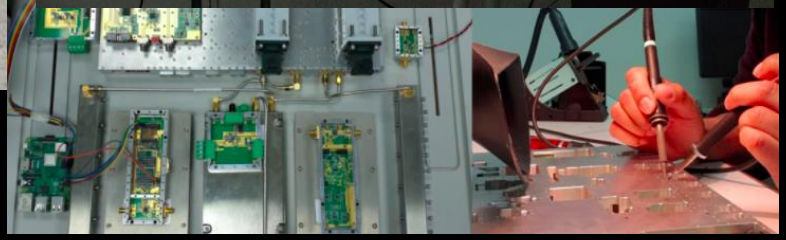
การดำเนินงานการสร้างและพัฒนาดาวเทียม TSC-1 ภายใต้ภาคีความร่วมมืออวกาศไทย (Thai Space Consortium)

Phongsakorn Meemak
Email. phongsakorn@narit.or.th
Thai Space Consortium Division,
National Astronomical Research Institute of Thailand
(Public Organization)
260, Don-Kaew, Mae-Rim, Chiang-Mai, THAILAND
Date: 30th September 2023

TSC

Thai Space Consortium

เพื่อเป้าหมายสู่การสร้างเทคโนโลยีอวกาศ ด้วยตัวเองเพื่อความยั่งยืนในอนาคต



Thai Space Consortium

ศักยภาพผลักดันการพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศหน่วยงานภายใต้กระทรวง อว.

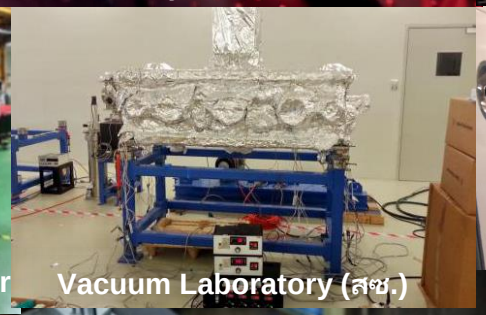
พร้อมยกระดับสู่การออกแบบและสร้างดาวเทียมในประเทศ

ห้องปฏิบัติการทัศนศาสตร์ชั้นสูง (สดร.)

ศูนย์ประกอบและทดสอบดาวเทียม (สทอภ. แล้วเสร็จ 2564)

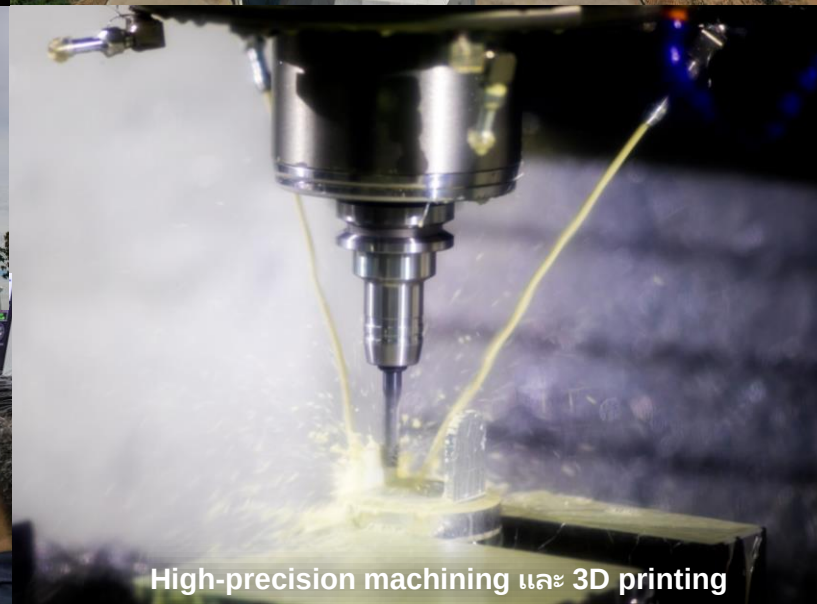
จานรับสัญญาณเพื่อ Deep Space Network (สดร. จ.เชียงใหม่)

Thermal Vacuum Chamber


Vacuum Laboratory (สซ.)

Clean room (สทอภ. และ สดร.)

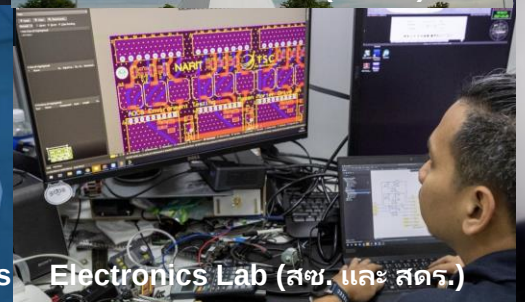
สถานีภาคพื้นดิน (สทอภ.)


High-precision machining และ 3D printing

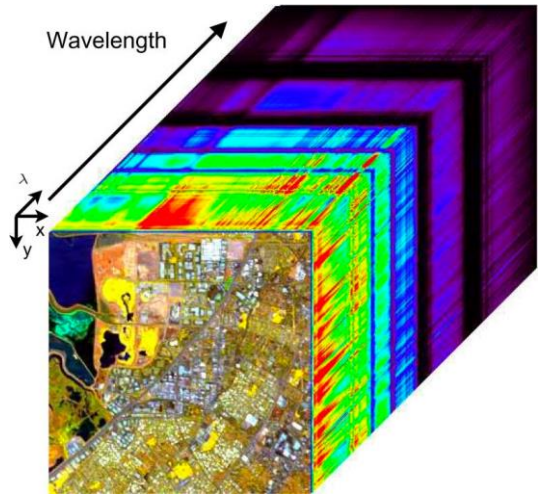
Ultra High-Vacuum Welding

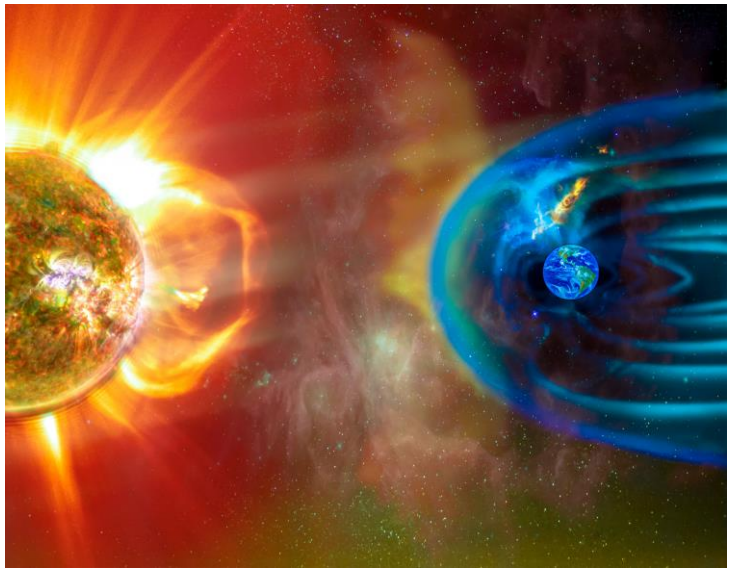
Ultra High-Vacuum Parts (สซ.)

High Performance Computers

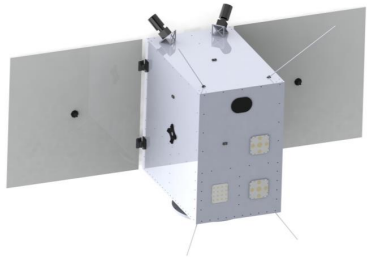

Electronics Lab (สซ. และ สดร.)

TSC-1 Satellite





TSC-1 Satellite



มวลดาวเทียม: น้อยกว่า100 กิโลกรัม

วงโคจร: Sun-Synchronous Orbit ความสูง 500-600 กิโลเมตร

อุปกรณ์วิจัยหลัก: Hyperspectral Imager ความละเอียดภาคพื้น 30 เมตร ครอบคลุมความยาวคลื่น VIS

อุปกรณ์วิจัยรอง: อุปกรณ์สำรวจสภาพอวกาศ (Space Weather)

ผู้ออกแบบและผลิต: ภาคีความร่วมมืออวกาศไทย

ศูนย์ควบคุมและปฏิบัติการภาคพื้น: GISTDA และ NARIT

งบประมาณรวม: 891 ล้านบาท (ปีงบประมาณ 2565-2569)

กำหนดส่งขึ้นสู่อวกาศ: 2569

Hyperspectral Imager บันทึกสเปกตรัมในทุกตำแหน่งของภาพ ให้ข้อมูลทั้งภาพและสเปกตรัมพร้อมกันในบริเวณกว้าง

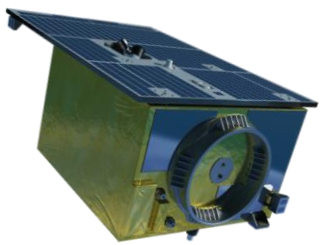
ความจำเป็นเร่งด่วนในการยกระดับศักยภาพอวกาศในประเทศหลังวิกฤติ COVID-19

โอกาสใหม่ของอุตสาหกรรมไทยจากเทคโนโลยีอวกาศ

โอกาสใหม่ที่ต้นน้ำ: ศักยภาพของภาคอุตสาหกรรมไทยในการเป็นผู้ส่งออกเทคโนโลยีอวกาศ

ตัวอย่างหนึ่งของเทคโนโลยีพลอยได้จากโครงการนี้ คือ ระบบสำรวจครบวงจรด้วย Hyperspectral Sensing ซึ่งไม่ได้จำกัดอยู่แต่จากดาวเทียม แต่รวมถึงระบบสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (เช่น UAV หรือ drone) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคโนโลยี AI การควบรวมครบวงจรของ Hyperspectral Sensing และ AI นี้เป็นหัวข้อที่มีการทำวิจัยแพร่หลาย แต่ยังไม่ปรากฏผลิตภัณฑ์ในตลาด

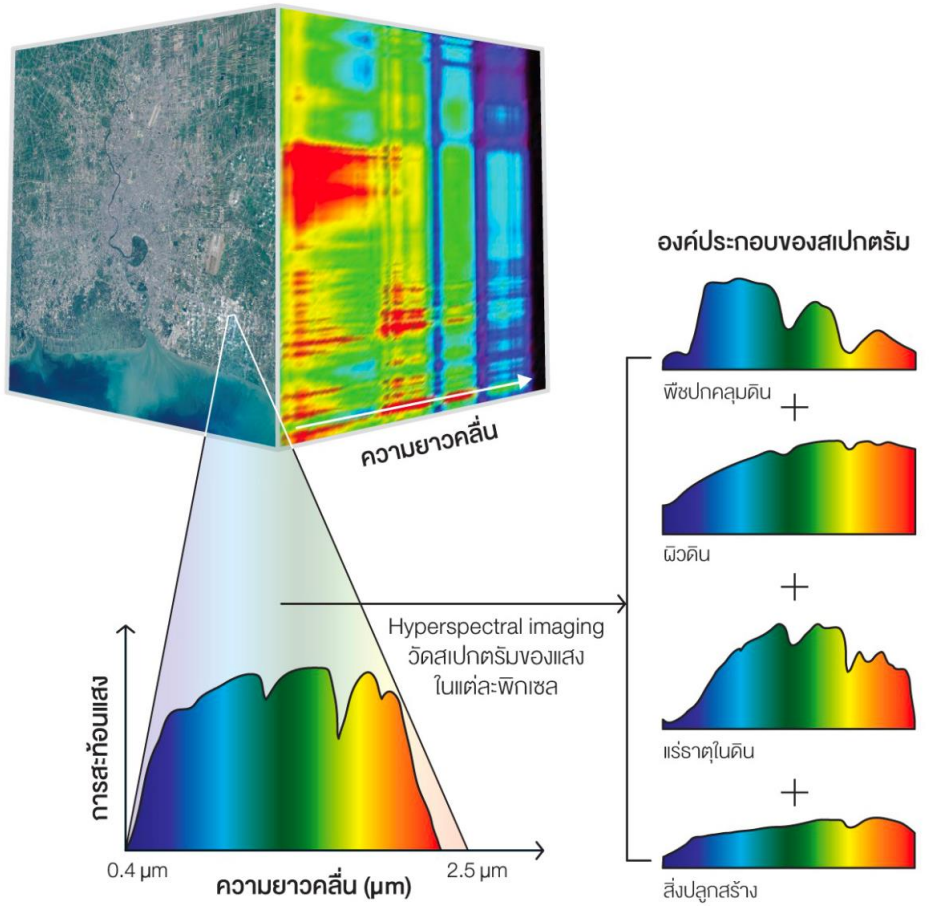
อุตสาหกรรม Hyperspectral Imaging จะมีมูลค่ารวมทั่วโลกประมาณ 6 แสนล้านบาทในทศวรรษ 2030 และไทยมีศักยภาพที่จะยกระดับเป็นผู้ส่งออกเทคโนโลยีอวกาศแข่งขันในตลาดนี้



EnMAP (ภาพจาก)

PRISMA (ภาพจาก)

Hyperspectral Drone



Hyperspectral Imaging บันทึกภาพและข้อมูลสเปกตรัมของทุกพื้นที่สำรวจ ให้ข้อมูลเชิงลึกกว่าภาพถ่ายดาวเทียมในปัจจุบัน

Note: market size based on current industry estimate (https://www.photonics.com/Articles/Hyperspectral_Imaging_Finds_Its_Niche/a65242) assuming 7% CAGR during 2020-2030.

