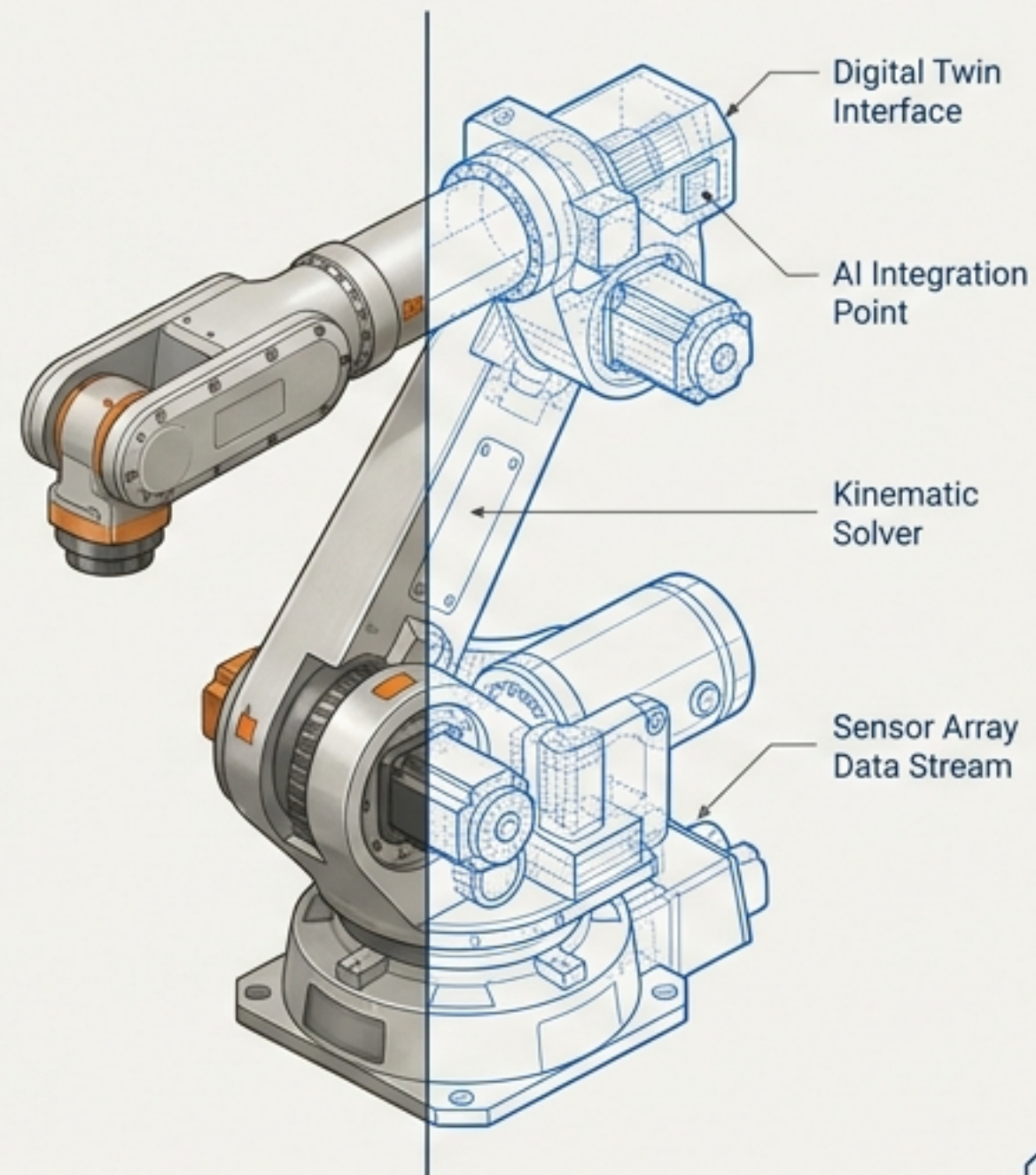


วิวัฒนาการการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมยุคใหม่

จากกลศาสตร์จลนศาสตร์ สู่ระบบปัญญาประดิษฐ์และดิจิทัลทวิน

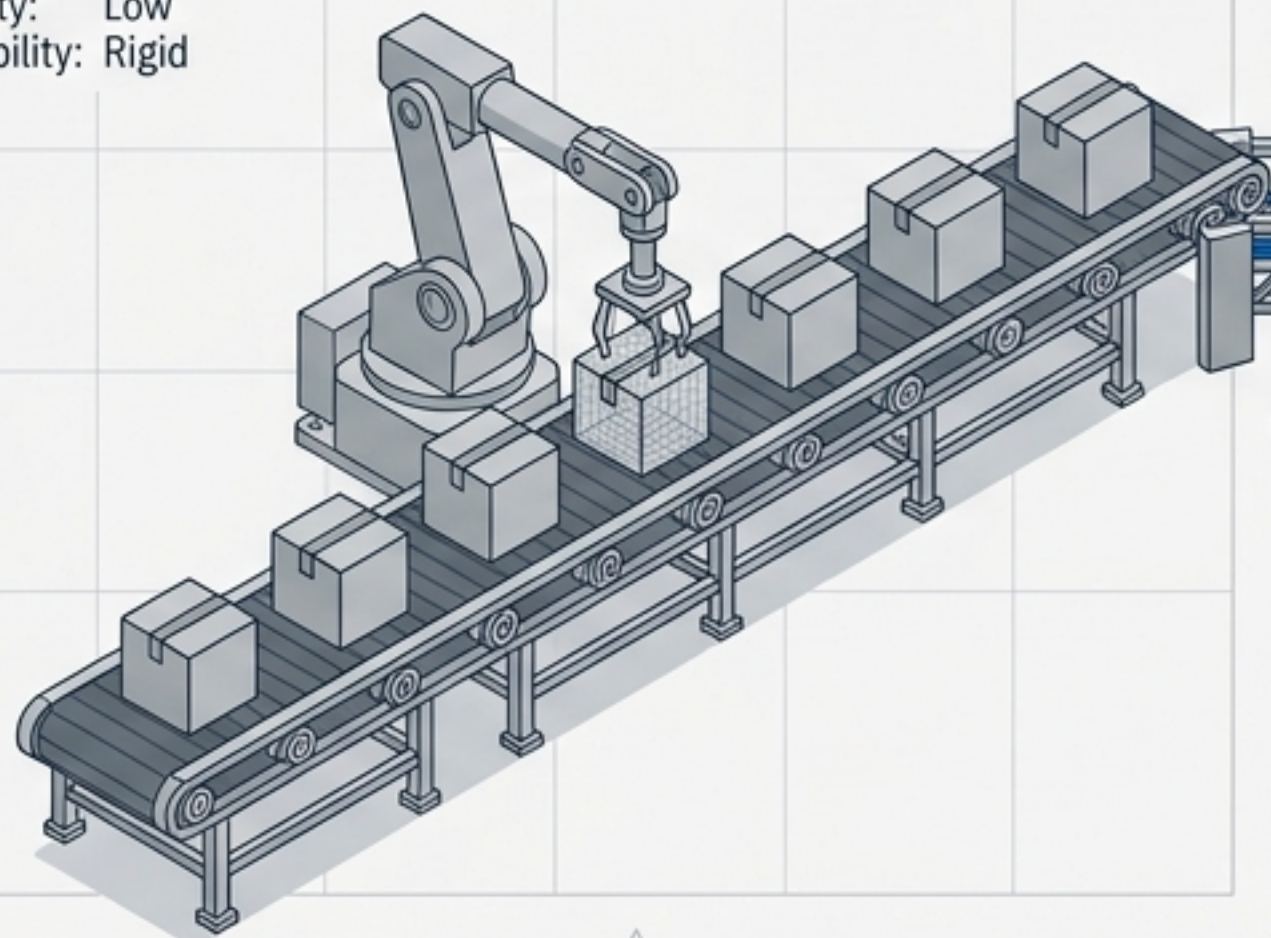


เอกสารประกอบการเรียนรู้ออนไลน์: ห้องควบคุมดิจิทัล

กระบวนการผลิตยุคใหม่เรียกเรื่องความยืดหยุ่นขั้นสูงสุด

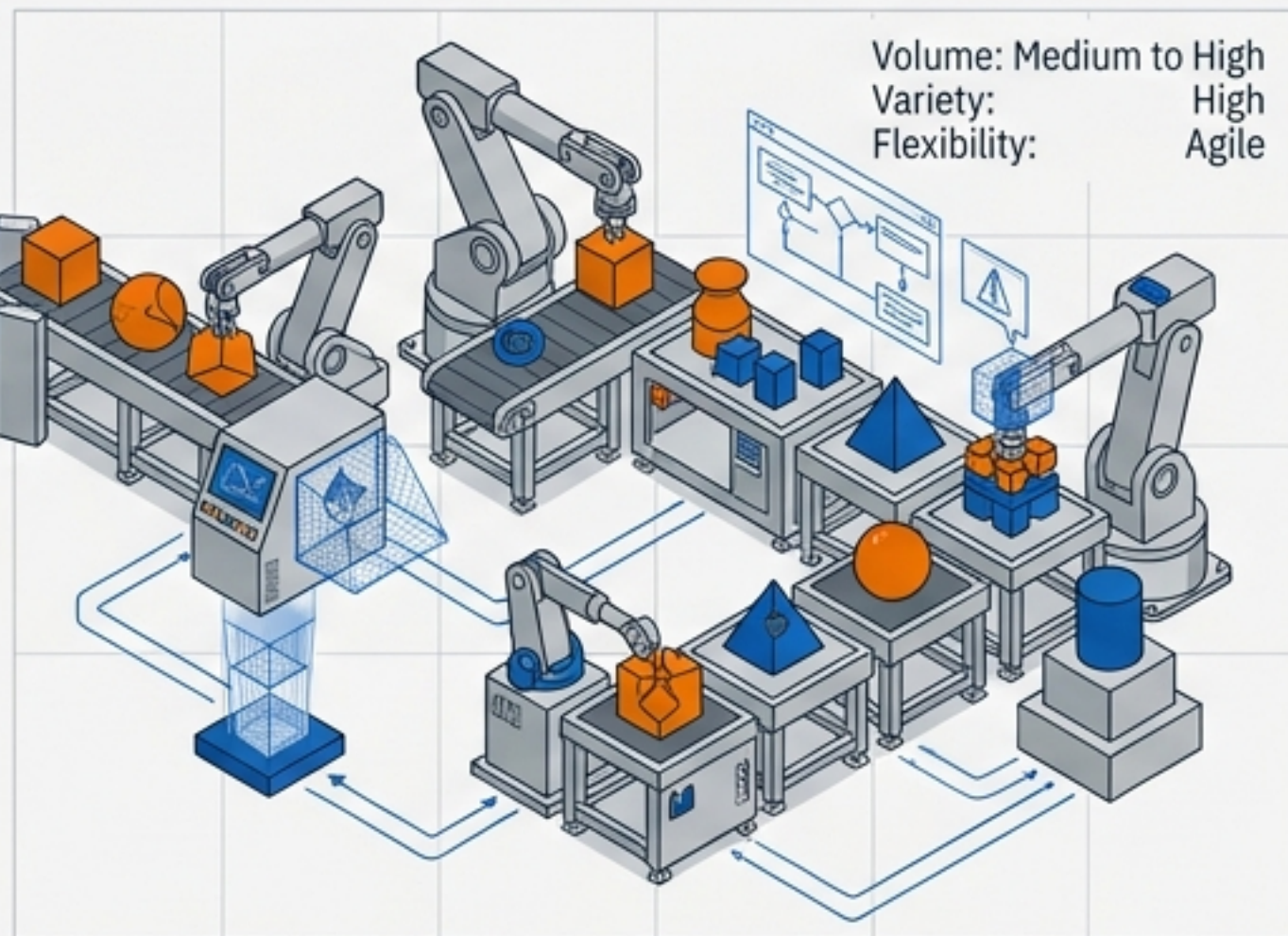
Mass Production

Volume: High
Variety: Low
Flexibility: Rigid



Mass Customization

Volume: Medium to High
Variety: High
Flexibility: Agile

