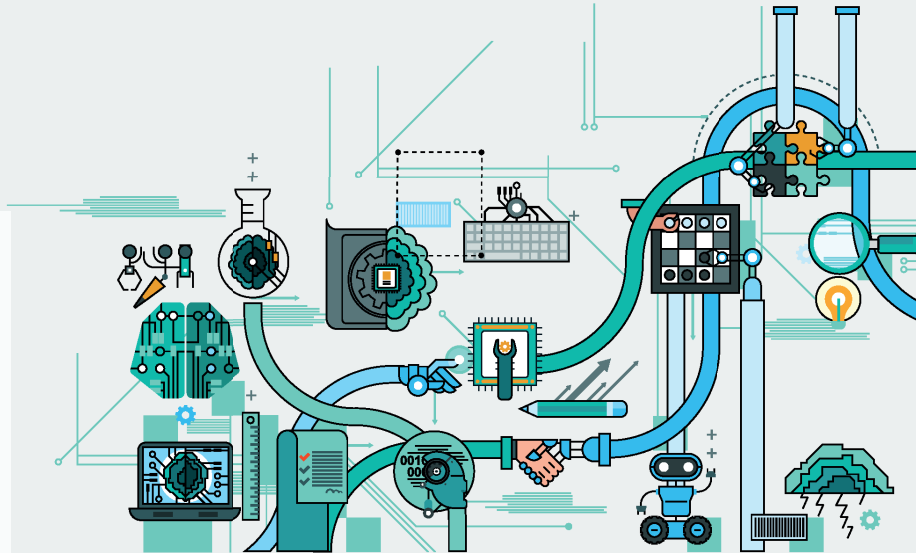


การวัดผลผลิตภาพของ Collaborative Robot



เมื่อมาถึงจุดที่ประเทศไทยจะต้องปรับเปลี่ยนสู่อุตสาหกรรม 4.0 เราคงปฏิเสธเพื่อนร่วมงานใหม่ที่เป็นแขนกล สมองกล หุ่นยนต์ควบคุมอัตโนมัติไม่ได้แล้ว แทนที่จะต่อต้าน การปรับมุมมองและเปิดใจทำความรู้จักกับเพื่อนใหม่อย่าง Collaborative Robot (Cobot) จะเป็นการ win-win กันทุกฝ่าย ถึงแม้ Cobot จะไม่ใช่เพื่อนทานข้าวที่ดี แต่ก็ยังเป็นเพื่อนร่วมงานที่พร้อมจะแบ่งปันประสบการณ์ทำงานและช่วยผลักดันให้องค์กรประสบความสำเร็จได้ ดังนั้น เมื่อเราถูกวัดผลการปฏิบัติงานด้วย KPIs เพื่อนใหม่ของเราก็ต้องถูกวัดด้วยเช่นกัน แล้ว KPIs แบบใดที่จะเหมาะสมกับการวัดสมรรถนะของ Cobot

ความท้าทายในการกำหนดตัววัด

หนังสือ “The Top 5 Cobot KPIs : How to Measure and Improve your Cobot’s Performance” เขียนโดยบริษัท Universal Robots ประเทศเดนมาร์ก¹ ได้อธิบายรายตัววัดที่เหมาะสมสำหรับ Cobot ด้วยการเปรียบเทียบการวัดประสิทธิภาพระหว่างเครื่องจักรอัตโนมัติกับหุ่นยนต์ Cobot ในขณะที่เครื่องจักรอัตโนมัติมีตัววัดความสามารถในการผลิตว่า ทำได้เต็มกำลังการผลิตหรือไม่ (% of Full Capacity) สำหรับ Cobot จะมีตัววัดการทำงานใดที่สามารถสะท้อนถึงจุดที่ Cobot ทำงานด้วยประสิทธิภาพสูงสุดแล้ว

¹ บริษัท Universal Robots มีจุดเริ่มต้นมาจากโครงการวิจัยระดับมหาวิทยาลัย ต่อมาได้พัฒนาไปสู่การจัดตั้งบริษัท Start-up ในปี 2551 เพื่อผลิตหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่มีน้ำหนักเบา ในช่วงเริ่มต้นมีพนักงานเพียง 5 คน ขณะที่ปัจจุบันมีพนักงานมากกว่า 110 คน ในปี 2557 บริษัทสามารถขายหุ่นยนต์น้ำหนักเบาได้ 2,000 ตัว และเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทุกปี ในช่วงระหว่างปี 2557-2560 โดยมูลค่ายอดขายเฉพาะปี 2560 อยู่ที่ 185 ล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือ 5,090 ล้านบาท

ตัวชี้วัดในอุตสาหกรรมการผลิตมีเป็นร้อยตัว แต่ 5 ตัวชี้วัดที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่



รอบระยะเวลาการผลิต (Manufacturing Cycle Time)
วัดระยะเวลาตั้งแต่รับคำสั่งซื้อจนถึงผลิตเป็นสินค้าพร้อมส่ง



ผลผลิตสุทธิที่ได้จากกระบวนการผลิต (Yield)
วัดจากสัดส่วนของสินค้าที่ตรงตามข้อกำหนดการผลิต (Specification) โดยปราศจากการทำงานซ้ำ หรือสินค้ามีตำหนิเทียบกับจำนวนสินค้าที่ผลิตได้ทั้งหมดในสายการผลิตนั้น



การปฏิเสธรับสินค้าจากลูกค้า (Customer Rejects and/or Returns)
สัดส่วนสินค้าที่ถูกส่งคืนเนื่องจากประเด็นเรื่องคุณภาพหรือลูกค้าไม่พึงพอใจ

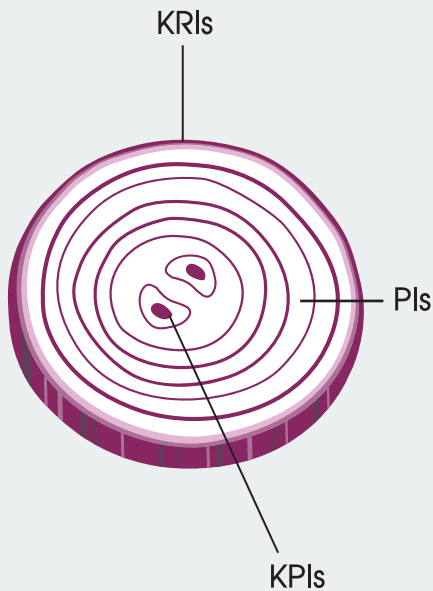


สัดส่วนต้นทุนการผลิตต่อรายได้ (Manufacturing Cost as % of Revenue)



