พันเอก ผศ.สุรัณ เลิศล้ำ และคณะ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์
ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

โครงการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของราชมรรคาสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7

Living Angkor Road Project

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้นำความรู้ทางด้านโบราณคดี มานุษยวิทยา เทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์ เทคโนโลยีสื่อระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นำมาประยุกต์ใช้ เพื่อศึกษาถนนโบราณจากเมืองพระนครมายังเมืองพิมายซึ่งปรากฏหลักฐานการกล่าวถึงในจารึกสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 มหาราชผู้ยิ่งใหญ่แห่งอาณาจักรขอมโบราณ จากการศึกษาทางประวัติศาสตร์และโบราณคดีทำให้เราทราบว่าในรัชสมัยของพระองค์ อาณาจักรขอมได้ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ บทความนี้เป็นรายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัยซึ่งอยู่ระหว่างการดำเนินการในส่วนของการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีสื่อระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการศึกษาทางด้านโบราณคดี

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษารายละเอียดและการใช้ประโยชน์ของถนนโบราณเส้นนี้โดยได้บูรณาการศาสตร์ต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อพยายามหาตำแหน่งที่แน่นอนของถนน ชุมชนที่เคยมีชีวิตอยู่ตามเส้นทางนี้ทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบัน วัฒนธรรมที่เคยรุ่งเรืองและสูญสิ้นไป ตลอดจนวัฒนธรรมที่ยังสืบทอดต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน ศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความรู้ทางโบราณคดี ความรู้ทางมานุษยวิทยา เทคโนโลยีสื่อระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์ เทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์ และเทคโนโลยีทางสารสนเทศได้ถูกนำมาใช้เพื่อการพัฒนาระบบฐานข้อมูลที่เกี่ยวเนื่องกับถนนโบราณเส้นนี้ เพื่อประโยชน์สำหรับนักวิชาการ นักเรียน นักศึกษา และผู้ที่สนใจ สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ได้ต่อไป และสามารถใช้เป็น

ข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับพื้นที่ศึกษา เช่น ในการวางแผนการใช้ที่ดินที่คำนึงถึงการจัดการทางวัฒนธรรม และการท่องเที่ยวอีกด้วย

คำสำคัญ : ราชมรรคา, เทคโนโลยีสื่อระยะไกล, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, โบราณคดี, มานุษยวิทยา, เทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์

Abstract

In this research, the knowledge from the fields of archaeology, anthropology, geo-physics, a remote sensing and GIS are applied for the study to identify and pin point the Royal road from Angkor to Phimai that was constructed by the Jayavarman VII, the Great King of Cambodia. From archaeological and historical studies, we had learnt that during his period, the Khmer empire was expanded to cover most of the area of the Southeast Asia. This paper is a progress report from this study on the parts of archaeological, remote sensing and GIS of the studies.

In this research, as mentioned before, we are utilizing the knowledge from multi-disciplinary fields to study the detailed of the royal road, its utilization, the people who lived and used the royal road, and the culture that had disappeared, and the one that has been continue to flourish along the royal road until today. The most advance technologies will be applied in the field of remote sensing, GIS, archaeology, anthropology, geophysics, and the information system will be developed to gather all information from this study for the scholars to use. In addition, the data that will be developed from this project can be further utilized by the other related works in the fields of land use planning related to cultural management, tourism, etc.

Keywords : royal road, remote sensing, GIS, archaeology, anthropology, geophysics

1. บทนำ

การศึกษาเรื่องศาสนสถานประจำที่พักคนเดินทางและเส้นทางที่ใช้ในการเดินทางระหว่างเมืองพระนครไปยังเมืองต่าง ๆ ในสมัยเขมร ได้มีการสำรวจศึกษาจากนักวิชาการฝรั่งเศส นักอ่านจารึก นักสำรวจ ของสำนักฝรั่งเศสแห่งปลายบูรพทิศ ที่ทำการวิจัยประวัติความเป็นมาของอารยธรรมเขมร เมื่อประมาณ 1 ศตวรรษที่ผ่านมา และมีการตีพิมพ์เป็นเอกสาร แผนที่แสดงตำแหน่งถนนสายต่าง ๆ เช่น แผนผังการสำรวจของ ลูเนต์ เดอ ลาจองกิแยร์ ตีพิมพ์เมื่อ ค.ศ. 1907[1] การศึกษาวิเคราะห์ จำแนกคุณลักษณะของอาคารโดย หลุยส์ ฟิโนต์ พร้อมทั้งเสนอว่าควรเรียกอาคารเหล่านี้ว่า ธรรมศาลา[2] อาคารที่เรียกว่าธรรมศาลาหรืออัคนีศาลา หรือบ้านมีไฟนั้น

[1,2] บนถนนจากเมืองยโศธรปุระไปยังราชธานีแห่งประเทศจัมปา (พระองค์ได้ทรงสร้าง) ที่พักคนเดินทางพร้อมด้วยไฟ 57 แห่ง (บทที่ 122)

สำรวจพบตามเส้นทางจากนครธมไปทางทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ บางส่วนพบอยู่ในบริเวณปราสาทใหญ่ๆ เช่น ปราสาทบึงมาลา ปราสาทพระขรรค์ ปราสาทบันทายฉมาร์ และปราสาทตาพรม ซึ่งสร้างด้วยหินทรายและมีหน้าบันสลักภาพรูปพระอวโลกิเตศวร ในขณะที่บ้านมีไฟตามเส้นทางสายตะวันตกเฉียงเหนือสร้างด้วยศิลาแลง[3] อาคารทั้งหมดนี้มีรูปแบบเป็นเอกลักษณ์ โดยมีห้องยาวด้านตะวันออกและมียอดทรงปราสาท ทางด้านตะวันตก ผนังด้านทิศใต้มีช่องหน้าต่าง ส่วนผนังด้านทิศเหนือเป็นหน้าต่างหลอก ยกเว้นที่ปราสาทผตุ ซึ่งมีหน้าต่างทั้งสองด้าน บ้านมีไฟเหล่านี้ก็ยังคงมีอยู่และทำให้นักเดินทางชาวจีนคือจิวตากวนบันทึกไว้เมื่อเดินทางมายังอาณาจักรเขมรในปี พ.ศ. 1839-1840 ว่า "บนถนนสายใหญ่ๆ มีที่พักคนเดินทางคล้ายกับที่พักม้าใช้ส่งหนังสือของเรา สถานที่เหล่านั้นเรียกกันว่าเซนมู (สำนัก)[4]

2. การศึกษาทางด้าน Remote Sensing และ GIS

2.1 วิธีการศึกษาทางด้าน Remote Sensing และ GIS

การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ความเหมาะสมเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง เราไม่สามารถนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับงานทุกชนิด เนื่องจากขีดจำกัดของเทคโนโลยีนั้นๆ เช่น การศึกษาโดยประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม เราไม่สามารถคาดหวังว่าเราจะเห็นวัตถุได้ชัดกว่าการมองภาคพื้น แต่สิ่งที่เราจะได้คือการได้ข้อมูลในภาพกว้าง ซึ่งเราไม่สามารถทำได้โดยง่ายจากการตรวจสอบภาคพื้นดิน หรือในลักษณะที่ไม่สามารถมองได้ด้วยสายตา เช่น จากการใช้ข้อมูลเรดาร์ ข้อมูลในช่วงคลื่นอินฟาเรด ข้อมูลในช่วงคลื่นความร้อน หรือข้อมูลของสภาพพื้นที่ในอดีตจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศโบราณ เป็นต้น

การศึกษาเบื้องต้นเริ่มจาก

(1) ศึกษาข้อมูลเดิมจากที่มีการศึกษามาก่อน เช่น การศึกษาของนักโบราณคดี โดยนำข้อมูลด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง มาศึกษาหาความสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้สามารถหาภาพรวมว่าเราจะได้อะไรจากการนำข้อมูลและเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ร่วมกัน

(2) พัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน เราสามารถเห็นได้ว่าถ้าเรานำความรู้สาขาต่างๆ มาใช้ร่วมกันก็จะสร้างองค์ความรู้ใหม่ขึ้นจากองค์ความรู้เดิมได้ หรือสามารถพิสูจน์สมมติฐานต่างๆ ที่ตั้งขึ้นจากการศึกษาในสาขาต่างๆ อย่างต่อเนื่องในระยะเวลาเกือบหนึ่งร้อยปีที่ผ่านมาหรือเก่ากว่านั้น

(3) วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ร่วมกัน สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์นั้น เริ่มต้นโดยการนำข้อมูลต่างๆ เข้ามาอยู่ในรูปดิจิตอล เช่น ข้อมูลแผนที่โบราณ ภาพถ่ายทางอากาศจะใช้วิธีการสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์รายละเอียดสูงซึ่งทำให้ข้อมูลที่ได้รับมีคุณภาพสูงตามไปด้วย เช่น ภาพถ่ายทางอากาศสามารถสแกนให้ได้รายละเอียดภาพถึง 0.5 ถึง 1 เมตรต่อหนึ่งจุดภาพ หรือ 1 พิกเซล

[3,4] จากราชธานีไปยังเมืองวิมาย (มี) ที่พักคนเดินทางพร้อมด้วยไฟ 17 แห่ง จากราชธานีไปยังชัยวตี จากเมืองชัยวตี ไปยังเมืองชัยสิงหวตี (บทที่ 123)
ม.จ.สุภัทรดิศ ดิศกุล. "ศิลาจารึกปราสาทพระขรรค์ของพระเจ้าชัยวรมันที่ 7" วารสารศิลปากร, ปีที่ 10 เล่ม 2, 2509 หน้า 52-60.

รูปที่ 1 แผนที่ภูมิประเทศรายละเอียด 1:50,000 บริเวณปราสาทเทพสถิตย์ (ภาพไม่เต็มอัตราส่วน)

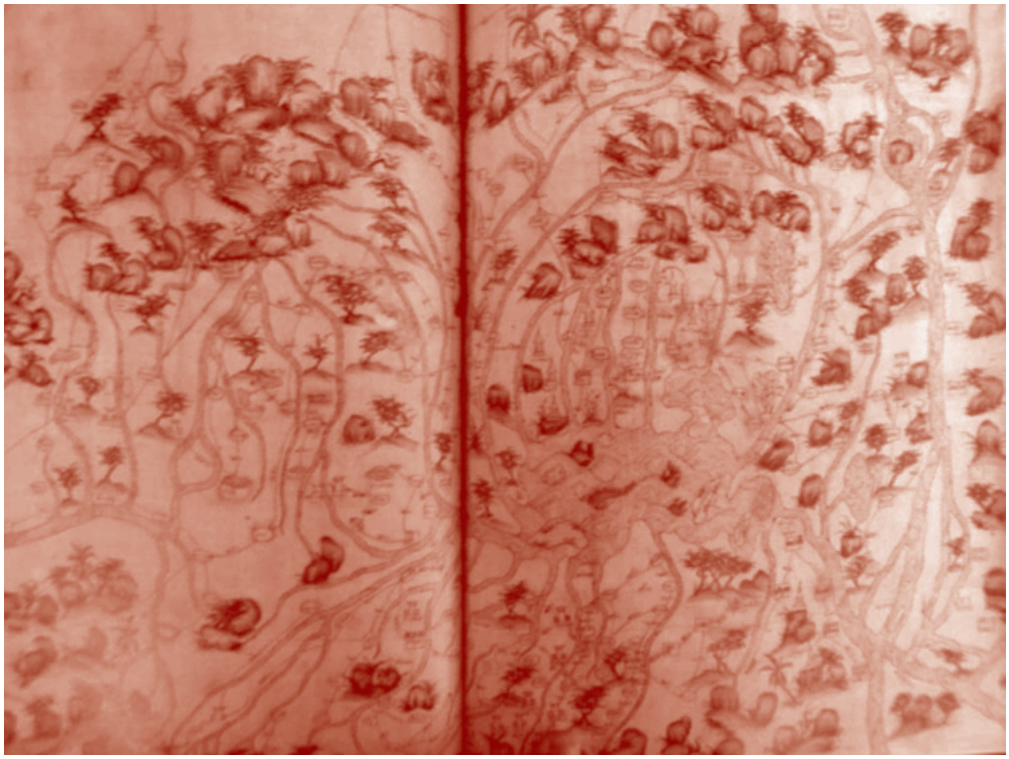
ซึ่งมีประโยชน์มากในการกำหนดตำแหน่งของโบราณสถานหรือสถานที่ต่างๆ ร่วมกับอุปกรณ์หาตำแหน่ง หรือเครื่อง Global Positioning System (GPS) ซึ่งในปัจจุบันสามารถกำหนดตำแหน่งได้ถูกต้องสูงสุดได้ถึง 20 เซนติเมตร หรือมากกว่า ส่วนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งอยู่ในรูปของข้อมูลดิจิตอลแล้วนั้นก็ต้องปรับแก้ทางภูมิศาสตร์ (Geometric Correction) และต้องปรับแก้ความผิดพลาดของค่าที่เครื่องวัด หรือ sensor ในช่วงคลื่นต่างๆ ที่วัดได้ (Radiometric Correction) ก่อนที่เราจะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยการคำนวณต่างๆ ร่วมกับข้อมูลอื่นๆ ซึ่งจะถูกจัดให้บรรจุอยู่ในรูปแบบของฐานข้อมูลต่อไป ที่กล่าวมานี้เป็นขั้นตอนมาตรฐานโดยทั่วไปของการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์และเทคโนโลยีสื่อระยะไกล

(4) พิสูจน์สมมติฐานจากข้อมูล จากการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น

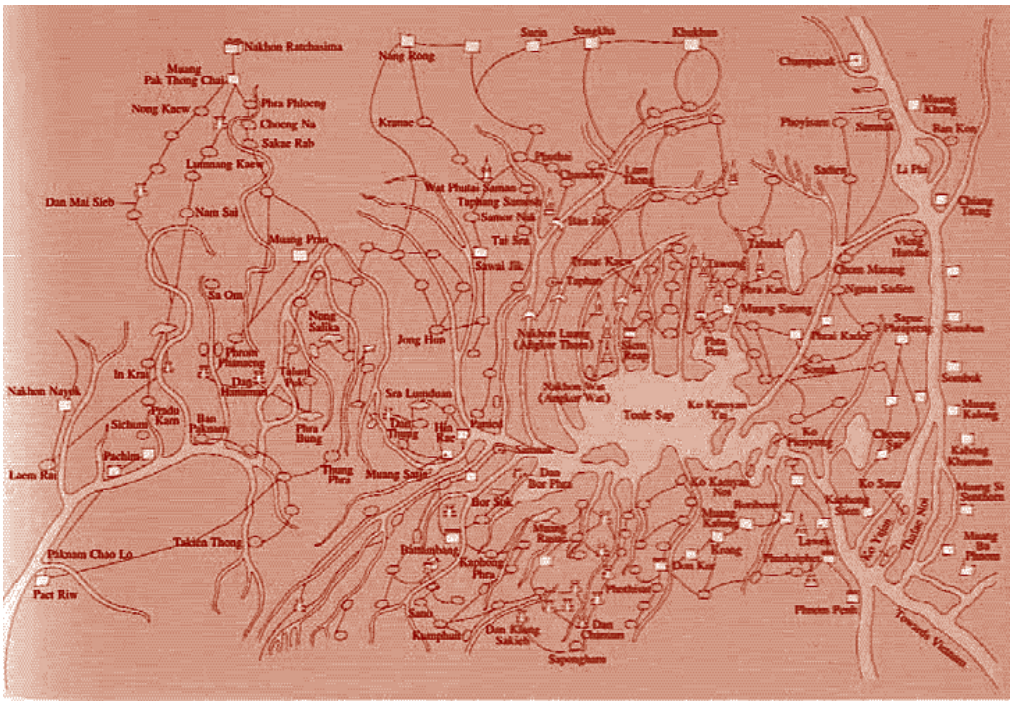
2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์และการวิเคราะห์ข้อมูลในโครงการ

1. แผนที่ Topographic Map มาตราส่วน 1:50,000 เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ภูมิประเทศและศึกษาประกอบกับภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม เนื่องจากการศึกษาจากภาพถ่ายดาวเทียมยังไม่สามารถจำแนกพื้นที่บางประเภทออกจากกัน และใช้ในกรณีศึกษาที่ตั้งชุมชน และชื่อของชุมชนที่มีความเกี่ยวเนื่องกับข้อมูลทางโบราณคดี เช่น ชื่อบ้านเขาดิน ซึ่งชื่อนี้ได้ถูกเรียกตามเนินดินของแหล่งโลหะกรรมโบราณในหมู่บ้าน หรือกรณีบ้านหัวสะพานบริเวณใกล้ธรรมศาลาหรืออัคนีศาลาเทพสถิต (หนองตาเปล่ง) ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ริมฝั่งลำปลายมาศในแนวถนนโบราณ (รูปที่ 1)

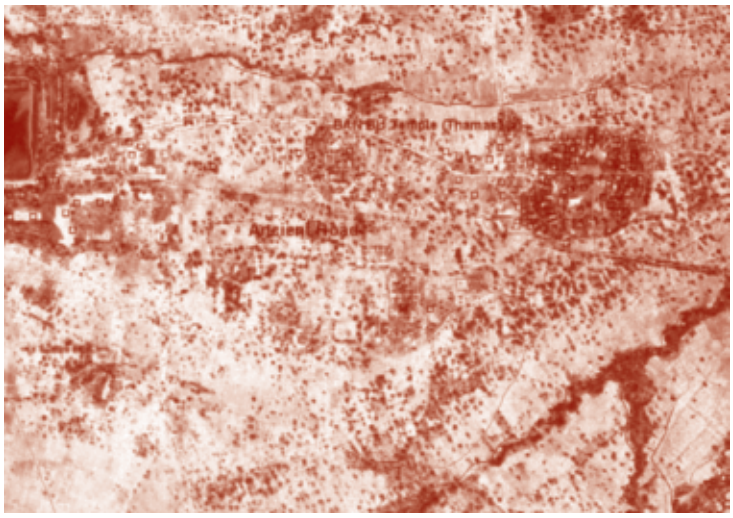
2. แผนที่โบราณ เพื่อใช้ศึกษาเปรียบเทียบเส้นทางที่อยู่บนแผนที่โบราณกับแนวถนนโบราณ ทำให้เราทราบว่าถนนโบราณเส้นนี้ (บางส่วน) ได้มีการใช้งานในสมัยรัตนโกสินทร์ตอนต้น



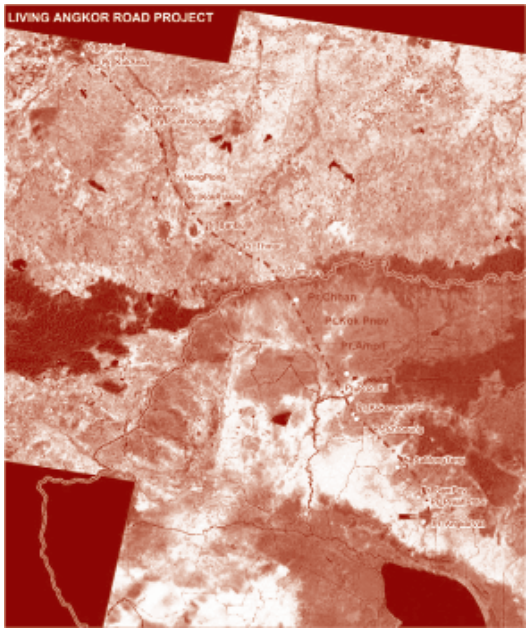
รูปที่ 2 แผนที่โบราณระวางเขมรในนี้ (ภาพไม่เต็มอัตราส่วน) (source : Royal Siamese Maps by Santance Phasuk and Phillip Stott)



รูปที่ 3 รายละเอียดของแผนที่โบราณระวางเขมรในนี้ (ภาพไม่เต็มอัตราส่วน) (source : Royal Siamese Maps by Santance Phasuk and Phillip Stott)



รูปที่ 4 ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2496 แสดงแนวถนนโบราณบริเวณปราสาทบ้านบุ (ภาพไม่เต็มอัตราส่วน)

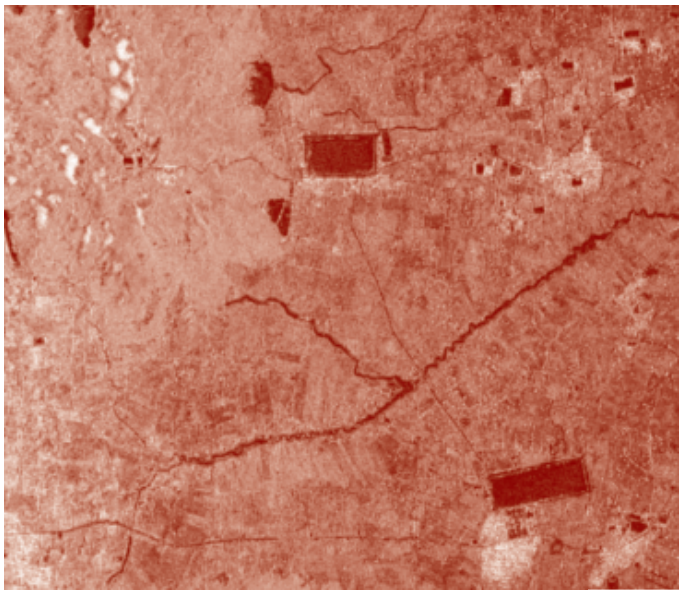


รูปที่ 5 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ETM แสดงพื้นที่ตามแนวถนนโบราณ (ภาพไม่เต็มอัตราส่วน)

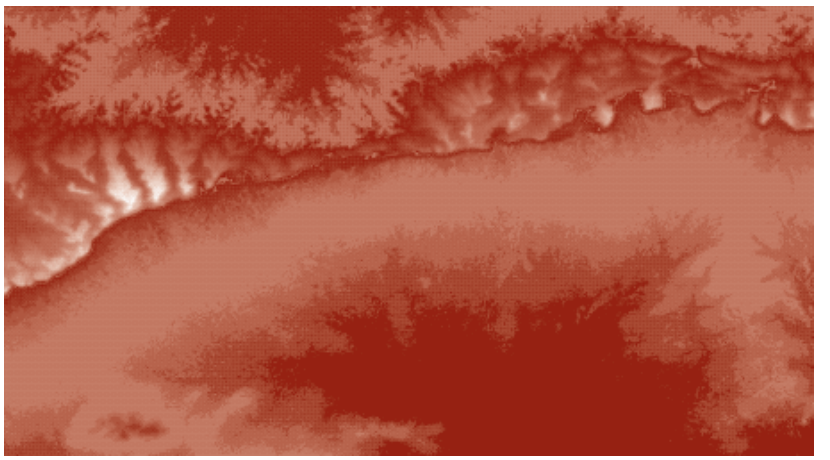
(รูปที่ 2 และ 3) โดยเราสามารถพิสูจน์ทราบได้จากการเปรียบเทียบแนวถนนในแผนที่โบราณที่มีการลงตำแหน่งของธรรมศาลาพรหมเกล และสะพานขอม (สเปียนโทป) ซึ่งแนวดังกล่าวเป็นแนวของถนนโบราณจากเมืองพระนครมายังเมืองพิมาย

3. ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2496 และภาพถ่ายทางอากาศ William-Hunts Collection ภาพถ่ายทางอากาศดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการศึกษาลักษณะภูมิประเทศในสมัยที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงต่อสภาพพื้นที่ของแหล่งโบราณคดี หรือโครงสร้างทางกายภาพของพื้นที่ชุมชนโบราณ ซึ่งทำให้เราสามารถใช้ในการศึกษาวิเคราะห์แนวที่น่าจะเป็นแนวถนนโบราณ และสิ่งก่อสร้างตามแนวถนนโบราณได้ในบางพื้นที่ ที่สามารถตรวจสอบจากภาพถ่ายทางอากาศเหล่านี้ได้ ในขณะเดียวกันในบางพื้นที่ก็ไม่สามารถ ศึกษาได้ด้วยเหตุผลทางกายภาพของพื้นที่ เช่น การปกคลุมของต้นไม้อย่างหนาทึบ หรือสิ่งที่เราพยายามค้นหาถูกดินทับถมจนไม่สามารถตรวจสอบได้ ดังนั้นการศึกษาจากหลายสาขาในลักษณะสหสาขาจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยของโครงการนี้ (รูปที่ 4)

4. ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ETM เพื่อใช้ในการศึกษาภาพรวมของพื้นที่ ลักษณะของพื้นที่ในปัจจุบัน เส้นทางน้ำ และแหล่งชุมชนปัจจุบัน และใช้ในการศึกษาร่วมกับข้อมูลอื่นๆ เนื่องจากข้อมูลจากดาวเทียม **Landsat ETM** สามารถครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมดได้ ทำให้เราสามารถมองภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่จากที่ลุ่มต่ำ ณ เมืองพระนคร จนถึงที่ราบสูงในเขตเมืองพิมาย ลักษณะของเส้นทางน้ำและการไหลของน้ำโดยการศึกษาประกอบกับข้อมูลความสูง (รูปที่ 5)



รูปที่ 6 ภาพถ่ายจาก AIRSAR บริเวณพื้นที่พนมรุ้ง (ภาพไม่เต็มอัตราส่วน)



รูปที่ 7 ข้อมูลความสูง SRTM แสดงพื้นที่ตามแนวถนนโบราณบริเวณช่องตาเมือน (ภาพไม่เต็มอัตราส่วน)

5. ข้อมูลเรดาร์ AirSar ซึ่งเป็นข้อมูลเรดาร์ที่มีความสามารถในการทะลุพื้นผิวได้เล็กน้อยในสภาพพื้นที่ของประเทศไทยและกัมพูชา ซึ่งเป็นพื้นที่มีพืชพันธุ์ไม้ปกคลุมดินอย่างหนาแน่น และมีความชื้นในดินสูง อันเป็นอุปสรรคต่อการสำรวจใต้พื้นผิวของเรดาร์ แต่เราสามารถนำข้อมูลนี้มาใช้เพื่อศึกษาในทางอ้อม โดยศึกษาจากความแตกต่างของผิวดินอันเกิดจากความผิดปกติใต้พื้นผิวดินอันเนื่องมาจากการถูกรบกวนของดินโดยการกระทำของมนุษย์ เช่นการปรับพื้นผิวเพื่อการตั้งที่อยู่อาศัยของชุมชนโบราณ เป็นต้น (รูปที่ 6)

6. ข้อมูลความสูง SRTM ถูกนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์เพื่อศึกษาลักษณะของภูมิ-ประเทศ การไหลของน้ำ โดยเฉพาะการศึกษาผลกระทบของความต่างของความสูงของพื้นที่ตลอดแนวเส้นทางจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลความสูงนี้อธิบายถึงการสร้างถนนในบางบริเวณเป็นแนวสูง และในทางกลับกัน การสร้างถนนในบางบริเวณเป็นแนวราบติดพื้นดินปกติ นอกจากนั้นแล้วข้อมูลความสูงจาก SRTM นี้ยังเป็นข้อมูลเริ่มต้นที่สำคัญในการค้นพบแนวถนนโบราณข้ามช่องตาเมือน เนื่องจากการพิจารณาแผนที่ความสูงนี้ทำให้พบพื้นที่ที่อาจเคยใช้เป็นเส้นทางข้ามเขาพนมดงรักบริเวณช่องตาเมือน (รูปที่ 7)

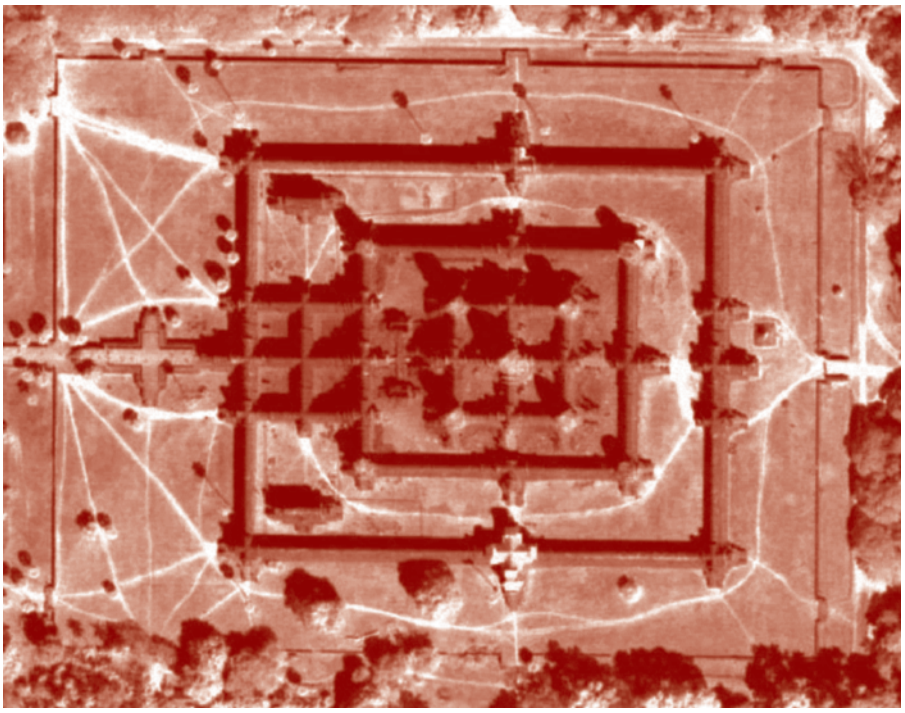
7. ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS เพื่อใช้ในการศึกษาพื้นที่สภาพพื้นที่ปัจจุบันโดยละเอียดซึ่งทำให้เราสามารถตรวจสอบแผนผังหรือแนวขอบเขตอาณาบริเวณที่มีความสำคัญต่อการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังทำให้เรา

รูปที่ 8 ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS แสดงพื้นที่บริเวณปราสาทหินพิมาย (ภาพไม่เต็มอัตราส่วน)

สามารถตรวจสอบโครงสร้างหรือแนวถนนโบราณที่ยังหลงเหลืออยู่ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากโครงสร้างที่มีขนาดเล็กไม่สามารถตรวจสอบได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีรายละเอียดปานกลาง (รายละเอียดภาพตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป) (รูปที่ 8)

8. ภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird เพื่อใช้ในการศึกษาพื้นที่ สภาพพื้นที่ปัจจุบันโดยละเอียดซึ่งทำให้เราสามารถตรวจสอบแผนผังหรือแนวขอบเขตอาณาบริเวณที่มีความสำคัญต่อการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังทำให้เราสามารถตรวจสอบโครงสร้างหรือแนวถนนโบราณที่ยังหลงเหลืออยู่ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากโครงสร้างที่มีขนาดเล็กไม่สามารถตรวจสอบได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีรายละเอียดปานกลาง (รายละเอียดภาพตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป) (รูปที่ 9)

9. ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม ถือเป็นข้อมูลสำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการทำการวิจัยนี้ ในการศึกษาวิจัยทางด้าน Remote Sensing และ GIS นั้น การตรวจสอบภาคพื้นถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดขั้นตอนหนึ่ง เนื่องจากการจำแนกชนิดของพื้นที่จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหรือภาพถ่ายทางอากาศยังไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นแล้วในการศึกษาวิจัยโดยละเอียดในภาคพื้นยังเป็นไปโดยยากจากข้อมูล Remote Sensing แต่เพียงอย่างเดียว แต่การนำข้อมูลจากการสำรวจภาคพื้นไปขยายผลกับการศึกษาวิจัยทางด้าน Remote Sensing และ GIS นั้นจะเป็นการขยายผลการศึกษาวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีขั้นตอนการวิจัยโดยเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ข้อมูล Remote



รูปที่ 8 ภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird แสดงพื้นที่บริเวณปราสาทนครวัด (ภาพไม่เต็มอัตราส่วน)

Sensing และ GIS เพื่อใช้ในการกำหนดจุดและพื้นที่เพื่อทำการสำรวจภาคพื้นดิน และเมื่อทำการสำรวจภาคพื้นดินแล้วข้อมูลจากการสำรวจภาคพื้นดินถูกนำกลับไปทำการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูล Remote Sensing และ GIS เพื่อทำการวิเคราะห์ขยายผลการศึกษา จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังที่กล่าวข้างต้นสำหรับโครงการนี้ทำให้สามารถค้นพบข้อมูลใหม่เกี่ยวกับถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ดังรายละเอียดที่ได้นำเสนออยู่ในส่วนการศึกษาด้านโบราณคดีของบทความนี้

2.3 การดำเนินงานในขั้นปัจจุบัน

จากการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบ โดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น ทำให้เราสามารถวิเคราะห์หาแนวเส้นทางถนนโบราณได้บางส่วนแล้ว โดยจากการศึกษาข้อมูลบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงกับปราสาทพนมรุ้ง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวถนนบริเวณปราสาทบ้านบุ ซึ่งเป็นธรรมศาลาหรืออัคนีศาลา ศาสนสถานสำหรับคนเดินทางที่อยู่ใกล้กับปราสาทพนมรุ้ง โดยแนวถนนโบราณนี้ในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนสภาพไปแล้ว แต่ยังสามารถตรวจพบได้จากภาพถ่ายทางอากาศปี 2496 (รูปที่ 4) และจากการวิเคราะห์ข้อมูล AIRSAR (รูปที่ 6) ซึ่งเป็นข้อมูลเรดาร์ที่มีความสามารถในการทะลุพื้นผิวได้เล็กน้อย โดยลักษณะทิศทางของแนวถนนโบราณและธรรมศาลาหรืออัคนีศาลามีลักษณะที่มีทิศทางเหมาะสมโดยหน้าต่างของธรรมศาลาซึ่งมีเพียงด้านเดียวทางทิศใต้หันไปในทิศของแนวถนนโบราณ เพื่อให้คนเดินทางในสมัยโบราณสามารถเห็นแสงไฟจากธรรมศาลา

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ในส่วนของงาน Remote Sensing และ GIS ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้าน Remote Sensing และ GIS ทำให้สามารถกำหนดพื้นที่ในการสำรวจได้อย่างแม่นยำ ทำให้สามารถค้นพบธรรมศาลาหรืออัคนีศาลาเพิ่มเติมในฝั่งกัมพูชา และตำแหน่งแนวถนนโบราณข้ามช่องตาเมือน นอกจากนั้นยังสามารถทำการวิเคราะห์ขยายผลการสำรวจภาคพื้นดินซึ่งทำให้เกิดการขยายผลของการศึกษาวิจัยได้เป็นอย่างมาก ซึ่งการศึกษาในส่วนของงานโบราณคดีสามารถนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ทางด้าน Remote Sensing และ GIS ไปเป็นข้อมูลเริ่มต้นได้อย่างต่อเนื่อง ดังจะได้กล่าวต่อไปในส่วนการศึกษาทางด้านโบราณคดี

3. การศึกษาทางด้านโบราณคดี

3.1 การสำรวจทางโบราณคดี

ผลการสำรวจตามโครงการร่วมระหว่างมหาวิทยาลัยศิลปากร โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า องค์การอัปสรา และสำนักโบราณคดี กรมศิลปากร เพื่อดำเนินการค้นหาและพัฒนาข้อมูลสารสนเทศ ทางภูมิศาสตร์ของราชมรรคาสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ได้ทำการสำรวจหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างแหล่งโบราณคดีตามวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารายละเอียดของถนนโบราณสายตะวันตกเฉียงเหนือ หน้าที่การใช้งาน การใช้ประโยชน์ของเส้นทางนี้ โดยพยายามหาตำแหน่งที่แน่นอนของถนน ศาสนสถานประจำที่พักคนเดินทางหรือบ้านมีไฟ ศาสนสถานอื่นๆ ตลอดจนชุมชนที่เคยใช้ชีวิตอยู่ตามเส้นทางนี้ในอดีตจนถึงปัจจุบัน วัฒนธรรมที่เคยมีความรุ่งเรืองอยู่ตามเส้นทางนี้ซึ่งสูญสิ้นไป และวัฒนธรรมที่ยังคงถูกรักษาต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน โดยมีขอบเขตการปฏิบัติงาน ในฝั่งประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดสุรินทร์ ในเขตประเทศไทย เฉพาะในแนวที่สันนิษฐานว่าเป็นบริเวณที่ถนนโบราณพาดผ่าน และดำเนินการสำรวจจากเมืองพระนคร ประเทศกัมพูชา จนถึงบริเวณพรมแดนในเขตจังหวัดอุดรมีชัย โดยมีวิธีการในการเข้าถึงข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ประชาชนในท้องถิ่นผ่านเจ้าหน้าที่กรมศิลปากรในพื้นที่และดำเนินการตรวจสอบและพิสูจน์หลักฐานใน 3 ระดับตามเงื่อนไขประเภทของหลักฐาน ได้แก่

1. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสื่อระยะไกลเพื่อวิเคราะห์ด้านตำแหน่งที่ตั้งและเดินสำรวจ ให้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข ได้แก่ค่าพิกัดตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งประกอบข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและแผนที่ความสูง

2. การสำรวจด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์เพื่อตรวจสอบร่องรอยผิดปกติใต้ผิวดิน โดยใช้วิธีการส่งสัญญาณเรดาร์ การตรวจสอบสภาพต้านทานไฟฟ้าของดิน หรือการวัดค่าเกรเดียนท์ทางดิ่งของสนามแม่เหล็กโลก ขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งหรือคุณสมบัติทางกายภาพของแหล่งกับพื้นที่ใกล้เคียง

3. การขุดค้นทางโบราณคดีเพื่อทดสอบสมมติฐาน

3.2 ผลการสำรวจ

3.2.1 อาคารและสิ่งก่อสร้าง

ในบริเวณกลุ่มปราสาทตาเมือน ต่อเนื่องไปถึงรอยต่อพรมแดนไทย-กัมพูชา ในเขตจังหวัดอุดรมีชัย ได้พบสิ่งก่อสร้างสำคัญได้แก่ ปราสาทจาน ซึ่งเป็นชื่อที่ชาวกัมพูชาในพื้นที่ใช้เรียกในปัจจุบัน ตั้งอยู่ในเขตที่ราบเชิงเขาในเขตประเทศกัมพูชา ห่างจากปราสาทตาเมือนธม ประมาณ 1.15 กิโลเมตร ห่างจากปราสาทตาเมือน

ประมาณ 2.3 กิโลเมตร ปราสาทจานมีลักษณะเป็นอาคารสี่เหลี่ยมผืนผ้า ก่อด้วยหินทราย มีขนาดประมาณ 4x12.30 เมตร ตัวอาคารหันหน้าทางทิศตะวันออก ด้านทิศตะวันตกเป็นห้องคูหา ไม่พบรูปเคารพ สภาพของอาคารอยู่ในสภาพหักพัง ชั้นหลังคาทรุดตัวลงทั้งหมด เหลือความสูงขึ้นไปราว 2-3 เมตร ผนังด้านทิศเหนือทึบยังปรากฏลวดลายแกะสลักที่ขอบผนังด้านบน ส่วนผนังด้านทิศใต้มีช่องหน้าต่าง จำนวน 3 ช่อง เดิมอาจมีช่องหน้าต่างทั้งหมด 5 ช่อง แต่พังทลายลง พบเสาประดับกรอบประตูที่มุขทางเข้าด้านตะวันตกของปราสาท ด้านนอกปราสาทด้านทิศเหนือมีแนวซากอาคารก่อด้วยศิลาแลง

นอกจากนี้ได้ทำการสำรวจสิ่งก่อสร้างด้วยศิลาแลงในบริเวณพรมแดนประเทศไทยและกัมพูชา ซึ่งเคยได้รับการสำรวจจากเจ้าหน้าที่สำนักงานศิลปากรที่ 12 นครราชสีมา หลายครั้งในขณะดำเนินงานบูรณะปราสาทตาเมือนธม แต่ไม่ปรากฏการบันทึกไว้เป็นเอกสาร ที่แหล่งนี้อยู่ห่างจากปราสาทตาเมือนธมทางทิศตะวันตกประมาณ 384 เมตร มีลักษณะเป็นสิ่งก่อสร้างที่ใช้ศิลาแลงเป็นวัสดุหลักก่อเป็นขอบยกพื้นขึ้นสูงเป็นแนวระนาบ พื้นภายในบดอัดด้วยดินทราย มีความกว้างประมาณ 10 เมตร มีความยาวที่สำรวจได้ประมาณ 20 เมตร และในจุดที่ทำการวัดพิกัดด้านทิศใต้ พบชิ้นส่วนประติมากรรมเป็นเท้าสิงห์ ซึ่งมักตั้งอยู่เป็นคู่ที่ทางดำเนินในศาสนสถานเขมรโดยทั่วไป ร่องรอยของสิ่งก่อสร้างนี้ยังพบแนวต่อเนื่องไปอีกตามลาดเชิงเขาโดยสังเกตเห็นว่าสร้างลดชั้นต่อลงไป และอาจมีความยาวมากกว่า 800 เมตร อย่างไรก็ตามสภาพพื้นที่ในปัจจุบันของแหล่งทั้งสองถูกปกคลุมด้วยพันธุ์ไม้ ที่ปราสาทจานมีกองหินหล่นที่กระจายอยู่รอบปราสาท รวมทั้งพื้นที่โดยรอบยังไม่เหมาะสมในการเดินสำรวจ จึงไม่สามารถศึกษาได้โดยละเอียด แต่รูปแบบทางสถาปัตยกรรมของปราสาทจานมีลักษณะเฉพาะตามแบบอาคารที่เรียกว่า *"ธรรมศาลา หรืออัคนีศาลา หรือบ้านมีไฟ"* ซึ่งปรากฏอยู่ในเขตประเทศกัมพูชาและไทย รวมทั้งขนาดของปราสาทจานยังมีขนาดใกล้เคียงกับปราสาทบ้านบุ ตำบลจระเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ ปราสาทถมอ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ซึ่งทั้งหมดมีความเกี่ยวข้องกับถนนที่ตัดจากเมืองพระนครมายังเมืองพิมาย และเป็นส่วนหนึ่งของบ้านมีไฟจำนวน 17 หลัง ที่ตั้งอยู่เป็นระยะๆ ในสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 การสำรวจในเขตประเทศกัมพูชา ได้พบบ้านมีไฟทั้ง 8 แห่งตามบัญชีโบราณสถานของลาจองกิแยร์ รวมทั้งได้ปรับแก้ค่าพิกัดตำแหน่ง ที่ตั้งของโบราณสถานโดยเฉพาะบ้านมีไฟสองหลังสุดท้ายก่อนถึงเทือกเขาพนมดงเร็ก คือปราสาทหนองเพลิงและปราสาทสเรโบ ซึ่งปัจจุบันเรียกปราสาทโคกพเนอ

ในปัจจุบันได้ค้นพบอาคารที่มีรูปแบบเฉพาะของบ้านมีไฟจำนวน 18 หลัง ในเขตประเทศกัมพูชา 9 หลังรวมทั้งปราสาทจาน และพบในเขตประเทศไทย 9 หลังรวมทั้งปราสาทสำโรงเก่า ซึ่งสำรวจพบโดยเจ้าหน้าที่สำนักงานศิลปากรที่ 12 นครราชสีมา ในขณะที่จารึกปราสาทพระขรรค์ระบุไว้ว่าเส้นทางสายนี้มีที่พักพร้อมไฟ 17 แห่ง สมมติฐานเกี่ยวกับกรณีนี้คือปราสาทจาน โดยรูปแบบการก่อสร้าง วัสดุ ลวดลายประดับ บ่งชี้ว่าเป็นงานก่อสร้างในช่วงประมาณพุทธศตวรรษที่ 17 ดังนั้นปราสาทจานจึงอาจเป็นที่พักคนเดินทางก่อนข้ามเทือกเขาพนมดงเร็กในช่วงก่อนสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 และอาจเป็นอาคารต้นแบบให้กับงานก่อสร้างธรรมศาลาหรืออัคนีศาลาทั้ง 17 แห่ง หรืออาจมีการรื้อปรับเปลี่ยนรูปแบบสิ่งก่อสร้างดั้งเดิมให้

สอดคล้องกันทั้งหมด

อย่างไรก็ตามเราอาจสรุปได้ว่าอาคารที่พักคนเดินทางที่เรียกว่าธรรมศาลาหรืออัคนีศาลาที่สร้างขึ้นตลอดเส้นทางสายตะวันตกเฉียงเหนือนั้นได้สำรวจพบต่อเนื่องตั้งแต่เมืองพระนครจนถึงเมืองพิมายโดยผ่านทางช่องปราสาทตาเมือน ซึ่งมีทางเดินปรับระดับและก่อด้วยศิลาแลงเป็นแนวเชื่อมต่อมายังปราสาทตาเมือน เส้นทางที่ตัดตรงมานี้ในปัจจุบันยังปรากฏสิ่งก่อสร้างสำคัญหลายแห่งในเขตกัมพูชาคือสะพานข้ามลำน้ำก่อด้วยศิลาแลงจำนวน 30 สะพาน โดยในระหว่างนี้คณะทำงานขององค์การอัปสรากำลังดำเนินการสำรวจและรวบรวมเป็นการศึกษาเฉพาะเรื่อง

3.2.2 แหล่งอุตสาหกรรม และวัตถุดิบ แหล่งโลหะกรรม บ้านเขาดินใต้

ที่ตั้ง ตำบลบ้านกรวด อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

การสำรวจแหล่งโบราณคดีที่มีร่องรอยการถลุงเหล็กในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการพบอยู่หลายแห่งทั้งที่มีอายุอยู่ในสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายและสมัยประวัติศาสตร์ ในบริเวณลุ่มแม่น้ำมูลมีผลการขุดค้นที่บ้านกระเบื้องนอก(5) พบว่ามีกิจกรรมการถลุงเหล็กจากร่องรอยเศษตะกรันแร่เหล็กเป็นจำนวนมาก เช่นเดียวกับที่บ้านดงพลอง อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ มีสภาพเป็นเนินดินมีตะกรันแร่เหล็กกระจายอยู่ทั่วไป การขุดค้นที่นี่ได้พบเตาถลุงเหล็กท่อดินเผา และร่องรอยอื่นๆ ที่ทำให้เข้าใจเทคนิคการถลุง(6)

แหล่งโลหะกรรมในเขตบ้านเขาดินใต้เป็นแหล่งที่มีการสำรวจพบมาเป็นเวลานานและมีนักวิชาการที่สนใจมาทำการสำรวจ ศึกษาอยู่หลายครั้ง วิธีการถลุงคงใช้วิธีการพื้นฐานคือ ใช้ถ่านให้ความร้อน ท่อ และเบ้าหลอมซึ่งทำด้วยดินเผา ซึ่งมักพบปะปนอยู่กับตะกรัน ส่วนสูบนั้นเป็นท่อไม้คู่จึงไม่เหลือหลักฐานให้เห็นในปัจจุบัน แหล่งถลุงโลหะนี้พบกระจายอยู่ทุกอำเภอ แหล่งที่มีตะกรันทับถมมากกองเป็นเนินสูงพบในอำเภอต่างๆ ดังนี้(7)

อำเภอเมืองบุรีรัมย์	พบที่บ้านยาง บ้านรุม บ้านโคตรีทอง
อำเภอคูเมือง	พบที่บ้านโนนมาลัย
อำเภอบ้านกรวด	พบที่บ้านสายโท 7 บ้านเขาดิน
อำเภอพุทไธสง	พบที่ในเมืองพุทไธสง
อำเภอสตึก	พบที่บ้านชุมแสง ตำบลชุมแสง บ้านโคกเมือง ตำบลสะแก

กลุ่มเตาบ้านหนองจิก อำเภอบ้านกรวด

ที่ตั้ง อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

พิกัด ละติจูด 14 องศา 26 ลิปดา 49.1 ฟิลิปดาเหนือ
ลองติจูด 103 องศา 06 ลิปดา 30 ฟิลิปดาตะวันออก UTM 960980

ค่ากรดด่าง ดินบริเวณเตา pH 6.5 กรดอ่อน
ดินบริเวณด้านนอก pH 7.5-7 กลาง

แหล่งเตาเผาบ้านหนองจิกเป็นกลุ่มเตาเผาขนาดเล็ก ประมาณ 25x35 เมตร มีสภาพเป็นเนินดินรูปร่างค่อนข้างกลม สูงประมาณ 1.5 เมตร มีไม้ปกคลุม และมีเศษเครื่องถ้วยเขมรเคลือบสีน้ำตาลกระจายอยู่ทั่วไป เดิมมีเนินดินเตาเผาเป็นกลุ่ม ทั้งหมด 4 แหล่งอยู่ในพื้นที่นี้ แต่ได้ถูกไถปรับพื้นที่ทำนาจนเหลือเพียงแห่งเดียว

ในบริเวณใกล้เคียงมีสระน้ำซึ่งนายเพลิน ทองกันยา อายุ 40 ปี อยู่บ้านเลขที่ 26 บ้านหนองจิก หมู่ 11 ตำบลบ้านกรวด ให้ข้อมูลว่าเป็นสระที่มีมาดั้งเดิม และบนผิวดินทั่วไปมักพบ

เศษเครื่องถ้วยเนื้อแกร่งแบบเขมร สันนิษฐานว่าอาจเป็นแหล่งชุมชนโบราณที่มีความเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการผลิตภาชนะดินเผา

แหล่งตัดหินเขื่อนเมฆา

ที่ตั้ง ตำบลบึงเจริญ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

พิกัด ละติจูด 14 องศา 21 ลิปดา 24.2 ฟิลิปดาเหนือ
ลองติจูด 103 องศา 04 ลิปดา 04.5 ฟิลิปดาตะวันออก

ที่แหล่งนี้เคยได้รับการสำรวจหลายครั้ง โดยเจ้าหน้าที่ จากสำนักงานศิลปากรที่ 12 นครราชสีมา และนักวิทยาศาสตร์ กลุ่มวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ สำนักพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ เมื่อ พ.ศ. 2533 สภาพปัจจุบันของแหล่งตัดหินอยู่ในบริเวณด้านหลังอ่างเก็บน้ำเขื่อนเมฆา ซึ่งเป็นเขตพื้นที่เชิงเขามีความลาดเทต่ำ โดยเป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาพนมดงเร็ก มีลักษณะทางธรณีสัณฐานจัดอยู่ในหินชุดโคราช ส่วนประกอบของเนื้อหินอยู่ในหมวดหินพระวิหารประกอบด้วยหินทรายสีขาว สีน้ำตาลอ่อนอมเหลือง เนื้อหินมีแร่ควอทซ์เป็นส่วนใหญ่ มีการประสานตัวดีมาก พื้นที่โดยทั่วไปมีต้นไม้และวัชพืชขึ้นจากผลของกระบวนการชะล้างและพัดพาตะกอนดินมาปกคลุม

ที่แหล่งนี้มีร่องรอยการสกัด ตัด และเคลื่อนย้ายหินทรายออกอยู่ทั่วไป บางจุดแสดงขั้นตอนการเริ่มสกัดพื้นหินเป็นร่องลึกตามขนาดและจำนวนหินที่ต้องการ บางจุดแสดงร่องรอยเตรียมการงัดและเคลื่อนย้ายออก และบางจุดแสดงร่องรอยให้เห็นว่าได้มีการเคลื่อนย้ายหินออกไปแล้ว ซึ่งตามพื้นผิวด้านข้างยังปรากฏรอยเครื่องมือเหล็กที่ใช้ในการสกัดโดยอาจเป็นเครื่องมือเหล็กปลายแหลมคล้ายกับเครื่องมือที่พบจากการสำรวจในพื้นที่กลุ่มปราสาทตาเมือน การสอบถามเจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลบึงเจริญ ได้ข้อมูลว่าก่อนการสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยเมฆาในบริเวณนี้มีสภาพเป็นแอ่งกว้างและลึกมีต้นน้ำจากเทือกเขาบริเวณช่องเมฆาไหลไปถึงเขาพนมรุ้ง ดังนั้นห้วยเมฆาอาจใช้เป็นเส้นทางลำเลียงหินไปใช้ก่อสร้างศาสนสถานในแถบนั้น

แหล่งตัดศิลาแลง

ที่ตั้ง หลังโรงเรียนบ้านศรีทายาท โรงเรียนบ้านบาระแนะหมู่ 8 บ้านศรีทายาท ตำบลหนองแวง อำเภอละหานทราย จังหวัดบุรีรัมย์

พิกัด ละติจูด 14 องศา 16 ลิปดา 37.1 ฟิลิปดาเหนือ
ลองติจูด 102 องศา 57 ลิปดา 16 ฟิลิปดาตะวันออก

แหล่งตัดศิลาแลงแห่งนี้ไม่มีประวัติการสำรวจ ก่อนหน้านี้ และคณะทำงานของโครงการฯ ได้รับข้อมูลจากประชาชนในพื้นที่ การสำรวจในพื้นที่ได้พบร่องรอยสำคัญของแหล่งวัตถุดิบที่นำศิลาแลงมาใช้ก่อสร้างศาสนสถานในวัฒนธรรมเขมรซึ่งการสำรวจทางโบราณคดีที่ผ่านมาในระยะหลายสิบปียังไม่เคยค้นพบแหล่งวัตถุดิบดังกล่าวมาก่อน ต่างจากแหล่งหินทรายที่มีการสำรวจพบอยู่หลายแห่ง

การสำรวจในพื้นที่นี้พบร่องรอยที่ระบุได้อย่างชัดเจนจากลักษณะของตัวแหล่งที่โผล่พ้นผิวดินเป็นชั้นพื้นศิลาแลงและปรากฏร่องรอยการตัดแบ่งเป็นก้อนในขณะที่บางบริเวณเป็นบ่อกว้างจากผลของการศึกษาพบว่า มีการนำแลงไปใช้งานก่อนที่ชั้นศิลาแลงทั้งหมดจะอยู่ในสภาพแข็งตัว

3.3 ผลการขุดค้นทางโบราณคดี

การขุดค้นทางโบราณคดีในวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2549 ดำเนินการในพื้นที่ของนายพิมาน บาลโสง ในเขตบ้านโคกยาง อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ที่มีสภาพเป็นคันดินยาวต่อเนื่องเป็นระยะทางประมาณ 300 เมตร กว้างประมาณ 14 เมตร และยกตัวสูงกว่าพื้นที่ทำนาทั้งสองด้านประมาณ 1.50 เมตร แนวคันดินนี้ไม่มีสิ่งปลูกสร้างหรือเป็นพื้นที่กิจกรรมใดๆ เพราะเชื่อกันว่าเป็นถนนโบราณ ร่องรอยแนวคันดินนี้อยู่ที่ประมาณพิกัด 918859 มีทิศทางการวางตัว ในแนวทิศเหนือ-ใต้ เบี่ยงไปทางทิศตะวันตกที่ประมาณ 349 องศา ก่อนหน้าการขุดค้นที่แหล่งนี้ ได้ทำการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ด้วยวิธีการวัดสภาพความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งรายงานผลไว้ว่าสภาพของดินในพื้นที่สำรวจมีลักษณะเป็นมวลดินที่มีสภาพต้านทานสูงกว่า 100 โอห์ม-เมตร มีความหนาประมาณ 2 เมตร และวางตัวอยู่บนดินท้องที่ซึ่งมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่า 43 โอห์ม-เมตรและมีดินเหนียวเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่(8)

การขุดค้นเพื่อทำการตรวจสอบชั้นดินและประเมินผลการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ในแนวตัดขวางร่องรอยคันดินที่พิกัดประมาณ 958998 และ 959998 ตามขนาดหลุมขุดค้น 2x180 เมตร ลึกประมาณ 2 เมตร โดยใช้เครื่องจักรกลเป็นเครื่องมือขุด และวิเคราะห์จำแนกชั้นดินร่วมกับคณะทำงานขององค์การอัปสรา

ชั้นหลักฐานทางโบราณคดี

1a ชั้นผิวดิน เนื้อดินร่วนปนทรายแป้ง มีรากไม้ ค่า pH 7.5 ด่างอ่อน ค่าสีดินเมื่อแห้ง 7.5 YR 6/4 light brown เมื่อเปียก 7.5 YR 5/4 brown

1b ชั้นผิวดิน เนื้อดินร่วนปนทราย มีรากไม้และวัชพืช ค่า pH 5.0 กรดปานกลาง ค่าสีดินเมื่อแห้ง 10 YR 6/3 pale brown 7.5 YR 4/3 brown

2 ชั้นทรายแป้ง ชั้นทรายละเอียดสีน้ำตาลแดง ค่า pH 8.0 ด่างอ่อน ค่าสีดินเมื่อแห้ง 2.5 YR 7/4 light reddish brown เมื่อเปียก 5 YR 5/6 yellowish red

3 ชั้นดินเหนียวปนทรายและทรายแป้ง เนื้อดินสีเทาเนื้อค่อนข้างละเอียด จับตัวกันแน่น เมื่อแห้งจับตัวเป็นก้อนไม่แข็งนัก มีจุดประสีส้มและสีดำกระจายทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ ค่า pH 7.5 ด่างอ่อน สีดินเมื่อแห้ง 7.5 YR 7/3 pink 5 YR 5/2 reddish gray เมื่อเปียก 2.5 YR 6/6 olive yellow

ชั้นดินของแนวหลุมขุดค้นทางโบราณคดีให้ข้อมูลว่า แนวคันดินที่ทำการสำรวจประกอบด้วยชั้นดินตอนบนมีสัณฐานในแนวระนาบ ชั้นทรายละเอียดตอนกลางมีความหนาประมาณ 1 เมตร ชั้นหลักฐานทั้งสองชั้นวางอยู่บนชั้นดินเหนียวที่มีจุดประสีแดงซึ่งเป็นชั้นดินธรรมชาติ ขอบเขตของชั้นดินที่สองซึ่งเป็นชั้นทรายมีความหนาที่บริเวณตอนกลางและลดลงเป็นชั้นบางๆ ทางด้านตะวันออกในขณะที่ชั้นดินตอนบนเอียงลาดลงมาและใช้เป็นพื้นที่ทำนา ส่วนทางด้านตะวันตกของหลุมขุดค้นชั้นดินที่สองตามผังชั้นดินด้านทิศเหนือมีขอบเขตที่ระยะประมาณ 2 เมตร และกลายเป็นชั้นดินเหนียวปนทรายและทรายแป้ง ตามลักษณะดินตามธรรมชาติของกลุ่มดิน 40b/41b

ขอบเขตของชั้นทรายละเอียดในชั้นหลักฐานที่สองซึ่งมีระยะสิ้นสุดลงเป็นขอบเขตแคบๆ ไม่มีความต่อเนื่องและสม่ำเสมอตามแนวตัดขวางทิศตะวันออก-ตะวันตก ทำให้สันนิษฐานว่าเป็นชั้นหลักฐานที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยอาจเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการถมปรับสภาพพื้นที่เป็นทางเดิน ซึ่งผลจากธรณีฟิสิกส์ได้บ่งว่า

คุณลักษณะของชั้นดินที่ 1 และ 2 ปรากฏต่อเนื่องเป็นระยะกว่า 80 เมตร ตามแนวยาวทิศเหนือและใต้ และตามประวัติการก่อสร้างอาคารในวัฒนธรรมเขมรโบราณ ชั้นทรายละเอียดเป็นวัสดุที่พบเสมอในชั้นฐานรากของอาคาร เช่น ที่ซุ้มประตูทิศตะวันตกของปราสาทพนมวัน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