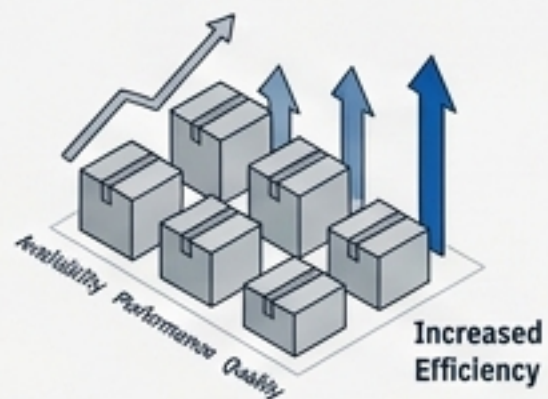


การเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์
(Robot Programming)



เป้าหมายหลัก:

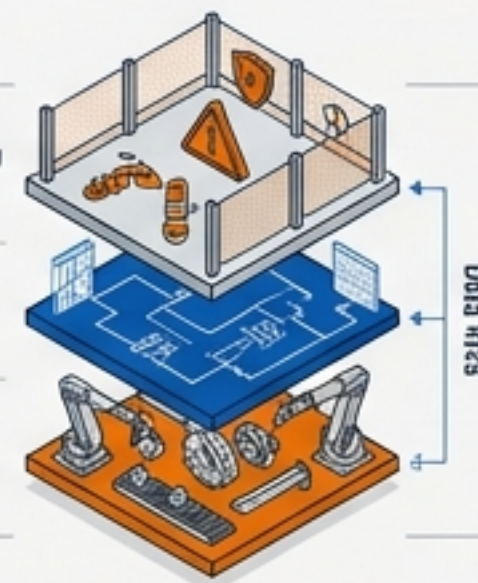
เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยรวม
(OEE - Overall Equipment Effectiveness)
และลดต้นทุนระยะยาว



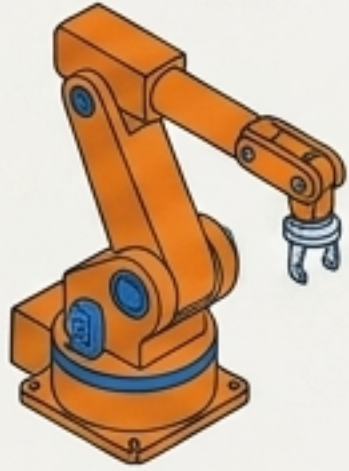
ความท้าทาย:

หุ่นยนต์ไม่ใช่แค่เครื่องจักรทำงานซ้ำๆ
แต่ต้องเป็นระบบอัจฉริยะที่บูรณาการ
กลศาสตร์ + ซอฟต์แวร์ + ความปลอดภัย

ความปลอดภัย
(Safety)
ซอฟต์แวร์
(Software)
กลศาสตร์
(Mechanics)