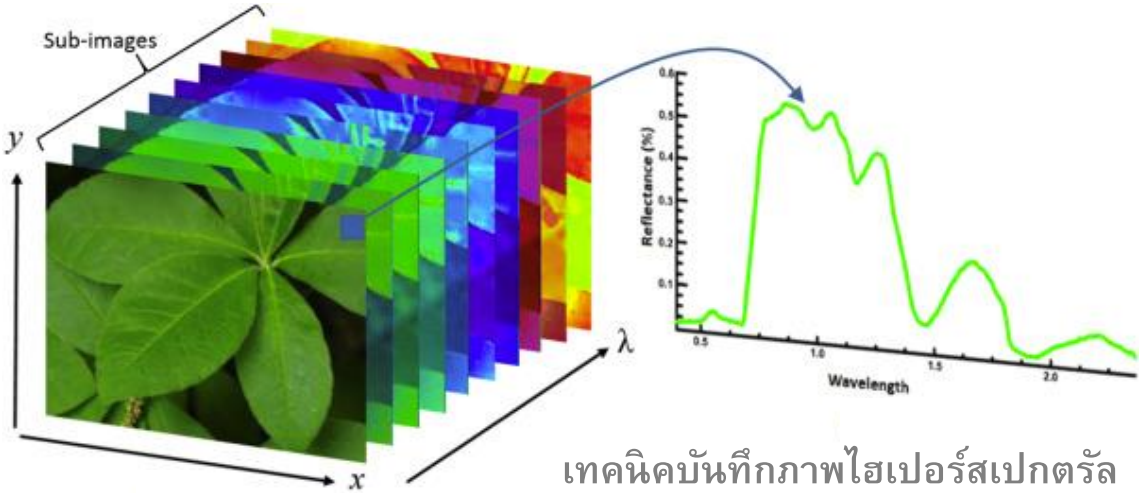
ความจำเป็นเร่งด่วนในการยกระดับศักยภาพอวกาศในประเทศหลังวิกฤติ COVID-19

โอกาสใหม่ของการเกษตรไทยจากเทคโนโลยีอวกาศ

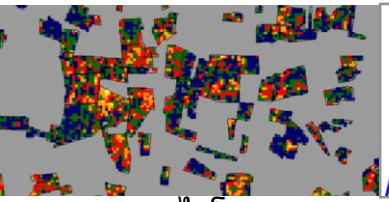
โอกาสใหม่ที่ปลายน้ำ: เกษตรแม่นยำทั่วไทยด้วย AI

โครงการภาคีความร่วมมืออวกาศไทย มุ่งบุกเบิกการใช้ Hyperspectral Imaging เพื่อสนับสนุนการเกษตรแม่นยำ ด้วยข้อมูลเชิงลึกกว่าภาพถ่ายดาวเทียมในอดีต ทำให้สามารถวิเคราะห์การเติบโต การขาดน้ำและสารอาหาร โรคพืช ในพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ บริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ สนับสนุนนโยบายคุณภาพอากาศ ฯลฯ ทั่วประเทศจากระยะไกลโดยอัตโนมัติ

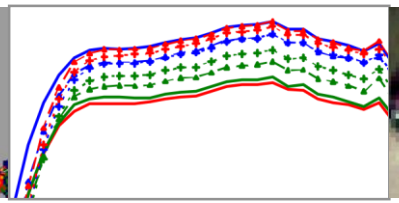
เทคโนโลยีสารสนเทศที่ขับเคลื่อนโดย AI จะเป็นรากฐานของการเกษตรอัจฉริยะ เพิ่มผลผลิตของพืชเศรษฐกิจต่อไร่ ทำนายผลการผลิตล่วงหน้า และสร้างการเติบโตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



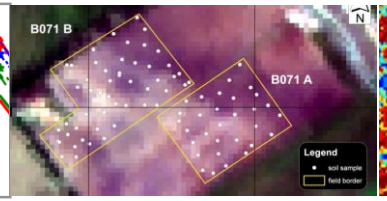
เทคนิคบันทึกภาพไฮเปอร์สเปกตรัล
ให้ข้อมูลสเปกตรัมของทุกพื้นที่สำรวจ
เป็นข้อมูลเชิงลึกทางการเกษตร ดังตัวอย่างจากงานวิจัย:



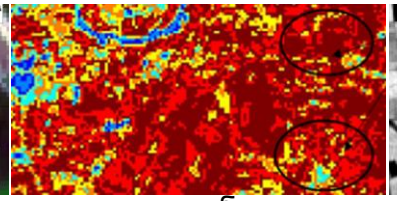
ปริมาณไนโตรเจนในไร่อ้อย



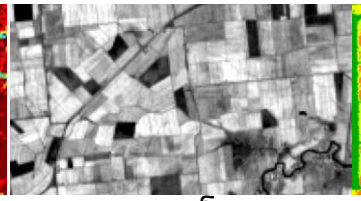
การจำแนกชนิดวัชพืชโดยอัตโนมัติในไร่ข้าวโพด



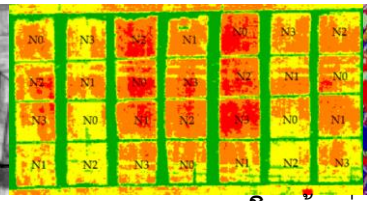
ลักษณะดิน



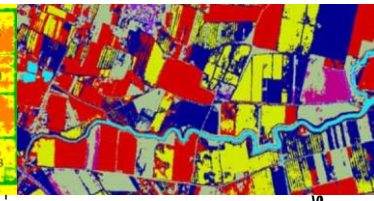
ปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในต้นข้าว



การตรวจหาโรคราสนิมในไร่อ้อยก่อนลุกลาม



ปริมาณชีวมวลในพื้นที่เพาะปลูก



การจำแนกชนิดพืชไร่และวัชพืชโดยอัตโนมัติ

Miphokasap & Wannasiri "Estimations of Nitrogen Concentration in Sugarcane Using Hyperspectral Imagery", Sustainability 2018, 10, 1266; Karimi et al. (2005) "Classification accuracy of discriminant analysis, artificial neural networks, and decision trees for weed and nitrogen stress detection in corn", Transactions of the ASAE, Vol. 48(3): 1261−1268; Casa et al. "A comparison of sensor resolution and calibration strategies for soil texture estimation from hyperspectral remote sensing", Geoderma 197–198 (2013) 17–26; Moharana & Dutta "Spatial variability of chlorophyll and nitrogen content of rice from hyperspectral imagery", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 122 (2016) 17–29; Apan et al. (2004) "Detecting sugarcane 'orange rust' disease using EO-1 Hyperion hyperspectral imagery" International Journal of Remote Sensing, 25:2, 489-498; Yue et al. (2017) "Estimation of Winter Wheat Above-Ground Biomass Using Unmanned Aerial Vehicle-Based Snapshot Hyperspectral Sensor and Crop Height Improved Models", Remote Sens. 2017, 9, 708; Amato et al. (2013) "Statistical Classification for Assessing PRISMA Hyperspectral Potential for Agricultural Land Use", IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Volume: 6, Issue: 2

ระบบนิเวศอวกาศและบทบาทในการปฏิรูปศักยภาพการแข่งขันไทยหลังวิกฤติ COVID-19

โอกาสเพิ่มมูลค่าอุตสาหกรรมไทยจากเทคโนโลยีอวกาศ

โอกาสทางธุรกิจใหม่ทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการลงทุนด้านอวกาศในบริบทไทย

ยกระดับศักยภาพทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และกำลังคนเพื่อสนับสนุน EEC

กิจกรรมอวกาศ

- การออกแบบและสร้างดาวเทียม
- การออกแบบและสร้างกล้อง **Remote Sensing**
- การผลิตระบบย่อยและอุปกรณ์สำหรับวัตถุอวกาศ
- การผลิตระบบสื่อสารและควบคุม
- การประกอบและทดสอบดาวเทียม

ผลประโยชน์ต่อกิจกรรมของ EEC

- หุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ
- อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ
- ยานยนต์แห่งอนาคต
- การบิน อากาศยาน การขนส่ง
- ความมั่นคง

- การวิเคราะห์ข้อมูล **Remote Sensing**
- การประมวลผลข้อมูลดาวเทียมด้วย **AI**
- การวิเคราะห์พืชเศรษฐกิจและสิ่งปกคลุมดิน
- การป้องกันภัยธรรมชาติ
- การสื่อสารและนำร่องด้วยดาวเทียม

