



## รายงานฉบับสมบูรณ์

# โครงการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารรวมทั้ง การสร้างแบบจำลองและระบุตำแหน่งในถ้ำ

รหัสโครงการวิจัย BT62-1-(2)/004

จัดทำโดย

รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรคร์ และคณะผู้วิจัย

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สนับสนุนโดย กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคม  
เพื่อประโยชน์สาธารณะ (กทปส.)  
สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.)

โครงการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารรวมทั้งการสร้างแบบจำลองและระบุตำแหน่งในถ้ำ

Study of guidelines for using spectrum for communication systems, including modeling and identifying locations in caves.

#### หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรคค์

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000

Email: rangsan@sut.ac.th

#### ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000

Email: prayoth@sut.ac.th

รองศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000

Email: ra@sut.ac.th

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัมพรศักดิ์ วรรณโกมล

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000

Email: akkhapun@sut.ac.th

## คำนำ

รายงานฉบับนี้เป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัยเรื่อง “โครงการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารรวมทั้งการสร้างแบบจำลองและระบุตำแหน่งในถ้ำ” (รวมรายงานความคืบหน้าครั้งที่ 3 ด้วย) ซึ่งดำเนินการโดยคณะผู้วิจัยจากสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประกอบด้วยรองศาสตราจารย์ ดร. รังสรรค์ วงศ์สรรค์ หัวหน้าโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. อาทิตย์ ศรีแก้ว ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัมพรรค วรรณโกมล ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนวิจัยและพัฒนาโครงการกระจายเสียง กิจกรรมโทรทัศน์ และกิจกรรมโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ (กทปส.) สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2563 โดยมีระยะเวลาดำเนินโครงการทั้งสิ้น 540 วัน

รายงานฉบับนี้ถือเป็นรายงานฉบับสมบูรณ์หลังจากเสร็จสิ้นโครงการวิจัย ซึ่งมีผลผลิตจากงานวิจัยจำนวน 5 ผลผลิต ได้แก่ 1) ผลการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารในถ้ำ 2) เครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่ต่ำระบบแอนะล็อก 3) โครงข่ายระบบเครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่สูงระบบดิจิทัล 4) ระบบระบุตำแหน่งในถ้ำ และ 5) ระบบสร้างภาพแบบจำลองภายในถ้ำรูปแบบสามมิติเสมือนจริงพร้อมซอฟต์แวร์ประมวลผล ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลรายงานการดำเนินการและผลจากการวิจัยจำนวนมาก ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้แยกรายงานฉบับนี้ออกเป็นแต่ละส่วนของผลผลิตเพื่อนำเสนอและอธิบายอย่างอิสระ โดยส่วนแรกจะกล่าวถึงที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการดำเนินการ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องของโครงการนี้ จากนั้นจะเป็นการนำเสนอรายงานผลการดำเนินงานแต่ละส่วนจนกระทั่งได้ผลผลิตในขั้นตอนสุดท้ายของโครงการ

สุดท้ายคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ กองทุนวิจัยและพัฒนาโครงการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ (กทปส.) สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) ที่อนุมัติงบประมาณสนับสนุนเพื่อเป็นทุนสำหรับดำเนินการวิจัยให้กับโครงการนี้ เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 11,501,200 บาท ขอขอบคุณกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่อนุญาตให้ใช้พื้นที่สำหรับดำเนินโครงการวิจัย และสนับสนุนเจ้าหน้าที่เข้าร่วมปฏิบัติการภาคสนาม และสุดท้ายขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนการดำเนินการในทุกๆ ด้านที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยนี้ จนกระทั่งประสบความสำเร็จและได้รับผลผลิตตามวัตถุประสงค์ของโครงการฯ ครบถ้วนทุกประการ ซึ่งคณะผู้วิจัยมั่นใจว่าผลผลิตจากโครงการวิจัยดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อประเทศชาติได้เป็นอย่างดี ตามปณิธานที่ว่า “*ไทยคิด ไทยทำ ไทยใช้ ไทยเจริญและมั่นคง*” ซึ่งกล่าวไว้โดย รองศาสตราจารย์ ดร. สุธี อักษรกิตติ ผู้มีคุณูปการต่อวงการอิเล็กทรอนิกส์และสื่อสารของประเทศไทย

รองศาสตราจารย์ ดร. รังสรรค์ วงศ์สรรค์ (หัวหน้าโครงการ)

