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

# III การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักร ณ พื้นที่ปฏิบัติการ

## การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์ที่ยืดหยุ่น

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

# เหตุใดต้องมีการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์?

ระดมความคิดไปที่

dashboard บน Padlet

Scan me

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

# การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์ (HRC) ในการผลิต

## การอภิปรายและนำเสนอ

## การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ได้อย่างไร

## บ้างในกระบวนการผลิต

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

# การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์ (HRC)

สัมผัสกับ Collaborative Robot Automation ด้วย Flex-N-Gate

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

FANUC America Corporation

# การพัฒนา HRC (ระหว่างปี 2552-2561)

- ระบบควบคุมของ HRC

  ความปลอดภัยและประสิทธิภาพ → ระบบการมองเห็น, ระบบตำแหน่ง, ระบบควบคุมอิมพีแดนซ์, การควบคุมการรับเข้า, ระบบเครื่องเสียง

- การใช้งาน

  การประกอบ , การช่วยเหลือมนุษย์ และการดูแลเครื่องจักร

- ผลผลิต

  การจัดสรรงาน , การเพิ่มคุณภาพ และการลดรอบเวลา

- ความปลอดภัย

  การหลีกเลี่ยงการชนกัน , การเพิ่มการยศาสตร์ของมนุษย์ และการลดความเครียดทางจิตใจ

- เสียงโต้ตอบของหุ่นยนต์ HRI กับมนุษย์ → การรับรู้

(Matheson et al., 2019)

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

# ระบบควบคุมของ HRC

## ระบบควบคุมสำหรับการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์ที่เลือก

- ระบบการมองเห็น
- ระบบควบคุมตำแหน่ง
- การควบคุมอิมพีแดนซ์ (เช่นผ่านอินเตอร์เฟสสัมผัส)
- การควบคุมการรับเข้า (เช่นผ่านเซ็นเซอร์แรงบิด)
- ระบบเสียง (สำหรับการรู้จำเสียง / คำพูด)
- ระบบอื่น ๆ

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

# วิธีการทำงานร่วมกันสำหรับ HRC

- การนำทางด้วยมือ (HG)
- จุดตรวจสอบความปลอดภัย (SMS)
- การตรวจสอบความเร็วและการแยก (SSM)
- การจำกัด กำลังและแรง (PFL)

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

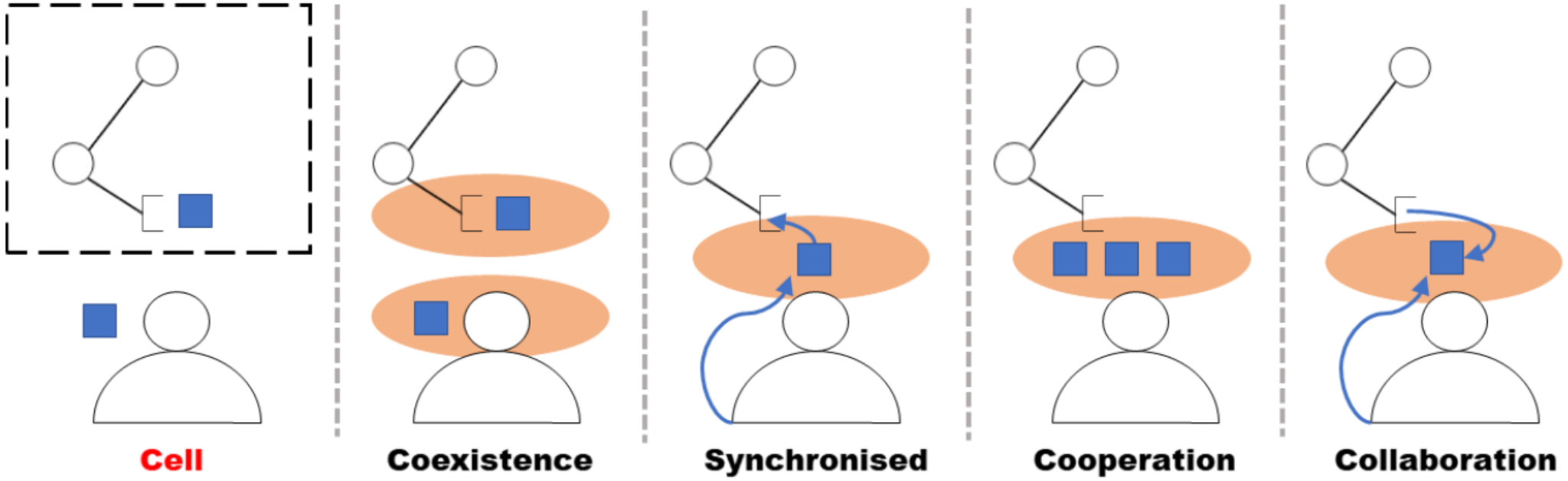
# การใช้งาน HRC

- งานประกอบ
- การช่วยเหลือมนุษย์เช่นการส่งมอบชิ้นส่วนงานควบคุมคุณภาพ
- การดูแลเครื่องจักรเช่นการนำชิ้นงานเข้าเครื่องจักรและ / หรือการนำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร

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

# การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์ (HRC) ในการผลิต

## วิธีการที่แตกต่างกันสำหรับการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์




(Matheson et al., 2019)

