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

โรงงานดิจิทัล
การระบุจุดวิกฤติจากโรงงานและการปรับปรุง

โมดูล III: การวิเคราะห์จากโรงงานดิจิทัล: จากการวิเคราะห์ไปสู่วิธีการปรับปรุงโรงงาน

ศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร เก่งพล

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

ผลการเรียนรู้

เสนอแพลตฟอร์มโรงงานดิจิทัลของโรงงานกรณีศึกษา ในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง จากสิ่งที่ได้เรียนรู้ (การออกแบบ, โมดูล III)

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

เนื้อหา

กรณีศึกษาทางอุตสาหกรรม

- สมดุลสายการผลิต (Production line balancing)
- คอขวดของการผลิต (Production bottlenecks)
- กระบวนการผลิตและโลจิสติกส์ (Production and logistics processes)
- สถานการณ์การผลิต (Production scenarios)
- ชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน (Aircraft engine parts)
- ยางรถยนต์ (Tire Automotive)
- ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ (Automated guided vehicles)
- ปฏิบัติงานของมนุษย์และหุ่นยนต์ (Human and Robot operation)
- การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ (Human–robot collaboration: HRC)
- การยศาสตร์ในทางปฏิบัติ (Ergonomics in Practice)
- Digital Mock-Up สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องกล (Digital Mock-Up for Mechanical products)
- เทคโนโลยีการออกแบบยานอวกาศ (Spacecraft Collaborative Design Technology)

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

แนวคิดของการผลิตแบบดิจิทัล

การผลิตแบบดิจิตอลสามารถใช้ในด้านดังต่อไปนี้ :

❑ การวางแผนการผลิต

1. กำหนดกระบวนการผลิตระดับสูง
2. การวางแผนกระบวนการ (การประกอบและการติดตั้ง)
3. กำหนดคำแนะนำในการทำงานและขั้นตอนการทำงาน
4. การออกแบบและวิเคราะห์กระบวนการโดยละเอียด

❑ การจำลองและการจำลองทรัพยากรโดยละเอียด

1. นิยามกระบวนการและการตรวจสอบความถูกต้อง
2. แผนผังโรงงานแบบ 3 มิติ
3. การจำลองและอุปกรณ์เครื่องมือ
4. การจำลองตามหลักสรีรศาสตร์

❑ การตรวจสอบและการทดสอบเสมือนจริง

1. การตรวจสอบลอจิกควบคุม
2. การตรวจสอบ Kinematic (หุ่นยนต์)
3. การตรวจสอบการประกันคุณภาพ / การปรับปรุงกระบวนการ
4. การตรวจสอบตำแหน่งเซนเซอร์ / มาตรวิทยา
5. การทดสอบเดินเครื่อง / ตรวจสอบระบบเสมือนจริง
6. รู้ว่าระบบการผลิตใช้งานได้จริงก่อนเริ่มทำงาน

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

สมดุลสายการผลิต

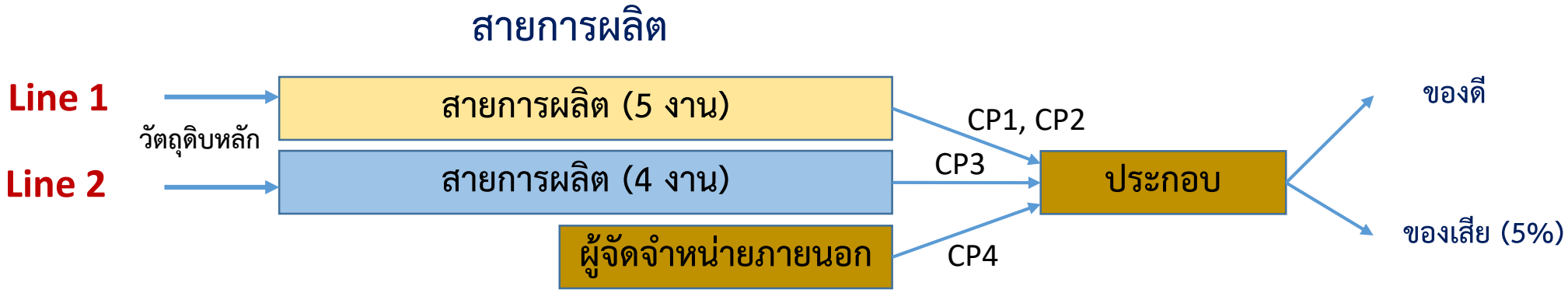
- **กรณีศึกษาสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิต โดยใช้วิธีการจำลองเหตุการณ์แบบสมดุล (line balancing) และไม่ต่อเนื่อง (2D)**

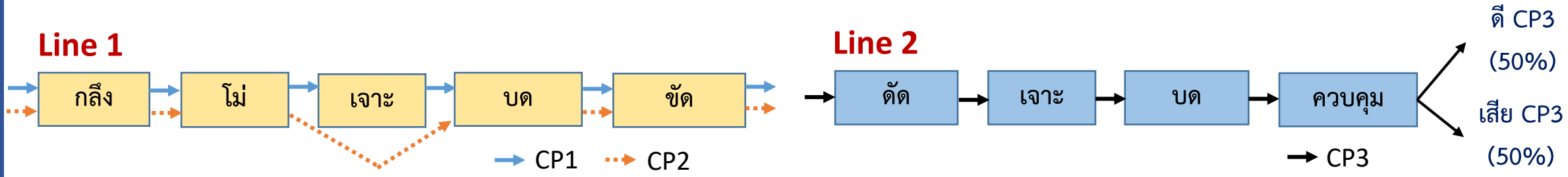
  - ขั้นแรกให้นำเสนอทฤษฎีพื้นฐานและขั้นตอนสำหรับการปรับสมดุลสายการผลิต
  - สำหรับกระบวนการผลิตจริงประกอบด้วยสองสายคือ สายการผลิตและสายการประกอบ การประกอบโมเดลจำลองจะถูกสร้างขึ้นและสังเกตุผลลัพธ์เริ่มต้นที่ได้
  - หลังจากปรับสมดุลกระบวนการผลิตและปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว ขั้นตอนต่อไปของกระบวนการคือ ดำเนินการใช้แบบจำลองการปรับปรุง

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

Zupan, 2015

สมดุลสายการผลิต





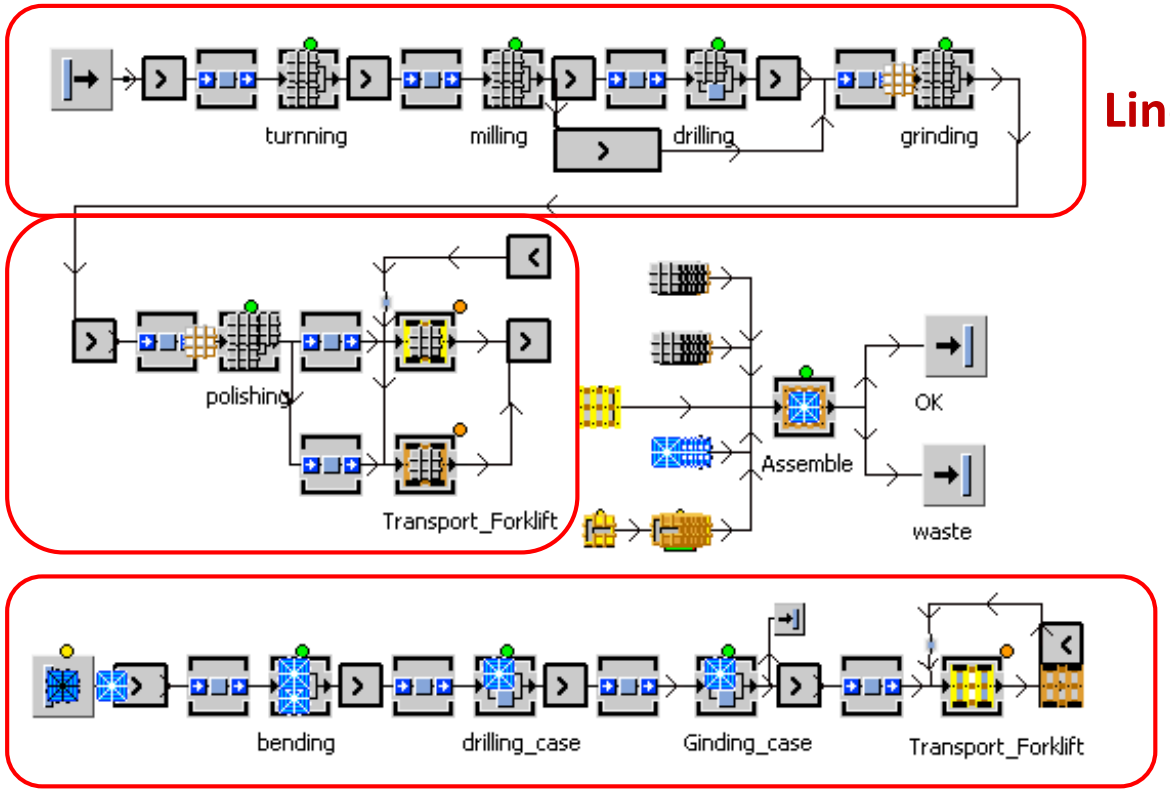
รูปแบบของกระบวนการผลิตที่มีการประกอบ

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

Zupan, 2015

สมดุลสายการผลิต

แบบจำลองสถานการณ์ของสายการผลิต



แบบจำลองสถานการณ์ของการผลิตและประกอบ (2D)

หนึ่งในตัวบ่งชี้คือสถานะของบัฟเฟอร์

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

Zupan, 2015

สมดุลสายการผลิต

จุดวิกฤติ

- *เกิดคอขวด (bottlenecks) – การขนส่ง รถยกและช่วงเวลาของวัตถุดิบที่เข้าสู่ทั้งสองสายการผลิต*
- *รถยกไม่สามารถขนส่งชิ้นส่วนใหม่ทั้งหมดจากสายการผลิตที่ 1 และสายการผลิตที่ 2 ไปยังสถานที่ประกอบ*

การปรับปรุง

- เพิ่มเติมรถยกหนึ่งคันในแต่ละสายการผลิต จะสามารถกำจัดคอขวดแรกออกได้
- ปรับช่วงเวลาของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าไปในแต่ละสายการผลิต สามารถกำจัดคอขวดที่สองได้

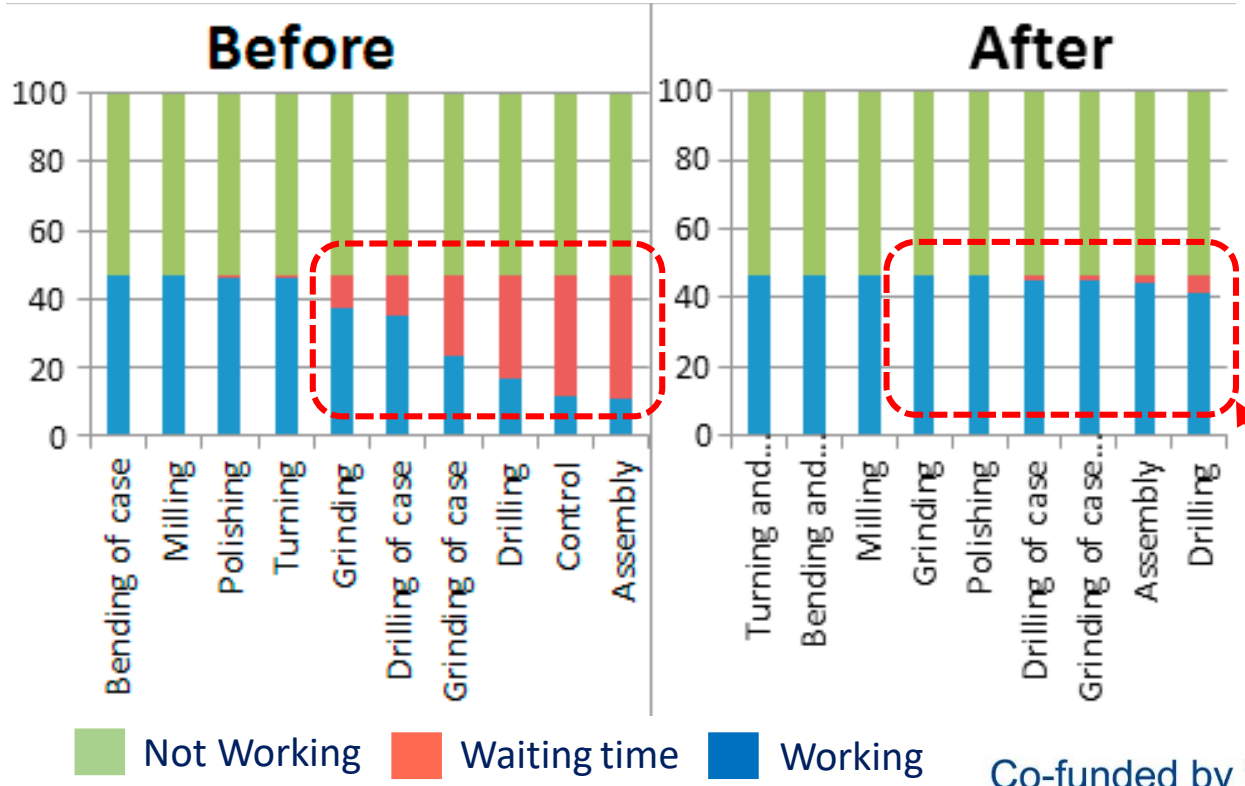
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Zupan, 2015

สมดุลสายการผลิต

ผลลัพธ์ของแบบจำลองสถานการณ์

ภาพรวมเกี่ยวกับเวลาการใช้งานของเครื่องจักรในสายการผลิตทั้งสอง ที่สถานะก่อนและหลังการปรับสมดุลสายการผลิตจะแสดงดังนี้



- หลังจากการดำเนินการตามการปรับสมดุลของสายการผลิต พบว่า**แทบจะไม่มีการดำเนินการใด ๆ รอส่วนประกอบ**จากการดำเนินการก่อนหน้านี้
- **รอบเวลาการผลิตลดลง**เกือบสี่เท่าและรอบเวลาการทำงานใกล้เคียงกับเวลาการประกอบ

เวลารอคอยลดลง

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

Zupan, 2015

สมดุลสายการผลิต

การระบุจุดวิกฤต	เกิดคอขวด (bottlenecks) – การขนส่ง รถยกและช่วงเวลาของวัตถุดิบที่เข้าสู่ทั้งสองสายการผลิต รถยกไม่สามารถขนส่งชิ้นส่วนใหม่ทั้งหมดจากสายการผลิตที่ 1 และสายการผลิตที่ 2 ไปยังสถานที่ประกอบ
ตัวบ่งชี้	สถานะของบัฟเฟอร์, เวลาการใช้งานของเครื่อง
การปรับปรุง	เพิ่มรถยกหนึ่งคันในแต่ละสายการผลิตจะสามารถกำจัดคอขวดแรกออกได้ ปรับช่วงเวลาของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าไปในแต่ละสายการผลิตสามารถกำจัดคอขวดที่สองได้
ผลลัพธ์	ไม่มีการดำเนินการใด ๆ รอ รอบเวลาการผลิตลดลง

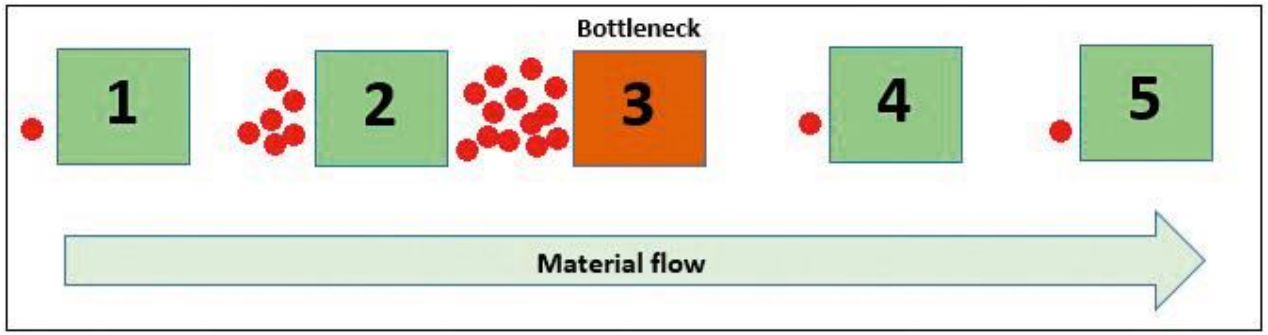
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Zupan, 2015

คอขวดของการผลิต

- **การนำเสนอการวิเคราะห์และการประเมินของสายการผลิตที่เลือกในสองโมเดล การศึกษาช่วยให้การประเมินเบื้องต้นของประสิทธิภาพขององค์ประกอบเฉพาะในกระบวนการและการบ่งชี้ของคอขวด**

- แบบจำลองสถานการณ์ช่วยประเมินความหลากหลายของการผลิตและประสิทธิภาพ นอกจากนี้การจำลองยังช่วยให้ใช้กลยุทธ์และขั้นตอนใหม่ ๆ ในการตรวจสอบการผลิตในระบบที่ได้รับการแก้ไขปัญหาคอขวด และตรวจสอบการไหลของวัสดุ เพื่อเพิ่มผลผลิตในขณะที่สินค้าคงคลังลดลงและลดต้นทุนของการเปลี่ยนแปลงที่ดำเนินการได้

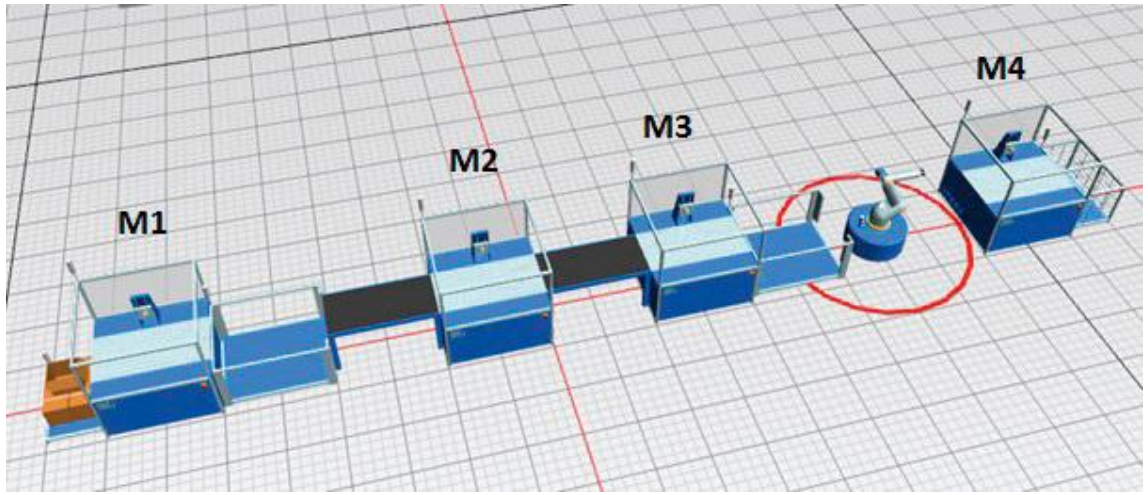


แนวคิดเรื่องคอขวด (bottlenecks)

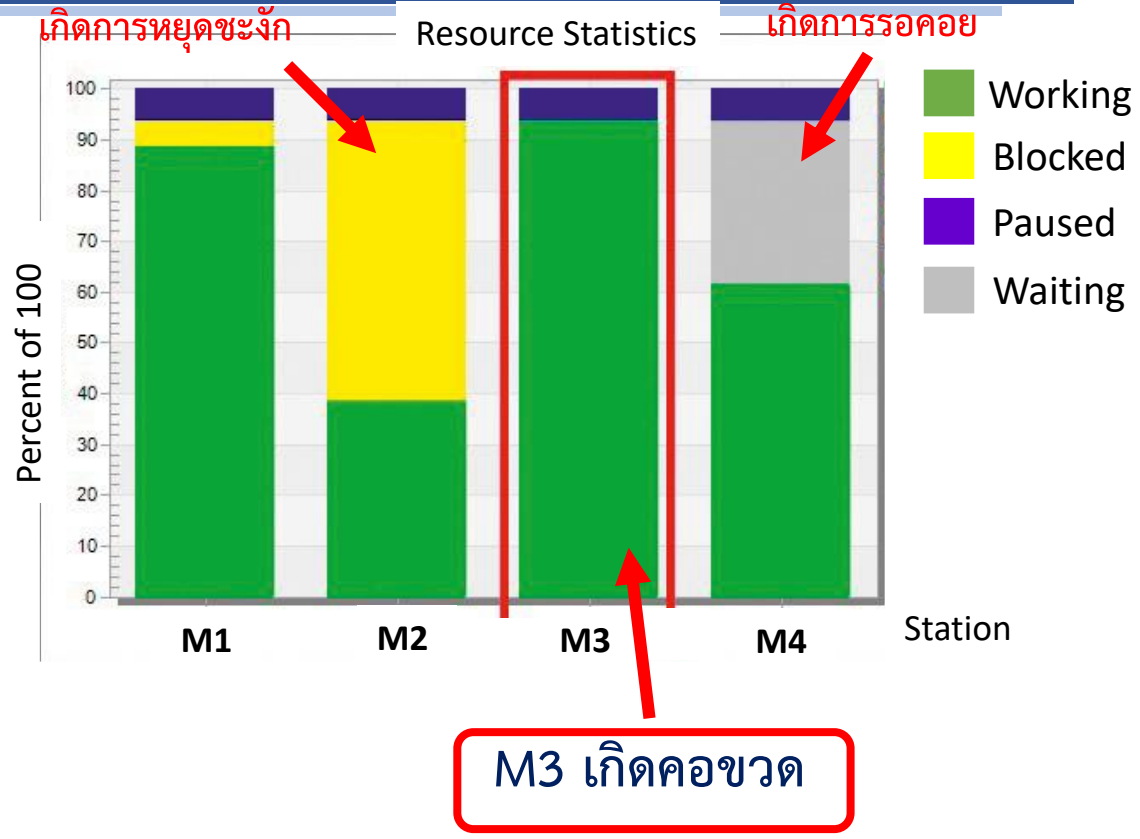
Kikolski, 2016

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

คอขวดของการผลิต



แบบจำลอง 3 มิติเสมือนจริงของกระบวนการวิเคราะห์



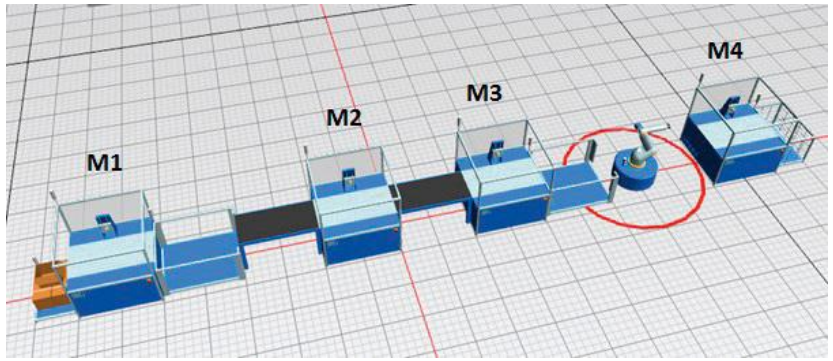
ข้อมูลอินพุตถูกกำหนดจากข้อมูลเทคโนโลยีที่เชื่อมต่อกระบวนการและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการไหลของวัสดุในระหว่างการผลิต