รองศาสตราจารย์ ดร. อาทิตย์ ศรีแก้ว

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัมพรรค วรรณโกมล

## สารบัญหลัก

เนื้อหา	หน้า
1. หลักการและเหตุผล.....	4
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
3. ขอบเขตการดำเนินงาน.....	6
4. แผนปฏิบัติงานและงบประมาณที่ได้ดำเนินการ.....	7
5. การบริหารงบประมาณจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์และครุภัณฑ์วิจัย.....	11
6. งบประมาณของโครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุน.....	14
7. ข้อมูลประเภทของถ้ำในประเทศไทย.....	Part I
8. ผลการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารในถ้ำ.....	Part II
9. การออกแบบและพัฒนาระบบสื่อสารต้นแบบสำหรับใช้งานภายในถ้ำ ระบบวิทยุสื่อสารแม่ข่ายและลูกข่ายต้นแบบระบบแอนะล็อก.....	Part III
10. การออกแบบและพัฒนาระบบสื่อสารต้นแบบสำหรับใช้งานภายในถ้ำ โครงข่ายระบบเครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่สูงระบบดิจิทัล.....	Part IV
11. ระบบระบุพิกัดตำแหน่งในถ้ำ.....	Part V
12. การออกแบบและสร้างระบบสร้างภาพแบบจำลองภายในถ้ำรูปแบบสามมิติเสมือนจริง พร้อมซอฟต์แวร์ประมวลผล.....	Part VI
13. ภาพกิจกรรมโครงการวิจัย.....	Part VII

## 1. หลักการและเหตุผล

ภัยพิบัติทางธรรมชาติและภัยที่เกิดจากผลกระทำของมนุษย์ ซึ่งตามพระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550 มาตรา 4 กำหนดให้เป็น สาธารณภัย หมายถึง อัคคีภัย วาตภัย อุทกภัย ภัยแล้ง โรคระบาดในมนุษย์ โรคระบาดสัตว์ โรคระบาดสัตว์น้ำ การระบาดของศัตรูพืช ตลอดจนภัยอื่น ๆ อันมีผลกระทบต่อสาธารณชน ไม่ว่าจะเกิดจากธรรมชาติ มีผู้ทำให้เกิดขึ้น อุบัติเหตุ หรือเหตุอื่นใด ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิต ร่างกายของประชาชน หรือความเสียหายแก่ทรัพย์สินของประชาชน หรือของรัฐ และให้หมายความรวมถึง ภัยทางอากาศและการก่อวินาศกรรมด้วย

จากข้อมูลหลายปีมานี้ ประเทศไทยประสบเหตุภัยพิบัติในหลายรูปแบบทั้งเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติและภัยที่เกิดจากผลกระทำของมนุษย์ ซึ่งล้วนแต่ก่อให้เกิดผลกระทบและความเสียหายต่อสาธารณชน ซึ่งสำนักงาน กสทช. ตระหนักและเรียนรู้จากการปฏิบัติงานภาคสนามเพื่อสนับสนุนระบบการสื่อสารให้มีประสิทธิภาพและเสถียรภาพเพื่อให้ระบบการสื่อสารไม่เป็นอุปสรรคขัดขวางต่อการปฏิบัติหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ทุกฝ่าย กรณีภัยพิบัติที่เกิดขึ้นกับนักกีฬาฟุตบอลทีมเยาวชนและโค้ช รวม 13 คนที่ติดอยู่ในถ้ำหลวงในวนอุทยานขุนน้ำนางนอน อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย เป็นเหตุการณ์หนึ่งที่ทำให้ทุกฝ่ายต้องเรียนรู้และหาแนวทางให้ความช่วยเหลือและเป็นบทเรียนสำคัญในการเตรียมการและวางแผนรองรับที่เป็นมาตรฐานและมีความพร้อมในการให้ความช่วยเหลือได้อย่างทันที่

ตามแผนปฏิบัติการภายใต้แผนแม่บทการบริหารคลื่นความถี่ (พ.ศ. 2555) ยุทธศาสตร์ที่ 4 การใช้งานคลื่นความถี่ด้านภารกิจเพื่อป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยรวมถึงเพื่อประโยชน์สาธารณะ ได้กำหนดแนวทางในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ส่งเสริมให้มีการใช้คลื่นความถี่สำหรับภารกิจเพื่อป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการเตรียมความพร้อมกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินหรือภัยพิบัติ ของสำนักงาน กสทช. ภาค และสำนักงาน กสทช. เขต กอปรกับสำนักงาน กสทช. ได้มีคำสั่งที่ 100/2555 ลงวันที่ 25 เมษายน 2555 แต่งตั้งคณะกรรมการประสานงานกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินหรือภัยพิบัติ และคำสั่งที่ 128/2555 ลงวันที่ 11 มิถุนายน 2555 แต่งตั้งคณะกรรมการประสานงานกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินหรือภัยพิบัติเพิ่มเติม โดยให้อำนาจหน้าที่ในการบูรณาการประสานงานระหว่างหน่วยงานด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และด้านการสื่อสาร ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน รวมทั้งผู้ประกอบกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม ให้มีการเตรียมความพร้อมในการแก้ไขข้อขัดข้องของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โทรศัพท์ประจำที่ และระบบโทรคมนาคมอื่น ให้สามารถติดต่อสื่อสารถึงกันได้เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินหรือภัยพิบัติอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนให้มีการประกาศประชาสัมพันธ์รับแจ้งเหตุ และรายงานสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเหตุฉุกเฉินหรือภัยพิบัติ และดำเนินการอื่นตามที่ได้รับมอบหมายจาก กสทช. กทค. กสท. และเลขาธิการ กสทช.

