

การวิเคราะห์ผลความถูกต้องของระบบการวัด แบ่งการศึกษาหรือการประเมินออกเป็น 3 ประการ ตามลักษณะของคุณสมบัติ ได้แก่ การประเมินค่าความเอนเอียง การประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรง และการประเมินความมีเสถียรภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประเมินค่าความเอนเอียง

จากการประเมินค่าเอนเอียงของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในสายการผลิตซีลของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์ทสโคป และ เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล จากการคำนวณ ได้สรุปผลค่าเปอร์เซ็นต์ความเอนเอียงดังตารางที่ 8.1

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	% ความเอนเอียง
1.	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล	5.50%
2.	เครื่องเอกซ์เรย์	0.18%
3.	นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล	4.35%
4.	เครื่องสมาร์ทสโคป	0.25%
5.	เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล	5.6%

ตารางที่ 8.1 สรุปผลการประเมินค่าความเอนเอียงของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในสายการผลิตซีลของบริษัทกรณีศึกษา

จากตารางที่ 8.1 ที่สรุปถึงผลการประเมินค่าความเอนเอียงของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในสายการผลิตซีลของบริษัทกรณีศึกษา พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความเอนเอียงของทุกๆเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดสามารถยอมรับได้ เพราะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานของระบบคุณภาพ QS9000 คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเอนเอียงต้องมีค่าน้อยกว่า 10% ของค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลม (Tolerance) ของชิ้นงานมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินของแต่ละเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดเหล่านี้ จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในสายการผลิตซีลของบริษัทกรณีศึกษานี้ ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์ทสโคป และ เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล มีค่าความถูกต้องจากการใช้ค่าความเอนเอียงในการประเมินอยู่ในระดับที่เหมาะสมมามารถนำเครื่องมือดังที่กล่าวมาแล้วเหล่านี้ไปประเมินคุณสมบัติด้านอื่นๆของการวิเคราะห์ระบบการวัดได้ต่อไป

การประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

การศึกษาหรือประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรงนับว่าเป็นการทดลองเพื่อหาย่านการวัดที่เครื่องมือนั้นๆสามารถวัดค่าที่ต้องการวัดได้มีความถูกต้องมากที่สุด โดยการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้ได้ทำกาหาย่านการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมมูลนับที่ใช้ภายในสายการผลิตซีลของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์ทสโคป และ เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 8.2

ลำดับ	ชนิดของเครื่องมือวัด	% เชิงเส้นตรง	ย่านการวัด
1	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล	1.545	0.22 – 3.95 มิวส์
2	เครื่องเอกซเรย์	0.569%	2.2% – 22.7%
3	นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล	0.055%	75.51 – 100.82 วินาที
4	เครื่องสมาร์ทสโคป	2.697%	0.4 – 2.25 มิวส์
5	เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล	0.045%	155.51 – 190.82

ตารางที่ 8.2 สรุปผลการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัด และย่านการวัดที่สามารถใช้งานได้ของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด

จากการศึกษาหรือการประเมินพบว่าเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 5 ชนิด มีย่านการวัดที่สามารถใช้งานได้ค่าถูกต้องมากที่สุด เป็นดังข้อมูลในตารางที่ 8.2 การศึกษาหรือการประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรงนี้ทำให้ทราบได้ว่าย่านการวัดเมื่อนำเครื่องมือนี้ไปใช้แล้วที่ทำให้เกิดความถูกต้องมากที่สุด คือย่านใดที่ทำให้สามารถกำหนดเป็นมาตรฐานในการใช้งานเครื่องมือเหล่านี้ เพื่อไม่ให้พนักงานผู้วัดนำเครื่องมือนี้ไปใช้นอกย่านการวัดที่ระบุไว้เป็นมาตรฐาน

