

ขอบเขตของงาน หรือ รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุ
(Terms of Reference : TOR)

ชื่อรายการ ชุดหุ่นยนต์อเนกประสงค์เพื่อการพัฒนานวัตกรรมและการเรียนรู้เทคโนโลยีหุ่นยนต์สมัยใหม่ ตำบลคลองหนึ่ง
อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 1 ชุด

1. ความเป็นมา

เป็นเวลากว่า 30 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2532 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพที่สำเร็จการศึกษาทั้งในระดับปริญญาตรี โท และเอก อย่างต่อเนื่อง ผลงานวิจัยและนวัตกรรมของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลได้มีการนำไปใช้งานก่อเกิดประโยชน์ต่อสังคมหลายด้าน ได้แก่ การผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพสูง การผลิตงานวิจัยใหม่ให้ทัดเทียมกับนานาชาติอารยประเทศ และการคิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่ผ่านองค์ความรู้วิศวกรรมเครื่องกล เป็นต้น ล้วนแล้วนำไปสู่การผลิตผลและผลผลิตจากการศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับภาคอุตสาหกรรม นอกเหนือจากการศึกษาภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติอันเป็นรากฐานสำคัญที่ภาควิชามีความเข้มแข็งอยู่แล้ว แต่ยังมีองค์ประกอบสำคัญที่จะสนับสนุนการเรียนการสอนวิชาทางวิศวกรรมเหล่านี้ผ่านการใช้ทดลองทดสอบจริงจากเครื่องมือ ชุดทดลอง และอุปกรณ์ทางกลที่ทันสมัยและมีความแม่นยำสูง ซึ่งตอบโจทย์การพัฒนาองค์ความรู้เก่าและคิดค้นองค์ความรู้ใหม่ตามยุทธศาสตร์ชาติของประเทศได้เป็นอย่างดีเยี่ยม

อุตสาหกรรมหุ่นยนต์เพื่อการอุตสาหกรรม (Robotics) เป็น 1 ใน 10 อุตสาหกรรมเป้าหมาย (10 S-Curve) อันจะเป็นกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจเพื่ออนาคตของประเทศ ในปัจจุบัน เทคโนโลยีหุ่นยนต์ได้พัฒนาอย่างก้าวกระโดดจากระบบเชิงกลพื้นฐานไปสู่ระบบหุ่นยนต์อัจฉริยะที่สามารถรับรู้ เรียนรู้ และโต้ตอบกับสภาพแวดล้อมได้อย่างชาญฉลาด หุ่นยนต์รูปแบบมนุษย์ (Humanoid Robot) และหุ่นยนต์สี่ขา (Quadruped Robot) นับเป็นกลุ่มเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญต่อการศึกษาและการพัฒนานวัตกรรมยุคใหม่ ทั้งในด้านวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาการหุ่นยนต์ (Robotics) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ซึ่งเป็นสาขาหลักของอุตสาหกรรมยุคดิจิทัลและการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 5 (Industry 5.0)

การจัดซื้อชุดหุ่นยนต์ดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนและการวิจัยเชิงบูรณาการ โดยเปิดโอกาสให้นักศึกษาและนักวิจัยได้เรียนรู้จากอุปกรณ์จริง ฝึกพัฒนาโปรแกรมควบคุม การประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ การรับรู้ภาพและเสียง การทรงตัว และการเคลื่อนไหวนวแบบหลายอิสระ (multi-degree of freedom motion) รวมถึงการพัฒนาระบบควบคุมแบบอัตโนมัติและอัจฉริยะที่สามารถปรับตัวตามสภาพแวดล้อม การมีหุ่นยนต์ลักษณะดังกล่าวจะช่วยยกระดับการเรียนรู้จากเชิงทฤษฎีไปสู่การปฏิบัติจริง ทำให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการของกลศาสตร์ การควบคุม การประมวลผลสัญญาณ และการเขียนโปรแกรมสำหรับหุ่นยนต์ได้อย่างรอบด้าน