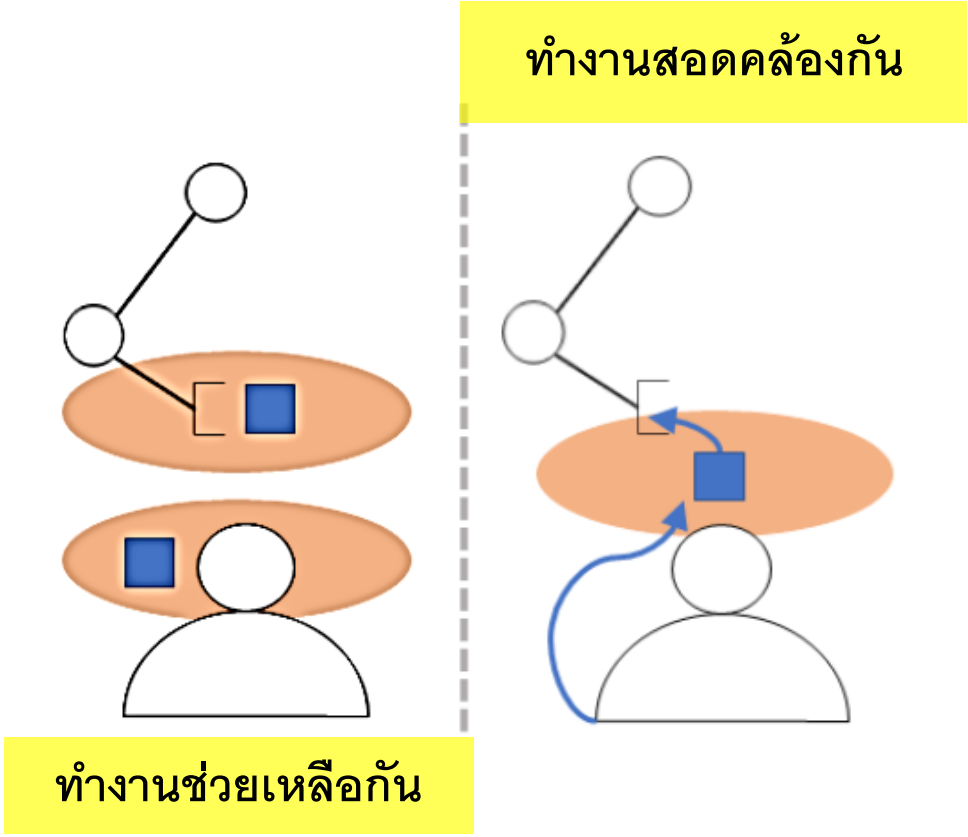
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

# การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์ (HRC) ในการผลิต

## วิธีการต่าง ๆของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

### ทำงานช่วยเหลือกัน

ใช้เมื่อผู้ปฏิบัติงานและหุ่นยนต์อยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกัน แต่โดยทั่วไปจะไม่มีการโต้ตอบกัน




### ทำงานสอดคล้องกัน

ใช้เมื่อผู้ปฏิบัติงานและหุ่นยนต์ทำงานในพื้นที่การทำงานเดียวกัน แต่คนละเวลา

(Matheson et al., 2019)

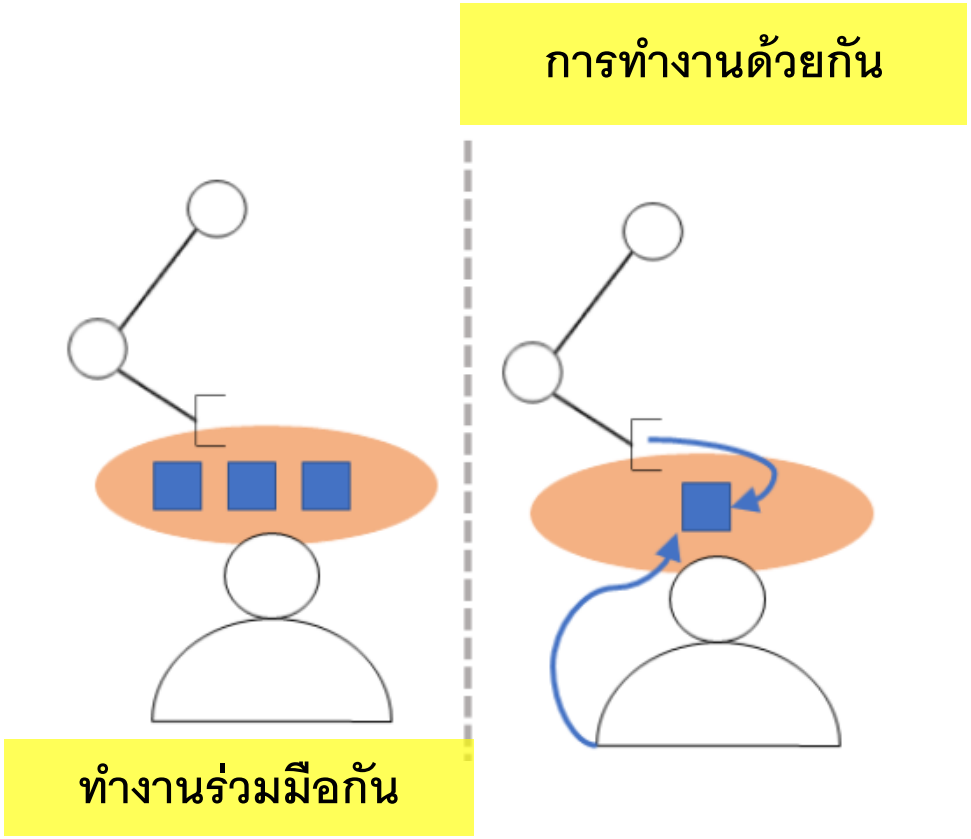
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

# การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์ (HRC) ในการผลิต

## วิธีการต่าง ๆของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

### ทำงานร่วมกัน

ใช้เมื่อผู้ปฏิบัติงานและหุ่นยนต์อยู่ในพื้นที่การทำงานเดียวกัน เวลาเดียวกัน แต่จะเน้นการทำงานที่แยกกัน




### การทำงานด้วยกัน

ใช้เมื่อผู้ปฏิบัติงานนุษย์และ หุ่นยนต์ต้องทำงานด้วยกัน ,การกระทำของคนหนึ่งมีผลในทันทีต่ออีกฝ่าย , ขอบคุณเซ็นเซอร์พิเศษและระบบการมองเห็น

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

# เหตุผลของระบบการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

- แรงจูงใจทางเศรษฐกิจ
- อาชีวอนามัย (การยศาสตร์และปัจจัยมนุษย์)
- การใช้พื้นที่โรงงานอย่างมีประสิทธิภาพ
- ความง่ายในการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์

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

# การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์สำหรับรถยนต์ BMW / MINI

KUKA - Robots & Automation (https://www.youtube.com/watch?v=keh99z1M5LI)

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

# การอภิปรายและนำเสนอ

## ปัจจัยด้านสำหรับการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ร่วมกับมนุษย์

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

# ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสำหรับหุ่นยนต์ทำงานร่วมกัน

- **Safety-rated monitored stop (SMS)**

ใช้เพื่อหยุดการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ในพื้นที่ทำงานร่วมกัน ก่อนที่ผู้ปฏิบัติงานจะเข้าสู่พื้นที่ทำงานร่วมกันเพื่อโต้ตอบกับระบบหุ่นยนต์และทำงานให้เสร็จ

- **Hand-guiding (HG)**

ใช้ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานใช้อุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยมือซึ่งตั้งอยู่ที่หรือใกล้กับ end effector ของหุ่นยนต์เพื่อส่งคำสั่งการเคลื่อนไหวไปยังระบบหุ่นยนต์

International standard UNI EN ISO 10218 1 and 2 & ISO/TS 15066:2016

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

# ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสำหรับหุ่นยนต์ทำงานร่วมกัน

- **Speed and separation monitoring (SSM)**

ใช้ในกรณีที่ระบบหุ่นยนต์และผู้ปฏิบัติงานอาจเคลื่อนที่ไปพร้อมกันในพื้นที่ทำงานร่วมกัน ในระหว่างการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ระบบหุ่นยนต์จะไม่เข้าใกล้ผู้ปฏิบัติงานเกินกว่าระยะการแยกป้องกันที่กำหนดไว้

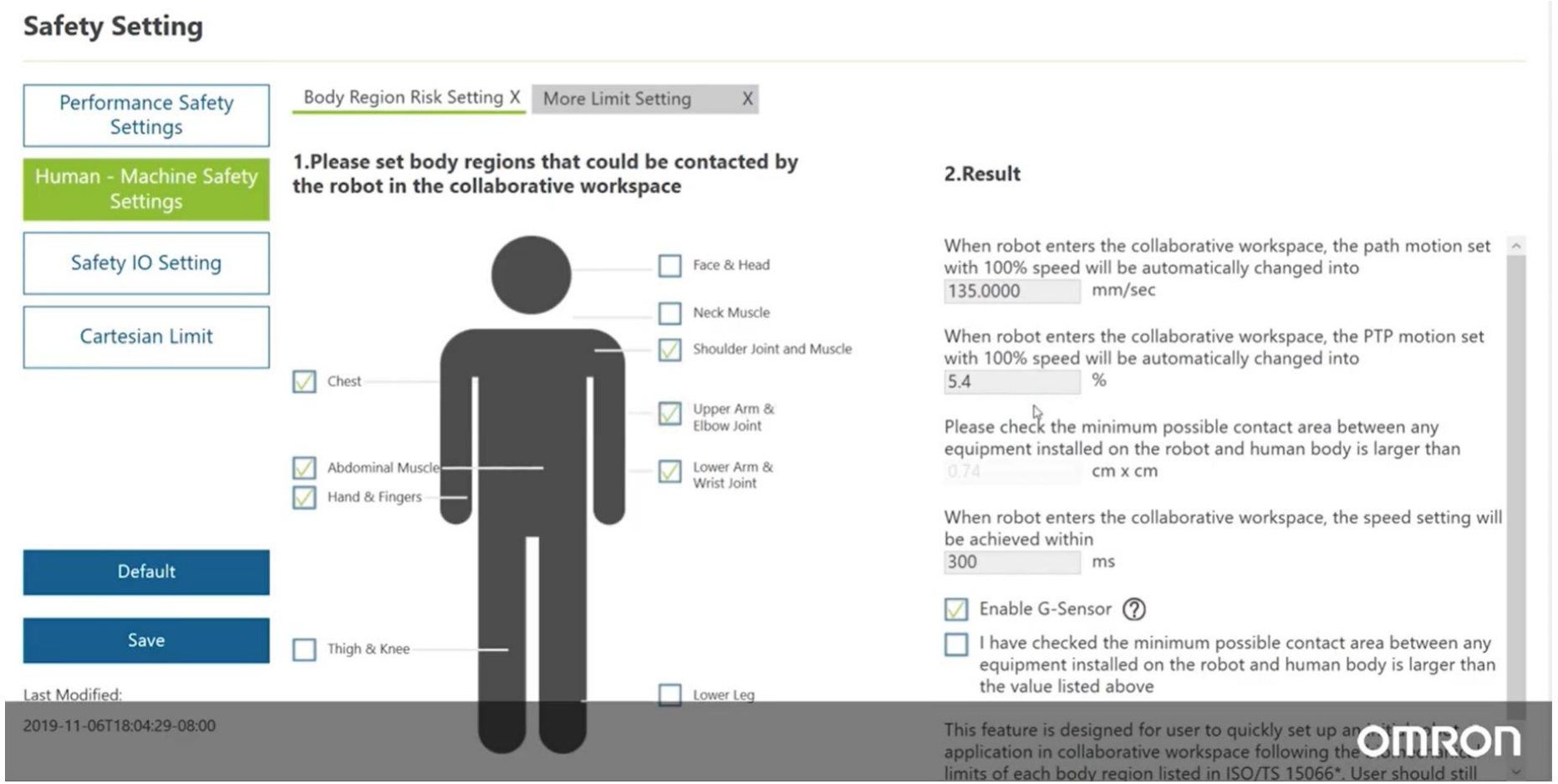
- **Power and force limiting (PFL)**

ใช้ในกรณีที่ระบบหุ่นยนต์ต้องได้รับการออกแบบ เพื่อลดความเสี่ยงให้กับผู้ปฏิบัติงานอย่างเพียงพอ โดยไม่เกินค่าขีดจำกัด เกณฑ์ที่บังคับใช้สำหรับการสัมผัสแบบกึ่งคงที่และแบบชั่วคราวตามที่กำหนดโดยการประเมินความเสี่ยง

International standard UNI EN ISO 10218 1 and 2 & ISO/TS 15066:2016

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

# ความปลอดภัยของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์




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

# ความสะดวกสบายของหุ่นยนต์ทำงานร่วมกัน

การเปรียบเทียบระหว่างระบบการทำงานร่วมกันและระบบดั้งเดิมสำหรับงานที่แตกต่างกัน

| | Human Operator | Collaborative Systems | Traditional Robot | Handling Systems |
|---|---|---|---|---|
| Assembly | High dexterity and flexibility | Combines human dexterity with robot capabilities [24] | Dexterity / flexibility could be unreachable [24] | No complex tasks with commercial end-effectors [21] |
| Placement | High dexterity | Commercial cobots have lower repeatability | High repeatability and payload | High payload |
| Handling | Product weight restricted [19] | Typical cobots have low payload | High payload and speed [23] | High payload |
| Picking | Product weight restricted [19] | Typical cobots have low payload | High payload and repeatability [23] | Bin picking difficult due to size |

(Matheson et al., 2019)

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

# ความสะดวกสบายของหุ่นยนต์ทำงานร่วมกัน

การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์มีความยืดหยุ่นเพียงใด ?

https://www.canadianmetalworking.com/canadianfabricatingandwelding/article/automationsoftware/human-robot-collaboration

https://www.industr.com/en/coexisting-with-humans-and-the-need-for-them-today-2337396

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

# ความยืดหยุ่นของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

ปัญหาการประกอบชิ้นส่วนขณะกิจกรรมการผลิตร่วมกัน

ความยากในอัลกอริทึมการสร้างวิถีและการวางแผนเส้นทาง

วิธีโดยทั่วไปของวิถีที่ปราศจากการชนกันและราบรื่นแบบไดนามิก

การคำนวณพื้นที่การกำหนดค่า (C-space)

ยากที่จะบรรลุเนื่องจากสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นที่แข็งแกร่งของระบบพลศาสตร์และการวางแผนเส้นทางอิสระของอัลกอริทึม

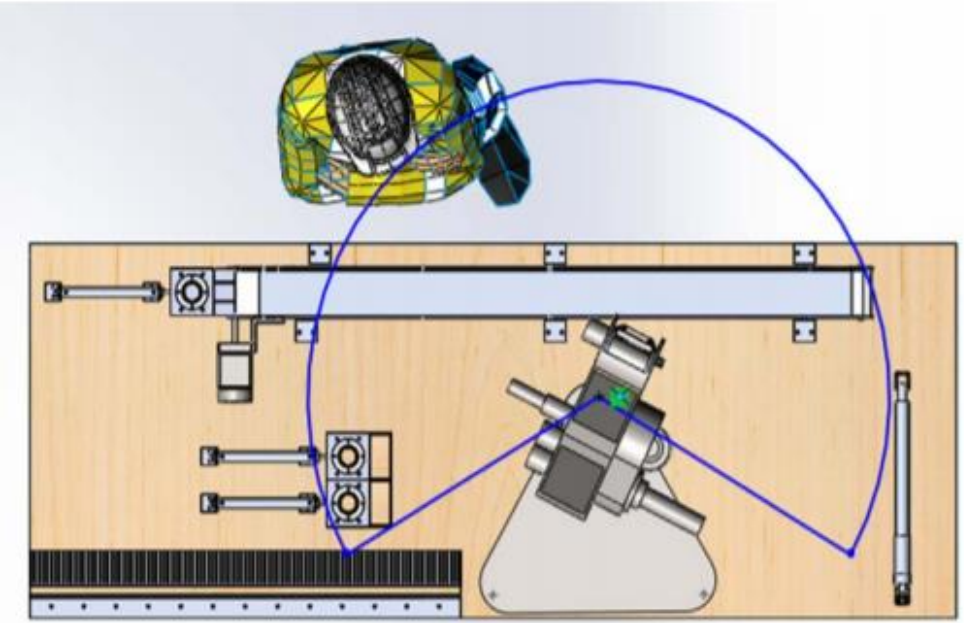
ปรับปรุงได้อย่างไร

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

# ความยืดหยุ่นของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

การประกอบชิ้นส่วนขณะกิจกรรมการผลิตร่วมกัน:
กรณีศึกษา Meziane et al. (2017)

ระบบการผลิตที่ยืดหยุ่น (FMS)



- การใช้พื้นที่ทำงานร่วมกันจะช่วยลดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกเมื่อหุ่นยนต์ดูดซับแรงกระแทกการสั่นสะเทือนการบรรทุกหนักหรือหลีกเลี่ยงท่าทางที่ไม่เพียงพอของผู้ปฏิบัติงาน
- พื้นที่ทำงานแบบไฮบริดนี้ประกอบด้วย Programmable Logic Controller (PLC), หุ่นยนต์, สายพานลำเลียง, ผู้จัดจำหน่ายและระบบจัดเก็บข้อมูล

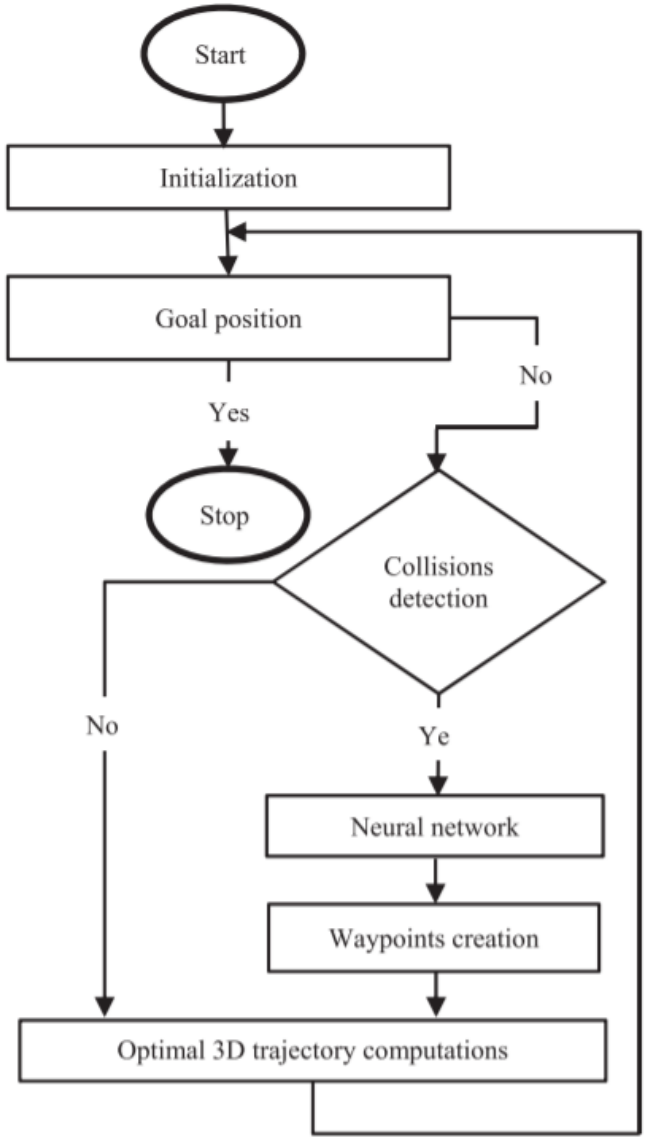
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

# ความยืดหยุ่นของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

## การประกอบชิ้นส่วนขณะกิจกรรมการผลิตร่วมกัน: กรณีศึกษา Meziane et al. (2017)

**การวางแผนการเคลื่อนไหวโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม**

- การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะดำเนินการภายในชุดของพื้นที่ย่อยของพื้นที่ทำงานแบบไฮบริดนี้
- แต่ละพื้นที่ย่อยเชื่อมโยงกับข้อจำกัด เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ราบรื่นและหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางแบบไดนามิก (มนุษย์ขยับแขนขาและส่วนประกอบ)
- โครงข่ายประสาทเทียมถูกนำไปใช้เพื่อสร้างจุดอ้างอิงในพื้นที่ย่อยระดับกลางที่จำเป็นสำหรับการเคลื่อนย้ายปลายแขนของหุ่นยนต์ในเส้นทางที่ไม่มีการชนกัน



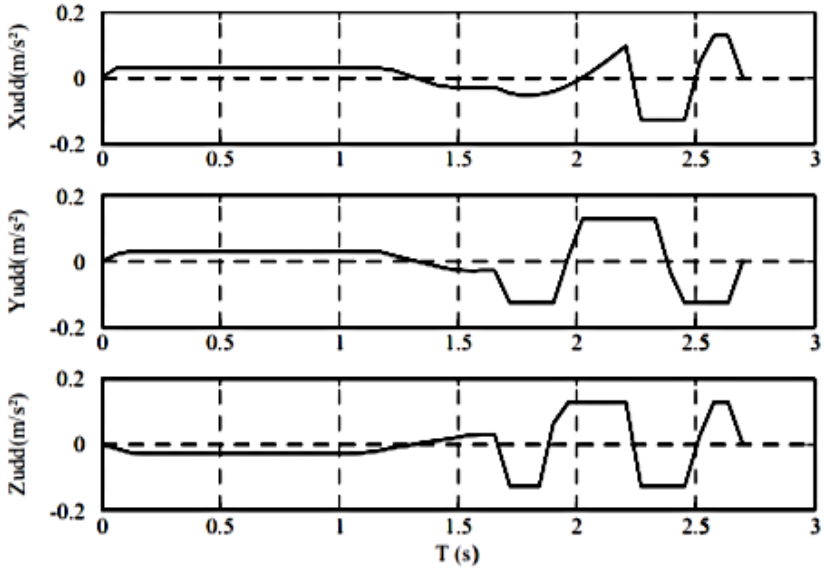

(Meziane et al., 2017)

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

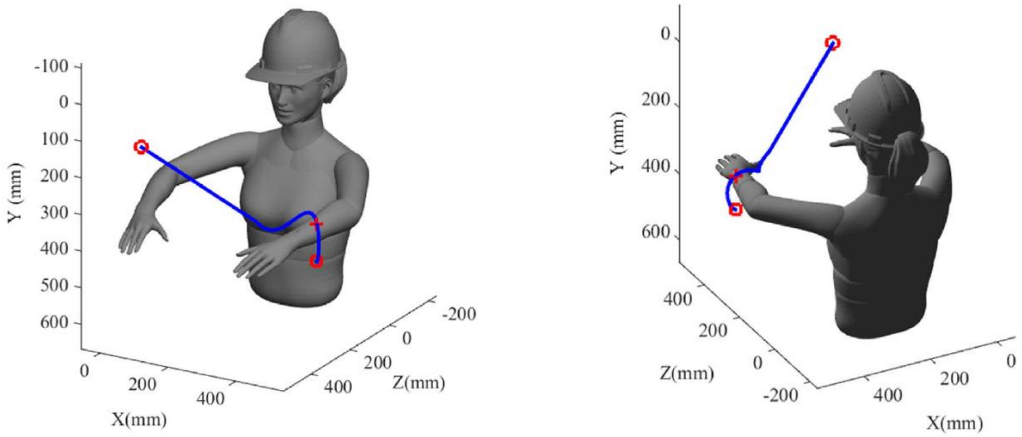
# ความยืดหยุ่นของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

การประกอบชิ้นส่วนขณะแบ่งปันกิจกรรมการผลิต:

กรณีศึกษา Meziane et al. (2017)

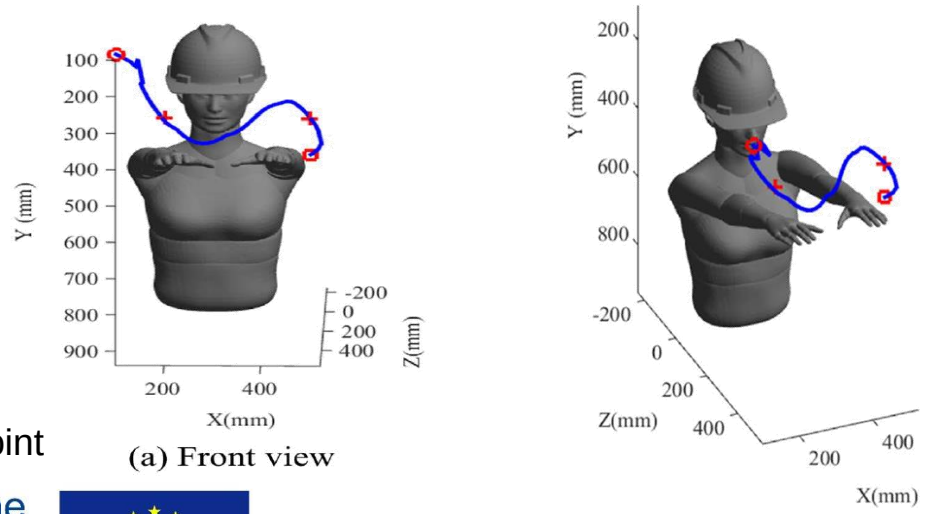



Speed and acceleration of first simulation




(a) Front view (b) Back view

Optimal 3D trajectory with one waypoint.




(a) Front view (b) Side view

Optimal 3D trajectory with two waypoint

(Meziane et al., 2017)

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

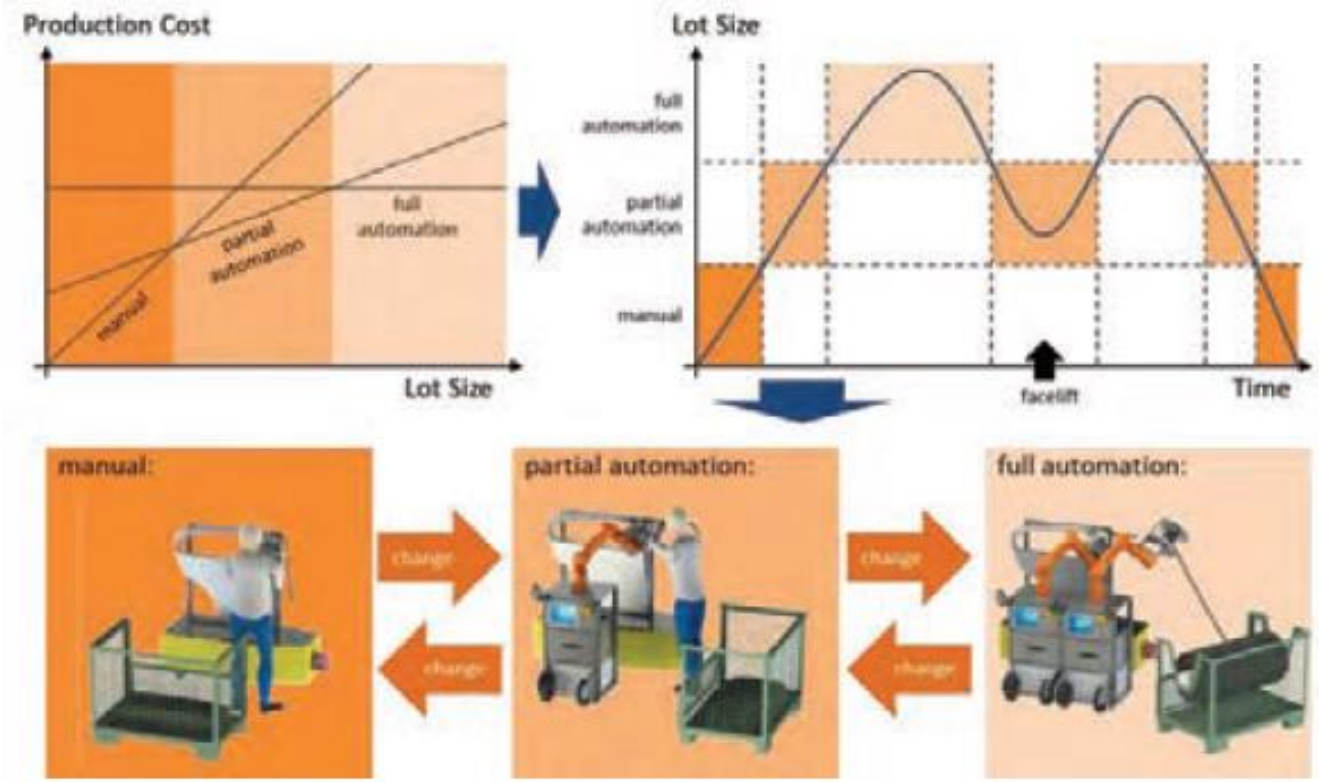
# การอยู่ร่วมกันของมนุษย์กับหุ่นยนต์และปฏิสัมพันธ์ในเซลล์อุตสาหกรรมแบบเปิด

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

# ความยืดหยุ่นของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดล็อตต้นทุนการผลิตและระดับระบบอัตโนมัติ

แนวทางการออกแบบตามแนวแกนสำหรับการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์ในรูปแบการประกอบที่เชื่อมโยงกันอย่างยืดหยุ่น: กรณีศึกษา Fechter et al. (2017)




(Naumann and Fechter, 2015)

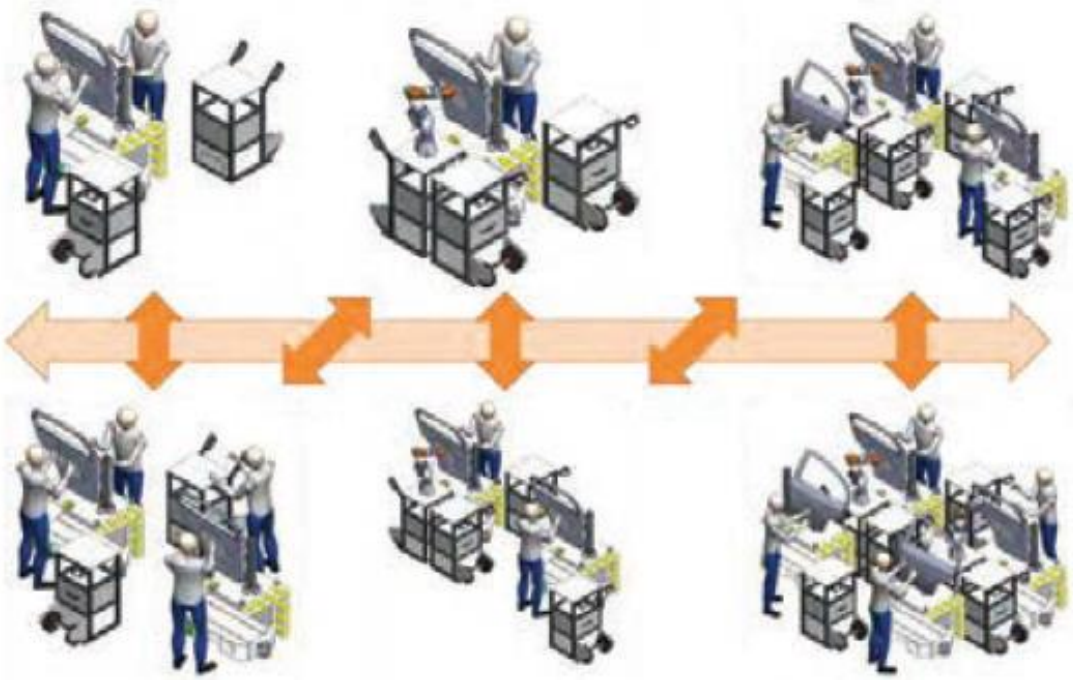
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

# ความยืดหยุ่นของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

แนวทางการออกแบบตามแนวแกนสำหรับการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์ในรูปแบบการประกอบที่เชื่อมโยงกันอย่างยืดหยุ่น: กรณีศึกษา Fechter et al. (2017)

งานประกอบประตูรถยนต์ที่ ARENA2036

โมดูลการประกอบที่เชื่อมโยงอย่างยืดหยุ่นสำหรับการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์ (ARENA2036)



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

# ความยืดหยุ่นของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

แนวทางการออกแบบตามแนวแกนสำหรับการทำงานร่วมกันของหุ่นยนต์มนุษย์ในรูปแบบการประกอบที่เชื่อมโยงกันอย่างยืดหยุ่น: กรณีศึกษาของ Fechter et al (2017)

## การประยุกต์ใช้ HRC สำหรับการประกอบประตูรถยนต์ในงาน ARENA2036

### ด้านของกระบวนการ

- ปริมาณงานซ้ำ ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- การเคลื่อนย้ายด้วยมือระหว่างการคัดแยกชิ้นส่วนที่ไม่ดี

### การพิจารณาข้อเท็จจริงด้านเศรษฐกิจ

- ระบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบเท่าที่จะเป็นไปได้
- ความยืดหยุ่นที่สูงขึ้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่มองเห็น / ไม่เห็นในขั้นตอนการประกอบ → เครื่องจักรราคาแพง
- ลดต้นทุนฮาร์ดแวร์ในการจัดการและเครื่องมือ
- ความน่าเชื่อถือของกระบวนการมากขึ้นผ่านการทำงานซ้ำโดยตรงโดยผู้ปฏิบัติงาน

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

# ความยืดหยุ่นของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

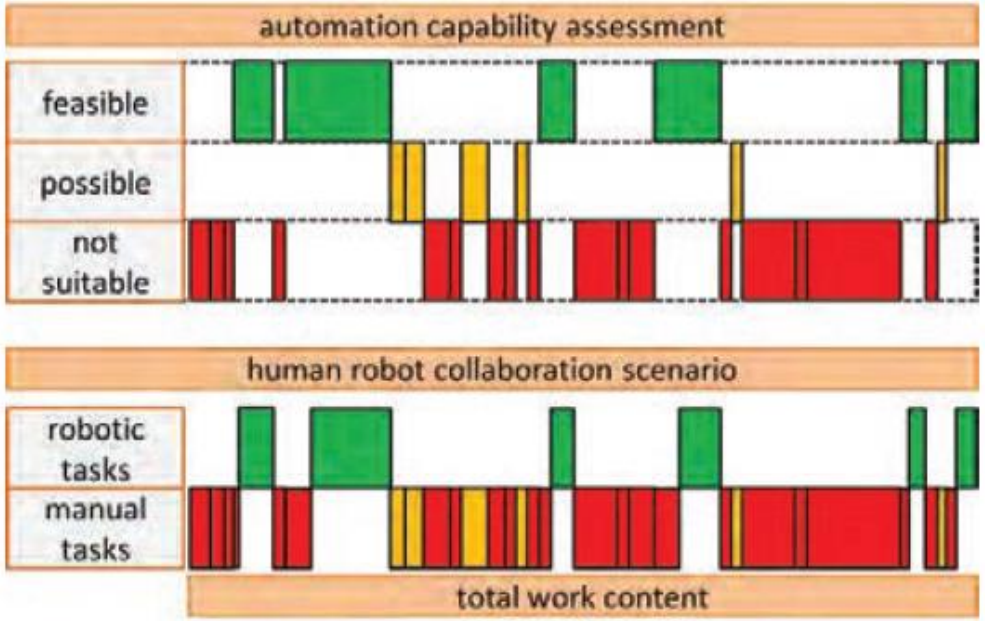
แนวทางการออกแบบตามแนวแกนสำหรับการทำงานร่วมกันของหุ่นยนต์มนุษย์ในรูปแบบการประกอบที่เชื่อมโยงกันอย่างยืดหยุ่น: กรณีศึกษาของ Fechter et al (2017)

งานประกอบประตูรถยนต์ที่ ARENA2036

**การประเมินอัตโนมัติ**

| Layer | Assembly Task (FR) | Assembly Job (DP) | Composition |
|---|---|---|---|
| A | Handling | influence spatial arrangement | |
| B | Buffering | build up stock | |
| C | Buffer parts | move parts to buffer | |

การจัดสรรงานที่เป็นแบบอย่างของชุดประกอบโมดูลประตู ARENA2036



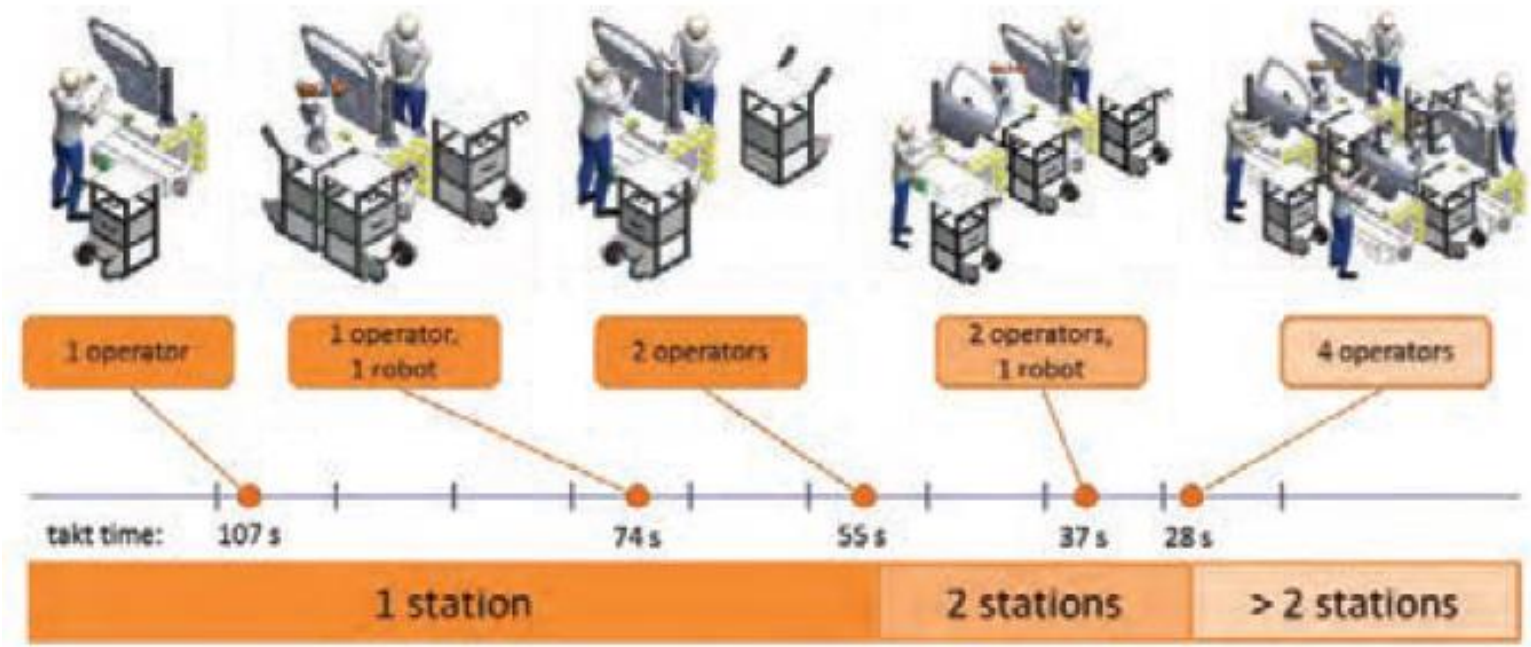

การจัดสรรภารกิจที่เป็นแบบอย่างของชุดประกอบโมดูล ARENA2036

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

# ความยืดหยุ่นของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์

แนวทางการออกแบบตามแนวแกนสำหรับการทำงานร่วมกันของหุ่นยนต์มนุษย์ในรูปแบบการประกอบที่เชื่อมโยงกันอย่างยืดหยุ่น: กรณีศึกษาของ Fechter et al (2017)

งานประกอบประตูรถยนต์ที่
ARENA2036




ตัวอย่างเค้าโครงและรอบเวลาที่สอดคล้องกันสำหรับการประกอบโมดูลประตู

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

# คิดถึงอนาคตของปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับหุ่นยนต์หรือไม่?

หุ่นยนต์เรียนรู้เพื่อช่วยเหลือผู้คนอย่างไร

Carnegie Mellon University (https://www.youtube.com/watch?time_continue=94&v=tVHo8wpkdMA&feature=emb_title)

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

MSIE 4.0

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

# Thank You

Together We Will Make Our Education Stronger

https://msie4.ait.ac.th/

@MSIE4Thailand

MSIE 4.0 Channel

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