การประเมินความมีเสถียรภาพ

การประเมินความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด นับว่าเป็นขั้นตอนเพื่อประเมินหาระยะเวลาที่เครื่องมือวัดต้องได้รับการสอบเทียบให้เหมาะสมกับเวลาและการใช้งานจริง โดยการใช้แผนภูมิควบคุม ในการศึกษาหรือการประเมินผล สำหรับการศึกษาได้ทำการประเมินความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในสายการผลิตซีลของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์ทสโคป และ เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 8.3

ลำดับ	เครื่องมือวัด	% ความเสถียรภาพ
1.	โลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล	2.992%
2.	เครื่องเอกซเรย์	4.017%
3.	เครื่องสมาร์ทสโคป	0.428%
4.	นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล	2.218%
5.	เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล	6.913%

ตารางที่ 8.3 แสดงเปอร์เซนต์ความมีเสถียรภาพจากการศึกษาความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดทั้ง 5 ชนิดที่ใช้ในสายการผลิตซีล

จากการศึกษาคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดทั้ง 5 เครื่องที่ใช้ในสายการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกลวัด เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์ทสโคป และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล เป็นเวลา 4 เดือน ซึ่งเริ่มทำการศึกษาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2545 เป็นการศึกษาคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพของเครื่องมือแต่ละชนิด จากผลของการศึกษาหรือการประเมินเป็นระยะเวลา 4 เดือน ยังไม่พบว่าเครื่องมือใดที่ออกนอกการควบคุม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในระยะเวลาที่ทำการศึกษาหรือการประเมินความแม่นยำของระบบการวัด ไม่มีเครื่องมือใดๆที่ขาดคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาหรือกล่าวได้ว่าเป็นการประกันความถูกต้องของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดย

การศึกษาคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพนั้นจะมีประโยชน์ในการป้องกันความแปรปรวนของระบบการวัดที่เกิดจากการใช้เครื่องมือวัดที่ไม่ได้คุณภาพ ซึ่งเป็นผลดีในภาพรวมของระบบประกันคุณภาพทั่วทั้งองค์กรของบริษัท

8.2.2 การวิเคราะห์ผลความแม่นยำของระบบการวัด

สำหรับการศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด โดยเป็นการศึกษาหรือการประเมินจากการแบ่งชนิดของเครื่องมือเป็น 2 กลุ่ม คือ เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์สโคป และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล และเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาหรือการประเมินได้ดังต่อไปนี้

เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด

สำหรับการศึกษาหรือการประเมินสำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด จะใช้วิธีการคำนวณค่า % GR&R จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรม MiniTap ที่นำมาใช้ร่วมสำหรับการคำนวณแบบ ANOVA และทำกราฟเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ผลการศึกษา โดยใช้มาตรฐานหรือเกณฑ์การยอมรับตามระบบคุณภาพ QS9000 กำหนดไว้ คือ ค่า % GR&R ต้องมีค่าต่ำกว่า 10% จากการประเมินทุกๆเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดในสภาวะปัจจุบันพบว่าทุกเครื่องมือมีค่า %GR&R มากกว่า 10% ทุกเครื่องมือ จึงวิเคราะห์สาเหตุแห่งความคลาดเคลื่อนที่ทำให้เกิดความแปรปรวนของระบบการวัด พบว่าสาเหตุของความผันแปรส่วนใหญ่มาเครื่องมือวัด จึงทำการปรับปรุงในส่วนของการเพิ่มความแม่นยำของเครื่องมือวัด และอีกส่วนหนึ่งของความแปรปรวนเกิดจากพนักงานผู้วัด ดำเนินการจัดอบรมวิธีการมาตรฐานที่ถูกต้องเพื่อลดความแตกต่างของพนักงานผู้วัดเพื่อเป็นมาตรฐานเดียวกัน และทำการฝึกอบรมพนักงานผู้ทำการวัดให้เข้าใจถึงขั้นตอนและวิธีการวัดที่เป็นมาตรฐานที่ถูกต้อง และจัดทำคู่มือให้พนักงานในสายการผลิตซีลใช้เป็นคู่มือมาตรฐานสำหรับการปฏิบัติงาน