นอกจากนี้เพื่อการเรียนการสอนแล้ว หุ่นยนต์เหล่านี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นแพลตฟอร์มวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น การประมวลผลภาพและเสียง (Computer Vision & Speech Recognition), การเรียนรู้เชิงลึกของหุ่นยนต์ (Deep Reinforcement Learning for Robotics), การพัฒนาอัลกอริทึมการเดิน การทรงตัว และการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่ซับซ้อน รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านบริการ การแพทย์ การช่วยเหลือผู้สูงอายุ การสำรวจพื้นที่เสี่ยงภัย และการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอัตโนมัติในอนาคต

ดังนั้น การจัดซื้อหุ่นยนต์เพื่อการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้จึงมีความจำเป็น เพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีหุ่นยนต์ของสถาบัน ให้มีความทันสมัย สอดคล้องกับการพัฒนาประเทศตามยุทธศาสตร์ชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ตลอดจนเสริมสร้างศักยภาพของบุคลากรและนักศึกษาให้สามารถพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์อัจฉริยะที่ตอบโจทย์ต่อสังคมและอุตสาหกรรมในอนาคตได้อย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้และการสอนเชิงปฏิบัติการด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์ ปัญญาประดิษฐ์ ระบบควบคุม และเทคโนโลยีอัตโนมัติ ให้แก่นักศึกษาในระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษารวมกว่า 70 คน ต่อชั้นเรียน

2.2 เพื่อให้ให้นักศึกษาและนักวิจัยสามารถฝึกพัฒนาโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ การประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ และการออกแบบอัลกอริทึมการเคลื่อนไหวนวและการตัดสินใจของหุ่นยนต์ได้อย่างเป็นระบบ

2.3 เพื่อใช้เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านการรับรู้ (Perception) การประมวลผลภาพและเสียง (Vision & Audio Processing) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning-Deep Learning)

2.4 เพื่อสนับสนุนการสร้างนวัตกรรมที่สามารถนำหุ่นยนต์ไปประยุกต์ใช้งานได้จริงในหลากหลายสาขา เช่น การแพทย์ การศึกษา การบริการ การสำรวจ และอุตสาหกรรมอัตโนมัติ



2.5 เพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาและการวิจัยของสถาบันให้ทันสมัย ทัดเทียมระดับนานาชาติ และสร้างพื้นฐานบุคลากรที่มีทักษะสูงด้านหุ่นยนต์และ AI เพื่อรองรับเศรษฐกิจยุคดิจิทัลและอุตสาหกรรมแห่งอนาคต

3. คุณสมบัติของผู้ยื่นข้อเสนอ

1. มีความสามารถตามกฎหมาย
2. ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย
3. ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ
4. ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราว เนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง
5. ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระงับชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทำงานของหน่วยงานของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทำงานเป็นหุ้นส่วนผู้จัดการ กรรมการผู้จัดการ ผู้บริหารผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย
6. มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามตามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา
7. เป็นบุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคลผู้มีอาชีพขายพัสดุ ดังกล่าว
8. ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้ยื่นข้อเสนอรายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอ ให้แก่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ณ วันยื่นข้อเสนอ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันอย่างเป็นธรรมในการยื่นเสนอครั้งนี้
9. ไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทยเว้นแต่รัฐบาลของผู้ยื่นข้อเสนอได้มีคำสั่งให้สละเอกสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นนั้น
10. อื่น ๆ

4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุที่จะดำเนินการจัดซื้อ

(ตามเอกสารแนบท้าย)

5. กำหนดเวลาส่งมอบและสถานที่ส่งมอบพัสดุ

ผู้ขายจะต้องเสนอกำหนดเวลาส่งมอบพัสดุไม่เกิน 120 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญาหรือข้อตกลง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และการส่งมอบสิ่งของตามสัญญาหรือข้อตกลงนี้ ไม่ว่าจะเป็นการส่งมอบเพียงครั้งเดียว หรือส่งมอบหลายครั้ง ผู้ขายจะต้องแจ้งกำหนดเวลาส่งมอบแต่ละครั้งโดยทำเป็นหนังสือนำไปยื่นต่อผู้ซื้อ ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ในวันและเวลาทำการของผู้ซื้อ ก่อนวันส่งมอบไม่น้อยกว่า 3 (สาม) วันทำการของผู้ซื้อ

6. หลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ

- (☒) หลักเกณฑ์ราคา ✓
 () หลักเกณฑ์ราคาประกอบเกณฑ์อื่น

7. วงเงินงบประมาณ/วงเงินที่ได้รับจัดสรร

วงเงินงบประมาณ 4,600,000 บาท (สี่ล้านหกแสนบาทถ้วน) ✓

แหล่งเงินงบประมาณ (☒) งบประมาณแผ่นดิน () กองทุนค่าธรรมเนียมฯ () รายได้คณะฯ ประจำปี 2570 ✓

8. งานงวดและการจ่ายเงิน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จะจ่ายค่าสิ่งของซึ่งได้รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม (ถ้ามี) ให้แก่ผู้ขาย เมื่อผู้ขายได้ส่งมอบสิ่งของครบถ้วนตามสัญญาหรือข้อตกลงและคณะกรรมการได้ทำการตรวจรับมอบสิ่งของไว้เรียบร้อยแล้ว

9. ค่าปรับ

หากผู้ขายไม่สามารถส่งมอบสิ่งของภายในเวลาที่กำหนดไว้ในสัญญาผู้ขายจะต้องชำระค่าปรับให้แก่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นรายวันอัตราร้อยละ 0.20 (ศูนย์จุดสองศูนย์) ของมูลค่าสิ่งของที่ยังไม่ได้ส่งมอบ

10. การกำหนดระยะเวลาการรับประกันความชำรุดบกพร่อง (ถ้ามี) ✓

ผู้เสนอราคาจะต้องรับประกันความชำรุดบกพร่องของสิ่งของที่เกิดขึ้นภายในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี นับถัดจากวันที่คณะกรรมการตรวจรับพัสดุหรือผู้ตรวจรับพัสดุได้ทำการตรวจรับพัสดุเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และหากมีเหตุชำรุดบกพร่องหรือเสียหายเกิดขึ้นภายในกำหนดระยะเวลาการรับประกัน ผู้ขายต้องรีบทำการแก้ไขให้เป็นที่เรียบร้อยแล้วโดยไม่มีค่าใช้จ่าย หาก

สิ่งของตามสัญญาหรือข้อตกลงนี้เกิดชำรุดบกพร่องหรือขัดข้องอันเนื่องมาจากการใช้งานตามปกติ ผู้ขายจะต้องจัดการซ่อมแซมหรือแก้ไขให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ดีดังเดิม ภายใน ... 7... (เจ็ด) วัน นับถัดจากวันที่ได้รับแจ้งจากผู้ซื้อ โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น หากผู้ขายไม่จัดการซ่อมแซมหรือแก้ไขภายในกำหนดเวลาดังกล่าว ผู้ซื้อจะมีสิทธิที่จะทำการนั้นเองหรือจ้างผู้อื่นให้ทำการนั้นแทนผู้ขาย โดยผู้ขายต้องเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายเองทั้งสิ้น

(ลงชื่อ).....ประธานกรรมการ
(.....)

(ลงชื่อ).....กรรมการ/ผู้จัดทำร่างฯ
(รศ.ดร.ลลิตภัทร มานะมันชัยพร)

(ลงชื่อ).....กรรมการ
(.....)