4. บทสรุป

การดำเนินโครงการวิจัยร่วมเพื่อค้นหาและพัฒนาสารสนเทศภูมิศาสตร์ของราชมรรคาสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ในปีงบประมาณ 2549 เป็นการวิจัยในเชิงสหวิทยาการที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหลากหลายสาขาวิชาเพื่อการแปลความทางโบราณคดี ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้ผลที่มีความก้าวหน้าขึ้นมากจากการสำรวจเส้นทางสายตะวันตกเฉียงเหนือของนักโบราณคดี นักสำรวจจากสำนักฝรั่งเศสแห่งปลายบูรพทิศที่ค้นคว้าไว้เมื่อเกือบ 1 ศตวรรษที่ผ่านมา โดยสามารถตรวจสอบและเข้าถึงแหล่ง จนสามารถกำหนดตำแหน่งที่ตั้งที่แน่นอนของโบราณสถานที่เรียกว่าธรรมศาลาหรืออัคนีศาลาได้อย่างครบถ้วนตามที่ปรากฏในจารึกปราสาทพระขรรค์นอกจากนั้นยังได้ทำการสำรวจแหล่งโบราณคดีเพิ่มเติมและจัดทำรายละเอียดบันทึกเป็นเอกสารโดยเฉพาะในแหล่งที่ตกสำรวจหรือแหล่งที่เคยมีการสำรวจแต่ยังไม่ได้รับการเผยแพร่และเข้าดำเนินการคุ้มครองอนุรักษ์ ตามกฎบัตรสากล เช่นแหล่งวัตถุดิบ แหล่งตัดหิน แหล่งตัดศิลาแลง แหล่งโลหะกรรม เป็นต้น รวมทั้งได้ทำการขุดค้นทางโบราณคดีในพื้นที่ที่คาดว่าอาจเป็นเส้นทางที่เคยใช้อยู่ในสมัยวัฒนธรรมเขมรโบราณ อันอาจเป็นเส้นทางเชื่อมไปยังแหล่งผลิตภาชนะดินเผาที่บ้านนายเจียน

จากการศึกษาวิจัยในกรณีศึกษาต่างๆ ที่นำเสนอนี้ โดยอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลเดิมที่ปรากฏอยู่ พร้อมทั้งจากข้อมูลการค้นพบใหม่จากกรมศิลปากร ทำให้เราสามารถขยายองค์ความรู้เดิมจากการใช้เทคโนโลยีทางด้านสื่อระยะไกล และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ขยายผลการศึกษาเดิม ดังเช่นที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งขณะนี้คณะนักวิจัยยังคงขยายผลการศึกษา โดยเฉพาะจากการศึกษาถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ในเชิงภูมิศาสตร์ร่วมกับการศึกษาทางโบราณคดี ทำการตรวจสอบร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายจากดาวเทียมประเภทต่างๆ และแผนที่โบราณ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้นี้จะสามารถช่วยให้เกิดมุมมองใหม่ในการศึกษาวิจัย คณะนักวิจัยมีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่สามารถช่วยให้เกิดการพัฒนาโดยอาศัยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นเพียงการเสริมต่อการศึกษาโบราณคดีในแนวเดิมเท่านั้น มิได้มีความคิดว่าการศึกษานี้เป็นสิ่งสำคัญกว่าการศึกษาเดิม ในความเห็นของคณะนักวิจัย ความรู้ทุกสาขาเป็นสิ่งที่มีค่ายิ่งกว่าทรัพย์สินใดๆ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาหมายเลข RDG48O0041

คณะนักวิจัย

โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

พ.อ.ผศ.ดร.สุรัตน์ เลิศล้ำ

พ.อ.ศุภชัย ศรีหอม

พ.ต.พิศาล เบ็ญจรัตน์

ร.อ.เสกสิทธิ์ ศิริพละ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผศ.ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์

นางสาวสุนันทา ธรรมกิจวัฒน์

นายณัฐพล อาบสีนาค

นางสาวอุบลรัตน์ ภูมิสถาน

สำนักโบราณคดี กรมศิลปากร

นายพงศ์ธันว์ สำเภาเงิน

นางสาวภัทรวรรณ พงศ์ศิลป์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วิทยาเขตหาดใหญ่

ผศ.ดร.วรวุฒิ โลหะวิจารณ์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

คณะทหารรับผิดชอบในพื้นที่

กรมทหารพรานที่ 26

พ.อ.คณธัช ธนะกาญจน์ ผู้บังคับการกรมฯ

พ.ท.ทัศน์พล สุพีสุนทร รองผู้บังคับการกรมฯ

กองร้อยทหารพรานที่ 2607

ร.อ.นิรันดร น่วมรัศมี ผู้บังคับกองร้อยฯ

จ่าสิบเอกประภาส วัวหนองว้า

ทหารพรานวีระ ขาวงาม

ทหารพรานบุญเริ่ม พรดอนก่อ

อุทยานประวัติศาสตร์พนมรุ้ง

นางนงคราญ สุขสม หัวหน้าอุทยานฯ

นายสุรวุฒิ อภัยจิตต์ เจ้าหน้าที่อุทยานฯ

คณะทำงานอำเภอบ้านกรวด

นายสุรพงษ์ พิราวุธ

อดีตศึกษาธิการอำเภอบ้านกรวด

นายสุรพล เทวัญรัมย์

อาจารย์โรงเรียนบ้านกรวดวิทยาคม

สำนักงานศิลปากรที่ 12 นครราชสีมา

นายสมเดช ลีลามโนธรรม กลุ่มวิชาการโบราณคดี

เอกสารอ้างอิง

(1) Lunet de Lajonquere E., Inventaire Descriptif des Monuments du Cambodge, Paris 1907.

(2) Finot L., "Dharmaçâlâs au cambodge" B.E.F.E.O., 1925, pp.417-412.

(3) ยกเว้นบ้านมีไฟเพียงแห่งเดียวคือ บ้านกู่ อ.ห้วยแถลง จ.นครราชสีมา สร้างด้วยหินทราย

(4) สุภัทรดิศ ดิศกุล, ศ. มจ. **ประวัติศาสตร์เอเชียอาคเนย์ถึง พ.ศ. 2000.** รุ่งแสงการพิมพ์ : กรุงเทพฯ, 2535, หน้า 217.

(5) ผาสุข อินทราวุธ และคณะ, **การศึกษาแหล่งโบราณคดีที่บ้านกระเบื้องนอก.** กรุงเทพฯ : คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2533.

(6) ชลิต ชัยครรชิต, "ความสำคัญของการถลุงเหล็กกับพัฒนาการชุมชนโบราณลุ่มแม่น้ำมูล." **วารสารศิลปากร.** ปีที่ 35 ฉบับที่ 6, 2535, หน้า 68-88.

(7) วัฒนธรรม, "พัฒนาการทางประวัติศาสตร์เอกลักษณ์และภูมิปัญญา จังหวัดบุรีรัมย์." หน้า 46

(8) เรื่องเดียวกัน.

พันโท ปรัชญา เฉลิมวัฒน์

อาจารย์ กองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

การปรับแต่งค่าประสิทธิภาพของลินุกซ์คลัสเตอร์ด้วยโปรแกรม HPL (High Performance Linpack)

Linux Cluster Performance Tuning using HPL

บทคัดย่อ

โปรแกรม **HPL (High Performance Linpack)** เป็นโปรแกรมทดสอบประสิทธิภาพของการประมวลผลแบบขนานสำหรับคลัสเตอร์และซูเปอร์คอมพิวเตอร์ซึ่งต้องมีการปรับแต่งค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้สามารถทราบค่าประสิทธิภาพสูงสุดได้ บทความนี้รายงานผลการทดสอบค่าประสิทธิภาพของคลัสเตอร์ด้วย **HPL** รวมถึงขั้นตอนในการปรับแต่งค่าประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ค่าสูงสุด ผลการทดสอบพบว่าลักษณะการปรับแต่งค่าเป็นปัญหาแบบ **Combinatorial** ซึ่งน่าจะสามารถนำวิธีการของ “ทฤษฎีการคำนวณทางพันธุกรรม” มาใช้เพื่อให้สามารถหาค่าที่เหมาะสมได้อย่างอัตโนมัติ

คำหลัก ลินุกซ์คลัสเตอร์, การประมวลผลแบบขนาน, ค่าประสิทธิภาพ, โปรแกรม HPL

Abstract

Linux clusters have been potential alternative to real supercomputer recently. Obtaining good performance from the cluster is a difficult issue because there are several factors to be adjusted to obtain peak performance. HPL (High Performance Linpack) is a benchmark program for testing parallel performance of clusters and supercomputers. This paper describes HPL performance results and details of procedures for performance tuning of CRMA Linux cluster. The result of this study shows that manually tuning of HPL is difficult and not definite. The problem is considered combinatorial that, potentially, can be automatically solved using Genetic Algorithms (GAs).