M1 และ M3 มีค่าสัมประสิทธิ์การทำงานสูง

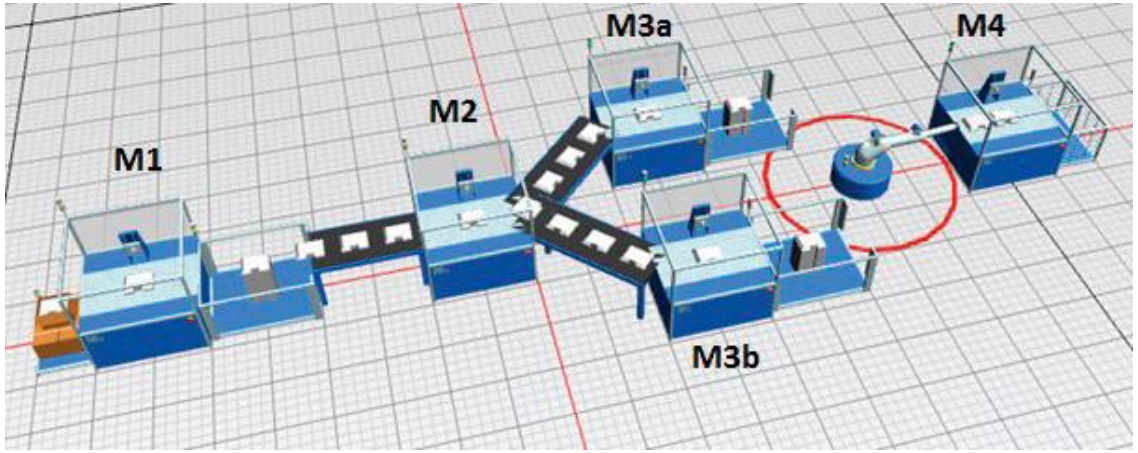
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Kikolski, 2016

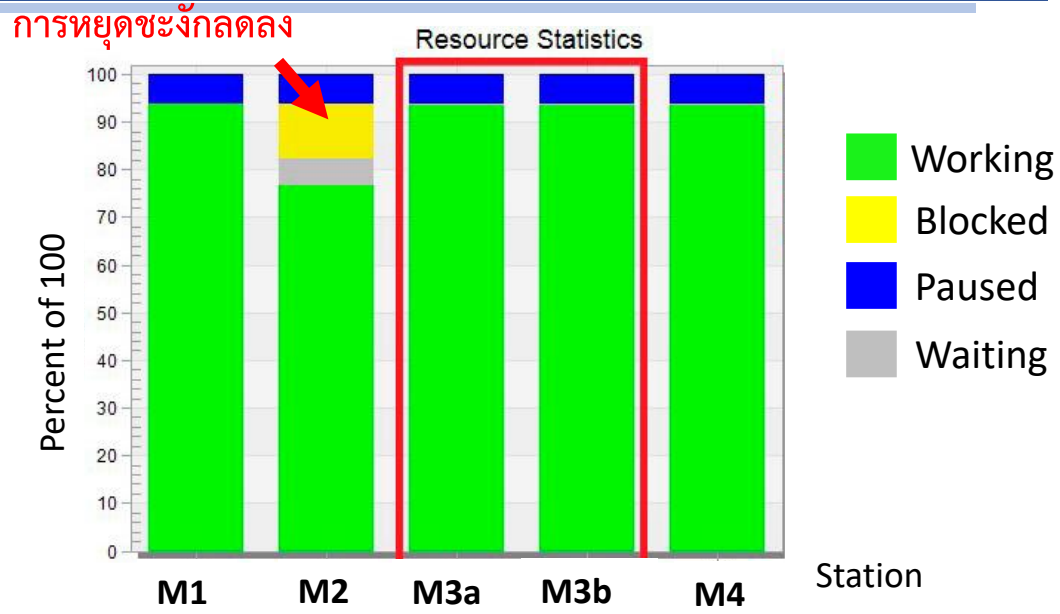
คอขวดของการผลิต



โมเดล 3 มิติเสมือนจริงของกระบวนการวิเคราะห์



เพิ่มรูปแบบโมเดลของกระบวนการวิเคราะห์



แผนภูมิแสดงประสิทธิภาพสำหรับการเพิ่มโมเดล

เพิ่มกำลังการผลิตของกระบวนการ, ลดการหยุดชะงักที่สถานี M2 และลดการรอคอยของส่วนประกอบที่สถานี M4 สายการผลิตที่วิเคราะห์เริ่มทำงานได้อย่างราบรื่น

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

Kikolski, 2016

คอขวดของการผลิต

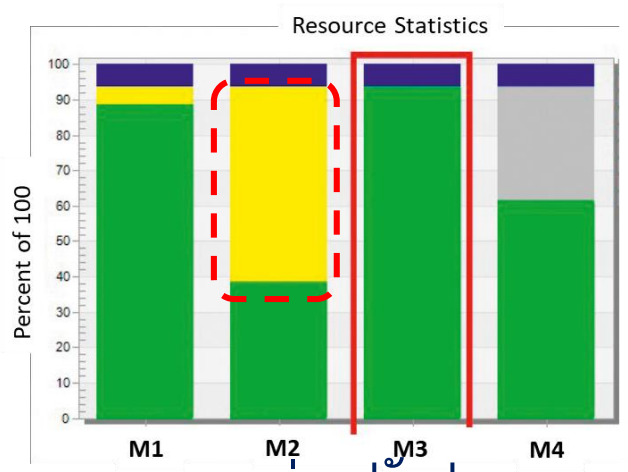
ค่าสถิติโดยละเอียดในโมเดลพื้นฐาน

Workplace	Working time [%]	Waiting time [%]	Blocked time [%]	Paused time [%]
M1	88.75	–	5.00	6.25
M2	38.29	0.18	55.28	6.25
M3	93.58	0.17	–	6.25
M4	61.22	32.53	–	6.25

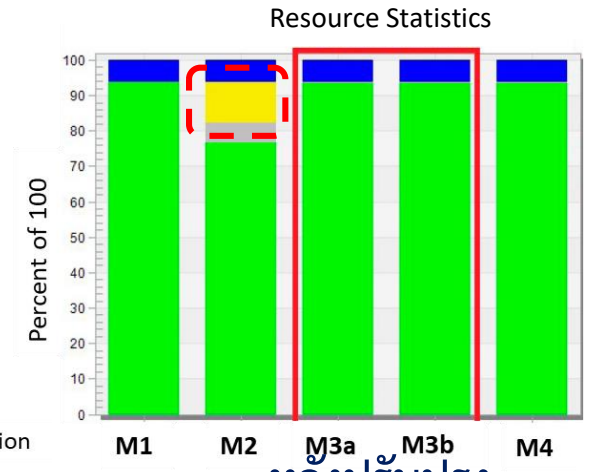
ค่าสถิติโดยละเอียดในการเพิ่มโมเดล

Workplace	Working time (percentage)	Waiting time (percentage)	Blocked time (percentage)	Paused time (percentage)
M1	93.75%	–	–	6.25%
M2	76.58%	5.59%	11.58%	6.25%
M3a	93.58%	0.17%	–	6.25%
M3b	93.49%	0.26%	–	6.25%
M4	61.22%	32.53%	–	6.25%

การเพิ่มโมเดลไม่ได้แก้ปัญหาคอขวดที่สถานี M3 อย่างเต็มที่ แต่เป็นการปรับปรุงการทำงานของสายการผลิตให้ทำงานอย่างราบลื่นและสมดุลมากขึ้น



ก่อนปรับปรุง



หลังปรับปรุง

Kikolski, 2016

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

คอขวดของการผลิต

การระบุจุดวิกฤต	M3 เป็นคอขวดของกระบวนการวิเคราะห์ สถานี M3 ทำให้เกิดการหยุดชะงักอย่างมากที่สถานี M2 เกิดเวลารอคอยผลิตภัณฑ์ที่สถานี M4
ตัวบ่งชี้	ค่าสถิติทรัพยากร, เวลาทำงาน, เวลาหยุดทำงาน, เวลารอคอย
การปรับปรุง	ขยายสถานีขนานของโหนดงาน M3 ซึ่งเป็นคอขวดของกระบวนการส่งออก
ผลลัพธ์	เพิ่มกำลังการผลิตของกระบวนการ, ลดการหยุดชะงักที่สถานี M2 และลดการรอคอยของส่วนประกอบที่สถานี M4 สายการผลิตที่วิเคราะห์เริ่มทำงานได้อย่างราบรื่นและสมดุลมากขึ้น

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

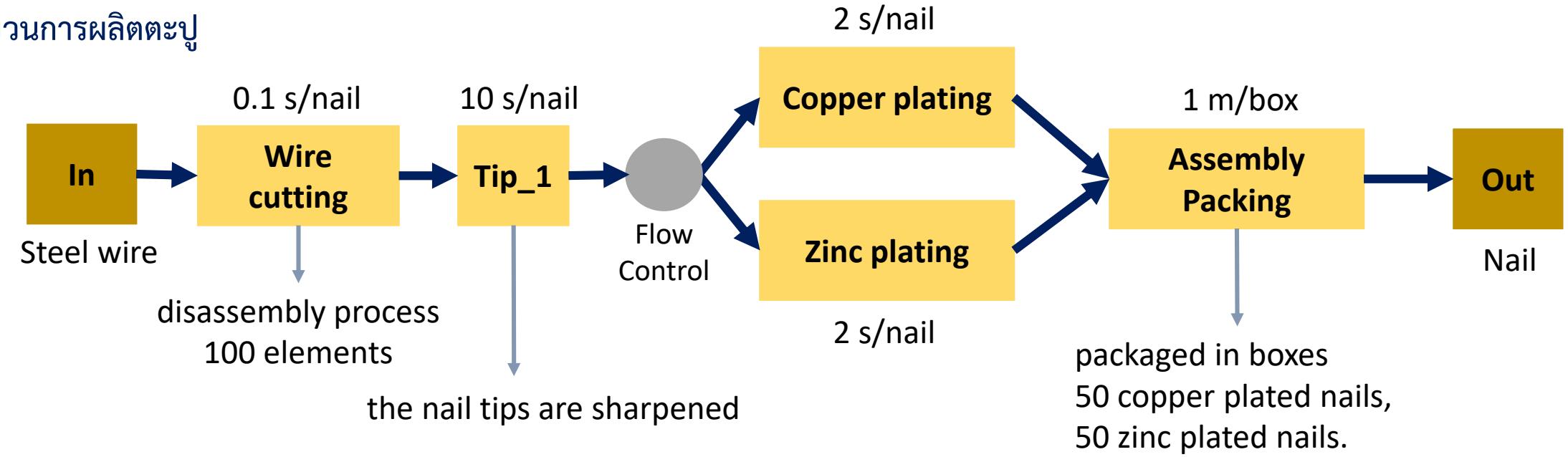
Kikolski, 2016

กระบวนการผลิตและโลจิสติกส์

❑ การผลิตตะปู

จำลองเหตุการณ์ที่ไม่ต่อเนื่องและสร้างแบบจำลองดิจิตอลของระบบโลจิสติกส์ (เช่น การผลิต) เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสายการผลิตตลอดจนกระบวนการโลจิสติกส์แต่ละรายการ

กระบวนการผลิตตะปู

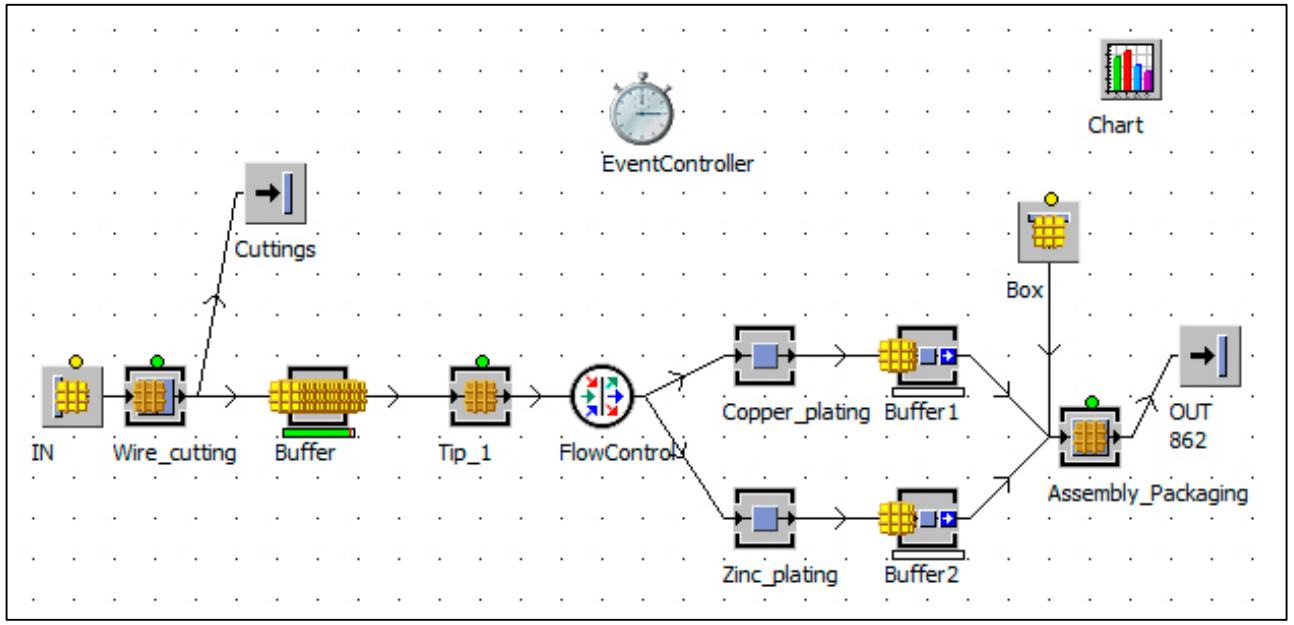


Siderska, 2016

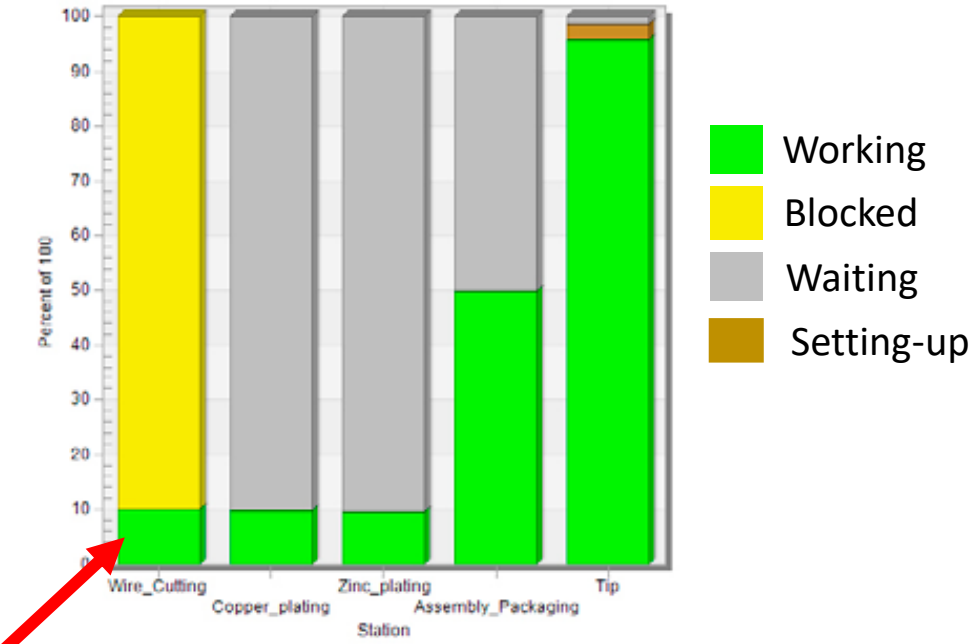
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

กระบวนการผลิตและโลจิสติกส์

ออกแบบกระบวนการผลิต



Resource Statistics



คอขวดของกระบวนการผลิตคืออะไรและจะเพิ่มปริมาณผลผลิตของโรงงานได้อย่างไร?

เครื่องตัดลวดใช้กำลังการผลิตเพียง 10%.
สถานีนี้หยุดชะงักโดยเครื่อง “Tip” ซึ่งเป็นคอขวดในกระบวนการนี้

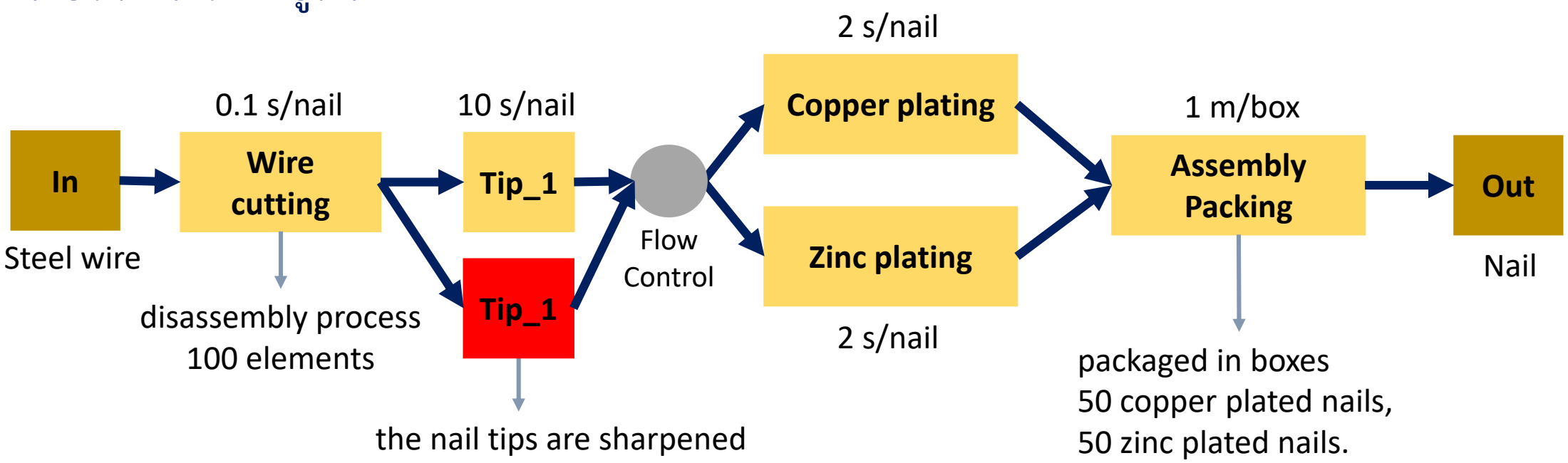
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Siderska, 2016

กระบวนการผลิตและโลจิสติกส์

เพิ่มสถานีงานขนานกับสถานี “Tip” อีก 1 สถานี
การตั้งค่าของสถานีนั้นเหมือนกับสถานีของเครื่องหลัก

กระบวนการผลิตตะปูใหม่

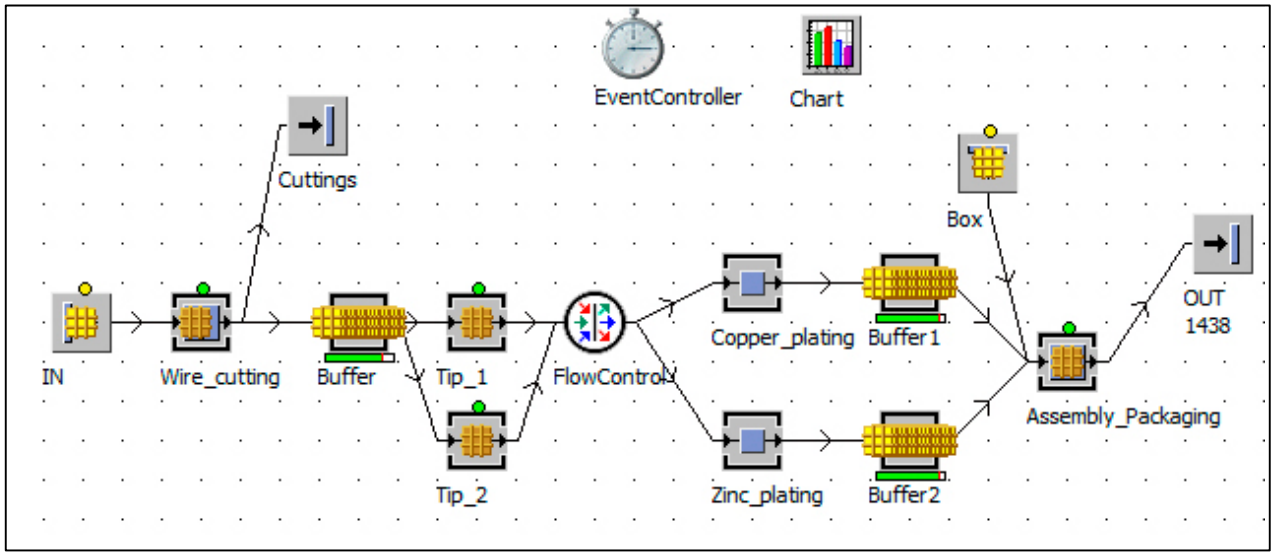


Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

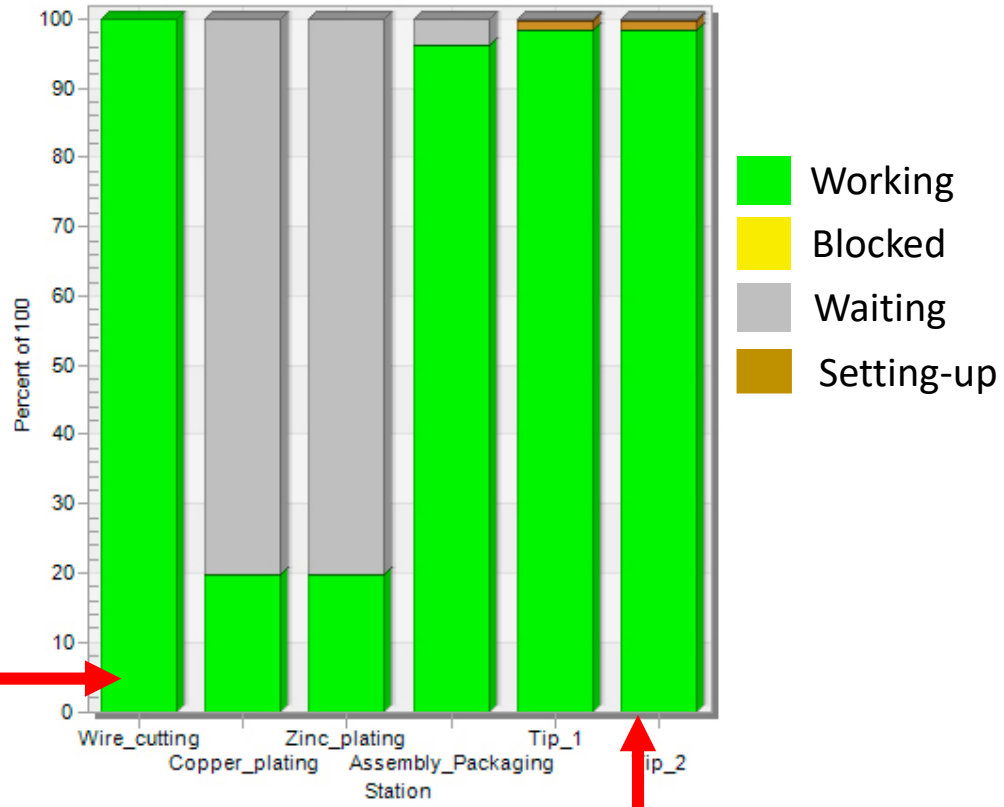
Siderska, 2016

กระบวนการผลิตและโลจิสติกส์

กระบวนการผลิตหลังจากเพิ่มสถานีงาน “Tip”



