

ข้อกำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (Term of Reference: TOR)
รายการ ชุดฝึกการเรียนรู้เทคโนโลยียานยนต์อัตโนมัติไร้คนขับ จำนวน 1 ชุด

1. ความเป็นมาและวัตถุประสงค์

บัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตรนานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน (TGGS) มีความจำเป็นต้องจัดซื้อครุภัณฑ์เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนระดับปริญญาตรีในหลักสูตรใหม่ที่มุ่งเน้นเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสมัยใหม่ โดยเฉพาะในด้านยานยนต์ไฟฟ้า ระบบอัตโนมัติ และไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นองค์ความรู้สำคัญที่สอดคล้องกับแนวโน้มของภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบันและอนาคต ครุภัณฑ์ดังกล่าวจะช่วยพัฒนาทักษะเชิงลึกของนักศึกษา รองรับทั้งการเรียนรู้อะไรและการวิจัยในลักษณะครบวงจร อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา เพื่อเสริมสร้างพื้นฐานและยกระดับทักษะของนักเรียนและนักศึกษาตั้งแต่ระดับต้นจนถึงระดับสูง ส่งผลให้สามารถผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพและความพร้อมในการเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. คุณสมบัติของผู้ยื่นข้อเสนอ

- 2.1 มีความสามารถตามกฎหมาย
- 2.2 ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย
- 2.3 ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ
- 2.4 ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราวเนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง
- 2.5 ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระงับชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทำงานของหน่วยงานของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทำงานเป็นหุ้นส่วนผู้จัดการ กรรมการผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย
- 2.6 มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามตามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา
- 2.7 เป็นนิติบุคคลผู้มีอาชีพขายพัสดุที่ประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว
- 2.8 ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้ยื่นข้อเสนอราคารายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการ อันเป็นการขัดขวางการแข่งขันราคาอย่างเป็นธรรม ในการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้
- 2.9 ไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทยเว้นแต่รัฐบาลของผู้ยื่นข้อเสนอได้มีคำสั่งสละเอกสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นนั้น
- 2.10 ยื่นข้อเสนอที่ยื่นข้อเสนอในรูปแบบของ "กิจการร่วมค้า" ต้องมีคุณสมบัติดังนี้
กรณีที่ข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมค้ากำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ารายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมค้าหลัก
ข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมค้าจะต้องมีการกำหนดสัดส่วนหน้าที่และความรับผิดชอบในปริมาณงาน สิ่งของหรือมูลค่าตามสัญญาของผู้เข้าร่วมค้าหลักมากกว่าผู้เข้าร่วมค้ารายอื่นทุกราย
กรณีที่ข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมค้ากำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ารายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมค้าหลัก
กิจการร่วมค้านั้นต้องใช้ผลงานของผู้เข้าร่วมค้าหลักรายเดียวเป็นผลงานของกิจการร่วมค้าที่ยื่นข้อเสนอ
สำหรับข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมค้าที่ไม่ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ารายใดเป็นผู้เข้าร่วมค้าหลัก
ผู้เข้าร่วมค้าทุกรายจะต้องมีคุณสมบัติครบถ้วนตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในเอกสารเชิญชวน

น.ท.ร. โกวิททนาย
อ.
58

กรณีที่ยื่นข้อเสนอระหว่างผู้เข้าร่วมคำกำหนดให้มีการมอบหมายผู้เข้าร่วมคำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้ยื่นข้อเสนอในนามกิจการร่วมค้า การยื่นข้อเสนอดังกล่าวไม่ต้องมีหนังสือมอบอำนาจ

สำหรับข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมคำที่ไม่ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมคำรายใดเป็นผู้ยื่นข้อเสนอ ผู้เข้าร่วมคำทุกรายจะต้องลงลายมือชื่อในหนังสือมอบอำนาจให้ผู้เข้าร่วมคำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้ยื่นข้อเสนอในนามกิจการร่วมค้า

2.11 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องลงทะเบียนที่มีข้อมูลถูกต้องครบถ้วนในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Government Procurement: e-GP) ของกรมบัญชีกลาง

2.12 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องมีมูลค่าสุทธิของกิจการ ดังนี้

(1) กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทยซึ่งได้จดทะเบียนเกินกว่า 1 ปี ต้องมีมูลค่าสุทธิของกิจการ จากผลต่างระหว่างสินทรัพย์สุทธิหักด้วยหนี้สินสุทธิ ที่ปรากฏในงบแสดงฐานะการเงินที่มีการตรวจรับรองแล้ว ซึ่งจะต้องแสดงค่าเป็นบวก 1 ปีสุดท้ายก่อนวันยื่นข้อเสนอ

(2) กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทย ซึ่งยังไม่มีงบแสดงฐานะการเงินกับกรมพัฒนาธุรกิจการค้า ให้พิจารณาการกำหนดมูลค่าของทุนจดทะเบียน โดยผู้ยื่นข้อเสนอจะต้องมีทุนจดทะเบียนที่เรียกชำระมูลค่าหุ้นแล้ว ณ วันที่ยื่นข้อเสนอ ไม่ต่ำกว่า 1 ล้านบาท