- การเกษตรแม่นยำ
- ดิจิทัล
- การศึกษาและพัฒนาทรัพยากรมนุษย์

ความจำเป็นเร่งด่วนในการยกระดับศักยภาพอวกาศในประเทศหลังวิกฤติ COVID-19

โอกาสเพิ่มมูลค่าอุตสาหกรรมไทยจากเทคโนโลยีอวกาศ

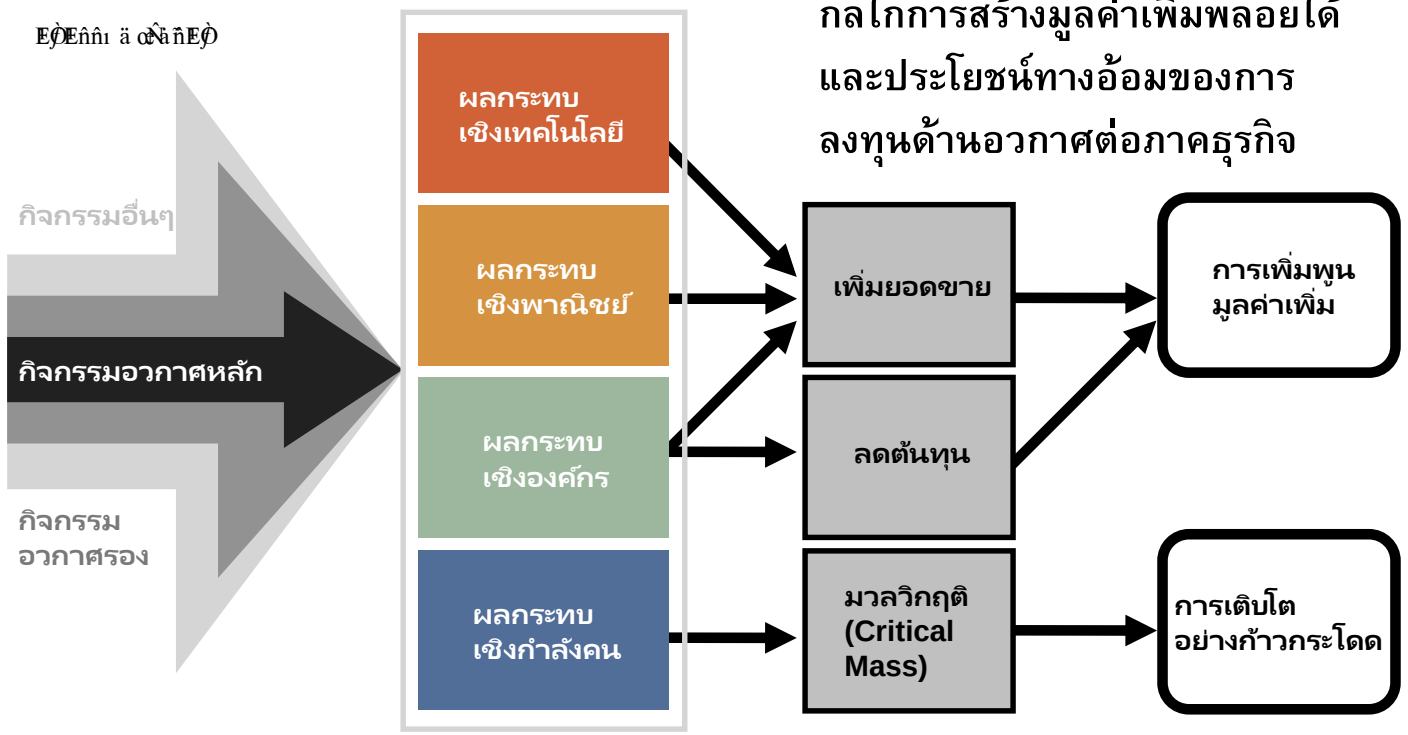
อุตสาหกรรมอวกาศก่อมูลค่าเพิ่มพลอยได้ (spin-off value) 3-5 เท่าของเม็ดเงินลงทุน
ผลกระทบเชิงบวก 4 ด้าน คือ เชิงเทคโนโลยี เชิงพาณิชย์ เชิงองค์กร และเชิงกำลังคน

ผลกระทบเชิงเทคโนโลยี: การถ่ายทอดเทคโนโลยี ยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์เดิม พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

ผลกระทบเชิงพาณิชย์: การสร้างเครือข่ายในหมู่ผู้ผลิตเทคโนโลยีอวกาศ ชื่อเสียงในฐานะผู้ผลิตเทคโนโลยีอวกาศขั้นสูง

ผลกระทบเชิงองค์กร: ยกระดับองค์ความรู้ภายในองค์กร (know-how) กระบวนการผลิต ควบคุมคุณภาพ ตรวจสอบวัดผล และการบริหารจัดการ

ผลกระทบเชิงกำลังคน: กิจกรรมอวกาศส่งผลให้ยกระดับทักษะและความรู้ขั้นสูงของวิศวกร ผู้เชี่ยวชาญ ช่างเทคนิคที่เมื่อเกิด critical mass จะสามารถผลักดันการเติบโตอย่างก้าวกระโดด



กลไกการสร้างมูลค่าเพิ่มพลอยได้และประโยชน์ทางอ้อมของการลงทุนด้านอวกาศต่อภาคธุรกิจ

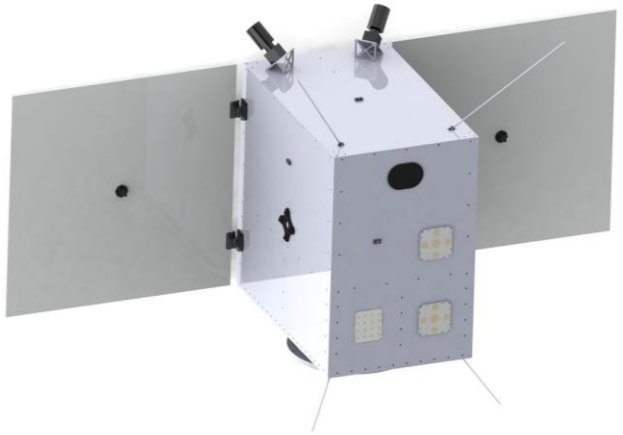
Based on Eerme, Indirect industrial effects from space investments, Space Policy 38 (2016) 12-21; Cohendet, Evaluating the indirect effects of technology programmes: the case of the European Space Agency (ESA) Programmes, in: Proceedings of the OECD Conference on Policy Evaluation in Innovation and Technology, 1997, pp. 189-223. OECD (2019), The Space Economy in Figures: How Space Contributes to the Global Economy, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/c5996201-en.

TSC-1 Satellite

Hyperspectral imaging for
earth observation & space weather

KMUTNB

Dr. Phongsatorn
Project Manager



NARIT

Phongsakorn
Deputy Project Manager

- Micro satellite mass ~100 kg
- SSO orbit at 500 - 600 km
- Main payload : Hyperspectral Imaging Camera 30 m GSD
- Secondary payload : Space Weather
- Manufacture Integration and Testing in Thailand
- Ground station at NARIT and GISTDA
- Downlink: X-band (8.0-8.4 GHz), S-band (2.2 - 2.29 GHz), UHF (435 - 438 MHz)
- Uplink: S-band (2.2-2.29 GHz), VHF (145 - 148 MHz)

Anuphong STR&Thermal	Nipitchon EPS	Noppakao C&DH	Sathit COMMU	KMUTNB Team ADCS	Technical Advisory Team HSI Payload	MU SW Payload	Project Coordinator - Dr. Supererk - Pareploy - Narathip Procurement Engineer - Chitlada

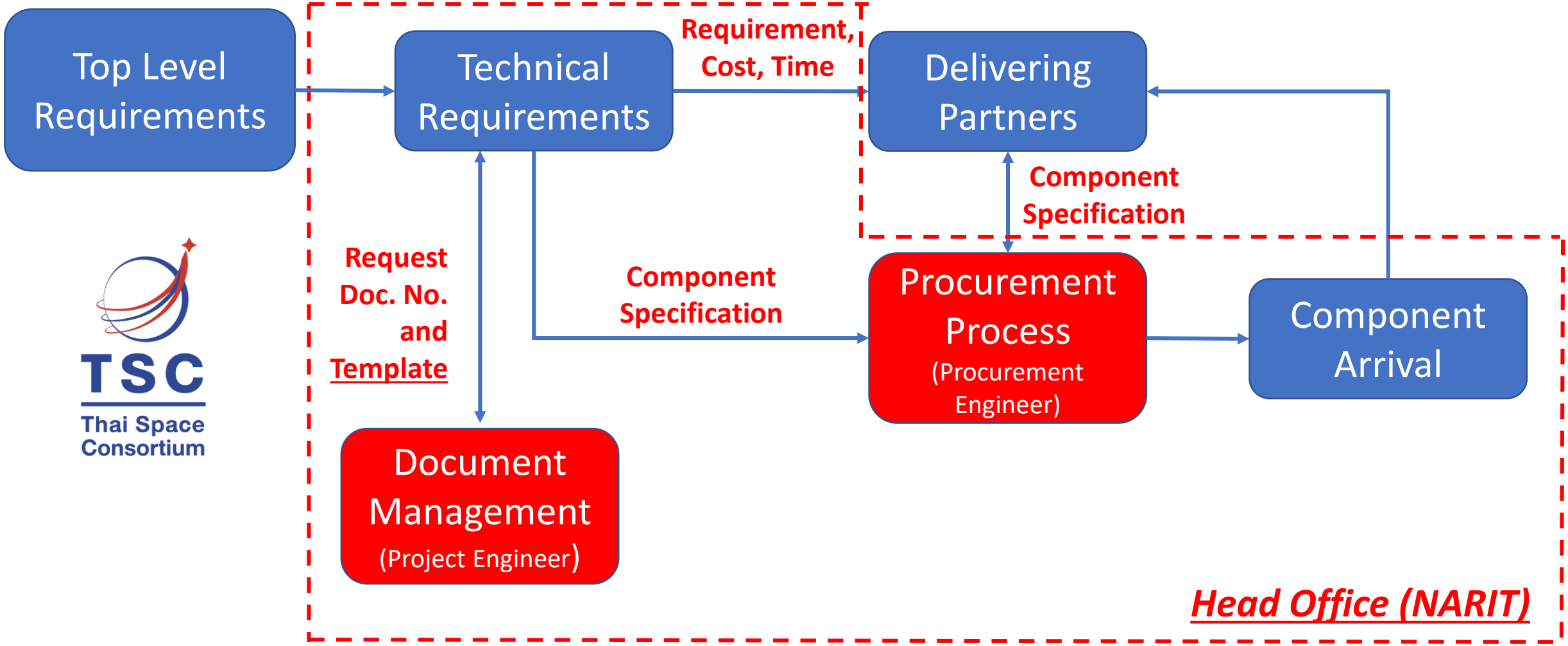
Prince of Songkla University

NARIT

NARIT

กระบวนการจัดการโครงการภายใต้ภาคีความร่วมมืออวกาศไทย

การจัดการแบบรวมศูนย์ภายใต้ข้อจำกัดของการจัดซื้อภาครัฐ



TSC
Thai Space Consortium

*Procurement Process can be done within **2 weeks.**

ความร่วมมือกันภายในภาคีเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงภายในประเทศ

Delivering Partner and Contribution

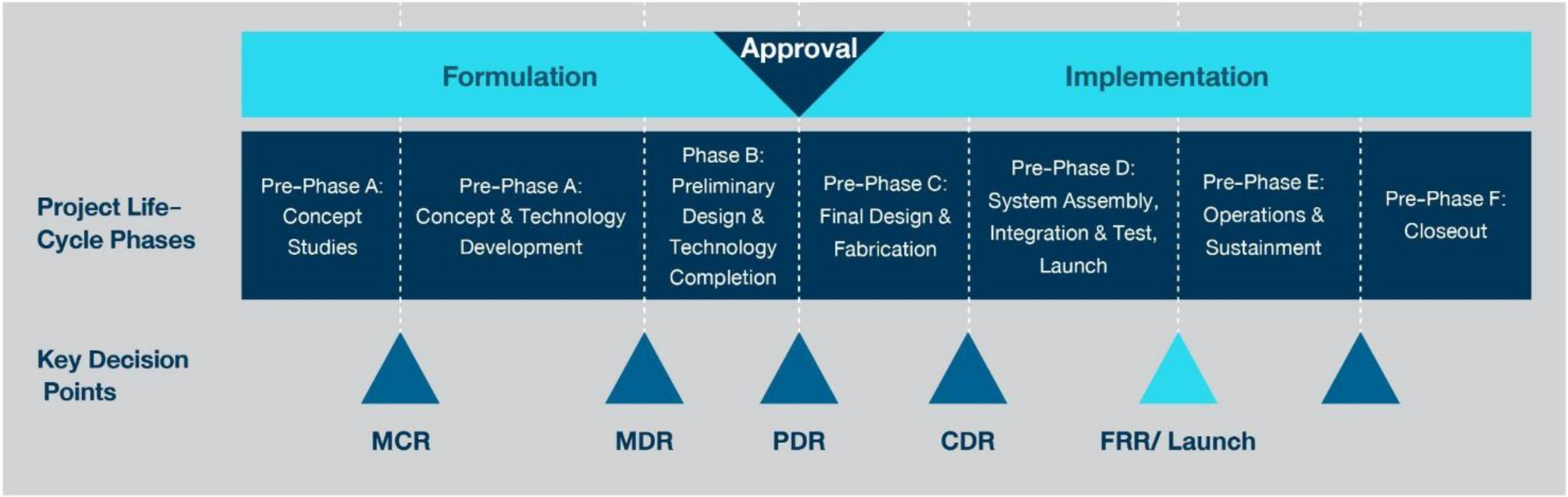
Subsystem	Responsible Party	Action Plan
Hyperspectral Imaging Payload	NARIT, Prince of Songkla University	• In-house Development
Space Weather Payload	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, NARIT	• In-house Development
On-board Computer	NARIT, GISTDA	• In-house Development
Electrical Power System	NARIT, ENTEC a member of NSTDA, GISTDA	• In-house Development

ความร่วมมือกันภายในภาคีเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงภายในประเทศ

Delivering Partner and Contribution

Subsystem	Responsible Party	Action Plan
Communication System	NARIT	• Commercial Parts • RF Integrator
Attitude Determination and Control System	KMUTNB INVENTION TO INNOVATION, NARIT	• ADCS Main OBC In-house Development • Actuator and Sensor based on Commercial Parts
Structure and Thermal	NARIT, MTEC a member of NSTDA	• In-house Development • Separation System and Honeycomb based on Commercial Supplier

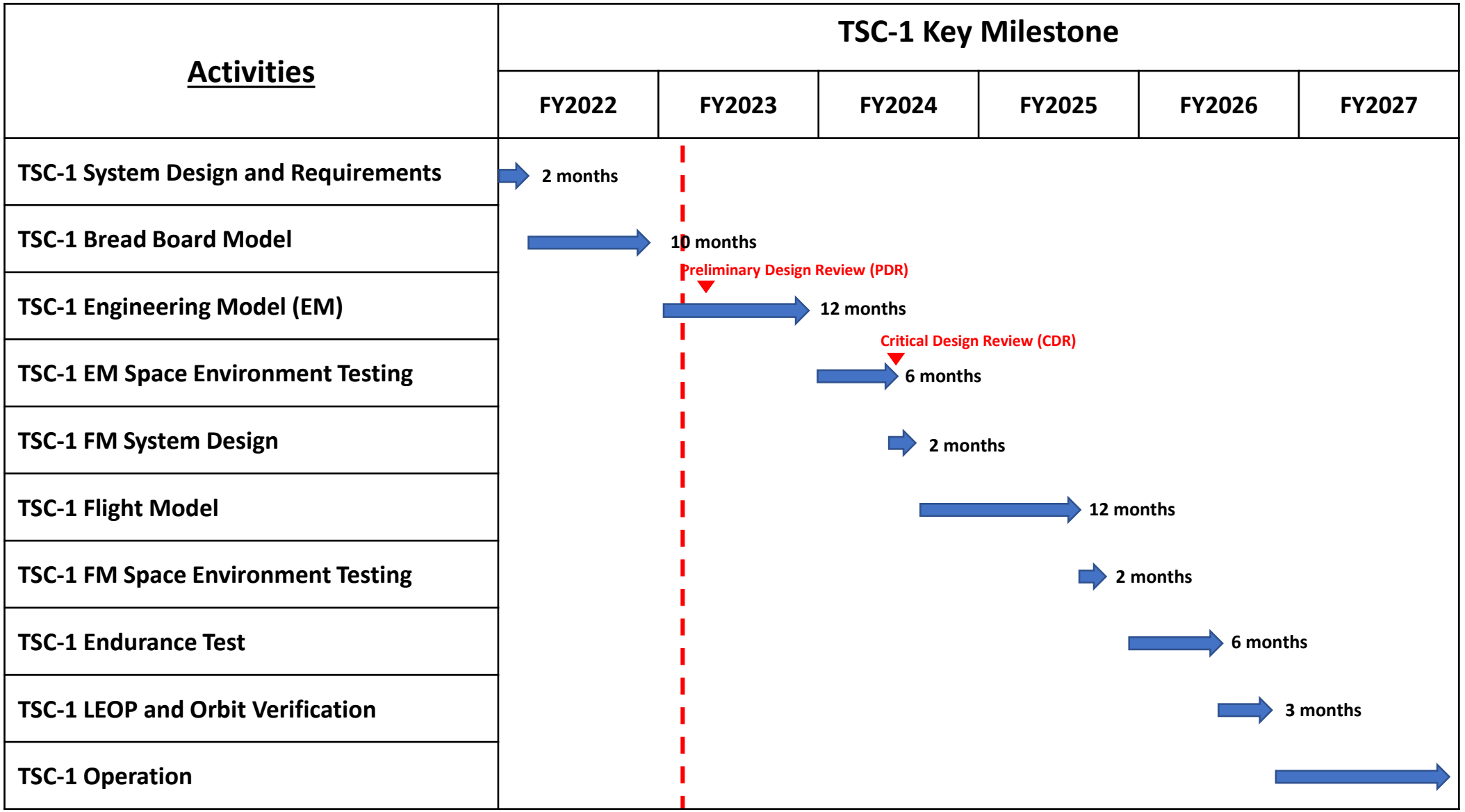
TSC-1 Phased Project Planning (PPP)



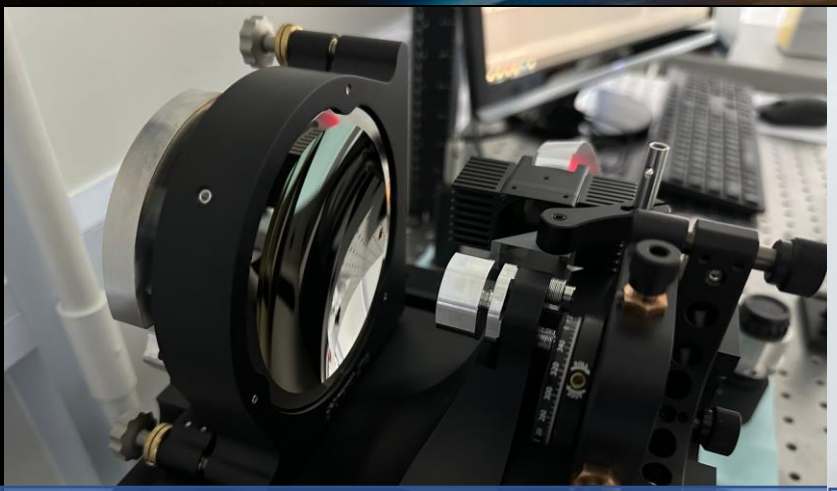
- **MCR** Mission Concept Review
- **MDR** Mission Definition Review
- **PDR** Preliminary Design Review
- **CDR** Critical Design Review
- **FRR** Flight Readiness Review

ในแต่ละ Key Definition Point โครงการจะถูกประเมิน และได้รับการอนุมัติจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์จากทั้งในและต่างประเทศ เพื่อดำเนินการต่อใน Phase ต่อไป

แผนการดำเนินงานตลอดโครงการระหว่างปี 2565 - 2570

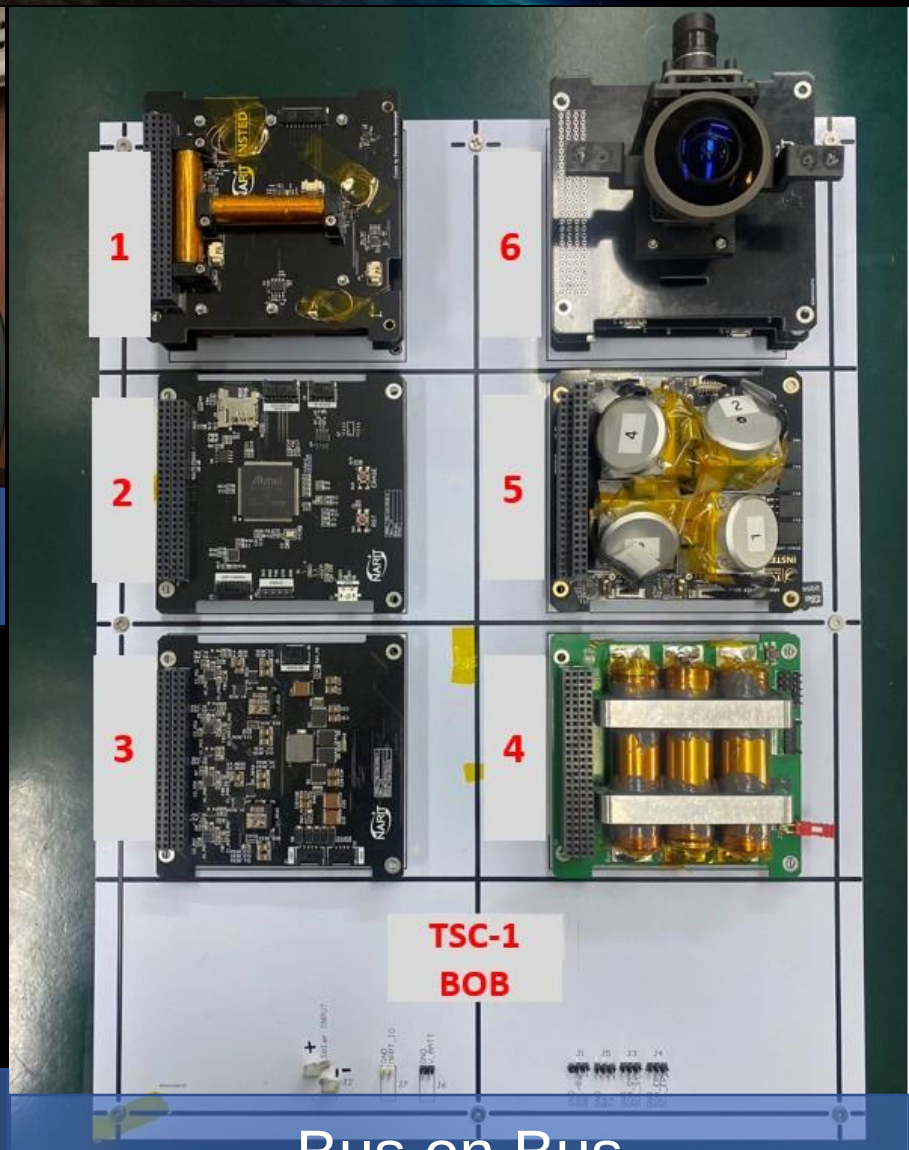


ตัวอย่างผลผลิตของโครงการระหว่างปี 2565 - 2566

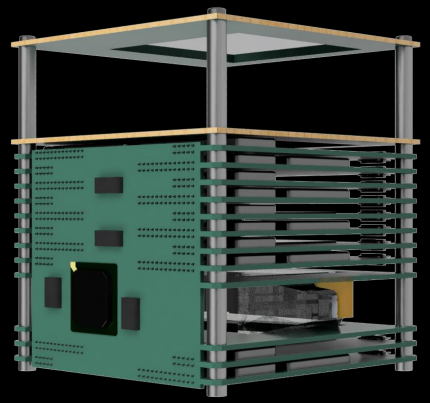


Hyperspectral Imaging Payload
(Model: Offner Spectrograph

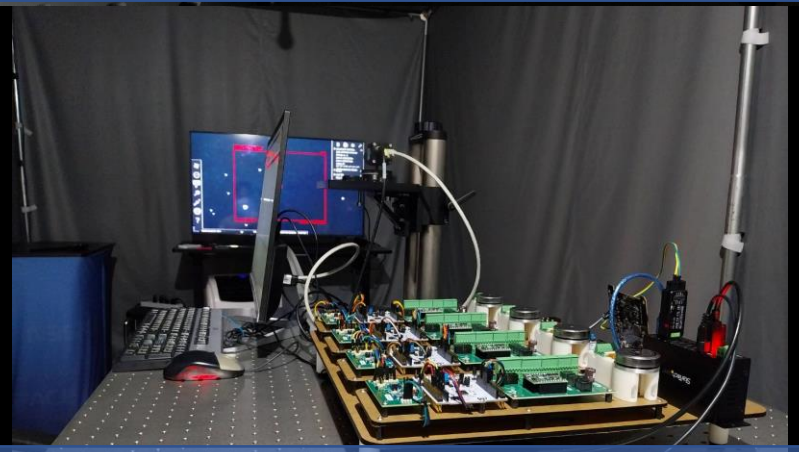
Hyperspectral Imaging Payload
(Model: Grism Spectrograph



