

**ขอบเขตของงาน (Terms of Reference: TOR)**  
**ซื้อชุดปฏิบัติการนวัตกรรมเทคโนโลยีการเรียนรู้ด้านระบบแขนกลดิจิทัล**  
**และ AI พร้อมสื่อการสอน ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี**  
**จำนวน ๑ ชุด**

**๑. ความเป็นมา**

วิวัฒนาการของศาสตร์ด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) รวมไปถึงเทคโนโลยีอัจฉริยะและระบบอัตโนมัติมีความสำคัญยิ่งต่อการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนรูปแบบอุตสาหกรรมของประเทศจากยุค Industry ๓.๐ (Computer and Automation) ไปเป็น Industry ๔.๐ (Cyber Physical System) พร้อมกันนี้ศาสตร์ทางด้านปัญญาประดิษฐ์ยังเป็นกลไกสำคัญยิ่งสำหรับการพัฒนาระบบผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมสู่ในโรงงานแห่งอนาคต หรือ Industry ๕.๐ (Mass Customization & Cyber Physical Cognitive System) ซึ่งคนและเครื่องจักรจะทำงานใกล้ชิดกันมากขึ้น (Collaborative robots: COBOTS) ชุดปฏิบัติการนวัตกรรมเทคโนโลยีการเรียนรู้ด้านระบบแขนกลดิจิทัลและ AI พร้อมสื่อการสอน เพื่อรองรับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ๔.๐ นี้ จะมีบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งเรียนรู้และฝึกปฏิบัติสำหรับนิสิตคณะวิทยาการสารสนเทศ ในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์และระบบอัจฉริยะ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการพัฒนาโรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory) เกษตรอัจฉริยะ (Smart Agriculture) ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farming) และ โลจิสติกส์อัจฉริยะ (Smart Logistics)

นอกจากนี้ ชุดปฏิบัติการนวัตกรรมฯ ดังกล่าวนี้ จะสอดคล้องกับแผนการพัฒนากำลังคนเพื่อรองรับอุตสาหกรรมดิจิทัล และอุตสาหกรรมระบบอัตโนมัติ ตามแผนการพัฒนาพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor หรือ EEC) ของประเทศ ซึ่งคณะวิทยาการสารสนเทศได้ปรับปรุงแผนยุทธศาสตร์ของคณะฯ ให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์ของชาติ เพื่อการพัฒนาประเทศอย่างต่อเนื่อง มั่นคง และยั่งยืน

**๒. วัตถุประสงค์**

เพื่อจัดซื้อชุดปฏิบัติการนวัตกรรมเทคโนโลยีการเรียนรู้ด้านระบบแขนกลดิจิทัลและ AI พร้อมสื่อการสอน เพื่อรองรับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ๔.๐ ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ๑ ชุด เพื่อใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนด้านการสนับสนุนสายการผลิตในโรงงานอัจฉริยะ เกษตรอัจฉริยะ ฟาร์ม-อัจฉริยะ และ โลจิสติกส์อัจฉริยะ ของคณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

### ๓. คุณสมบัติของผู้ประสงค์เสนอราคา

๓.๑ มีความสามารถตามกฎหมาย

๓.๒ ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย

๓.๓ ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ

๓.๔ ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราว เนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรม/จังหวัด/สำนักงานบัญชีกลาง

๓.๕ ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระบุชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทำงานของหน่วยงานของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทำงานเป็นหุ้นส่วนผู้จัดการ กรรมการผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย

๓.๖ มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามตามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

๓.๗ เป็นบุคคลธรรมดา หรือนิติบุคคล ผู้มีอาชีพขายพัสดุดังกล่าว

๓.๘ ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้ยื่นข้อเสนอรายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่มหาวิทยาลัยบูรพา ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันอย่างเป็นธรรมในการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้

๓.๙ ไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้ยื่นข้อเสนอได้มีคำสั่งให้สละเอกสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นนั้น

๓.๑๐ ผู้ยื่นข้อเสนอต้องลงทะเบียนในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Government Procurement: e - GP) ของกรมบัญชีกลาง

๓.๑๑ ผู้ยื่นข้อเสนอที่ยื่นข้อเสนอในรูปแบบของ "กิจการร่วมค้า" ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

กรณีที่ข้อตกลงฯ กำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมค้ำหลัก ข้อตกลงฯจะต้องมีการกำหนดสัดส่วนหน้าที่ และความรับผิดชอบในปริมาณงาน สิ่งของ หรือมูลค่าตามสัญญาของผู้เข้าร่วมค้ำหลักมากกว่าผู้เข้าร่วมค้ำรายอื่นทุกราย

กรณีที่ข้อตกลงฯ กำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมค้ำหลักกิจการร่วมค้ำนั้นต้องใช้ผลงานของผู้เข้าร่วมค้ำหลักรายเดียวเป็นผลงานของกิจการร่วมค้ำที่ยื่นข้อเสนอ

สำหรับข้อตกลงฯ ที่ไม่ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ำรายใดเป็นผู้เข้าร่วมค้ำหลัก ผู้เข้าร่วมค้ำทุกรายจะต้องมีคุณสมบัติครบถ้วนตามที่กำหนดไว้ในเอกสารเชิญชวน

### ๔. แบบรูปรายการ หรือคุณลักษณะเฉพาะ

ดังเอกสารแนบ

### ๕. ระยะเวลาดำเนินการ

ไม่เกิน ๑๒๐ วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญาซื้อขาย

## ๖. ระยะเวลาส่งมอบของหรืองาน

- ๖.๑ กำหนดส่งมอบภายใน ๑๒๐ วัน นับจากวันลงนามในสัญญา
- ๖.๒ กำหนดยื่นราคาไม่น้อยกว่า ๖๐ วัน
- ๖.๓ สถานที่ส่งมอบ ณ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

## ๗. วงเงินในการจัดหา

เงินงบประมาณจำนวน ๒,๐๐๐,๐๐๐ บาท (สองล้านบาทถ้วน) โดยเบิกจ่ายเงินอุดหนุนรัฐบาล คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ ๒๕๖๕

## ๘. แหล่งที่มาของราคากลาง (ราคาอ้างอิง)

สืบราคาจากท้องตลาดจากผู้มีอาชีพขาย ได้แก่ ห้างหุ้นส่วนจำกัด แม็กซีโพลีมี อินเทอร์เน็ต บริษัท ออโตไคแด็กติก จำกัด บริษัท เมฆา อินดัสเทรียล จำกัด

## ๙. เกณฑ์ในการพิจารณา

ใช้เกณฑ์ราคา โดยพิจารณาจากผู้ที่มีคุณสมบัติถูกต้องและราคาต่ำสุด

## ๑๐. หน่วยงานผู้รับผิดชอบดำเนินการ

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

## ๑๑. สถานที่ติดต่อเพื่อขอทราบข้อมูลเพิ่มเติม และส่งข้อเสนอแนะ วิจารณ์ หรือแสดงความคิดเห็น

สามารถส่งข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ วิจารณ์ เกี่ยวกับร่างขอบเขตของงานนี้ได้ที่  
สถานที่ติดต่อ งานพัสดุ ชั้น ๒ อาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข  
อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ๒๐๑๓๑

โทรศัพท์ ๐-๓๘๑๐-๓๐๖๐

e-mail: sirijan@buu.ac.th

สาธารณชนที่ต้องการเสนอแนะวิจารณ์ หรือมีความเห็น ต้องเปิดเผยชื่อและที่อยู่ของผู้ให้  
ข้อเสนอแนะวิจารณ์ หรือมีความเห็นด้วย

**รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ**  
**งานซื้อชุดปฏิบัติการนวัตกรรมเทคโนโลยีการเรียนรู้ด้านระบบแขนกลดิจิทัล**  
**และ AI พร้อมสื่อการสอน ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี**  
**จำนวน 1 ชุด**

**ภายในชุดประกอบด้วยรายการดังนี้**

1. ชุดฝึกแขนกลดิจิทัลแบบ 4 แกน	จำนวน 18 ชุด
2. ชุดฝึกสายพานลำเลียงเพื่อการทดสอบ	จำนวน 5 ชุด
3. ชุดฝึกรางเลื่อนสำหรับทดสอบ	จำนวน 5 ชุด
4. ชุดฝึกระบบวิชั่นสำหรับทดสอบ	จำนวน 5 ชุด
5. ชุดฝึกควบคุมด้วยระบบ AI	จำนวน 5 ชุด
6. ชุดโปรแกรมจำลองระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ	จำนวน 5 โปรแกรม
7. แขนกลอุตสาหกรรมร่วมปฏิบัติงานกับมนุษย์ (Collaborative Robot)	จำนวน 1 ชุด
8. โปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ด้วยปัญญาประดิษฐ์	จำนวน 1 โปรแกรม

**คุณลักษณะเฉพาะครุภัณฑ์**

1. ชุดฝึกแขนกลดิจิทัลแบบ 4 แกน จำนวน 18 ชุด
  - 1.1 จำนวนแกนการเคลื่อนที่ 4 แกนการเคลื่อนที่
  - 1.2 ยกน้ำหนักสูงสุด (Maximum Payload) ได้ไม่เกิน 500 กรัม
  - 1.3 รองรับการเชื่อมต่อแบบ USB, WIFI, Bluetooth หรือดีกว่า
  - 1.4 แกนที่ 1 (Base) สามารถเคลื่อนที่เชิงมุมในช่วงไม่น้อยกว่า -90 องศา ถึง +90 องศา และมีความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ไม่น้อยกว่า 250 องศา/วินาที
  - 1.5 แกนที่ 2 (Rear Arm) สามารถเคลื่อนที่เชิงมุมในช่วงไม่น้อยกว่า 0 องศา ถึง +85 องศา และมีความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ไม่น้อยกว่า 250 องศา/วินาที
  - 1.6 แกนที่ 3 (Forearm) สามารถเคลื่อนที่เชิงมุมในช่วงไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ -10 องศา ถึง +90 องศาและมีความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ไม่น้อยกว่า 250 องศา/วินาที
  - 1.7 แกนที่ 4 (Rotation Servo) สามารถเคลื่อนที่เชิงมุมในช่วงไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ -90 องศา ถึง +90 องศาและมีความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ไม่น้อยกว่า 250 องศา/วินาที
  - 1.8 มีคอนโทรลเลอร์ ชนิด Integrated Controller
  - 1.9 มีปุ่ม Unlock บนแขนกล สำหรับใช้ในการเคลื่อนย้ายแขนกลเพื่อบันทึกเส้นทางการเคลื่อนที่บนซอฟต์แวร์ได้
  - 1.10 สามารถใช้งานกับแหล่งจ่ายไฟ 12 V ได้
  - 1.11 อุปกรณ์ประกอบเพิ่มเติม

- 1.11.1 หัวเครื่องปรีน 3 มิติขนาดเล็ก
- 1.11.2 หัวเครื่องยิงเลเซอร์
- 1.11.3 หัวจับปากกา
- 1.11.4 หัวดูดสูญญากาศ
- 1.11.5 หัวมือจับ
- 1.12 รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่าน I/O ได้ไม่น้อยกว่าดังนี้
  - 1.12.1 มี I/O ไม่น้อยกว่า 10 ช่อง
  - 1.12.2 มีช่องสำหรับจ่ายแรงดัน 12 V ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
  - 1.12.3 มีช่องสำหรับต่อสแต็ปมอเตอร์ ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
- 1.13 มีซอฟต์แวร์ที่สามารถทำงานร่วมกับแขนกลได้ โดยมีรายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้
  - 1.13.1 มีหน้าต่างควบคุมที่สามารถควบคุมแขนกลในโหมดควบคุมที่ละแกน (Joint) และโหมด X, Y, Z
  - 1.13.2 มีฟังก์ชันสำหรับจัดการ I/O ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
  - 1.13.3 มีฟังก์ชันสำหรับการตั้งค่าจุด Home เองได้
  - 1.13.4 มีฟังก์ชันในการเคลื่อนที่แบบ PTP โดยกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ได้ทั้งแบบ MOVJ และ MOVL
  - 1.13.5 มีฟังก์ชันในการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง (ARC Point)
  - 1.13.6 สามารถกำหนดค่าจำนวนรอบการทำงาน ความเร็ว และการเร่งความเร็วของแขนกลได้
  - 1.13.7 สามารถทำงานแบบออฟไลน์ได้โดยไม่ต้องเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ไว้ตลอด
  - 1.13.8 มีฟังก์ชันการใช้เมาส์สั่งงานให้แขนกลเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนของเมาส์ได้
  - 1.13.9 สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมแขนกลด้วย Blockly ได้
  - 1.13.10 สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมแขนกลด้วย Script Python ได้
- 1.14 ผู้นำเสนอราคาต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตโดยตรงซึ่งมีเอกสารแนบมาพร้อมกับการยื่นซองเพื่อประโยชน์ในการบริการหลังการขาย

## 2. ชุดฝึกสายพานลำเลียงเพื่อการทดสอบ จำนวน 5 ชุด

- 2.1 สามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 450 กรัม
- 2.2 มีระยะทางในการลำเลียงไม่น้อยกว่า 590 มิลลิเมตร
- 2.3 มีความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวินาที
- 2.4 มีการเร่งความเร็วได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 900 มิลลิเมตรต่อวินาที<sup>2</sup>
- 2.5 มีโฟโต้เซ็นเซอร์ไม่น้อยกว่า 1 ตัว
- 2.6 มีคัลเลอร์เซ็นเซอร์ไม่น้อยกว่า 1 ตัว
- 2.7 มีชิ้นงานสีแตกต่างกันอย่างน้อย 3 สี
- 2.8 เป็นผลิตภัณฑ์ภายใต้เครื่องหมายการค้าเดียวกับตัวแขนกล 4 แกน  
เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานร่วมกัน

## 3. ชุดฝึกรางเลื่อนสำหรับทดสอบ จำนวน 5 ชุด

- 3.1 สามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 4,500 กรัม
- 3.2 สามารถเคลื่อนที่ได้ไม่น้อยกว่า 950 มิลลิเมตร
- 3.3 มีความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ไม่น้อยกว่า 140 มิลลิเมตรต่อวินาที
- 3.4 มีการเร่งความเร็วได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 140 มิลลิเมตรต่อวินาที<sup>2</sup>
- 3.5 มีความถูกต้องในการเคลื่อนที่ในตำแหน่งเดิมไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร
- 3.6 มีความถูกต้องในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร
- 3.7 เป็นผลิตภัณฑ์ภายใต้เครื่องหมายการค้าเดียวกับตัวแขนกล 4 แกน  
เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานร่วมกัน

## 4. ชุดฝึกระบบวิชั่นสำหรับทดสอบ จำนวน 5 ชุด

- 4.1 ชุดกล้อง (Camera )
  - 4.1.1 Sensor ขนาด 1/2.5" CMOS หรือดีกว่า
  - 4.1.2 Effective pixels 3,000,000 pixels หรือดีกว่า
  - 4.1.3 เป็นแบบสี Color
  - 4.1.4 Pixel ขนาด 2.2 x 2.2 um หรือดีกว่า
  - 4.1.5 Frame rate/Resolution 12fps@2,048x1,536 หรือดีกว่า
  - 4.1.6 Signal-to-noise ratio 40 dB หรือดีกว่า
  - 4.1.7 Dynamic range 60 dB หรือดีกว่า
  - 4.1.8 เป็นแบบ Automatic/Manual
  - 4.1.9 มีขนาดไม่น้อยกว่า 25 x25x25 mm
  - 4.1.10 เชื่อมต่อด้วย USB 2.0 หรือดีกว่า

#### 4.2 ชุดแหล่งกำเนิดแสง (Light Source)

- 4.2.1 Luminous color White หรือดีกว่า
- 4.2.2 LED quantity 48 LED หรือดีกว่า
- 4.2.3 มีค่า Illumination ไม่น้อยกว่า 35,000 Lux
- 4.2.4 Brightness Continuously adjustment, adjustable range: ไม่น้อยกว่า 0%-100%
- 4.2.5 ความยาวคลื่น ไม่น้อยกว่า 455 nm - 457.5 nm
- 4.2.6 Output voltage ไม่น้อยกว่า 12V
- 4.2.7 Output power ไม่น้อยกว่า 3.5 ~ 5W
- 4.2.8 มีระยะการทำงาน ไม่น้อยกว่า 35 - 100 mm

#### 4.3 ชุดเลนส์กล้อง (Camera Lens )

- 4.3.1 Focus ขนาด ไม่น้อยกว่า 12mm
- 4.3.2 ค่า image size สูงสุด ขนาด ไม่น้อยกว่า 1/1.8" ( $\phi$  9 mm)
- 4.3.3 Aperture F2.8 - F16 หรือดีกว่า
- 4.3.4 Control mode Aperture Manual
- 4.3.5 Control mode Focus Point Manual

#### 4.4 เป็นผลิตภัณฑ์ภายใต้เครื่องหมายการค้าเดียวกับตัวแขนกล 4 แกน เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานร่วมกัน

### 5. ชุดฝึกรับควบคุมด้วยระบบ AI จำนวน 5 ชุด

#### 5.1 ตัวบอร์ดควบคุมเป็นแบบ Arduino จำนวน 1 ตัว

- 5.1.1 มี Microcontroller รุ่น ATmega2560 หรือดีกว่า
- 5.1.2 แรงดันไฟฟ้าใช้งาน 5V หรือดีกว่า
- 5.1.3 มีดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุต จำนวน ไม่น้อยกว่า 50 ช่อง
- 5.1.3 มีอนาล็อก อินพุต จำนวน ไม่น้อยกว่า 8 ช่อง

#### 5.2 ตัวกล้องจับภาพ จำนวน 1 ตัว

- 5.2.1 มีความละเอียด ไม่น้อยกว่า 1080 x 600
- 5.2.2 มีหน่วยความจำหลัก ไม่น้อยกว่า ( RAM ) 256 Kbytes
- 5.2.3 ข้อมูลเอาต์พุตจะเป็นแบบ UART, SPI, I2C หรือดีกว่า

#### 5.3 มีโมดูลสวิตช์ปุ่มกด จำนวน 3 ตัว

#### 5.4 มีโมดูลหลอดไฟ จำนวน 3 ตัว

#### 5.5 เป็นผลิตภัณฑ์ภายใต้เครื่องหมายการค้าเดียวกับตัวแขนกล 4 แกน เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานร่วมกัน

## 6. ชุดโปรแกรมจำลองระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ จำนวน 5 ชุด

- 6.1 เป็นโปรแกรมที่สามารถทำงานได้แบบ Cross-Platform ทั้งระบบปฏิบัติการ Windows 64 บิต Mac OS และลินุกซ์
- 6.2 รองรับเขียนโปรแกรมไม่น้อยกว่า 5 รูปแบบคือ Plugins, Embedded Scripts, Add-ons, BlueZero node , Remote API clients
- 6.3 รองรับการเขียนโปรแกรมไม่น้อยกว่า 6 ภาษาคือ C/C++, Python, Java, Matlab, Octave และ Lua
- 6.4 โปรแกรมรองรับเครื่องมือในการพัฒนาโมเดลหุ่นยนต์แบบไดนามิก/ฟิสิกส์ ได้ไม่น้อยกว่า 4 ตัว คือ Bullet, ODE, Vortex และ Newton
- 6.5 โปรแกรมรองรับการคำนวณทางด้านแมคคานิกส์แบบ Inverse Kinematics
- 6.6 สามารถตรวจสอบการชนกันของวัตถุในโปรแกรมจำลองได้
- 6.7 สามารถคำนวณระยะทางระหว่างวัตถุในโปรแกรมจำลองได้
- 6.8 มีเซนเซอร์จำลองแบบพรีอิกซิเมตส์สำหรับติดตั้งบนหุ่นยนต์เพื่อตรวจวัดระยะทางได้โดยมีรูปแบบการตรวจจับไม่น้อยกว่าดังนี้ Ray-type, Randomized ray-type, Pyramid-type, Cylinder-type และ Cone-type
- 6.9 มีเซนเซอร์จำลองแบบวิชั่น (Vision sensor) เพื่อใช้ในการตรวจจับวัตถุ และสามารถแสดงผลบนหน้าต่างโปรแกรมจำลองได้
- 6.10 สามารถสร้างและรวมชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันเป็นหุ่นยนต์ และสามารถเชื่อมต่อส่วนประกอบเหล่านั้นเพื่อให้งานร่วมกันได้บนโปรแกรมจำลองผ่าน Embedded script
- 6.11 สามารถสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่สำหรับหุ่นยนต์ได้
- 6.12 สามารถบันทึกข้อมูลการทำงานของหุ่นยนต์บนโปรแกรมจำลองในรูปแบบกราฟได้
- 6.13 สามารถ Import ไฟล์รูปภาพ 3D จากภายนอก เพื่อนำมาใช้ในโปรแกรมจำลองได้
- 6.14 โปรแกรมสามารถจำลองการทำงานเสมือนจริงแบบ RRS (Realistic Robot Simulation)
- 6.15 สามารถแสดงลำดับของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นหุ่นยนต์ พร้อมทั้งสามารถเลือกดูแต่ละชิ้นส่วนได้ในโปรแกรมจำลอง
- 6.16 สามารถเลือกโมเดลหุ่นยนต์และแขนกลทางอุตสาหกรรมจากไลบรารีในโปรแกรมจำลองเพื่อนำมาเรียนรู้ และเขียนโปรแกรมควบคุมได้
- 6.17 มีโมเดลตัวอย่างของแขนกลทั่วไป



## 7. แขนกลอุตสาหกรรมร่วมปฏิบัติงานกับมนุษย์ (Collaborative Robot) จำนวน 1 ชุด

- 7.1 หุ่นยนต์ขนาดเล็ก ขนาดการรับน้ำหนักไม่น้อยกว่า 0.5 กิโลกรัม
- 7.2 เป็นแขนกลชนิด 4 แกน
- 7.3 มีรัศมีทำการเมื่อยืดตัวสุดไม่ต่ำกว่า 440 มิลลิเมตร
- 7.4 มีค่า repeatability ไม่น้อยกว่า  $\pm 0.05$  มิลลิเมตร
- 7.5 ระยะการหมุนของแต่ละแกนเป็นดังนี้
  - 7.5.1 แกนที่ 1 มีระยะทำการในช่วงไม่ต่ำกว่า -160 องศาถึง +160 องศา
  - 7.5.2 แกนที่ 2 มีระยะทำการในช่วงไม่ต่ำกว่า -25 องศาถึง +85 องศา
  - 7.5.3 แกนที่ 3 มีระยะทำการในช่วงไม่ต่ำกว่า -25 องศาถึง +105 องศา
  - 7.5.4 แกนที่ 4 มีระยะทำการในช่วงไม่ต่ำกว่า -180 องศาถึง +180 องศา
- 7.6 ความเร็วของการเคลื่อนที่แต่ละแกนเป็นดังนี้
  - 7.6.1 แกนที่ 1 ความเร็วไม่ต่ำกว่า 270 องศาต่อวินาที
  - 7.6.2 แกนที่ 2 ความเร็วไม่ต่ำกว่า 270 องศาต่อวินาที
  - 7.6.3 แกนที่ 3 ความเร็วไม่ต่ำกว่า 270 องศาต่อวินาที
  - 7.6.4 แกนที่ 4 ความเร็วไม่ต่ำกว่า 270 องศาต่อวินาที
- 7.7 รองรับการเชื่อมต่อแบบ TCP/IP , Modbus TCP เป็นอย่างน้อย
- 7.8 มีจุดเชื่อมต่อแบบดิจิทัลทั้งฝั่งขาเข้าและขาออกรวมจำนวนไม่น้อยกว่า 16 ช่อง
- 7.9 มีจุดเชื่อมต่อแบบดิจิทัลที่ End Effectors ทั้งฝั่งขาเข้าและขาออก รวมจำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
- 7.10 มีช่องรับสัญญาณ Encoder ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 7.11 มีช่องต่อ Ethernet ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
- 7.12 มีช่องต่อ USB ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
- 7.13 มีปุ่ม Hand-teach เพื่อสามารถลากแขนกลให้เคลื่อนที่ด้วยมือได้
- 7.14 มีโปรแกรมควบคุมการทำงานของแขนกลที่สามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Windows ซึ่งสามารถรองรับการเขียน graphical programming และ script programming ได้
- 7.15 สามารถเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟขนาด 100 ถึง 240 VAC
- 7.16 ผู้นำเสนอราคาต้องได้รับแต่งตั้งเป็นตัวแทนจำหน่ายจากบริษัทผู้ผลิตโดยตรงหรือจากตัวแทนจำหน่ายภายในประเทศเพื่อการบริการหลังการขายที่มีประสิทธิภาพ

## 8. โปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ด้วยปัญญาประดิษฐ์ จำนวน 1 โปรแกรม

- 8.1 เป็นแพลตฟอร์มที่สามารถควบคุมระบบหุ่นยนต์ ระบบอัตโนมัติ และปัญญาประดิษฐ์เข้าด้วยกัน
- 8.2 การเขียนโปรแกรมเป็นลักษณะ การลากและวางโมดูลไหนตไปยังหน้าต่างการทำงาน
- 8.3 เป็นโปรแกรมทางด้านปัญญาประดิษฐ์ที่ทำงานด้านการมองเห็นและรับรู้วัตถุอัจฉริยะที่ความแม่นยำสูง มีความรวดเร็วในการประมวลผล มีอัลกอริทึมอัจฉริยะที่หลากหลายสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้

- 8.4 ผู้เสนอราคาต้องได้รับแต่งตั้งเป็นตัวแทนจำหน่ายและได้รับสิทธิ์ในการจำหน่ายโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์  
ถูกต้องตามกฎหมาย
- 8.5 โปรแกรมสามารถใช้งานร่วมกับระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมจริง
- 8.5.1 เป็นโปรแกรมด้านปัญญาประดิษฐ์ด้านการมองเห็นและรับรู้วัตถุอัจฉริยะ  
โดยสามารถใช้งานควบคุมระบบหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรมได้ในแพลตฟอร์ม  
เดียวกัน
- 8.5.2 โปรแกรมมีโมดูลชุดคำสั่งทั่วไปไม่น้อยกว่าดังนี้
- โมดูลการเปิดการทำงานของชุดคำสั่งที่เชื่อมต่ออัตโนมัติ
  - โมดูลการเปิดการทำงานของชุดคำสั่งที่เชื่อมต่อ
  - โมดูลการแสดงผลข้อมูล , สถานะเวลา, รูปภาพจากการประมวลผลของชุดคำสั่ง
  - โมดูลการหยุดรอก่อนทำงานชุดคำสั่งถัดไปที่เชื่อมต่อ(หน่วยเป็นมิลลิวินาที)
  - โมดูลการตรวจสอบสถานะของข้อมูล
  - โมดูลการรวมข้อมูลหรือ การทำงานของชุดคำสั่ง
  - โมดูลแสดงข้อความที่ตั้งค่าไว้ หรือข้อความจากตัวแปรของชุดคำสั่ง
  - โมดูลกำหนดค่าข้อมูล ให้เป็น ตัวเลข ข้อความ หรือตรรกะจริงเท็จ
  - โมดูลตรวจสอบสถานะของข้อมูล หรือตัวแปรว่าตรงกับที่กำหนดไว้ใช่หรือไม่
  - โมดูลรอให้คำสั่ง 2 ทาง ออกมาพร้อมกัน
  - โมดูลเปิดหรือปิดการเชื่อมต่อของเส้นข้อมูลโดยอาศัยสัญญาณที่เข้ามายังกล่อง
- 8.5.3 โปรแกรมมีโมดูลชุดคำสั่งที่ทำงานด้านปัญญาประดิษฐ์ไม่น้อยกว่าดังนี้
- โมดูลคำสั่งที่ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการตรวจหา ตรวจสอบ  
หรือจัดหมวดหมู่รูปภาพที่เข้ามายังชุดคำสั่ง
  - โมดูลสอนให้ปัญญาประดิษฐ์รู้จักวัตถุที่ต้องการ โดยสามารถวาดกรอบบนภาพรอบวัตถุนั้นๆ  
และสร้างกรอบที่มีป้ายกำกับว่าสิ่งนั้นคืออะไร
- 8.5.4 โปรแกรมมีโมดูลสอนให้ปัญญาประดิษฐ์รู้จักวัตถุ โดยใช้ CPU ประมวลผลผลได้
- 8.5.5 โปรแกรมมีโมดูลชุดคำสั่งในการจัดการข้อมูลไม่น้อยกว่าดังนี้
- โมดูลที่สามารถเขียนคำสั่งด้วย JavaScript
  - โมดูลที่สามารถเขียนคำสั่งด้วย PythonScript
  - โมดูลที่สามารถคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์
  - โมดูลที่สามารถเปรียบเทียบค่า
- 8.5.6 โปรแกรมมีโมดูลที่สามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LineNotify ได้
- 8.5.7 โปรแกรมมีโมดูลที่สามารถจัดการสัญญาณ I/O ได้ โดยสามารถอ่านและเขียน I/O  
เพื่อนให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้
- 8.5.8 โปรแกรมสามารถสื่อสารผ่านโปรโตคอล MQTT ได้
- 8.5.9 โปรแกรมมีโมดูลเพื่อให้สามารถติดต่อกับผู้ใช้งานได้ไม่น้อยกว่าดังนี้

- โมดูลปุ่มกด
  - โมดูลแสดงผลรูปภาพ
  - โมดูล LED
  - โมดูลแสดงผลข้อความ
- 8.5.10 โปรแกรมมีโมดูลชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับ รูปภาพ และวิดีโอ ได้ไม่น้อยกว่าดังนี้
- โมดูลคำสั่งในการนำเข้าไฟล์รูปภาพในคอมพิวเตอร์
  - โมดูลคำสั่งในการนำเข้าไฟล์วิดีโอในคอมพิวเตอร์
  - โมดูลคำสั่งในการนำเข้ารูปภาพจากอุปกรณ์ webcam หรือกล้องต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
  - โมดูลคำสั่งในการเชื่อมต่อภาพจากกล้อง IPCamera
- 8.5.11 โปรแกรมมีชุดโมดูลในการประมวลผลด้านภาพไม่น้อยกว่าดังนี้
- โมดูล AvgColor
  - โมดูล BgSubtract
  - โมดูล Binary
  - โมดูล ImageCrop
  - โมดูล QrBarcode
  - โมดูล RecordVideo
- 8.5.12 โปรแกรมมีชุดโมดูลในการแปลงไฟล์รูปภาพให้เป็นข้อความได้
- 8.5.13 โปรแกรมมีชุดโมดูลในการเรียนรู้จดจำใบหน้าของมนุษย์ได้
- 8.5.14 โปรแกรมสามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมด้วยโปรโตคอลไม่น้อยกว่าดังนี้  
Modbus, EtherCAT, CAN, Open

## 9. รายละเอียดอื่นๆ

- 9.1 มีการรับประกันสินค้าไม่น้อยกว่า 1 ปี หลังจากการส่งมอบ
- 9.2 บริษัทผู้เสนอราคาต้องมีการอบรมการใช้งานครุภัณฑ์ ไม่น้อยกว่า 2 วัน
- 9.3 ส่งมอบครุภัณฑ์ได้ภายในระยะเวลาไม่เกิน 120 วัน
- 9.4 ผู้เสนอราคาต้องได้รับการสนับสนุนทางเทคนิคจาก ผู้แทนจำหน่าย หรือ ผู้นำเข้า หรือ บริษัทผู้ผลิต ที่มีสำนักงานประจำประเทศไทย โดยแสดงเอกสารรับรองการสนับสนุนที่ระบุชื่อโครงการนี้ ว่าอุปกรณ์ที่เสนอเป็นอุปกรณ์ใหม่ที่ยังมิได้ทำการติดตั้งใช้งาน ณ ที่ใดมาก่อน และไม่เป็นเครื่องที่ถูกนำมา ปรับปรุงสภาพใหม่(Reconditioned หรือ Rebuilt)

9.5 ผู้เสนอราคาต้องนำเสนอผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติไม่ด้อยกว่าข้อกำหนดในเอกสารฉบับนี้ทุกรายการโดยผู้เสนอราคาจะต้องทำตารางเปรียบเทียบรายละเอียดและเงื่อนไขเฉพาะต่อข้อกำหนดรายละเอียด (Specification) ทางเทคนิคเป็นรายข้อทุกข้อ (Statement of Compliance) โดยใช้ตัวอย่างแบบฟอร์มการเปรียบเทียบตามตารางที่ 1 ในการเปรียบเทียบรายการดังกล่าว หากมีกรณีที่ต้องมีการอ้างอิงข้อความหรือเอกสารในส่วนอื่นที่จัดทำเสนอมายื่นเสนอราคาต้องระบุให้เห็นอย่างชัดเจน สามารถตรวจสอบได้โดยง่ายไว้ในเอกสารเปรียบเทียบด้วยว่าสิ่งที่ต้องการอ้างอิงถึงนั้นอยู่ในส่วนใด ตำแหน่งใดของเอกสารอื่น ๆ ที่จัดทำเสนอมายื่นเสนอราคาสำหรับเอกสารที่อ้างอิงถึงให้หมายเหตุ หรือขีดเส้นใต้ หรือระบายสีพร้อมเขียนหัวข้อกำกับไว้ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถตรวจสอบกับเอกสารเปรียบเทียบได้ง่าย ชัดเจนและตรงกันกับหัวข้อที่ต้องการ

ตารางที่ ๑ ตารางแสดงตัวอย่างแบบฟอร์มที่กำหนดให้ผู้เสนอราคา

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติข้อกำหนดและรายละเอียดข้อเสนอโครงการ

หัวข้อ	คุณลักษณะที่ต้องการ	คุณลักษณะที่นำเสนอ	เอกสารอ้างอิง (หน้า, ข้อ)
๑.	ให้คัดลอกข้อกำหนดที่กำหนดในเอกสารนี้	ให้ระบุรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะที่นำเสนอ	ให้ระบุหรืออ้างอิงถึงเอกสารในข้อเสนอที่เกี่ยวข้อง และทำเครื่องหมายในเอกสารนั้น หรือแค็ตตาล็อก (Catalog) ให้พิจารณาได้ง่ายพร้อมแจกแจงคุณสมบัติเทียบเท่า, สูงกว่า, ดีกว่า

9.6 เงื่อนไขการติดตั้ง ผู้ขายจะต้องดำเนินการดังนี้

9.6.1 ผู้เสนอราคาจะต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์พร้อมทั้งกำหนดค่าการทำงานต่างๆ ตามที่ ศูนย์ฯ กำหนดไว้ให้ทำงานอย่างถูกต้อง

9.6.2 ผู้เสนอราคาต้องส่งมอบรายการของอุปกรณ์ (Bill of Quantity/Bill of Material) ทั้งหมดที่เสนอ ทั้งนี้ให้แสดงรายละเอียดและจำนวน License อุปกรณ์ในแต่ละชุดให้ชัดเจน

9.6.3 การติดตั้งและส่งมอบอุปกรณ์ที่เสนอทุกรายการ จะถือว่าเสร็จสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อได้มีการทดสอบการใช้งานของอุปกรณ์ทุกรายการแล้วจะสามารถใช้งานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