ระยะเวลาที่เครื่องจักรหยุดผลิต (Downtime)
จะวัดในรูปของสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ เป็นค่าระยะเวลาที่เครื่องจักรหรือระบบการผลิตส่วนใดส่วนหนึ่งเกิดขัดข้องทำให้ไม่สามารถทำงานต่อไปได้

เราสามารถเลือกตัววัดเหล่านี้สำหรับ Cobot ได้หรือไม่ แล้วตัววัดใดที่มีความสำคัญกับเพื่อนของเรา ซึ่งหากสามารถวัดว่า Cobot ยังทำงานได้ไม่เต็มศักยภาพก็จะมีข้อมูลเพื่อใช้ในการปรับปรุงให้ดีขึ้นไปอีกได้ เพื่อเพิ่มผลผลิตภาพขององค์กร แต่การเลือกตัววัดมากเกินไปอาจส่งผลเสียมากกว่าการที่เราไม่ได้เลือกตัววัดใดเลยก็ได้ ดังนั้น จึงเป็นความท้าทายในการเลือกตัววัดให้กับ Cobot ซึ่งจะต้องเลือกเฉพาะตัววัดที่ช่วยให้เราสามารถปรับปรุงกระบวนการและเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าของเราเป็นสำคัญ



ก่อนที่จะเลือกตัววัดที่ถูกต้องให้ Cobot ได้ นั้นต้องเข้าใจประเภทของตัววัดที่ใช้ ในธุรกิจเสียก่อน ลองจินตนาการนึกถึง หัวหอมลูกหนึ่ง Key Results Indicators (KRIs) เปรียบเหมือนผิวหรือเปลือกของหัวหอม ถ้าเทียบกับตัววัดทางธุรกิจจะเหมือนกับตัววัด ภาพรวม เช่น กำไรสุทธิ ผลตอบแทน จากการลงทุน ความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งเป็นตัววัดที่แสดงความเก่งขององค์กร ที่ผ่านมา แต่ไม่ได้ช่วยในการชี้ให้เห็นถึง วิธีการที่จะทำให้เราสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้น ในอนาคต ส่วน Performance Indicators (PIs) จะเป็นชั้นผิวหัวหอมที่อยู่ใต้เปลือก ตัววัดนี้จะสามารถชี้ให้เห็นถึงการกระทำ ที่ชัดเจนขึ้นได้อีกในระดับหนึ่ง เช่น ถ้าเป็นกำไรสุทธิ ก็จะเป็นกำไรที่เกิดจาก สายการผลิตใดสายการผลิตหนึ่งโดยเฉพาะ หรือความสามารถในการทำกำไรของลูกค้า เฉพาะกลุ่ม หรือจำนวนวันฝึกอบรมต่อเดือน โดยธุรกิจจะต้องมี PIs จำนวนมากพอที่จะ ผลักดันให้เกิด KPIs (Key Performance Indicators) ขององค์กร ซึ่งคือแกนกลาง ของหัวหอมชั้นในนั่นเอง KPIs เป็นตัววัดที่มีความสำคัญและมีศักยภาพในการชี้ให้เห็นถึง การปรับปรุงผลการดำเนินงานของธุรกิจ ได้อย่างก้าวกระโดด หากเราสามารถ เลือกใช้ KPIs ที่ “ใช่” เราจะสามารถเห็น การเปลี่ยนแปลงที่ยิ่งใหญ่ได้ แต่...เราจะรู้ ได้อย่างไรว่า KPIs ที่เราเลือกนั้น “ถูกต้องแล้ว”

ลำดับแรก เราต้องตัดสินใจให้ได้ว่า ระดับของตัวชี้วัดใดที่เราต้องให้ความสำคัญ เนื่องจาก KPIs หลายๆ ตัวถูกออกแบบ

ให้วัดผลการดำเนินงานของธุรกิจในมุมมอง ของการบริหารจัดการหรือที่รู้จักกันดีในชื่อว่า Strategic KPIs ซึ่งหากเราต้องการวัด ประสิทธิภาพของเครื่องจักร Strategic KPIs นี้ ไม่มีประโยชน์อันใด สำหรับการประเมิน การใช้ Technology ในระดับ Shop Floor เราต้องใช้ Operational KPIs อาทิเช่น การเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effective: OEE), ระยะเวลาในการเดินเครื่องจักร (Machine Uptime), คุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้ (Product Quality) ตัววัดในระดับ สายการผลิตเหล่านี้จะช่วยให้เราสามารถ ปรับปรุงกระบวนการผลิตได้

สิ่งสำคัญต่อมาคือ เราต้องเชื่อม Operational KPIs ให้สอดคล้องกับ Strategic KPIs เพื่อตอบเป้าหมายใหญ่ของธุรกิจ ตัวอย่างเช่น ถ้าเป้าหมายขององค์กรคือ ต้องการเพิ่มกำไร ผลตอบแทนจากการลงทุน ในเครื่องจักรจะเป็น Strategic KPIs ที่สำคัญ และระยะเวลาในการเดินเครื่องจักร (Machine Uptime) จะเป็น Operational KPIs ที่เหมาะสม หากเป้าหมายขององค์กรคือ ต้องการเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า รอบระยะเวลาในการผลิต (Cycle Time) และ คุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้ (Product Quality) ตรงตามความต้องการของลูกค้า จะเป็นตัววัดที่ควรถูกเลือกเป็น Operational KPIs ที่สำคัญ ซึ่งคำถามที่ตามมาคือ ตัววัด ข้างต้นสามารถประยุกต์ใช้กับเพื่อนใหม่ ของเราได้หรือไม่ การวัด Cobot เหมือน หรือแตกต่างกับเครื่องจักรอื่นๆ ไปอย่างไร