Bus on Bus



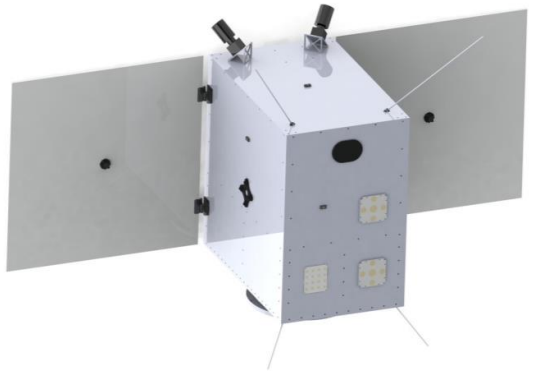
Space Weather Payload



Hardware In Loop (HIL)
developed by KMUTNB

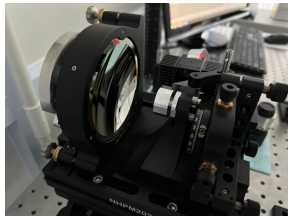
ผลกระทบต่อด้านการวิจัย อุตสาหกรรม หรือในกลุ่มอื่น ๆ
ด้านการวิจัย

ใช้โจทย์ในระบบย่อยในดาวเทียมต่อยอดและผลักดันงานวิจัยสู่การพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ

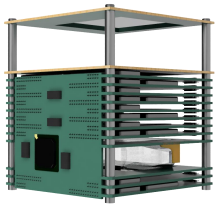


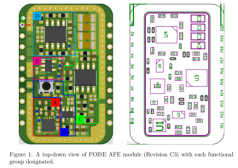
TSC-1 Scientific Satellite

NARIT Prince of Songkla University

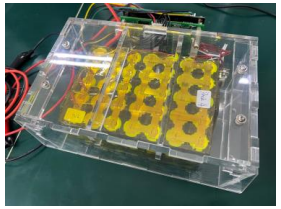


NARIT

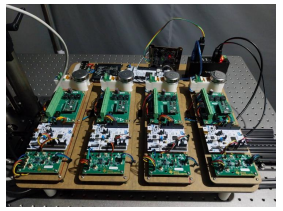




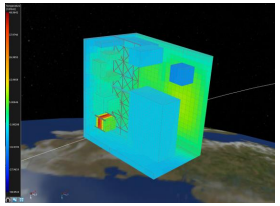
NARIT ENTEC a member of NSTDA



KMUTNB INVENTION TO INNOVATION NARIT



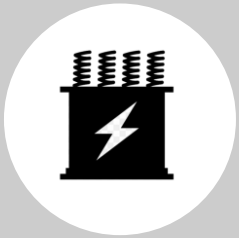
NARIT MTEC a member of NSTDA



ผลกระทบต่อด้านการวิจัย อุตสาหกรรม บุคลากร หรือในกลุ่มอื่น ๆ
ด้านบุคคลากร

Payload

7



Electrical Power System

10

Thermal Control

2

Communications

3

Thai's Youth

> 500

Structure

3

ADCS

5

Software Dev.

2

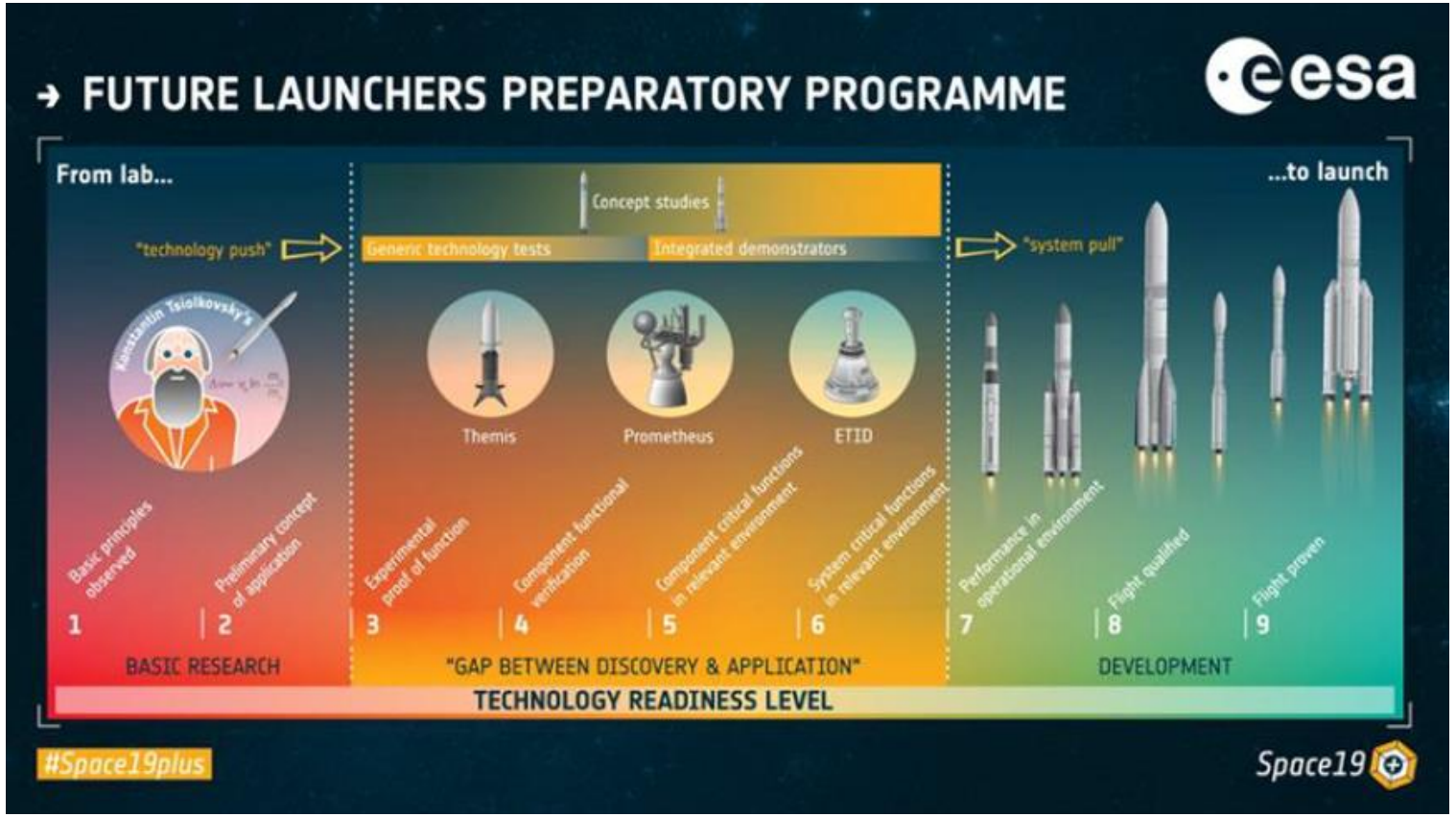
AIT

1

Management

5

ผลกระทบต่อด้านการวิจัย อุตสาหกรรม บุคลากร หรือในกลุ่มอื่น ๆ
ด้านเศรษฐกิจ



*ณ ปัจจุบันทางโครงการดาวเทียม **TSC-1** อยู่ ณ **TRL level 4**

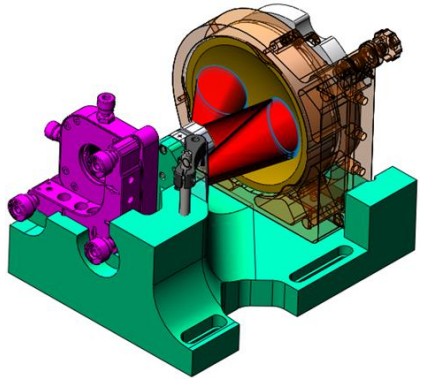
TRIS CORP

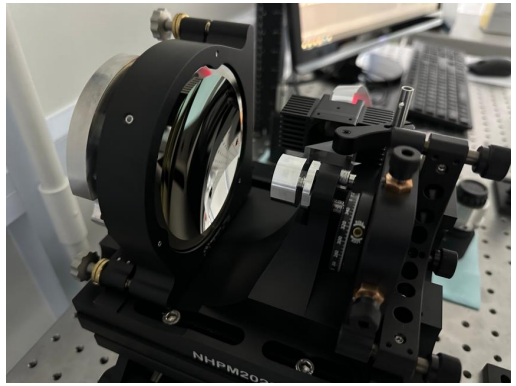
จากความร่วมมือกับ **TRIS** ได้ประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจในระหว่างเดือนตุลาคม **2565 – สิงหาคม 2566** ที่ทางโครงการดาวเทียม **TSC-1** ได้มีการดำเนินการทั้งสิ้น **457,952,715** ล้านบาท จากเงินลงทุน **36,494,902** ล้านบาท คิดมูลค่าทางเศรษฐกิจเป็น **12.5** เท่าจากเงินลงทุน

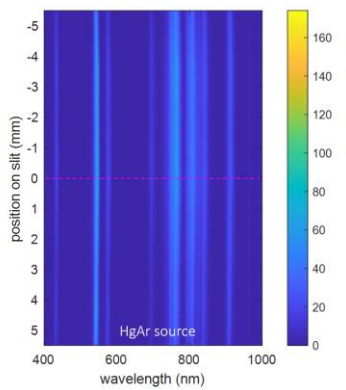
*คิดผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อเนื่อง **10** ปี

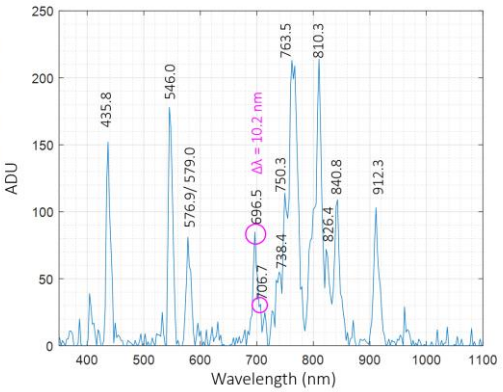
Hyperspectral Imaging Payload

กล้องไฮเปอร์สเปกตรัมที่ใช้สเปกโทรกราฟแบบออฟเนอร์ (Offner Spectrograph)

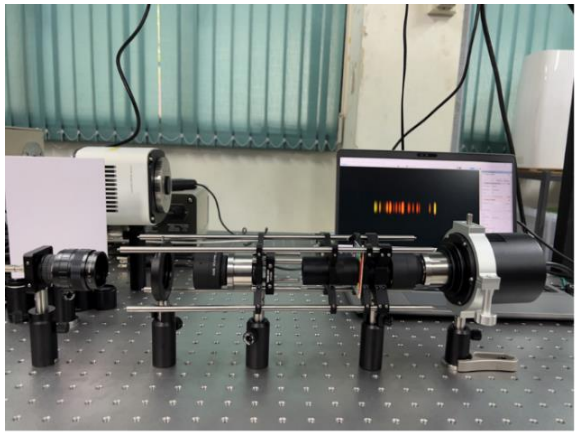


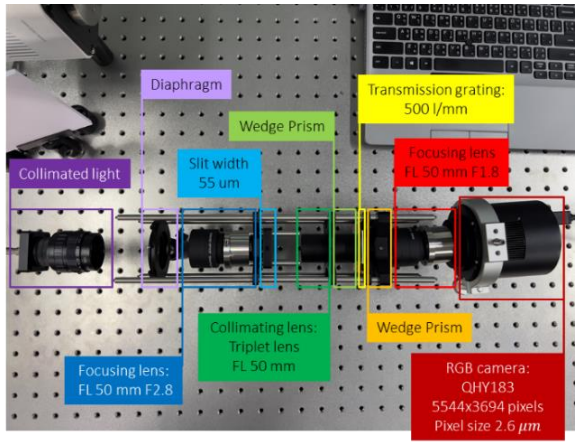




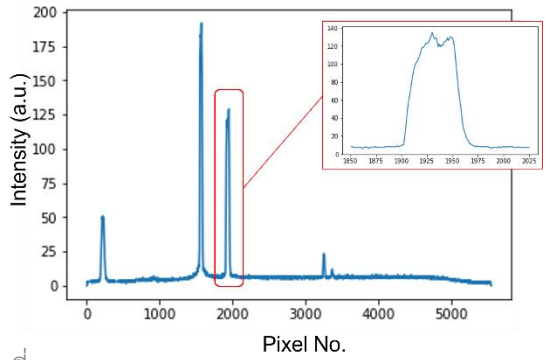


กล้องไฮเปอร์สเปกตรัมที่ใช้สเปกโทรกราฟแบบกริสซึม (Grism Spectrograph)





