

MSE40

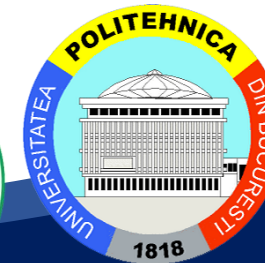
Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



# โรงงานดิจิทัล โรงงานระบบดิจิทัล

โมดูล III: การวิเคราะห์จากโรงงานดิจิทัล: จากการวิเคราะห์ไปสู่วิธีการปรับปรุงโรงงาน

ศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร เก่งพล



Curriculum Development  
of Master's Degree Program in  
Industrial Engineering for Thailand Sustainable Smart Industry

เสนอแพลตฟอร์มโรงงานดิจิทัลของโรงงานกรณีศึกษา ในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงจาก  
สิ่งที่ได้เรียนรู้ (การออกแบบ, โมดูล III)

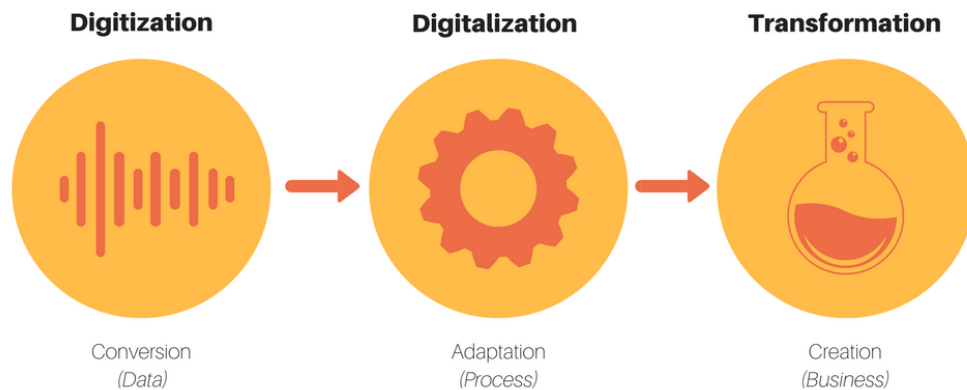
- แนะนำโรงงานดิจิทัล (Digital Factory)
- โรงงานระบบดิจิทัล (Factory digitalization)
- สถาปัตยกรรมของ Digital Twin  
สำหรับการผลิตแบบดิจิทัล
- หุ่นยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Robots)
- การผลิตแบบเติมแต่ง (Addition Manufacturing)
- ความเป็นจริงเสมือนและความเป็นจริงเสริม  
(Virtual Reality and Augmented Reality)
- Internet of Things and Cyber-Physical Systems
- Big Data
- Cloud Computing
- การจำลองการทำงาน (Simulation)
- แผนผังการไหลของข้อมูล (Data flow diagram: DFD)
- ภาพรวมโรงงานดิจิทัล
- การผลิตแบบดิจิทัล (Digital Manufacturing)
- วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (PLM and Digital Mockup)
- Digital Mock-up: DMU
- การสร้างโรงงานดิจิทัล
- กรณีศึกษาเกี่ยวกับการผลิตเสมือนจริง
- การเปลี่ยนแปลงสู่ดิจิทัล (Digital Transformation)
- กรณีศึกษาในอุตสาหกรรม
- ข้อดีของโรงงานดิจิทัล

โรงงานดิจิทัล ประกอบด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลมากมาย เช่น IoT (Internet of Things) หุ่นยนต์ และปัญญาประดิษฐ์ และความสามารถในการวิเคราะห์ผ่าน Big Data เทคโนโลยีเหล่านี้เป็นเสาหลักของ Industry 4.0 ซึ่งรวมเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดรูปแบบอุตสาหกรรมใหม่ อุตสาหกรรมจะต้องติดตั้งซอฟต์แวร์และมีการเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ข้อกำหนดเหล่านี้คือการทำให้เป็น โรงงานดิจิทัล



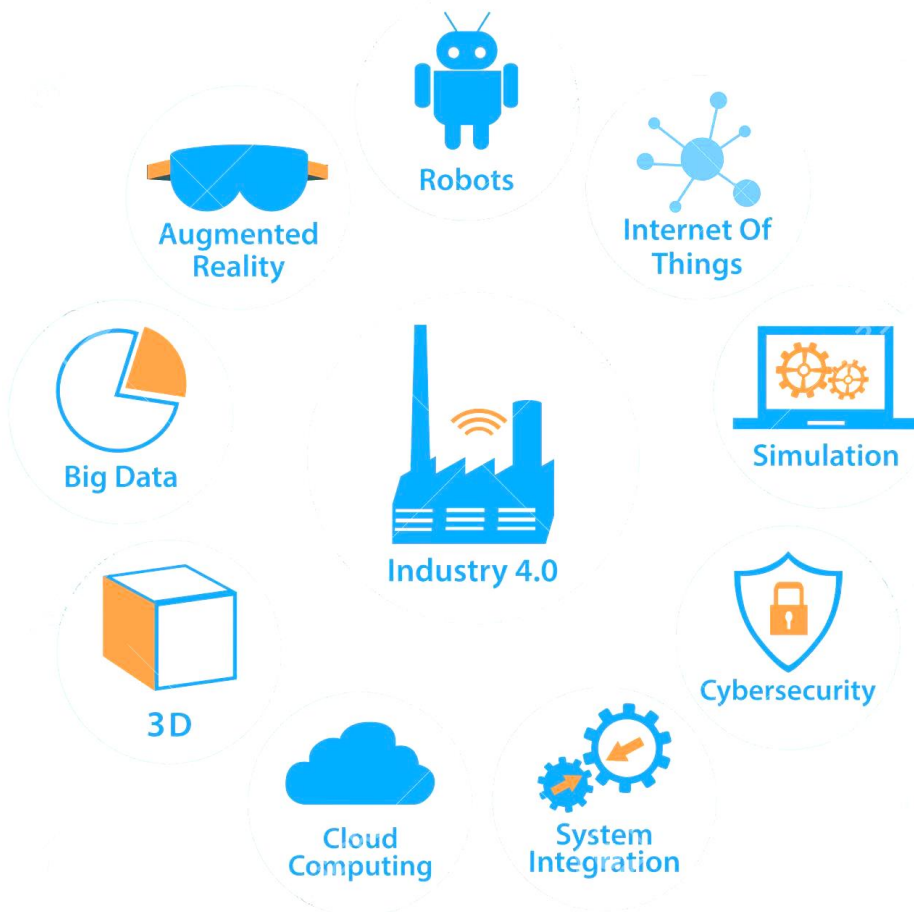
# แนะนำโรงงานดิจิทัล

ความแตกต่างระหว่างคำเหล่านี้:



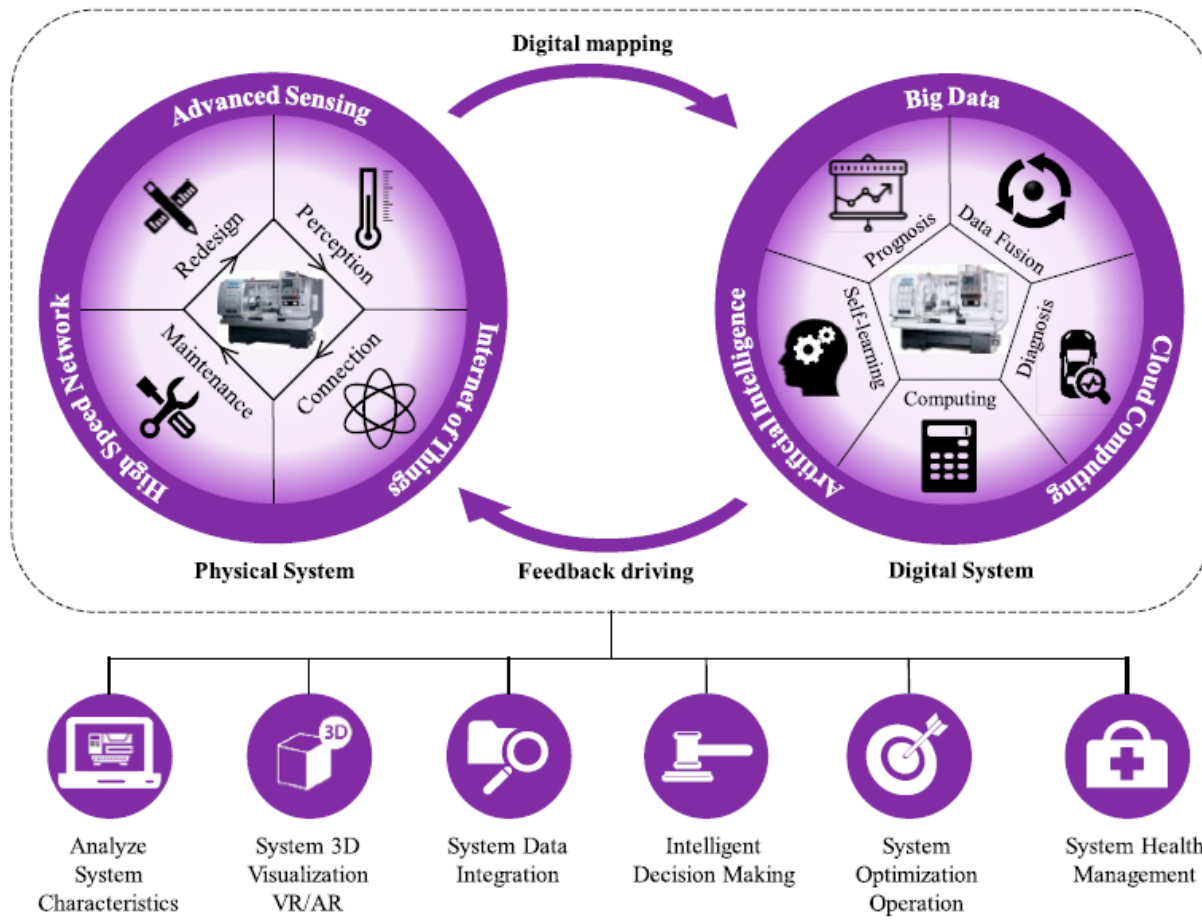
- ❑ **Digitization** เป็นแปลงจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล  
อะตอมกลายเป็นบิต (เช่น การแปลงข้อมูลเป็นดิจิทัล)
- ❑ **Digitalization** เป็นกระบวนการของการใช้เทคโนโลยี  
ดิจิทัลและผลกระทบที่มีต่อการดำเนินธุรกิจ
- ❑ **Digital transformation** เป็นแนวทางแรกที  
ครอบคลุมทุกด้านของธุรกิจไม่ว่าจะเกี่ยวข้องกับธุรกิจ  
ดิจิทัลหรือไม่ก็ตาม นำไปสู่การสร้างตลาดและธุรกิจใหม่  
ทั้งหมด

Industry 4.0 ขึ้นอยู่กับชุดของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีดังต่อไปนี้:



- ❑ **Autonomous Robots:** สิ่งสำคัญของ Industry 4.0 คือวิธีการผลิตแบบอัตโนมัติที่ขับเคลื่อนโดยหุ่นยนต์ที่สามารถทำงานได้อย่างชาญฉลาด ให้ความสำคัญกับความปลอดภัย ความยืดหยุ่น ความสามารถรอบตัวและการทำงานร่วมกัน
- ❑ **Addition Manufacturing:** การใช้เครื่องพิมพ์ 3D ในการผลิตสามารถใช้ในการผลิตชุดเล็กและการผลิตแบบกำหนดเอง ซึ่งจะให้ประโยชน์สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อนและสะดวกกว่า
- ❑ **The Internet of Things (IoT):** ประกอบไปด้วยการติดตั้งอุปกรณ์คอมพิวเตอร์แบบบูรณาการที่แตกต่างกันและเชื่อมต่อเข้าด้วยกันทำให้พวกเขาสามารถสื่อสารและโต้ตอบได้ทั้งสองระบบกับระบบอื่น ๆ

## สถาปัตยกรรมของ Digital Twin สำหรับการผลิตแบบดิจิทัล



Digital twin เป็นรูปแบบเสมือนจริงของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์หรือการบริการ การจับคู่ของโลกเสมือนจริงและทางกายภาพ ช่วยให้วิเคราะห์ข้อมูลและการตรวจสอบระบบเพื่อป้องกันปัญหาก่อนที่เกิดขึ้น ป้องกันการหยุดทำงาน พัฒนาโอกาสใหม่ และวางแผนสำหรับอนาคตโดยใช้แบบจำลอง

- วัสดุสามารถเคลื่อนย้ายข้ามพื้นโรงงานผ่านหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบอิสระ (autonomous mobile robots: AMR), หลีกเลียงอุปสรรค, การประสานงานกับเพื่อนร่วมทีม และระบุตำแหน่งที่จำเป็นต้องมีรถบรรทุกและ drop-offs ในแบบเรียลไทม์
- ด้วยการเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์กลางฐานข้อมูลของหุ่นยนต์สามารถประสานงานและทำงานอัตโนมัติได้มากขึ้นกว่าเดิม

### Autonomous Mobile Robots (AMRs) in Action





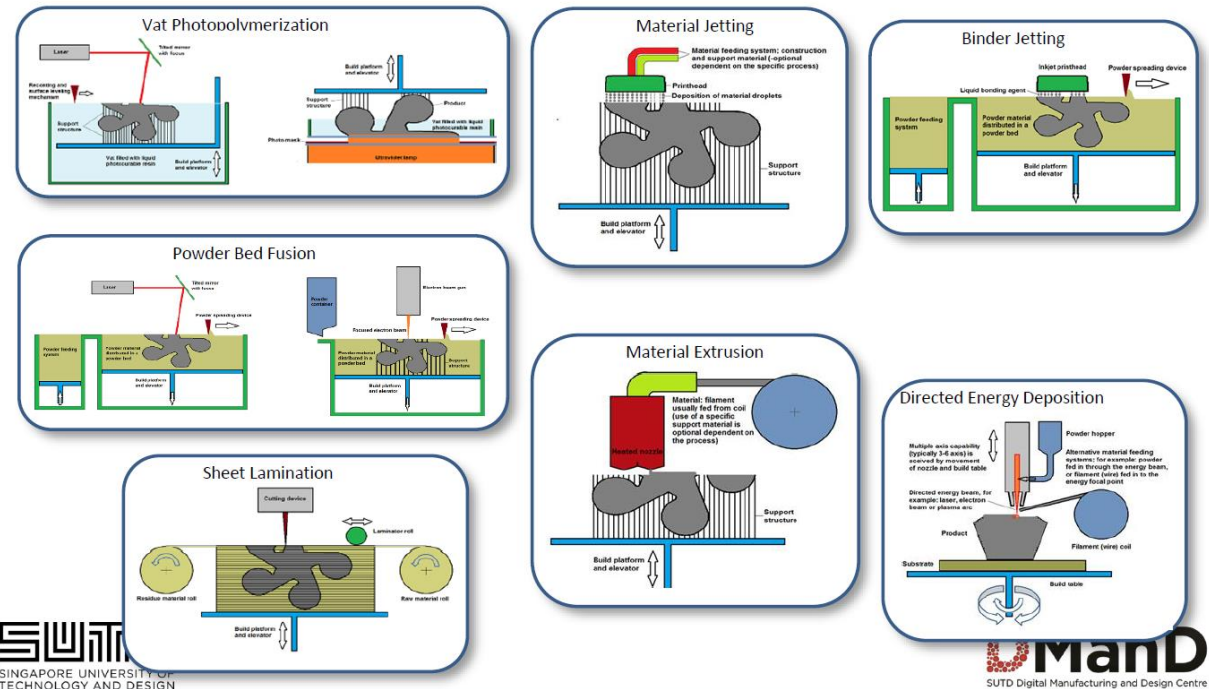
## การผลิตแบบเติมแต่ง

การผลิตแบบเติมแต่ง (Additive Manufacturing: AM) หมายถึง กระบวนการที่ใช้ข้อมูลการออกแบบดิจิทัล 3D เพื่อสร้างส่วนประกอบในเลเยอร์โดยการฝากวัสดุ

### คุณลักษณะ AM

- รูปทรงที่ซับซ้อนมีประสิทธิภาพมากขึ้นรวมเข้าด้วยกันดีขึ้น
- รูปทรงเรขาคณิตที่กำหนดเอง
- การรวมชิ้นส่วนแทนที่ชิ้นส่วนหลายชิ้นด้วยชิ้นเดียว
- วัสดุมีหลากหลายฟังก์ชัน
- ใช้เครื่องมือในกระบวนการผลิตน้อยลง
- การใช้วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ
- ใช้พลังงานน้อยลงในระหว่างการประมวลผล ร่องรอยคาร์บอนขนาดเล็ก (ปริมาณการผลิตต่ำ)

