

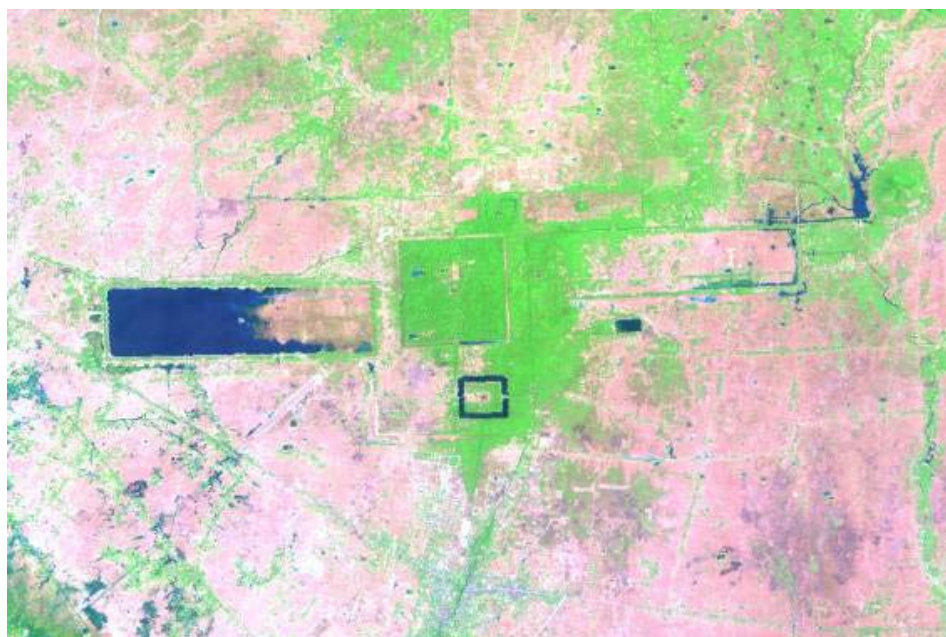


Fig. 6-50 Landsat ETM 2002 with 30 m resolution



Fig. 6-51 Quickbird 2005 with 60 cm resolution

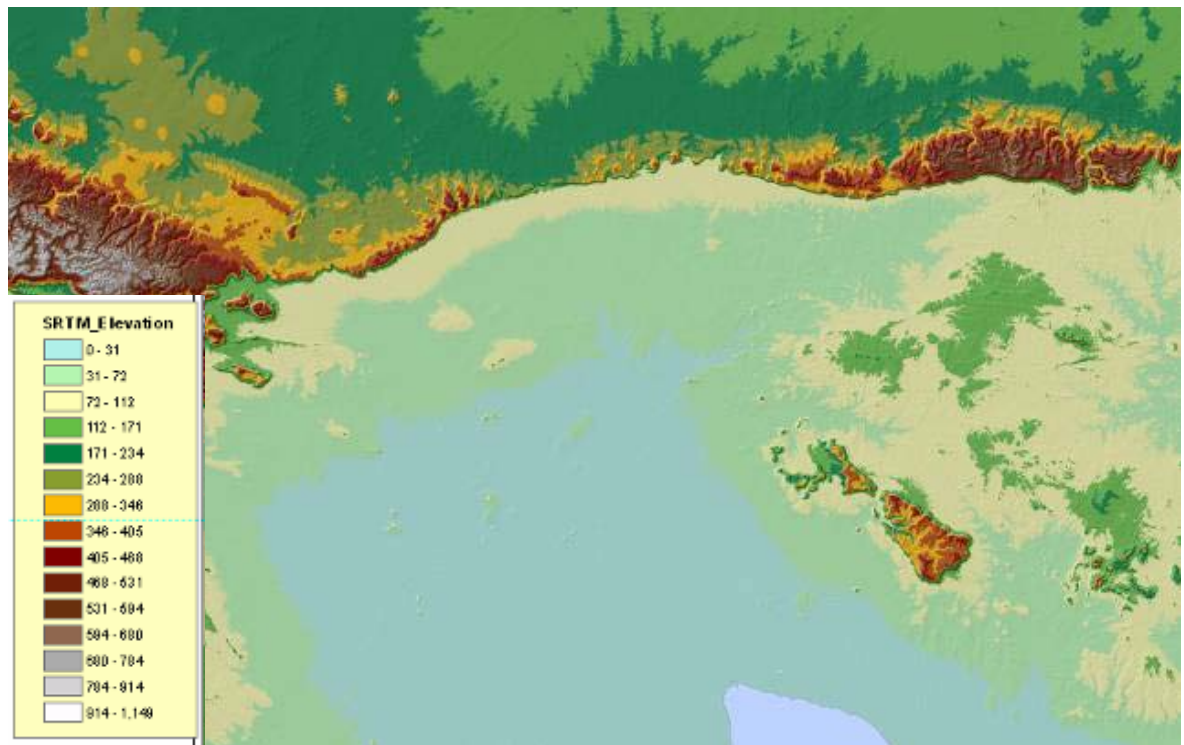


Fig. 6-52 SRTM with 90m resolution

6.7.2.2 Software and Materials for Application

- Software application for GIS and RS: ArcGIS Desktop 9.2 application & Envi 4.0 application
- Ground operations by using GPS, Garmin M5 IQue, Digital Camera...

6.7.3 Application for Research Work

- Making the geo-referencing of old aerial photograph on the study areas
- Digitization and classification layers from the old and new aerial photographs.
- Analyzing of Remote Sensing and GIS for field survey planning
- Designing buffer zone for the field research which is covered 2km away to each side from the supposed axes. That field survey covered on area of 4km wide by 125km long from Angkor to the current borders of both countries.
- Collecting the Archaeological and Cultural data information

- Pinpointing the all data collected along the ancient road: existing road structures, temples, water structures, road traces, ancient industries, human settlements, and man made structures, etc.
- Plot the location of archaeological data information along the ancient road.
- Modification and re-location the Royal Road traces on the maps based on the latest data survey
- Modification the buffer zone in map according to Royal Road traces found in some part of its axis
- Verification data collection on field surveys
- Detail mapping of Kol and Bat villages which included such as archaeological sites, old structures, houses, road networks, hydrological networks, and so on.
- Comparison and analyzing on the current collection data and the existing data in the past and present
- Producing a new archaeological map of the Kol and Bat villages (see attached map)
- Producing various field survey maps and various maps for using in communication
- Developing Archaeological and Cultural Database.