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	% GR&R	ผลการประเมินค่า %GR&R หลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไข	
		ก่อนปรับปรุง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1.	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป	88.48	29.35	6.07
2.	เครื่องเอกซเรย์	30.72	15.24	1.04
3.	นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล	32.61	5.31	ไม่ได้ประเมิน
4.	เครื่องสมาร์สโคป	14.94	3.60	ไม่ได้ประเมิน
5.	เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล	70.98	8.17	ไม่ได้ประเมิน

ตารางที่ 8.4 การเปรียบเทียบ % GR&R ก่อนดำเนินการปรับปรุงและหลังดำเนินการปรับปรุงสำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด

จากตารางที่ 8.4 หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงและประเมินผลหลังจากการฝึกอบรม จะได้ค่า %GR&R ลดลงตามลำดับจนมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการยอมรับทุกเครื่องมือ

เครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

จากการศึกษาระบบการวัดของเครื่องมือแบบข้อมูลนับโดยการใช้กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปจากพนักงานวัดจาก 4 กลุ่มหรือจากแต่ละกะการผลิต ซึ่งได้แก่ กะ A กะ B กะ C และ กะ D ซึ่งได้ผลการศึกษาค่า %ความทวนซ้ำได้ %ความไม่เอนเอียง และ %ประสิทธิผลดังข้อมูลในตารางที่ 8.5

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือ	หัวข้อการตรวจสอบ	กะ	% ความทวนซ้ำได้			% ความไม่เอนเอียง			% ประสิทธิผล		
				พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3	พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3	พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3
1	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโครป	ขาลีดแผ่ออก (Fan Lead)	A	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโครป	ขาลีดแผ่ออก (Fan Lead)	B	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโครป	ขาลีดแผ่ออก (Fan Lead)	C	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโครป	ขาลีดแผ่ออก (Fan Lead)	D	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

ตารางที่ 8.5 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือแบบข้อมูลนับจาก 4 กะการผลิต

จากการเปรียบเทียบ %ความทวนซ้ำได้ และ %ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนของแต่ละกลุ่มหรือกะการปฏิบัติงานจากตารางที่ 8.5 พบว่าพนักงานทั้งหมดมีความสามารถในการทวนซ้ำ และ%ความไม่เอนเอียง อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ คือ มีค่าเท่ากับ 100% ในทำนองเดียวกัน พบว่าเมื่อนำผลของดัชนีที่แสดงประสิทธิผลของการตรวจสอบข้างต้น จากตารางที่ 8.5 ระบบการวัดนี้ไม่มีปัญหาด้านความถูกต้องในการตรวจสอบ แต่จากการวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในสายการผลิตซีลโดยการสอบถามพนักงานผู้ปฏิบัติงานที่ผิดพลาด พบว่าบางครั้งในขณะที่พนักงานปฏิบัติอยู่ในกะกลางคืนและตรวจพบปัญหาคุณภาพที่เป็นปัญหาที่ไม่ค่อยเกิดขึ้นมาเป็นประจำ พนักงานไม่แน่ใจในการตัดสินใจถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงส่งผลให้เกิดการตรวจสอบที่ผิดพลาด ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้และข้อมูลของพนักงานหลายๆ ท่าน จึงได้จัดทำคู่มือมาตรฐานสำหรับพนักงานผู้ปฏิบัติงานในสายการผลิตซีล ดังแสดงในภาคผนวก ข. ที่เป็นการสรุปถึงขั้นตอนต่างๆ ในการปฏิบัติงาน การใช้เครื่องมือ การตรวจสอบ เพื่อใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการปฏิบัติงาน ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

จากการศึกษาหรือการประเมินผลในงานวิจัยนี้ พบข้อจำกัดของการประเมินจากการกำหนดขอบเขตของการวิจัย ทำให้เกิดข้อจำกัดสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แก่