(3) สำหรับการจัดซื้อจัดจ้างครั้งหนึ่งที่มีวงเงินเกิน 500,000.00 บาทขึ้นไป กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นบุคคลธรรมดา โดยพิจารณาจากหนังสือรับรองบัญชีเงินฝากไม่เกิน 90 วัน ก่อนวันยื่นข้อเสนอ โดยต้องมีเงินฝากคงเหลือในบัญชีธนาคารเป็นมูลค่า 1 ใน 4 ของมูลค่างบประมาณของโครงการหรือรายการที่ยื่นข้อเสนอในแต่ละครั้ง และหากเป็นผู้ชนะการจัดซื้อจัดจ้างหรือเป็นผู้ได้รับการคัดเลือกจะต้องแสดงหนังสือรับรองบัญชีเงินฝากที่มีมูลค่าดังกล่าวอีกครั้งหนึ่งในวันลงนามในสัญญา

(4) กรณีที่ผู้ยื่นข้อเสนอไม่มีมูลค่าสุทธิของกิจการหรือทุนจดทะเบียน หรือมีแต่ไม่เพียงพอที่จะเข้ายื่นข้อเสนอ ผู้ยื่นข้อเสนอสามารถขอวงเงินสินเชื่อ โดยต้องมีวงเงินสินเชื่อ 1 ใน 4 ของมูลค่างบประมาณที่ยื่นข้อเสนอในครั้งนั้น (สินเชื่อที่ธนาคารภายในประเทศ หรือบริษัทเงินทุนหรือบริษัทเงินทุน หลักทรัพย์ที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการเงินทุนเพื่อการพาณิชย์ และประกอบธุรกิจค้าประกันตามประกาศของธนาคารแห่งประเทศไทย ตามรายชื่อบริษัทเงินทุนที่ธนาคารแห่งประเทศไทยแจ้งเวียนให้ทราบ โดยพิจารณาจากยอดเงินรวมของวงเงินสินเชื่อที่สำนักงานใหญ่รับรอง หรือที่สำนักงานสาขารับรอง (กรณีได้รับมอบอำนาจจากสำนักงานใหญ่) ซึ่งออกให้แก่ผู้ยื่นข้อเสนอ นับถึงวันยื่นข้อเสนอไม่เกิน 90 วัน)

(5) กรณีตาม (1) - (4) ยกเว้นสำหรับกรณีดังต่อไปนี้

(5.1) กรณีที่ผู้ยื่นข้อเสนอเป็นหน่วยงานของรัฐ

(5.2) นิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทยที่อยู่ระหว่างการฟื้นฟูกิจการตามพระราชบัญญัติล้มละลาย

(ฉบับที่ 10) พ.ศ. 2561

3. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (Term of Reference: TOR)

รายการ ชุดฝึกการเรียนรู้เทคโนโลยียานยนต์อัตโนมัติไร้คนขับ จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดตามเอกสารแนบ

4. ระยะเวลาส่งมอบพัสดุ

ภายใน 180 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

ลพวิ ไททิทาทว
๕๙

5. หลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ

ในการพิจารณาผลการยื่นข้อเสนอครั้งนี้ มหาวิทยาลัยจะพิจารณาตัดสินโดยใช้เกณฑ์ราคา

6. วงเงินงบประมาณ/วงเงินที่ได้รับการจัดสรร

วงเงิน 6,600,000.00 บาท (หกล้านบาทถ้วน)

7. เงื่อนไขและการจ่ายเงิน

การจ่ายเงินเป็นไปตามเงื่อนไขที่มหาวิทยาลัยกำหนด

8. อัตราค่าปรับ

อัตราร้อยละ 0.20 ของราคาส่งของที่ยังไม่ได้รับมอบ

9. การกำหนดระยะเวลารับประกันความชำรุดบกพร่อง (ถ้ามี)

ระยะเวลารับประกันความชำรุดบกพร่องไม่น้อยกว่า 1 ปี

นางทอง ไกรทิศา
คช
คช.

ร่างขอบเขตของงาน (Term of Reference : TOR)
ครุภัณฑ์รายการ ชุดฝึกการเรียนรู้เทคโนโลยียานยนต์อัตโนมัติไร้คนขับ 1 ชุด

1. รายละเอียดทั่วไป

เป็นชุดฝึกอบรมที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนเกี่ยวกับเทคโนโลยีการขับเคลื่อนอัตโนมัติของรถยนต์อัจฉริยะ ที่มีเพื่อการศึกษาเรียนรู้ระบบเทคโนโลยีการรับรู้และการตอบสนองของรถยนต์อัจฉริยะ ด้วยฟังก์ชัน Drive-by-wire, Steer-by-wire, Brake-by-wire technology และมีระบบควบคุมการตัดสินใจจากข้อมูลของระบบกล้องหน้า, ระบบ LIDAR, ระบบเรดาร์ ระบบอัลตราโซนิก ระบบมุมมอง 360 องศา และระบบระบุตำแหน่ง IMU/GPS เพื่อศึกษาเรียนรู้ให้มีความรู้ความเข้าใจ รวมถึงกระบวนการทำงานของเทคโนโลยีการขับขี่ด้วยตนเองของยานยนต์อัจฉริยะ ชุดฝึกการเรียนรู้เทคโนโลยียานยนต์อัตโนมัติไร้คนขับ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