สำนักงาน กสทช. ตระหนักถึงความสำคัญในการเตรียมความพร้อมในการแก้ไขข้อขัดข้องของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โทรศัพท์ประจำที่ และระบบโทรคมนาคมอื่นให้สามารถติดต่อสื่อสารถึงกันได้เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินหรือภัยพิบัติอย่างมีประสิทธิภาพนั้น กรณีเหตุเกิดภายในถ้ำพบข้อจำกัดการสื่อสารด้วยลักษณะทางกายภาพกอปรกับธรรมชาติของคลื่นความถี่ที่ใช้เป็นคลื่นพาหุในระบบสื่อสารแต่ละย่านความถี่มีคุณลักษณะเฉพาะและสนองต่อสภาพแวดล้อมหรือสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน จึงเป็นที่ประจักษ์ว่าจากเหตุการณ์ที่ถ้ำหลวงฯ ทำให้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบสื่อสารไร้สายบนความถี่ช่วง VHF/UHF หรือวิทยุคมนาคมระบบอื่น ๆ ไม่สามารถ

ใช้งานได้หรือไม่สามารถใช้งานได้ดี เป็นเหตุให้ไม่อาจติดตั้งระบบดังกล่าวเพื่อใช้งานภายในถ้ำได้ สำนักงาน กสทช. จึงมีแนวคิดในการศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารที่เหมาะสมสำหรับสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นถ้ำหรือคล้ายคลึงกัน รวมทั้งการศึกษาวิจัยระบบระบุตำแหน่งในถ้ำ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมและสนับสนุนการปฏิบัติงานภาคสนามของผู้เกี่ยวข้องให้กระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้นำเสนอโครงการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสาร รวมทั้งการสร้างแบบจำลองและระบุตำแหน่งในถ้ำ เพื่อให้ทางสำนักงาน กสทช. ได้มีระบบสื่อสารไร้สายต้นแบบสำหรับใช้ในการติดต่อสื่อสารภายในถ้ำ รวมทั้งมีระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับระบุตำแหน่งภายในถ้ำและระบบการสร้างแบบจำลองภายในถ้ำที่มีประสิทธิภาพ โดยได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนงบประมาณวิจัยจากกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ เพื่อดำเนินการโครงการวิจัยดังกล่าวให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

### 2.1 เพื่อศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารที่เหมาะสมกับการสื่อสารในถ้ำ

ออกแบบและจัดหาระบบเครื่องมือวัดสำหรับใช้ในการทดสอบการใช้คลื่นความถี่ในถ้ำ โดยใช้เครื่องมือ RF Signal Generator ย่านความถี่ 100 kHz – 3 GHz ทำหน้าที่ส่งคลื่นความถี่ในย่าน LF, MF, HF, VHF และ UHF ส่งผ่านสายอากาศที่ได้รับการออกแบบขึ้นมาเฉพาะย่านความถี่ใช้งาน เพื่อส่งคลื่นความถี่เข้าไปในพื้นที่ที่กำหนดภายในถ้ำ จากนั้นใช้สายอากาศในย่านความถี่เดียวกันรับคลื่นความถี่นั้น ๆ ส่งให้กับเครื่องมือ Spectrum Analyzer เพื่อทำการวัดทดสอบและบันทึกระดับของสัญญาณและประสิทธิภาพการตีโมดูละชั้น เพื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารที่เหมาะสมกับการสื่อสารในถ้ำต่อไป

### 2.2 เพื่อศึกษาวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบและสร้างแบบจำลองในรูปแบบสามมิติและระบุตำแหน่งในถ้ำ ได้แก่

(1) ออกแบบเครื่องรับส่งวิทยุต้นแบบระบบซิมเพล็กซ์ (simplex) กำลังส่งเครื่องลูกข่ายไม่ต่ำกว่า 5 วัตต์ จำนวน 2 เครื่อง สำหรับผู้ปฏิบัติหน้าที่ในถ้ำ และเครื่องแม่ข่ายที่ถูกติดตั้งอยู่นอกถ้ำกำลังส่งไม่ต่ำกว่า 10 วัตต์ จำนวน 1 เครื่อง โดยใช้คลื่นความถี่ที่เหมาะสมซึ่งได้จากการศึกษาและทดสอบในข้อ 2.1

(2) ออกแบบสายอากาศสายอากาศต้นแบบสำหรับเครื่องส่งวิทยุแม่ข่ายและสำหรับลูกข่าย ตามคลื่นความถี่ที่เหมาะสมซึ่งได้จากการศึกษาและทดสอบในข้อ 2.1

(3) ออกแบบระบบโครงข่ายสื่อสารดิจิทัลความถี่สูงกำลังส่งต่ำ (ไม่เกิน 1 วัตต์) ขนาดเล็กเหมาะสมสำหรับพหุภาวะปฏิบัติการในถ้ำ โดยใช้คลื่นความถี่ย่านความถี่สูงที่เหมาะสมซึ่งได้จากการศึกษาทดสอบในข้อ 2.1) สามารถติดต่อกันภายในถ้ำโดยใช้หลักการคล้ายระบบโครงข่ายเซนเซอร์ (sensors network) โดยออกแบบให้มีโหนดหลัก (backbone nodes) และโหนดผู้ใช้งาน (mobile nodes) จำนวนหนึ่งที่สามารถติดต่อสื่อสารเชื่อมโยงถึงกันได้โดยใช้โทโปโลยีแบบตาข่าย (mesh topology) โดยโหนดผู้ใช้งานสามารถติดต่อ