Resource Statistics



เครื่องตัดลวดทำงานตลอดเวลาในขณะนี้และกำลังการผลิต 100% ถูกใช้งานจริง

เครื่องนี้ไม่ได้ถูกบล็อกโดยสถานีงาน “Tip” อีกต่อไป

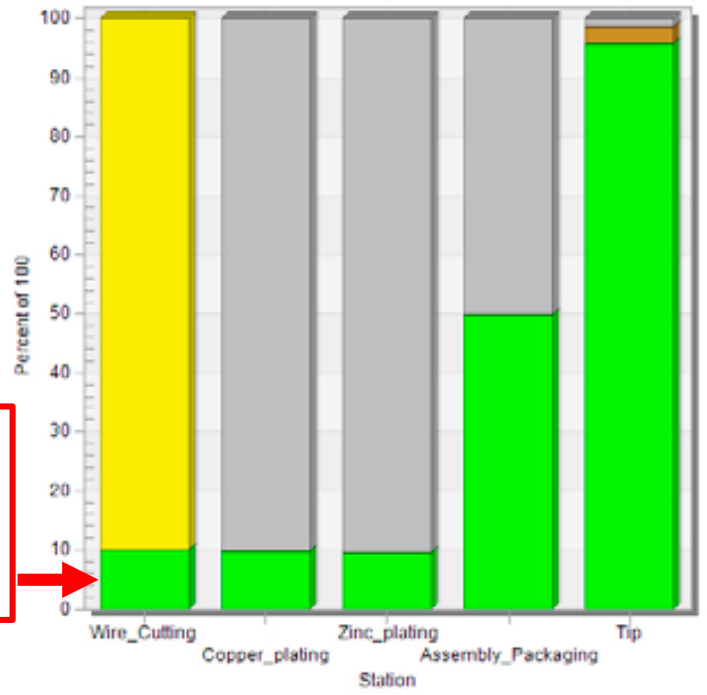
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Siderska, 2016

กระบวนการผลิตและโลจิสติกส์

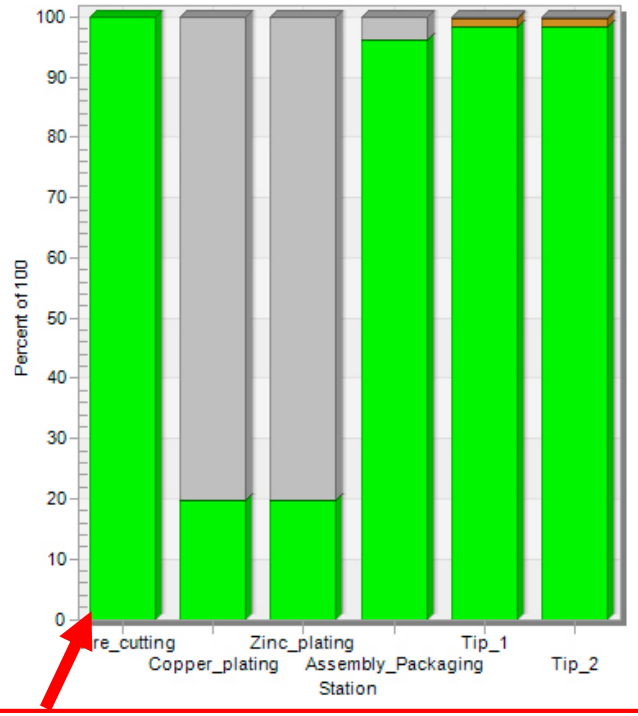
Before

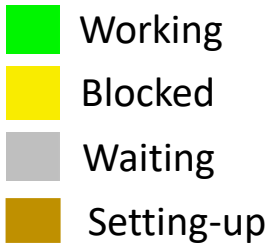
Resource Statistics



After

Resource Statistics





กำลังการผลิตเครื่องตัดลวดใช้เพียง 10% สถานีนี้ถูกบล็อกโดยเครื่อง “Tip” ซึ่งเป็นคอขวดในกระบวนการนี้

เครื่องตัดลวดทำงานตลอดเวลาในขณะนี้และกำลังการผลิต 100% ถูกใช้งานจริง เครื่องนี้ไม่ได้ถูกบล็อกโดยสถานีงาน “Tip” อีกต่อไป

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

Siderska, 2016

กระบวนการผลิตและโลจิสติกส์

การระบุจุดวิกฤต	เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสายการผลิตรวมถึงกระบวนการโลจิสติกส์ สถานีนี้หยุดชะงักโดยเครื่อง “Tip” ซึ่งเป็นคอขวดในกระบวนการนี้
ตัวบ่งชี้	ค่าสถิติทรัพยากร
การปรับปรุง	เพิ่มสถานีงานขนานกับสถานี “Tip” อีก 1 สถานี การตั้งค่าของสถานีนั้นเหมือนกับสถานีของเครื่องหลัก
ผลลัพธ์	เครื่องตัดลวดทำงานตลอดเวลาในขณะนี้และกำลังการผลิต 100% ถูกใช้งานจริง เครื่องนี้ไม่ได้หยุดชะงักโดยสถานีงาน “Tip” อีกต่อไป นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์ผลของการลดเวลาในการประกอบของกล่องหนึ่งจาก 60 เป็น 30 วินาที ทำให้สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้มากถึง 1,726 ชิ้นภายใน 24 ชั่วโมง

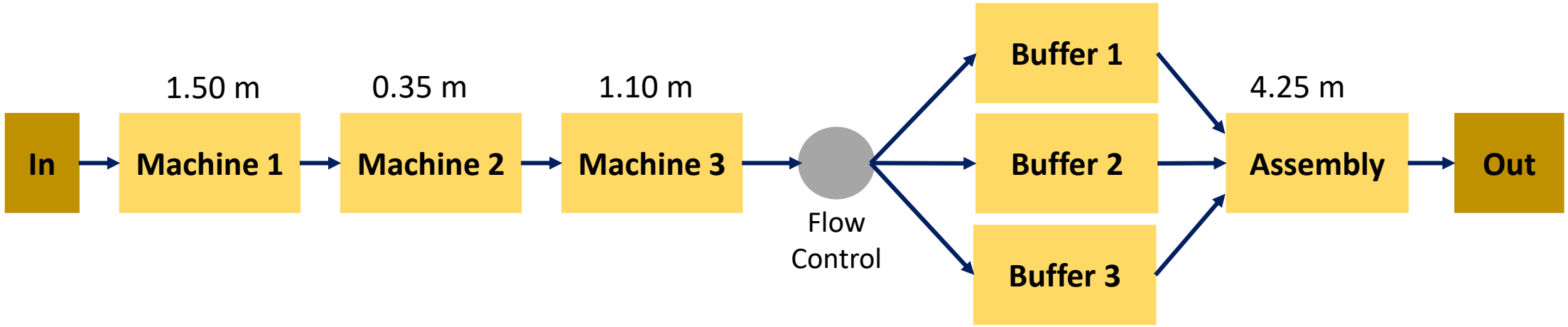
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Siderska, 2016

สถานการณ์การผลิต

- นำเสนอความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ในการศึกษาสถานการณ์การผลิตที่เลือก

รูปแบบของกระบวนการวิเคราะห์

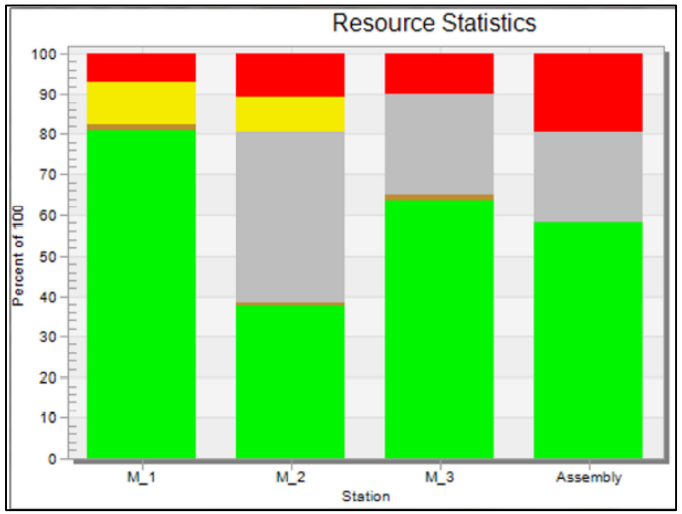


Kikolski, 2017

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

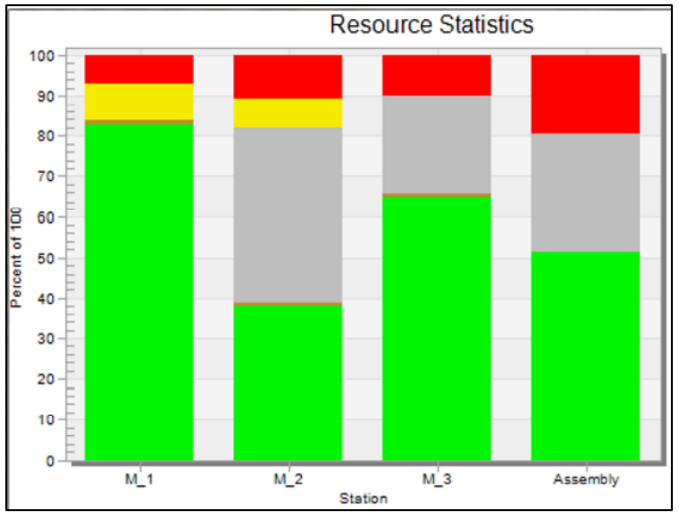
สถานการณ์การผลิต

สถานการณ์ 1 (ปัจจุบัน), *30 รายการ*



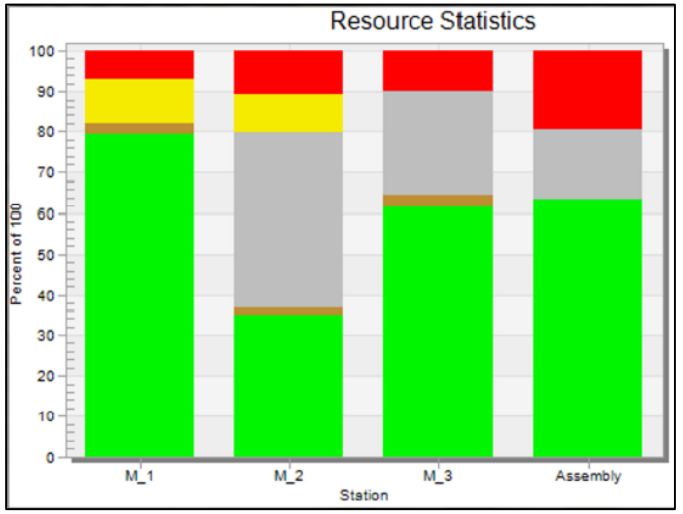
ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย = 63 รายการ

สถานการณ์สมมติ 2, *45 รายการ*



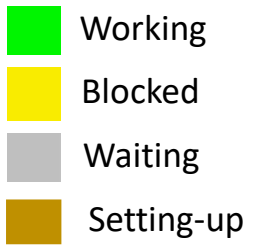
ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย = 56 รายการ

สถานการณ์สมมติ 3, *15 รายการ*



ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย = 69 รายการ

(องค์ประกอบ)



- ระยะเวลาการจำลองสันนิษฐานว่าหนึ่งกะ 8 ชั่วโมง
- การวิเคราะห์แบบจำลองสรุปว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดในระบบที่มีองค์ประกอบในแบทช์ 15 รายการ
- ปรากฏว่าการเพิ่มแบทช์ของส่วนประกอบที่ป้อนลดประสิทธิภาพการผลิตลง

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

Kikolski, 2017

สถานการณ์การผลิต

การระบุจุดวิกฤต	ปริมาณสต็อคลดลงและสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง
ตัวบ่งชี้	ค่าสถิติทรัพยากร, จำนวนผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย
การปรับปรุง	การวิเคราะห์ภาพจำลองสำหรับจำนวนรายการของแต่ละองค์ประกอบในระบบสุดท้ายเลือกสถานการณ์การผลิตที่ดีที่สุดคือ จำนวนผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายสูงสุด
ผลลัพธ์	การลดแบทช์ที่เข้าสู่ระบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและการไหลของการถ่ายโอนได้

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

Kikolski, 2017

ชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน

- ภาพจำลองอุตสาหกรรมกรณีศึกษา 2 กรณี ได้แก่ การผลิตจำนวนมากและการผลิตแบบกลุ่มเล็ก ถูกจำลองโดยมีจุดประสงค์ในการปรับปรุงมาตรการด้านประสิทธิภาพที่ระบุเกี่ยวกับการผลิตเซลล์การผลิต เช่น ปริมาณงานหรือการใช้ทรัพยากร
  - การผลิตแบบกลุ่มเล็ก ในภาคการบินและอวกาศ

แบบจำลองสถานการณ์มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรและเวลาในการรับแบทช์ คือเวลาที่ใช้ในการผลิตส่วนประกอบทั้งหมด

การขัดมักจะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บของผู้ปฏิบัติงาน แต่สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการใช้ระบบอัตโนมัติระดับสูงขึ้น เช่น หุ่นยนต์

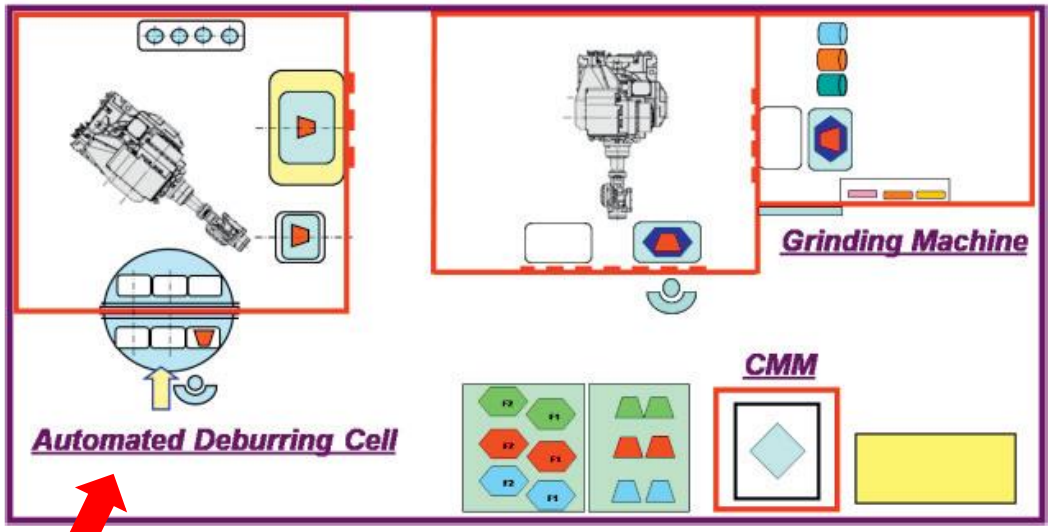
การขัด

Caggiano, 2013

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

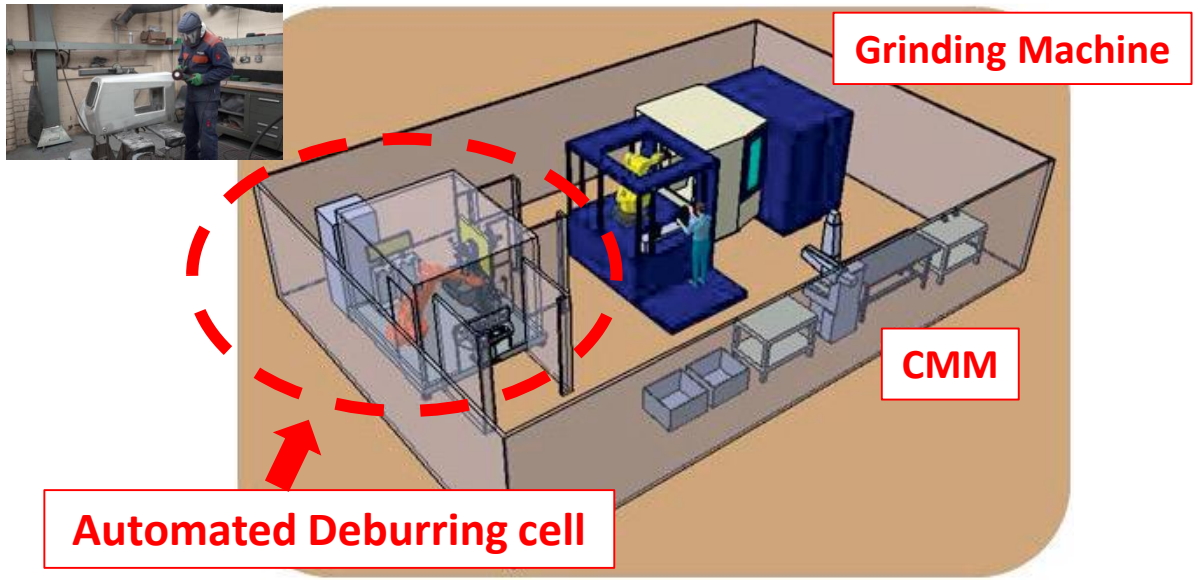
ชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน

เพื่อลดความเสี่ยงและปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์การผลิต ที่กำหนดค่าใหม่จะมีการออกแบบเซลล์แบบหักล้างอัตโนมัติ ที่มาพร้อมกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม



โครงร่างของเซลล์การผลิตที่กำหนดค่าใหม่

โมเดลการจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติของเซลล์การผลิตที่ กำหนดค่าใหม่รวมถึงเครื่องมือ เครื่องจักร, เครื่องวัดพิกัด (CMM) และเซลล์ลบคมอัตโนมัติ



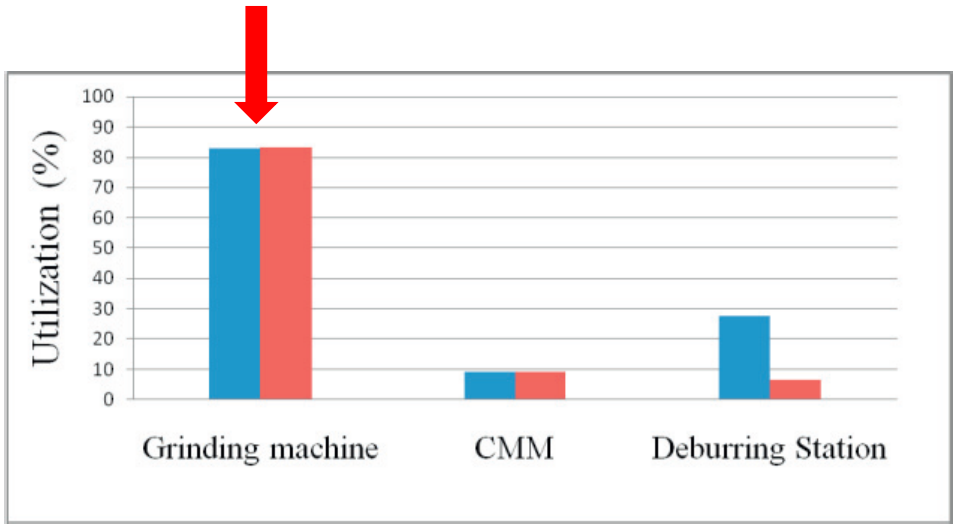
การจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติ

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

ชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน

เซลล์ลบคมอัตโนมัติ การลบคมจะดำเนินการหลังจากกระบวนการบดทั้งสอง

เครื่องบดเป็นคอขวดประมาณ 83%



การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเซลล์การผลิต:

เซลล์แบบเดิม กำหนดค่าเซลล์อัตโนมัติใหม่

- ในขณะที่หุ่นยนต์ลบคมจะสามารถทำงานได้เร็วกว่าแรงงานมนุษย์
- เซลล์ลบคมอัตโนมัติมีกำลังการผลิตซึ่งสูงกว่าเซลล์ที่ต้องการโดยหมายเลขชิ้นส่วนเดียว
- เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์จากเซลล์การหักอัตโนมัติ สถานการณ์จำลองใหม่จะถูกจำลองซึ่งมีการแนะนำหมายเลขชิ้นส่วนภายนอกเข้าสู่เซลล์เพื่อการหักล้างเท่านั้น

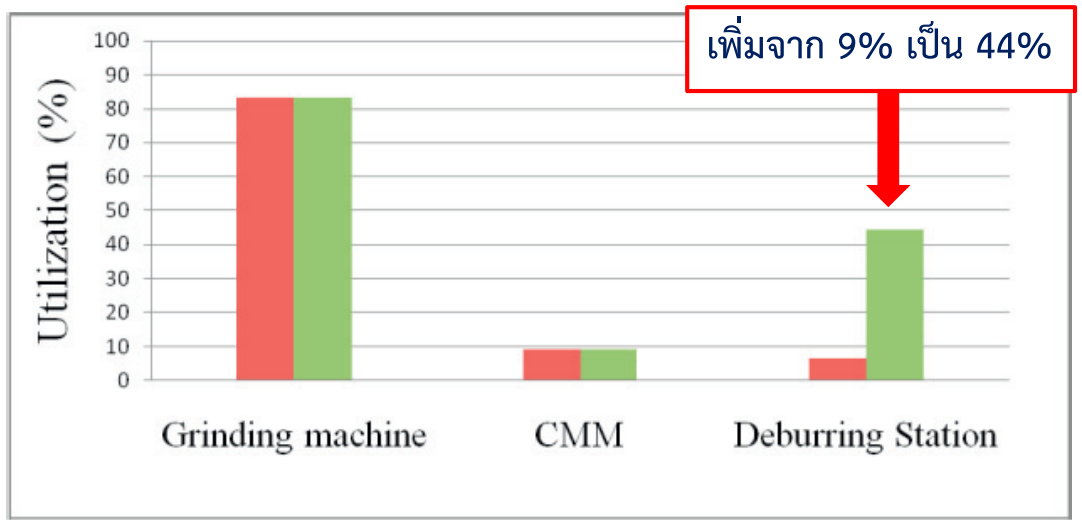
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Caggiano, 2013

ชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน

มีการจำลองสถานการณ์จำลองใหม่โดยนำหมายเลขชิ้นส่วนภายนอกเข้าสู่เซลล์เพื่อการขัดเท่านั้น

- ในขณะที่เครื่องบดประมวลผลชุดทั้งหมดของหมายเลขชิ้นส่วนเดิมเซลล์ลบคมอัตโนมัติทำงานบนหมายเลขชิ้นส่วนภายนอก
- ทันทีที่ทั้งชุดของหมายเลขชิ้นส่วนดั้งเดิมได้รับการต่อสายดินและวัดเสร็จสมบูรณ์จะมีการแนะนำเซลล์ทีละเล็กทีละน้อย



การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเซลล์การผลิต:

กำหนดค่าเซลล์ใหม่ กำหนดค่าเซลล์ใหม่ด้วยหมายเลขชิ้นส่วนภายนอก

- การใช้งานเซลล์ที่ลบคมจะเพิ่มจาก 9% เป็น 44%.
- ปริมาณงานทั่วไปของเซลล์การผลิตเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากมีหมายเลขชิ้นส่วนภายนอกจำนวนมากเข้ามาใช้งาน

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

Caggiano, 2013

ชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน

การระบุจุดวิกฤต	การปฏิบัติการขัดจะดำเนินการด้วยตนเองโดยผู้ปฏิบัติงานมนุษย์ ซึ่งทำตามขั้นตอนที่ต้องใช้ประสบการณ์มาก ความสามารถของตนเอง การดำเนินการที่ไม่ถูกต้องหรือการไม่ตั้งใจของมนุษย์สามารถสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงต่อการประกอบได้ การขัดมักจะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บของผู้ปฏิบัติงาน
ตัวบ่งชี้	การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเซลล์การผลิต
การปรับปรุง	ใช้ระบบอัตโนมัติระดับสูงขึ้น เช่น หุ่นยนต์
ผลลัพธ์	เพิ่มปริมาณงานของเซลล์การผลิตโดยรวมหมายเลขชิ้นส่วนภายนอกและเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ของเซลล์แบบลบคมจาก 9% เป็น 44%

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

Caggiano, 2013

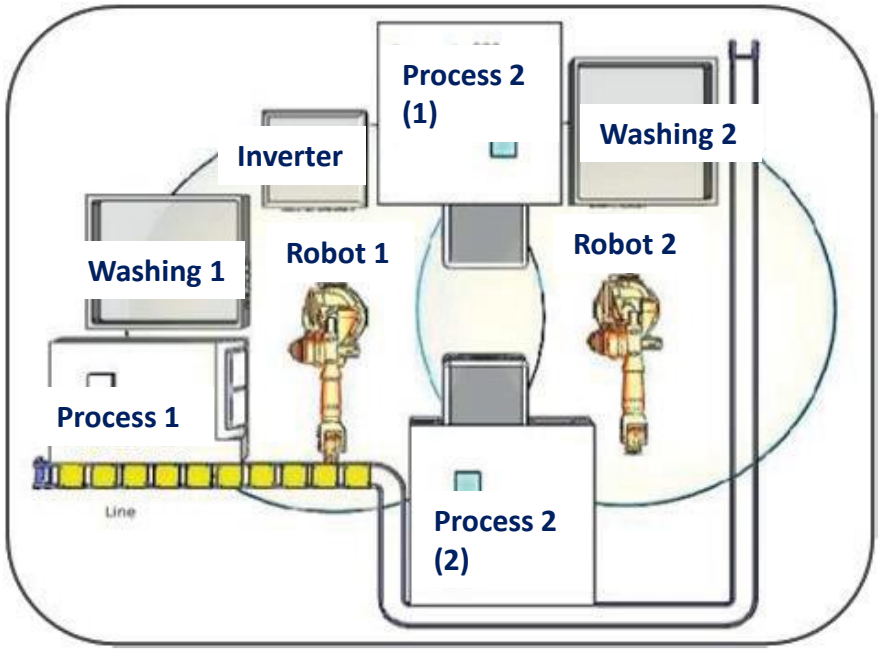
ชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน

- **การผลิตจำนวนมาก**

ปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์การผลิตโดยแสดงระดับปริมาณงานที่ต้องการ เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของเซลล์การผลิตและตรวจสอบวิธีการบรรลุเป้าหมาย

การดำเนินการจำลองครั้งแรกจะดำเนินการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตัวเลขเกี่ยวกับปริมาณงานของเซลล์การผลิตในปัจจุบันและการใช้ทรัพยากร และเพื่อทำการวิเคราะห์คอขวดเพื่อระบุองค์ประกอบที่สำคัญ

หนึ่งในองค์ประกอบเหล่านี้แต่ละตัวมีสองตัวแปรหลักคือ:
รอบเวลาการทำงานและ**ความพร้อมของเครื่อง**

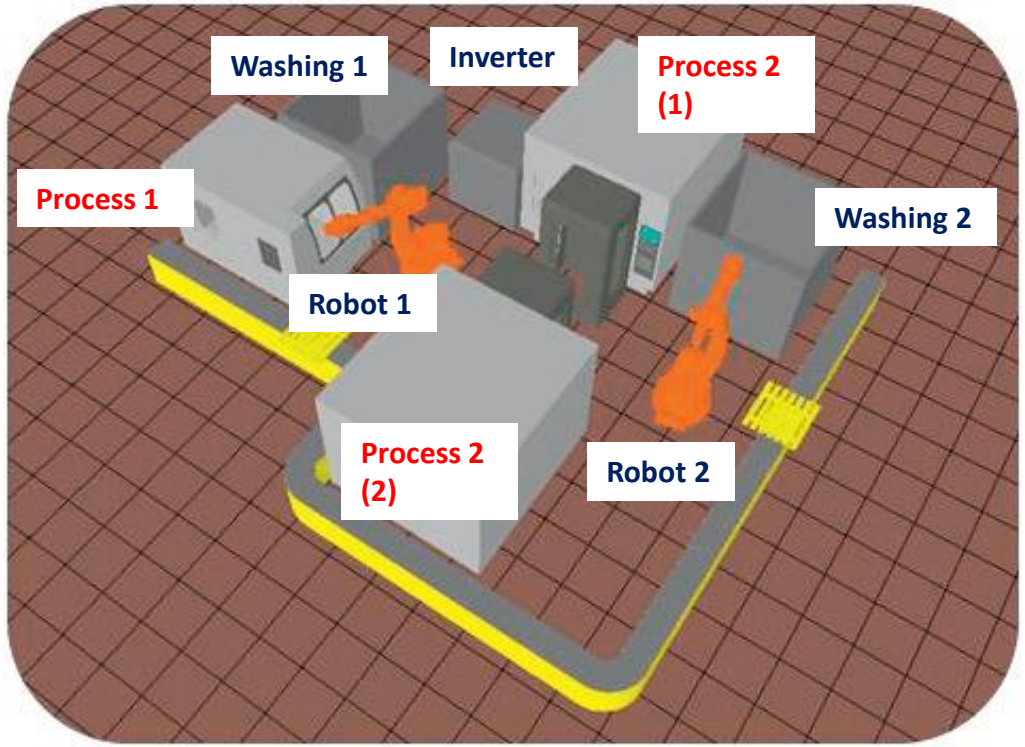


แผนผังของโมเดลการผลิตเซลล์ DES (Tecnomatix)

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

Caggiano, 2013

ชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน



แผนผังของโมเดลการผลิตเซลล์ DES

- แบบจำลองสถานการณ์ใหม่ถูกตั้งค่าด้วยพารามิเตอร์ 6 ตัว (เวลาดำเนินการและความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรสำหรับเครื่องมือเครื่องจักรทั้งสาม) อัลกอริทึมที่ระบุจะให้ผลลัพธ์ใหม่ในแง่ของปริมาณงาน และการใช้ทรัพยากร
- การออกแบบการทดสอบหลายระดับที่มีการรวมกันของพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ 6 ชุด มีการทดลองจำนวนมาก

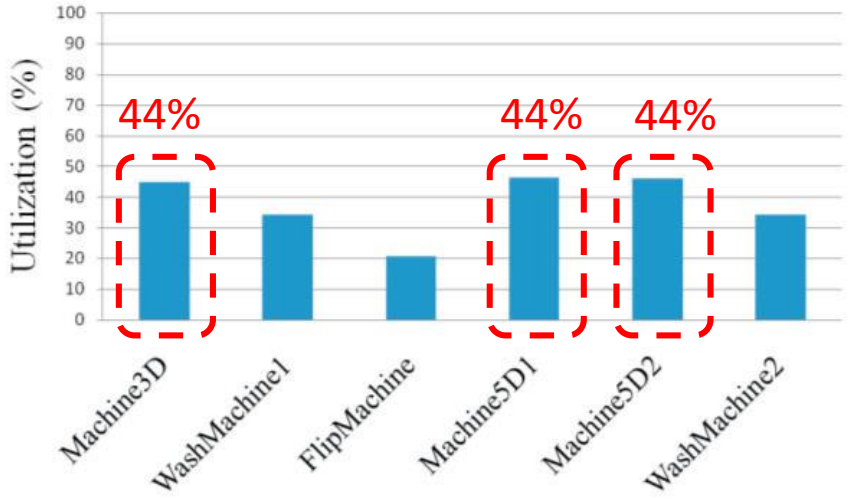
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Caggiano, 2013

ชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน

การใช้องค์ประกอบในการจำลองครั้งแรกและโมเดลใหม่

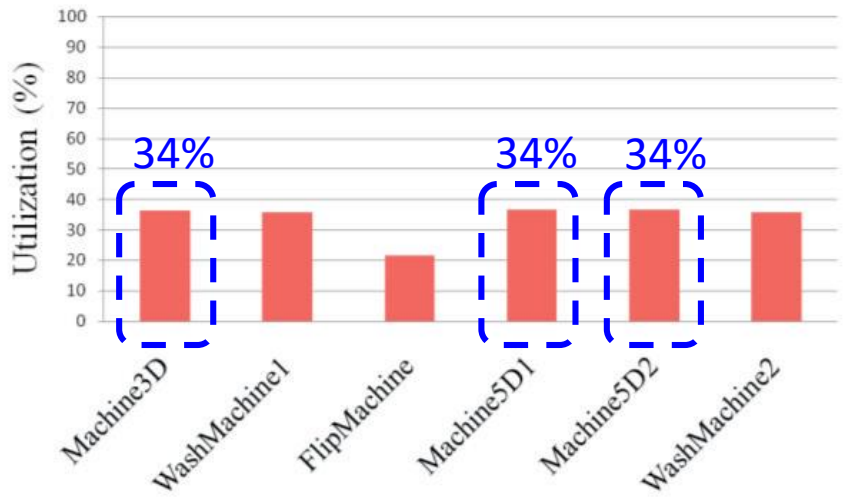
คอขวดของเซลล์ถูกแสดงด้วยเครื่องมือเครื่องจักรทั้งสาม ซึ่งมีการใช้งานที่คล้ายกันมาก



การจำลองการทำงานครั้งแรก

วิธีการแก้ปัญหาด้วย Tabu

อัลกอริทึมให้ผลลัพธ์ใหม่ในแง่ของปริมาณงาน (เพิ่มขึ้นประมาณ 4%) และลดการใช้ทรัพยากร (จาก 44% เป็น 34%)



โมเดลใหม่

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

Caggiano, 2013

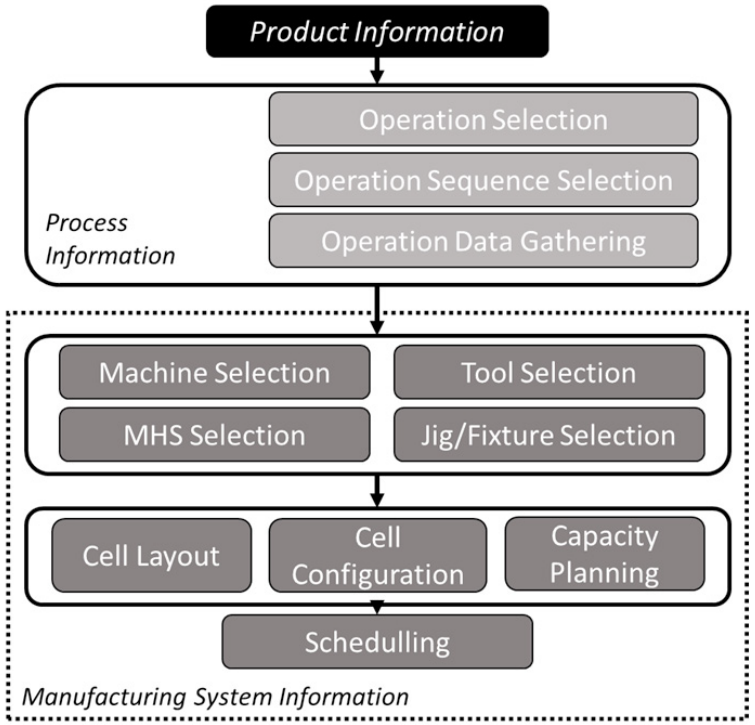
ชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน

การระบุจุดวิกฤต	ปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์การผลิตโดยการบรรลุระดับปริมาณงานที่ต้องการซึ่งแสดงเป็นจำนวนหน่วยที่ผลิตต่อวันให้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการทำงานที่ระบบสามารถจัดการได้
ตัวบ่งชี้	รอบเวลาการทำงานและความพร้อมของเครื่อง
การปรับปรุง	ตั้งค่าด้วยพารามิเตอร์ 6 พารามิเตอร์: เวลาดำเนินการและความพร้อมใช้งานของเครื่องสำหรับเครื่องมือทั้งสามเครื่อง
ผลลัพธ์	ผลลัพธ์ใหม่ในแง่ของปริมาณงาน (เพิ่มขึ้นประมาณ 4%) และลดการใช้ทรัพยากร

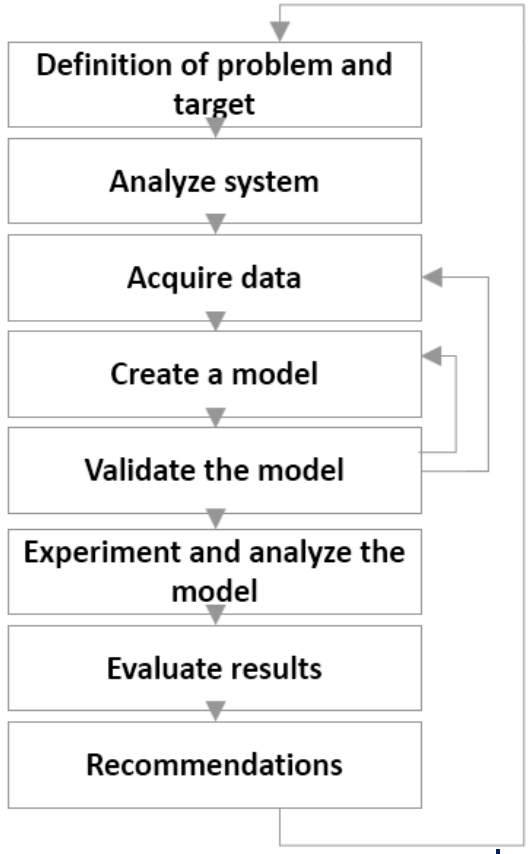
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

ยางรถยนต์

- วิธีการพัฒนา แนะนำและปรับปรุงกระบวนการตัดสินใจเพื่อช่วยในการออกแบบโรงงานและการดำเนินงานโดยใช้แบบจำลอง



กิจกรรมการวางแผนองค์กร

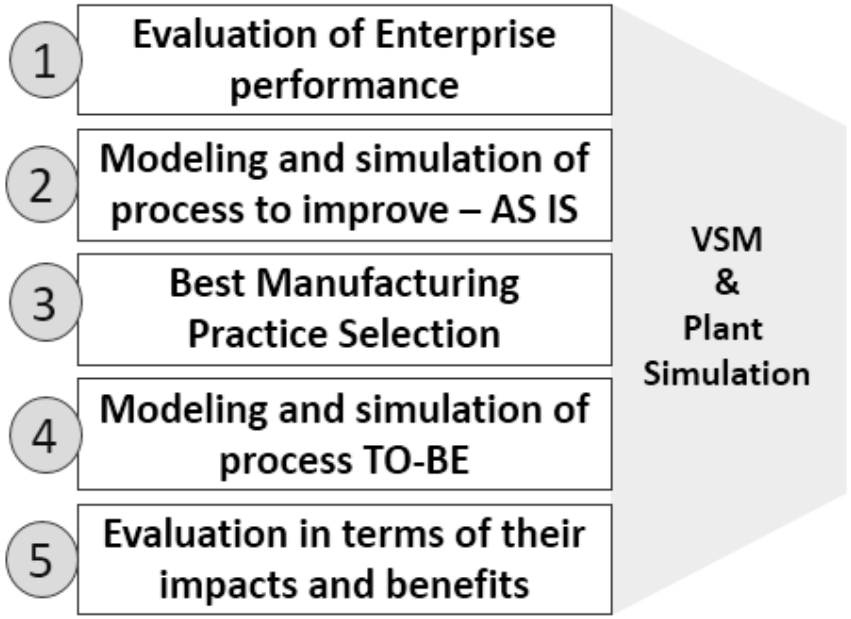


ขั้นตอนสำหรับการใช้แบบจำลองตามที่ระบุไว้

Chavarria , 2018

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

ยางรถยนต์



วิธีการประเมินผลการปฏิบัติที่ดีที่สุดในการผลิต

[Molina and Medina 2000]

ดังนั้นกิจกรรมที่ทำในแต่ละรอบการวิจัยเชิงปฏิบัติมีดังนี้:

- **การวางแผน (Plan):** (1) กำหนดปัญหาและเป้าหมายตามชุดกิจกรรมการวางแผนขององค์กร (2) กำหนดชุดวัตถุประสงค์ (3) กำหนดเกณฑ์การตัดสินใจสำหรับการวิเคราะห์ทางเลือก (มาตรการเชิงวัตถุประสงค์) และ (4) เสนอข้อเสนอหนึ่งข้อขึ้นไป ทางเลือกของระบบการผลิต
- **การปฏิบัติ (Act):** (1) กำหนดประเภทของแบบจำลอง (2) พัฒนาแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้อง ทำการทดลอง(ถ้าจำเป็น)
- **การสังเกต (Observe):** (1) จำลองตามแบบจำลองและ (2) ประเมินผลตามวัตถุประสงค์
- **สิ่งที่ได้ (Reflect):** (1) ระบุหนึ่งหรือหลายแนวทางในการปฏิบัติตามผลลัพธ์ของขั้นตอนการสังเกตและเริ่มรอบใหม่หากจำเป็น

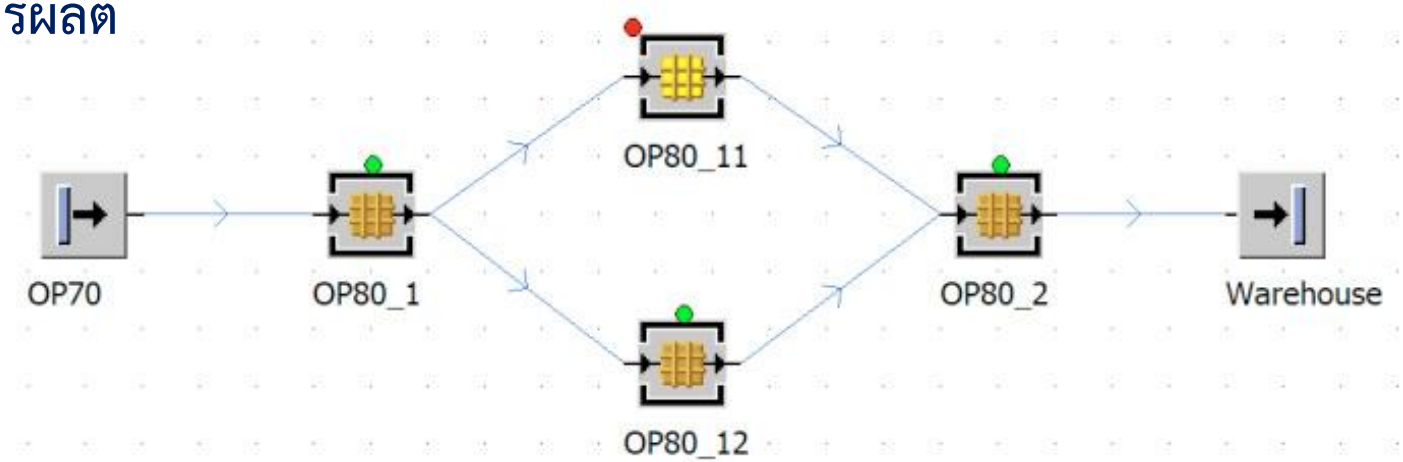
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Chavarria , 2018

ยางรถยนต์

ประเภทโมเดลที่เสนอประกอบด้วยโมเดล 3 ประเภท ได้แก่ โมเดลกล่องดำ (black-box), โมเดลการทำงาน (operation) และโมเดลการทำงานแบบรวม (integrated operating) .

Black-box Model สำหรับการดำเนินการผลิต



ระบุและเสนอกิจกรรมหลักของกระบวนการและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน หลายกิจกรรมสามารถจัดกลุ่มได้ภายในการดำเนินการเดียวเพื่อรักษารูปแบบกระบวนการที่ง่ายขึ้น กล่องดำถูกสร้างขึ้นสำหรับแต่ละกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ

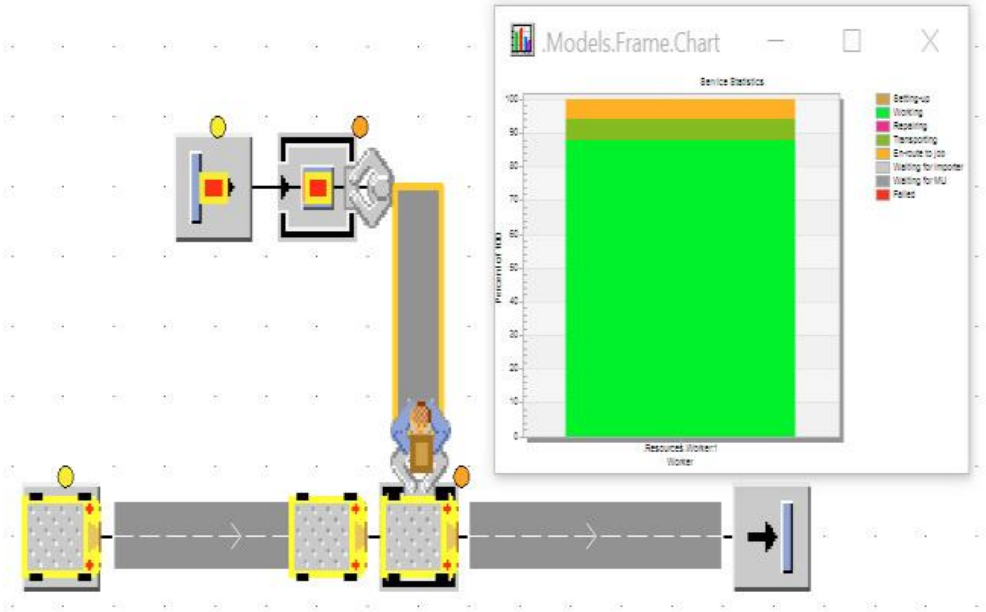
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Chavarria , 2018

ยางรถยนต์

ประเภทโมเดลที่เสนอประกอบด้วยโมเดล 3 ประเภท ได้แก่ โมเดลกล่องดำ (black-box), โมเดลการทำงาน (operation) และโมเดลการทำงานแบบรวม (integrated operating) .