- | | |
|---|-------------|
| 1.1. ชุดเรียนรู้ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติแบบไร้คนขับ ระดับ L4 | จำนวน 1 ชุด |
| 1.2. ชุดปฏิบัติการเรียนรู้เซนเซอร์ในยานยนต์ไร้คนขับ | จำนวน 1 ชุด |
| 1.3. ชุดฝึกอบรมพัฒนาการขับขี่อัจฉริยะ ROS2 | จำนวน 2 ชุด |

2. คุณสมบัติเฉพาะ

2.1. ชุดเรียนรู้ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติแบบไร้คนขับ ระดับ L4 จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1. ฟังก์ชันระบบเซนเซอร์ (Sensor system function) มีรายละเอียด ดังนี้

2.1.1.1. ระบบการมองเห็นด้านหน้า (Forward vision system) มีรายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้

- การตรวจจับวัตถุ (Achieve the detection)
- การระบุ (Identification)
- การติดตาม (Tracking)
- ฟังก์ชันอื่นเกี่ยวกับวัตถุโดยรอบ (Other functions of environmental targets)

2.1.1.2. ระบบไลดาร์ (LIDAR system) มีรายละเอียดไม่น้อยกว่า ดังนี้

- รวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมโดยรอบ เพื่อสร้างข้อมูลจุดที่พบสิ่งกีดขวางในพื้นที่
- สามารถรับรู้ข้อมูลสิ่งกีดขวางได้ในรูปแบบ 3 มิติ

2.1.1.3. ระบบมุมมองรอบตัว (Surround view system) มีรายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้

- สามารถมองเห็นพื้นที่โดยรอบได้ 360 องศา
- การตรวจจับสิ่งกีดขวาง
- สามารถลดจุดบอดการมองเห็น

2.1.2. ฟังก์ชันควบคุมแบตเตอรี่และอิเล็กทรอนิกส์ (Battery and electronic control module functions) มีรายละเอียดดังนี้

2.1.2.1. ฟังก์ชันระบบแบตเตอรี่ (Battery system function) มีรายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้

- สามารถอ่านค่าพารามิเตอร์หลักของแบตเตอรี่ได้
- สามารถแสดงค่าพลังงานที่เหลืออยู่ (Remaining power)
- สามารถแสดงค่ากระแสไฟฟ้าปัจจุบัน (Real-time current)
- สามารถแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าปัจจุบัน (Current voltage)
- สามารถแสดงค่าอุณหภูมิปัจจุบัน (Current temperature)
- สามารถปรับข้อมูลการเตือน (Custom alarm information)

นายทศ ไททิมานกุล
อ. อ. อ. อ.

- 2.1.2.2. ฟังก์ชันระบบการขับเคลื่อน (Drive system function) มีรายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้
 - ระบบขับเคลื่อนแบบควบคุมด้วยสาย (Wire-controlled drive system)
 - ชุดควบคุมการตัดสินใจในการควบคุมมอเตอร์ทั้งการเร่งความเร็วและการลดความเร็ว
 - พลังงานย้อนกลับ (Energy recovery)
 - เงื่อนไขการทำงานของสัญญาณ CAN (CAN signal)
- 2.1.2.3. ฟังก์ชันระบบการเบรก (Braking system function) มีรายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้
 - แรงเคลื่อนไฟฟ้าย้อนกลับ (Motor reverse electric potential)
 - ระบบเบรกแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic brake holding)
- 2.1.3. ฟังก์ชันควบคุมและการระบุตัวตน (Identification and control module functions) มีรายละเอียดดังนี้
 - 2.1.3.1. ฟังก์ชันการระบุสิ่งกีดขวาง (Obstacles identification function) มีรายละเอียดไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - ตรวจจับและคำนวณข้อมูลด้วย LIDAR
 - ตรวจจับและคำนวณข้อมูลด้วย Camera
 - ตรวจจับและคำนวณข้อมูลด้วย Radar
 - 2.1.3.2. ฟังก์ชันโครงสร้างแผนที่ (Map construction function) มีรายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้
 - รวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมโดยรอบแบบ 3 มิติ ด้วย LIDAR
 - ใช้ข้อมูลจากกล้องด้านหน้าและการระบุตำแหน่ง GPS ในการสร้างแผนที่
 - 2.1.3.3. ฟังก์ชันระบุตำแหน่ง (Positioning function) มีรายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้
 - รวบรวมข้อมูลแพลตฟอร์มระบุตำแหน่งจากแผนที่โลก (Global map)
 - ใช้ข้อมูลปัจจุบันจาก LIDAR ในการสร้างข้อมูล
 - ใช้ข้อมูลจาก IMU/GPS
- 2.1.4. ฟังก์ชันการโต้ตอบระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Human-computer interaction function) มีรายละเอียดดังนี้
 - 2.1.4.1. จอแสดงผล (Display) มีรายละเอียดดังนี้
 - สามารถแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมโดยรอบตัวรถได้
 - สามารถแสดงข้อมูลการขับขี่ ความเร็ว (Speed) และ อัตราเร่ง (Acceleration) ได้
 - ใช้หน้าจอรระบบสัมผัสในการควบคุมรถเพื่อให้หยุด (Stopping) หรือเริ่ม (Starting) ได้
 - 2.1.4.2. แป้นพิมพ์ (Keyboard) มีรายละเอียดดังนี้
 - เชื่อมต่อกับตัวรถด้วยระบบไร้สาย (Wireless)
 - สามารถป้อนคำสั่ง Input, Debugging และ Control ได้
 - 2.1.4.3. รีโมทควบคุม (Remote control handle) มีรายละเอียดดังนี้
 - เชื่อมต่อกับตัวรถด้วยระบบไร้สาย (Wireless)
 - สามารถเปลี่ยนโหมดการทำงาน (Operation mode) ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้ เริ่ม (Starting) หยุด (Stopping) เร่งความเร็ว (Accelerating) บังคับเลี้ยว (Steering Input) แก้ข้อบกพร่อง (Debugging)