กลุ่มของพนักงานผู้วัดเป็นเพียงพนักงานบางส่วน สืบเนื่องมากจากวิธีการปฏิบัติงานของฝ่ายผลิตที่เป็นระบบการหมุนเวียนสลับพนักงานทำงานหมุนเวียนกันไป แต่ในการศึกษาพยายามติดตามว่าพนักงานผู้วัดที่ทำการทดลองอยู่ มีการเปลี่ยนแปลงโยกย้ายไปปฏิบัติงานที่จุดใดบ้าง ดังนั้นหากต้องการให้การศึกษาระบบการวัดภายในบริทกรณีศึกษานี้ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดทั้งหมด จะต้องมีการทดสอบพนักงานทุกๆคนที่ หรือท่านอื่นๆ ผู้ปฏิบัติงานในสายการผลิตซีล เพื่อการวิเคราะห์ระบบการวัดที่สมบูรณ์

ชิ้นงานที่นำมาตรวจสอบสำหรับการศึกษาหรือการประเมินในบางคุณลักษณะ ที่เป็นคุณภาพในลักษณะก้ำกึ่งทั้งแบบที่ใช้สำหรับข้อมูลวัดและข้อมูลนับ ค่อนข้างทำให้เกิดขึ้นได้ยากในบางคุณลักษณะ ดังนั้นเพื่อการพัฒนาการประเมินระบบการวัดของบริษัทกรณีศึกษานี้ให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรให้หลายๆฝ่ายเข้ามามีส่วนร่วนในการศึกษา เช่น ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายประกันคุณภาพ หรือฝ่ายวิศวกรรม เพื่อจัดหาหรือจัดทำคุณลักษณะให้สอดคล้องกับปัญหาหรือของเสียที่เคยหลุดลอดไปให้ลูกค้า

เครื่องมือวัดที่ใช้ในการศึกษา สืบเนื่องจากบริษัทกรณีศึกษามีการขยายเพื่อรองรับธุรกิจของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ที่กำลังมีการขยายตัวเป็นอย่างมาก โดยการขยายโรงงานผลิตไปที่นิคมอุตสาหกรรมเวลโกล เพื่อเปิดสายการผลิตที่ 2 หรือสามารถกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า โรงงานที่ 2 จึงทำให้มีเครื่องมือบางส่วนที่ถูกจัดส่งหรือแบ่งไปใช้เพื่อการผลิตหรือนำไปปฏิบัติงานที่โรงงานที่ 2 ทำให้ในช่วงของการปรับปรุงครั้งที่ 1 และ 2 ต้องคอยติดต่อนำเครื่องมือวัดบางตัวที่ถูกส่งไปที่โรงงานที่ 2 ทำให้เกิดความล่าช้าในการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8.4 ประโยชน์ในการประยุกต์ของผลวิจัยที่ได้

1) สามารถนำการศึกษาหรือวิจัยนี้ ใช้เป็นแนวทางในการศึกษากับระบบการวัดในสายการผลิตอื่นๆ ภายในบริษัทกรณีศึกษาแห่งนี้

2) สามารถนำการศึกษาหรือวิจัยนี้ ใช้เป็นแนวทางในการศึกษากับระบบการวัดในบริษัทอื่นๆที่มีความสนใจ

3) เป็นแนวทางต่อการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางแก้ไขถึงสาเหตุของความแปรปรวนของระบบการวัด ตลอดจนระบบคุณภาพได้

4) สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อเนื่องในเรื่องของการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ หรือ การศึกษาด้านความคงทนของเครื่องมือ ตลอดจนความน่าเชื่อถือของระบบการวัด เป็นต้น

5) สมารถนำมาจัดทำเป็นมาตรฐานในการยอมรับหรือไม่ยอมรับเครื่องมือตัวใหม่ได้

6) นำมาจัดทำเป็นมาตรฐานในการทดสอบ หรือพัฒนาพนักงานผู้วัด

7) สามารถนำมาเปรียบเทียบภายในเครื่องมือวัดชนิดเดียวกันที่ใช้อยู่ภายในที่เดียวกัน

8) นำไปใช้ในการตัดสินใจประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดก่อนและหลังการซ่อมแซม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8.5 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้าและวิจัย ในการศึกษาหรือการประเมินระบบการวัด สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะสำหรับบริษัทอื่นๆ หรือผู้ที่สนใจจะศึกษาในเรื่องการวิเคราะห์ระบบการวัดที่ปัจจุบันเป็นหัวข้อที่เป็นข้อกำหนดหนึ่งของระบบคุณภาพ QS9000

