

รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อครุภัณฑ์ ชุดปฏิบัติการเพื่อพัฒนานวัตกรรมการก่อสร้าง 3 มิติ
2. จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด ประกอบด้วย
 - 2.1 เครื่องพิมพ์ปูน 3 มิติ จำนวน 1 เครื่อง
 - 2.2 เครื่องผสมและปั๊มปูน จำนวน 1 เครื่อง
 - 2.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ Mobile Workstation จำนวน 1 เครื่อง
3. รายละเอียดทั่วไป
 - 3.1 ชุดปฏิบัติการเพื่อพัฒนานวัตกรรมการก่อสร้าง 3 มิติ
4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ
 - 4.1 เครื่องพิมพ์ปูน 3 มิติ จำนวน 1 เครื่อง
 - 4.1.1 ระบบแกนหลัก
 - 4.1.1.1 มีโครงสร้างแกนกลเป็นแบบ Articulated หรือดีกว่า
 - 4.1.1.2 สามารถบรรทุกชิ้นงาน (Payload) รวมไม่น้อยกว่า 85 กิโลกรัม
 - 4.1.1.3 น้ำหนักหุ่นยนต์ไม่รวมอุปกรณ์ต่อพ่วง ไม่มากกว่า 900 กิโลกรัม
 - 4.1.1.4 มีแกนในการเคลื่อนที่ของแกนกลจำนวนไม่น้อยกว่า 6 แกน
 - 4.1.1.5 มีระยะการเอื้อมของแขนไม่น้อยกว่า 2.6 เมตร
 - 4.1.1.6 แกน 1 มีระยะการหมุนของแกนไม่ต่ำกว่า $+165^{\circ}$ ถึง -165° ความเร็วไม่ต่ำกว่า $100^{\circ}/s$
 - 4.1.1.7 แกน 2 มีระยะการหมุนของแกนไม่ต่ำกว่า $+140^{\circ}$ ถึง -70° ความเร็วไม่ต่ำกว่า $90^{\circ}/s$
 - 4.1.1.8 แกน 3 มีระยะการหมุนของแกนไม่ต่ำกว่า $+65^{\circ}$ ถึง -175° ความเร็วไม่ต่ำกว่า $80^{\circ}/s$
 - 4.1.1.9 แกน 4 มีระยะการหมุนของแกนไม่ต่ำกว่า $+295^{\circ}$ ถึง -295° ความเร็วไม่ต่ำกว่า $195^{\circ}/s$
 - 4.1.1.10 แกน 5 มีระยะการหมุนของแกนไม่ต่ำกว่า $+125^{\circ}$ ถึง -125° ความเร็วไม่ต่ำกว่า $145^{\circ}/s$
 - 4.1.1.11 แกน 6 มีระยะการหมุนของแกนไม่ต่ำกว่า $+355^{\circ}$ ถึง -355° ความเร็วไม่ต่ำกว่า $200^{\circ}/s$
 - 4.1.1.12 มีระดับการป้องกันเป็น IP67 หรือดีกว่า
 - 4.1.1.13 ความคลาดเคลื่อนในการทำซ้ำที่ตำแหน่งเดิม (Position repeatability) ไม่เกิน 0.5 มม.
 - 4.1.1.14 ความสามารถในการทำซ้ำของการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง (Path repeatability) ไม่เกิน 1 มม.
 - 4.1.1.15 รองรับการใช้งานกับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟอยู่ระหว่าง 380/480VAC $\pm 10\%$, 50-60 Hz หรือดีกว่า
 - 4.1.1.16 มีการใช้พลังงานของตัวหุ่นยนต์และตู้ควบคุมไม่มากกว่า 4 kW
 - 4.1.1.17 ตู้ควบคุมที่มีเครื่องหมายการค้าเดียวกับตัวหุ่นยนต์
 - 4.1.1.18 มี Inputs/Outputs เป็นแบบ Standard 16/8, 24VDC หรือดีกว่า
 - 4.1.1.19 สามารถรองรับการเชื่อมต่อเป็นแบบ Ethernet/IP และ Socket messaging
 - 4.1.1.20 ตู้ควบคุมต้องมีการประมวลผลแบบ Computer Unit
 - 4.1.1.21 มีระดับการป้องกันเป็น IP20 หรือดีกว่า

- 4.1.1.22 มีระบบตรวจสอบการชน (Collision detection) เพื่อลดระดับความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างการชนกับหุ่นยนต์หรืออุปกรณ์ต่อพ่วงได้ และหุ่นยนต์สามารถถอยหลังเข้าสู่ตำแหน่งที่ไม่มีแรงที่กระทำกับหุ่นยนต์หรืออุปกรณ์ต่อพ่วงได้โดยอัตโนมัติ
- 4.1.1.23 สามารถแสดงผลข้อมูลสถานะของ iosystem, rapid ผ่าน web service ได้
- 4.1.1.24 ผู้ควบคุมต้องสามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรมจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ภายใต้เครื่องหมายการค้าเดียวกันกับตัวหุ่นยนต์ และสามารถปรับค่าพารามิเตอร์จากโปรแกรมนั้นได้โดยตรงผ่านการเชื่อมต่อผ่านสาย LAN เข้ากับพอร์ต LAN หรือ WAN ของผู้ควบคุมได้
- 4.1.1.25 แผงควบคุมแสดงผลแบบสัมผัสและแสดงผลแบบสี มีขนาดหน้าจอน้อยกว่า 7.5 นิ้ว
- 4.1.1.26 รองรับการเชื่อมต่อแบบ USB เพื่อทำการโหลดโปรแกรมได้
- 4.1.1.27 มีระดับการป้องกันเป็น IP54 หรือดีกว่า
- 4.1.1.28 การบังคับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เป็นแบบ Joystick ที่สามารถควบคุมความเร็วในการ Jogging ตามระยะการโยกได้แบบอัตโนมัติ
- 4.1.1.29 แผงควบคุมต้องมีระบบสวิทช์การป้องกัน 3 ระดับ (3-position enabling switch)
- 4.1.1.30 แผงควบคุมต้องมีปุ่ม Emergency Stop แบบ build-in เพื่อเพิ่มระบบความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน
- 4.1.1.31 แผงควบคุมมีปุ่ม Programmable key แบบ build-in ไม่น้อยกว่า 4 ปุ่ม
- 4.1.1.32 มีโปรแกรมและหน้าจอแสดงผลที่สามารถเชื่อมต่อเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องผสมและอัดความดันได้
- 4.1.1.33 ได้รับการออกแบบให้สามารถทำงานในอุณหภูมิแวดล้อมระหว่าง 5 องศาเซลเซียสถึง 50 องศาเซลเซียส
- 4.1.2 ฐานหุ่นยนต์แบบเคลื่อนย้ายได้
 - 4.1.2.1 ฐานวางหุ่นยนต์ต้องมีความสามารถรองรับน้ำหนักของหุ่นยนต์
 - 4.1.2.2 ฐานวางหุ่นยนต์ต้องทำจากวัสดุที่เป็น เหล็กที่มีความแข็งแรง
 - 4.1.2.3 ฐานวางหุ่นยนต์ต้องมี Calibration pin สำหรับสร้าง TCP data
 - 4.1.2.4 ฐานวางหุ่นยนต์ต้องติดตั้งล้อ และขาฉิ่งเพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายได้
- 4.1.3 โปรแกรมจำลองการทำงานของหุ่นยนต์เสมือนจริงแบบออฟไลน์และออนไลน์
 - 4.1.3.1 เป็นโปรแกรมจำลองเสมือนจริงของตัวหุ่นยนต์ แบบ Network License ที่สามารถรองรับการใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่ต่ำกว่า 100 เครื่องพร้อมๆกันที่อยู่ภายใต้การเชื่อมต่อบนวงแลนเดียวกัน (1 network license)
 - 4.1.3.2 สามารถรองรับไฟล์ ACIS (.sat), 3DS, VRML ได้ หรือมากกว่า
 - 4.1.3.3 สามารถวิเคราะห์การเคลื่อนที่ และความเร็วได้โดยให้ผลออกมาเป็นกราฟ (Signal Analyzer) ได้

- 4.1.3.4 โปรแกรมสามารถสร้างการเคลื่อนที่ได้อย่างอัตโนมัติจากการเลือกขอบของชิ้นงาน (Auto Path) ได้
- 4.1.3.5 โปรแกรมสามารถสร้างการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งแบบอัตโนมัติ (Collision Free Path) ได้
- 4.1.3.6 โปรแกรมสามารถเชื่อมต่อกับหุ่นยนต์จริงได้โดยผ่านสายแลน
- 4.1.3.7 โปรแกรมสามารถเชื่อมต่อกับหุ่นยนต์จริง เพื่อเข้าไปแก้ไขโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ได้
- 4.1.3.8 โปรแกรมจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ต้องเป็นโปรแกรมที่เป็นเครื่องหมายการค้าเดียวกันกับหุ่นยนต์
- 4.1.3.9 มี Feature ที่สามารถแปลง G-Code เป็นภาษาของหุ่นยนต์ได้
- 4.1.4 ระบบไฟฟ้า
 - 4.1.4.1 ผู้รับจ้างต้องมีการจัดการเชื่อมกับแหล่งพลังงานระบบส่งและจ่าย รวมถึงจัดการโหลดไฟฟ้าสำหรับครุภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องจนสามารถใช้งานได้ตามคุณสมบัติของครุภัณฑ์
 - 4.1.4.2 ผู้รับจ้างต้องมีควบคุมและการเชื่อมต่อทางไฟฟ้ารวมถึงสัญญาณ เพื่อให้สามารถสื่อสารและสั่งการร่วมกับคอนโทรลเลอร์ได้ ได้แก่ คอนโทรลเลอร์ เครื่องผสมและปั๊มปูน รวมถึงเครื่องคอมพิวเตอร์
 - 4.1.4.3 ผู้รับจ้างต้องมีการติดตั้งฟังก์ชันหยุดฉุกเฉินและระบบไฟฟ้าของเครื่องปั๊มต้องสามารถรับสัญญาณความปลอดภัย (Safety Signal) เพื่อหยุดการทำงานของปั๊มทันทีเมื่อเกิดการหยุดฉุกเฉินขึ้น
 - 4.1.4.4 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นสายไฟต้องได้มาตรฐาน IEC 60227 พร้อมทั้งเดินท่อร้อยสายไฟฟ้า

4.2 เครื่องผสมและปั๊มปูน

จำนวน 1 เครื่อง

- 4.2.1 รองรับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ 400 V , 50 Hz , 3 phase)
- 4.2.2 ใช้กำลังไฟฟ้า ไม่เกิน 12 kW หรือดีกว่า
- 4.2.3 น้ำหนักของเครื่องอัดแรงดันปูน ไม่เกิน 450 kg
- 4.2.4 มีการติดตั้งระบบท่อลำเลียงปูนไปที่ปลายแขนของหุ่นยนต์
- 4.2.5 มีระบบที่สามารถผสมคอนกรีตอัตโนมัติได้
- 4.2.6 เครื่องผสมและอัดความดันคอนกรีตมีขนาดไม่ใหญ่กว่า 2100 x 1000 x 1100 mm (LxWxH)
- 4.2.7 มี USB port เพื่อรองรับการเชื่อมต่อผ่าน USB drive
- 4.2.8 มีระบบการควบคุมผ่าน Touch display แบบสี ขนาดหน้าจอไม่น้อยกว่า 6 นิ้ว
- 4.2.9 สามารถ show error log ได้
- 4.2.10 มีปั๊มควบคุมการไหลของระบบน้ำ, ปั๊มควบคุมระบบการสันสะเทือนของ SILO
- 4.2.11 Concrete pump สามารถทำงานในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 2-45 C หรือดีกว่า
- 4.2.12 Concrete pump สามารถทำงานในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงสุดไม่มากกว่า 80%

- 4.2.13 เครื่องกวนในถังรองรับคอนกรีต เป็นแบบมอเตอร์ (Agitator Motor)
- 4.2.14 มีระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมรอบเครื่อง ประกอบด้วย ตรวจสอบความชื้น อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิคอนกรีตมอร์ต้า อุณหภูมิน้ำ
- 4.2.15 สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องผสม ผ่านหน้าจอควบคุมของตัวหุ่นยนต์ได้
- 4.2.16 สามารถแสดงสถานะการทำงานของเครื่องผสม ผ่านหน้าจอควบคุมของตัวหุ่นยนต์ได้
- 4.2.17 สามารถปรับอัตราการไหลของน้ำ ผ่านหน้าจอควบคุมของหุ่นยนต์ได้

4.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ Mobile Workstation จำนวน 1 เครื่อง

- 4.3.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า 12 แกนหลัก (12core) และ 20 แกนเสมือน (20 Thread) และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 4.8 GHz จำนวน 1 หน่วย
- 4.3.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันขนาดไม่น้อยกว่า 16 MB
- 4.3.3 มีหน่วยความจำหลักแบบ (RAM) ชนิด DDR5 หรือดีกว่าที่มีขนาดอย่างน้อย 32GB (หรือ 64GB)
- 4.3.4 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล/อ่านข้อมูล (Hard Disk Drive) ชนิด Solid State Drive แบบ M.2 PCIe NVMe มีขนาดความจุอย่างน้อย 2TB จำนวน 1 หน่วย
- 4.3.5 มีส่วนควบคุมการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย (Network Controller) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่บน Mainboard (Built-in on Board) ซึ่งสนับสนุนความเร็ว 10/100/1000 Mbps โดยมี Interface เป็นแบบรองรับการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายมาตรฐาน Wi-Fi (IEEE 802.11 ax หรือดีกว่า) และ Bluetooth
- 4.3.6 มีจอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 15 นิ้ว ความละเอียดไม่น้อยกว่า 1920 x 1080 pixels จำนวน 1 หน่วย
- 4.3.7 ต้องมีหน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) ชนิดติดตั้งแยกที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือดีกว่า NVIDIA GeForce RTX 5050 หน่วยความจำอย่างน้อย 8GB GDDR6 หรือ GDDR7 รองรับการเรนเดอร์แบบ เรย์ลไทม์
- 4.3.8 ต้องมีระบบปฏิบัติการที่รองรับการใช้งานซอฟต์แวร์ควบคุมหุ่นยนต์และโปรแกรม 3D ที่มีลิขสิทธิ์ ถูกต้องตามกฎหมาย ทำหน้าที่ประมวลผลคำสั่งและส่งสัญญาณควบคุมยังคอนโทรลเลอร์ได้

4.4 ระบบความปลอดภัยและสภาพแวดล้อม

- 4.4.1 ระบบควบคุมและความปลอดภัยต้องมีคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่บริหารจัดการการเคลื่อนที่และการทำงานทั้งหมดของหุ่นยนต์และต้องมีแผงควบคุมการสอน สามารถควบคุม ตั้งโปรแกรม และหยุดการทำงานของหุ่นยนต์ได้อย่างรวดเร็วได้แก่ Safety Interlocks โดยตรงและฟังก์ชันหยุดฉุกเฉิน เป็นปุ่มหยุดฉุกเฉินบนคอนโทรลเลอร์และ/หรือที่แผงควบคุมรวมถึงระบบควบคุมความปลอดภัยที่ใช้ตรวจสอบขีดจำกัดความเร็วและพื้นที่ทำงานเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานได้ จำนวนไม่มากกว่า 2 จุด
- 4.4.2 ต้องมีอุปกรณ์เซฟตี้ติดตั้งกับประตูทุกบานที่เป็นจุดต่อ จะต้องดึง Actuator (Key) ของ Safety Switch แล้วหลังจากนั้นจึงจะทำให้กลายเป็นขั้นตอน Motion เพื่อ Open Door จำนวนไม่มากกว่า 2 จุด
- 4.4.3 Tower Lamp แจ้งเตือนความปลอดภัยนั้น ใช้ เป็น Signal Tower 4 ชั้น (Step) สีที่ใช้กับ Type ที่เป็นทรงกระบอกนั้น ต้องติดตั้งจากชั้นบนเรียงลำดับสีลงมาคือ Green: Yellow : Red: White

5. เงื่อนไข

- 5.1 เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ เป็นเครื่องพิมพ์ปูนที่ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งช่วยสร้างชิ้นงานหรือโครงสร้างในลักษณะสามมิติจากการพิมพ์ที่ละเอียดอย่างแม่นยำตามแบบจำลองดิจิทัลที่ออกแบบไว้ล่วงหน้า โดยระบบนี้ช่วยให้สามารถสร้างโครงสร้างที่มีความซับซ้อนและมีรายละเอียดสูงได้
- 5.2 การพิมพ์วัสดุใช้ปูนเป็นวัสดุในการพิมพ์ มีการผสมสารเพิ่มความแข็งแรงและสารเคมีต่าง ๆ ที่ช่วยให้สามารถขึ้นรูปเป็นโครงสร้างตามต้องการได้ โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์เสริม เช่น แม่พิมพ์
- 5.3 ขนาดพื้นที่พิมพ์และโครงสร้างสามารถพิมพ์โครงสร้างไม่น้อยกว่า 1 เมตร x 1 เมตร x 1 เมตร
- 5.4 ความยืดหยุ่นในการใช้งานสามารถพิมพ์โครงสร้างที่มีความซับซ้อนและมีรูปทรงที่ไม่สามารถทำได้ด้วยวิธีการก่อสร้างแบบดั้งเดิม
- 5.5 มีการดูแลการติดตั้งในขั้นตอนการก่อน ระหว่างและหลังใช้งาน เช่น การฝึกอบรมและมีคู่มือการใช้งาน อบรมไม่น้อยกว่า 2 วัน จำนวนผู้อบรมไม่มากกว่า 20 คน
- 5.6 มีวัสดุผสมเสร็จหรือซีเมนต์ผสมเสร็จใช้ในการทดสอบเครื่องมือ 1 ต้นหรือมากกว่านั้น
- 5.7 ต้องมีเจ้าหน้าที่ชำนาญการเป็นที่ปรึกษา แก่ไข เพิ่มเติมเกี่ยวกับตู้และ/หรือห้องปฏิบัติการที่ใช้ควบคุม ได้แก่ เรื่องคุณสมบัติของตู้/ห้องปฏิบัติการที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิ, ความชื้น, และระบบความปลอดภัยที่จำเป็น กรณีมีปัญหาหรือจนกว่าจะใช้งานได้ปกติ

6. ผู้เสนอราคาต้องทำเครื่องหมายหรือส่วนแสดงข้อกำหนดในแคตตาล็อกหรือเอกสารอ้างอิงให้ชัดเจน
คุณสมบัติดังกล่าวตรงตามข้อกำหนดของมหาวิทยาลัยหรือดีกว่า
7. กำหนดส่งมอบครุภัณฑ์ 180 วัน
8. ระยะเวลาการรับประกันไม่น้อยกว่า 3 ปี ต้องมีการรับประกันผลิตภัณฑ์พร้อมบริการซ่อมแซมถึงที่
(On-site Service)
9. สถานที่ติดตั้งและส่งมอบ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด
(รองศาสตราจารย์สรสา ไวรวิกิจ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรางคณา วงศ์อ้อย)
อาจารย์ อาจารย์

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด
(นายชวาน พรรณดวงเนตร)
อาจารย์

ลงชื่อ.....หัวหน้าหน่วยงาน
(นายศักดิ์สิทธิ์ โสมนัส)
คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์