ตัววัดสำหรับ Cobot

ก่อนจะไปพูดถึงตัววัดเฉพาะของ Cobot จะขอเกริ่นถึงตัววัดมาตรฐานอย่างประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต หรือ OEE ที่เราสามารถใช่วัดเพื่อนใหม่ของเราได้เช่นกัน เนื่องจาก Cobot จัดเป็นประเภทพิเศษของเครื่องจักรชนิดหนึ่ง ซึ่ง OEE จะใช้ในการประเมิน Robotic Cell² ในแบบที่เราใช้ประเมินเครื่องจักรอุตสาหกรรมได้ แน่แน่นอนกว่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่งของเครื่องจักรก็สามารถเกิดขึ้นใน Robotic Cell ได้เหมือนกัน โดย OEE จะเป็นตัววัดผลผลิตภาพในกระบวนการผลิต (Manufacturing Productivity) มีสูตรทั่วไปว่า

| | | |
|--------|--------------|---|
| | OEE | = Availability X Performance X Quality Rate |
| โดยที่ | Availability | = ระยะเวลาเดินเครื่อง (ไม่นับเวลาเครื่องจักรหยุด)/ระยะเวลาการผลิตตามแผน |
| | Performance | = (รอบเวลาการผลิตมาตรฐาน X ปริมาณที่ผลิตได้)/ระยะเวลาเดินเครื่อง |
| | Quality | = จำนวนชิ้นงานดี/ปริมาณที่ผลิตได้ |

แม้ว่า OEE จะเป็นตัววัดที่มีประโยชน์ในการวัดผลผลิตภาพของเครื่องจักร แต่ก็ไม่ใช่เพียงพอที่จะใช้ในการปรับปรุงการ Set up ของ Cobot เนื่องจาก OEE จะให้ภาพกว้างของกระบวนการผลิตและการใช้ระยะเวลาการผลิตตามแผน ซึ่งเป็นค่าวัดตามทฤษฎี แต่ไม่ได้สะท้อนค่าที่แท้จริงของการผลิตในแต่ละขั้นตอน รวมถึงการวัดเรื่องของคุณภาพของชิ้นงานที่ให้ความสำคัญกับการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน (Major Losses) ซึ่งไม่ได้เป็นปัญหาของ Cobot ในทางกลับกัน ความผิดพลาดเล็กๆ น้อยๆ ที่เกิดขึ้นกับตัว Cobot ซึ่งจะส่งผลอย่างมากต่อผลผลิตโดยรวมต่างหากที่ควรเป็นประเด็นที่ต้องกังวล แต่ OEE ไม่ได้พิจารณาประเด็นนี้อยู่ในการคำนวณด้วย ดังนั้น OEE จึงเหมาะสำหรับการวัดประสิทธิผลของภาพรวมของ Robotic Cell แต่ไม่สามารถลงไปวัดประสิทธิผลการทำงานของ Cobot แต่ละตัวที่อยู่

ใน Work Cell ได้ ยกตัวอย่างเช่น Machine tending Cobot ที่เป็นระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติในการหยิบรับส่งเครื่องมือของเครื่องจักรอุตสาหกรรมในโรงงาน ตัวมันเองไม่ได้สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์โดยตรง แต่เป็นเครื่อง CNC ที่ทำให้เกิดกระบวนการผลิตที่สร้างมูลค่าเพิ่ม

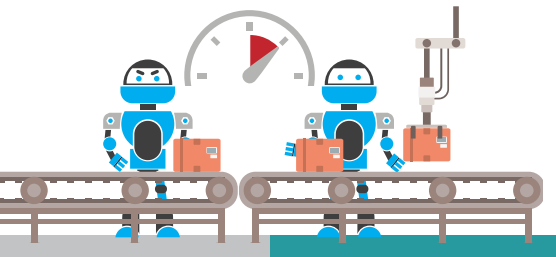
แล้วเราจะทราบได้อย่างไรว่า Cobot ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดแล้วหรือไม่ ด้วยตัววัดของ OEE สิ่งที่เราคำนวณจะได้เป็นภาพรวมของประสิทธิภาพการทำงานระหว่าง Machine tending Cobot กับเครื่อง CNC แต่ตัววัดนี้ยังไม่สามารถชี้ให้เห็นถึงวิธีการปรับปรุงการทำงานของ Cobot ได้อย่างชัดเจน ดังนั้น หากเราต้องการจะแยกพิจารณาเฉพาะประสิทธิภาพของ Cobot เท่านั้น เราจำเป็นต้องมีตัววัดอีกชุดหนึ่งที่ใช้วัด Cobot โดยเฉพาะด้วย (Cobot-specific KPIs)

² Robotic Cell หมายถึง ระบบปิดที่ประกอบด้วยหุ่นยนต์ (Robot) ควบคุม (Controller) และส่วนประกอบอื่นๆ ที่ต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนไหวและสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Work Cells

คุณลักษณะของตัววัดที่เหมาะสมกับ Cobot จะต้องไม่ได้วัดออกมาเป็นเชิงการเงิน เช่น ผลตอบแทนจากการลงทุนในหุ่นยนต์ (ROI) เพราะตัววัดนี้ไม่ได้บอกวิธีการปรับปรุงการทำงานของ Cobot จะต้องเป็นการวัดต่อเนื่อง Cobot จะเก็บทุกครั้งที่มีการ login เข้าระบบ ทำให้มีข้อมูลทุกอย่างและสามารถเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาได้ทั้งระยะสั้นและยาว ซึ่งเราสามารถนำข้อมูลนี้วิเคราะห์ให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่อยๆ เกิดขึ้นในการทำงานของ Cobot ได้ โดยจะต้องเชื่อมหรือมีความสัมพันธ์กับ Operational KPIs ตัวอื่นๆ ขององค์กร ยกตัวอย่าง เช่น ระยะเวลาตั้งแต่ได้รับคำสั่งซื้อจนถึงส่งสินค้าให้ลูกค้า ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย ระยะเวลาที่โรงงานหยุดดำเนินการ ดังนั้น ตัววัดที่เราจะใช้สำหรับ Cobot จะต้องมีความชัดเจน และเชื่อมโยงถึงผลกระทบต่อดูริจิตด้วย จะต้องมุ่งตรวจหาความสูญเสียที่เกิดขึ้นทุกวัน เพื่อหาวิธีการจัดการที่เหมาะสม จะต้องง่ายในการวัด ไม่ต้องใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูลมากนัก และจะต้องวัดได้ชัดเจนและเข้าใจได้ง่ายโดยไม่ต้องมีการอบรมเพิ่มเติม