สถาปัตยกรรมจลนศาสตร์: ข้อจำกัดทางกายภาพกำหนดขอบเขตการทำงาน

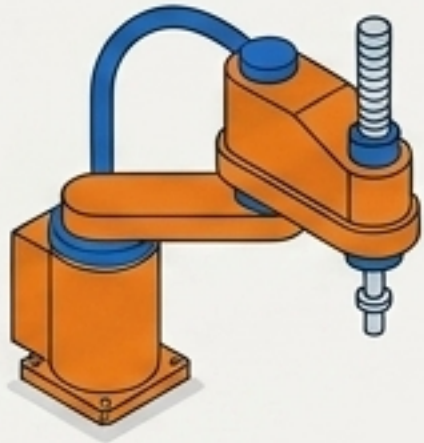


หุ่นยนต์แขนกล 6 แกน (Articulated) | DOF: 6+

จุดเด่น: ความยืดหยุ่นในพื้นที่แคบ (Roll, Pitch, Yaw)

ข้อควรระวัง: จุดอับสัญญาณ (Singularity)

การใช้งาน: งานเชื่อมจุด (Spot Welding), พ่นสี

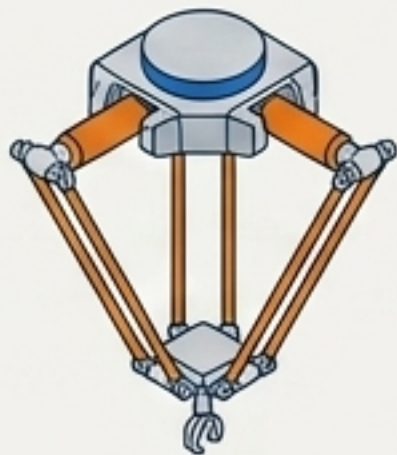


SCARA | DOF: 4

จุดเด่น: แม่นยำสูงสุดในแนวระนาบ XY

ข้อควรระวัง: พื้นที่ทำงานแนวตั้งจำกัด

การใช้งาน: ประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์



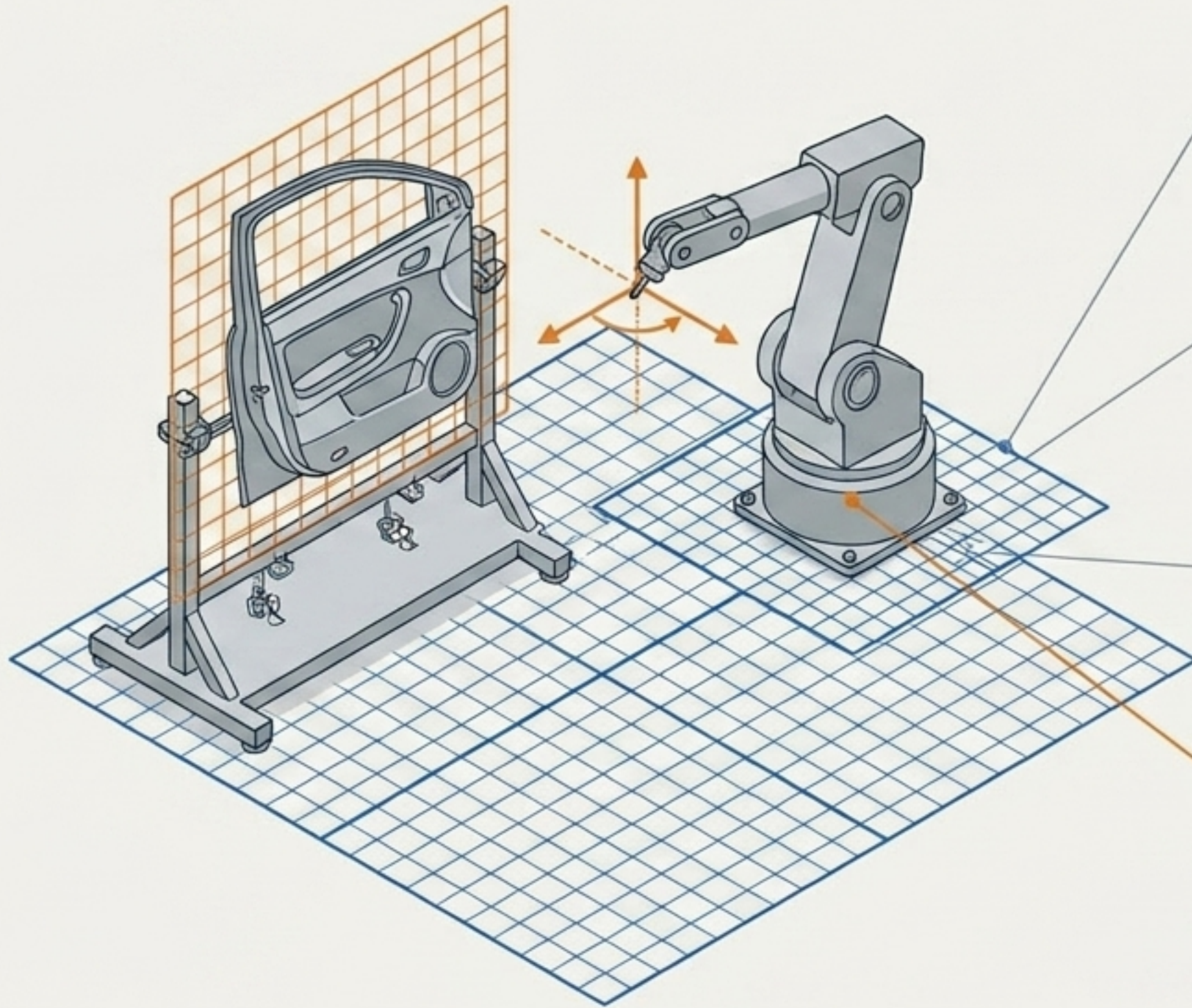
Delta (หุ่นยนต์ขนาน) | DOF: 3-4

จุดเด่น: อัตราเร่งและรอบเวลา (Cycle Time) เร็วที่สุด

ข้อควรระวัง: รับน้ำหนัก (Payload) ได้น้อย

การใช้งาน: คัดแยกยาและอาหาร

กายวิภาคของพื้นที่: มาตรฐานระบบพิกัดอ้างอิง



World Coordinate: กริดฐานรากของโรงงาน
(เชื่อมโยงหุ่นยนต์กับสายพาน)