นพกร์ โคกิกนกน
An. RS

- 2.1.5. ชุดฝึกร่วมประกอบด้วยหลัก ไม่น้อยกว่าดังนี้
- 2.1.5.1. ชุดเซนเซอร์ LIDAR ความละเอียดไม่น้อยกว่า 16 เส้น (16-line LIDAR)
 - 2.1.5.2. กล้องหน้า (Forward camera)
 - 2.1.5.3. กล้องรอบทิศทาง (Surround-view camera)
 - 2.1.5.4. ชุดเรดาร์คลื่นมิลลิเมตรความถี่ ไม่น้อยกว่า 77 GHz (77GHz Millimeter Wave Radar)
 - 2.1.5.5. ชุดระบบนำทางแบบผสม (Combined Inertial Navigation System)
 - 2.1.5.6. เรดาร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Radar)
 - 2.1.5.7. แพลตฟอร์มประมวลผลการขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Self-driving Computing Platform)
 - 2.1.5.8. ระบบระบุตำแหน่งและนำทางแบบรวม GPS (GPS Combined Navigation System)
 - 2.1.5.9. ระบบควบคุมการขับเคลื่อนด้วยสาย (Wire-controlled Chassis) ประกอบด้วย
 - หน่วยควบคุมยานพาหนะ (Vehicle Control Unit: VCU)
 - ระบบบังคับเลี้ยวด้วยสาย (Wire-controlled Steering System)
 - ระบบเบรกด้วยสาย (Wire-controlled Braking System)
 - ระบบมอเตอร์ขับเคลื่อนด้วยสาย (Wire-controlled Motor Driving System)
 - 2.1.5.10. หน้าจอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 23 นิ้ว
 - 2.1.5.11. ชุดป้อนคำสั่งประกอบด้วยเมาส์และคีย์บอร์ด
- 2.2. ชุดปฏิบัติการเรียนรู้เซนเซอร์ในยานยนต์ไร้คนขับ จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้
- 2.2.1. ชุดฝึกสามารถสาธิตหลักการทำงานของเซนเซอร์รับรู้สภาพแวดล้อมและแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์ของระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติได้
 - 2.2.2. ชุดฝึกสามารถดำเนินการแก้ไขข้อผิดพลาดของระบบรับรู้สภาพแวดล้อมและแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์สำหรับรถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติได้
 - 2.2.3. ชุดฝึกสามารถดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของระบบรับรู้สภาพแวดล้อมและแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์สำหรับรถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติได้
 - 2.2.4. ชุดฝึกสามารถดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบรับรู้สภาพแวดล้อมและแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์สำหรับรถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติได้
 - 2.2.5. ชุดฝึกสามารถตั้งค่าการแก้ไขปัญหาของระบบรับรู้สภาพแวดล้อมและแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์สำหรับรถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติได้
 - 2.2.6. ชุดฝึกสามารถดำเนินการทดสอบการรวมข้อมูล การตัดสินใจ และการควบคุมของระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติได้
 - 2.2.7. ชุดฝึกสามารถดำเนินการทดสอบจำลองการวางแผนเส้นทางของรถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติได้
 - 2.2.8. ชุดฝึกสามารถดำเนินการเกี่ยวกับเทคโนโลยีการรวมข้อมูลเซนเซอร์และการประยุกต์ใช้ได้
 - 2.2.9. ชุดฝึกสามารถดำเนินการแก้ไขและทดสอบฟังก์ชันการรับรู้แบบรวมข้อมูลโดยใช้ LIDAR และกล้องคู่ได้
 - 2.2.10. ชุดฝึกสามารถดำเนินการแก้ไขและทดสอบฟังก์ชันการรับรู้แบบรวมข้อมูลโดยใช้กล้องและเรดาร์คลื่นมิลลิเมตร
 - 2.2.11. ชุดฝึกสามารถดำเนินการแก้ไขและทดสอบฟังก์ชันการระบุตำแหน่งแบบบูรณาการโดยใช้ LIDAR และระบบนำทาง GPS รวมได้
 - 2.2.12. ชุดฝึกสามารถดำเนินการแก้ไขและทดสอบฟังก์ชันการสร้างและการทำเครื่องหมายแผนที่ความละเอียดสูงโดยใช้ LIDAR และ GPS

พท. โกวิท ทานกุล
อ. อ. อ.