### AM Process Categories



# Virtual Reality and Augmented Reality

- ในการผลิตและการออกแบบผลิตภัณฑ์ **Virtual Reality (VR)** จำลองผลิตภัณฑ์หรือสภาพแวดล้อมแบบดิจิทัลซึ่งผู้ใช้สามารถโต้ตอบและสัมผัสได้
- ด้วยเทคโนโลยี **Augmented Reality (AR)** ผลิตภัณฑ์หรือข้อมูลดิจิทัลจะถูกฉายลงบนโลกแห่งความเป็นจริงมากกว่าการจำลองด้วยระบบดิจิทัลเช่น VR

ศักยภาพของ AR และ VR

- ผลิตได้เร็ว
- เพิ่มความปลอดภัย
- การบำรุงรักษาและการฝึกอบรม

## Virtual Reality Training for Operators by Linde

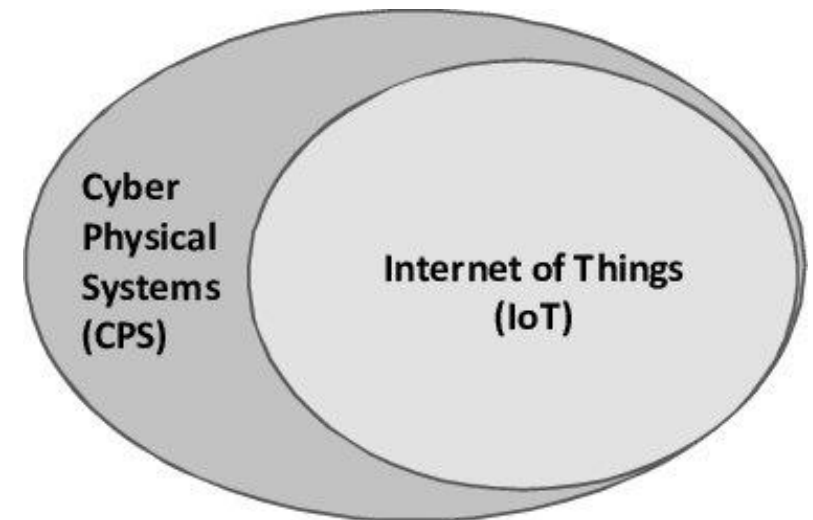


# Internet of Things and Cyber-Physical Systems

- ❑ Cyber-physical systems (CPS) เป็นแนวคิดที่รวมระบบขับเคลื่อนคอมพิวเตอร์ทั้งหมดเข้าด้วยกันอย่างใกล้ชิดกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ
- ❑ Internet-of-things (IoT) คือการรวมกันของอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ให้กลไกการเชื่อมต่อสากลระหว่างโลกทางกายภาพและดิจิทัล

เป้าหมายสำคัญของระบบ CPS / IoT Ecosystems คือ:

- ประเมินการเปิดใช้งานเทคโนโลยีล้ำสมัยสำหรับ CPS / IoT
- สร้างแพลตฟอร์มสาธิตอุตสาหกรรมและการศึกษา
- พัฒนาแอปพลิเคชันที่ชาญฉลาดสำหรับการสร้างการเคลื่อนไหว, การเกษตรกรรม, การผลิต



ความสัมพันธ์ระหว่าง CPS และ IoT

**Big Data** ข้อมูลขนาดใหญ่ในระบบการผลิตอัจฉริยะเป็นข้อมูลจำนวนมาก (สร้างขึ้นอย่างต่อเนื่อง) ที่ผลิตโดยเครื่องจักร เช่น เซอร์โบริบข้าง (อุณหภูมิ การสั่นสะเทือน ความชื้น ฯลฯ) ตัวควบคุมระบบ (การผลิต) ฯลฯ มีให้เลือกมากมายเช่น ในรูปแบบของสัญญาณ / ข้อมูลสตรีมไฟล์บันทึกข้อมูลหลักข้อมูลผู้ใช้ที่ป้อนด้วยตนเอง ฯลฯ

- สามารถพัฒนา CPS เพิ่มเติมเพื่อจัดการข้อมูลขนาดใหญ่และใช้ประโยชน์จากการเชื่อมต่อระหว่างกันของเครื่องจักร เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของเครื่องจักรที่ยืดหยุ่น, ฉลาดและปรับตัวเองได้
- การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับระบบการผลิตทางกายภาพ - ไซเบอร์ (CPPS) จะเข้าถึงการออกแบบการผลิตการบำรุงรักษาการใช้งานและการนำกลับมาใช้ใหม่ เมื่อผู้คนพยายามจัดการกับข้อมูลและปัญหาประเภทใหม่



# Cloud Computing

**Cloud Computing** เป็นการให้บริการการประมวลผลรวมถึงเซิร์ฟเวอร์ที่เก็บข้อมูลฐานข้อมูลระบบเครือข่ายซอฟต์แวร์การวิเคราะห์และความฉลาดทางอินเทอร์เน็ต (“ คลาวด์”)

**The Cloud** เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้สามารถพัฒนาการผลิตที่เป็นนวัตกรรมมีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยใช้ประโยชน์จากเซ็นเซอร์, ปัญญาประดิษฐ์และหุ่นยนต์

**Cloud Manufacturing** ประกอบด้วยเทคโนโลยีที่สำคัญหลายอย่าง เช่น อุตสาหกรรม IoT (IIoT), ระบบไซเบอร์ - กายภาพ (CPS), โซลูชันการจัดการข้อมูลการผลิต รวมถึงหลักสูตรคลาวด์เพื่อเปิดใช้งานการผลิตรูปแบบใหม่



# แผนผังการไหลของข้อมูล

แผนภาพการไหลของข้อมูล (Data flow diagram: DFD) คือการแสดงขอบเขตและขอบเขตของระบบ โดยรวม อาจใช้เป็นเครื่องมือสื่อสารระหว่างนักวิเคราะห์ระบบและบุคคลที่มีส่วนร่วมในระบบที่ทำหน้าที่เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการออกแบบระบบใหม่

- การมี Data Flow Diagram ผู้ใช้สามารถเห็นภาพว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างไร สิ่งที่สามารถทำได้ และวิธีการนำไปใช้งานจริง
- แผนภาพการไหลของข้อมูลสามารถใช้เพื่อให้ผู้ใช้มีความคิดทางกายภาพว่าข้อมูลของพวกเขาส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของระบบโดยรวมหรือไม่

เราจะทราบได้อย่างไรว่าแผน  
ปรับปรุงระบบสามารถ  
ดำเนินการได้หรือไม่?



จำลองการทำงาน  
“Simulation”

## วิธีการเขียน Data Flow Diagram



- ❑ การจำลอง (Simulation) เทคโนโลยีที่ใช้การจำลองเป็นพื้นฐานของโซลูชันการผลิตแบบดิจิทัล เนื่องจากทำการทดลองและตรวจสอบความถูกต้องของผลิตภัณฑ์กระบวนการและการกำหนดค่าระบบการผลิตที่แตกต่างกัน
- เพื่อตรวจสอบความซับซ้อนของระบบและวิธีการที่เปลี่ยนแปลงในการกำหนดค่าระบบ อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบหรือองค์กร



DIGITAL FACTORY SIMULATION (DMWORKS)

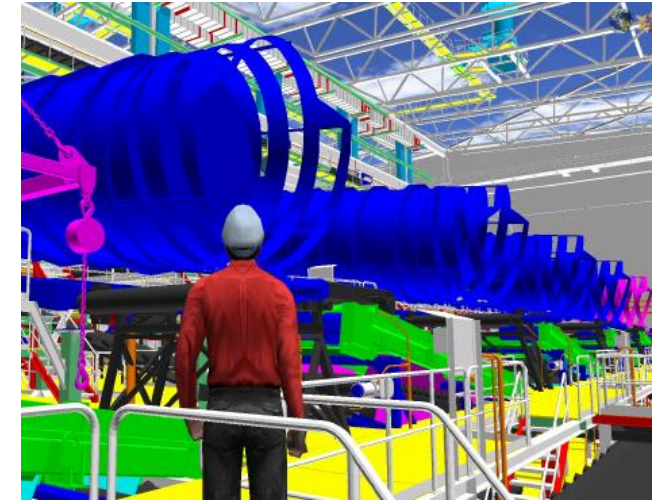
## ภาพรวมโรงงานดิจิทัล

- ❑ **Factory digitalization** จะให้ภาพเสมือนจริงของการผลิตจริง แสดงถึงสภาพแวดล้อมที่รวมเข้ากับคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งในความเป็นจริงจะถูกแทนที่ด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์เสมือน โซลูชันเสมือนดังกล่าวช่วยให้สามารถตรวจสอบสถานการณ์ความขัดแย้งทั้งหมดก่อนการใช้งานจริงและออกแบบโซลูชันที่ปรับให้เหมาะสม
- ❑ **Factory digitalization** รองรับการวางแผน, การวิเคราะห์, การจำลองและการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อนและสร้างเงื่อนไขและต้องทำงานร่วมกัน โซลูชันดังกล่าวช่วยให้สามารถตอบรับได้อย่างรวดเร็วในหมู่ผู้ออกแบบนักเทคโนโลยีนักออกแบบระบบการผลิต Digital Factory หมายถึง การรวมระหว่างระบบ CAD และโซลูชัน ERP