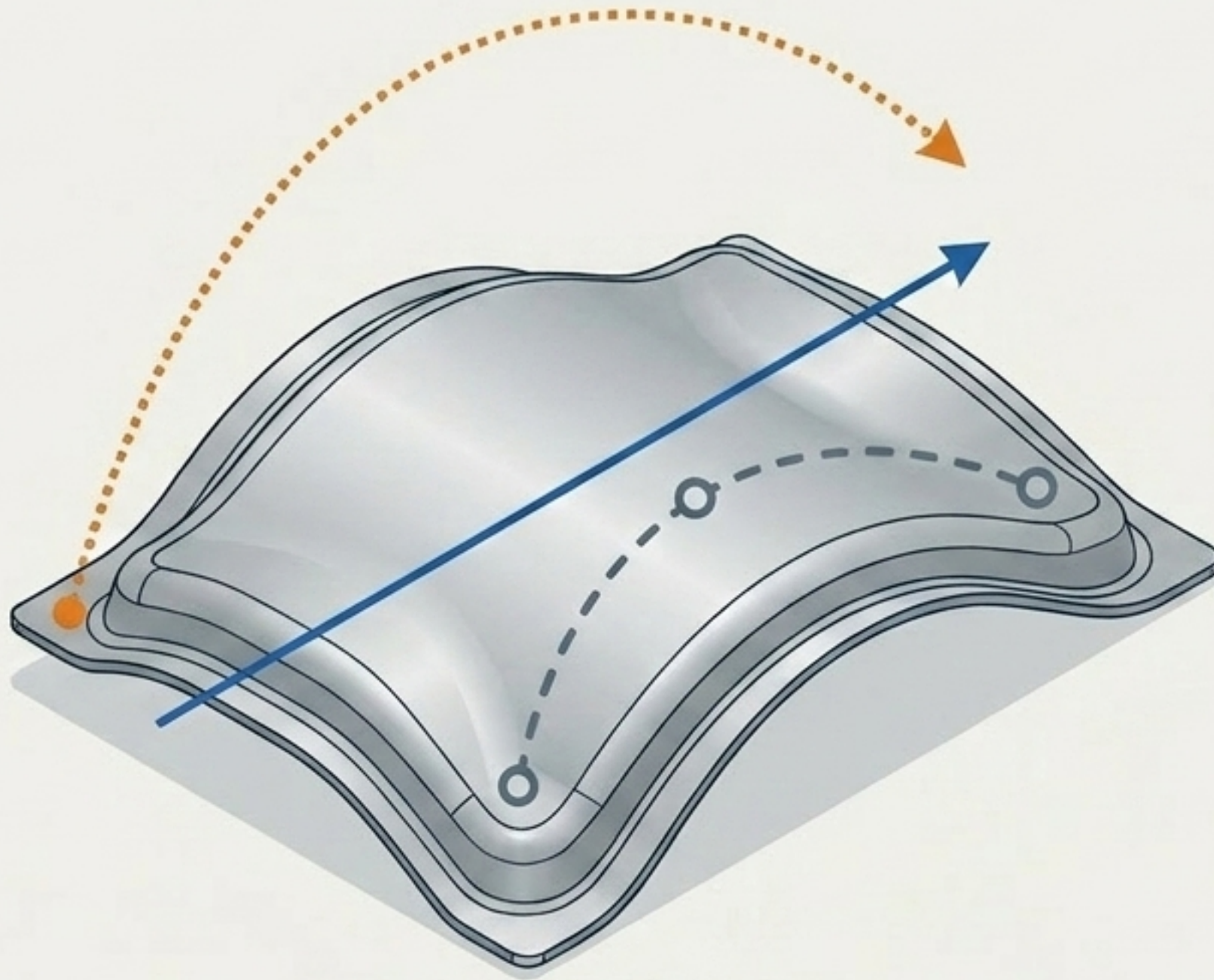
Base Coordinate: จุดกำเนิดกึ่งกลางฐาน
หุ่นยนต์โกแลนหุ่นยนต์ (ระบุขอบเขตการทำงาน)

User Coordinate (Work Object):
กริดอ้างอิงบนชิ้นงานหรือจิ๊ก (Fixtures)



TCP (Tool Centre Point):
หัวใจของการคำนวณ! จุดติดตามเส้นทาง
หากเปลี่ยนเครื่องมือ เพียงแค่ Calibrate TCP
ใหม่ โปรแกรมจะทำงานต่อได้ทันที

กลยุทธ์การวางแผนเส้นทาง (Path Planning)



PTP (Point-to-Point)

เคลื่อนที่อิสระทุกแกนพร้อมกันด้วยความเร็วสูงสุด (วิถีเส้นโค้ง)

จุดเด่น: รอบเวลาสั้นที่สุด

LIN (Linear)

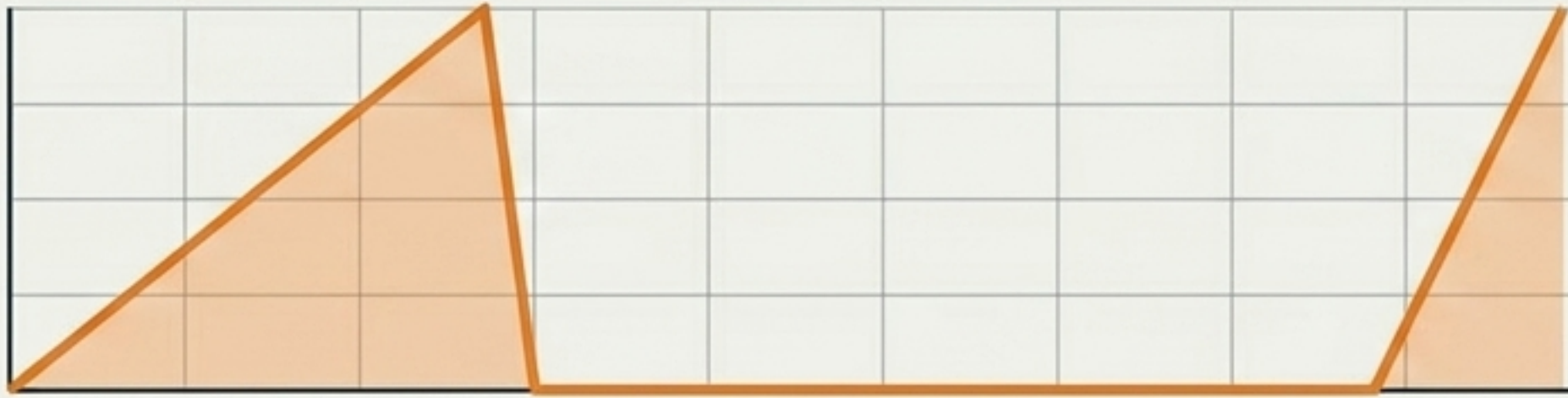
คำนวณอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดเส้นตรงสมบูรณ์

ข้อจำกัด: ความเร็วถูกจำกัดโดยแกนที่ช้าที่สุด

CIRC (Circular)

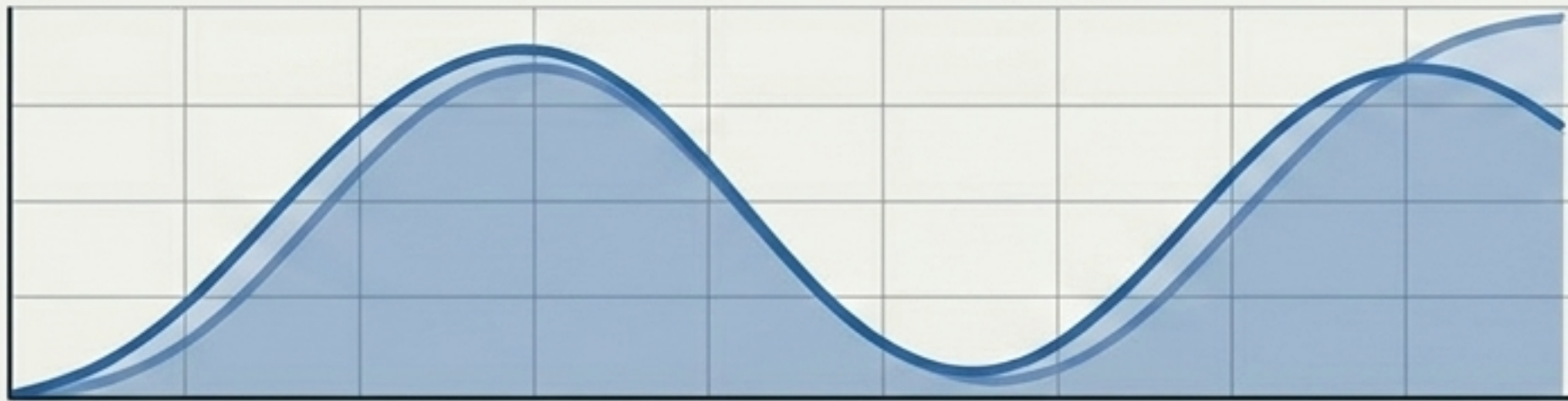
การสร้างส่วนโค้งผ่านจุด 3 จุด (จุดปัจจุบัน, จุดผ่าน, จุดปลาย)

การเพิ่มประสิทธิภาพรอบเวลาด้วย Motion Approximation



การหยุดสนิท (Fine Point)

ทำให้เกิดแรงกระชากและสูญเสียเวลาในการเร่งหรือลดความเร็ว



การเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Blending)

ระบบเริ่มเคลื่อนที่ไปยังจุดถัดไปก่อนถึงเป้าหมายปัจจุบันเกิดการเปลี่ยนผ่านที่ราบรื่น (Smooth Transition)

ผลลัพธ์การปรับปรุง

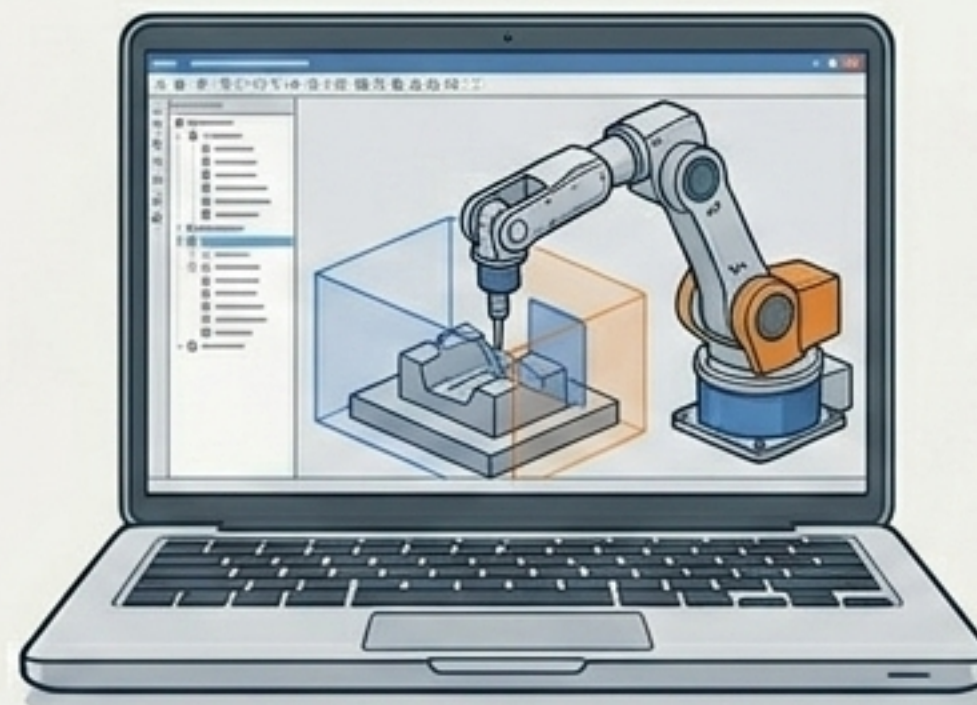
- ลดรอบเวลาผลิตได้ 10-20%
- ลดแรงสั่นสะเทือนและยืดอายุการใช้งานกลไก

กระบวนการทัศนัยการควบคุม: Online vs. Offline Programming (OLP)



Online (Teach Pendant / จูงมือเอนก)

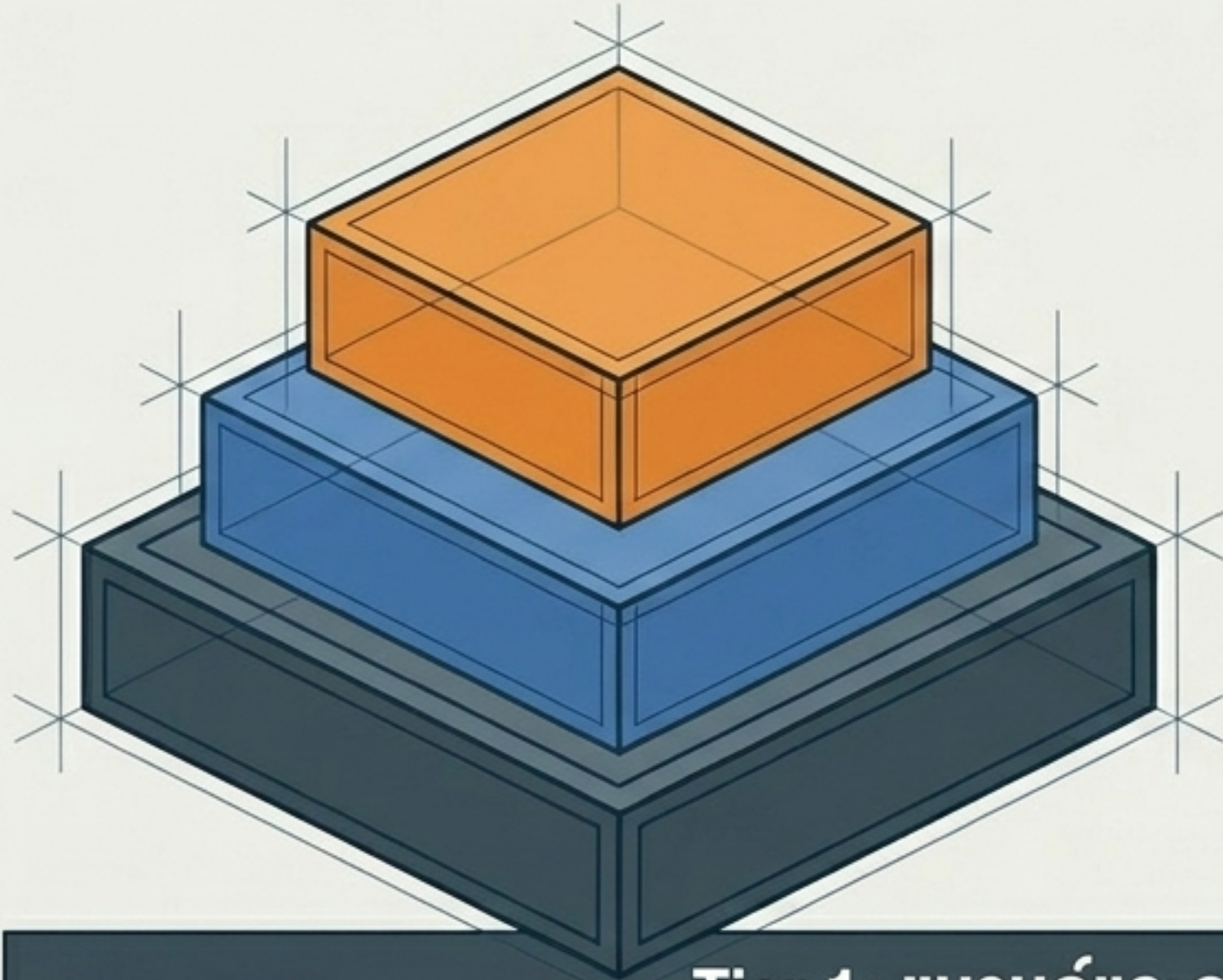
- **ข้อดี:** เห็นผลลัพธ์หน้างานจริงทันที, ไม่ต้องพึ่งแบบจำลอง 3 มิติ, ต้นทุนซอฟต์แวร์ต่ำ
- **ข้อเสีย:** เกิด Production Downtime (ต้องหยุดผลิตเพื่อเขียนโปรแกรม), ความเสี่ยงต่อการชนขึ้นอยู่กับสายตามนุษย์



Offline (Simulation)

- **ข้อดี:** Zero Downtime (ทดสอบในโลกเสมือนล่วงหน้า), รองรับงานซับซ้อนเช่นแกะสลัก 3 มิติ, มีระบบ Collision Detection
- **ข้อเสีย:** ต้องการ Digital Twin ที่แม่นยำสูง, ต้นทุนซอฟต์แวร์และการฝึกอบรมสูง

สถาปัตยกรรมระบบนิเวศซอฟต์แวร์และ Robot Languages



Tier 3: ระบบเปิด (Middleware & Interoperability)

ROS (Robot Operating System): แพลตฟอร์ม Open-source ที่หลายทำแพคเกจระหว่างแบรนด์ รอง สอรับไลบรารีระดับโลก (เช่น MoveIt)

Tier 2: ภาษาคอมพิวเตอร์มาตรฐาน (High-Level)

C++, Python: มาตรฐานใหม่สำหรับการพัฒนาระบบ วิสัยทัศน์เครื่องจักร (Machine Vision) และ AI

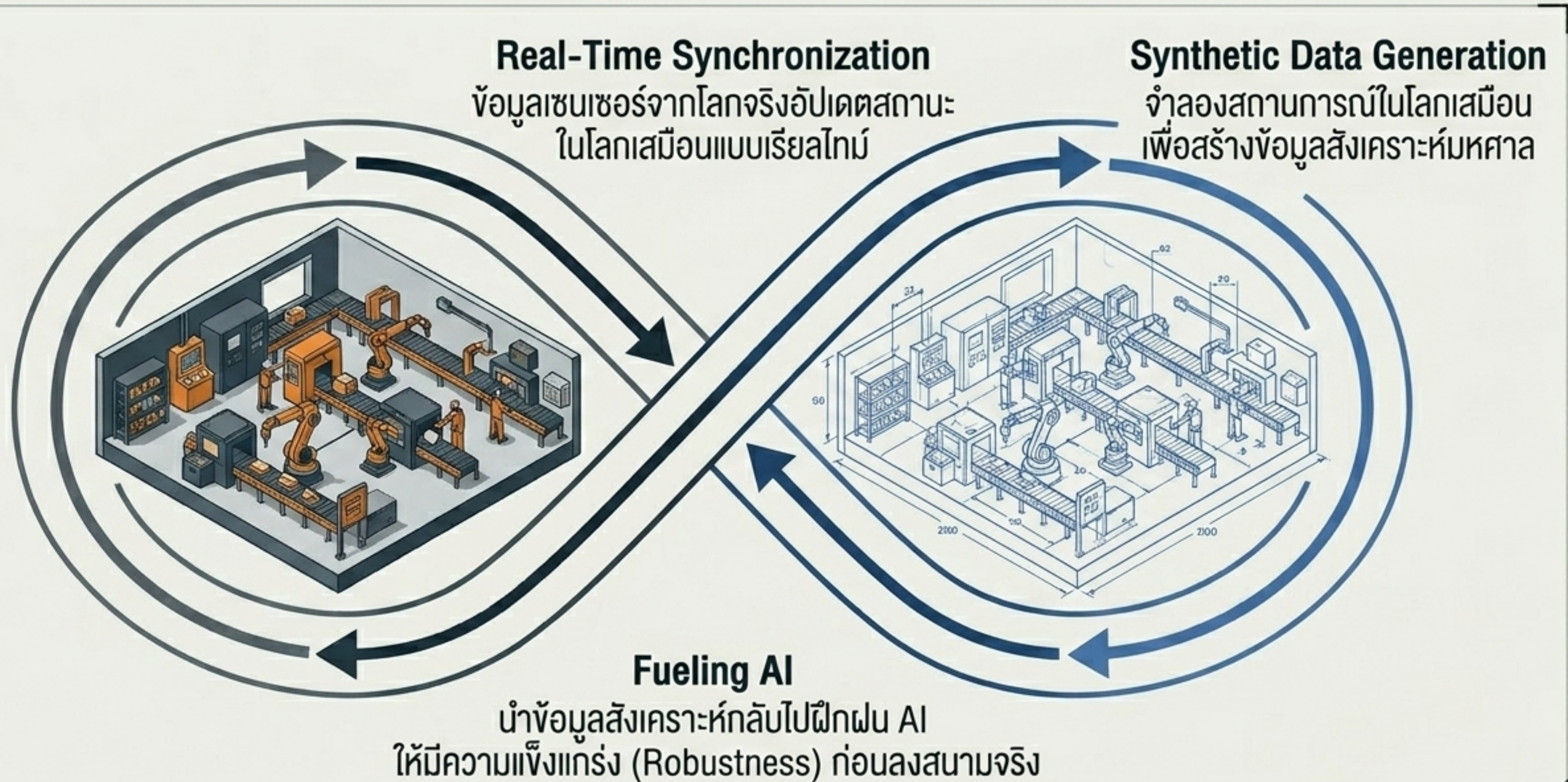
Tier 1: แบนด์และภาษาเฉพาะกลุ่ม (Proprietary)

FANUC: KAREL (Logic)
/ TP (Motion)

ABB: RAPID (ทรงพลัง,
Event Handling)

KUKA: KRL (ใกล้เคียง
High-level language)

Digital Twin: ระบบเสมือนที่ทำงานควบคู่ระบบจริง



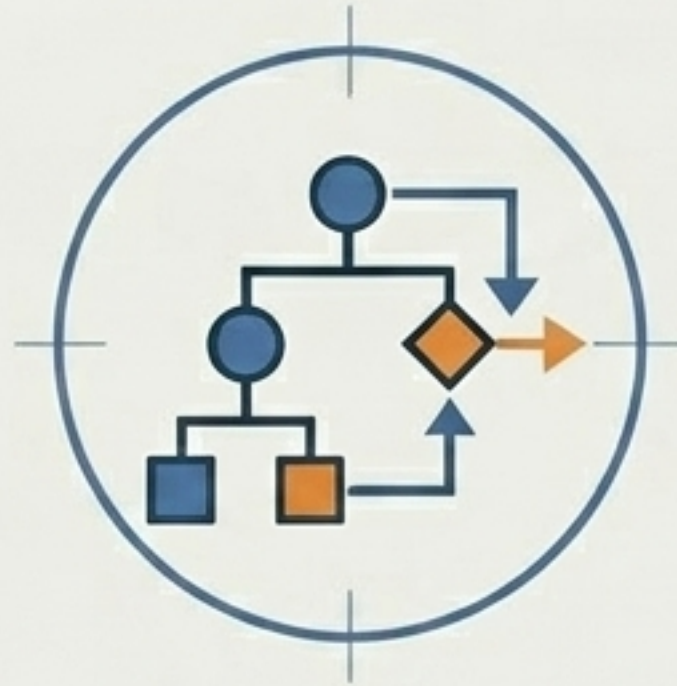
3 สาขาหลักของปัญญาประดิษฐ์ในระบบหุ่นยนต์



1. Vision-based Machine Learning

ปัญหา: ชิ้นงานวางกองไม่เป็นระเบียบ (Bin Picking)

ทางออก: AI เรียนรู้ภาพจาก Digital Twin เพื่อจำแนกตำแหน่งและทิศทางของวัตถุแบบเรียลไทม์



2. Reinforcement Learning (RL)

หลักการ: เรียนรู้ผ่านการลองผิดลองถูกในสภาพแวดล้อมจำลอง โดยอาศัยระบบให้รางวัล (Reward)

ผลลัพธ์: รับมือกับสถานการณ์ที่ไม่เคยพบมาก่อน (Unstructured Environments) ได้ดีกว่าไค้ตายตัว



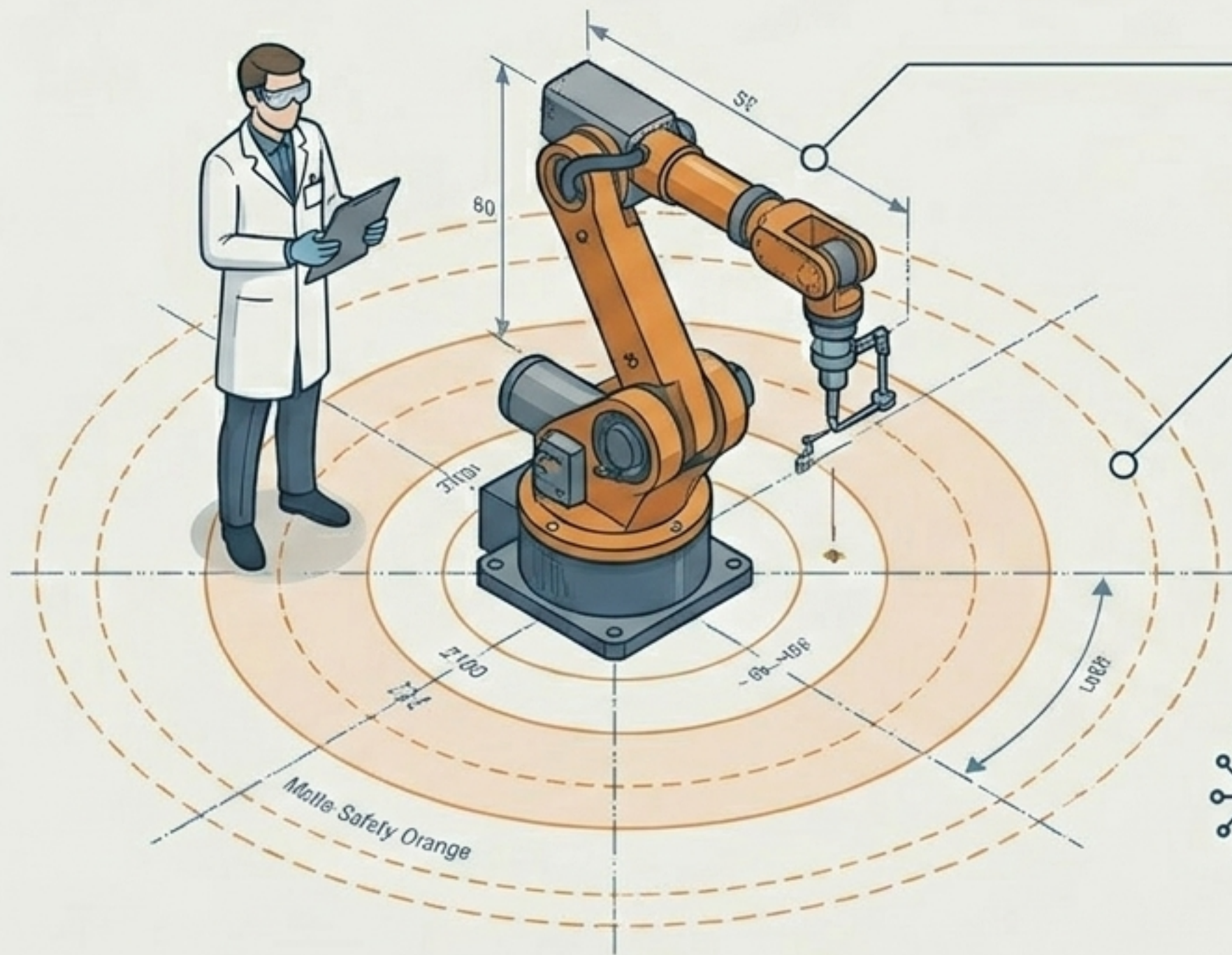
3. Predictive Maintenance

หลักการ: วิเคราะห์ข้อมูลเซนเซอร์เทียบกับโมเดลดิจิทัล

ผลลัพธ์: ทำนายความเสี่ยงก่อนกลไกล้มเหลว ลดโอกาสการหยุดชะงักกะทันหัน

มาตรฐานความปลอดภัยยุคใหม่ ISO 10218:2025

จาก Robot Class สู่แนวคิด Collaborative Application: ความปลอดภัยอยู่ที่ระบบปฏิบัติการโดยรวม



PFL (Power and Force Limiting)

เซนเซอร์ตรวจจับและจำกัดแรงกระแทกหรือแรงกดทับให้อยู่ในระดับที่มนุษย์ปลอดภัย

SSM (Speed & Separation Monitoring)

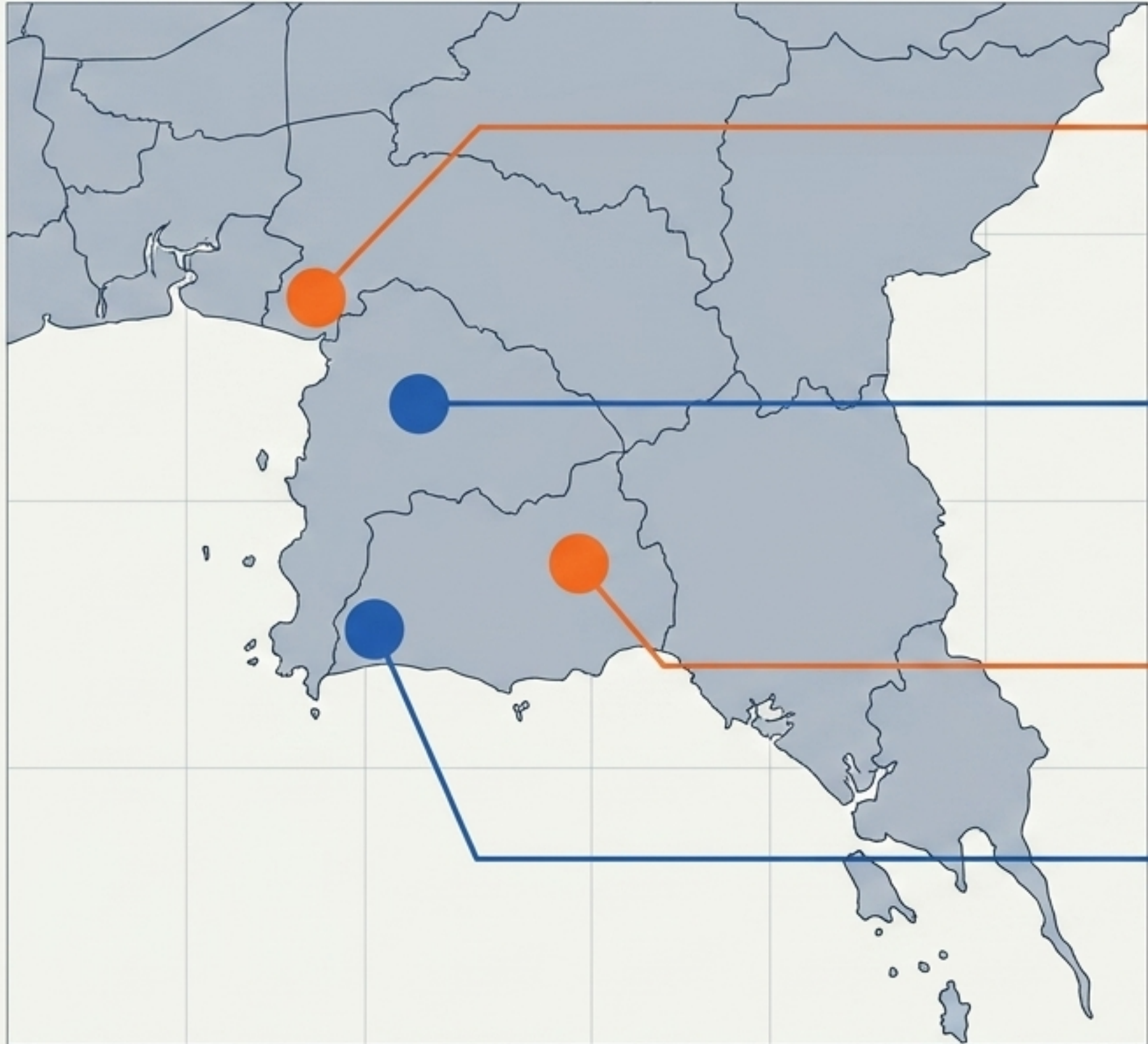
เลเซอร์สแกนเนอร์และ Vision AI
ตรวจสอบระยะห่างมนุษย์
หากเข้าใกล้หุ่นยนต์จะลดความเร็วอัตโนมัติ



Cybersecurity

การเข้ารหัสป้องกันการแฮ็กระบบความปลอดภัย (หัวใจใหม่ของมาตรฐานปี 2025)

ศูนย์กลางการอุปสกลแรงงาน: ระบบนิเวศการเรียนรู้ในเขต EEC



SIMTEC (ระยอง-ชลบุรี)

โครงการ EEC Model Type A เน้นการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ ควบคุมระบบ IoT

MARA (ชลบุรี)

เน้นการ Upskill ช่างเทคนิค ควบคุมหุ่นยนต์แบรนด์หลัก และพื้นฐาน ROS

EEC Automation Park (ม.บูรพา)

ศูนย์สาธิตและให้คำปรึกษาโรงงานสู่มาตรฐานอุตสาหกรรม 4.0

EECi (วังจันทร์วัลเลย์)

พื้นที่วิจัยขั้นสูง เน้นวิศวกรรมซอฟต์แวร์ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ อัตโนมัติ (AMR) และ AI

เส้นทางการศึกษาที่ตอบโจทย์ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน



ช่างเทคนิค &
ทีมซ่อมบำรุง



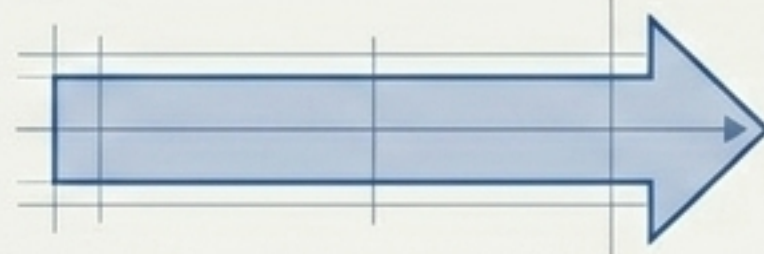
Industrial Robot Programming
(MARA / SIMTEC)



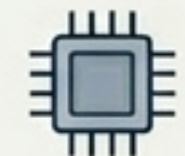
Robot Maintenance Specialist
(MARA)



วิศวกรซอฟต์แวร์
& AI



Visual AI for Robotics
(EECi / EEC Automation Park)



ผู้ประกอบการ &
ผู้วางแผนการผลิต

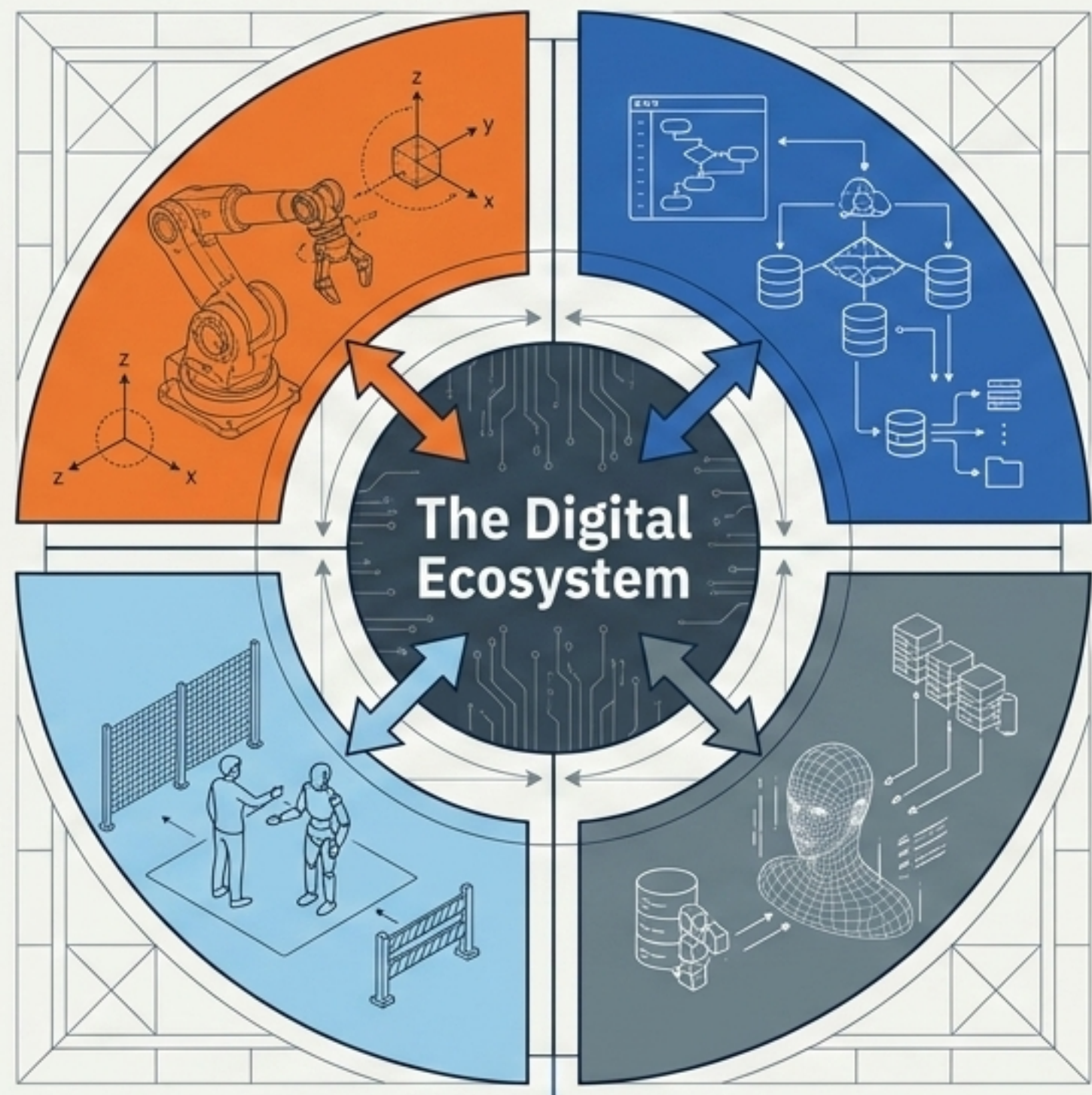


**Digital Manufacturing
& Lean Automation**
(SIMTEC / DIProm)



การเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์คือการออกแบบระบบนิเวศดิจิทัล

1. Hardware
กลศาสตร์จลนศาสตร์
และระบบพิกัดที่แม่นยำ



2. Software
OLP ไร้รอยต่อ และ
ROS2 Interoperability

4. Human
ความปลอดภัยระดับ
Application และทักษะขั้นสูง

3. Intelligence
Digital Twins และ
Synthetic Data

กุญแจสำคัญในยุคที่ผลิตภัณฑ์มีวงจรชีวิตสั้น
คือการสร้างมาตรฐานกลางให้หุ่นยนต์ต่างค่ายทำงานร่วมกันอย่างไร้รอยต่อ



สู่อุตสาหกรรมอัจฉริยะอย่างยั่งยืน

การตระหนักรู้ในเทคโนโลยี AI-driven OLP
ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะมนุษย์อย่างไม่หยุดนิ่ง
คือรากฐานที่จะนำพาอุตสาหกรรมไทยก้าวข้ามทุก
ความท้าทายในศตวรรษที่ 21