ความสูญเสีย ที่อาจเกิดขึ้นในการทำงาน ของ Robotic Cell และ สามารถวัดด้วย OEE มีดังนี้

1. การหยุดปฏิบัติการตามแผน (Planned Downtime) อันเนื่องมาจาก การปรับเปลี่ยนสายการผลิต (Changeovers) การปรับเปลี่ยนแขนกล (End-of-arm Tooling Changeover) การซ่อมบำรุงตามแผน (Planned Maintenance)
2. การหยุดปฏิบัติการนอกแผน (Breakdowns and Unplanned Downtime) เช่น อุปกรณ์ชำรุดหรือเสียหาย การซ่อมบำรุงนอกแผน
3. การหยุดการปฏิบัติการเป็นช่วงสั้นๆ (Minor Stops) อันเนื่องมาจาก แนวการเคลื่อนไหวผิดตำแหน่ง แนวการเคลื่อนไหวถูกขัดขวางหรือถูกปิดล้อมทำให้เคลื่อนไหวได้ลำบาก การหยุดเคลื่อนไหวเนื่องจากความปลอดภัย เช่น มีบุคคลเข้าไปในพื้นที่ทำงานของ Cobot
4. ความเร็วที่เสียไป (Speed Loss) เนื่องจากผู้ควบคุมไม่ได้รับการอบรมที่เหมาะสม การตั้งการหยุดของโปรแกรมที่ไม่มีประสิทธิภาพ การไม่บูรณาการระหว่างคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุม บางครั้งความเร็วในการปฏิบัติการของ Cobot สามารถลดลงอัตโนมัติเมื่อมีบุคคลเข้ามาในพื้นที่ทำงานหรือมีการสัมผัส Cobot
5. Production Rejects เนื่องจากมีสินค้าเสียหายหรือมีเศษของชิ้นส่วนหลุดเข้ามาในระบบ
6. Rejects on Start up เนื่องจากมีเศษของชิ้นส่วนจากการปรับเปลี่ยนสายการผลิต หรือมีความเสียหายเกิดขึ้นในกระบวนการ
7. การสื่อสารระหว่าง Cobot ที่ผิดพลาด (Integration Faults) เช่น การสื่อสารระหว่าง Cobot จะต้องเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน หากมีเวลาที่เหลื่อมกันจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการบูรณาการกระบวนการบางขั้นตอน หรือ การขาดสัญญาณการติดต่อก็ทำให้เกิดความผิดพลาดในการสื่อสารระหว่างเครื่องจักรได้
8. การขาดการใช้งาน (Lack of Use) Cobot อาจจะไม่ได้ออกทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพเนื่องจากขาดการอบรมให้กับ Cobot หรือกระบวนการผลิตยังไม่ได้ออกใช้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจะเป็น หรือขาดการจัดสรรทรัพยากรที่เหมาะสม
9. การออกแบบแนวการเคลื่อนไหวของ Cobot ไม่มีประสิทธิภาพ เส้นทางการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์จะต้องถูกวัดและต้องพยายามลดความสูญเสียจากแนววิถีการเคลื่อนที่ที่ไม่มีประสิทธิภาพดังกล่าว
10. เวลาที่รอคอย (Wait Time) คือ การที่ Cobot ไม่สามารถสำเร็จภารกิจของตัวเองได้ เนื่องจากต้องมารอคอยกระบวนการก่อนหน้าหรือกระบวนการอื่น การเกิดคอขวดหรือขั้นตอนที่ไม่เหมาะสมในกระบวนการ



ตามหลักการแล้ว KPIs ที่เราจะเลือกใช้วัด Cobot จะต้องสามารถจัดการกับการสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละวันรวมถึงความสูญเสียโดยภาพรวมได้ด้วย ซึ่งความสูญเสีย 10 ข้อข้างต้นเป็นข้อแนะนำที่ดีในการเลือกใช้ตัววัดที่เหมาะสม โดยข้อที่ 7-10 เป็นความสูญเสียที่กระทบกับ Cobot โดยเฉพาะ และนอกเหนือจากนี้ ยังมี Cobot-specific KPIs ที่สำคัญในการปรับปรุงการ Set Up แก่ Cobot ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตัววัดที่ 1: Cycle Time

ตัววัดนี้เป็นตัววัดที่โรงงานอุตสาหกรรมคุ้นเคย โดยทั่วไปจะเป็นการวัดระยะเวลาในการผลิตสินค้า (Overall Cycle Time) หรืออาจจะวัดระยะเวลาในการผลิตเฉพาะในสายการผลิตใดสายการผลิตหนึ่งก็ได้ (Machine Cycle Time) การวัด Cycle Time ในเครื่องจักรอุตสาหกรรมจะเริ่มวัดตั้งแต่เมื่อผลิตภัณฑ์เข้าสู่กระบวนการจนถึงออกจากกระบวนการ แต่สำหรับ Cobot เราจะไม่สนใจจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา แต่จะดูช่วงเวลาของการทำงานหุ่นยนต์ตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่งตามลำดับต่อเนื่องกัน โดยระหว่างนั้นอาจจะไม่มีผลิตภัณฑ์ออกมาเลยก็ได้ ดังนั้นรอบเวลาที่สั้นจะดีที่สุดสำหรับ Cobot และหากเราสามารถใช้ตัววัดนี้ปรับปรุงการทำงานของ Cobot แต่ละตัว จะทำให้ Overall Cycle Time ลดลงอัตโนมัติ โดยค่าที่ดีจะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ Target Cycle Time ที่กำหนดไว้เป็นค่าเปรียบเทียบ อย่างไรก็ตาม ตัววัดนี้เป็นตัววัดเดียวที่เป็น Lagging Indicator ในขณะที่อีก 4 ตัววัดเป็นการวัด Real-time Performance Metric