*“หนึ่งในคุณสมบัติที่สำคัญมากของการทำให้เป็นโรงงานดิจิทัลคือวิสัยทัศน์ที่จะตระหนักถึงการวางแผนกระบวนการและการพัฒนาผลิตภัณฑ์พร้อมการใช้ประโยชน์ข้อมูลร่วมกันอย่างขนาน”*



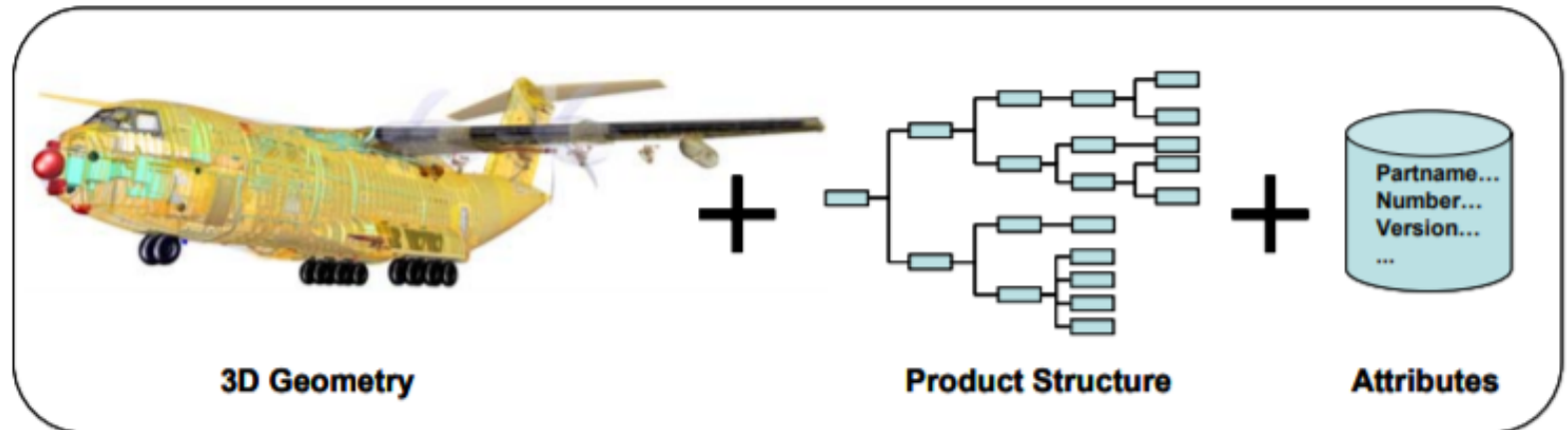
- ❑ การผลิตแบบดิจิทัล (Digital manufacturing) เป็นวิธีการที่ใช้ระบบแบบรวมและใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างคำจำกัดความของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตพร้อมกัน ระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ประกอบด้วยการวิเคราะห์การจำลองการสร้างภาพสามมิติ (3D) และแนวทางและเครื่องมือการทำงานร่วมกันที่หลากหลาย
- ❑ ระบบโรงงานดิจิทัลใช้โมเดล 3 มิติของวัตถุจริง โมเดลผลิตภัณฑ์ 3D แบบดิจิทัล (DMU - Digital Mock Up) สร้างวัตถุพื้นฐานสำหรับงานในสภาพแวดล้อมการผลิตดิจิทัล (Gregor et al. 2007)
- ปัจจุบันมีการสร้างแบบจำลอง 3 มิติที่ซับซ้อนที่เรียกว่า "FMU (Factory Mock Up)"



# Digital Mock-up: DMU

- ❑ Digital Mock up: DMU DMU เป็นกระบวนการสร้างและใช้การแสดงผลภาพ 3 มิติบนคอมพิวเตอร์โดยใช้ผลิตภัณฑ์ - จำลองเพื่อทดสอบการคาดการณ์การทำงานและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในโลกแห่งความเป็นจริง
- มีความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์กระบวนการและระบบการผลิตแม้ในขั้นตอนการพัฒนาด้วยการใช้การสร้างภาพสามมิติและเทคนิคการสร้างแบบจำลอง

“Digital Mock-up (DMU) เป็นการแสดงผลภาพสามมิติแบบดิจิทัลของผลิตภัณฑ์พร้อมกับโครงสร้างผลิตภัณฑ์และคุณสมบัติของมัน”



หุ่นจำลองเครื่องบินขนส่งทางทหาร

## Digital Mockup and Virtual/Augmented Reality

โซลูชันสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลช่วยให้ผู้ใช้สามารถดำเนินการศึกษารูปแบบการทำงานและความเหมาะสม รวมถึงการทบทวนการออกแบบโดยการสัมผัสในโลกเสมือนจริงดิจิทัลของผลิตภัณฑ์เพื่อดูและวิเคราะห์แบบจำลอง 3 มิติในระดับที่เหมาะสม



## Virtual and augmented reality for industrial



## การสร้างโรงงานดิจิทัล

- คำจำกัดความของมาตรฐานทั้งหมดและหลักการผลิตสำหรับการดำเนินการวางแผนทั้งหมดการสร้างพื้นฐานและฐานข้อมูลลูกค้า
- การรวบรวมข้อมูลและองค์กรครั้งแรกด้วยการใช้ประโยชน์จากระบบการจัดการข้อมูล ผู้รับผิดชอบทุกคนสามารถเข้าถึงวันที่เพิ่มการตรวจสอบและการเปลี่ยนแปลงได้โดยตรง
- ระบบโรงงานดิจิทัลช่วยปรับปรุงการประสานงานและการประสานกระบวนการแต่ละกระบวนการตลอด “ระบบเครือข่าย” ที่รองรับโดยระบบการจัดการเวิร์กโฟลว์
- ในระยะที่สี่ระบบ Digital Factory จะดำเนินการตามปกติและตรวจสอบกิจกรรมบางอย่างโดยอัตโนมัติ ซึ่งใช้เวลานานในระบบทั่วไป ระบบที่นำมาใช้จะรับประกันคุณภาพของผลผลิตทั้งหมด

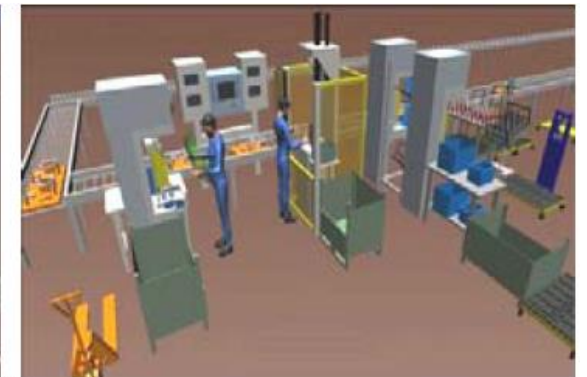
## ตัวอย่างสำหรับการผลิตเสมือนจริง

- โมเดล DMU ของกล่องเกียร์จริงได้รับการพัฒนาโดยใช้เทคโนโลยี Reverse Engineering (การสแกนด้วยเลเซอร์ 3 มิติ) ในกรอบการทำงานร่วมกับ VW Slovakia

- วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์เวลาและการปรับสมดุลสายการผลิตงานเพื่อเพิ่มจำนวนสถานที่ทำงาน
- นอกจากนี้เรายังคำนวณพื้นที่เก็บข้อมูลการทำงานระหว่างกันสำหรับวัสดุและส่วนประกอบที่ต้องการ