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุ

รายการ ชุดหุ่นยนต์อเนกประสงค์เพื่อการพัฒนานวัตกรรมและการเรียนรู้เทคโนโลยีหุ่นยนต์สมัยใหม่
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 1 ชุด ✓

1. ชุดฝึกปฏิบัติการด้านหุ่นยนต์มนุษย์ขั้นสูง จำนวน 1 ชุด
 - 1.1 ตัวหุ่นยนต์มนุษย์มีความสูงไม่น้อยกว่า 130 เซนติเมตร
 - 1.2 เป็นหุ่นยนต์รูปร่างคล้ายมนุษย์ มีองศาอิสระในการเคลื่อนที่ (Degree of Freedom) รวมทั้งตัว ไม่น้อยกว่า 43 องศาอิสระ โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - 1.2.1 มีองศาอิสระการเคลื่อนที่บริเวณขา (Legs) ไม่น้อยกว่า 6 องศาอิสระต่อข้าง
 - 1.2.2 มีองศาอิสระการเคลื่อนที่บริเวณเอว (Waist) ไม่น้อยกว่า 3 องศาอิสระ
 - 1.2.3 มีองศาอิสระการเคลื่อนที่บริเวณแขน (Arms) ไม่น้อยกว่า 7 องศาอิสระต่อข้าง
 - 1.2.4 มีองศาอิสระการเคลื่อนที่บริเวณมือจับ (Hands) ไม่น้อยกว่า 7 องศาอิสระต่อข้าง
 - 1.3 มีคู่มือและวิธีการใช้งานแบบสืออย่างน้อย 1 ชุด
 - 1.4 ที่ศีรษะของหุ่นยนต์มีระบบการตรวจจับ 360 องศา ด้วยการติดตั้ง LIDAR แบบ 3 มิติ หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว และกล้องวัดความลึก จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว
 - 1.5 ภายในหุ่นยนต์มีการติดตั้งไมโครโฟนแบบอาร์เรย์ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว
 - 1.6 ภายในหุ่นยนต์มีการติดตั้งลำโพงสเตอริโอ ขนาดกำลังขับไม่น้อยกว่า 4 วัตต์
 - 1.7 ช่วงแขนของหุ่นยนต์ มีความยาวไม่น้อยกว่า 0.4 เมตร
 - 1.8 แรงบิดสูงสุดที่ข้อต่อส่วนเข้าของหุ่นยนต์มีขนาด 100 นิวตันเมตร หรือดีกว่า
 - 1.9 มีองศาการเคลื่อนที่ของข้อต่อส่วนเอว ไม่น้อยกว่า $Z \pm 150$ องศา, $X \pm 35$ องศา, $Y \pm 25$ องศา
 - 1.10 มีองศาการเคลื่อนที่ของข้อต่อแขน ไม่น้อยกว่า 0-150 องศา
 - 1.11 มีองศาการเคลื่อนที่ของข้อต่อสะโพก ไม่น้อยกว่า $P \pm 140$ องศา, $R-25$ ถึง $+160$ องศา, $Y \pm 150$ องศา
 - 1.12 มีชุดมือหุ่นยนต์แบบจำลอง (Dummy Hand) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
 - 1.13 หุ่นยนต์มีระบบการระบายความร้อนด้วยอากาศ หรือดีกว่า
 - 1.14 หุ่นยนต์มีหน่วยประมวลผลพื้นฐานด้วย CPU ประสิทธิภาพสูง 8 Core หรือดีกว่า
 - 1.15 รองรับระบบการสื่อสารแบบ WiFi 6 และ Bluetooth 5.2 หรือดีกว่า
 - 1.16 หุ่นยนต์มีหน่วยประมวลผลรองรับการพัฒนา NVIDIA Jetson Orin หรือดีกว่า
 - 1.17 มีแบตเตอรี่ ขนาด 9000 mAh หรือดีกว่า
 - 1.18 อายุการใช้งานแบตเตอรี่สำหรับหุ่นยนต์ ต้องไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง 30 นาที
 - 1.19 มีชุดชาร์จ ขนาด 54V/5A หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
 - 1.20 หุ่นยนต์รองรับระบบการควบคุมด้วยมือ (Manual Controller)
 - 1.21 รองรับการอัปเดต Software แบบ OTA
 - 1.22 มีชุดมือจับ จำนวนรวม 2 ข้าง (ซ้ายและขวา)
 - 1.22.1 มือจับแต่ละข้าง มีนิ้วมือ จำนวน 3 นิ้ว
 - 1.22.2 มือจับแต่ละข้าง มีเซ็นเซอร์วัดการสัมผัสที่มือหนึ่งข้างไม่น้อยกว่า 33 จุด หรือมากกว่า
 - 1.23 มีอุปกรณ์สลับสัญญาณเครือข่ายอัจฉริยะ ขนาดไม่น้อยกว่า 8 พอร์ต ความเร็ว 10/100/1000 Mbps ที่รองรับการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านสาย LAN ตามมาตรฐาน IEEE 802.3af/at (PoE+) ได้ครบทุกพอร์ต โดยมีกำลังการจ่ายไฟรวมไม่น้อยกว่า 61 วัตต์ พร้อมพอร์ต SFP สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณผ่านใยแก้วนำแสงความเร็ว 1 Gbps ไม่น้อยกว่า 2 พอร์ต
 - 1.24 รับประกันสินค้าไม่น้อยกว่า 1 ปี