- 2.2.13. ชุดฝึกมีการจัดเตรียมแหล่งเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการ โครงสร้าง การประกอบ การแก้ไข และการทดสอบการสอบเทียบของเซนเซอร์รับรู้อุปกรณ์แวดล้อม รวมถึง PowerPoint บทเรียนย่อย แอนิเมชัน วิดีโอสาธิต และใบงาน เป็นอย่างน้อย
- 2.2.14. ชุดฝึกมีซอฟต์แวร์จำลองที่ติดตั้งมาพร้อมกับอุปกรณ์เซนเซอร์แบบครบวงจร สามารถจำลองการทำงานและโครงสร้างของอุปกรณ์ได้อย่างสมจริงช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการการทำงานของอุปกรณ์ฝึกอบรมเซนเซอร์ได้อย่างลึกซึ้งมากขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับอุปกรณ์จริงทั้งหมด โดยจะต้องมีฟังก์ชันการทำงานหลักไม่น้อยกว่าดังนี้
- 2.2.14.1. จำลองการทำงานแบบดิจิทัล ซอฟต์แวร์สามารถจำลองการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบได้อย่างสมจริง
- 2.2.14.2. ภาพเคลื่อนไหว 2D และ 3D ใช้ภาพเคลื่อนไหวทั้งแบบสองมิติและสามมิติเพื่ออธิบายการจำแนกประเภท โครงสร้าง หลักการทำงาน และการใช้งานของส่วนประกอบต่าง ๆ ในอุปกรณ์ฝึกอบรม
- 2.2.14.3. การประกอบและถอดประกอบแบบ 3D สามารถจำลองการประกอบและถอดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ได้ในรูปแบบสามมิติ โดยมีรายละเอียดที่เหมือนจริง
- 2.2.14.4. การปรับขนาดและหมุนภาพจำลองแบบสามมิติสามารถปรับขนาดให้ใหญ่ขึ้น เล็กลง และหมุนได้รอบทิศทาง เพื่อให้ผู้เรียนเห็นรายละเอียดได้อย่างชัดเจน
- 2.2.14.5. สามารถสังเกตการณ์ทำงาน โครงสร้าง และวิธีการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในได้
- 2.2.15. ชุดฝึกจะต้องมีรายละเอียดทางเทคนิคที่เป็นไปตามคุณลักษณะดังนี้
- 2.2.15.1. เซนเซอร์ใช้คลื่นวิทยุความถี่สูงในการตรวจจับวัตถุ สามารถใช้ในการวัดระยะทางและความเร็วของวัตถุได้ เป็นเรดาร์ความยาวคลื่นมิลลิเมตรไม่น้อยกว่า 77GHz (77GHz millimeter-wave radar)
- 2.2.15.2. ระบบกล้องคู่ที่ประกอบด้วยกล้องสองตัว (Binocular camera) ทำงานร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกและภาพที่มีมิติ
- 2.2.15.3. ระบบเทคนิคการนำทาง GPS รวม (GPS combined navigation technical) ที่ใช้สัญญาณจากดาวเทียม GPS ในการระบุตำแหน่งและนำทาง
- 2.2.15.4. เรดาร์ที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงในการตรวจจับวัตถุ อย่างน้อย 2 ประเภท ดังนี้
- เรดาร์อัลตราโซนิก APA
 - เรดาร์อัลตราโซนิก UPA
- 2.2.15.5. เรดาร์เลเซอร์โซลิดสเตตแบบหลายเส้น (Multi-line hybrid solid-state laser radar) ที่ใช้เลเซอร์ในการตรวจจับวัตถุ ให้ข้อมูลที่ละเอียดและแม่นยำสูง
- 2.2.15.6. จอแสดงผลที่ใช้แสดงผลข้อมูลจากระบบ เป็นจอสัมผัสขนาดไม่น้อยกว่า 27 นิ้ว
- 2.2.15.7. หน่วยประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด (Computing platform)
- 2.2.15.8. แรงดันไฟฟ้าขาเข้าที่ใช้ในการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ หรือรองรับระบบไฟฟ้าที่เป็นมาตรฐานภายในประเทศ
- 2.2.15.9. สภาพแวดล้อมอุณหภูมิในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตั้งแต่ -10 ถึง 60 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า
- 2.2.15.10. ขนาดของอุปกรณ์โดยรวม (ยาว x กว้าง x สูง) ไม่น้อยกว่า 1500 x 600 x 1200 มิลลิเมตร

นางพ. โกศลวิภา
๕๘

- 2.2.16. ชุดฝึกรวมมีส่วนประกอบหลักไม่น้อยกว่าดังนี้
- 2.2.16.1. LIDAR แบบ 16 ช่อง (16-line LIDAR) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
 - 2.2.16.2. เรดาร์ความยาวคลื่นมิลลิเมตร 77GHz (77GHz-Millimeter wave radar) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
 - 2.2.16.3. กล้องคู่ (Binocular camera) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
 - 2.2.16.4. เรดาร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic radar) จำนวนไม่น้อยกว่า 12 ชุด
 - 2.2.16.5. ชุดนำทางด้วยระบบ GPS รวม (GPS-Combined navigation) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
 - 2.2.16.6. จอแสดงผลขนาด 27 นิ้ว (27-inch display) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
 - 2.2.16.7. หน่วยควบคุมการตัดสินใจที่รับรู้สภาพแวดล้อม (Environment-aware fusion decision control unit) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด

2.3. ชุดฝึกรวมพัฒนาการขับเคลื่อนอัจฉริยะ ROS2 จำนวน 2 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

- 2.3.1. โครงสร้างตัวถังรถยนต์ขับเคลื่อนอัจฉริยะ มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าดังนี้
- 2.3.1.1. ใช้โครงสร้างโลหะแผ่นที่ผ่านกระบวนการพ่นสี หรือดีกว่า
 - 2.3.1.2. มีขนาด (ยาว × กว้าง × สูง) ไม่น้อยกว่า 435×365×405 มิลลิเมตร
 - 2.3.1.3. ใช้ระบบการบังคับเลี้ยวแบบ Front Wheel Steering หรือดีกว่า
 - 2.3.1.4. ใช้บอร์ดควบคุม STM32 เป็นระบบควบคุมตัวถัง หรือดีกว่า
 - 2.3.1.5. ใช้การควบคุมความเร็วด้วย PID มอเตอร์ DC AB code
 - 2.3.1.6. มีโหมดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแอปพลิเคชัน, CAN, Standard serial port, voice module, ROS2 เป็นอย่างน้อย
- 2.3.2. ระบบควบคุมรถยนต์ขับเคลื่อนอัจฉริยะ มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าดังนี้
- 2.3.2.1. มีความเข้ากันได้และรองรับคำสั่งควบคุมจากระบบ ROS2, แอปพลิเคชัน, CAN, Standard serial port, voice module และระบบควบคุมระดับบนอื่น ๆ เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ เร่ง ลดความเร็ว เบรก บังคับเลี้ยวของรถยนต์ เป็นอย่างน้อย
 - 2.3.2.2. ตอบสนองและส่งข้อมูลความเร็วปัจจุบัน มุมเลี้ยว ระยะทาง และตำแหน่งปัจจุบันของรถยนต์ เป็นอย่างน้อย
 - 2.3.2.3. มีฟังก์ชันควบคุมอัตโนมัติ ได้แก่ คั่นเร่ง เบรก การเลี้ยว และเกียร์ เป็นอย่างน้อย
 - 2.3.2.4. ส่วนควบคุม ROS2 สำหรับการขับเคลื่อนอัตโนมัติ มีรายละเอียดเชิงเทคนิคอื่น ๆ อย่างน้อยดังนี้
 - หน่วยประมวลผล CPU: 6-core Cortex-A78AE @1.7GHz หรือดีกว่า และ GPU: 1024-core NVIDIA Ampere + 32 Tensor Cores หรือดีกว่า
 - ระบบปฏิบัติการ ROS master: Jetson Orin Nano ROS2 หรือดีกว่า
 - หน่วยความจำ 8GB 128-bit LPDDR5 102 GB/s หรือดีกว่า
 - การเชื่อมต่อ USB 3.0 จำนวน 3 ช่อง และ USB 2.0 จำนวน 1 ช่อง และ Type-C จำนวน 1 ช่อง หรือมากกว่า
 - ฟังก์ชันพอร์ตสื่อสาร Standard serial port แบบ GPIO เป็นอย่างน้อย GPIO pin number 40 หรือมากกว่า
 - อัตรากำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า 25 วัตต์
 - แรงดันไฟฟ้าขาเข้า ตั้งแต่ 9 ถึง 19 โวลต์ หรือมากกว่า

บทศรี ไททิมานะ
๑๑. ๒๙

- อินพุตภาพ (Image Input) 1xMIPI CSI หรือดีกว่า
- เอาต์พุตภาพ (Image Output): HDMI 2.0 หรือดีกว่า
- 2.3.3. ระบบเก็บข้อมูลรถยนต์ขับเคลื่อนอัจฉริยะ สามารถเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขับเคลื่อนอัตโนมัติ และการขับขี่ของรถยนต์ เพื่อแสดงบนหน้าจอและแอปพลิเคชัน
- 2.3.4. ระบบเสียงรถยนต์ขับเคลื่อนอัจฉริยะ (voice module) สามารถจดจำคำสั่งเสียงอย่างชาญฉลาด และสร้างคำสั่งควบคุมพื้นฐานเพื่อควบคุมรถยนต์ให้สามารถนำทางด้วยเสียง ระบุตำแหน่ง แหล่งเสียงเรียกและควบคุมด้วยเสียง
- 2.3.5. การประมวลผลภาพรถยนต์ขับเคลื่อนอัจฉริยะ มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าดังนี้
 - 2.3.5.1. กล้องความลึกซึ่งประกอบด้วยกล้องสองตาและกล้อง RGB เก็บภาพสภาพแวดล้อม รอบตัวรถยนต์แบบเรียลไทม์ได้
 - มีความละเอียดเชิงลึก (Depth map resolution) ไม่น้อยกว่า 640 x 480 พิกเซล ที่ 30 FPS หรือดีกว่า
 - มีการมองเห็น (Ideal range) ตั้งแต่ 0.6 เมตร ถึง 8 เมตร หรือมากกว่า
 - สามารถเชื่อมต่อ USB 2.0 ได้เป็นอย่างดี
 - 2.3.5.2. ใช้ขั้นตอนการประมวลผลของอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อให้รถยนต์สามารถทำแผนที่และนำทางด้วยภาพ ติดตามภาพความลึก ลาดตระเวนตามเส้นทางด้วยภาพ RGB ติดตามเป้าหมายภาพ จดจำไฟจราจร และหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวาง
 - 2.3.5.3. สามารถปรับมุมการติดตั้งกล้องได้อย่างอิสระ
- 2.3.6. การประมวลผล Laser Radar รถยนต์ขับเคลื่อนอัจฉริยะ มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าดังนี้
 - 2.3.6.1. มีระบบรับรู้ที่มีคุณสมบัติอย่างน้อยดังนี้
 - สแกนสิ่งกีดขวางรอบตัวได้ 360 องศา
 - มีรัศมีการวัดสูงสุดไม่น้อยกว่า 30 เมตรบนวัตถุสีขาว และไม่น้อยกว่า 12 เมตร บนวัตถุสีดำ
 - มีความถี่ในการวัดไม่น้อยกว่า 20000 ครั้งต่อวินาที
 - มีความถี่การสแกนไม่น้อยกว่า 12 เฮิร์ตซ์
 - มีระบบปฏิบัติการ M10P TOF หรือดีกว่า
 - ใช้ระดับป้องกัน IP65 เพื่อความปลอดภัย สามารถรองรับการใช้งานกลางแจ้งได้
 - 2.3.6.2. สามารถสร้างแผนที่จุดและแผนที่นำทาง 2D บนคอมพิวเตอร์ตามข้อมูลที่สแกนได้
 - 2.3.6.3. สามารถควบคุมรถยนต์ให้สามารถนำทางด้วยจุดหลายจุด หลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางแบบ ไดนามิกส์ และการควบคุมการขับเคลื่อนอัตโนมัติ ได้
- 2.3.7. การระบุตำแหน่งรถยนต์ขับเคลื่อนอัจฉริยะ มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าดังนี้
 - 2.3.7.1. ระบบควบคุมตัวถังของรถยนต์มีเซนเซอร์ทัศนวิสัยแบบเก้าแกน (nine-axis attitude sensor) หรือดีกว่า
 - 2.3.7.2. สามารถเก็บข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงความเร่งของรถยนต์แบบเรียลไทม์และส่งกลับไปยังระบบ ROS2 เพื่อประมวลผลและแสดงบนแอปพลิเคชัน เพื่อให้สามารถระบุตำแหน่งของรถยนต์ได้อย่างแม่นยำ

พท. โกวิท กาย
อ. ๕๙

- 2.3.8. การวางแผนการตัดสินใจของรถยนต์ขับเคลื่อนอัจฉริยะ สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางโดยรอบผ่านเซนเซอร์รับรู้สภาพแวดล้อม และหลังจากวิเคราะห์โดยอัลกอริทึมระดับบน จะเปรียบเทียบเส้นทางการวางแผนและความสัมพันธ์ของสิ่งกีดขวาง ได้แก่ โกล ไกล่ และข้าม เป็นอย่างน้อย ทำการตัดสินใจสำหรับสิ่งกีดขวางแต่ละอย่าง ได้แก่ ไม่สนใจ ไปรอบ ๆ และหยุด เป็นอย่างน้อย
- 2.3.9. การแสดงผลอินเทอร์เฟซการโต้ตอบระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ของรถยนต์ขับเคลื่อนอัจฉริยะ มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าดังนี้
 - 2.3.9.1. รถยนต์อัจฉริยะสามารถเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันผ่าน Bluetooth หรือ Wi-Fi ได้เป็นอย่างน้อย
 - 2.3.9.2. สามารถแสดงผลข้อมูลการขับขี่ มุมเลี้ยวของพวงมาลัย ความเร็ว แบตเตอรี่ และการปรับพารามิเตอร์ PID แบบเรียลไทม์ ได้เป็นอย่างน้อย
 - 2.3.9.3. สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของรถยนต์ผ่านแอปพลิเคชันได้
 - 2.3.9.4. ประกอบด้วยโหมดการควบคุมรวมถึงการควบคุมด้วยการเอียง การควบคุมด้วยปุ่มโยก การควบคุมด้วยปุ่ม การควบคุมความเร็ว เป็นอย่างน้อย
- 2.3.10. มีโค้ดต้นฉบับ แผนผัง และโปรโตคอล (source code + schematic + protocol) และเอกสารประกอบ ที่สมบูรณ์ของรถยนต์อัจฉริยะ ROS2 แผนผังวงจรควบคุม โปรโตคอลการสื่อสาร โดยละเอียด ข้อมูลการพัฒนา และคู่มือการฝึกอบรมปฏิบัติเกี่ยวกับรถยนต์อัจฉริยะ เป็นอย่างน้อย
- 2.3.11. มีฟังก์ชันการหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกและการปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ บนหน้าจอ
- 2.3.12. สามารถใช้สอนและฝึกอบรมการใช้งานระบบ Robot Operating System (ROS2) รวมไปถึงการวิเคราะห์โค้ดต้นฉบับของระบบ ROS2 รวมไปถึงการใช้งาน ROS2 และใช้แนะนำระบบ OpenCV (Computer Vision Library) ได้
- 2.3.13. สามารถใช้สอนและฝึกอบรมการพัฒนาขั้นพื้นฐานของรถอัจฉริยะโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 ได้
- 2.3.14. สามารถใช้สอนและฝึกอบรมการทำแผนที่แบบ Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)
- 2.3.15. สามารถใช้สอนและฝึกอบรมการควบคุมและระบบนำทางอัจฉริยะ การทำแผนที่และการนำทางโดยใช้ภาพ การควบคุมการเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนดโดยใช้ภาพ การเคลื่อนที่และหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางโดยอัตโนมัติ ได้
- 2.3.16. สามารถใช้สอนและฝึกอบรมการหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกได้
- 2.3.17. สามารถใช้สอนและฝึกอบรมการติดตามและควบคุมการขับเคลื่อนอัตโนมัติ
- 2.3.18. สามารถใช้สอนและฝึกอบรมการติดตามและควบคุมโดยใช้เลเซอร์ เรดาร์
- 2.3.19. สามารถใช้สอนและฝึกอบรมการติดตามและควบคุมโดยใช้เทคนิค deep visual following และ deep-learning algorithm หรือดีกว่า
- 2.3.20. สามารถใช้สอนและฝึกอบรมการการจดจำเครื่องหมายจราจรได้

3. เงื่อนไขอื่น ๆ

- 3.1. ผู้เสนอราคาต้องได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO9001:2015 ทางด้านผลิต, นำเข้า, จำหน่ายและบริการหลังการขาย พร้อมกับหนังสือแสดงการได้รับการรับรองมาตรฐานรับรอง เพื่อการสนับสนุนข้อมูลทางเทคนิค และการบริการหลังการขายที่ดี พร้อมแนบเอกสาร ยื่น ณ วันเสนอราคา
- 3.2. เป็นเครื่องใหม่ที่ไม่เคยใช้งานมาก่อนและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตตามมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิตที่มีได้เกิดจากการดัดแปลงแก้ไข
- 3.3. มีการสาธิตวิธีการใช้งานในการทำงานของเครื่อง ให้กับผู้ใช้งาน ณ สถานที่ส่งมอบงาน

๒๗/๑๒/๒๕๖๓
 ๒๗/๑๒/๒๕๖๓

- 3.4. มีคู่มือการใช้งาน ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ จำนวนอย่างน้อย 1 ชุด
- 3.5. ในการส่งมอบครุภัณฑ์ ถ้าสินค้าเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศเพื่อส่งมอบให้กับมหาวิทยาลัย ผู้เสนอราคา ต้อง ส่งมอบเอกสารการนำเข้าสินค้า (การขนส่งทางอากาศ ทางรถยนต์ ทางเรือ และวิธีการอื่นๆ) โดยมี เอกสารชี้แจงมอบให้กับคณะกรรมการตรวจรับครุภัณฑ์ และถ้าเป็นการขนส่งด้วยเรือต่างประเทศจะต้องมี สำเนาเอกสารยืนยันจากกรมเจ้าท่าถึงการยกเว้นไม่ต้องใช้เรือไทย และถ้าใช้การขนส่งด้วยเรือต่างประเทศ ไปแล้วในขณะที่เส้นทางเดินเรือนั้นมีบริการการขนส่งด้วยเรือไทย จะต้องมีส่วนเอกสารแสดงการชำระ ค่าธรรมเนียมพิเศษการกระทำผิดพระราชบัญญัติขนส่ง
- 3.6. เงินค่าพัสดุสำหรับการซื้อครั้งนี้ได้มาจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 การจัดซื้อ ครั้งนี้ จะมีการลงนามในสัญญาหรือข้อตกลงเป็นหนังสือได้ต่อเมื่อพระราชบัญญัติ งบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 มีผลใช้บังคับ และได้รับจัดสรรงบประมาณ รายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 จากสำนักงบประมาณแล้ว สำหรับกรณีที่ไม่ได้รับการจัดสรรงบประมาณรายจ่ายเพื่อการจัดหา ในครั้งดังกล่าว ส่วนราชการสามารถยกเลิกการจัดหาได้
- 3.7. ผู้เสนอราคาราคาต้องยื่นราคาไม่น้อยกว่า 150 วัน ตั้งแต่วันเสนอราคาโดยภายในกำหนดยื่นราคา ผู้ยื่น ข้อเสนอต้องรับผิดชอบราคาที่ได้เสนอไว้ และจะถอนการเสนอราคามีได้
- 3.8. ผู้เสนอราคาจะต้องจัดทำตารางเปรียบเทียบรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของครุภัณฑ์ ชุดฝึกการเขียน โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ระบบอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม ที่ผู้ขายเสนอโดยอ้างอิงหัวข้อและระบุเลขหน้า ของเอกสาร โดยให้ยื่น ณ วันเสนอราคา หากผู้ขายไม่จัดทำเอกสารตารางเปรียบเทียบดังกล่าว ทางคณะกรรมการขอสงวนสิทธิไม่พิจารณาในการเสนอราคาครั้งนี้

นพพร โสภิตาภ
๒๕๖๙