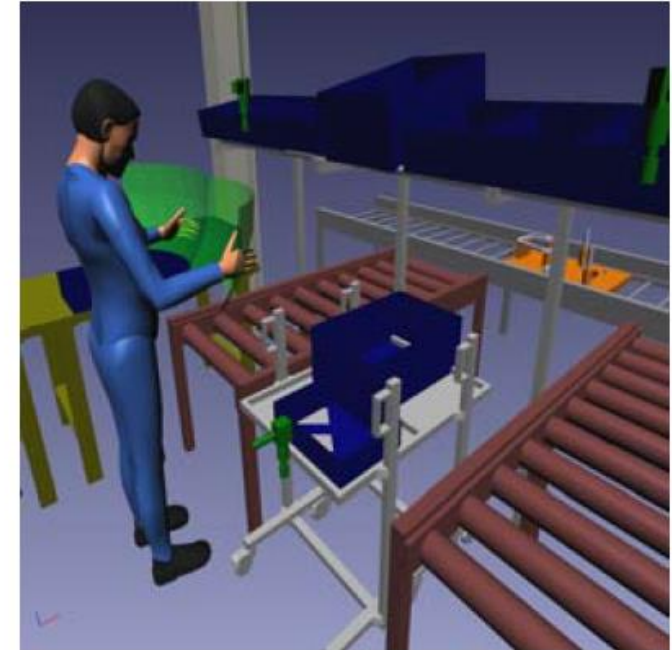
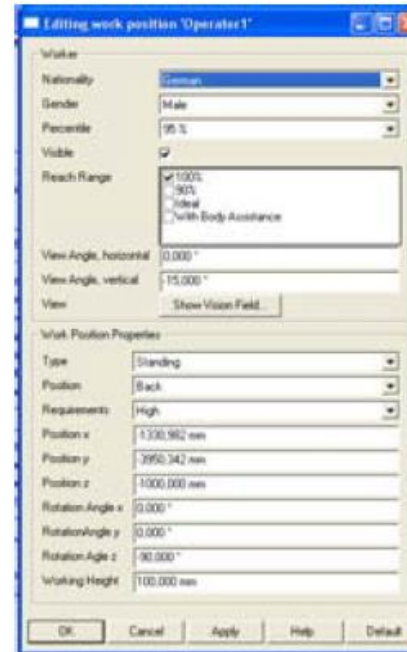
กล่องเกียร์ VW เสมือนจริง



DMUs ของสถานที่การประกอบ

- การออกแบบสถานที่ทำงานได้รับการตรวจสอบโดยเฉพาะอย่างยิ่งโดยการวิเคราะห์การยศาสตร์ในขณะที่แนวคิดเกี่ยวกับหุ่นของมนุษย์ Delmia V5
- ทำการวิเคราะห์ตามหลักสรีรศาสตร์เบื้องต้น, कैาโครงของที่ทำงาน, ตรวจสอบพื้นที่ที่เข้าถึงได้, ทักษะวิสัยของผู้ปฏิบัติงาน, ควบคุมความเครียดทางกายภาพโดยใช้การวิเคราะห์

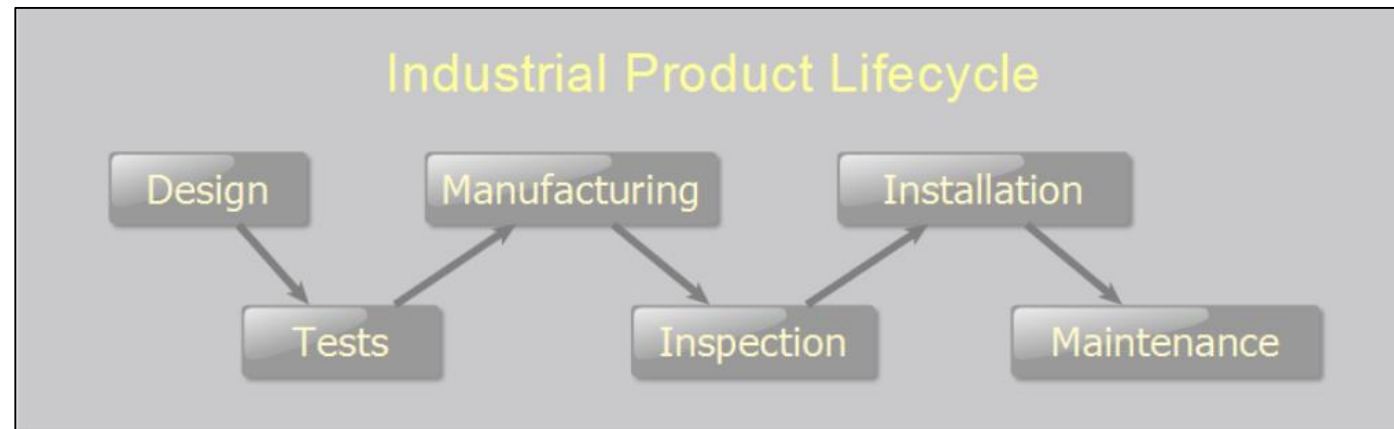
จากผลการวิจัยพบว่า สถานที่ทำงานมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อสร้างสภาพการทำงานที่ดีขึ้นและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต



การวิเคราะห์การยศาสตร์ของสถานที่ทำงานด้วยตนเอง

# สรุป Digital Mock-Up

**Digital Mock-Up (DMU)** เป็นคำที่หมายถึงคำอธิบายผลิตภัณฑ์เต็มรูปแบบมักจะเป็นแบบจำลอง 3 มิติในสภาพแวดล้อมทางวิศวกรรมและครอบคลุมวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ทั้งหมด การออกแบบ การทดสอบ การผลิต การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ การติดตั้งการบำรุงรักษาการกำจัด ฯลฯ .



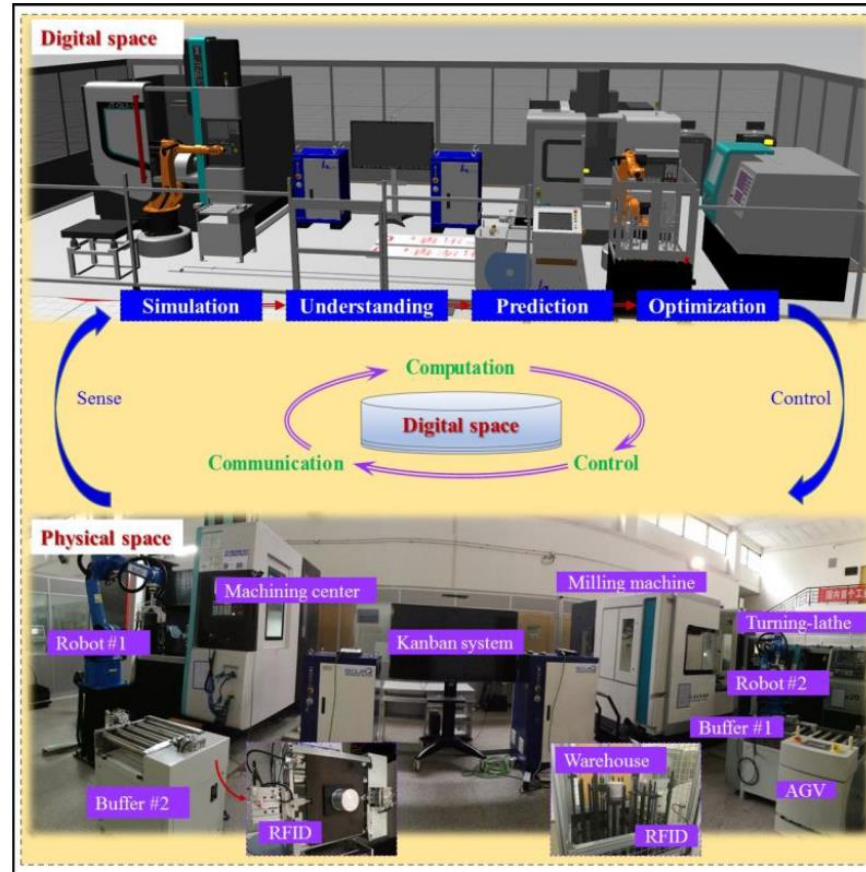
ข้อดีและประโยชน์หลักของการพัฒนากระบวนการ DMU คือ:

- ลดเวลาในการทำตลาดลงอย่างมีนัยสำคัญ
- การเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบและการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์
- การลดต้นทุนในทุกกระบวนการตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