ถึงโหนดอื่น ๆ ได้โดยผ่านโหนดหลักที่อยู่ใกล้กันมากที่สุด และสามารถติดต่อข้ามไปยังโหนดผู้ใช้งานอื่น ๆ ที่เป็นลูกข่ายของโหนดหลักอีกโครงข่ายหนึ่งได้โดยการเชื่อมโยงระหว่างโหนดหลักที่อยู่ใกล้กันแบบเป็นทอด ๆ กันไป

(4) ออกแบบระบบอำนวยความสะดวกสำหรับใช้ในการระบุตำแหน่งภายในถ้ำโดยใช้วิธีอ้างอิงตำแหน่งแรกจากภายนอกถ้ำ ตามด้วยการวัดทิศและระยะทางเพื่อนำมาประมวลผลหาตำแหน่งใหม่ภายในถ้ำ โดยใช้ทฤษฎี Earth's Grid Location

(5) ออกแบบเครื่องมือและพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการสร้างภาพแบบจำลองในรูปแบบสามมิติตามตำแหน่งต่าง ๆ ภายในถ้ำ

### 2.3 เพื่อเผยแพร่ผลการศึกษาให้หน่วยงานภาครัฐ ภาคประชาคม และประชาชนรับทราบ

ดำเนินการเผยแพร่ผลการศึกษาด้านการเลือกใช้คลื่นความถี่ ผลผลิตที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และตัวอย่างของภาพแบบจำลอง และเส้นทางเดินภายในถ้ำที่ได้จากการระบุตำแหน่งด้วยเครื่องมือที่ได้จากโครงการวิจัย

## 3. ขอบเขตการดำเนินงาน

เพื่อการดำเนินการวิจัยโครงการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารรวมทั้งการสร้างแบบจำลองและระบุตำแหน่งในถ้ำให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้เกิดความคุ้มค่าให้มากที่สุดและสอดคล้องกับงบประมาณที่ทางกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะให้การส่งเสริมและสนับสนุน ทางคณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตและแผนการดำเนินงานโครงการฯ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 3.1 แผนการดำเนินงาน

(1) ศึกษาและรวบรวม ข้อมูลการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารรวมทั้งการสร้างแบบจำลองและระบุตำแหน่งในถ้ำ ที่มีการศึกษา ใช้งาน หรือมีการวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ พร้อมวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียของข้อมูลที่ได้ศึกษาและรวบรวมมา

(2) ศึกษาและเสนอแนะ เทคโนโลยีและเทคนิคอื่นที่มีความเหมาะสม เพื่อใช้ในการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารรวมทั้งการสร้างแบบจำลองและระบุตำแหน่งในถ้ำ ที่สามารถใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเคียงกับผลงานวิจัยหรือเครื่องมือที่ได้ศึกษามาในข้อ 3.1

(3) ดำเนินการศึกษาแนวทางในการพิสูจน์ทราบการใช้คลื่นความถี่ที่เหมาะสมภายในถ้ำสำหรับนำมาพัฒนาระบบสื่อสารต้นแบบที่สามารถใช้งานภายในถ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยออกแบบวิธีการวัดทดสอบและจัดหาเครื่องมือสำหรับดำเนินการวิจัย เช่น RF Signal Generator (ความถี่ 100 kHz – 3 GHz), Wide-band Antenna, Spectrum Analyzer หรือ Radio Test, Mobile Gyroscope, Altitude Measuring Instrument ฯลฯ เพื่อนำมาใช้ในการวัดทดสอบและบันทึกระดับของสัญญาณตามช่วงความถี่ที่กำหนดและนำมาวิเคราะห์ว่าคลื่นความถี่ใดที่เหมาะสมสำหรับระบบสื่อสารภายในถ้ำที่มีผนังถ้ำแตกต่างกันอย่างน้อยสองแห่ง

(4) ออกแบบระบบสื่อสารสำหรับใช้งานภายในถ้ำ โดยใช้คลื่นความถี่ที่ได้จากการศึกษาใน (3) โดยมีเป้าหมายพัฒนาระบบสื่อสารแยกออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่

ก) ออกแบบเครื่องรับส่งวิทยุต้นแบบระบบซิมเพล็กซ์ (simplex) กำลังส่งไม่ต่ำกว่า 10 วัตต์ (เครื่องแม่ข่าย) จำนวน 1 เครื่อง และกำลังส่งไม่ต่ำกว่า 5 วัตต์ (เครื่องลูกข่าย) จำนวน 2 เครื่อง โดยใช้คลื่นความถี่ที่เหมาะสมซึ่งได้จากการศึกษาและทดสอบใน (3) พร้อมออกแบบสายอากาศต้นแบบสำหรับเครื่องส่งวิทยุแม่ข่ายและสำหรับลูกข่าย