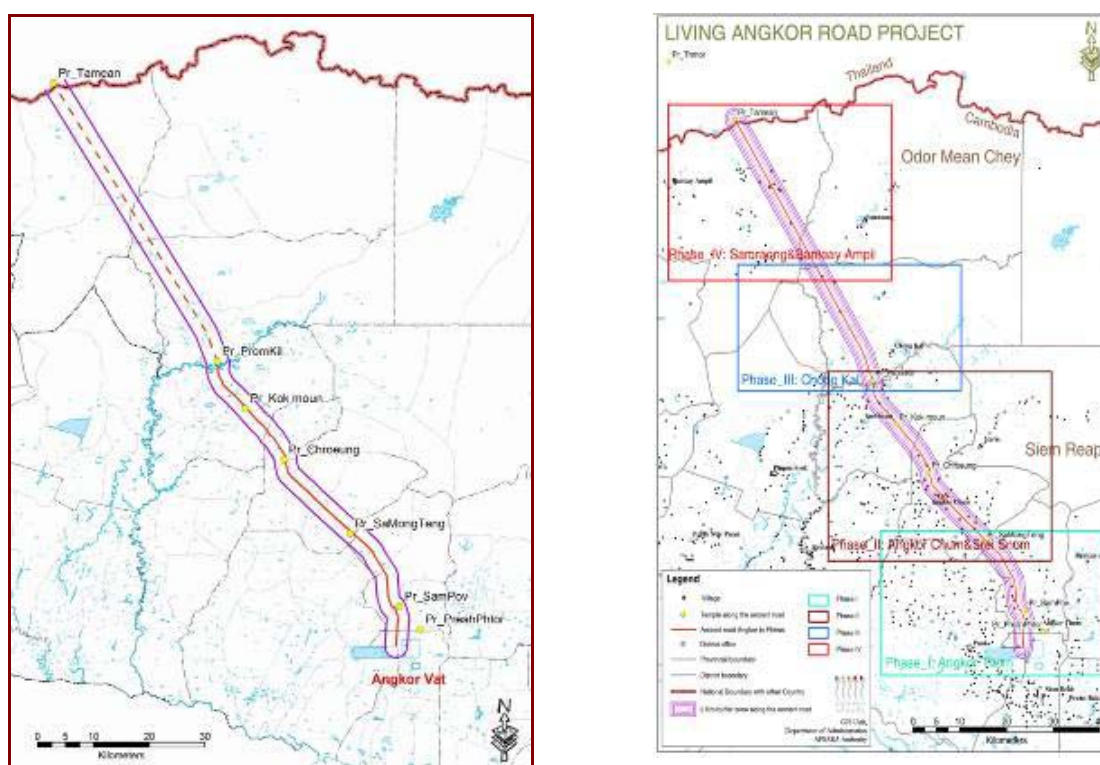


Fig. 6-53 Design work plan for the field survey

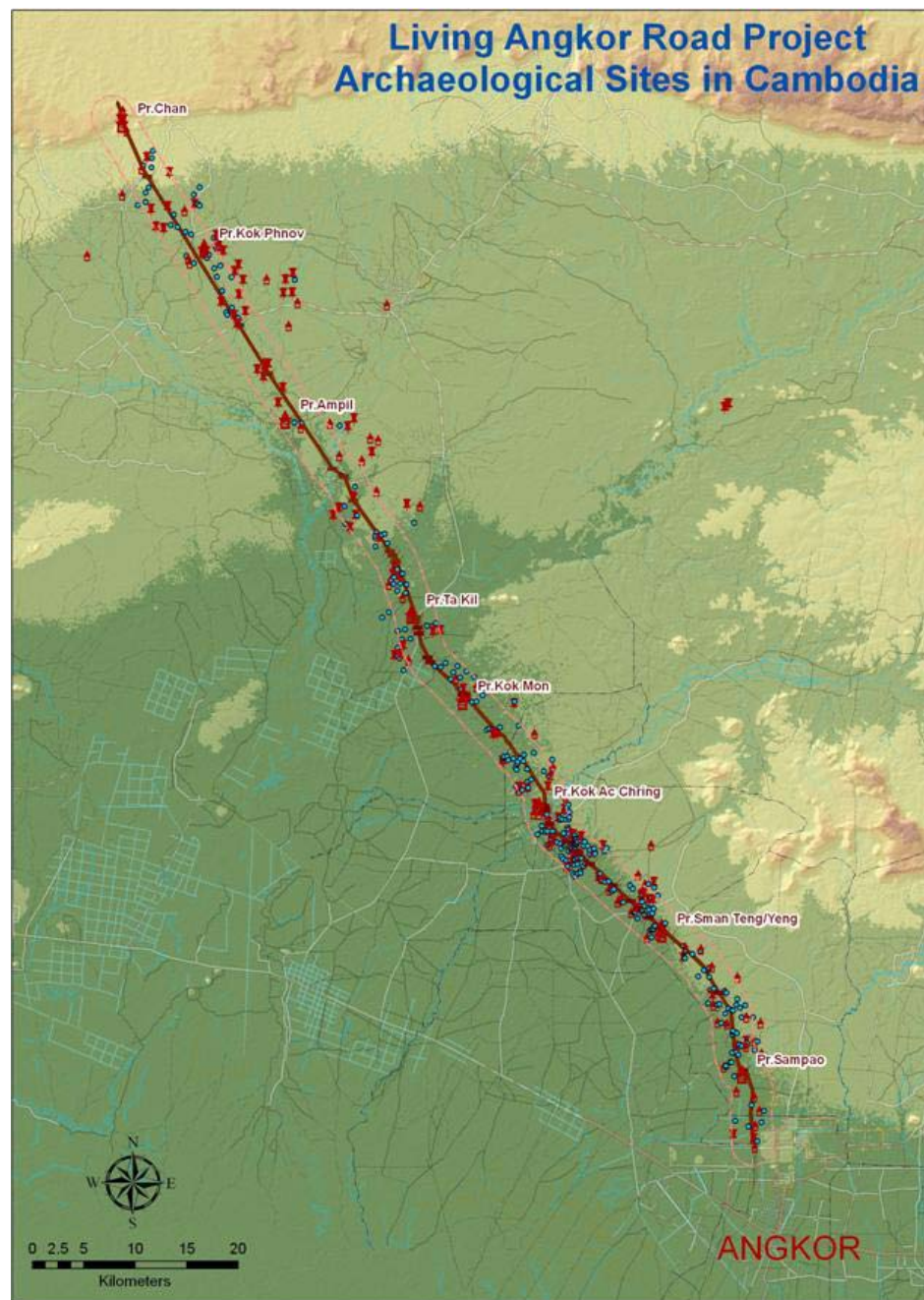


Fig. 6-54 Pinpointing and Plotting Archaeological data collection from the field survey