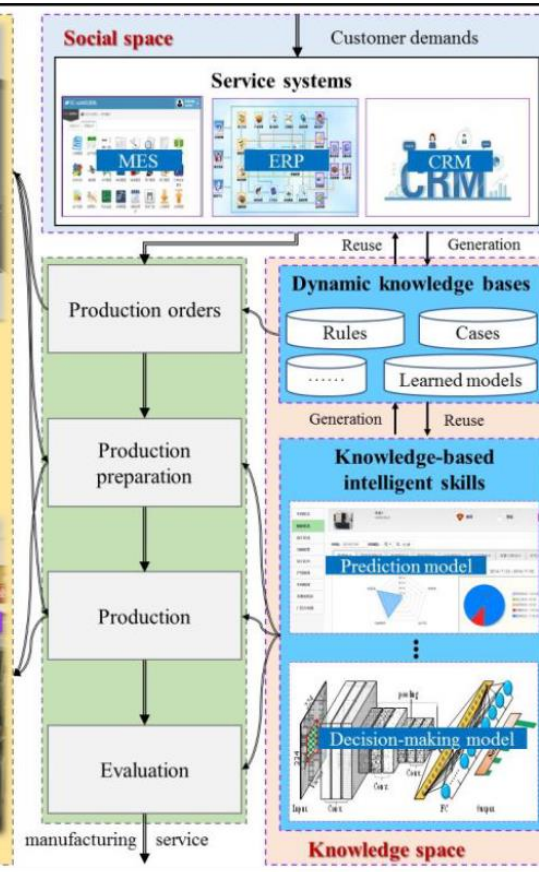
## กรณีศึกษา: เครื่องเซอร์โวแม่เหล็ก

ข้อมูลและกรอบความรู้ที่ขับเคลื่อนด้วย Digital Twin

Digital space



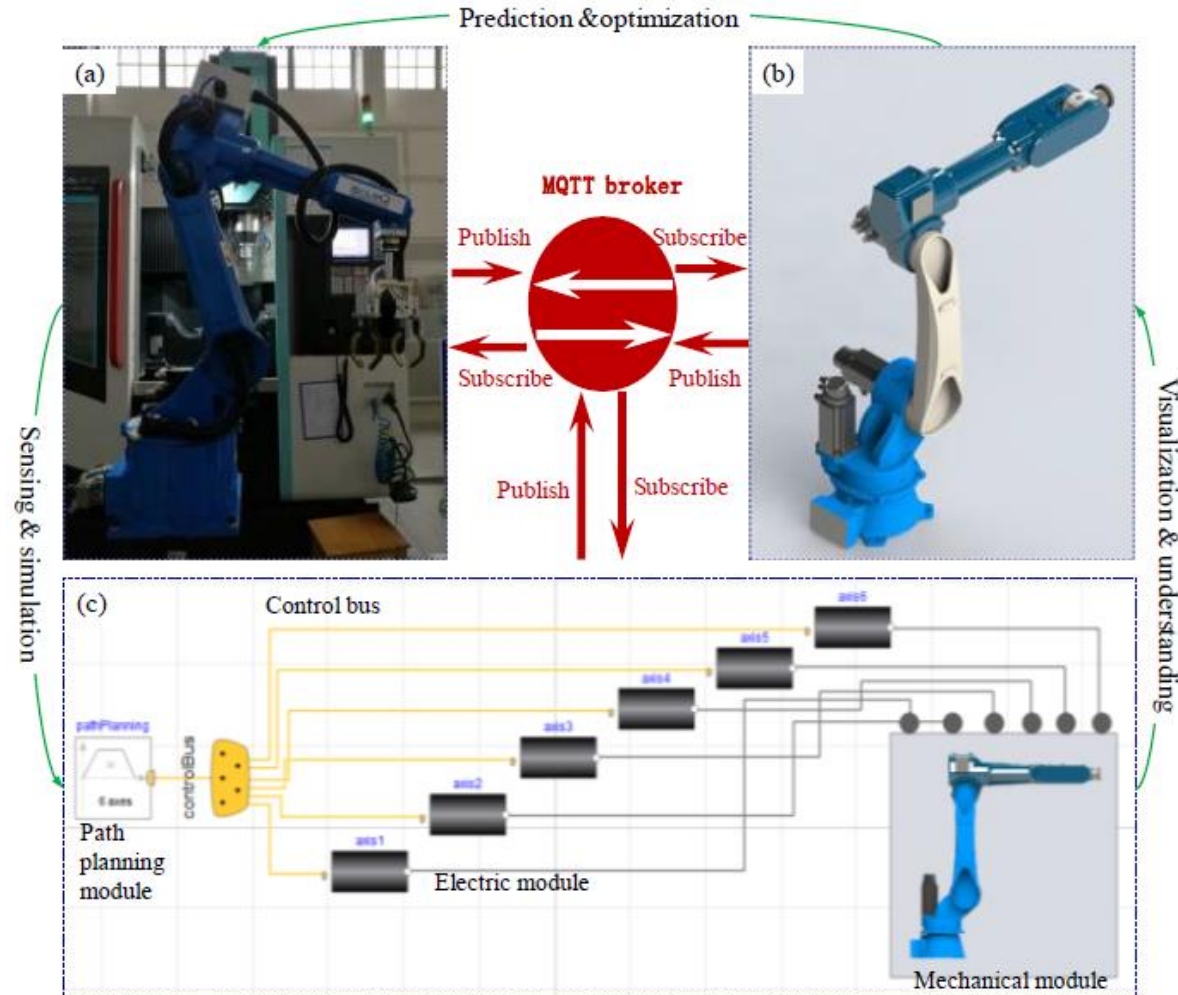
Physical space



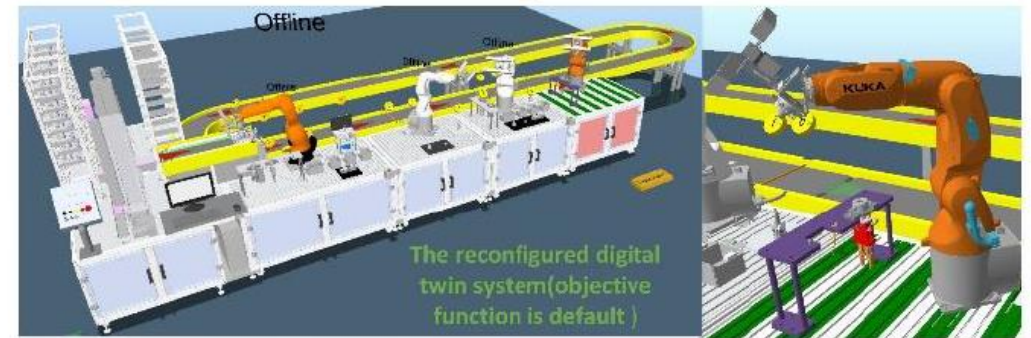
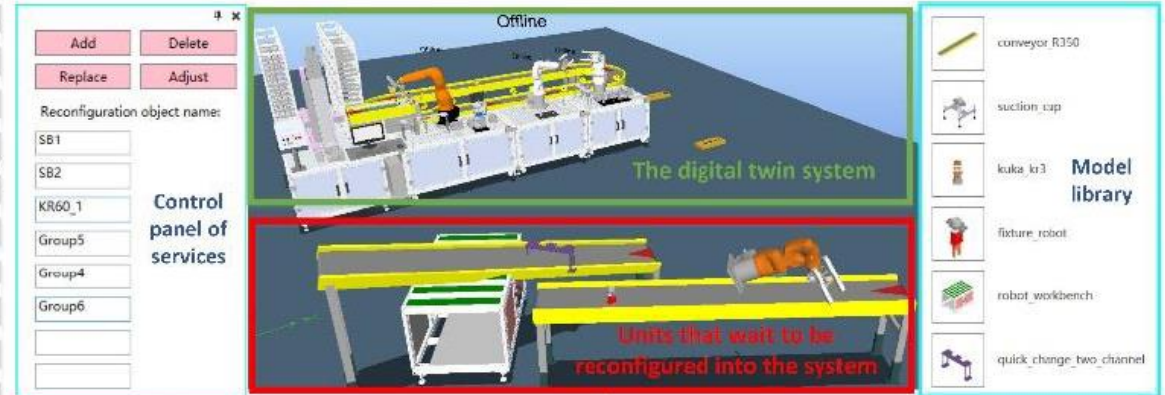
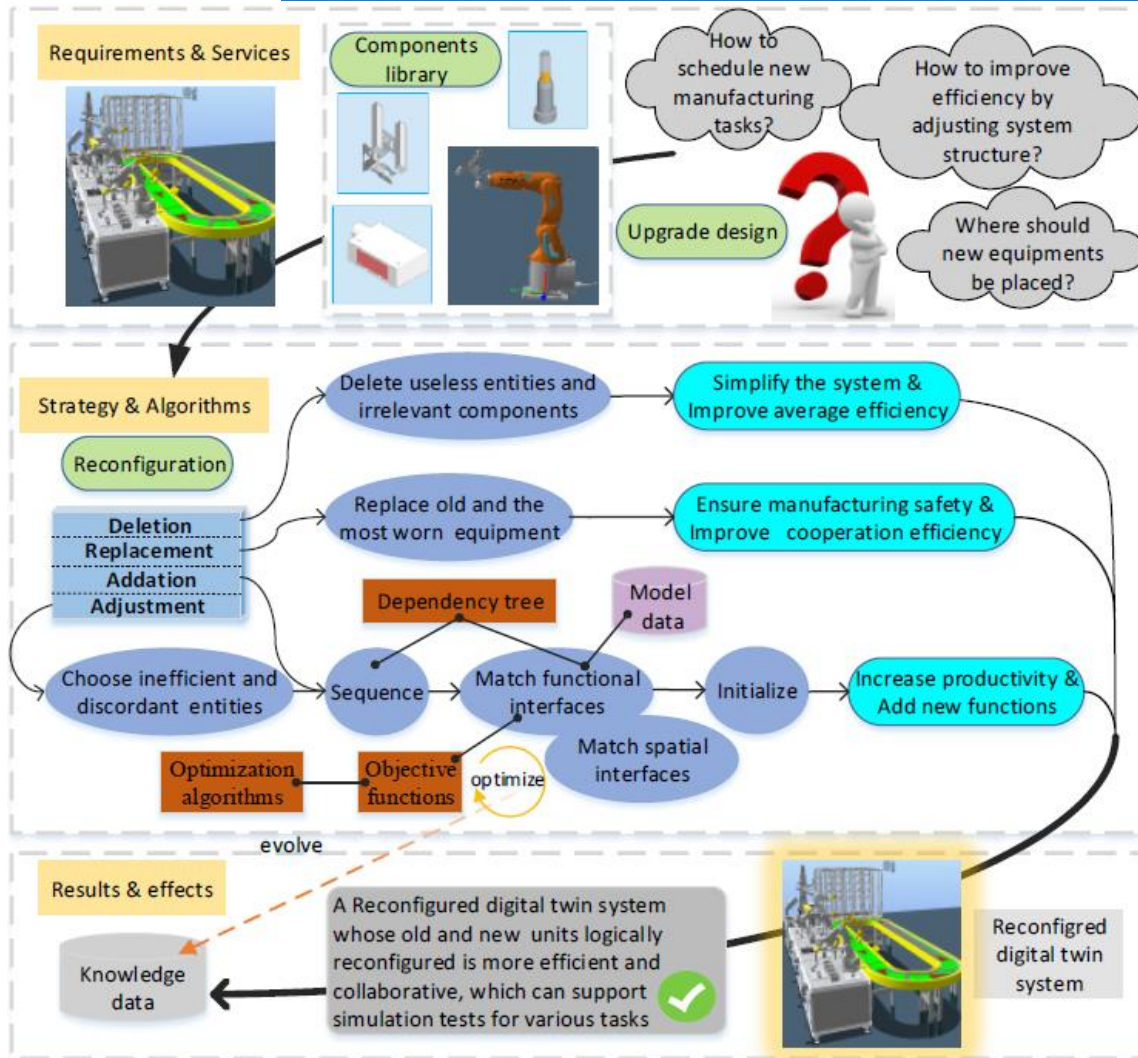