2. ชุดฝึกปฏิบัติการด้านหุ่นยนต์สุนัข จำนวน 1 ชุด

- 2.1 หุ่นยนต์มีความสูงไม่น้อยกว่า 35 ซม.



- 2.2 เป็นหุ่นยนต์หลายขา มีองศาอิสระในการเคลื่อนที่ (Degree of Freedom) รวมทั้งตัว ไม่น้อยกว่า 12 องศาอิสระ
 - 2.3 มีคู่มือและวิธีการใช้งานแบบสืออย่างน้อย 1 ชุด
 - 2.4 โครงสร้างของหุ่นยนต์ทำจากโลหะผสมอะลูมิเนียม และพลาสติกวิศวกรรมความแข็งแรงสูง
 - 2.5 ทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้าขนาด 28 ถึง 33.6 โวลต์ หรือดีกว่า
 - 2.6 หุ่นยนต์มีความสามารถในการบรรทุกสัมภาระ (load) ได้ไม่น้อยกว่า 8 กิโลกรัม
 - 2.7 หุ่นยนต์มีความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ 0-3.5 เมตรต่อวินาที หรือดีกว่า
 - 2.8 หุ่นยนต์มีความสามารถในการก้าวเท้า เพื่อปีนขึ้นที่สูงได้ไม่น้อยกว่า 15 ซม.
 - 2.9 หุ่นยนต์มีความสามารถในการปีนเชิงมุมได้สูงสุด 35 องศา หรือมากกว่า
 - 2.10 หุ่นยนต์มีหน่วยประมวลผลพื้นฐานเป็นแบบ CPU ประสิทธิภาพสูง 8 Core หรือดีกว่า
 - 2.11 หุ่นยนต์มีหน่วยประมวลผลรองรับการพัฒนา Nvidia Jetson Orin หรือดีกว่า
 - 2.12 มีเซ็นเซอร์วัดแรงกดที่เท้าที่สามารถรับการรับรู้แรงกดจากเท้าแบบเรียลไทม์
 - 2.13 แขนข้อต่อของหุ่นยนต์ตรงลำตัว (Body) มีช่วงของการเคลื่อนไหว -40 องศา ถึง 40 องศา หรือดีกว่า
 - 2.14 แขนข้อต่อของหุ่นยนต์ตรงต้นขา (Thigh) มีช่วงของการเคลื่อนไหว -190 องศา ถึง 80 องศา หรือดีกว่า
 - 2.15 แขนข้อต่อของหุ่นยนต์ตรงก้น (Shank) มีช่วงของการเคลื่อนไหว -150 องศา ถึง -40 องศา หรือดีกว่า
 - 2.16 รองรับ WiFi 6 แบบ Dual-band และ Bluetooth 5.2 หรือดีกว่า
 - 2.17 มี 4D LiDAR เพื่อการสแกนมุมกว้างรอบทิศทางช่วยให้หุ่นยนต์หลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางอัตโนมัติได้
 - 2.18 มีไมโครโฟนอินเตอร์คอมรองรับสำหรับการสื่อสาร อย่างน้อย 1 ตัว
 - 2.19 มีลำโพง อย่างน้อย 1 ตัว
 - 2.20 มีกล้องหน้าความละเอียด 1280 x 720 พิกเซล มุมมองภาพ 120 องศา เลนส์มุมกว้าง อย่างน้อย 1 ตัว