ปัจจัยที่ส่งผลต่อ Cycle Time ของ Cobot

- **Cell Layout** ระยะทางที่ Cobot เคลื่อนไหวระหว่างขั้นตอนในกระบวนการทำงาน ซึ่งควรสั้นที่สุด ถ้า Cobot จะต้องเคลื่อนไหวระหว่าง 2 วัตถุ จะต้องพยายามรักษาระยะห่างระหว่างวัตถุไว้ให้ใกล้กันที่สุดเท่าที่จะทำได้
- **Robot Motions** การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นออกจากโปรแกรมของ Cobot ควรตัดการเคลื่อนไหวโดยพิจารณาจากความจำเป็นเป็นหลัก เช่น Cobot จำเป็นต้องเคลื่อนไหวถึง 5 ครั้งหรือไม่ หรือแค่ 2 ครั้งก็เพียงพอแล้ว
- **Robot Speed** ความเร็วสูงสุดที่โปรแกรมสามารถทำได้ พยายามเพิ่มและเร่งความเร็วให้ถึงจุดสูงสุดของโปรแกรมที่สามารถทำได้ โดยต้องคำนึงถึงความปลอดภัยด้วย
- **Combine Operations** ขั้นตอนในกระบวนการที่สามารถรวมหรือลดขั้นตอนลงได้ เช่น สามารถเปิด Gripper หรือแขนกลที่ใช้จับชิ้นงานอุตสาหกรรมในระหว่างที่ Cobot เคลื่อนที่ได้เลย หรือต้องรอจนถึงจุดที่กำหนดหยิบชิ้นงาน (Pick-up Point) ถึงจะเปิดการใช้ Gripper ได้
- **Grasp Time** ระยะเวลาในการเปิดและปิด Gripper ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อ Cycle Time ของ Cobot เราจึงต้องแน่ใจว่า Grasp Time ได้ถูกกำหนดไว้อย่างเหมาะสมที่สุดแล้ว
- **Processing Time** เนื่องจาก Cobot ส่วนใหญ่จะทำงานร่วมกับเครื่อง CNC หรือทำงานร่วมกับคน หรือทำงานร่วมกับบางขั้นตอนของกระบวนการผลิต หากเกิดการรอคอยในการทำงานดังกล่าวก็จะส่งผลต่อ Cobot Cycle Time อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ตัววัดที่ 2: Cycles Completed

Cycles Completed หมายถึง จำนวนรอบการทำงานของ Cobot ในระยะเวลาที่กำหนด อันที่จริงคำว่า “รอบการทำงาน” อาจยังไม่สื่อความหมายที่ถูกต้องนักสำหรับการทำงาน ของ Cobot เพราะถ้าหากกระบวนการผลิตยังไม่สิ้นสุดหรือยังไม่สมบูรณ์ Cobot สามารถ Re-start ได้แม้ว่าตนเองจะทำงานเสร็จแล้วก็ตาม ดังนั้น คำที่เหมาะสมควรเป็นคำว่า กระบวนการสิ้นสุดลงหรือการผลิตสิ้นสุดลงหรือเสร็จสมบูรณ์แล้ว จึงจะสามารถนับเป็น รอบการทำงานของ Cobot ได้ถูกต้อง และเนื่องจาก Cobot ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่อง ทางกายภาพของชิ้นงานได้ ดังนั้น หากมีชิ้นส่วนที่ไม่ได้มาตรฐานหลุดเข้ามาในกระบวนการ ผลิต Cobot ก็จะไม่ทราบว่ามันคือของเสียหรือ Defect ในกรณีนี้เราจะไม่สามารถคำนวณ Yield ของ Cobot ได้ ถ้าหากต้องการจะวัด Yield ที่เกิดจากการทำงานของ Cobot อาจต้อง ติดตั้งอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่เรียกว่า Autonomous Metrology Sensor ซึ่งใช้ในขั้นตอนของ การตรวจสอบ (Specification) เพื่อที่จะบอกว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีคุณลักษณะถูกต้องตามที่ กำหนดไว้หรือไม่

ปัจจัยที่ส่งผลต่อ Cycle Completed ของ Cobot

- **Speed Loss** ความเร็วที่อาจจะเสียไปสำหรับกระบวนการที่ต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้าง นานกว่าจะสิ้นสุดกระบวนการ จะส่งผลต่อบาง Cycle ของ Cobot ได้
- **Planned Downtime and Breakdowns** การหยุดการปฏิบัติการที่จะส่งผลกระทบต่อ รอบของ Cycle Completed ของ Cobot
- **Minor Stops and Faults** การหยุดเนื่องจากความผิดพลาดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง
- **Inefficiency** หากการตั้งโปรแกรมการเคลื่อนไหวยังไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดของ Cobot ก็ส่งผลต่อ Cycle Completed โดยจะใช้เวลานานมากขึ้นกว่าที่ควรจะเป็น
- **Wait Time** การรอคอยด้วยเรื่องใดก็ตามส่งผลอัตโนมัติต่อ Cycle Completed ของ Cobot

ตัววัดที่ 3: Utilization

$$\text{สูตรการคำนวณ : อัตราการใช้ให้เกิดประโยชน์ของ Cobot (\%)} = \frac{\text{ระยะเวลาที่ทำงานตามโปรแกรม}}{\text{ระยะเวลาทั้งหมดที่ Cobot สามารถทำได้}}$$

ในกรณีที่ Cobot ทำงานตลอดเวลาจะหารด้วย 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์ จากการทำงานตามโปรแกรมของ Cobot จะต้องเกี่ยวข้องกับการเพิ่มคุณค่าต่อธุรกิจด้วย

สำหรับในภาคอุตสาหกรรมที่คุ้นเคยในการวัด Utilization มักวัด Yield หรือจำนวนสินค้า ที่ผลิตได้ตรงตามคุณภาพเทียบกับจำนวนสินค้าที่ผลิตได้ทั้งหมด เพื่อใช้สะท้อนผลผลิตภาพของ Utilization ด้วย แต่ตัววัดนี้ไม่สามารถประยุกต์วัดกับ Cobot ได้ เนื่องจากการทำงาน ของ Cobot เป็นเพียงส่วนหนึ่งของกระบวนการเท่านั้น นอกจากนี้ Cobot ยังสามารถสลับ การทำงานไปมาได้ตลอดเวลา เช่น เราอาจจะใช้ Cobot ตัวเดียวกันในเครื่อง CNC ไปทำงาน Packaging แล้วย้ายไปทำงานขัดเคลือบเงา เพราะ Cobot สามารถเคลื่อนไหวภายในโรงงาน และตั้งโปรแกรมใหม่ได้โดยง่าย อย่างไรก็ตาม ถ้าเราสามารถให้ Cobot ทำงานได้ในหลายๆ งานที่สร้างคุณค่าต่อธุรกิจในเวลา 2-3 ชั่วโมงก็สามารถนับได้ว่าเราใช้ Cobot อย่างเกิดประโยชน์สูงสุดแล้วเช่นกัน เช่น Cobot ทำงานตลอด 120 นาทีในช่วง 15.00-17.00 น. อัตรา Utilization ของ Cobot จะเท่ากับ 100% แม้ Cobot จะไม่ได้ ผลิตออกมาเป็นชิ้นงานก็ตาม เป็นต้น