## กรณีศึกษา: เครื่องเซอร์โวแม่เหล็ก

- (a) แบบจำลองทางกายภาพ
- (b) แบบจำลองเสมือน
- (c) แบบจำลองสถานการณ์



## กรณีศึกษา: ระบบการผลิต DT (RDT) ที่ปรับแต่งใหม่



กระบวนการและผลลัพธ์ของการกำหนดค่าใหม่

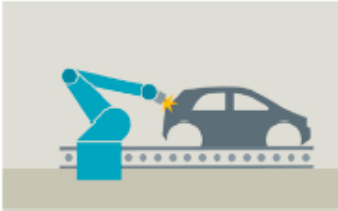


# กรณีศึกษา: การทำสีรถยนต์

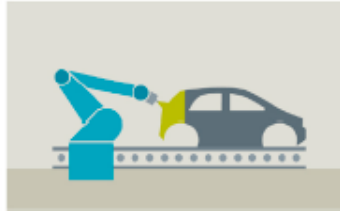
PRESS SHOP



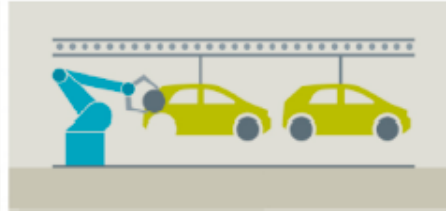
BODY SHOP



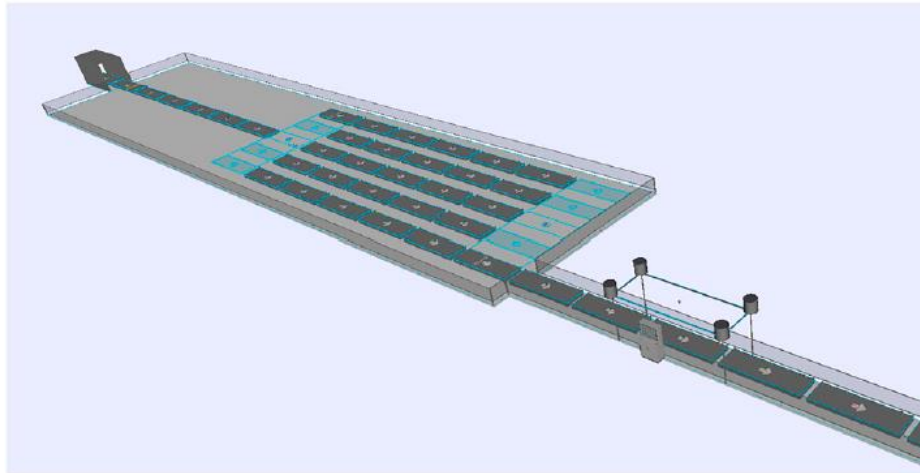
PAINT SHOP



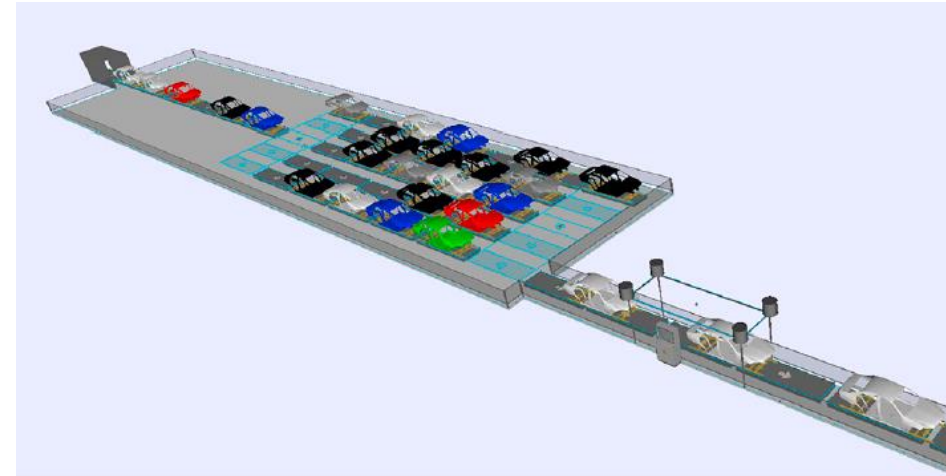
ASSEMBLY LINE



ขั้นตอนการผลิตรถยนต์

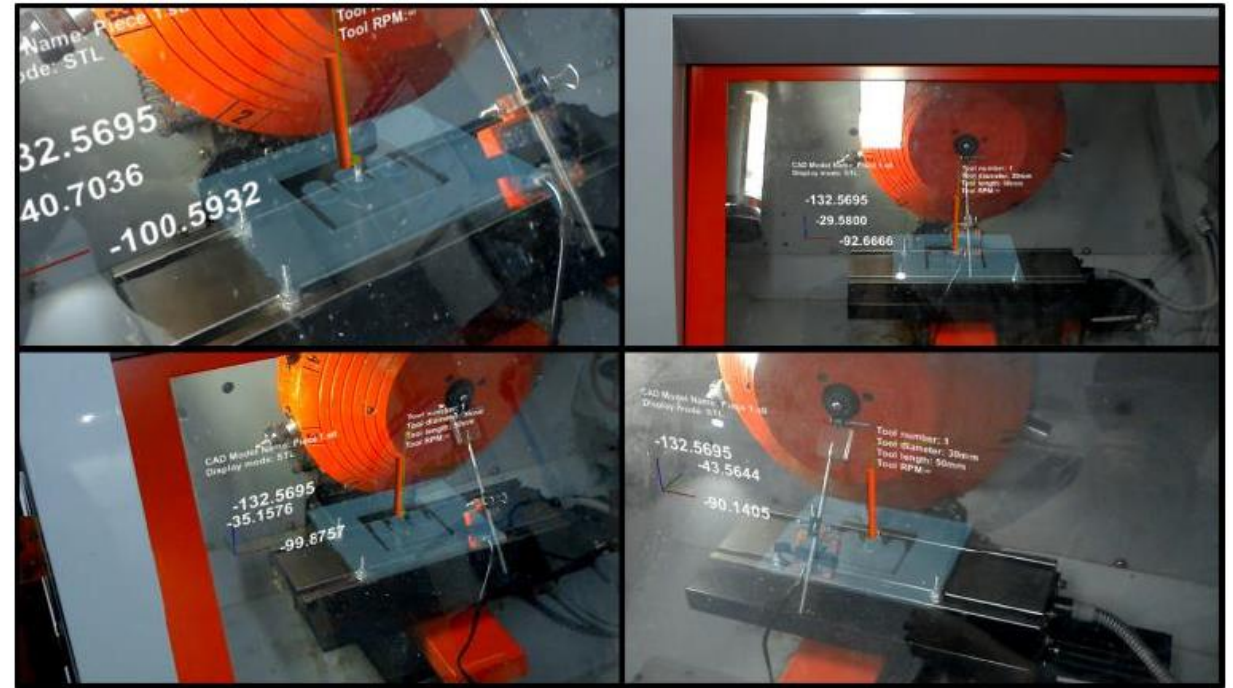
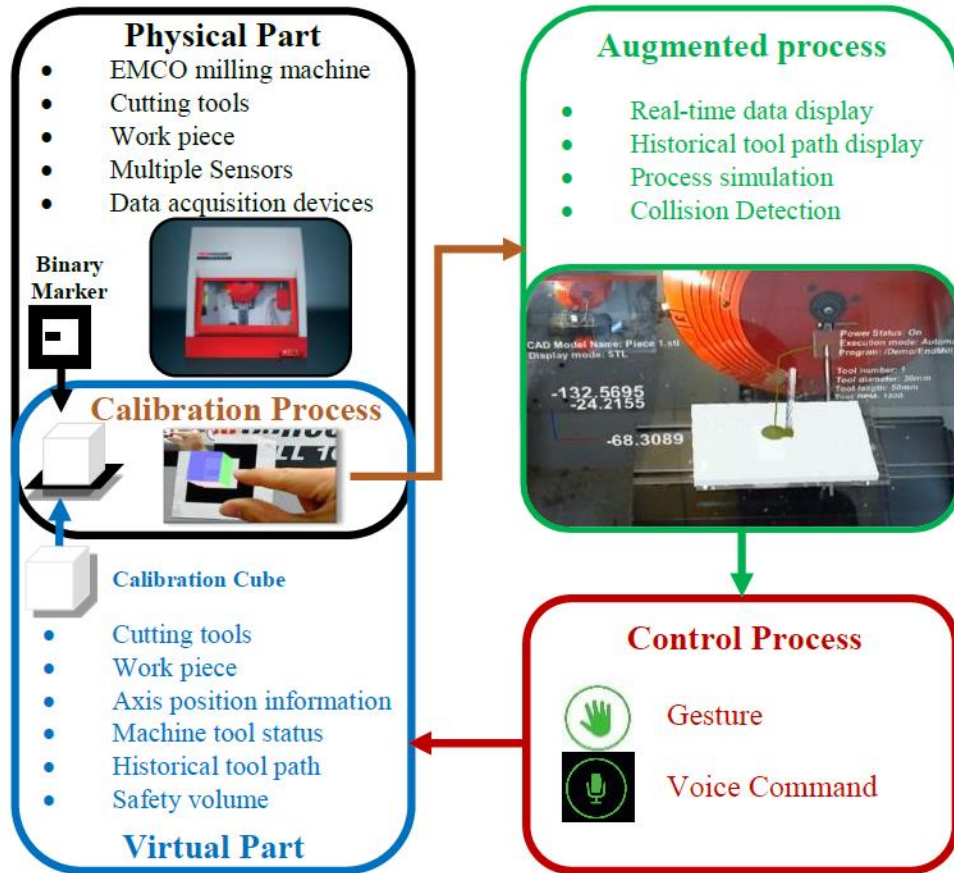


โครงสร้างของโมเดลบัพเฟอร์การทำงาน



การทดสอบการไหลผ่านของรถยนต์

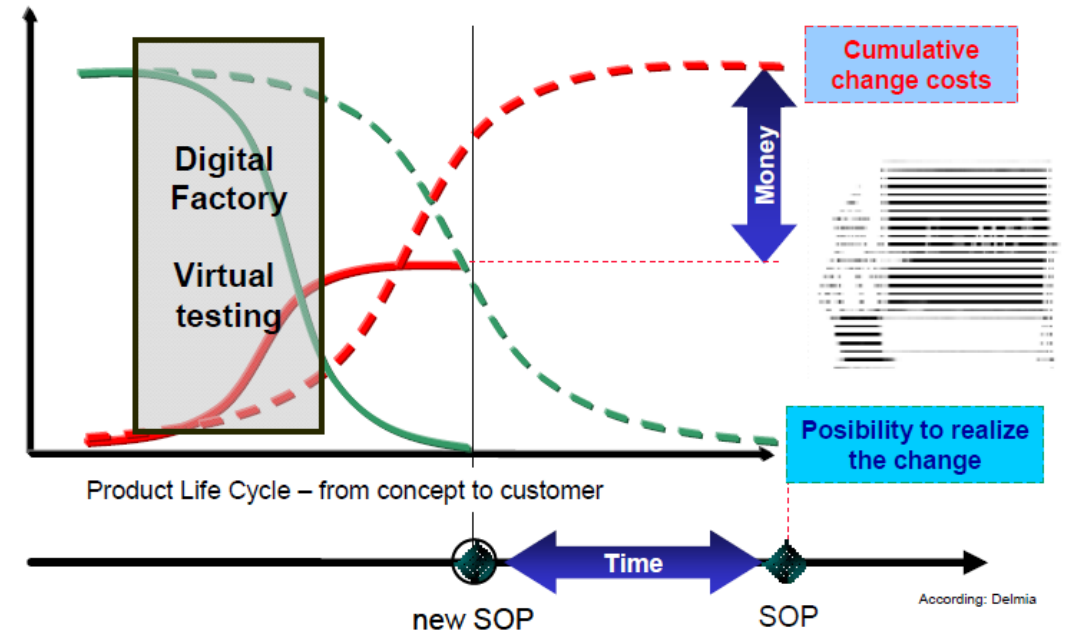
# การแสดงผลข้อมูล Digital Twin ในการผลิตโดยใช้เทคโนโลยี Augmented Reality



ภาพมุมมอง HoloLens ที่ถ่ายจากมุมและระยะทางที่แตกต่างกันระหว่างการจำลองการตัดเฉือน

สถาปัตยกรรมและขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน AR

- ลดความเสี่ยงผู้ประกอบการในการเปิดตัวการผลิตใหม่
- มีกระบวนการตรวจสอบก่อนเริ่มผลิตจริง
- หาความเป็นไปได้ของ“ การเยี่ยมชม” ของศูนย์การผลิตเสมือน
- การตรวจสอบแนวคิดการผลิตที่ออกแบบมา
- การเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดสรรอุปกรณ์การผลิต
- ลดการเข้าพื้นที่ที่ต้องการ
- การวิเคราะห์คอขวดและการหยุดชะงักของการผลิต
- การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว
- การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้ดีขึ้น
- เครื่องจักรและอุปกรณ์ออฟไลน์ การเขียนโปรแกรมช่วยประหยัดเวลาทรัพยากร
- การลดหรือกำจัดต้นแบบทั้งหมด
- การวิเคราะห์การยศาสตร์



ข้อดีของโรงงานดิจิทัล



# โรงงานระบบดิจิทัล

# Thank You

Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