1) ถึงแม้ว่าในการศึกษาและวิจัยนี้สภาพแวดล้อมของการวัดไม่เป็นนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดขึ้น แต่แนะนำว่าสภาพแวดล้อมของการวัดที่เหมาะสม ต้องมีอุณหภูมิความชื้นสัมพันธ์ที่เหมาะสม รวมถึงแสงสว่างในบริเวณที่พนักงานผู้วัดปฏิบัติงานอยู่ต้องเพียงพอ และต้องไม่เป็นพื้นที่ที่มีความสั่นสะเทือนสูง รวมถึงสภาพแวดล้อมสิ่งอำนวยความสะดวกในการวัดที่ดี เช่น มีเก้าอี้ที่มีความสูงเหมาะสมกับโต๊ะปฏิบัติงาน บริเวณพื้นที่วัดไม่ติดกับบริเวณที่มีผู้คนพลุกพล่าน เป็นต้น

2) ควรมีการกำหนดผู้ควบคุมดูแล หรือผู้ทำการฝึกอบรมพนักงานที่เหมาะสม โดยการกำหนด หรือมอบหมายหน้าที่วามรับผิดชอบให้กับบุคคลใดบุคคลหนึ่งที่มีความรู้ความเข้าใจในระบบการวัดของบริษัทเป็นอย่างดี ที่มีความเป็นผู้นำ และมีความคิดในเชิงวิเคราะห์อย่างมีเหตุมีผลเพื่อป้องกันการเกิดข้อขัดแย้งระหว่างแผนก เป็นต้น

3) ผู้บริหารระดับสูงควรให้ความสำคัญต่อการศึกษาและการปรับปรุงระบบการวัดอย่างต่อเนื่อง สืบเนื่องมาจากการวิเคราะห์ระบบการวัดนับเป็นการสึกษาหรือการประเมินที่ต้องใช้ระยะเวลามากในการศึกษา ดังนั้นหากผู้บริหารให้การสนับสนุนจะทำให้การวิเคราะห์หาสาเหตุของความผันแปรโดยแต่ละแผนกร่วมกันวิเคราะห์ และปรับปรุงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพของการดำเนินการมากยิ่งขึ้น

4) การจัดทำระบบการวัดที่เหมาะสม ตั้งแต่เครื่องมือวัดใหม่ที่ถูกนำมาใช้ ต้องผ่านการสอบเทียบที่ได้มาตรฐาน ศึกษาระบบการวัดก่อนนำไปใช้ในสายการผลิต การจัดทำประวัติการใช้งานรวมถึงประวัติการซ่อมแซมและแก้ไข การอบรมพนักงานให้มีความชำนาญในการใช้งานตลอดจนวิธีการวัดก่อนใช้เครื่องมือวัดชนิดใหม่ การจัดทำมาตรฐานของวิธีการวัดเพื่อเป็นเอกสารที่พนักงานสามารถใช้อ้างอิงในขณะที่ปฏิบิติงาน

5) การสร้างทัศนคติที่ดีสำหรับพนักงานผู้ที่ถูกเลือกมาใช้ในการประเมินตลอดจนหัวหน้างานผู้ควบคุมดูแล อธิบายวัตถุประสงค์ของการศึกษาหรือการประเมิน

6) ควรมีการศึกษาขั้นตอนของการวิเคราะห์ระบบการวัดให้เข้าใจก่อน เพื่อลดการเสียเวลาจากการศึกษาที่

7) ศึกษาวิธีการตรวจวัดก่อนการปรับปรุงให้เข้าใจ และหรือในการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงหากสามารถนำพนักงานผู้วัดมาช่วยในการวิเคราะห์ จะทำให้ลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ผลทางสถิติกับวิธีการปฏิบัติจริงลงไปได้