ปัจจัยที่ส่งผลต่อ Utilization ของ Cobot

- **Planned Downtime** เวลาที่ถูกกำหนดในแผนการซ่อมบำรุง Cell
- **Unplanned Downtime** การหยุดซ่อมบำรุงระยะสั้นเนื่องจากเครื่องจักรมีปัญหาหรือการหยุดเนื่องจากเหตุที่ไม่ได้คาดคิดต่างๆ
- **Switch Time** ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของ Cobot เพื่อไปทำงานอีกอย่างหนึ่งซึ่งระหว่างการเคลื่อนไหว Cobot จะต้องหยุดการทำงานตามโปรแกรม
- **Scheduling Losses** การสูญเสียเนื่องจากไม่ได้วางแผนให้ Cobot สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง
- **Breaks** การหยุดพักระหว่างงานของเพื่อนร่วมงานที่มีชีวิตอย่างพวกเรา เช่น หยุดพักทานข้าว หยุดฝึกอบรม หยุดพักร้อน แม้ว่าจะมีการกำหนดเป็นแผนล่วงหน้าไว้แล้วก็ตาม แต่อย่าลืมว่า Cobot สามารถทำงานได้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องมีเราหรือหัวหน้างานมาควบคุม
- **Robot Training** ระดับความรู้ของพวกเพื่อนร่วมงานอย่างพวกเราที่เป็นคนควบคุมโปรแกรม ถือเป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อ Utilization ของ Cobot ถ้าเราไม่เข้าใจหรือไม่ได้รับการอบรมที่เหมาะสมแล้ว เราก็จะไม่รู้แนวทางในการปรับปรุงให้ Cobot ให้มี Utilization ที่สูงขึ้นได้ การทำ On-the-Job Robotic Training หรือการทำ Small Group QCC บ่อยๆ จะช่วยให้เกิดแนวคิดในการปรับปรุงผลผลิตภาพของ Cobot ได้

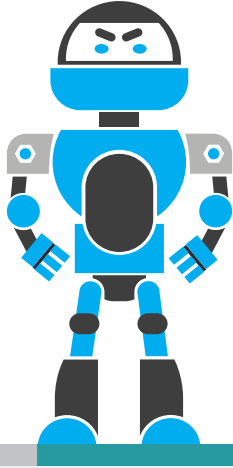
Utilization
อาจจะไม่ใช่ตัวดีนัก
ถ้าจะใช้เพียงลำพัง
ยกตัวอย่างเช่น
3 เหตุการณ์ดังต่อไปนี้

เหตุการณ์ 1: Cobot ใช้เวลา 2 ชั่วโมงในการประกอบสินค้าจำนวน 50 ชิ้น Utilization = 100%

เหตุการณ์ 2: Cobot ใช้เวลา 30 นาทีในการประกอบสินค้าจำนวน 50 ชิ้น หยุด 1.5 ชั่วโมง
Utilization = 25%

เหตุการณ์ 3: Cobot ใช้เวลา 30 นาทีในการประกอบสินค้าจำนวน 50 ชิ้น หลังจากนั้นเตรียมชิ้นส่วนเพื่อประกอบในขั้นตอนต่อไปอีก 1.5 ชั่วโมง Utilization = 100%

เราสามารถตัดสินใจได้หรือไม่ว่า Utilization ของเหตุการณ์ใดดีที่สุด ถ้ายังตอบไม่ได้ อย่างมั่นใจ การวัด Utilization กับ Cobot ก็จำเป็นต้องมีระมัดระวังในการวิเคราะห์ผล ด้วยเช่นกัน ในอุตสาหกรรมการผลิตมักจะทำให้ความสำคัญกับ Utilization ของเครื่องจักร เพื่อให้เกิดการประหยัดต่อขนาด (Economy of Scale) ซึ่งจะทำให้ต้นทุนต่อหน่วยลดต่ำลง แต่การประยุกต์ใช้ Utilization กับ Cobot โดยไม่ได้คำนึงถึงปริมาณของที่ผลิตได้จากกระบวนการ กลับจะส่งผลเสียต่อธุรกิจมากกว่า แม้ว่าจะเป็นตัววัดที่ดีที่จะช่วยปรับปรุงผลผลิตภาพให้กับ Cobot ก็ตาม



ตัวอย่างที่ 4: Efficiency

โดยทั่วไป ธุรกิจจะวัดประสิทธิภาพด้วย 2 ตัวชี้วัด คือ ประสิทธิภาพการผลิต (Production Efficiency) และประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency) สำหรับ Cobot เราจะให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพการผลิตมากกว่า เพราะ Cobot ถูกกำหนดปริมาณการใช้พลังงานมาจากโรงงานผลิต ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้มากนัก ดังนั้น การทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้พลังงานสำหรับ Cobot คือการเลือกใช้ Cobot ที่เหมาะสมกับงานนั่นเอง

การวัดประสิทธิภาพการผลิตของ Cobot มักจะวัดไปพร้อมกับ การวัดอัตราการใช้ให้เกิดประโยชน์ (Utilization) เพราะการวัดประสิทธิภาพจะเป็นวัดระยะเวลาการใช้ประโยชน์ของแขนกลหรือการเคลื่อนไหวของ Cobot ที่ทำให้เกิดงานเมื่อเทียบกับระยะเวลาที่ทำงานตามโปรแกรมทั้งหมด การวัดการเคลื่อนไหวของแขนกล Cobot อาจจะไม่ไปตัวแปรที่ถูกต้อง สมบูรณ์นักแต่ก็สมเหตุผลที่จะวัดได้ เพราะการเคลื่อนไหวของ Cobot ไม่ได้สะท้อนถึงปริมาณของที่ผลิตได้โดยตรง Cobot สามารถมีค่าประสิทธิภาพการทำงานสูงได้ หากการเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ ของ Cobot นั้นเคลื่อนไปในตำแหน่งที่จำเป็นจริงๆ แม้ไม่ได้งานออกมาชัดเจน ซึ่งการทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดก็คือการพยายามลดเวลาที่ทำให้ Cobot ต้องรอคอยลงให้มากที่สุด

ปัจจัยที่ส่งผลต่อ Efficiency ของ Cobot

- **Waiting** เวลาส่วนใหญ่ที่สูญเสียไปของ Cobot ที่จะต้องรอกระบวนการอื่นหรือกระบวนการก่อนหน้าเสร็จเสียก่อน
- **Robot Training** ผู้ควบคุมที่ไม่ได้รับการอบรมการใช้งาน Cobot อาจมีปัญหาในการตั้งโปรแกรมที่จะทำให้ Cobot ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดได้
- **Complexity** การตั้งโปรแกรมในงานที่มีความซับซ้อนหรือมากขึ้นตอนอาจนำไปสู่ความผิดพลาดในการทำงานของ Cobot ได้ ดังนั้น จำเป็นต้องมีการทดสอบโปรแกรมก่อน
- **Part Placement** แม้ว่าการวางตำแหน่งการเคลื่อนไหวที่มีการกำหนดจุดและทิศทางไว้อย่างแน่นอนเป็นการช่วยสนับสนุนการทำงานของหุ่นยนต์ แต่ Cobot จะมีการใช้ Sensors ที่สามารถจัดการกับสิ่งที่ไม่ได้อยู่ตำแหน่งที่กำหนดไว้ ทำให้เกิดการรอคอยที่ไม่ได้ตั้งใจได้
- **Setup Times** โดยทั่วไปจะมีการสูญเสียเวลาเสมอเมื่อมีการเริ่มต้นงานใหม่หรือกระบวนการใหม่ หรือเมื่อ Cobot ต้องเคลื่อนย้ายไปทำงานอีกอย่างที่แตกต่างกันออกไป หรือมีการปิดระบบชั่วคราว

การวัดประสิทธิภาพ (Efficiency) แตกต่างจากการวัดอัตราการใช้ให้เกิดประโยชน์ (Utilization) โดย Utilization จะวัดจากเวลาทั้งหมดที่ Cobot ทำงานตามโปรแกรม แต่ Efficiency จะวัดเฉพาะเวลาที่ทำให้เกิดงาน ดังนั้นผลรวมของ Wait Time กับ Efficiency Time จะเท่ากับ Utilization เช่น ถ้าระยะเวลาการรอคอย 5% ประสิทธิภาพในการทำงานของ Cobot 40% อัตราการใช้ให้เกิดประโยชน์จะเท่ากับ 45% หรือถ้าเขียนเป็นสมการจะได้ดังนี้

$$\text{Total Time} = \text{Non-Utilized time} + \text{Utilized Time} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Utilized Time} = \text{Wait Time} + \text{Productive Time} \dots\dots\dots(2)$$

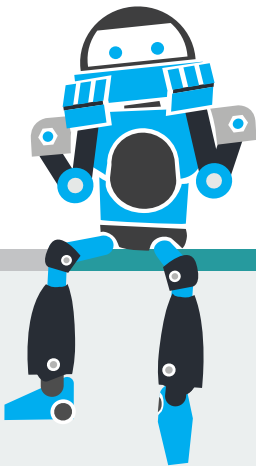
ดังนั้น สถานการณ์ที่ควรระวัง *Utilization กับ Efficiency* จึงมีความแตกต่างกันดังนี้

กรณีที่ควรระวัง *Utilization*

- เมื่อ Cobot มี Low Utilization แต่เรายังสามารถหางานอื่นหรืองานใหม่ที่เหมาะสมกับการใช้ซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชันของ Cobot ได้ โดยงานนั้นยังคงเพิ่มคุณค่าให้กับธุรกิจของเรา แทนที่จะซื้อ Cobot ตัวใหม่
- เมื่อสามารถใช้ในการปรับปรุงตารางการทำงานของ Cobot ในขั้นตอนที่มี Utilization สูงแต่กลับให้ปริมาณงานต่ำเพื่อปรับปรุง Flow การทำงานของ Cobot ใหม่ให้ถึงจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด
- เมื่อมีการเปลี่ยนงานของ Cobot จากงานหนึ่งไปยังอีกงานหนึ่ง จะทำให้ Utilization ลดลงอัตโนมัติ เราสามารถใช้ข้อมูลนี้ในการกำหนดและปรับให้ Switch Times มีความเหมาะสมหรือดีที่สุดได้

กรณีที่ควรระวัง *Efficiency*

- เมื่อต้องการตรวจสอบความไม่มีประสิทธิภาพของการตั้งโปรแกรม การที่ Cobot มีค่าตัววัดประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำในงานใดงานหนึ่งนั้น แสดงว่าการตั้งโปรแกรมในงานดังกล่าวยังไม่ใช่จุดที่ดีที่สุด (Optimization) อย่างเช่น งานที่มีการเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้ง มักจะทำให้เกิดระยะเวลารอดคอยที่สูงขึ้น
- เมื่อต้องการปรับปรุงขั้นตอนการไหลของ Cell เวลาที่ Cobot มีประสิทธิภาพการทำงานต่ำมักจะเกี่ยวข้องกับการรอดคอยให้งานของกระบวนการนั้นสิ้นสุดลง ซึ่งต้องพิจารณาว่าในระหว่างการรอดคอยนั้นสามารถให้ Cobot ทำงานอื่นไปก่อนได้หรือไม่
- เมื่อต้องการชี้ให้เห็นจุดที่ควรปรับปรุงผลผลิตภาพ ในรอบการทำงาน 1 รอบ ประสิทธิภาพการทำงานของ Cobot จะคงที่ และจะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อรอบการทำงานสิ้นสุดลงหรือมีการปรับเปลี่ยนใดๆ ซึ่งความแตกต่างระหว่างรอบการทำงานในแต่ละรอบจะชี้ให้เห็นโอกาสในการปรับปรุง Robotic Cell