ข) ออกแบบระบบโครงข่ายสื่อสารดิจิทัลต้นแบบความถี่สูง โดยโหนดผู้ใช้งานจะมีกำลังส่งต่ำไม่เกิน 1 วัตต์ จำนวนไม่น้อยกว่า 3 โหนดหลัก โดยใช้คลื่นความถี่ย่านความถี่สูงที่เหมาะสมซึ่งได้จากการศึกษาทดสอบใน (3) สามารถติดต่อกันได้ภายในโหนดหลักของตนเองและเพิ่มระยะทางการสื่อสารให้ไกลขึ้นโดยใช้วิธีติดต่อข้ามไปยังโครงข่ายอื่นที่ใช้โทโพโลยีเดียวกัน อย่างน้อย 3 โหนดหลักต่อหนึ่งโครงข่าย (มีโหนดผู้ใช้งานจำนวน 5 ชุดต่อหนึ่งโหนดหลัก)

ค) ออกแบบ/จัดหาเครื่องมือและพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับสร้างภาพแบบจำลองภายในถ้ำในรูปแบบสามมิติเสมือนจริง

ง) ออกแบบ/จัดหาเครื่องมือและพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับใช้ในการคำนวณเพื่อระบุตำแหน่งภายในถ้ำโดยใช้ทฤษฎี Earth's Grid Location และ Geodesic Theory

จ) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบสื่อสารต้นแบบ ระบบสร้างแบบจำลองในถ้ำ และระบบระบุตำแหน่งในถ้ำร่วมกับเจ้าหน้าที่ของสำนักงาน กสทช.

#### 4. แผนปฏิบัติงานและแผนงบประมาณที่ได้ดำเนินการ

งบประมาณสนับสนุนจากกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ จำนวนทั้งสิ้น 11,501,200 บาท (สิบเอ็ดล้านห้าแสนหนึ่งพันสองร้อยบาทถ้วน) ได้กำหนดแผนปฏิบัติงานเริ่มต้นตั้งแต่วันที่ลงนามในสัญญา วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2563 เป็นต้นไป ระยะเวลาจนถึงสิ้นสุดของโครงการรวมทั้งสิ้น 18 เดือน โดยแบ่งผลงานที่จะต้องนำเสนอและรายงานต่อสำนักงานกองทุนฯ ออกเป็น 4 งวดงาน จากจำนวนงานทั้งหมด 16 งาน ดังแสดงในตารางต่อไปนี้



## แผนปฏิบัติการและแผนงบประมาณ

ก. ชื่อโครงการ ..... โครงการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารรวมทั้งการสร้างแบบจำลองและระบุตำแหน่งในถ้ำ.....

ข. สัญญารับทุนเลขที่ .....

ค. หน่วยงานรับผิดชอบ ..... มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....

แผนปฏิบัติการ (Project Schedule) และแผนงบประมาณ (Project Cost)

กิจกรรม	น้ำหนัก ของงาน (%)	ระยะเวลา (Duration)	แผนปฏิบัติการ (Schedule)		แผนงบประมาณ (Budget)					
			เริ่มต้น	สิ้นสุด	งวดที่ ๑	งวดที่ ๒	งวดที่ ๓	งวดที่ ๔	รวม	
<p>- งานที่ ๑ รายงานผลการศึกษาระยะต้น (Inception Report) ที่ประกอบด้วย แผนการดำเนินงานโครงการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสาร รวมทั้งการสร้างแบบจำลอง และระบุตำแหน่งในถ้ำ แผนการดำเนินงานและระยะเวลาในการดำเนินงานของโครงการ แผนการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์และครุภัณฑ์วิจัย</p> <p>- งานที่ ๒ ผลการศึกษาและรวบรวม ๑) ข้อมูลประเภทของถ้ำในประเทศไทยพร้อมกำหนดถ้ำที่เป็นพื้นที่เป้าหมายในการดำเนินงานวิจัย ๒) ข้อมูลวิธีการศึกษาพฤติกรรมของคลื่นวิทยุความถี่ต่างๆ ที่แพร่กระจายในถ้ำในเชิงทฤษฎีและจากผลงานวิจัยที่ได้มีผู้ดำเนินการศึกษามาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันทั้งในประเทศและต่างประเทศ ๓) ข้อมูลระบบเครื่องรับส่งวิทยุระบบแอนะล็อกและดิจิทัลที่เคยมีการใช้งานในถ้ำและที่มีการเผยแพร่ในรูปแบบของผลงานตีพิมพ์หรือเผยแพร่ในวงการของผู้ปฏิบัติงานในถ้ำทั้งในและต่างประเทศ ๔) ข้อมูลวิธีการหรือเทคนิคที่มีผู้เคยใช้ในการระบุตำแหน่งภายในถ้ำทั้งในอดีตและปัจจุบัน และ ๕) ข้อมูลเทคนิควิธีการเพื่อสร้างภาพเสมือนจริงแบบสามมิติภายในถ้ำที่มีการเผยแพร่ในรูปแบบของผลงาน</p>	๔๐	๓๐ วัน			๔,๖๐๐,๔๘๐ ร้อยละ ๔๐					๔,๖๐๐,๔๘๐

กิจกรรม	น้ำหนัก ของงาน (%)	ระยะเวลา (Duration)	แผนปฏิบัติการ (Schedule)		แผนงบประมาณ (Budget)					
			เริ่มต้น	สิ้นสุด	งวดที่ ๑	งวดที่ ๒	งวดที่ ๓	งวดที่ ๔	รวม	
<p>ตีพิมพ์หรือเผยแพร่ในวงการของนักสำรวจลำทั้งในประเทศและต่างประเทศ</p> <p>- งานที่ ๓ ผลการศึกษาและเสนอแนะเทคโนโลยีและเทคนิคที่มีความเหมาะสมเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบระบบสื่อสารรวมทั้งการสร้างแบบจำลองและระบุตำแหน่งในลำที่มีประสิทธิภาพ</p>										
<p>- งานที่ ๔ ผลการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารในลำบางย่านความถี่ตามอุปกรณ์ที่สามารถจัดหามาตามกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างตามระเบียบของมหาวิทยาลัยและตามประกาศของสำนักงาน กสทช.</p> <p>- งานที่ ๕ ผลการออกแบบวงจรเครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่ต่ำระบบแอนะล็อก และโครงข่ายระบบเครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่สูงระบบดิจิทัล พร้อมออกแบบวงจรส่วนที่เป็นเครื่องรับส่งวิทยุทั้งเครื่องแม่ข่ายและลูกข่าย</p> <p>- งานที่ ๖ ผลการออกแบบโครงสร้างของระบบระบุตำแหน่งในลำและผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ</p> <p>- งานที่ ๗ ผลการออกแบบอัลกอริทึมสำหรับสร้างซอฟต์แวร์เพื่อการจำลองภาพเสมือนจริงภายในลำ</p>	๓๐	๑๕๐ วัน				๓,๔๕๐,๓๖๐ ร้อยละ ๓๐			๓,๔๕๐,๓๖๐	
<p>- งานที่ ๘ ผลการศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบสื่อสารในลำทุกย่านความถี่ตามที่เสนอไว้ในโครงการ</p> <p>- งานที่ ๙ เครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่ต่ำระบบแอนะล็อก และโครงข่ายระบบเครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่สูงระบบดิจิทัลที่ประกอบด้วยเครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่สูงระบบดิจิทัลต้นแบบจำนวน ๑ โหนดหลัก และ ๕ โหนดผู้ใช้งาน พร้อมซอฟต์แวร์บริหารจัดการโครงข่ายภายในหนึ่งโหนดหลัก และผลการทดสอบในลำจริงอย่างน้อยหนึ่งแห่ง</p> <p>- งานที่ ๑๐ ระบบระบุตำแหน่งในลำจำนวน ๑ ชุด และผลการทดสอบในลำจริงทั้งสองแห่ง</p>	๒๐	๑๘๐ วัน				๒,๓๐๐,๒๔๐ ร้อยละ ๒๐			๒,๓๐๐ ,๒๔๐	

กิจกรรม	น้ำหนัก ของงาน (%)	ระยะเวลา (Duration)	แผนปฏิบัติการ (Schedule)		แผนงบประมาณ (Budget)					
			เริ่มต้น	สิ้นสุด	งวดที่ ๑	งวดที่ ๒	งวดที่ ๓	งวดที่ ๔	รวม	
- งานที่ ๑๑ ระบบสร้างภาพแบบจำลองภายในถ้ำรูปแบบสามมิติเสมือนจริงพร้อมซอฟต์แวร์ประมวลผล และผลการทดสอบในถ้ำจริงอย่างน้อยหนึ่งแห่ง										
- งานที่ ๑๒ เครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่ต่ำระบบแอนะล็อก และโครงข่ายระบบเครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่สูงระบบดิจิทัลที่ประกอบด้วยเครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่สูงระบบดิจิทัลต้นแบบจำนวน ๓ โหนดหลัก และ ๑๕ โหนดผู้ใช้งาน พร้อมซอฟต์แวร์บริหารจัดการโครงข่ายที่สมบูรณ์ตามจำนวนของโหนดหลัก และผลการทดสอบในถ้ำจริงทั้งสองแห่ง - งานที่ ๑๓ ระบบระบุตำแหน่งในถ้ำจำนวน ๑ ชุด พร้อมซอฟต์แวร์ Application ที่ติดตั้งเพื่อใช้งานบนแท็บเล็ต และผลการทดสอบในถ้ำจริงทั้งสองแห่ง - งานที่ ๑๔ ระบบสร้างภาพแบบจำลองภายในถ้ำรูปแบบสามมิติเสมือนจริงพร้อมซอฟต์แวร์ประมวลผลที่สมบูรณ์ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ และผลการทดสอบในถ้ำจริงทั้งสองแห่ง - งานที่ ๑๕ รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์/คู่มือการใช้งานฉบับสมบูรณ์ - งานที่ ๑๖ รายงานผลการดำเนินงานฉบับย่อสำหรับลงตีพิมพ์ในวารสารสำนักงาน กสทช.	๑๐	๑๘๐ วัน						๑,๑๕๐,๑๒๐ ร้อยละ ๑๐	๑,๑๕๐,๑๒๐	
<b>รวมทั้งสิ้น</b>	๑๐๐	๕๔๐วัน			๔,๖๐๐,๔๘๐	๔,๖๐๐,๔๘๐	๒,๓๐๐,๒๔๐	๑,๑๕๐,๑๒๐	๑๑,๕๐๑,๒๐๐	

## 5. การบริหารงบประมาณจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์และครุภัณฑ์วิจัย

แผนการบริหารงบประมาณจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์และครุภัณฑ์วิจัย และแผนปฏิบัติการวิจัยที่สอดคล้องกับการจัดซื้อครุภัณฑ์วิจัย แสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 การบริหารงบประมาณเพื่อจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์และครุภัณฑ์วิจัย

งวดที่	วัสดุอุปกรณ์	ครุภัณฑ์วิจัย
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- วัสดุอิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ประกอบทางไฟฟ้าสำหรับสร้างเครื่องวิทยุรับส่งต้นแบบ (ระบบแอนะล็อกและระบบดิจิทัล) และวัสดุสำหรับสร้างสายอากาศ</li> <li>- วัสดุสำหรับนำมาประกอบระบบระบุตำแหน่งในถ้ำ</li> <li>- วัสดุสำหรับนำมาใช้งานร่วมกับระบบสร้างภาพจำลองสามมิติในถ้ำ</li> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานในถ้ำ</li> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการวิจัย</li> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในสำนักงาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สายอากาศแถบกว้างสำหรับส่ง-รับสัญญาณเพื่อการศึกษาทดลอง ประกอบด้วย               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) สายอากาศแอกทีฟภาครับ ช่วงความถี่ 8.3 kHz – 6 GHz พร้อมอุปกรณ์ประกอบ</li> <li>2) สายอากาศภาคส่ง ช่วงความถี่ 30 kHz – 300 kHz, 500 kHz - 649 kHz, 1600 kHz - 1799 kHz, 1.6 kHz - 30 MHz, 75 MHz - 3 GHz</li> </ol> </li> <li>- เครื่องมือ RF Signal Generator 8 kHz-3 GHz พร้อม Option ที่กำหนด 1 ชุด</li> <li>- เครื่องมือ Handheld Spectrum Analyzer 5kHz-4 GHz พร้อม Option จำนวน 1 ชุด</li> <li>- เครื่องมือ Precision Components Analyzer พร้อม Option จำนวน 1 ชุด</li> <li>- เครื่องมือวัดความสูงพื้นที่ High Precision Altitude Measuring Device จำนวน 1 ชุด</li> <li>- อุปกรณ์ GPS Logger include Gyroscope and Compass จำนวน 2 ชุด</li> <li>- อุปกรณ์ High Precision Laser Distance Finder จำนวน 2 ชุด</li> <li>- เครื่องแท็บเล็ตสำหรับการทดสอบแอปพลิเคชัน จำนวน 2 เครื่อง</li> <li>- ระบบสแกนเลเซอร์ 3 มิติพร้อมซอฟต์แวร์สำหรับสร้างแผนที่ภายในถ้ำ จำนวน 1 ระบบ</li> <li>- คอมพิวเตอร์ Notebook ใช้เป็น server ของกล้อง LiDaR และโครงข่ายวิทยุระหว่างนอกถ้ำและในถ้ำ จำนวน 2 เครื่อง</li> <li>- เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (AC-Invertor) จำนวน 1 เครื่อง</li> <li>- เครื่องปั่นกระแสไฟฟ้า 5 kW จำนวน 1 เครื่อง</li> </ul>

งวดที่	วัสดุอุปกรณ์	ครุภัณฑ์วิจัย
		- วิทยุสื่อสารย่านความถี่ VHF กำลังส่งไม่เกิน 5 วัตต์ สำหรับใช้ปฏิบัติงานภาคสนาม จำนวน 5 เครื่อง
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- วัสดุอิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ประกอบทางไฟฟ้าสำหรับสร้างเครื่องวิทยุรับส่งต้นแบบ (ระบบแอนะล็อกและระบบดิจิทัล) และวัสดุสำหรับสร้างสายอากาศ</li> <li>- วัสดุสำหรับนำมาประกอบระบบระบุตำแหน่งในถ้ำ</li> <li>- วัสดุสำหรับนำมาใช้งานร่วมกับระบบสร้างภาพจำลองสามมิติในถ้ำ</li> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานในถ้ำ</li> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการวิจัย</li> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในสำนักงาน</li> </ul>	- เครื่องพิมพ์ Laser สีความละเอียดสูง 1 เครื่อง
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- วัสดุอิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ประกอบทางไฟฟ้าสำหรับสร้างเครื่องวิทยุรับส่งต้นแบบ (ระบบแอนะล็อกและระบบดิจิทัล) และวัสดุสำหรับสร้างสายอากาศ</li> <li>- วัสดุสำหรับนำมาประกอบระบบระบุตำแหน่งในถ้ำ</li> <li>- วัสดุสำหรับนำมาใช้งานร่วมกับระบบสร้างภาพจำลองสามมิติในถ้ำ</li> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานในถ้ำ</li> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการวิจัย</li> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในสำนักงาน</li> </ul>	- ไม่มี
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานในถ้ำ</li> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการวิจัย</li> <li>- วัสดุสำหรับใช้ในสำนักงาน</li> <li>- วัสดุสำหรับการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี</li> </ul>	- ไม่มี

ตารางที่ 5.2 แผนปฏิบัติการวิจัยที่สอดคล้องกับการจัดซื้อครุภัณฑ์วิจัย

งวดที่	ช่วงเวลาปฏิบัติการวิจัย	แผนปฏิบัติการวิจัยที่สอดคล้องกับการจัดซื้อครุภัณฑ์วิจัย
1	15 ต.ค.63 – 15 ธ.ค. 63 (ภายใน 60 วัน)	<p>ผู้วิจัยจะดำเนินการเตรียมเอกสารข้อกำหนดทางเทคนิคส่งให้ส่วนพัสดุ มทส.ขอทั้งงบประมาณสำรองของ มทส. เพื่อทำกระบวนการจัดซื้อตามระเบียบพัสดุในการจัดซื้อครุภัณฑ์ส่วนที่สำคัญและจำเป็นในการปฏิบัติการวิจัยภายในถ้ำซึ่งเป็นขั้นตอนแรกสุด ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- สายอากาศแถบกว้างสำหรับส่ง-รับสัญญาณเพื่อการศึกษาทดลอง ประกอบด้วย             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) สายอากาศแอกทีฟภาครับ ช่วงความถี่ 8.3 kHz – 6 GHz พร้อมอุปกรณ์ประกอบ</li> <li>2) สายอากาศภาคส่ง ช่วงความถี่ 30 kHz – 300 kHz, 500 kHz - 649 kHz, 1600 kHz - 1799 kHz, 1.6 kHz - 30 MHz, 75 MHz - 3 GHz</li> </ol> </li> <li>- เครื่องมือ RF Signal Generator 8 kHz-3 GHz พร้อม Option ที่กำหนด 1 ชุด</li> <li>- เครื่องมือ Handheld Spectrum Analyzer 5kHz-4 GHz พร้อม Option จำนวน 1 ชุด</li> <li>- เครื่องมือ USB Network Analyzer และ Components (LCR) Analyzer พร้อม Option จำนวน 1 ชุด</li> <li>- เครื่องมือวัดความสูงพื้นที่ High Precision Altitude Measuring Device จำนวน 1 ชุด</li> <li>- อุปกรณ์ GPS Logger include Gyroscope and Compass จำนวน 2 ชุด</li> <li>- อุปกรณ์ High Precision Laser Distance Finder จำนวน 2 ชุด</li> <li>- เครื่องแท็บเล็ตสำหรับการทดสอบแอปพลิเคชัน จำนวน 2 เครื่อง</li> <li>- ระบบสแกนเลเซอร์ 3 มิติพร้อมซอฟต์แวร์สำหรับสร้างแผนที่ภายในถ้ำ จำนวน 1 ระบบ</li> <li>- คอมพิวเตอร์ Notebook ใช้เป็น server ของกล้อง LiDaR และโครงข่ายวิทยุระหว่างนอกถ้ำ และในถ้ำ จำนวน 2 เครื่อง จำนวน 1 เครื่อง</li> <li>- เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (AC-Invertor) จำนวน 1 เครื่อง</li> <li>- เครื่องปั่นกระแสไฟฟ้า 5 kW จำนวน 1 เครื่อง</li> </ul>

งวดที่	ช่วงเวลาปฏิบัติการวิจัย	แผนปฏิบัติการวิจัยที่สอดคล้องกับการจัดซื้อครุภัณฑ์วิจัย
2	1 มี.ค.64 – 30 มี.ค. 64 (ภายใน 30 วัน)	ผู้วิจัยจะดำเนินการจัดซื้อครุภัณฑ์เพื่อนำมาใช้ในงานพิมพ์ภาพสามมิติภายในถ้ำชนิดภาพสี โดยมีการจัดซื้อครุภัณฑ์ ดังนี้ - เครื่องพิมพ์ Laser สีความละเอียดสูง 1 เครื่อง
3	-	- ไม่มีการจัดซื้อ
4	-	- ไม่มีการจัดซื้อ

#### 6. งบประมาณของโครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุน

รายละเอียดงบประมาณการวิจัยตลอดโครงการ รวม 11,510,200 บาท โดยแยกเป็นหมวดค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังตารางต่อไปนี้

หมวดค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน
1. ค่าตอบแทนบุคลากรหรือค่าจ้างนักวิจัย	3,480,000
2. ค่าใช้สอยหรือค่าดำเนินการ	1,211,200
3. ค่าวัสดุ	1,795,000
4. ค่าครุภัณฑ์	4,281,000
5. ค่าธรรมเนียมการอุดหนุนสถาบัน	714,000
6. ภาษีมูลค่าเพิ่ม	-
รวมทั้งสิ้น	11,501,200