Operation Model สำหรับสายการประกอบยานยนต์



- โมเดลการดำเนินงาน เป็นการสร้างกล่องสำหรับแบบจำลองการดำเนินงาน
- รายละเอียดระดับนี้เหมาะสำหรับการสร้างแบบจำลองกิจกรรมเฉพาะเวิร์กสเตชันหรือกระบวนการขนาดเล็ก
- กำลังการผลิตสูงสุดของกิจกรรมหรือกระบวนการขนาดเล็กจะถูกวิเคราะห์
- โมเดลนี้พิจารณาว่าอินพุตมีวัสดุอยู่เสมอและวัสดุเอาต์พุตของระบบสามารถประมวลผลได้ตลอดเวลา

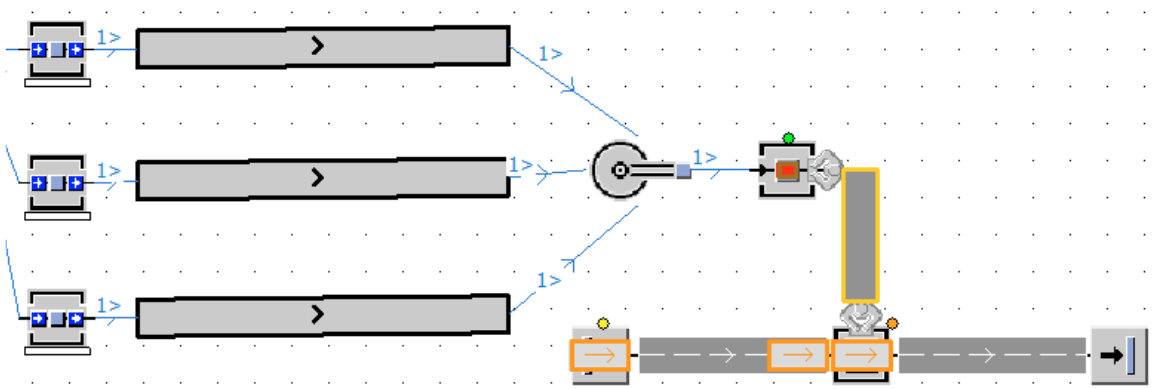
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Chavarria , 2018

ยางรถยนต์

ประเภทโมเดลที่เสนอประกอบด้วยโมเดล 3 ประเภท ได้แก่ โมเดลกล่องดำ (black-box), โมเดลการทำงาน (operation) และโมเดลการทำงานแบบรวม (integrated operating) .

Integrated operating ที่เชื่อมโยงถึงกันเพื่อสร้างโมเดลการทำงานแบบรวม



- Integrated Operation Model มีประโยชน์สำหรับการจำลองระบบการผลิตทั้งหมด
- แบบจำลองการทำงานแบบรวมประกอบด้วยแบบจำลองการทำงานที่เชื่อมต่อกัน
- โมเดลนี้ขึ้นอยู่กับการแลกเปลี่ยนวัสดุและข้อมูลการเชื่อมต่อการดำเนินงานที่กำหนดไว้ในรูปแบบกล่องดำ

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

Chavarria , 2018

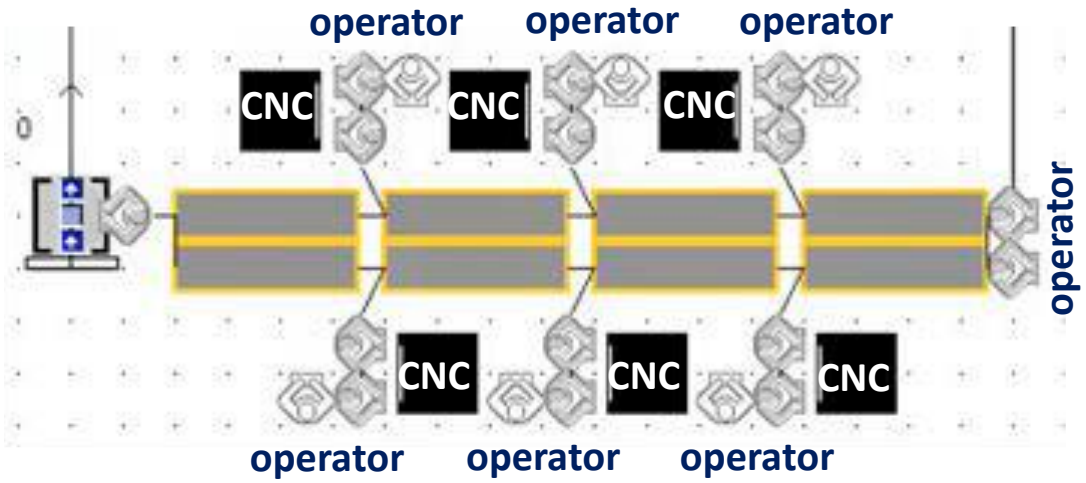
ยางรถยนต์

กรณีศึกษา ผู้จัดจำหน่ายรถยนต์

ระบบการผลิตได้รับการออกแบบเพื่อให้สามารถผลิตชิ้นส่วนได้ถึง 500,000 ชิ้นต่อปี

ตัวอย่างที่ 1: กลยุทธ์ของผู้ปฏิบัติงาน

- กำหนดกลยุทธ์การโหลดและการขนถ่ายผู้ปฏิบัติงานที่ดีที่สุดสำหรับกลุ่มเครื่อง CNC หกเครื่อง ซึ่งผู้ปฏิบัติงานสองคนโหลดและขนถ่ายชิ้นส่วน
- ผู้ปฏิบัติงานหนึ่งรายมีหน้าที่รับผิดชอบในการขนถ่ายวัสดุสามเครื่อง
- ระยะทางที่ผู้ปฏิบัติงานใช้ในทางเดินและระยะทางระหว่างเครื่องได้จากการจัดวางเครื่องจักร



แบบจำลองการทำงานสำหรับการขนถ่ายวัสดุในการควบคุมเชิงตัวเลข

Chavarria , 2018

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

ยางรถยนต์

กรณีศึกษา ผู้จัดจำหน่ายรถยนต์

ผลลัพธ์ ตัวอย่าง 1: กลยุทธ์ผู้ปฏิบัติงาน

Strategy	Productivity (parts per week)	Productivity (percentage)	Downtime (percentage)
Company Strategy	10738	60	12
Strategy 1	10390	62	12
Strategy 2	6634	58	12
Strategy 3	13767	72	12

Maximize

ผลลัพธ์ของการใช้กลยุทธ์ของผู้ปฏิบัติงานที่แตกต่างกันสำหรับการโหลดและการขนถ่ายวัสดุ

จากผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนการสังเกต กลยุทธ์ที่ดีที่สุดคือกลยุทธ์ 3

เพิ่มกลยุทธ์แบบใหม่ 3 แบบ:

1) ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติตามคำสั่งที่สร้างไว้ล่วงหน้าเพื่อโหลดและขนถ่ายเครื่องจักร
2) เครื่องจักรถูกซิงโครไนซ์เพื่อให้การดำเนินการเสร็จในเวลาเดียวกัน ผู้ประกอบการขนถ่ายชิ้นส่วนหลังจากที่เครื่องจักรทั้งหมดทำงานเสร็จ
3) ผู้ปฏิบัติงานจะทำงานพร้อมกับการประเมินเวลาที่จะเสร็จสิ้นสำหรับแต่ละเครื่อง และขนถ่ายเครื่องด้วยเวลาที่เร็วกว่าก่อนงานจะแล้วเสร็จ

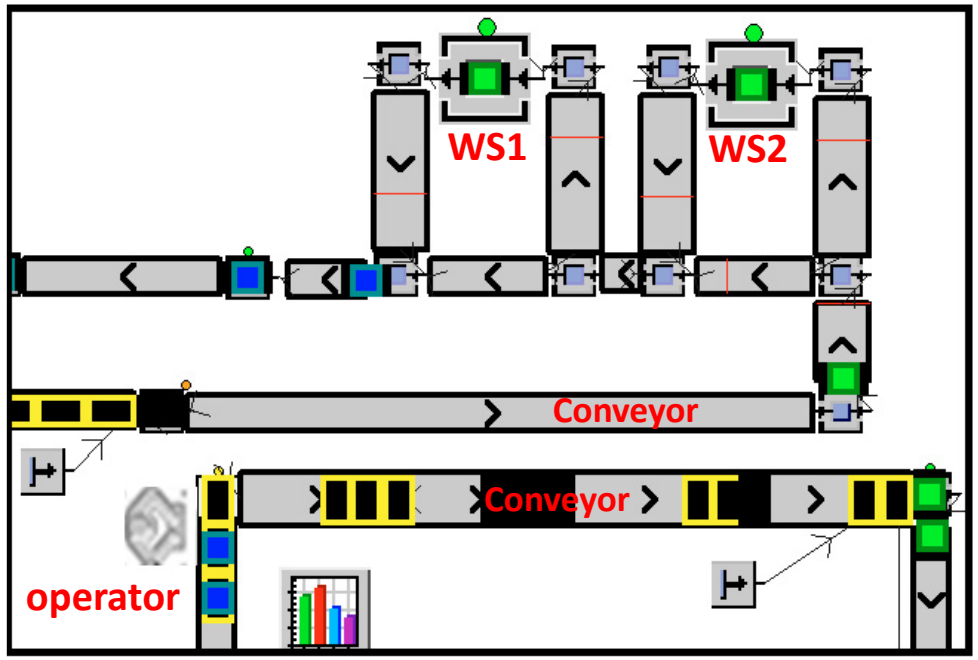
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Chavarria , 2018

ยางรถยนต์

กรณีศึกษา ผู้จัดจำหน่ายรถยนต์

ตัวอย่างที่ 2: จำนวนพาเลทที่เหมาะสม



Integrated Model สำหรับการทำงานอัตโนมัติสองแบบ

- การขนถ่ายวัสดุในโรงงานใหม่จะดำเนินการโดยผู้ปฏิบัติงานและผ่านระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ
- ระบบประกอบด้วยเวิร์กสเตชันสองเครื่อง แต่ละเครื่องมีสายพานลำเลียงอัตโนมัติ
- ผู้ประกอบการถ่ายโอนแต่ละพาเลทจากเวิร์กสเตชัน WS1 ไปยังเวิร์กสเตชัน WS2

- วัตถุประสงค์คือเพื่อ**คำนวณจำนวนพาเลทในแต่ละเวิร์กสเตชัน**
- การวัดค่าแบบมีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มผลผลิตของจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตต่อสัปดาห์

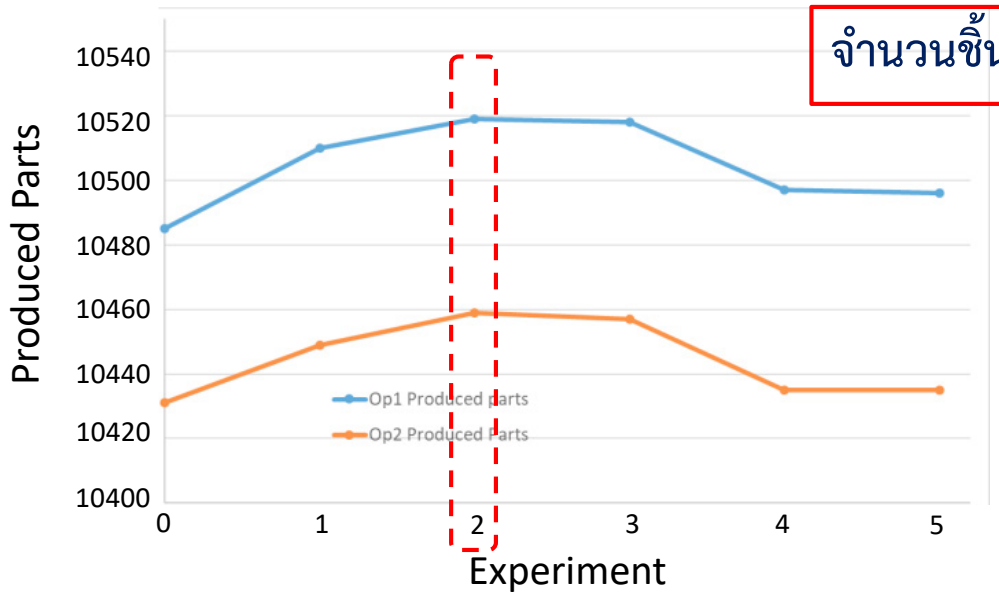
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Chavarria , 2018

ยางรถยนต์

กรณีศึกษา ผู้จัดจำหน่ายรถยนต์

ผลลัพธ์ตัวอย่าง 2: จำนวนพาเลทที่เหมาะสม



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพาเลท (การทดลอง) และจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิต

EXP	Pallets	WS1 Produced parts	WS2 Produced Parts
0	WS1 Pallets: 25 WS2 Pallets: 30	10485	10431
1	WS1 Pallets: 20 WS2 Pallets: 40	10510	10449
2	WS1 Pallets: 25 WS2 Pallets: 40	10519	10459
3	WS1 Pallets: 27 WS2 Pallets: 40	10518	10457
4	WS1 Pallets: 30 WS2 Pallets: 40	10497	10435
5	WS1 Pallets: 32 WS2 Pallets: 40	10496	10435

จำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตสำหรับการทดสอบแต่ละครั้ง

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

Chavarria , 2018

ยางรถยนต์

การระบุจุดวิกฤต	สร้างมุมมองเทคโนโลยีจาก Sensing, Smart and Sustainable Enterprise Reference Model (S3E-RM) ซึ่งช่วยให้การออกแบบองค์กรการผลิตแบบบูรณาการปรับปรุงกระบวนการออกแบบผังโรงงานโดยสร้างการคาดการณ์ที่แม่นยำทำให้สามารถประเมินทางเลือกที่แตกต่างกัน
ตัวบ่งชี้	ผลผลิต, จำนวนพาเลทที่เหมาะสม
การปรับปรุง	หากลยุทธ์ของผู้ปฏิบัติงานและจำนวนพาเลทที่เหมาะสม
ผลลัพธ์	กลยุทธ์ผู้ปฏิบัติงาน: กลยุทธ์ที่ดีที่สุดคือกลยุทธ์ 3 ข้อมูลที่ได้จากโรงงานจริงจะถูกใช้เพื่อปรับโมเดลและทำการปรับปรุงหากจำเป็น จำนวนพาเลท: เมื่อเปรียบเทียบกับการประมาณการเบื้องต้นจำนวนพาเลทที่เหมาะสมแสดงถึงการเพิ่มขึ้น 40 ส่วนต่อสัปดาห์

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

Chavarria , 2018

ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ

- **แนะนำวิธีการกำหนดจำนวนรถยนต์นำทางอัตโนมัติและการเลือกเส้นทางการขนส่งภายในบริษัทที่ดีที่สุด**
  - ระบบโลจิสติกส์ภายในโรงงานซึ่งมุ่งเน้นการเติบโตของปริมาณการผลิต การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะต้องมีเส้นทางการขนส่งภายในใหม่

การคำนวณแบบคงที่ของจำนวนยานพาหนะและการรวบรวมข้อมูล

- ต้องทำการคำนวณก่อนการรวบรวมข้อมูล
- บริษัทดำเนินการในโหมดการทำงานแบบสามกะ ซึ่งคาดว่าจะใช้เวลาทำงานของยานพาหนะต่อกะเป็น 7.5 ชั่วโมง ยานพาหนะจะชาร์จที่สถานีชาร์จอย่างรวดเร็วในช่วงพักครึ่งชั่วโมงของคนงาน
- ข้อมูลอื่นที่ต้องคำนวณคือพารามิเตอร์**ความเร็วของยานพาหนะ** และ**เวลาในการโหลดและขนถ่าย**

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

ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ

การออกแบบแบบจำลอง

- การสร้างรางสำหรับเคลื่อนย้ายยานพาหนะ
- การสร้างสถานีขนถ่าย
- การสร้างยานพาหนะเพื่อขนส่งผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป
- การสร้างกฎสำหรับแต่ละรูปแบบ
- การตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของโมเดลที่สร้างขึ้น

แบบจำลองการสร้างภาพ 2D และ 3D ในการจำลองผังโรงงาน

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

ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ

การทดลองของแบบจำลอง

ผลลัพธ์ของการจำลองเส้นทางการขนส่งที่เสนอควรได้รับการประเมินพร้อมกันและเปรียบเทียบกับเส้นทางการเปลี่ยนแปลงที่เสนอ สถานะที่คาดหวังของการผลิตเนื่องจากการขนส่งโลจิสติกคาดว่าจะเพิ่มขึ้นถึง 66 ชิ้น

ชุดของการทดลองได้ดำเนินการขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแบบจำลอง

- **การทดลองกำหนดจำนวนยานพาหนะที่จำเป็น**
- **การทดลองประเมินเส้นทาง**
- **การทดลองจำลองการเปลี่ยนแปลงในระบบ**

ในแบบจำลองนั้นความเร็วเดิมของยานพาหนะถูกกำหนดไว้ที่ค่า

1.2 m / ต่อวินาทีในทางตรง และ 0.8 m / ต่อวินาทีในโค้ง

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

ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ

การจำลองยานพาหนะนำทางอัตโนมัติในโรงงาน

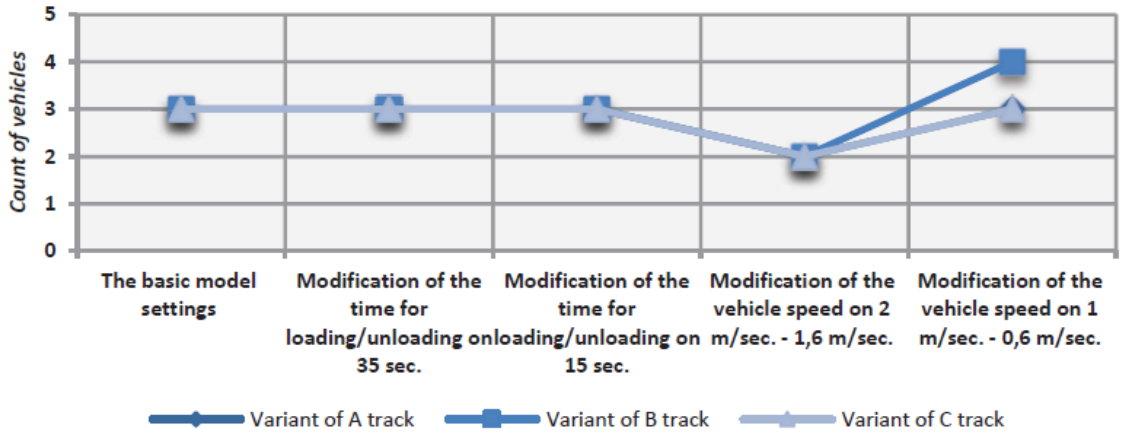
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ

การปรับพารามิเตอร์**ความเร็ว**สองรายการดำเนินการดังนี้:

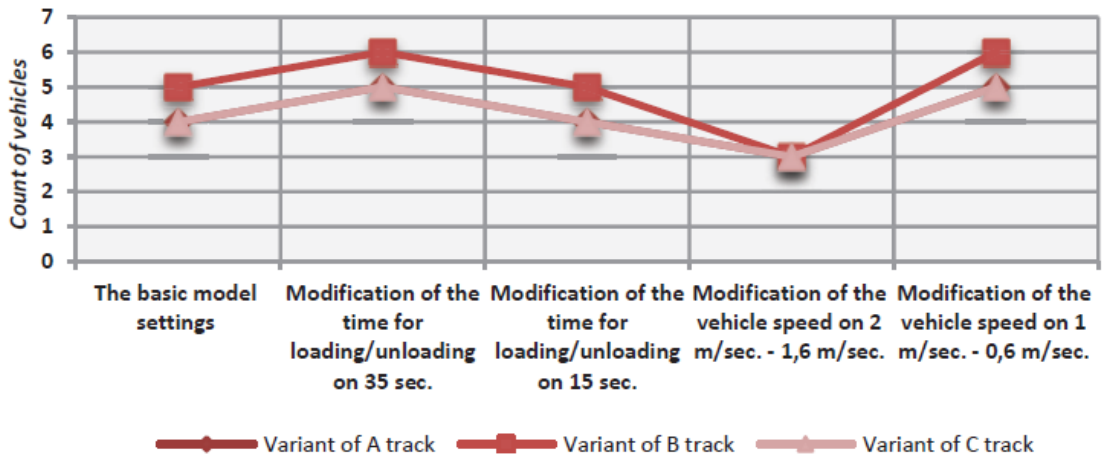
- ความเร็วของยานพาหนะ**ลดลง** 1 ม. / ต่อวินาทีเป็นเส้นตรงและ 0.5 มม. / ต่อวินาทีบนโค้ง
- ความเร็วของยานพาหนะ**เพิ่มขึ้น** 2 ม. / ต่อวินาทีเป็นเส้นตรงและ 1.6 เมตร / ต่อวินาทีบนโค้ง

จำนวนการพัฒนาของยานพาหนะในการตั้งค่าระบบเฉพาะ
สำหรับสถานะการผลิตจริง



การทดลองแบบจำลอง

สำหรับสถานะการผลิตในอนาคต
(เพิ่มสูงสุด 66 ชิ้น)



โมเดลพื้นฐาน

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

Vavrík, 2017

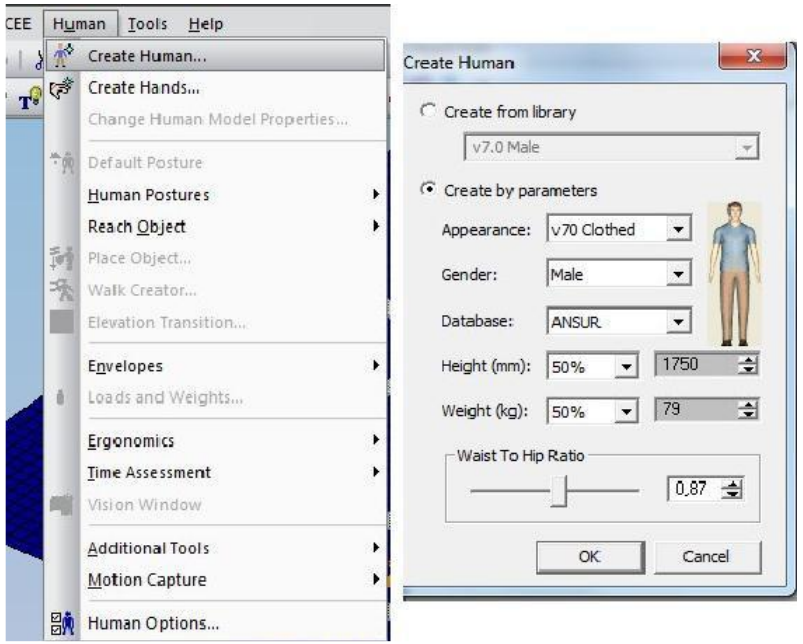
ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ

การระบุจุดวิกฤต	การเติบโตของปริมาณการผลิต
ตัวบ่งชี้	พารามิเตอร์ประสิทธิภาพและเวลารอคอยของยานพาหนะ
การปรับปรุง	แนะนำวิธีการกำหนดจำนวนรถยนต์นำทางอัตโนมัติและการเลือกเส้นทางการขนส่งภายในบริษัทที่ดีที่สุด, หาเส้นทางโลจิสติกภายในใหม่
ผลลัพธ์	ผลการจำลองระบบโลจิสติกส์เป็นตัวแปรในการเพิ่มการใช้พื้นที่ปฏิบัติการ เพิ่มประสิทธิภาพการจัดหาวัสดุและสร้างผังโรงงานที่สามารถตอบสนองความต้องการของบริษัทในอนาคตได้อย่างยืดหยุ่น

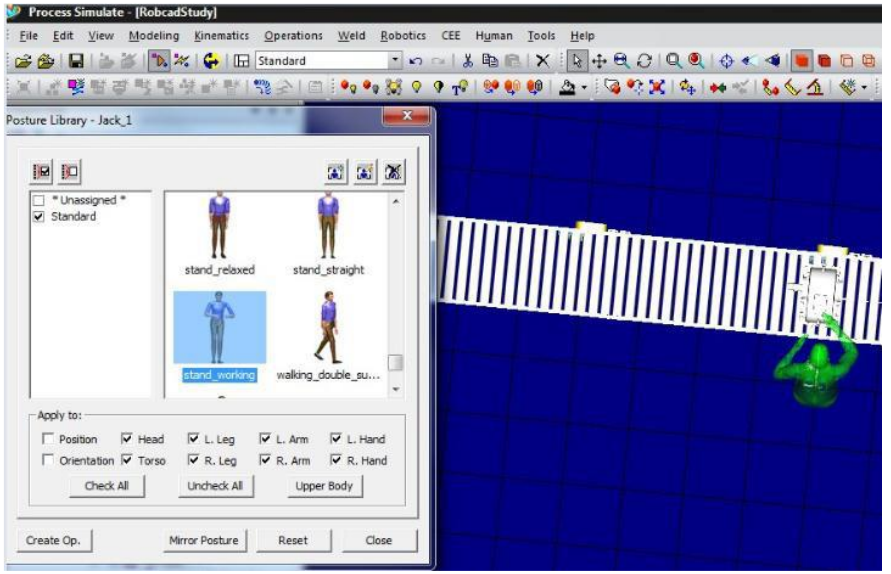
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

ปฏิบัติงานของมนุษย์และหุ่นยนต์

- บทความนี้แสดงกระบวนการพื้นฐานของการจำลองซึ่งเป็นการทำงานของมนุษย์และการทำงานของหุ่นยนต์
  - สร้างแบบจำลอง 3 มิติของมนุษย์และนำไปไว้ในที่ทำงาน



การสร้างมนุษย์ในกระบวนการจำลอง

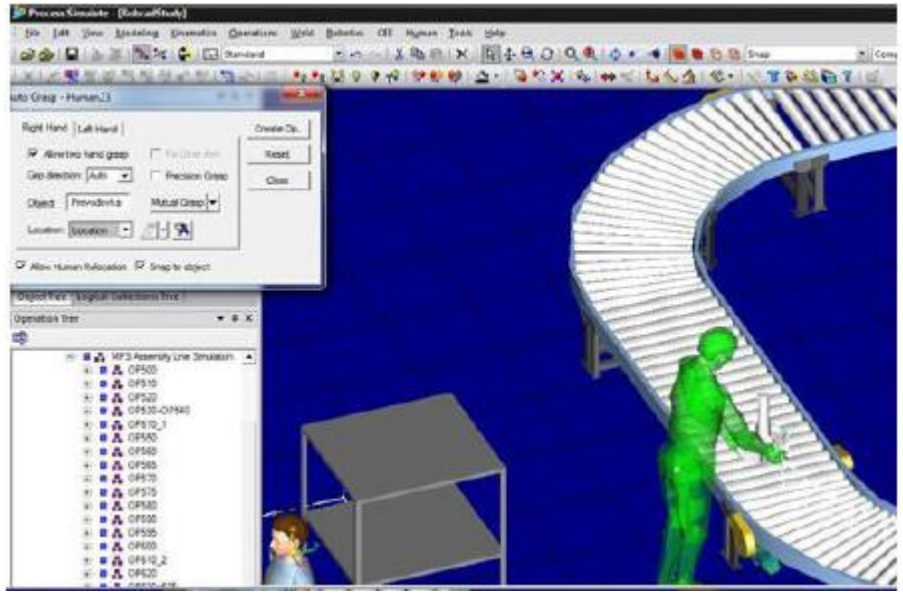


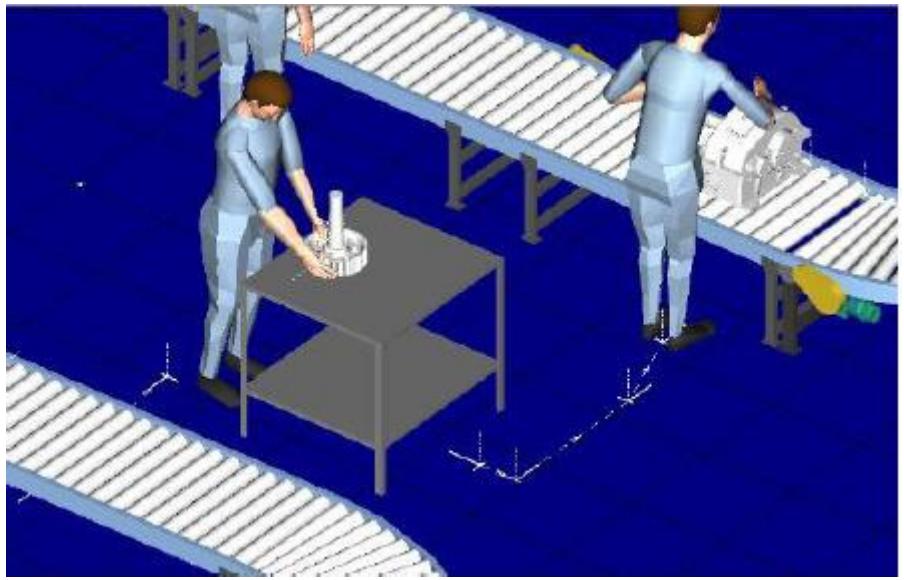
ท่าทางมนุษย์ใหม่จะถูกสร้างและบันทึกด้วยตำแหน่งที่เลือกของแบบจำลองมนุษย์

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

ปฏิบัติงานของมนุษย์และหุ่นยนต์

การปฏิบัติการของมนุษย์ที่จำเป็นต่อไปคือการเข้าใจวัตถุ นอกจากนี้ยังมีวิธีเพิ่มเติมในการจับวัตถุ เช่น การใช้มือทั้งสองโหมดอัตโนมัติจับวัตถุที่เลือกจากที่ทำงาน และการอนุญาตให้เปลี่ยนตำแหน่งสำหรับการจับวัตถุ





เอื้อมจับวัตถุ

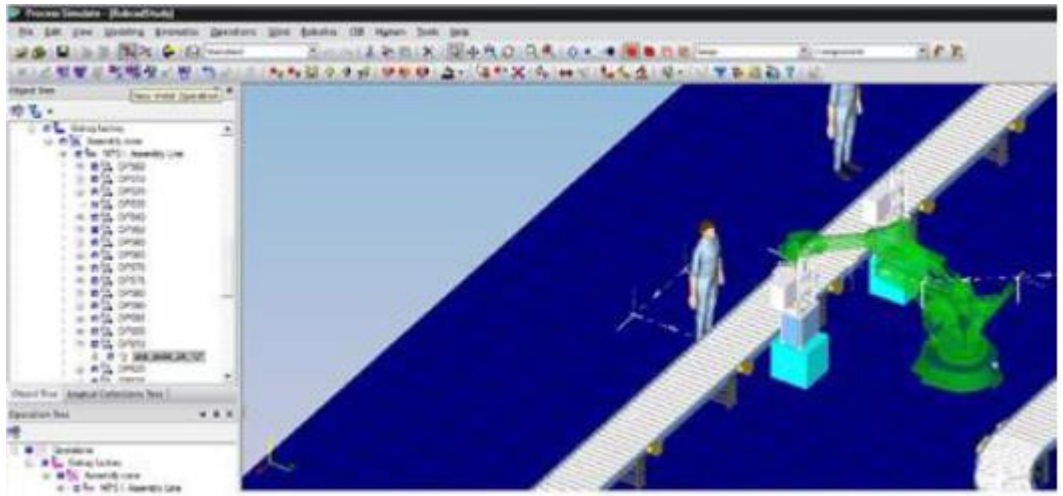
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

ปฏิบัติงานของมนุษย์และหุ่นยนต์

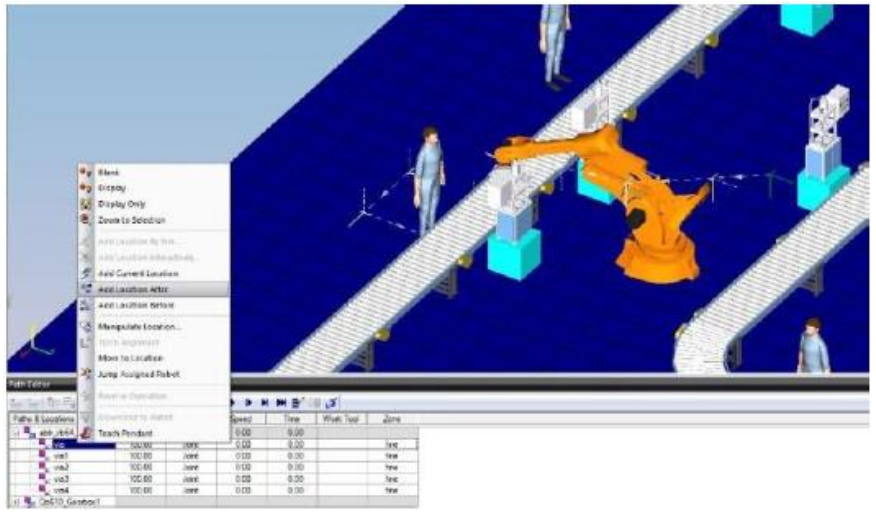
- **การสร้างการทำงานของหุ่นยนต์**

การทำงานของหุ่นยนต์ใหม่จะเริ่มเลือกรุ่นของหุ่นยนต์ที่ต้องการ

จากนั้นสร้างการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ตามต้องการโดยใช้ Path Editor เพื่อปรับตำแหน่งบางส่วนของหุ่นยนต์และเวลาที่จำเป็นในการเข้าถึงตำแหน่งเหล่านี้



การสร้างการทำงานของหุ่นยนต์



Path Editor

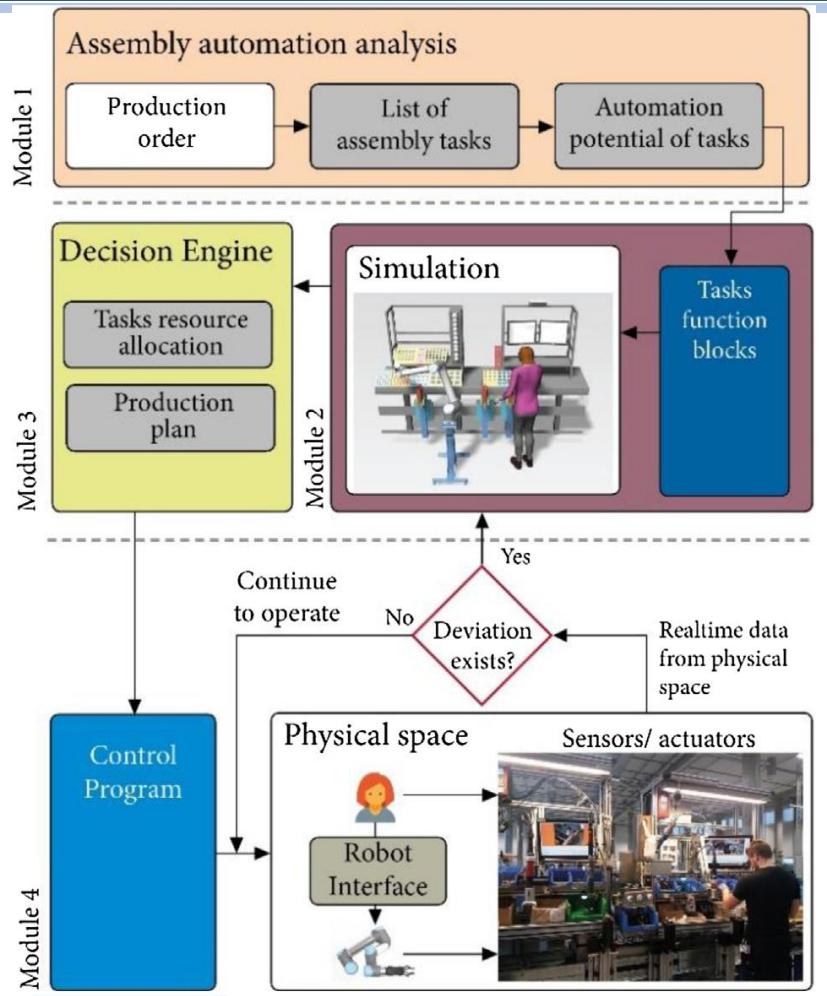
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์: การประกอบ

- นอกจากความสำคัญของงานประกอบในการผลิตแล้ว การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ทำงานร่วมกันในระบบประกอบที่หลากหลายนั้นมีข้อจำกัดมาก

- ปัญหาที่แก้ไขได้โดยนำเสนอ Digital twin สำหรับการประกอบ HRC คือ:

- ปรับสมดุลภาระงานอย่างรวดเร็วตามทักษะระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์เพื่อความหลากหลายของผลิตภัณฑ์
- ปรับสมดุลภาระงานแบบไดนามิกในระหว่างการดำเนินการสำหรับปัจจัยมนุษย์
- การวางแผนเส้นทางและสร้างโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์



Digital twins ในการประกอบ HRC

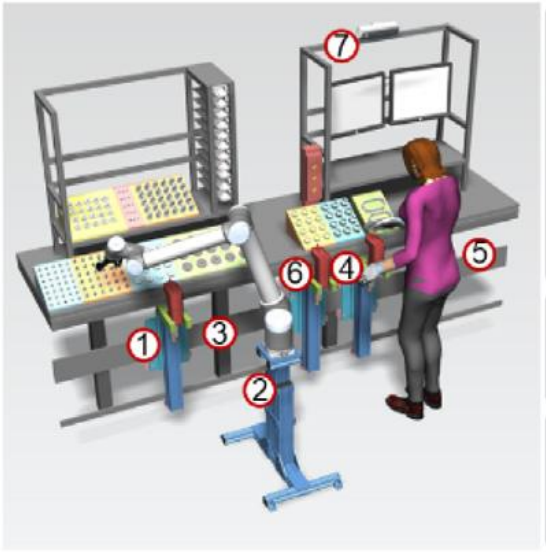
Bilberg, 2019

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

การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์: การประกอบ

ปัจจัยมนุษย์ยังคงมีบทบาทอย่างต่อเนื่องในระบบเครื่องจักร
หากผู้ปฏิบัติงานในเวิร์กสเตชันล่าช้า หลอดไฟจะแจ้งเตือนผู้ปฏิบัติงาน เพื่อช่วยในการทำงานให้เสร็จ
เมื่องานที่ล่าช้าเสร็จสมบูรณ์ระบบการผลิตทั้งหมดจะกลับมาทำงานต่อ

แสดงจุดที่ใช้เซ็นเซอร์ต่าง ๆ เพื่อส่งสัญญาณระบบควบคุมสำหรับเหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นที่เซลล์ประกอบ



Proximity sensors	1. Product reaches robot location 3. Conveyer leaves robot location 4. Product reaches operator location 5. Product leaves operator location 6. Blocking by work in process
Robot feedback	2. Robot tasks completed
Kinect sensor	7. Operator leaves or enters the workspace

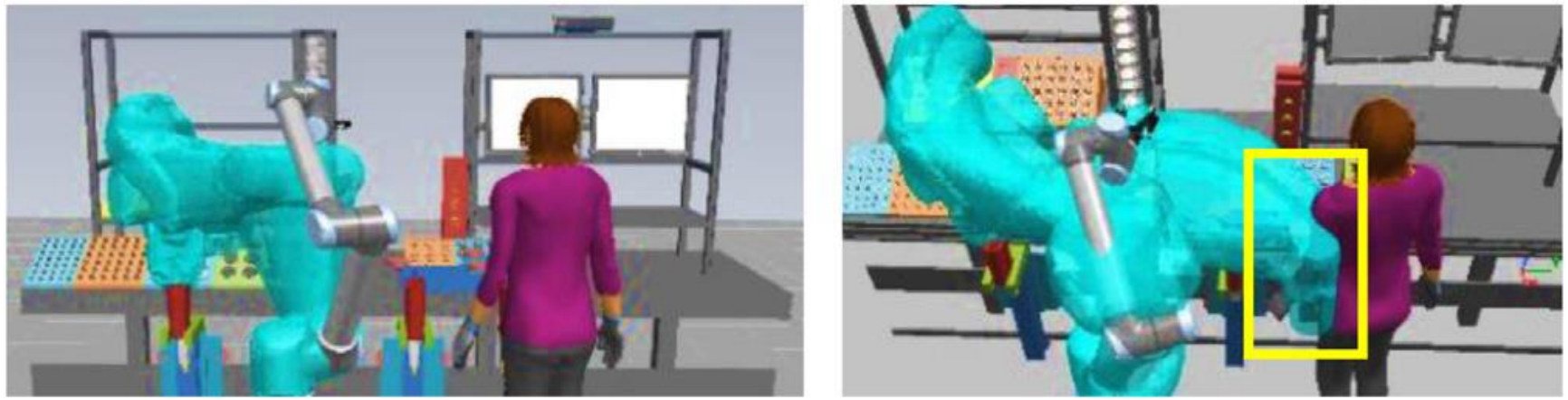
ความคิดเห็นในการประกอบ HRC สำหรับการส่งสัญญาณเหตุการณ์สำคัญ

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

การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์: การประกอบ

เป็นสิ่งสำคัญที่ระบบ HRC จะต้องมีความปลอดภัยสำหรับมนุษย์

ในบางสถานการณ์หุ่นยนต์ต้องหยุดทันทีหากผู้ปฏิบัติงานเข้าใกล้หุ่นยนต์มากเกินไป

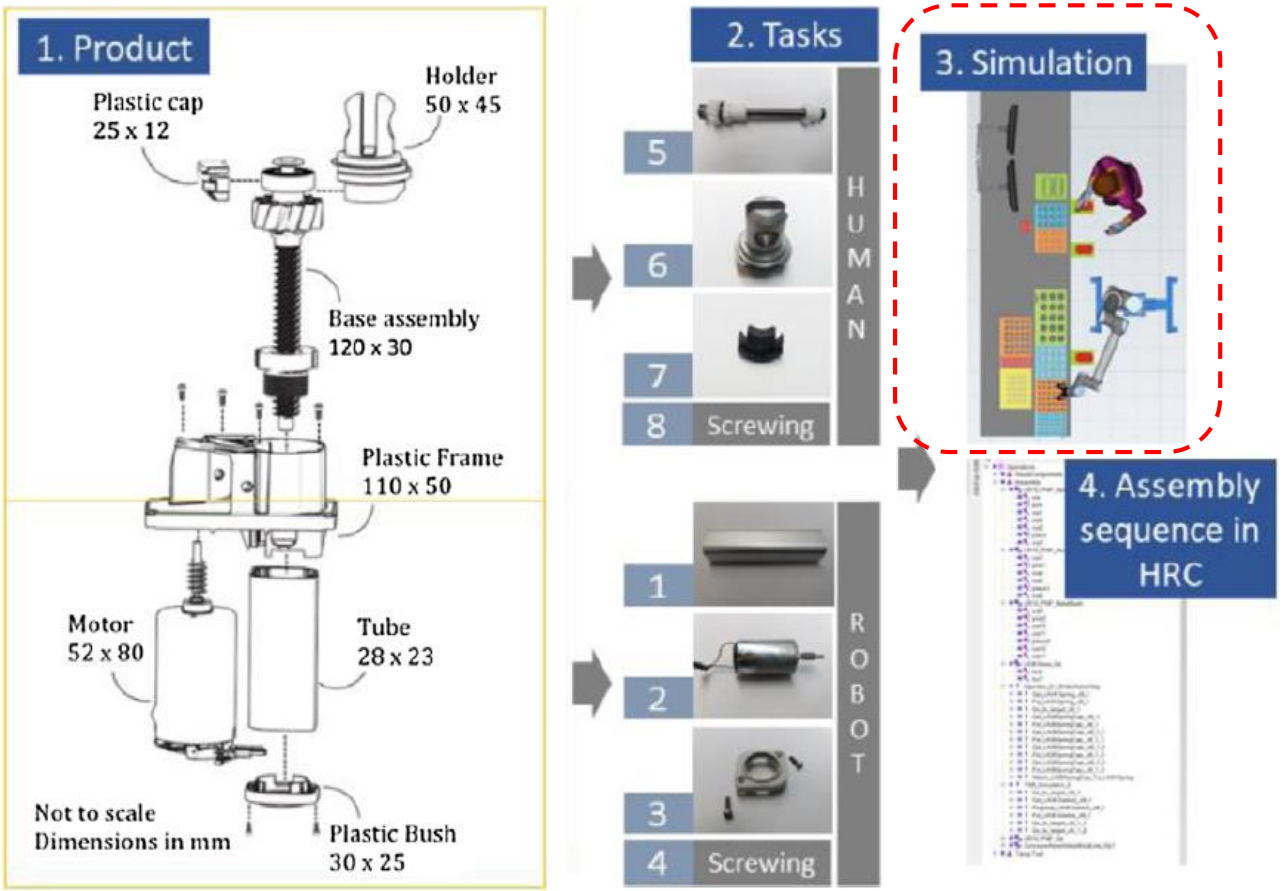


วิถีหุ่นยนต์และการชนกันของมนุษย์ที่เป็นไปได้

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

การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์: การประกอบ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ถูกประกอบเป็นกระบวนการด้วยตนเองและถูกตรวจสอบเพื่อการผลิตด้วย HRC

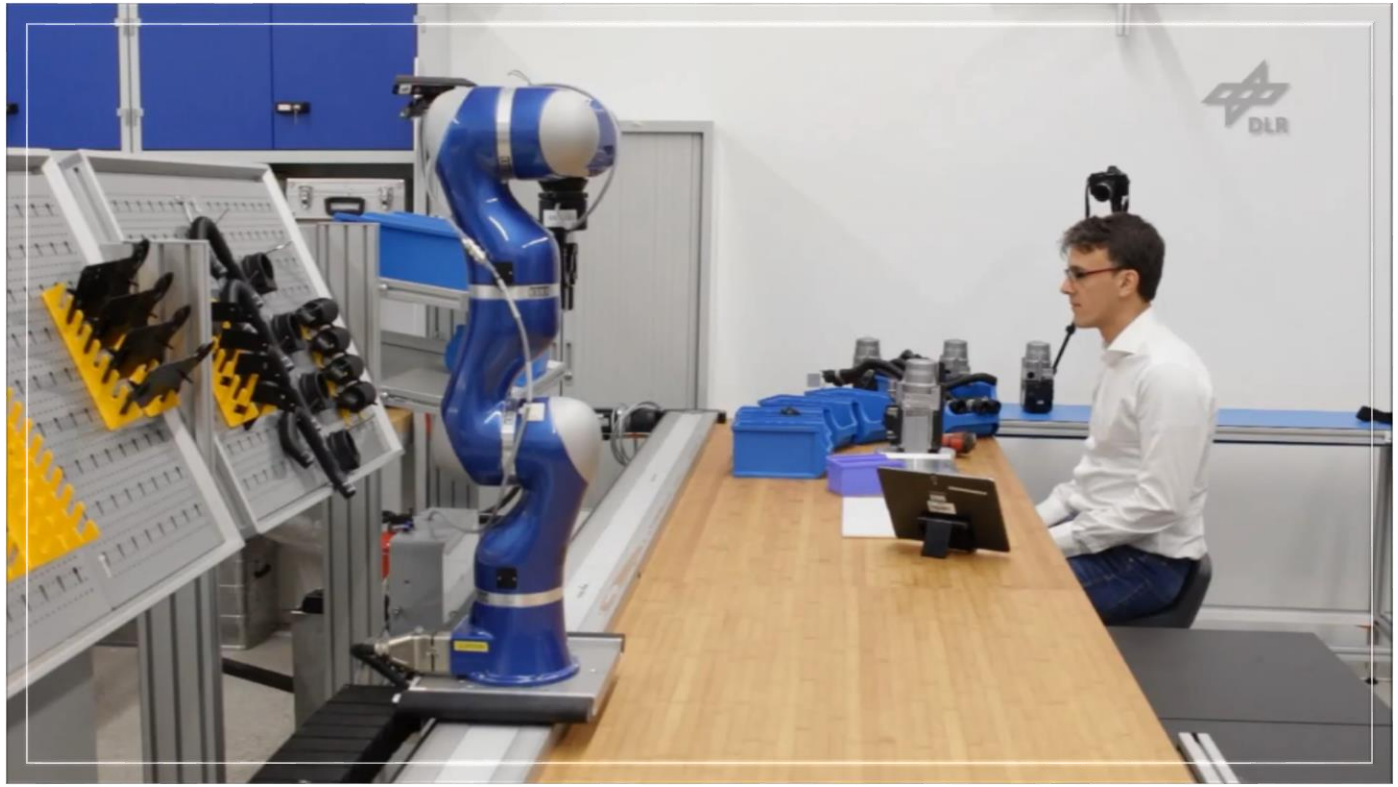


- การประกอบงาน 1, 2, 3 และ 4 คือการเลือก, วาง, ขันสกรู และมอบหมายให้หุ่นยนต์
- งาน 5, 6, 7 และ 8 ถูกเก็บด้วยตนเอง
- ลำดับต่อไปจะถูกส่งไปยังการจำลอง การจำลองสถานการณ์ได้รับการพัฒนาโดยสร้างตามโปรแกรมควบคุม
- การตรวจสอบงานระหว่างทำได้รับการตรวจสอบความถูกต้องกับงาน 8 ที่หุ่นยนต์สามารถทำงานการขันสกรูได้
- ตำแหน่งของมนุษย์ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งนั้นถูกรวมเข้ากับโมเดลการจำลอง เพื่อสร้างสิ่งกีดขวางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

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

การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์: การประกอบ

การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ที่มีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรม



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

การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์: การประกอบ

การระบุจุดวิกฤต	ความปลอดภัยของมนุษย์และการกำหนดรูปแบบใหม่ในงานประกอบ
ตัวบ่งชี้	ความเป็นไปได้ในการซิงโครไนซ์ที่เพียงพอระหว่างพื้นที่ทางกายภาพและดิจิตอล และแบบจำลองความเที่ยงตรงสูง
การปรับปรุง	แบบจำลองเสมือนจริง 3 มิติของความร่วมมือระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์
ผลลัพธ์	ความง่ายของระบบอัตโนมัติและความพร้อมใช้งานของทรัพยากรงานที่ได้รับมอบหมายให้ทรัพยากรที่เหมาะสม ตำแหน่งของมนุษย์ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งนั้นถูกรวมเข้ากับโมเดลการจำลอง เพื่อสร้างสิ่งกีดขวางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ วิธีการนี้สนับสนุนแนวคิดของระบบอัตโนมัติในขณะที่ยังคงความยืดหยุ่นในการประกอบ

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

การยศาสตร์ในทางปฏิบัติ

- ประเมินด้วยความช่วยเหลือของโมเดลมนุษย์ดิจิทัลโดยใช้ซอฟต์แวร์สองชุด (Tecnomatix Jack และ Delmia) และการวิเคราะห์ตามหลักสรีรศาสตร์
  - การประเมินสถานที่ทำงานที่มีอยู่ในสถานที่ทำงานเฉพาะ - เย็บเข็มขัดนิรภัย

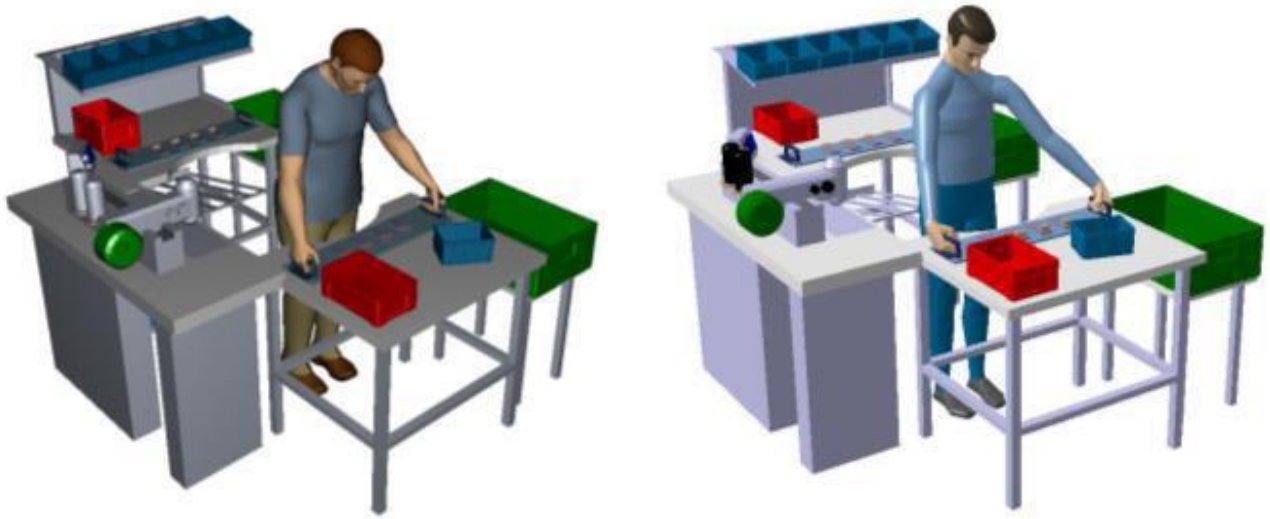
เงื่อนไขเหล่านี้คือ:

a) ซอฟต์แวร์สามารถแสดงสถานที่ทำงานที่ถูกตรวจสอบได้อย่างสมบูรณ์เหมือนกัน

b) ขนาดและสัดส่วนที่เท่ากันของโมเดลมนุษย์แบบดิจิตอล

c) การวิเคราะห์ต้องทำงานบนหลักการเดียวกันการคำนวณเดียวกันหรือมาตรฐานเดียวกัน

d) การวิเคราะห์มีตัวเลือกเดียวกัน



Tecnomatix Jack and Delmia V5 Human workplace models

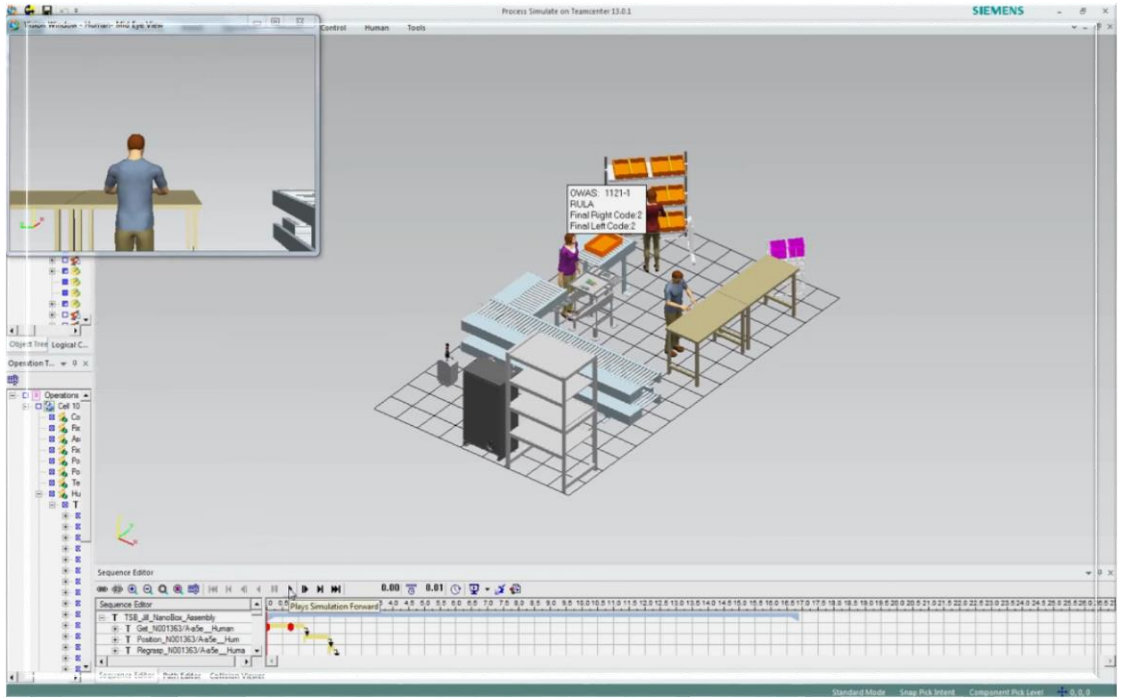
Polášek, 2014

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

การยศาสตร์ในทางปฏิบัติ

สำหรับกิจกรรมที่เกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกในสถานที่ทำงาน จำเป็นต้องใส่ใจกับความเครียดของพนักงาน การวิเคราะห์เหล่านี้คือ:

- การวิเคราะห์ดำเนินการ (ข้อจำกัดของด้วยตนเอง)
- การวิเคราะห์ Lift-Lower (NIOSH)
- การวิเคราะห์ทางสรีรศาสตร์ (หลังส่วนล่าง)



Tecnomatix - การจำลองมนุษย์

Polášek, 2014

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

การยศาสตร์ในทางปฏิบัติ

การวิเคราะห์ดำเนินการ (ข้อจำกัดของตนเอง)

ขนย้ายจิ๊กไปสถานีเย็บ

แสดงค่าผลลัพธ์ของ MAW – น้ำหนักที่ยอมรับได้สูงสุด ซึ่งเป็นน้ำหนักที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถดำเนินการได้โดยไม่มีความเสี่ยง

ผลลัพธ์สำหรับการขนย้าย

	Maximum Acceptable Weight [kg]			
	1 carry every 16s		1 carry every 60s	
	Jack	**Delmia**	**Jack**	**Delmia**
Man	11 kg	10,34 kg	15 kg	14,96 kg
Woman	10 kg	9,21 kg	13 kg	13,15 kg

Polášek, 2014

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

การยศาสตร์ในทางปฏิบัติ

การวิเคราะห์ Lift-Lower (NIOSH)

ค่าผลลัพธ์ของ RWL และ LI สำหรับพนักงานหลังจากยกจิ๊กจับยึดจากตาราง RWL - ขีดจำกัด น้ำหนักที่แนะนำคือน้ำหนักการยกที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถยกได้โดยไม่มีความเสี่ยง

ผลการยกสิ่งของ

	Recommended Weight Limit [kg]	
	Jack	**Delmia**
Man	21,5 kg	18,7 kg
Woman	19,8 kg	17,2 kg

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

Polášek, 2014

การยศาสตร์ในทางปฏิบัติ

การวิเคราะห์ทางสรีรศาสตร์ (หลังส่วนล่าง)

ผลจากการวิเคราะห์ทางสรีรศาสตร์ (หลังส่วนล่าง)

	Compression limit L4-L5[N]	
	Jack	**Delmia**
Man	1429 N	1513 N
Woman	987 N	1175 N

วางตำแหน่งแบบจำลองของมนุษย์ในการทดลองทั้งสองในท่าเดียวกัน ความแตกต่างเล็กน้อยในข้อต่อเดียวอาจทำให้เกิดแรงกดแตกต่างกันมาก

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

Polášek, 2014

การยศาสตร์ในทางปฏิบัติ

- ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์แสดงว่าผลลัพธ์ไม่ตรงกัน
- ความจริงนี้เกิดจากความเป็นไปได้ที่แตกต่างกันของการตั้งค่าในซอฟต์แวร์ที่เปรียบเทียบกัน
- ไม่สามารถบอกได้ว่า Delmia ทั้ง Tecnomatix นั้นแม่นยำกว่าเพราะขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ที่เป็นรูปธรรม
- การทดลองของเรายืนยันว่าการวิเคราะห์ในซอฟต์แวร์ทั้งสองทำงานบนหลักการเดียวกันโดยมีผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน
- มีซอฟต์แวร์ทั้งสองเหมาะสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพตามหลักสรีระศาสตร์ของสถานที่ทำงาน แต่ต้องมีการเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดเมื่ออธิบายผลลัพธ์
- ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ตามหลักสรีรศาสตร์ระหว่างชายและหญิงนั้นแตกต่างกันตามธรรมชาติ
- ความแตกต่างนี้มีสาเหตุมาจากสัดส่วนของเพศที่แตกต่างกัน

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

Polášek, 2014

การยศาสตร์ในทางปฏิบัติ

การระบุจุดวิกฤต	ป้องกันการขาดงานเพิ่มขึ้นเนื่องจากปัญหาสุขภาพการหมุนเวียนของพนักงานมากเกินไป และค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งยังจ่ายค่าชดเชยสำหรับพนักงานที่บาดเจ็บ
ตัวบ่งชี้	น้ำหนักที่ยอมรับได้, ขีดจำกัดน้ำหนักที่แนะนำ, ขีดจำกัดการบีบอัด
การปรับปรุง	การจำลองกระบวนการทำงาน (การดำเนินการ (จำกัด การจัดการด้วยตนเอง), การวิเคราะห์ Lift-Lower (NIOSH), การวิเคราะห์ทางสรีรศาสตร์ (หลังส่วนล่าง)
ผลลัพธ์	สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถและความต้องการของผู้ปฏิบัติงาน นำไปสู่การผลิตหรือประกอบที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและปลอดภัยยิ่งขึ้นด้วยการทำงานน้อยลง

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

Polášek, 2014

Digital Mock-Up สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องกล

- แง่มุมขององค์ประกอบของการจำลองแบบดิจิตอลและข้อกำหนดในรูปแบบ digital mock-up(DMU)

การจำลองแบบดิจิตอลมีข้อดีหลายประการเช่น:

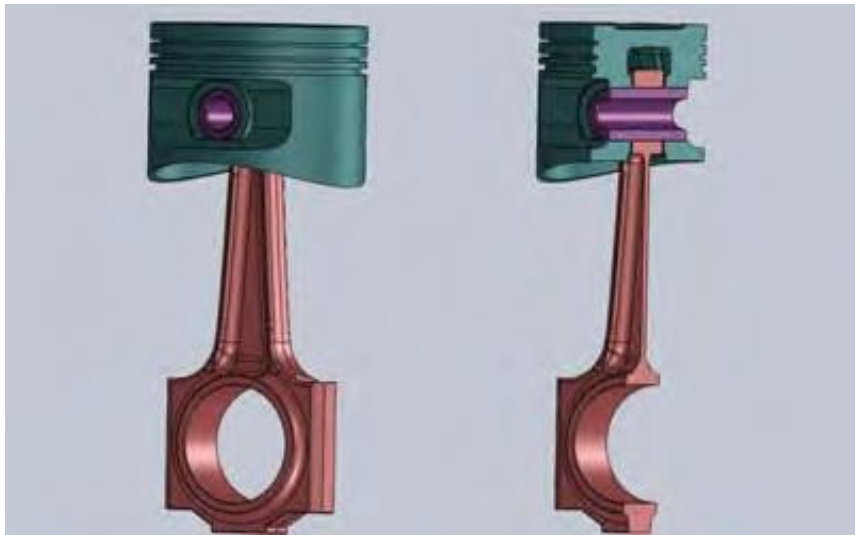
- ลดเวลาในการทำตลาด โดยการระบุปัญหาในการออกแบบ
- ลดต้นทุนการผลิต โดยลดจำนวนต้นแบบที่ต้องทำ
- ปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการจัดสรรโครงการทางเลือกและจะตรวจสอบโครงการก่อนปฏิบัติจริง
- การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับฟังก์ชั่นผลิตภัณฑ์ภายในองค์กร

DMU ของผลิตภัณฑ์เครื่องกลเป็นข้อมูลทางวิศวกรรมที่สำคัญในบริษัท สามารถสนับสนุนกิจกรรมทั้งหมดในวงจรชีวิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์รวมถึงการออกแบบการผลิต

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

Digital Mock-Up สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องกล

- สิ่งนี้มุ่งเน้นการพัฒนาและวิเคราะห์ความสำคัญและผลกระทบของกลยุทธ์ CAD เกี่ยวกับระบบการจัดการวงจรผลิตภัณฑ์ (PLM) ในการจัดการความรู้และวิธีการสร้างแบบจำลองพารามิเตอร์
- **กรณีศึกษา การวิเคราะห์ก้านเชื่อมต่อ**

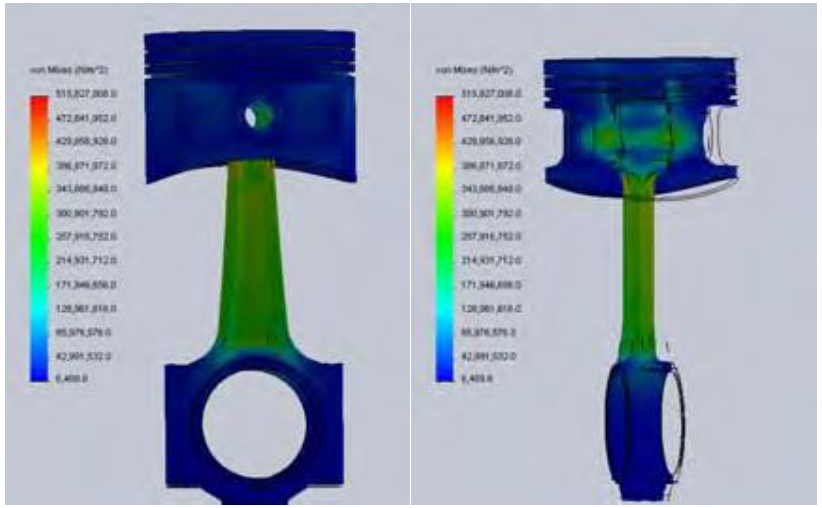


โมเดล SolidWorks ของชุดประกอบก้านสูบแบบลูกสูบ

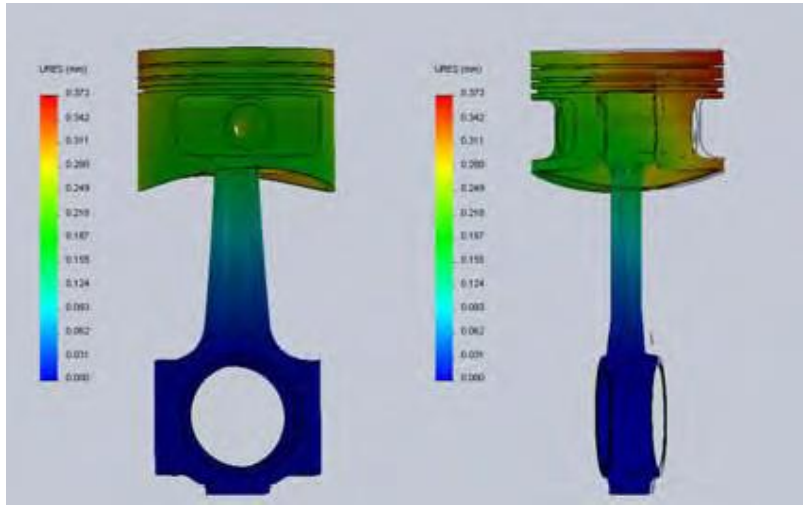
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Digital Mock-Up สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องกล

การวิเคราะห์โครงสร้าง ด้วยวิธีคำนวณความเครียดใน FEA โดยใช้แบบจำลองโครงสร้าง



การกระจายความเค้นในแกนเชื่อมต่อเป็นผลมาจากแรงดันสูงสุดโดยพิจารณา Von Mises สำหรับแรงกดอัด

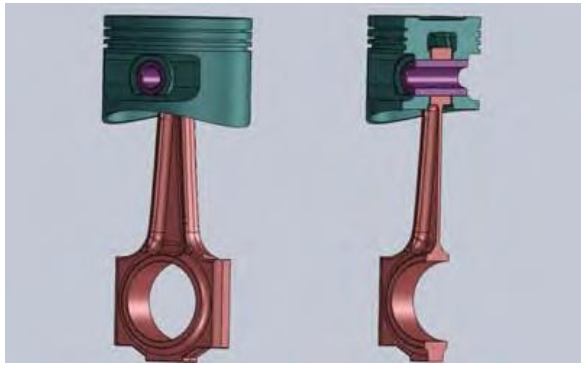


การเคลื่อนที่ในก้านสูบเป็นผลมาจากแรงกดสูงสุดของแรงกดอัด

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

Digital Mock-Up สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องกล

การระบุจุดวิกฤต	ความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนั้นจำเป็นต้องใช้การสร้างต้นแบบเสมือนจริงที่ใช้งานได้
ตัวบ่งชี้	ความเครียด
การปรับปรุง	สร้างฟังก์ชันต้นแบบเสมือนจริงพร้อมการจำลอง
ผลลัพธ์	การออกแบบจำลองแบบดิจิตอลช่วยให้วิศวกรสามารถออกแบบ, สร้างแบบจำลองโครงสร้างที่ซับซ้อนและตรวจสอบการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยไม่ต้องใช้การก่อสร้างจริง

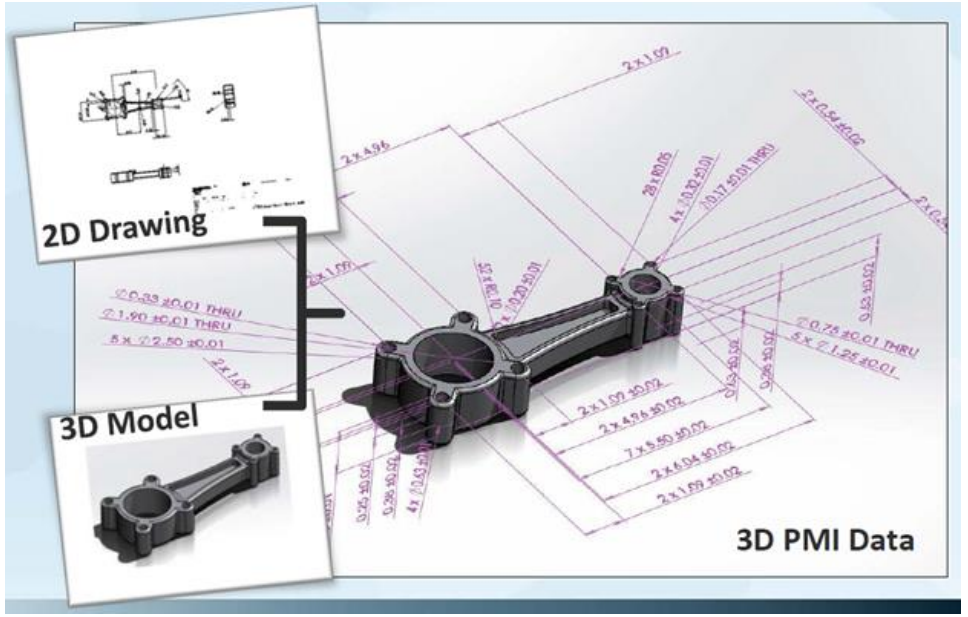


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

เทคโนโลยีการออกแบบยานอวกาศ

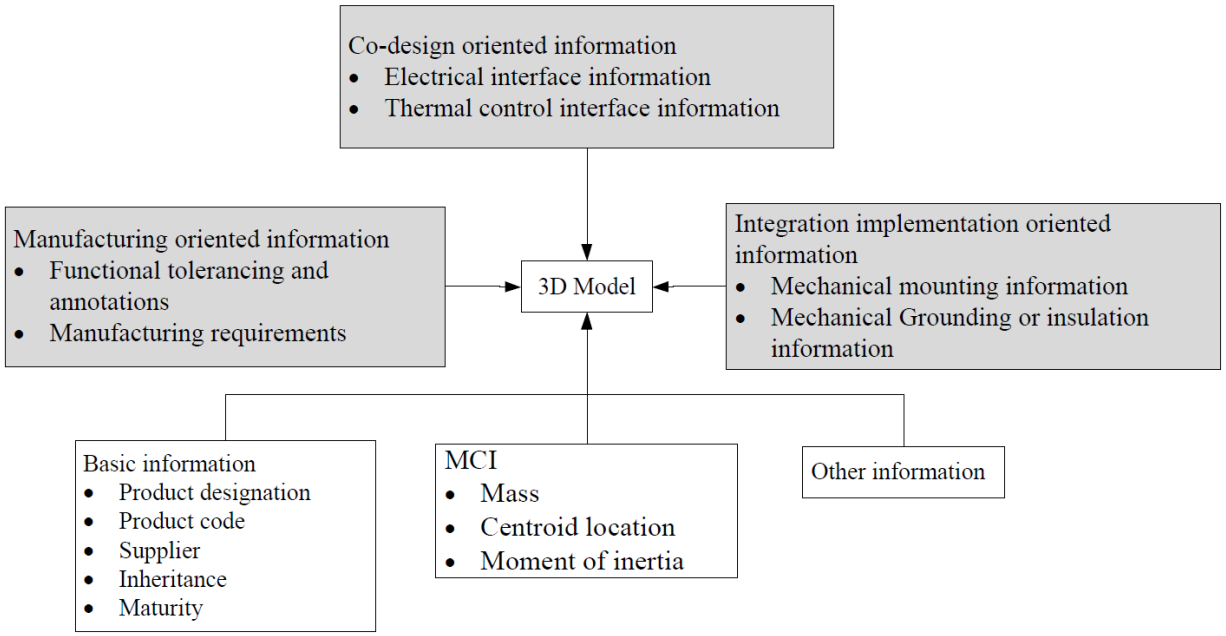
❑ การจำลองแบบดิจิตอล เพื่อสนับสนุนการออกแบบร่วมกันของระบบย่อยทั่วไปของยานอวกาศ

- การจำลองยานอวกาศแบบดิจิตัลคือการประกอบ Model-Based Design (MBD) ของส่วนประกอบโครงสร้างอุปกรณ์ระบบและอุปกรณ์เสริมทั้งหมด
- เทคโนโลยี MBD เป็นวิธีการแสดงข้อมูลคำจำกัดความของผลิตภัณฑ์อย่างสมบูรณ์ ด้วยโมเดลเอนทิตีสามมิติแบบรวม
- เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของการออกแบบยานอวกาศ การผลิต การประกอบและการออกแบบการทำงานร่วมกันของระบบย่อยที่แตกต่างกันต้องมีความสัมพันธ์กัน

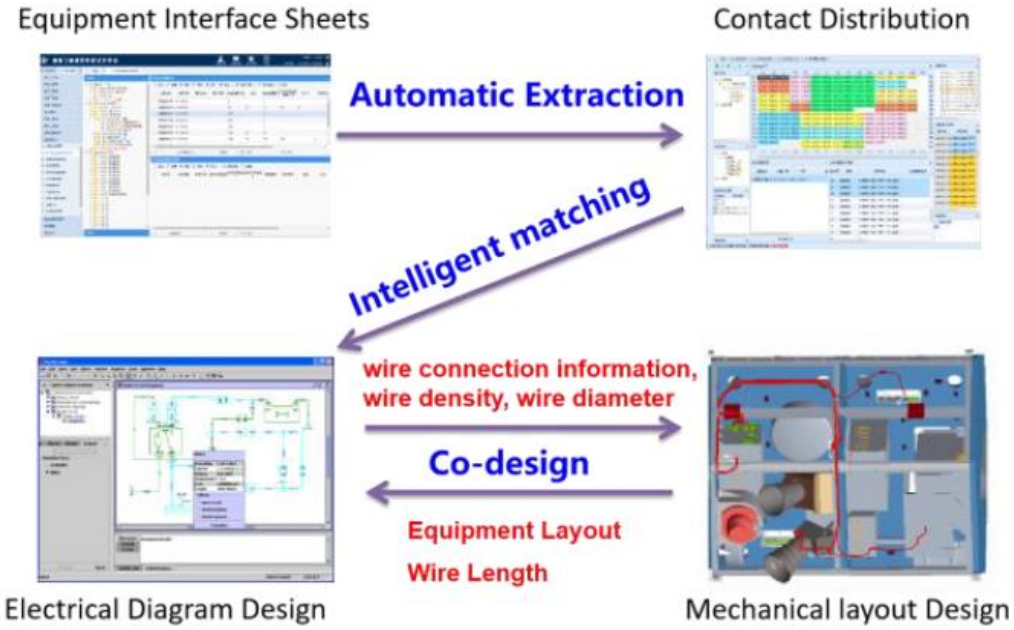


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

เทคโนโลยีการออกแบบยานอวกาศ



โครงสร้าง MBD ขึ้นอยู่กับการออกแบบการรวมยานอวกาศ



แผนภาพไฟฟ้าและการวางผังเครื่องจักรกล Co-Design

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

เทคโนโลยีการออกแบบยานอวกาศ

การรวมกันของการออกแบบการผลิต

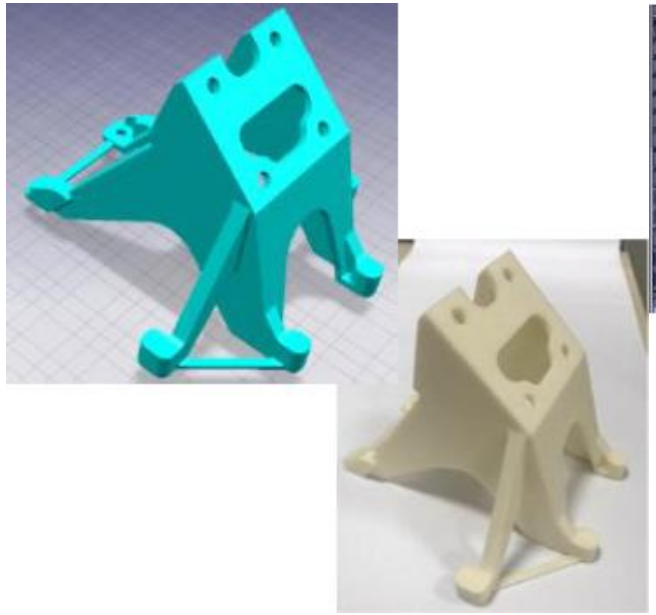
แอปพลิเคชันพื้นฐานทั่วไปมีดังนี้:

การรวมกันของการออกแบบการผลิต	ผลลัพธ์
ใช้โมเดล MBD รวมกับวิธีการผลิตขั้นสูง เช่น การพิมพ์ 3 มิติ	ประสิทธิภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนโครงสร้างทั่วไปเพิ่มขึ้นมากกว่าสามเท่าและประสิทธิภาพการผลิตดีขึ้นอย่างมาก
แยกข้อมูลการติดตั้งในโมเดล MBD ของผลิตภัณฑ์	มีการรับรู้การประมวลผลอัตโนมัติของแผ่นโครงสร้างและเวลาในการเตรียมการผลิตลดลง 30%
มีการสร้างแบบจำลอง MBD ของท่อส่งยานอวกาศและการผลิตท่อแนวโค้ง NC รับรู้ได้ในทุกทาง	วงจรการผลิตของท่อจะสั้นลง 40%

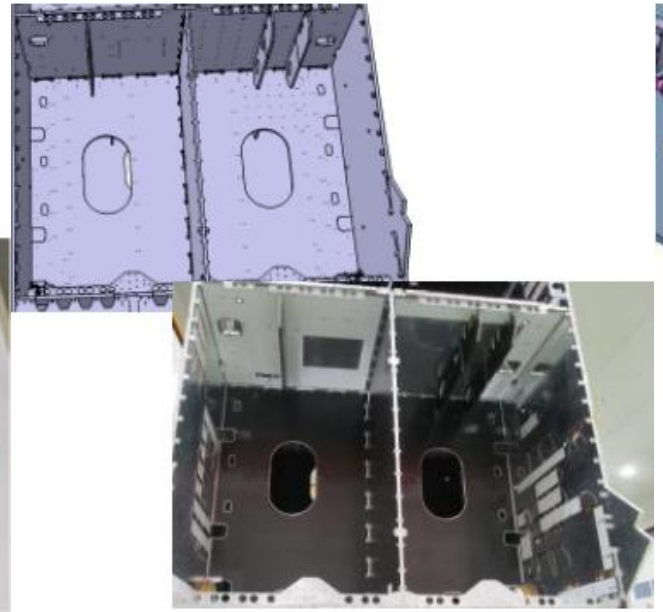
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

เทคโนโลยีการออกแบบยานอวกาศ

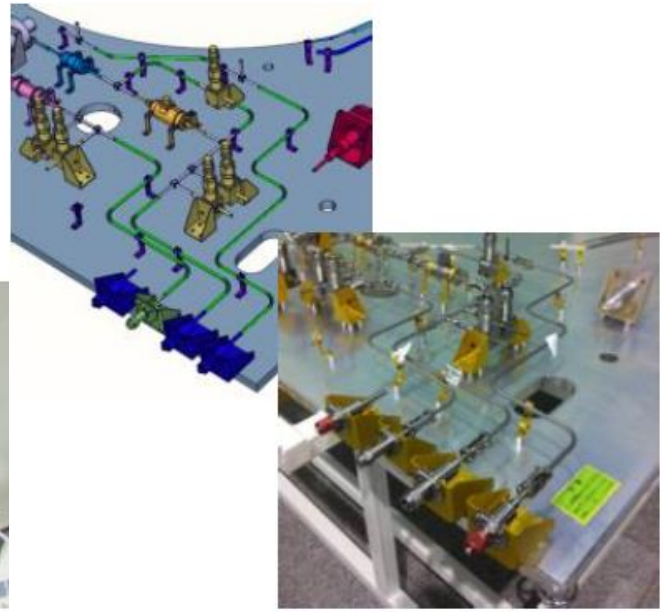
แอปพลิเคชันทั่วไปการรวมกันของการออกแบบการผลิต



โครงสร้างการพิมพ์ 3 มิติ



แผ่นโครงสร้าง



ท่อลำเลียง

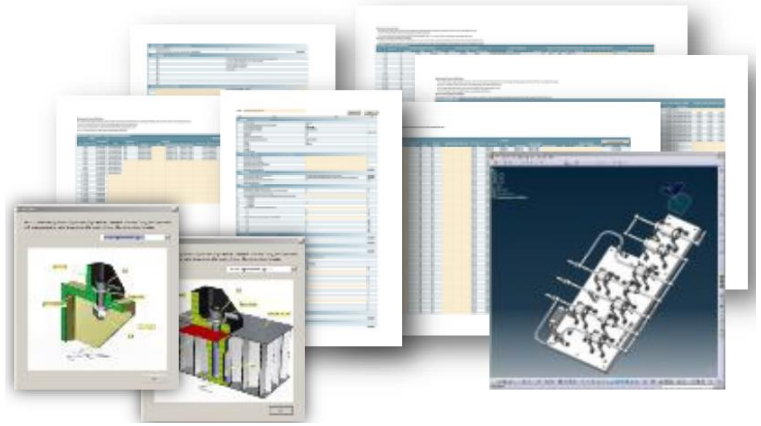
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

เทคโนโลยีการออกแบบยานอวกาศ

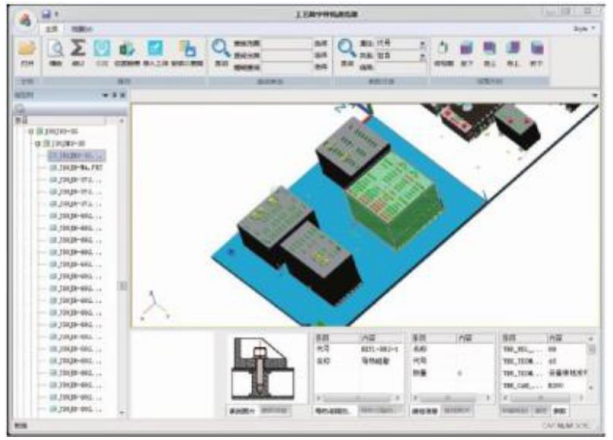
การประกอบแบบดิจิตอล

การประกอบใช้ 30% ถึง 50% ของเวลาทำงานทั้งหมด แต่ละขั้นตอนเกี่ยวข้องโดยตรงกับความสำเร็จหรือความล้มเหลวของผลิตภัณฑ์

EBOM ถูกสร้างขึ้นโดยการแยกโครงสร้างผลิตภัณฑ์และคุณลักษณะของยานอวกาศจำลองแบบดิจิตอล ซอฟต์แวร์ METRICS_AIT ได้รับการพัฒนาเพื่อดึงข้อมูลการประกอบจากการจำลองแบบดิจิทัลและถ่ายโอนไปยังกระบวนการประกอบแบบดิจิทัล



EBOM สร้างโดย METRICS_AIT



การประกอบดิจิตอล

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

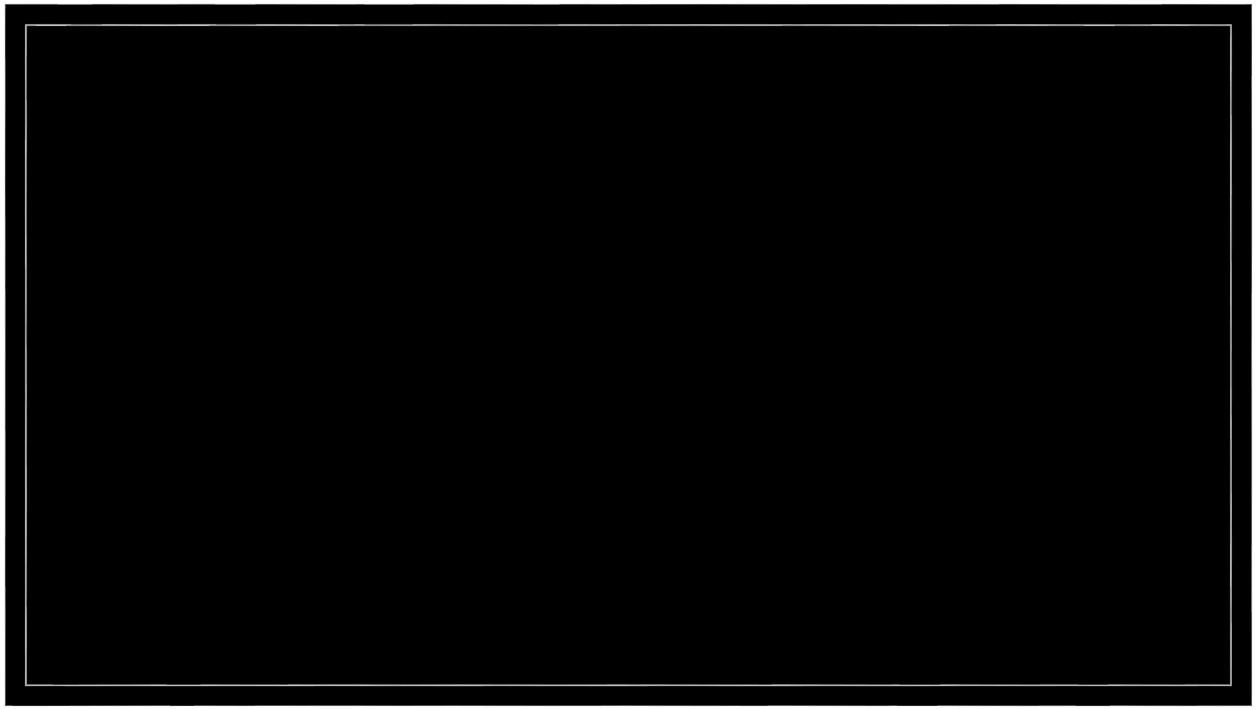
เทคโนโลยีการออกแบบยานอวกาศ

การระบุจุดวิกฤต	การส่งข้อมูลของการพัฒนายานอวกาศขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง เช่น เอกสารและภาพวาด ข้อมูลการออกแบบการผลิตและการประกอบนั้นค่อนข้างที่จะแยกออกจากกัน เป็นการยากที่จะดำเนินการออกแบบร่วมกันระหว่างระบบย่อย
ตัวบ่งชี้	ประสิทธิภาพของการออกแบบร่วมกันประสิทธิภาพการประกอบของยานอวกาศ
การปรับปรุง	ใช้โมเดล MBD เป็นแหล่งข้อมูลเดียวสร้างผลิตภัณฑ์จำลองยานอวกาศแบบดิจิตอล
ผลลัพธ์	เมื่อเทียบกับการออกแบบต่อเนื่องแบบดั้งเดิม ประสิทธิภาพของการออกแบบการทำงานร่วมกันนั้นดีขึ้นกว่า 50% ประสิทธิภาพการประกอบของยานอวกาศเพิ่มขึ้น 30% และลดระยะเวลาการพัฒนาของยานอวกาศ

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

Digital Mock-Up

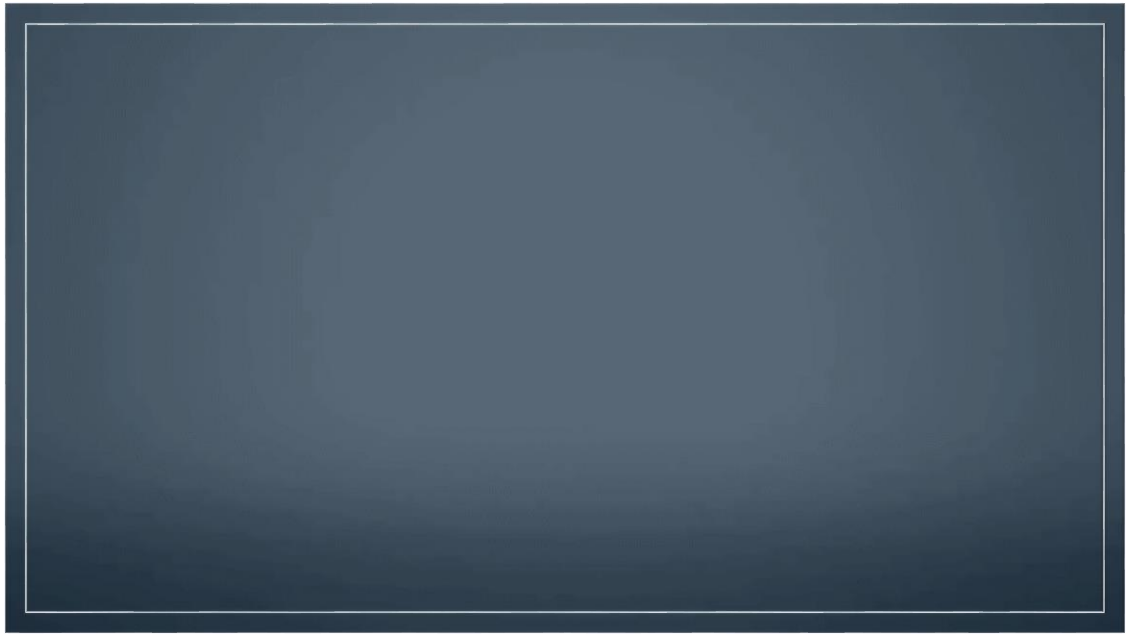
กระบวนการจำลองโซลูชันของมนุษย์



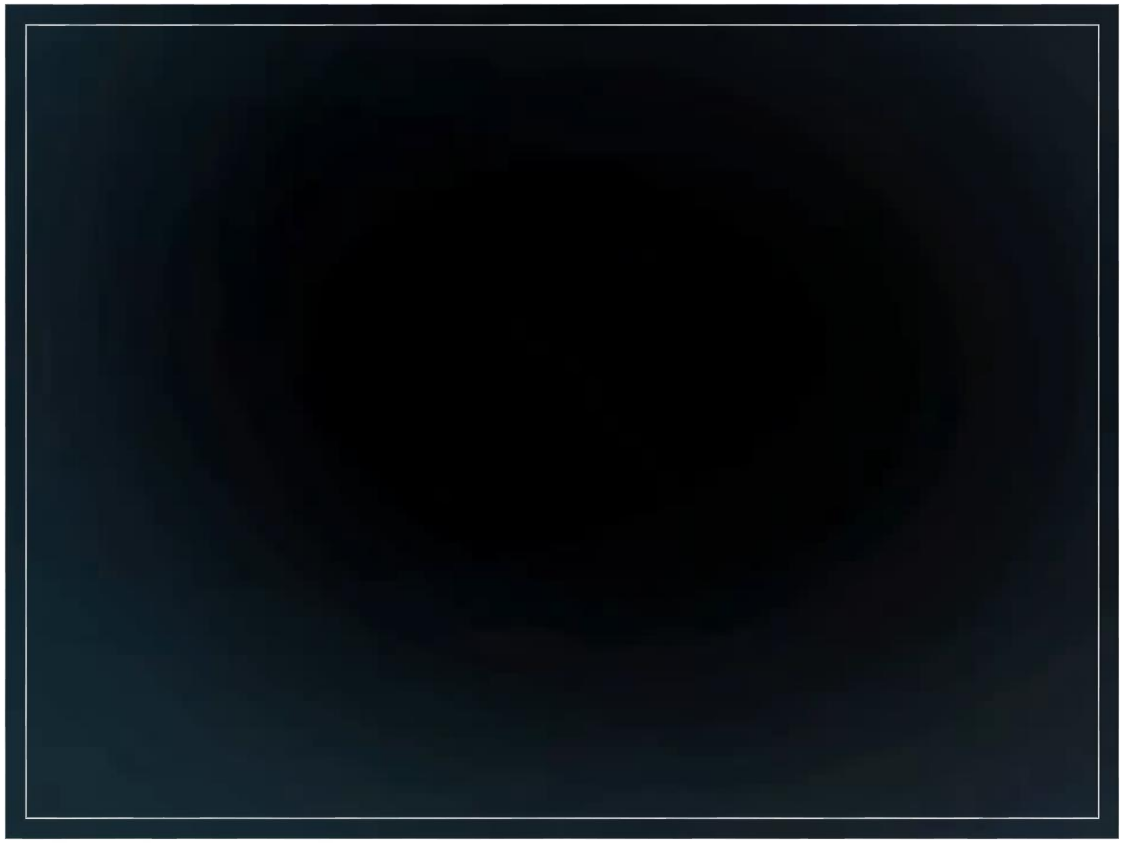
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Digital Mock-Up

การวางแผนและการเขียนโปรแกรมประกอบหุ่นยนต์



การจำลองมนุษย์เพื่อทำการวิเคราะห์การยศาสตร์ใน สภาพแวดล้อม PLM



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

Thank You

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