8) การจัดเก็บข้อมูลในการศึกษาหรือการประเมินอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ร่วมสำหรับการศึกษาในอนาคต ระหว่างสายการผลิต หรือเมื่อเกิดปัญหาขึ้นกับลูกค้าเป็นต้น

9) ในกรณีของการศึกษาที่มีปริมาณข้อมูลมากๆ ควรมีระบบการประมวลผลการศึกษาที่ถูกต้องรวดเร็วและง่ายต่อการวิเคราะห์ ดังนั้นควรใช้คอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการศึกษาให้เกิดความรวดเร็วขึ้น

10) ควรมีระบบการติดตามผลและระบบบำรุงรักษาระบบการวัดให้ว่าอยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานเสมอ และปรับปรุงแก้ไขในกรณีที่พบว่าไม่ได้ตามที่เกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้

11) ในการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ระบบการวัดไม่ว่าจะเป็นการศึกษา เพื่อประเมินเครื่องมือวัดชนิดใหม่ที่จะนำมาใช้ การติดตามเพื่อตรวจสอบระบบการวัด หรือเมื่อกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลง ควรเป็นการศึกษาโดยทีมงานผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบการวัด หรือในกระบวนการที่ต้องการศึกษาทั้งหมด เช่น วิศวกรผู้ควบคุมการผลิต วิศวกรฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายประกันคุณภาพ ฝ่ายผลิต รวมถึงพนักงานผู้วัด เพื่อให้การวิเคราะห์สาเหตุของความแปรปรวนที่เกิดกับระบบการวัดได้ครอบคลุมในททุกสาเหตุ

12) สำหรับการศึกษานี้เพื่อนำไปเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานนั้น ทุกๆครั้งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อระบบการวัด ได้แก่ เครื่องมือวัด พนักงานผู้วัด วิธีการวัด ชิ้นงาน และสิ่งแวดล้อมในการวัด เช่น เปลี่ยนชนิดหรือรุ่นของเครื่องมือวัด เครื่องมือวัดตัวใหม่ มีพนักงานใหม่เข้ามาปฏิบัติงานในสายการผลิต ชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างต่างๆ และการย้ายสถานที่ของเครื่องมือวัดนั้นๆ ควรทำการศึกษาความแม่นยำของระบบการวัดทุกครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันสภาวะของระบบการวัดนั้นๆ ว่ายังอยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานเสมอ

13) สำหรับการอบรมพนักงานใหม่ที่เข้ามาปฏิบัติงานในระบบการวัดนี้ ควรจัดทำให้ระบบการอบรมให้เป็นมาตรฐานในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ โดยจัดให้มีหัวข้ออบรมเรื่องใช้เครื่องมือวัด และวิธีการวัดและการสอบวัดผลให้พนักงานใหม่ทุกคนก่อนเริ่มปฏิบัติงาน หากเป็นไปได้ควรมีการทดสอบพนักงานทุกๆคนเป็นระยะๆเพื่อการรักษาคุณภาพ

14) การปรับปรุงเครื่องมือวัด หรือวิธีการวัดเพื่อการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง แนะนำว่าในแต่ละรอบการสอบเทียบที่แต่ละเครื่องมือวัด ซึ่งเครื่องมือนั้นๆอาจมีการปรับแต่งที่สืบเนื่องมาจากอายุการใช้งานของเครื่องมือวัด ต้องทำการตรวจสอบค่าความแม่นยำของเครื่องวัดนั้นๆอยู่เสมอ ทุกๆครั้งที่ทำการสอบเทียบ เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการวัด และควรนำวิธีการศึกษาระบบการวัด ทั้งเรื่องความถูกต้องของระบบการวัดและความแม่นยำของระบบการวัด มาศึกษาวิเคราะห์ และพัฒนาปรับปรุงระบบการวัดเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงการจัดเก็บ บันทึกผลอย่างเป็นระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย