ขอบเขตของงาน (Term of Reference: TOR)

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อการพัฒนาอุปกรณ์ระบบอากาศยานไร้คนขับในรูปแบบขึ้นลงทางดิ่ง (vertical takeoff and landing, VTOL) สำหรับการลาดตระเวนทางอากาศและการสำรวจจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ

1.2 เพื่อการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลจากการบินด้วยอากาศยานไร้คนขับ สำหรับสนับสนุนการจัดการพื้นที่ทำกิน ให้บริการแก่ประชาชนและหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลสถานการณ์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1.3 เพื่อจัดทำภาพถ่ายทางอากาศและการบินลาดตระเวนทางอากาศ ด้วยอากาศยานไร้คนขับ ในการสนับสนุนภารกิจด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และการติดตามสถานการณ์ไฟป่าและน้ำป่าไหลหลาก

2. คุณสมบัติของผู้เสนอราคา

2.1 ผู้เสนอราคาต้องเป็นนิติบุคคลตามกฎหมายที่จดทะเบียนในประเทศไทย หรือบริษัทต่างประเทศ รวมทั้งเป็นผู้มีอาชีพรับจ้าง หรือมีความชำนาญ หรือมีประสบการณ์ดำเนินงานที่เกี่ยวข้องตามขอบเขตงานนี้

2.2 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ที่ระบุชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทิ้งงานของทางราชการและได้แจ้งเวียนชื่อแล้ว หรือไม่เป็นผู้ที่ได้รับผลของการสั่งให้นิติบุคคลอื่นเป็นผู้ทิ้งงานตามระเบียบของทางราชการ

2.3 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้เสนอราคารายอื่น และต้องไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันราคาอย่างเป็นธรรม

2.4 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกันซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้เสนอราคาได้มีคำสั่งให้สละสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นว่านั้น

2.5 ผู้เสนอราคาที่จะเข้าเป็นคู่สัญญาต้องไม่อยู่ในฐานะเป็นผู้ไม่แสดงบัญชีรายรับรายจ่ายหรือแสดงบัญชีรายรับรายจ่ายไม่ถูกต้องครบถ้วนสาระสำคัญ

2.6 คู่สัญญาต้องรับจ่ายเงินผ่านบัญชีเงินฝากกระแสรายวัน เว้นแต่การรับจ่ายเงินแต่ละครั้งซึ่งมีมูลค่าไม่เกินสามหมื่นบาท คู่สัญญาอาจรับจ่ายเป็นเงินสดก็ได้

2.7 ผู้เสนอราคาต้องลงทะเบียนในระบบอิเล็กทรอนิกส์ของกรมบัญชีกลางที่เว็บไซต์ ศูนย์ข้อมูลการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ

2.8 กรณีที่เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตในต่างประเทศ ผู้เสนอราคาจะต้องนำเอกสารยืนยันการแต่งตั้งเป็นตัวแทนจำหน่ายจากบริษัทผู้ผลิตในต่างประเทศมาประกอบการเสนอราคา

2.9 ผู้เสนอราคาจะต้องมีประสบการณ์การสร้าง/วิจัยและพัฒนา ระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กกับส่วนราชการ ซึ่งเป็นคู่สัญญาโดยตรง และไม่ใช่ผลงานอันเกิดจาก การจ้างหรือรับจ้างช่วง โดยผู้เสนอราคาจะต้องยื่นหลักฐานอ้างอิงมาพร้อมเอกสารการเสนอราคา เพื่อให้คณะกรรมการจัดหาพัสดุพิจารณา ณ วันที่เปิดซอง

3. ขอบเขตการดำเนินงาน

ผู้เสนอราคา ต้องดำเนินการพัฒนาและจัดหารูปแบบ ระบบ เครื่องมือโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับและเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความถูกต้อง ชัดเจน ทันสมัย และเข้าถึงได้ง่ายจากภาคประชาชนและภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในการใช้ประโยชน์จากข้อมูลเพื่อพัฒนาพื้นที่ทำกินให้แก่ประชาชนได้มีคุณภาพชีวิตที่ดีมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการดำเนินงานมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 การพัฒนาอุปกรณ์ระบบอากาศยานไร้คนขับในรูปแบบขึ้นลงทางดิ่ง (vertical takeoff and landing, VTOL) สำหรับการลาดตระเวนทางอากาศและการสำรวจจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ ดำเนินการพัฒนาระบบอากาศยานไร้คนขับ (unmanned aircraft system, UAS) โดยเป็นระบบควบคุมอากาศยานไร้คนขับที่ควบคุมจากพื้นดินโดยมนุษย์หรือคอมพิวเตอร์ ในรูปแบบขึ้นลงทางดิ่ง (vertical takeoff and landing, VTOL) โดยระบบอากาศยานที่จะพัฒนาขึ้นจะประกอบด้วย 2 รูปแบบ ได้แก่ ระบบอากาศยานไร้คนขับในรูปแบบขึ้นลงทางดิ่งสำหรับการลาดตระเวนทางอากาศ และระบบอากาศยานไร้คนขับในรูปแบบขึ้นลงทางดิ่งสำหรับการสำรวจจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งแนวทางการพัฒนาระบบจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการนำไปประยุกต์ใช้งานและจะส่งผลให้คุณสมบัติขององค์ประกอบระบบอากาศยานไร้คนขับมีความแตกต่างกันไป เช่น แบบโครงอากาศยาน (airframe) ระบบควบคุม (control system) ประเภทและช่องสัมภาระที่บรรทุก (payload) ระบบควบคุมและสนับสนุนภาคพื้นดิน (ground control station) และระบบการเชื่อมต่อและบันทึกข้อมูล (data link and storage system) เป็นต้น ซึ่งระบบอากาศยานไร้คนขับดังกล่าวข้างต้นจะต้องสอดคล้องและเหมาะสมกับการใช้งานตามขอบเขตของการดำเนินงานเพื่อการสำรวจและการถ่ายภาพทางอากาศ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 ระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานลาดตระเวนทางอากาศ จำนวน 4 ระบบ แต่ละระบบประกอบด้วย ตัวลำพร้อมระบบไฟฟ้า ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติพร้อม GNSS ระบบสื่อสารภาพและ Telemetry (ภาคอากาศ) ระบบ Payload ระบบคอมพิวเตอร์ พร้อมซอฟต์แวร์ควบคุมระบบแสดงผลภาพ พร้อมชุดควบคุม Payload อุปกรณ์ควบคุมการบินของอากาศยาน ระบบสื่อสารภาพและ Telemetry (ภาคพื้น) ทั้งนี้ จะต้องสอดคล้องและเหมาะสมกับการใช้งาน ตามขอบเขตการดำเนินงานการบินลาดตระเวนทางอากาศ โดยลักษณะของระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานลาดตระเวนทางอากาศ จะต้องมีรูปแบบรายละเอียด หรือสมรรถนะไม่น้อยกว่า ลักษณะดังนี้

ภาคอากาศ

(1) ตัวลำพร้อมระบบไฟฟ้า

- ตัวลำอากาศยานแบบ VTOL ขนาดความยาวปีก (wingspan) 2.5-3.2 เมตร วัสดุ Kevlar , Fiberglass และ Carbon Fiber
- น้ำหนักลำเปล่าไม่รวมแบตเตอรี่ 6-9 กิโลกรัม น้ำหนัก Payload สูงสุด 2.5-4 กิโลกรัม

- ชุดมอเตอร์และชุดควบคุมมอเตอร์ พร้อมใบพัด
- ชุดจ่ายไฟหลักและจ่ายไฟสำรองพร้อมสายไฟ
- อากาศยานมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับภารกิจ โดยมีหลักฐานเชิงประจักษ์เป็นรายงานการออกแบบอากาศยานที่แสดงวิธีการหาค่า cruise velocity, rate of climb, service ceiling, range, endurance, takeoff distance, และ landing distance โดยมีการคำนึงถึงความหนาแน่นของอากาศที่เปลี่ยนไปตามความสูงเหนือระดับน้ำทะเล
- อากาศยานมีอัตราส่วนระหว่างแรงยกและแรงต้านอากาศ (lift-to-drag ratio) ที่สูงกว่าอากาศยานลำอื่นๆ ที่มีน้ำหนักเครื่องใกล้เคียงกัน โดยมีผลการทดลองอุโมงค์ลมหรือการทดสอบอื่นที่เกี่ยวข้องเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์
- อากาศยานมีเสถียรภาพตามแกนนอน (longitudinal stability) และทางทิศ (directional stability) ที่เหมาะสม โดยมีผลการทดลองอุโมงค์ลมหรือการทดสอบอื่นที่เกี่ยวข้องเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์
- โครงสร้างของอากาศยานมีความคงทน และแข็งแรง โดยมีผลการวิเคราะห์โดยใช้ FEA Software ที่แสดงการกระจายแรงในแนวดิ่ง (vertical configuration) และแนวระนาบ (cruise configuration) เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์

(2) ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติพร้อม GNSS

- ARM Cortex M7
- 32 bit STM32F103 failsafe co-processor
- Carrier Board with ADS-B receiver
- Triple Redundant IMU System.
- Compatible with Futaba S.Bus signal input and output
- Compatible with PPM signal input
- Overcurrent protection on all peripheral outputs
- Tipple power supply redundancy by power module, servo rail, and USB port.
- ใช้ระบบ GNSS ที่มี RTK
- Satellite Constellation GPS L1C/A, GLONASS L1OF,BeiDou B1l
- Navigation Update Rate Max 8 Hz

(3) ระบบส่งสัญญาณภาพและ Telemetry (ภาคอากาศ)

- อุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณภาพระยะการส่งภาพ ได้ถึง 30 กิโลเมตร
- ระบบ Interface video แบบ Ethernet
- ระบบ Data interface : UART (TTL/RS232) /SBUS
- Radio Bandwidth ได้ถึง 20MHz
- Hopping Frequency อุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณ Telemetry

- Air Data transfer rates ได้ถึง 250kbit/sec
- UART data transfer rates ได้ถึง 115200 baud.
- ระยะการส่งสัญญาณได้ถึง 40 กิโลเมตร
- ระบบ Interface Serial: Logic level TTL(3.3v) , GPIO: 6 General purpose IO
- Frequency hopping spread spectrum (FHSS)

(4) ระบบ Payload กล้องถ่ายภาพลาดตระเวนชนิดใช้ในโดรน VTOL

- Dual-sensor 3-axis gimbal camera
- กล้องภาพถ่ายสีปกติ การขยาย 30 เท่า ความละเอียดจุดภาพ 2.13 ล้านพิกเซล
- กล้องถ่ายภาพความร้อน ความละเอียด 640*480
- ระบบตรวจวัดระยะวัตถุด้วยเลเซอร์ ระยะตรวจวัดสูงสุด 3000 เมตร
- ภาพถ่ายเคลื่อนไหว ระดับ Full HD 1080 (1920x1080)

<u>ภาคพื้นดิน</u>

(1) ระบบคอมพิวเตอร์ พร้อมซอฟต์แวร์ควบคุม

- Computer Notebook แบบภาคสนาม
- ขนาดจอภาพ 12.0 นิ้ว (Sunlight readable)
- Intel@Core i5-7300U 3MB cache 2.6GHz
- หน่วยความจำ 8GB / SSD 256 GB -WIFI + Bluetooth + 4G LTE
- ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Professional
- มาตรฐานการรองรับการตกกระแทก MIL-STD 810G ,มาตรฐานการกันน้ำและฝุ่น IP65
- ระบบซอฟต์แวร์ สนับสนุนการสื่อสารข้อมูลแบบ MAVlink สามารถแสดงสถานะและตำแหน่งในการบิน และการวางแผนการบินเพื่อบินปฏิบัติการ

(2) ระบบแสดงผลภาพพร้อมชุดควบคุม Payload

- หน้าจอแสดงภาพ video ขนาด 10 นิ้ว Sunlight readable LCD
- Intel Core i5 vPro Ram 8 GB/SSD 256GB
- ติดตั้งรวมระบบควบคุม Gimbal พร้อมกล่องกันน้ำและกันกระแทก

(3) อุปกรณ์ควบคุมการบินของอากาศยาน

- สนับสนุน Mode การควบคุม Mode 2
- สนับสนุน ช่องสัญญาณได้ถึง 14 ช่องสัญญาณ
- สนับสนุน Protocols FASSTest, FASST, และ S-FSS
- ความถี่ 2.4 GHz
- สนับสนุน 5 programmable mixes
- สนับสนุน Digital memory card สำหรับการบันทึก ข้อมูลการตั้งค่าและโปรแกรม

(4) ระบบสื่อสารภาพและ Telemetry (ภาคพื้นดิน)

- อุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณภาพ
- ระยะการส่งสัญญาณภาพ ได้ถึง 30 กิโลเมตร
- ระบบ Interface video แบบ Ethernet
- ระบบ Data interface : UART (TTL/RS232) /SBUS
- Radio Bandwidth ได้ถึง 20MHz
- Hopping Frequency อุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณ Telemetry
- Air Data transfer rates ได้ถึง 250kbit/sec
- UART data transfer rates ได้ถึง 115200 baud.
- ระยะการส่งสัญญาณได้ถึง 40 กิโลเมตร
- ระบบ Interface Serial: Logic level TTL(3.3v) , GPIO: 6 General purpose IO
- Frequency hopping spread spectrum (FHSS)

3.1.2 ระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานถ่ายภาพทางอากาศขนาดเล็ก จำนวน 5 ระบบ แต่ละระบบ ประกอบด้วย ตัวลำพร้อมระบบไฟฟ้า ระบบความคุมการบินอัติโนมัติ ระบบสื่อสาร Telemetry (ภาคอากาศ) ระบบ payload ระบบคอมพิวเตอร์ พร้อมซอฟต์แวร์ควบคุม อุปกรณ์ควบคุมการบินของอากาศยาน ระบบสื่อสารTelemetry (ภาคพื้น) ทั้งนี้จะต้องสอดคล้องและเหมาะสมกับการใช้งาน ตามขอบเขตการดำเนินงานจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ โดยลักษณะของระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานถ่ายภาพทางอากาศขนาดเล็ก จะต้องมีรูปแบบรายละเอียด หรือสมรรถนะไม่น้อยกว่า ลักษณะดังนี้

ภาคอากาศ

(1) ตัวลำพร้อมระบบไฟฟ้า

- ตัวลำอากาศยานแบบ VTOL ขนาดความยาวปีก (wingspan) 2-2.5 เมตร วัสดุ Composite material
- น้ำหนักลำเปล่ารวมแบตเตอรี่ 3-4 กิโลกรัม น้ำหนัก Payload สูงสุด 1 กิโลกรัม
- ชุดมอเตอร์และชุดควบคุมมอเตอร์ พร้อมใบพัด
- ชุดจ่ายไฟหลักและจ่ายไฟสำรองพร้อมสายไฟ
- อากาศยานมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับภารกิจ โดยมีหลักฐานเชิงประจักษ์เป็นรายงานการออกแบบอากาศยานที่แสดงวิธีการหาค่า cruise velocity, rate of climb, service ceiling, range, endurance, takeoff distance, และ landing distance โดยมีการคำนึงถึงความหนาแน่นของอากาศที่เปลี่ยนไปตามความสูงเหนือระดับน้ำทะเล

- อากาศยานมีอัตราส่วนระหว่างแรงยกและแรงต้านอากาศ (lift-to-drag ratio) ที่สูงกว่าอากาศยานลำอื่นๆ ที่มีน้ำหนักเครื่องใกล้เคียงกัน โดยมีผลการทดลองอุโมงค์ลมหรือการทดสอบอื่นที่เกี่ยวข้องเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์

- อากาศยานมีเสถียรภาพตามแกนนอน (longitudinal stability) และทางทิศ (directional stability) ที่เหมาะสม โดยมีผลการทดลองอุโมงค์ลมหรือการทดสอบอื่นที่เกี่ยวข้องเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์

- โครงสร้างของอากาศยานมีความคงทน และแข็งแรง โดยมีผลการวิเคราะห์โดยใช้ FEA Software ที่แสดงการกระจายแรงในแนวดิ่ง (vertical configuration) และแนวระนาบ (cruise configuration) เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์

(2) ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ

- ARM Cortex M7
- 32 bit STM32F103 failsafe co-processor
- Carrier Board with ADS-B receiver
- Triple Redundant IMU System.
- Compatible with Futaba S.Bus signal input and output
- Compatible with PPM signal input
- Overcurrent protection on all peripheral outputs
- Tipple power supply redundancy by power module, servo rail, and USB port.

-ใช้ระบบ GNSS ที่มี RTK

- Satellite Constellation GPS L1C/A, GLONASS L1OF,BeiDou B1l
- Navigation Update Rate Max 8 Hz

(3) ระบบสื่อสารภาพและ Telemetry (ภาคอากาศ)

- อุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณ Telemetry
- Air Data transfer rates ได้ถึง 250kbit/sec
- UART data transfer rates ได้ถึง 115200 baud.
- ระยะการส่งสัญญาณได้ถึง 40 กิโลเมตร
- ระบบ Interface Serial: Logic level TTL(3.3v) , GPIO: 6 General purpose IO
- Frequency hopping spread spectrum (FHSS)

(4) ระบบ Payload

- กล้องถ่ายภาพทางอากาศ ชนิดใช้ในโดรน VTOL สำหรับทำแผนที่
  - Full-frame (35.8 x 23.9) พร้อมเลนส์ขนาด 35 มิลลิเมตร
  - ขนาดภาพ 7,952 x 5,304 พิกเซล
  - ความละเอียด 42.4 ล้านพิกเซล
- กล้องถ่ายภาพแบบหลายช่วงคลื่น ชนิดใช้ในโดรน VTOL
  - ช่วงคลื่นที่รองรับ red, green, blue, red edge, near-infrared and thermal

- 5.28 cm per pixel (per EO band) at 120 m (~400 ft) AGL 81 cm per pixel (thermal) at 120 m
- มีความละเอียดของเซนเซอร์ของ MS band ไม่น้อยกว่า 3.2 MP, ความละเอียดของเซนเซอร์ของ PAN band ไม่น้อยกว่า 12 MP และความละเอียดของ Thermal infrared ไม่น้อยกว่า 320 x 256 pixel

<u>ภาคพื้นดิน</u>

(1) ระบบคอมพิวเตอร์ พร้อมซอฟต์แวร์ควบคุม

- Computer Notebook แบบภาคสนาม
- ขนาดจอภาพ 12.0 นิ้ว (Sunlight readable)
- Intel@Core i5-7300U 3MB cache 2.6GHz
- หน่วยความจำ 8GB / SSD 256 GB
- WIFI + Bluetooth + 4G LTE
- ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Professional
- มาตรฐานการรองรับการตกกระแทก MIL-STD 810G ,มาตรฐานการกันน้ำและฝุ่น IP65
- ระบบซอฟต์แวร์ สนับสนุนการสื่อสารข้อมูลแบบ MAVlink สามารถแสดงสถานะและตำแหน่งในการบิน และการวางแผนการบินเพื่อบินปฏิบัติการ

(2) อุปกรณ์ควบคุมการบินของอากาศยาน

- สนับสนุน Mode การควบคุม Mode 2
- สนับสนุน ช่องสัญญาณได้ถึง 14 ช่องสัญญาณ
- สนับสนุน Protocols FASSTest, FASST, และ S-FSS
- ความถี่ 2.4 GHz
- สนับสนุน 5 programmable mixes
- สนับสนุน Digital memory card สำหรับการบันทึก ข้อมูลการตั้งค่าและโปรแกรม

(3) ระบบสื่อสารภาพและ Telemetry (ภาคพื้นดิน)

- อุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณ Telemetry
- Air Data transfer rates ได้ถึง 250 kbit/sec
- UART data transfer rates ได้ถึง 115200 baud.
- ระยะการส่งสัญญาณได้ถึง 40 กิโลเมตร
- ระบบ Interface Serial: Logic level TTL(3.3v) , GPIO: 6 General purpose IO
- Frequency hopping spread spectrum (FHSS)

<u>3.1.3 ระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานถ่ายภาพทางอากาศขนาดกลาง จำนวน 5 ระบบ</u>

แต่ละระบบ ประกอบด้วย ตัวลำพร้อมระบบไฟฟ้า ระบบความคุมการบินอัติโนมัติ ระบบสื่อสาร Telemetry

(ภาคอากาศ) ระบบ payload ระบบคอมพิวเตอร์ พร้อมซอฟต์แวร์ควบคุม อุปกรณ์ควบคุมการบินของอากาศยาน ระบบสื่อสารTelemetry (ภาคพื้น) ทั้งนี้จะต้องสอดคล้องและเหมาะสมกับการใช้งาน ตามขอบเขตการดำเนินงานการบินถ่ายภาพทางอากาศ โดยลักษณะของระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานถ่ายภาพทางอากาศขนาดกลางจะต้องมีรูปแบบรายละเอียด หรือสมรรถนะไม่น้อยกว่า ลักษณะดังนี้

ภาคอากาศ

(1) ตัวลำพร้อมระบบไฟฟ้า

- ตัวลำอากาศยานแบบ VTOL ขนาดความยาวปีก (wingspan) 2.5-3.2 เมตร วัสดุ Kevlar , Fiberglass และ Carbon Fiber
- น้ำหนักลำเปล่าไม่รวมแบตเตอรี่ 6-9 กิโลกรัม น้ำหนัก Payload สูงสุด 2.5-4 กิโลกรัม
- ชุดมอเตอร์และชุดควบคุมมอเตอร์ พร้อมใบพัด
- ชุดจ่ายไฟหลักและจ่ายไฟสำรองพร้อม สายไฟ
- อากาศยานมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับภารกิจ โดยมีหลักฐานเชิงประจักษ์เป็นรายงานการออกแบบอากาศยานที่แสดงวิธีการหาค่า cruise velocity, rate of climb, service ceiling, range, endurance, takeoff distance, และ landing distance โดยมีการคำนึงถึงความหนาแน่นของอากาศที่เปลี่ยนไปตามความสูงเหนือระดับน้ำทะเล
- อากาศยานมีอัตราส่วนระหว่างแรงยกและแรงต้านอากาศ (lift-to-drag ratio) ที่สูงกว่าอากาศยานลำอื่นๆ ที่มีน้ำหนักเครื่องใกล้เคียงกัน โดยมีผลการทดลองอุโมงค์ลมหรือการทดสอบอื่นที่เกี่ยวข้องเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์
- อากาศยานมีเสถียรภาพตามแกนนอน (longitudinal stability) และทางทิศ (directional stability) ที่เหมาะสม โดยมีผลการทดลองอุโมงค์ลมหรือการทดสอบอื่นที่เกี่ยวข้องเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์
- โครงสร้างของอากาศยานมีความคงทน และแข็งแรง โดยมีผลการวิเคราะห์โดยใช้ FEA Software ที่แสดงการกระจายแรงในแนวดิ่ง (vertical configuration) และแนวระนาบ (cruise configuration) เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์

(2) ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ

- ARM Cortex M7
- 32 bit STM32F103 failsafe co-processor
- Carrier Board with ADS-B receiver
- Triple Redundant IMU System.
- Compatible with Futaba S.Bus signal input and output
- Compatible with PPM signal input
- Overcurrent protection on all peripheral outputs

- Tipple power supply redundancy by power module, servo rail, and USB port.

-ใช้ระบบ GNSS ที่มี RTK

- Satellite Constellation GPS L1C/A, GLONASS L1OF,BeiDou B1l

- Navigation Update Rate Max 8 Hz

(3) ระบบสื่อสารภาพและ Telemetry (ภาคอากาศ)

- อุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณ Telemetry
- Air Data transfer rates ได้ถึง 250kbit/sec
- UART data transfer rates ได้ถึง 115200 baud.
- ระยะการส่งสัญญาณได้ถึง 40 กิโลเมตร
- ระบบ Interface Serial: Logic level TTL(3.3v) , GPIO: 6 General purpose IO
- Frequency hopping spread spectrum (FHSS)

(4) ระบบ Payload

- กล้องถ่ายภาพทางอากาศชนิดใช้ในโดรน VTOL สำหรับทำแผนที่
  - Full-frame (35.8 x 23.9) พร้อมเลนส์ขนาด 35 มิลลิเมตร
  - ขนาดภาพ 7,952 x 5,304 พิกเซล
  - ความละเอียด 42.4 ล้านพิกเซล
- กล้องถ่ายภาพแบบหลายช่วงคลื่นชนิดใช้ในโดรน VTOL
  - ช่วงคลื่นที่รองรับ red, green, blue, red edge, near-infrared and thermal
  - 5.28 cm per pixel (per EO band) at 120 m (~400 ft) AGL 81 cm per pixel (thermal) at 120 m
  - มีความละเอียดของเซนเซอร์ของ MS band ไม่น้อยกว่า 3.2 MP, ความละเอียดของเซนเซอร์ของ PAN band ไม่น้อยกว่า 12 MP และความละเอียดของ Thermal infrared ไม่น้อยกว่า 320 x 256 pixel

<u>ภาคพื้นดิน</u>

(1) ระบบคอมพิวเตอร์ พร้อมซอฟต์แวร์ควบคุม

- Computer Notebook แบบภาคสนาม
- ขนาดจอภาพ 12.0 นิ้ว (Sunlight readable)
- Intel@Core i5-7300U 3MB cache 2.6GHz
- หน่วยความจำ 8GB / SSD 256 GB
- WIFI + Bluetooth + 4G LTE
- ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Professional
- มาตรฐานการรองรับการตกกระแทก MIL-STD 810G ,มาตรฐานการกันน้ำและฝุ่น IP65

- ระบบซอฟต์แวร์ สนับสนุนการสื่อสารข้อมูลแบบ MAVlink สามารถแสดงสถานะและตำแหน่งในการบิน และการวางแผนการบินเพื่อบินปฏิบัติการ

(2) อุปกรณ์ควบคุมการบินของอากาศยาน

- สนับสนุน Mode การควบคุม Mode 2
- สนับสนุน ช่องสัญญาณได้ถึง 14 ช่องสัญญาณ
- สนับสนุน Protocols FASSTest, FASST, และ S-FSS
- ความถี่ 2.4 GHz
- สนับสนุน 5 programmable mixes
- สนับสนุน Digital memory card สำหรับการบันทึก ข้อมูลการตั้งค่าและโปรแกรม

(3) ระบบสื่อสาร Telemetry (ภาคพื้นดิน)

- อุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณ Telemetry
- Air Data transfer rates ได้ถึง 250 kbit/sec
- UART data transfer rates ได้ถึง 115200 baud.
- ระยะการส่งสัญญาณได้ถึง 40 กิโลเมตร
- ระบบ Interface Serial: Logic level TTL(3.3v) , GPIO: 6 General purpose IO
- Frequency hopping spread spectrum (FHSS)

3.2 การลาดตระเวนทางอากาศ ด้วยระบบอากาศยานไร้คนขับ การลาดตระเวนทางอากาศด้วยระบบอากาศยานไร้คนขับ ครอบคลุมพื้นที่ไม่น้อยกว่า 9 ล้านไร่ โดยภารกิจจะมุ่งเน้นการป้องกันการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า การตรวจปราบปรามการกระทำผิดต่อทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง การตรวจไฟป่า ดับไฟป่า และภัยธรรมชาติอื่น ๆ เป็นต้น ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณที่ติดตั้งสามารถบันทึกภาพทั้งภาพสีปกติและภาพความร้อน จึงทำให้ระบบอากาศยานไร้คนขับดังกล่าว สามารถปฏิบัติงานได้ทั้งกลางวันและกลางคืนและมีการพัฒนาระบบเครือข่ายการส่งข้อมูล ที่สามารถแสดงผลข้อมูลในลักษณะภาพถ่ายเดี่ยว (single image) และวีดิโอ (video) ไปยังส่วนผู้ใช้งานได้ในทันที (real time) ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (internet) ไปยังระบบแม่ข่าย (server) ที่ได้จัดทำภายใต้โครงการนี้ เพื่อให้ผู้ใช้งาน เช่น ประชาชน หน่วยงานภาครัฐและผู้บริหารในสถานการณ์ฉุกเฉินสามารถตัดสินใจในการรับมือต่อสถานการณ์ฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพและเท่าทันต่อสถานการณ์ โดยมีรายละเอียดพื้นที่ปรากฏ ตามเอกสารแนบ 1

3.3 การจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ ด้วยระบบอากาศยานไร้คนขับ ดำเนินการจัดทำภาพถ่ายทางอากาศเพื่อเป็นฐานข้อมูลการบินรักษาป่า สำหรับสนับสนุนการบริหารจัดการที่ดินทำกินให้ชุมชนและหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง จากข้อมูลที่เก็บได้ในข้อ 3.2 โดยคุณสมบัติภาพถ่ายทางอากาศจะประกอบไปด้วยหลายช่วงคลื่น ได้แก่

3.2.1 ภาพถ่ายทางอากาศสีธรรมชาติ (optical Images) เป็นภาพถ่ายทางอากาศที่แสดงผลในรูปแบบสีธรรมชาติเหมือนที่ตามองเห็นได้ปกติ โดยอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณ (sensor) จะบันทึกคลื่นแสงที่สายตามองเห็น (Visible Light) โดยปกติบันทึกภาพด้วยกล้องในช่วงความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร

ประกอบไปด้วยคลื่นทั้งหมด 3 ย่าน ได้แก่ ย่านสีน้ำเงิน สีเขียวและสีแดง โดยภาพประเภทดังกล่าว มีความเหมาะสมสำหรับสนับสนุนการลาดตระเวน และการวิเคราะห์แปลความด้วยสายตา เนื่องจากลักษณะของภาพมีความใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมตามความเป็นจริง

3.2.2 ภาพถ่ายทางอากาศแบบหลายช่วงคลื่น (multispectral Images) เป็นภาพถ่ายทางอากาศได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณ ที่สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ เช่น ย่านคลื่นขอบสีแดง (red edge) และย่านคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near - infrared, NIR) ซึ่งปกติจะบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นประมาณ 400 - 1200 นาโนเมตร รวมถึงช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal Images) ซึ่งเป็นภาพที่บันทึกในช่วงคลื่นยาว 10 - 15 ไมโครเมตร ที่สามารถบันทึกและตรวจจับรังสีความร้อนได้ โดยภาพถ่ายทางอากาศแบบหลายช่วงคลื่นจะมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ลักษณะชีวภาพของวัตถุได้ดี เช่น การจำแนกประเภทวัตถุ ตรวจคุณภาพ สุขภาพของพืชพรรณ อุณหภูมิวัตถุและพื้นผิว เป็นต้น

3.4 การจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลจากการบินด้วยอากาศยานไร้คนขับ เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลที่ได้รับจากอากาศยานไร้คนขับและหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลที่ได้จากการลาดตระเวนในข้อที่ 3.2 ทำการประมวลผลและจัดเตรียมสำหรับการจัดเก็บในระบบแม่ข่ายสำหรับการให้บริการกับผู้ใช้งานต่อไป โดยมีรายละเอียดของการจัดเตรียมข้อมูล ดังนี้

3.4.1 การประมวลผลการรังวัดจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ (aerial photogrammetry processing) สำหรับจัดทำภาพถ่ายออร์โธสี (orthorectification imagery) สีธรรมชาติ (natural Color) ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย

3.4.2 จัดเตรียมภาพถ่ายออร์โธสีให้แสดงเป็นสีผสมเท็จเน้นช่วงอินฟราเรด (false color IR) สำหรับการใช้ในการตรวจสอบ ติดตามและประเมินการตอบสนองของพืชพรรณครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย

3.4.3 จัดเตรียมภาพความร้อน (thermal imagery) ใช้สนับสนุนการใช้งานการตรวจสอบความร้อนและอุณหภูมิครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย

3.4.4 ประมวลผลข้อมูลสร้างแบบจำลองแสดงพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลข (digital surface model: DSM) ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย

3.4.5 ประมวลผลข้อมูลสร้างภาพถ่ายแสดงดัชนีพืชพรรณ normalized difference vegetation index (NDVI)

3.4.6 ประมวลผลข้อมูลสร้างภาพถ่ายแสดงดัชนีพืชพรรณ green normalized difference vegetation Index (GNDVI)

3.4.7 ประมวลผลข้อมูลสร้างภาพถ่ายแสดงดัชนีพืชพรรณ ratio vegetation index (RVI) สนับสนุนการวิเคราะห์สุขภาพของพืชพรรณ

3.4.8 ประมวลผลข้อมูลสร้างภาพถ่ายแสดงดัชนีพืชพรรณ soil adjusted vegetation index (SAVI) สนับสนุนการวิเคราะห์การตอบสนองของพืชพรรณจากค่าการสะท้อนของดิน

3.4.9 การจัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานทางภูมิศาสตร์ที่จำเป็น จากข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ที่ได้รับจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง โดยเป็นข้อมูลเสริมนำมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น ข้อมูลขอบเขต

การปกครอง ข้อมูลขอบเขตพื้นที่จัดที่ดินทำกินให้ชุมชน ตามความเห็นชอบของคณะกรรมการนโยบายที่ดินแห่งชาติ (คทช.) เป็นต้น

4. เงื่อนไขการจ้าง

4.1 ระยะเวลาดำเนินงาน

ผู้เสนอราคาต้องดำเนินการตามขอบเขตงาน ภายในระยะเวลา 240 วัน

4.2 การส่งมอบงาน

งวดที่ 1 กำหนดส่งมอบงาน ภายใน 20 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การพัฒนาระบบอากาศยานไร้คนขับในรูปแบบขึ้นลงทางดิ่ง (vertical takeoff and landing, VTOL) สำหรับการลาดตระเวนทางอากาศและการสำรวจจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งต้องสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย

1.1) ระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานลาดตระเวนทางอากาศ จำนวน 4 ระบบ

1.2) ระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานถ่ายภาพทางอากาศขนาดเล็ก จำนวน 5 ระบบ

1.3) ระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานถ่ายภาพทางอากาศขนาดกลาง จำนวน 5 ระบบ

1.4.) รายงานเบื้องต้น (Inception report) การออกแบบและการพัฒนาของระบบอากาศยานไร้คนขับในข้อ 1.1) 1.2) และ 1.3)

งวดที่ 2 กำหนดส่งมอบงาน ภายใน 120 วันนับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การสำรวจพื้นที่ การลาดตระเวนทางอากาศ ด้วยระบบอากาศยานไร้คนขับ ครอบคลุมพื้นที่สะสมไม่น้อยกว่า 2,092,797.29 ไร่

2) การจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ ด้วยระบบอากาศยานไร้คนขับ

3) การจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลจากการบินด้วยอากาศยานไร้คนขับ

4) รายงานฉบับสมบูรณ์ การออกแบบและการพัฒนาของระบบอากาศยานไร้คนขับในข้อ 1.1) 1.2) และ 1.3)

งวดที่ 3 กำหนดส่งมอบงาน ภายใน 160 วันนับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การสำรวจพื้นที่ การลาดตระเวนทางอากาศ ด้วยระบบอากาศยานไร้คนขับ ครอบคลุมพื้นที่สะสมไม่น้อยกว่า 2,663,560.20 ไร่

2) การจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ ด้วยระบบอากาศยานไร้คนขับ

3) การจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลจากการบินด้วยอากาศยานไร้คนขับ

งวดที่ 4 กำหนดส่งมอบงาน ภายใน 200 วันนับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การสำรวจพื้นที่ การลาดตระเวนทางอากาศ ด้วยระบบอากาศยานไร้คนขับ ครอบคลุมพื้นที่สะสมไม่น้อยกว่า 2,473,305.89 ไร่

2) การจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ ด้วยระบบอากาศยานไร้คนขับ

3) การจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลจากการบินด้วยอากาศยานไร้คนขับ

งวดที่ 5 กำหนดส่งมอบงาน ภายใน 240 วันนับถัดจากวันลงนามในสัญญา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การสำรวจพื้นที่ การลาดตระเวนทางอากาศ ด้วยระบบอากาศยานไร้คนขับ ครอบคลุมพื้นที่สะสมไม่น้อยกว่า 2,283,051.59 ไร่

2) การจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ ด้วยระบบอากาศยานไร้คนขับ

3) การจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลจากการบินด้วยอากาศยานไร้คนขับ

5. ค่าจ้างและการจ่ายเงิน

ค่าจ้างจะแบ่งออกเป็น 5 งวด ซึ่งแต่ละงวดจะจ่ายให้เมื่อผู้เสนอราคาได้ปฏิบัติงานตามที่กำหนด ดังนี้

งวดที่ 1 ค่าจ้างดำเนินงานเป็นเงินทั้งสิ้น 56,000,000 บาท (ห้าสิบหกล้านบาทถ้วน) ภายใน 30 วันนับถัดจากวันลงนามในสัญญา และคณะกรรมการตรวจรับงานจ้าง ตรวจรับงานงวดที่ 1 เรียบร้อยแล้ว