ตัวอย่างที่ 5: *Wait Time*

Wait Time เป็นผลรวมของระยะเวลาที่ Cobot รอดคอยในขณะที่ยังทำงานตามโปรแกรมอยู่และไม่ได้สร้างคุณค่าให้กับธุรกิจ ซึ่งการรอดคอยนี้จะส่งผลถึงตัววัดประสิทธิภาพการทำงานด้วย โดยอาจจะมีสาเหตุจากการรอดคอยกระบวนการอื่น ให้ดำเนินการแล้วเสร็จก่อนโดยทั่วไป การรอดคอยในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมจะเป็น Non-value-added Operation ซึ่งในการปรับปรุงผลผลิตภาพเราจะต้องลดระยะเวลารอดคอยที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับธุรกิจ แต่สำหรับ Cobot อาจจะไม่เสมอไป การรอดคอยของ Cobot มีนิยามที่เฉพาะเจาะจง โดยจะหมายถึงเวลาที่ Cobot เดินโปรแกรมเพื่อรอสัญญาณจากภายนอก เช่น

- Sensor Signals เมื่อดังสัญญาณตรวจจับวัตถุ Cobot จะรอจนกว่าวัตถุปรากฏแขนกลถึงจะค่อยเคลื่อนไปจับวัตถุนั้น
- Communication Messages เมื่อ Cobot ต้องทำงานร่วมกับเครื่องจักรตัวอื่น เช่น เครื่อง CNC ทำให้ Cobot อาจจะต้องรอ Messages จากผู้ควบคุมก่อน
- Human Input เมื่อผู้ควบคุม Cobot ตั้งโปรแกรมให้รอดคอยเพื่อรอข้อมูลยืนยันในการทำขั้นตอนต่อไป

นอกจากนี้ ยังมีการรอดคอยอื่นๆ เช่น การลดความเร็ว การหยุดทำงานเนื่องจากชำรุดเสียหาย สัญญาณเครือข่ายหลุด เป็นต้น ซึ่งประเด็นเหล่านี้จะต้องถูกนำมาพิจารณาด้วย

การใช้ตัววัดสำหรับ **Cobot** ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เมื่อเข้าใจการวัดผลผลิตภาพการทำงานของ Cobot แล้ว ประเด็นสำคัญต่อมาคือ เราจะใช้ตัววัดสำหรับ Cobot หรือ Cobot-specific KPIs นี้ให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กรของเราได้อย่างไร ซึ่งหลักการใช้ Cobot-specific KPIs อย่างมีประสิทธิภาพประกอบด้วย

- ปรับ Cobot-specific KPIs ให้สอดคล้องและไปในทิศทางเดียวกับเป้าหมายขององค์กร ต้องชี้ให้เห็นว่า Cobot จะช่วยทำให้เราเข้าใกล้ผลลัพธ์ที่ต้องการได้อย่างไร เช่น Cobot ดึงดูดลูกค้า เพิ่มกำลังการผลิต หรือปรับปรุงคุณภาพได้อย่างไร
- แสดงให้เห็นว่า Cobot มีความสำคัญในการบรรลุเป้าหมายการดำเนินธุรกิจขององค์กร เช่น หากระยะเวลาในการเข้าสู่ตลาดของสินค้าเป็นปัจจัยแห่งความสำเร็จขององค์กร ต้องแสดงให้เห็นถึงการนำ Cobot มาช่วยการย่นระยะเวลาในการผลิตได้อย่างไร
- ใช้ KPIs ในการปรับปรุงการทำงานของ Cobot ในกรณีที่เป็น Robotic Cell เป็นคอขวดในกระบวนการผลิต โดยสังเกตสัญญาณที่แสดงว่า Robotic Cell เริ่มติดขัด อาทิเช่น มีงานค้างที่ขั้นตอนก่อนเข้า Robotic Cell หรือ Cobot ใช้เวลาใน 1 รอบการทำงานนานขึ้น/มีรอบการทำงานที่ทำงานเสร็จสิ้นลดลง หรือ Cobot มีอัตราการใช้ให้เกิดประโยชน์เต็มกำลัง (Full Utilization) แต่ยังไม่บรรลุเป้าหมายด้านปริมาณงาน รวมถึงระยะเวลาการรอคอยของ Cobot นานเกินไป
- ใช้ KPIs ในการจัดการกับปัญหา การติดตามและเปรียบเทียบ KPIs ระหว่างช่วงเวลาที่แตกต่างกันจะสามารถวิเคราะห์ความผิดปกติและจัดการได้อย่างทันที่ ด้วยการพยายามมองหา KPIs ที่แสดงค่าต่ำกว่าที่คาดการณ์ไว้หรือต่ำกว่าที่ควรจะเป็น โดยต้องนำผล KPIs ที่ต่ำและไม่สามารถอธิบายเหตุได้ง่าย มาวิเคราะห์ถึงสาเหตุซึ่งอาจเป็นสาเหตุทั่วไปที่คาดไม่ถึง เราต้องพยายามค้นหาว่าอะไรคือสาเหตุของการรอคอยที่นานหรือทำให้มีค่าประสิทธิภาพต่ำ และจะมีแนวทางอย่างไรในการปรับปรุง Cobot ให้มีอัตราการใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- ตรวจสอบหาความจริงและแก้ไขสาเหตุของความล่าช้าและใช้ KPIs ติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
- ทำซ้ำเพื่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เมื่อเรามีการปรับปรุง Cobot ตัวแรก เราจะสามารถไปกับ Cobot ในทีมอื่นได้อย่างไร โดยต้องมั่นใจว่าได้ติดตาม KPIs ตัวเดียวกันและวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างช่วงเวลา ทีมงาน และประเภทของงาน เพื่อหาโอกาสในการปรับปรุงต่อไป ■

“



วลีอมตะของคุณ Peter Drucker ที่กล่าวว่า

“if you can't measure it, you can't improve it”

ยังใช้ได้ในทุกกาลสมัย โดยเฉพาะเมื่อผนวกกับแนวคิดหลักของผลผลิตภาพ Cobot

เพื่อนร่วมงานใหม่ของเรา ก็ควร *“ทำวันนี้พรุ่งนี้ให้ดีกว่าวันนี้”*

เช่นเดียวกับพนักงานคนอื่นๆ แม้องค์กรจะจ่ายค่าตอบแทน

ให้แก่ Cobot ในรูปของ Maintenance Cost แทนเงินเดือนก็ตาม

”