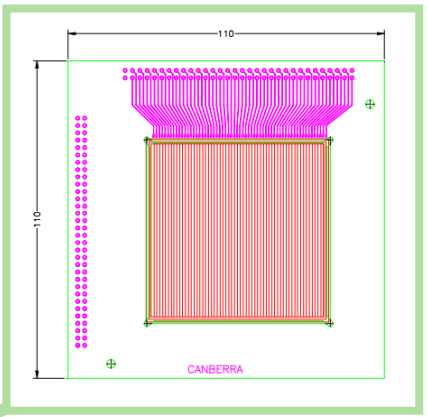
❑ Mercury-Argon

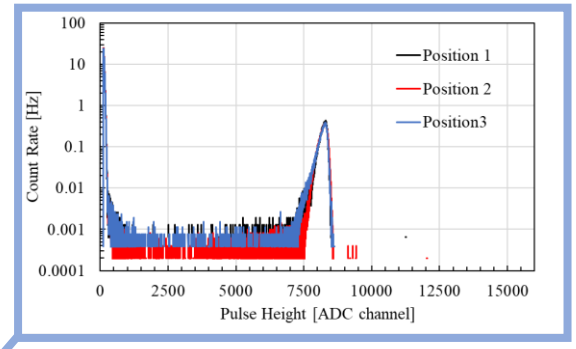


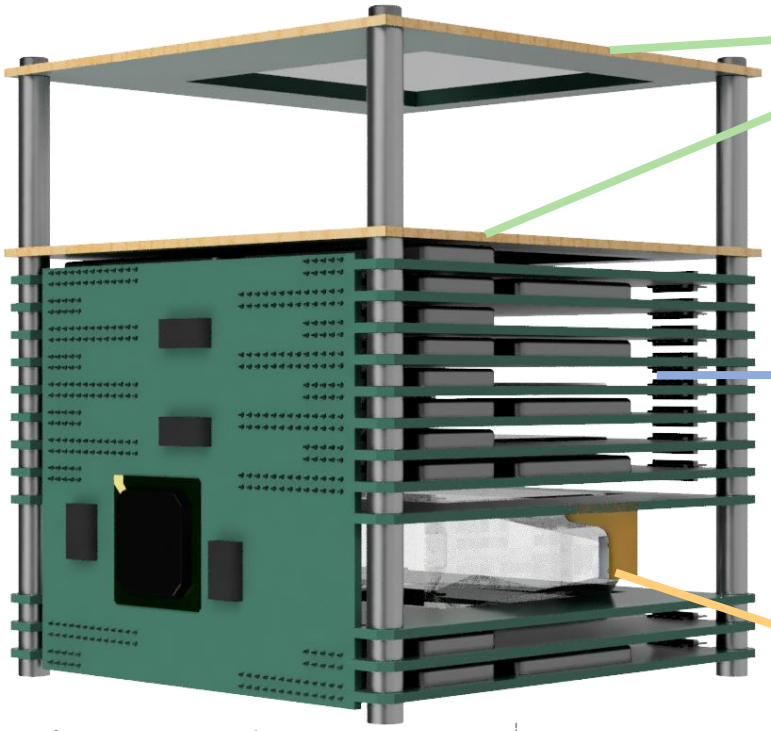
เอกสารอ้างอิง: เอกสารภายในโครงการ TSC-1 เลขที่ TSC01-H-RPT-001_QA.1 [ที่ตั้ง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติและมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ บันทึกภาพ ณ วันที่ 24 ส.ค. 66]

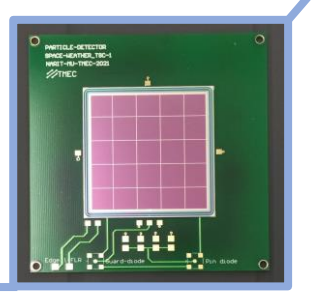
Space Weather Payload

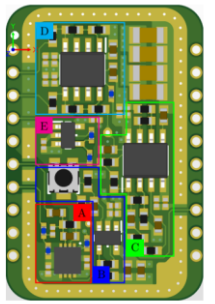
•**TSC-1 Plan:**
Detection of radiation belt & solar energetic ions of various elements, providing warning of space weather effects and determining charge states via deflection in Earth's magnetic field (~10 MeV/n)











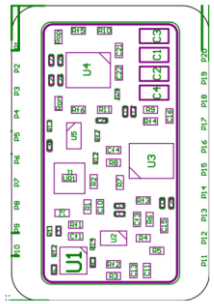
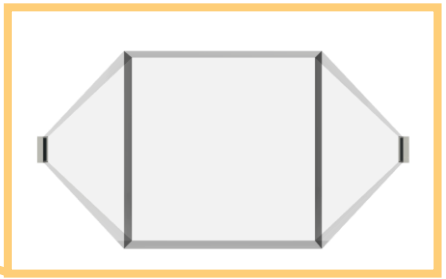


Figure 1: A top-down view of POISE AFE module (Revision C3) with each functional group designated.



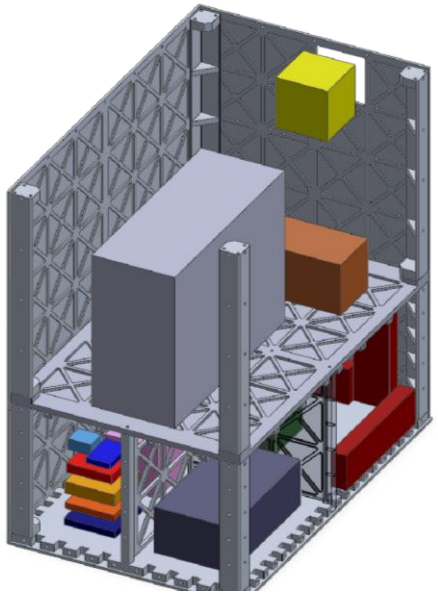
POISE Analog Front-End module :
- charge sensitive pre-amplifier (CSP) (A),
- first-order active high pass filter (B),
- fourth-order active low-pass filter in Sallen-Key (S–K) topology (C),
- fully differential amplifier (FDA) (D),
- inverting pre-amplifier for the timing output (E).

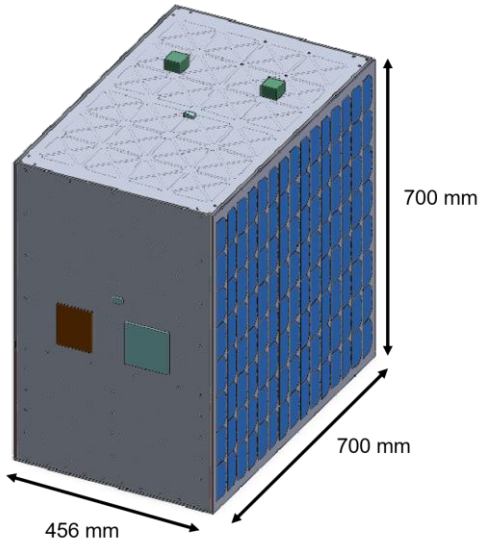
เอกสารอ้างอิง: เอกสารภายในโครงการ TSC-1 เลขที่ TSC01-W-RPT-001_QA.1 [ที่ตั้ง มหาวิทยาลัยมหิดล ณ วันที่ 6 ก.ย. 65]

Structure and Thermal Control

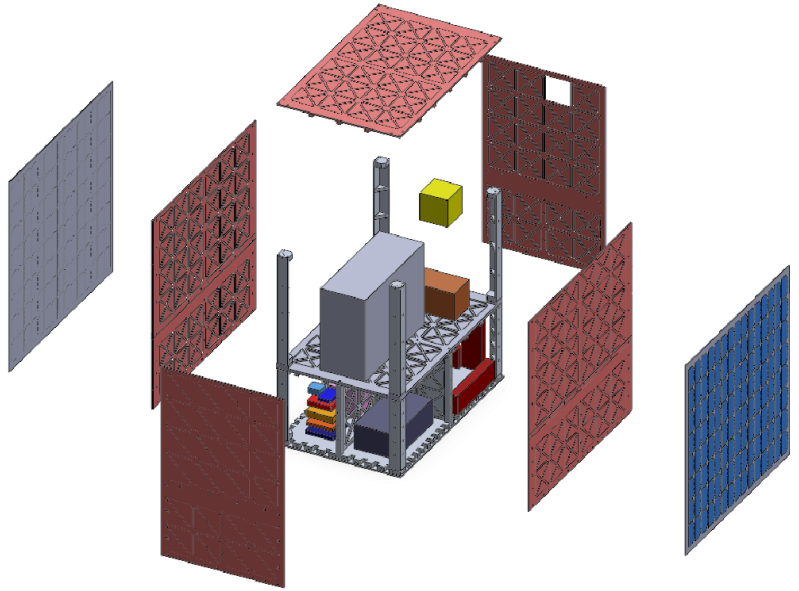
MTEC
a member of NSTDA

NARIT

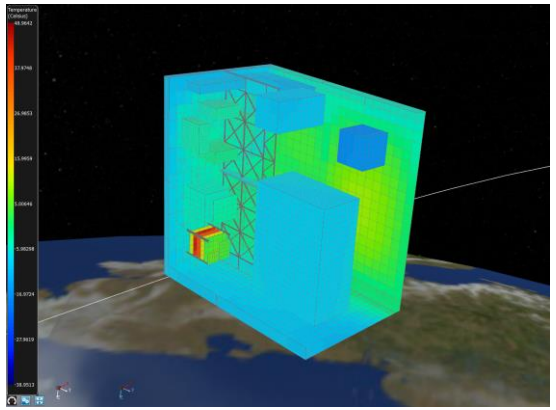


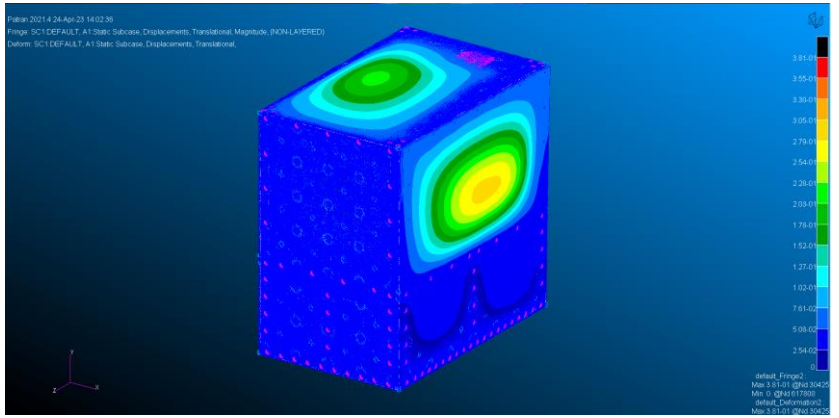


TSC-1 Structure Design



TSC-1 Structure Explode View



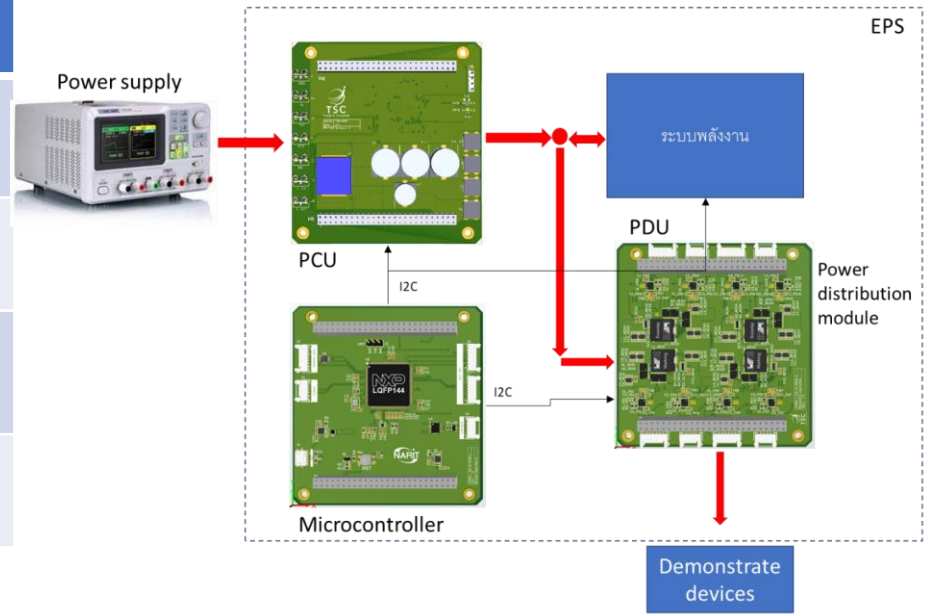


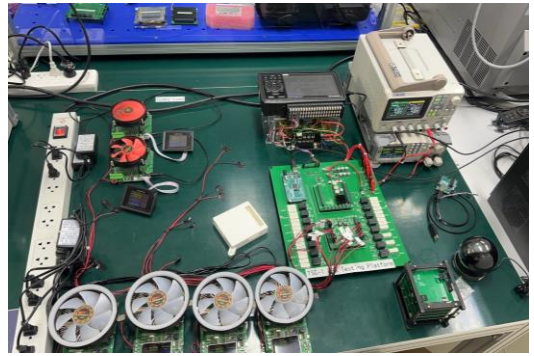
TSC-1 Structure Displacement Simulation

เอกสารอ้างอิง: เอกสารภายในโครงการ TSC-1 เลขที่ TSC01-S-RPT-001_QA.1

Electrical Power System

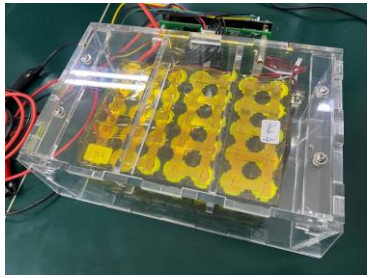
ระบบย่อยในระบบ EPS	ผู้รับผิดชอบ
Power Generating Unit	NARIT
Power Storage Unit	ENTEC a member of NSTDA, NARIT
Power Distribution Unit	NARIT, GISTDA
Power Control Unit	NARIT





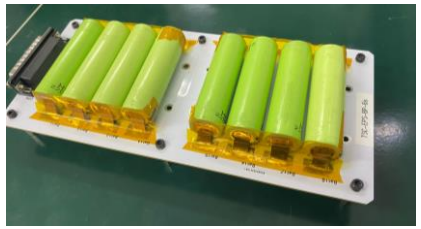
EPS Full System Functional Test Version 1

ENTEC visit at NARIT on 24-25 Apr 2023



<u>ต้นแบบระยะที่ 1</u>

Battery Pack + BMS
7S5P



<u>ต้นแบบระยะที่ 2</u>

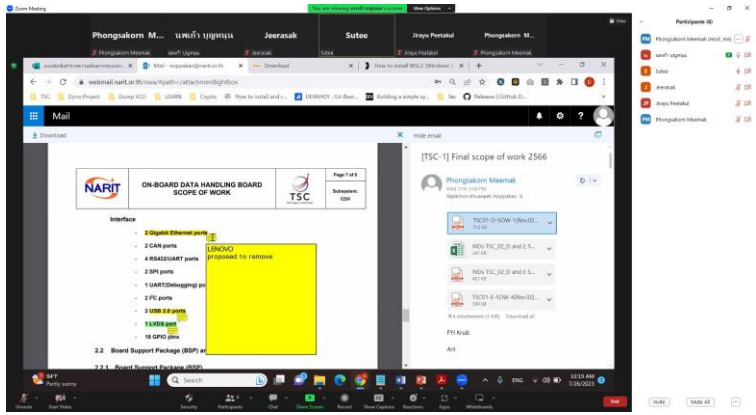
Battery Pack + BMS
8S4P

เอกสารอ้างอิง: เอกสารภายในโครงการ TSC-1 เลขที่ TSC01-E-RPT-001_QA.1 [ที่ตั้ง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ บันทึกภาพ ณ วันที่ 24 ส.ค. 66]

On-Board Computer

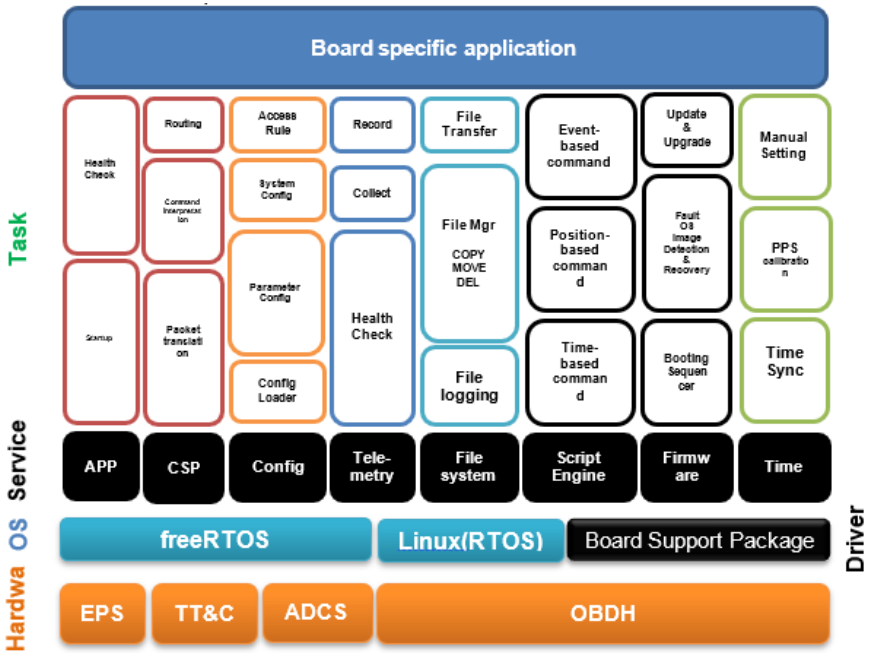
Payload Controller

Xilinx Zynq UltraScale+ MPSoC ZU3EG FPGA Development Board



นัดประชุมเพื่อหารือ **DHU** ในเฟส **EM**

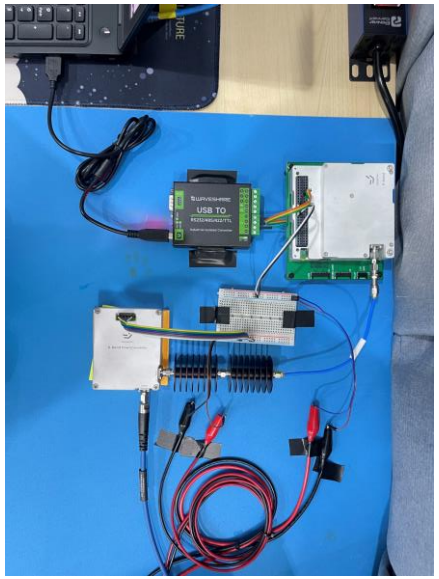
ตัวอย่างบอร์ด **Data Handling Unit**



สถาปัตยกรรมและกระบวนการทำงานของซอฟต์แวร์ภายในอุปกรณ์ดาวเทียมในส่วนของระบบสั่งงานและประมวลผลหลัก (**On-board computer)**

เอกสารอ้างอิง: เอกสารภายในโครงการ TSC-1 เลขที่ TSC01-D-RPT-001_QA.1 [ที่ตั้ง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ บันทึกภาพ ณ วันที่ 24 ส.ค. 66]

Communication



X-band Demonstration

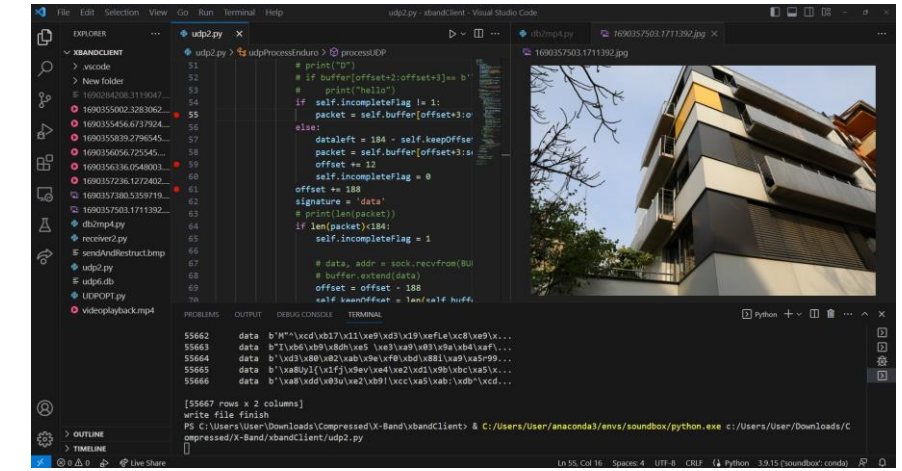


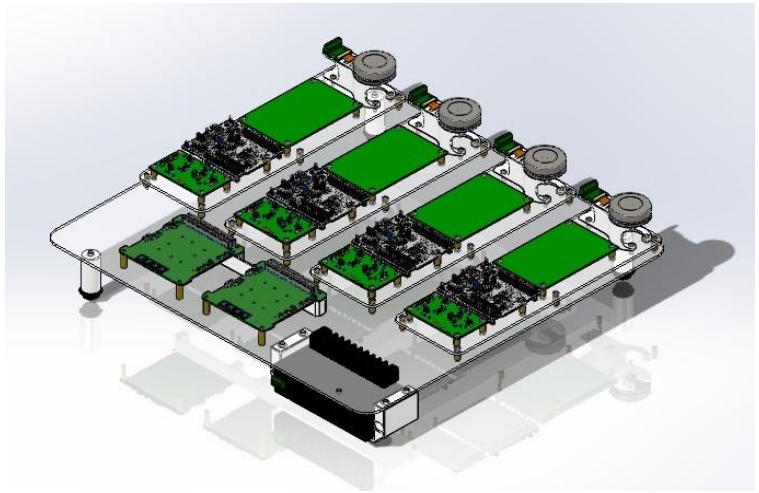
Image transferred by X-band

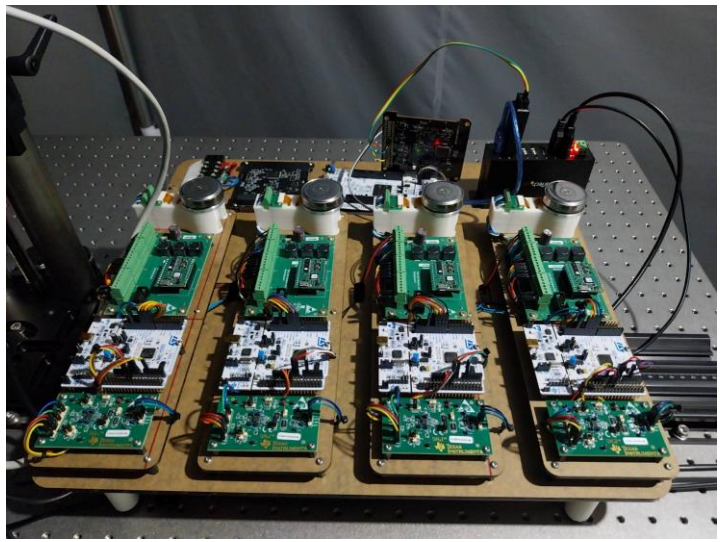
UHF Demonstration

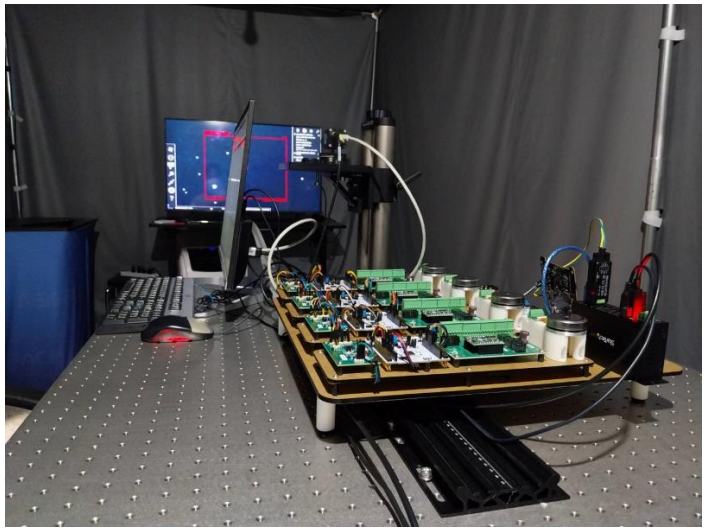
API Filing with ITU

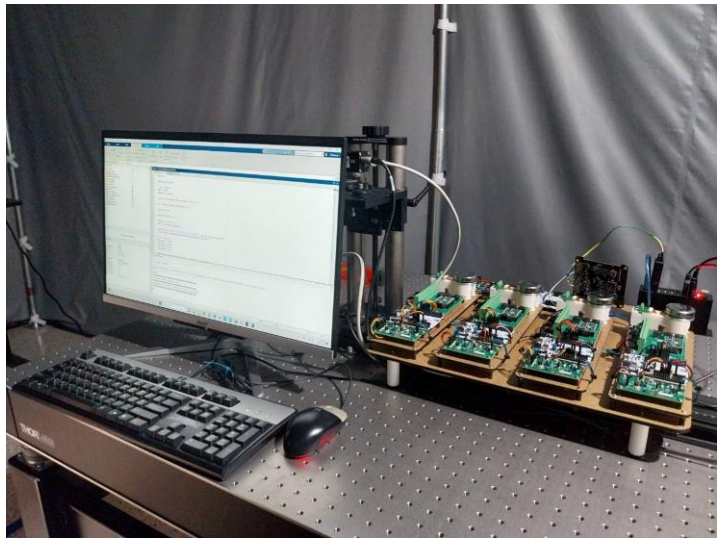
เอกสารอ้างอิง: เอกสารภายในโครงการ TSC-1 เลขที่ TSC01-C-RPT-001_QA.1 [ที่ตั้ง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ บันทึกภาพ ณ วันที่ 24 ส.ค. 66]

Attitude Determination and Control System







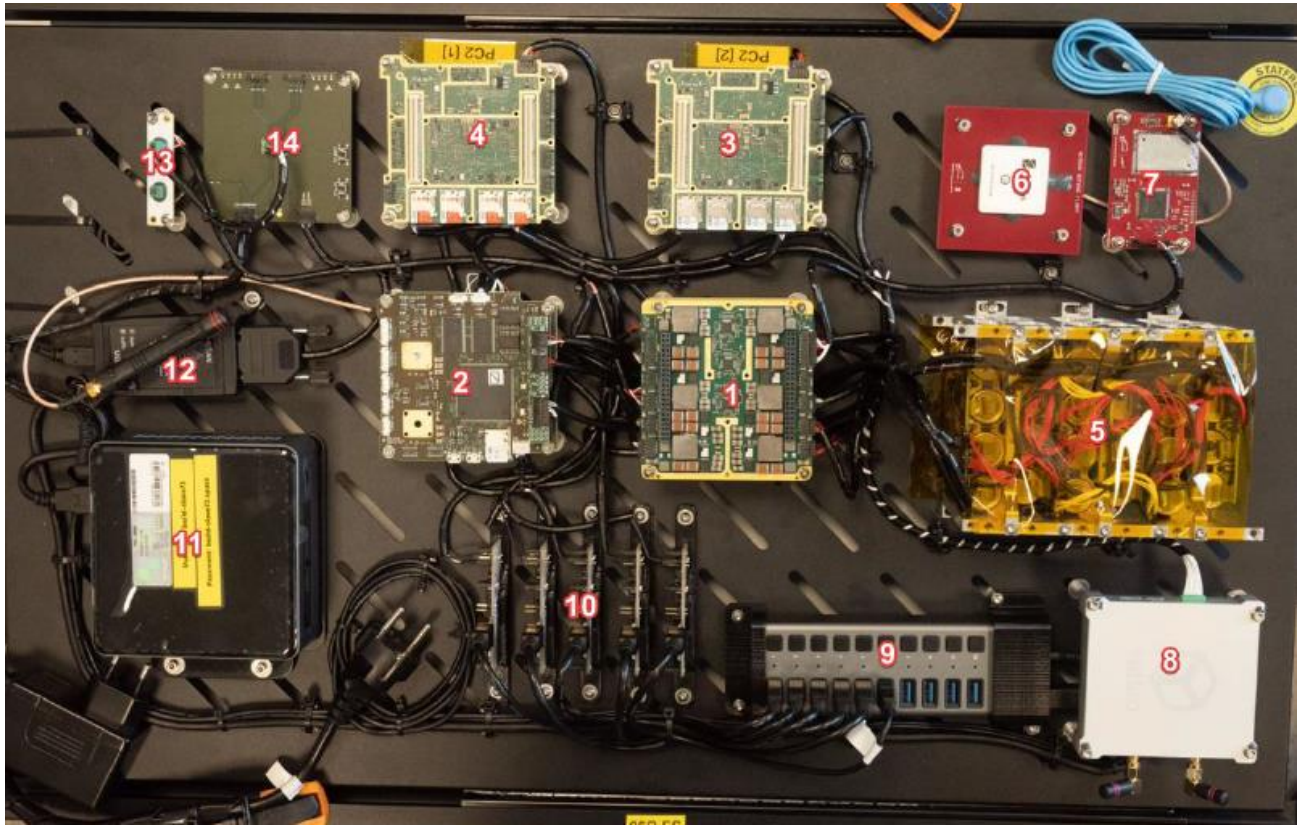


ADCS Hardware In Loop

- Controller Board
- 4 Motors + 4 Driver
- 3 Magnetic Torquer
- Input Simulator by MATLAB

เอกสารอ้างอิง: เอกสารภายในโครงการ TSC-1 เลขที่ TSC01-A-RPT-001_QA.1 [ที่ตั้ง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บันทึกภาพ ณ วันที่ 24 ส.ค. 66]

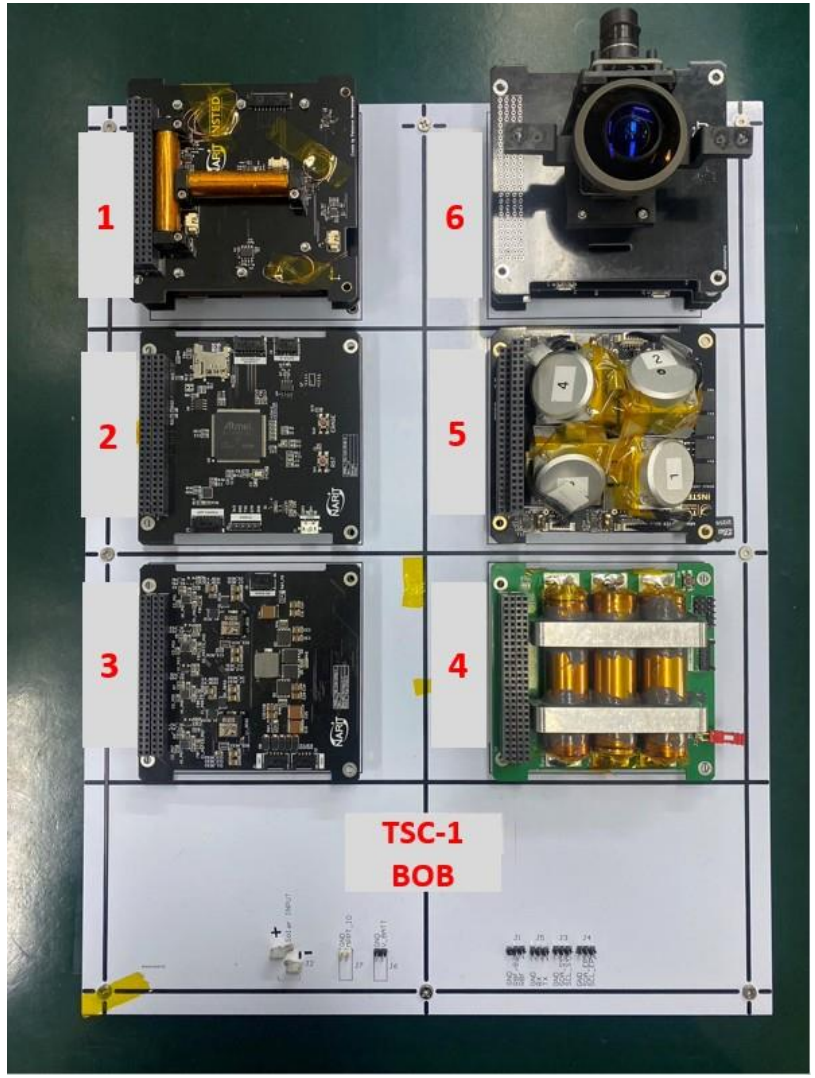
Space Commercial Components



หมายเลขอุปกรณ์	รายละเอียดอุปกรณ์
หมายเลข 1	ระบบจ่ายและควบคุมพลังงาน
หมายเลข 2	ระบบประมวลกลางสำหรับระบบควบคุมการทรงตัวของดาวเทียม และเครื่องรับส่งสัญญาณในย่าน UHF
หมายเลข 3	ระบบส่งคำสั่งและกักเก็บข้อมูล
หมายเลข 4	ระบบส่งคำสั่งและกักเก็บข้อมูล
หมายเลข 5	ระบบกักเก็บพลังงาน
หมายเลข 6	สายอากาศสำหรับ GPS
หมายเลข 7	อุปกรณ์รับสัญญาณ GPS
หมายเลข 8	เครื่องรับส่งสัญญาณในย่าน S-band
หมายเลข 9	USB docking station
หมายเลข 10	ชุดอัพโหลดโปรแกรม
หมายเลข 11	ระบบ NUC
หมายเลข 12	CAN Converter
หมายเลข 13	ชุดจำลองการตัดพลังงานของระบบ
หมายเลข 14	บอร์ด Interface

เอกสารอ้างอิง: เอกสารภายในโครงการ TSC-1 เลขที่ TSC01-E-RPT-001_QA.1, TSC01-C-RPT-001_QA.1, TSC01-D-RPT-001_QA.1 [ที่ตั้ง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ บันทึกภาพ ณ วันที่ 24 ส.ค. 66]

Fully In-house Development Components



หมายเลขอุปกรณ์	รายละเอียดอุปกรณ์
หมายเลข 1	ระบบประมวลกลางสำหรับระบบควบคุมการทรงตัวของดาวเทียม และขดลวดสนามแม่เหล็ก
หมายเลข 2	ระบบควบคุมพลังงาน
หมายเลข 3	ระบบจ่ายพลังงาน
หมายเลข 4	ระบบกักเก็บพลังงาน
หมายเลข 5	ระบบ Reaction Wheel
หมายเลข 6	ระบบกล้องขนาดเล็ก

เอกสารอ้างอิง: เอกสารภายในโครงการ TSC-1 เลขที่ TSC01-E-RPT-001_QA.1, TSC01-C-RPT-001_QA.1, TSC01-D-RPT-001_QA.1 [ที่ตั้ง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ บันทึกภาพ ณ วันที่ 24 ส.ค. 66]

SPACE - The Final Frontier