งวดที่ 2 ค่าจ้างดำเนินงานเป็นเงินทั้งสิ้น 18,132,400 บาท (สิบแปดล้านหนึ่งแสนสามหมื่นสองพันสี่ร้อยบาทถ้วน) ภายใน 90 วันนับถัดจากวันลงนามในสัญญา และคณะกรรมการตรวจรับงานจ้าง ตรวจรับงานงวดที่ 2 เรียบร้อยแล้ว

งวดที่ 3 ค่าจ้างดำเนินงานเป็นเงินทั้งสิ้น 23,078,000 บาท (ยี่สิบสามล้านเจ็ดหมื่นแปดพันบาทถ้วน) ภายใน 140 วันนับถัดจากวันลงนามในสัญญา และคณะกรรมการตรวจรับงานจ้าง ตรวจรับงานงวดที่ 3 เรียบร้อยแล้ว

งวดที่ 4 ค่าจ้างดำเนินงานเป็นเงินทั้งสิ้น 21,427,000 บาท (ยี่สิบเอ็ดล้านสี่แสนสองหมื่นเจ็ดพันบาทถ้วน) ภายใน 180 วันนับถัดจากวันลงนามในสัญญา และคณะกรรมการตรวจรับงานจ้าง ตรวจรับงานงวดที่ 4 เรียบร้อยแล้ว

งวดที่ 5 ค่าจ้างดำเนินงานเป็นเงินทั้งสิ้น 19,784,000 บาท (สิบเก้าล้านเจ็ดแสนแปดหมื่นสี่พันบาทถ้วน) ภายใน 210 วันนับถัดจากวันลงนามในสัญญา และคณะกรรมการตรวจรับงานจ้าง ตรวจรับงานงวดที่ 5 เรียบร้อยแล้ว

6. วงเงินในการจัดหางาน

งบประมาณในการจ้างจำนวน 138,421,400 บาท (หนึ่งร้อยสามสิบแปดล้านสี่แสนสองหมื่นหนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

7. อัตราค่าปรับ

กรณีที่ ผู้รับจ้างไม่สามารถทำงานให้แล้วเสร็จตามสัญญา โดยไม่มีเหตุผลอันควร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังสงวนสิทธิ์ในการบอกเลิกสัญญา และทำการคิดค่าปรับตามจำนวนวันที่เหลือตามสัญญา ในอัตราร้อยละ 0.10 ของราคางานจ้าง

8. การรับประกัน

8.1 การรับประกันเครื่องมืออุปกรณ์ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 2 ปี ลักษณะ On-site Service นับถัดจากวันส่งงานงวดที่ 1

8.2 หนังสือคู่มือการใช้งานและรายการอะไหล่ที่สมบูรณ์ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จำนวน3ชุด

9. หลักเกณฑ์การพิจารณาการจัดจ้าง การพิจารณาข้อเสนอจะดำเนินการโดยคณะกรรมการจัดจ้าง ดังนี้

9.1 คณะกรรมการจะพิจารณาคุณสมบัติของผู้ยื่นเสนอราคา หากคุณสมบัติไม่เป็นไปตามระเบียบสถาบันที่กำหนดไว้ คณะกรรมการฯ จะไม่พิจารณาคุณสมบัติราคา

9.2 คณะกรรมการจะพิจารณาคุณสมบัติของผู้เสนอราคา โดยใช้เกณฑ์คะแนนตามข้อพิจารณา คะแนนเต็ม 100 คะแนน ดังนี้

ลำดับ	ข้อพิจารณา	100 คะแนน
1	แผนการดำเนินงาน	10 คะแนน
2	เทคโนโลยีของอากาศยานไร้คนขับและระบบถ่ายภาพที่นำมาพัฒนา	30 คะแนน
3	แนวทางการดำเนินการเก็บภาพถ่ายทางอากาศและการประมวลผลภาพ	30 คะแนน
4	ผลงาน ประสบการณ์	10 คะแนน
5	ราคาที่เสนอ	20 คะแนน

(เอกสารแนบ 1)

ตารางแสดงพื้นที่เป้าหมายในการบริหารจัดการ

ลำดับ / จังหวัด	ชื่อพื้นที่ป่า และพื้นที่เชื่อมโยง	จำนวนพื้นที่เป้าหมาย ในการบริหารจัดการ โดยประมาณ (ไร่)
1. เพชรบุรี/ประจวบคีรีขันธ์	อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน	1,821,687.84
2. ปราจีนบุรี/นครราชสีมา/สระบุรี/นครนายก	อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่	1,353,471.53
3. ปราจีนบุรี/นครราชสีมา	อุทยานแห่งชาติทับลาน	1,397,375.00
4. เชียงใหม่	อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์	301,184.05
5. เชียงใหม่	อุทยานแห่งชาติศรีลานนา	878,750.00
6. เชียงใหม่	อุทยานแห่งชาติดอยผ้าห่มปก	327,500.00
7. เชียงใหม่/แม่ฮ่องสอน	อุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง	782,575.00
8. น่าน	อุทยานแห่งชาติดอยภูคา	1,065,000.00
9. น่าน	อุทยานแห่งชาติขุนน่าน	301,184.05
10. น่าน	อุทยานแห่งชาติศรีน่าน	640,237.50
11. ฉะเชิงเทรา/สระแก้ว/จันทบุรี/ระยอง/ชลบุรี	เขตรักษาพันธ์สัตว์ป่าอ่างฤไน	643,750.00
12. กรุงเทพ	ส่วนกลาง	แสดงผลจาก 11 พื้นที่
	รวม	9,512,714.97