 - 2.21 มีไฟหน้าส่องสว่างนำทางข้างหน้าอย่างน้อย 1 ดวง
 - 2.22 มีแบตเตอรี่ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 15000 mAh และใช้งานต่อเนื่องได้สูงสุด 2 ชั่วโมง หรือดีกว่า
 - 2.23 มี 3D LiDAR ที่มีมุมมองแนวนอน 360 องศา มุมมองแนวตั้ง 30 องศา หรือดีกว่า
 - 2.24 รองรับการอัปเดตผ่าน OTA หรือดีกว่า
 - 2.25 รองรับการพัฒนาโปรแกรมด้วย Secondary Development
 - 2.26 มีคู่มือและวิธีการใช้งานแบบสืออย่างน้อย 1 ชุด
 - 2.27 มีอุปกรณ์รวมศูนย์ระบบเครือข่ายอัจฉริยะแบบ 3-in-1 อย่างน้อย 1 ชุด ที่รวมหน้าที่ของระบบเราเตอร์ สวิตช์เครือข่ายที่รองรับการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านสาย LAN มาตรฐาน PoE+ ไม่น้อยกว่า 4 พอร์ต และโมดูลควบคุมการทำงานอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย ไว้อยู่ภายในฮาร์ดแวร์ชิ้นเดียวกัน
 - 2.27 รับประกันสินค้าไม่น้อยกว่า 1 ปี
3. ชุดฝึกปฏิบัติการด้านหุ่นยนต์มนุษย์ชั้นกลาง จำนวน 1 ชุด
 - 3.1 ตัวหุ่นยนต์มนุษย์มีความสูงไม่น้อยกว่า 120 เซนติเมตร
 - 3.2 หุ่นยนต์มีอุปกรณ์สนับสนุนการประมวลผลอเนกประสงค์อย่างน้อย 1 ชุด โดยตัวเครื่องน้ำหนักไม่เกิน 1.2 กิโลกรัม ที่ขับเคลื่อนด้วยหน่วยประมวลผลสถาปัตยกรรมประหยัดพลังงานไม่น้อยกว่า 20 คอร์ ทำงานร่วมกับหน่วยความจำหลักแบบแชนแนลระบบ (Unified Memory) ขนาดไม่น้อยกว่า 128GB และพื้นที่จัดเก็บข้อมูลแบบ NVMe M.2 ความจุ 4TB พร้อมรองรับการเชื่อมต่อเครือข่ายระดับองค์กรทั้ง LAN 10 Gbps และ Wi-Fi 7 รวมถึงพอร์ตต่อพ่วง USB Type-C และ HDMI โดยทำงานบนระบบปฏิบัติการลินุกซ์พื้นฐาน ภายใต้การใช้พลังงานสูงสุดไม่เกิน 240 วัตต์
 - 3.3 หุ่นยนต์รองรับการติดตั้งมือหุ่นยนต์ (dexterous hand) เพื่อใช้ในการสัมผัส หรือ หยิบจับวัตถุได้
 - 3.4 เป็นหุ่นยนต์รูปร่างคล้ายมนุษย์ มีองศาอิสระในการเคลื่อนที่ (Degree of freedom) ที่ตัวหุ่นยนต์ (Full Body) จำนวนไม่น้อยกว่า 26 องศาอิสระ โดยมีรายละเอียดดังนี้



- 3.4.1 มืองศาอิสระในการเคลื่อนที่บริเวณขา (Legs) จำนวนไม่น้อยกว่า 6 องศาอิสระต่อข้าง
- 3.4.2 มืองศาอิสระในการเคลื่อนที่บริเวณแขน (Arms) จำนวนไม่น้อยกว่า 5 องศาอิสระต่อข้าง
- 3.4.3 มืองศาอิสระในการเคลื่อนที่ขุดเอว จำนวนไม่น้อยกว่า 2 องศาอิสระ
- 3.4.4 มืองศาอิสระในการเคลื่อนที่ขุดศีรษะ ไม่น้อยกว่า 2 องศาอิสระ
- 3.5 มีคู่มือและวิธีการใช้งานแบบสืออย่างน้อย 1 ชุด
- 3.6 ที่ศีรษะของหุ่นยนต์มีกล้องแบบ Binocular จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว
- 3.7 ภายในหุ่นยนต์มีการติดตั้งไมโครโฟนแบบอาร์เรย์ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว
- 3.8 ภายในหุ่นยนต์มีการติดตั้งลำโพงสเตอริโอ
- 3.9 ช่วงแขนของหุ่นยนต์ มีความยาวไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร
- 3.10 ส่วนแขนของหุ่นยนต์สามารถรับน้ำหนัก ได้ไม่น้อยกว่า 1.5 กิโลกรัม
- 3.11 มืองศาการเคลื่อนที่ของข้อต่อส่วนเอว ไม่น้อยกว่า $Y \pm 140$ องศา, $R \pm 25$ องศา
- 3.12 มืองศาการเคลื่อนที่ของข้อเข่า ไม่น้อยกว่า -10 ถึง +130 องศา
- 3.13 มืองศาการเคลื่อนที่ของข้อต่อสะโพก ไม่น้อยกว่า $Y \pm 150$ องศา, $P-160$ องศา ถึง +140 องศา, $R-50$ องศา ถึง 90 องศา
- 3.14 มีชุดมือจับ จำนวนรวม 2 ข้าง (ซ้ายและขวา)
 - 3.14.1 มือจับแต่ละข้าง มีนิ้วมือ จำนวน 3 นิ้ว
 - 3.14.2 มือจับแต่ละข้าง มีเซ็นเซอร์วัดการสัมผัสที่มือหนึ่งข้างไม่น้อยกว่า 33 จุด หรือมากกว่า
- 3.15 หุ่นยนต์มีระบบการระบายความร้อนด้วยอากาศ หรือดีกว่า
- 3.16 หุ่นยนต์มีระบบการประมวลผลพื้นฐานด้วย CPU ประสิทธิภาพสูง 8 Core หรือดีกว่า
- 3.17 รองรับระบบการสื่อสารแบบ WiFi 6 และ Bluetooth 5.2 หรือดีกว่า
- 3.18 หุ่นยนต์มีหน่วยประมวลผลรองรับการพัฒนา NVIDIA Jetson Orin หรือดีกว่า
- 3.19 อายุการใช้งานแบตเตอรี่สำหรับหุ่นยนต์ ต้องไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง
- 3.20 มีชุดชาร์จแบตเตอรี่ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 3.21 รองรับการอัปเดต OTA หรือดีกว่า
- 3.22 รองรับการพัฒนาโปรแกรมด้วย Secondary Development
- 3.23 อุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายอย่างน้อย 2 ชุด โดยรองรับมาตรฐาน Wi-Fi 7 (802.11be) แบบสามย่านความถี่ 2.4 GHz, 5 GHz และ 6 GHz ได้พร้อมกัน โดยมีพอร์ตเชื่อมต่อเครือข่ายความเร็วสูงสายแลน ความเร็วไม่น้อยกว่า 10 Gbps จำนวน 1 พอร์ต รองรับเทคโนโลยี MLO (Multi-Link Operation) รองรับเทคโนโลยีการสลับข้ามสถานีกระจายสัญญาณความเร็วสูง (Fast Roaming มาตรฐาน 802.11r/k/v) และสามารถบริหารจัดการอุปกรณ์แบบ Centralized SDN Controller ได้
- 3.24 รับประกันสินค้าไม่น้อยกว่า 1 ปี