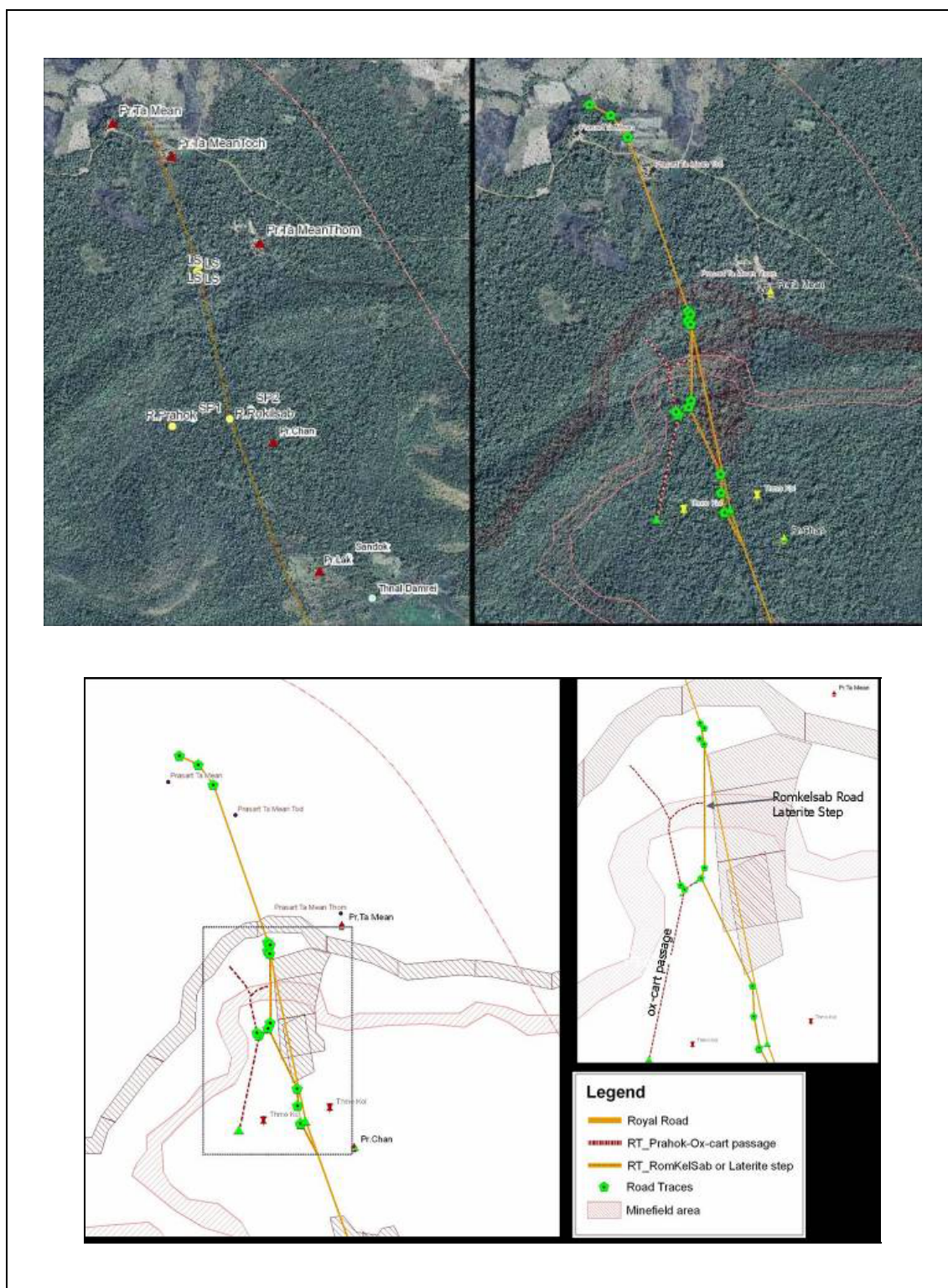


Fig. 6-55 Analyzing the lost part of road traces, Identification the Laterite steps and Ox-cart passages at Dangrek

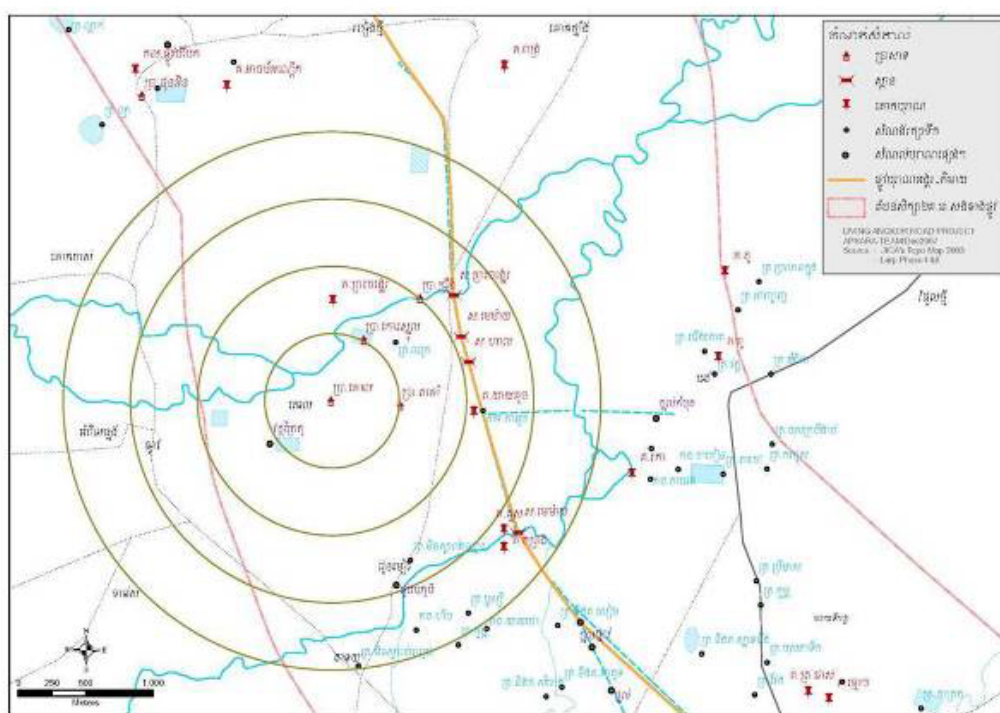


Fig. 6-56 Archaeological Mapping Zoning at Kol village, an *Arogyashala* community



Fig. 6-57 Analyzing Archaeological Features of Kol village on aerial photo 1957

Archaeological Mapping Zoning at Kol village, an *Arogyashala* community

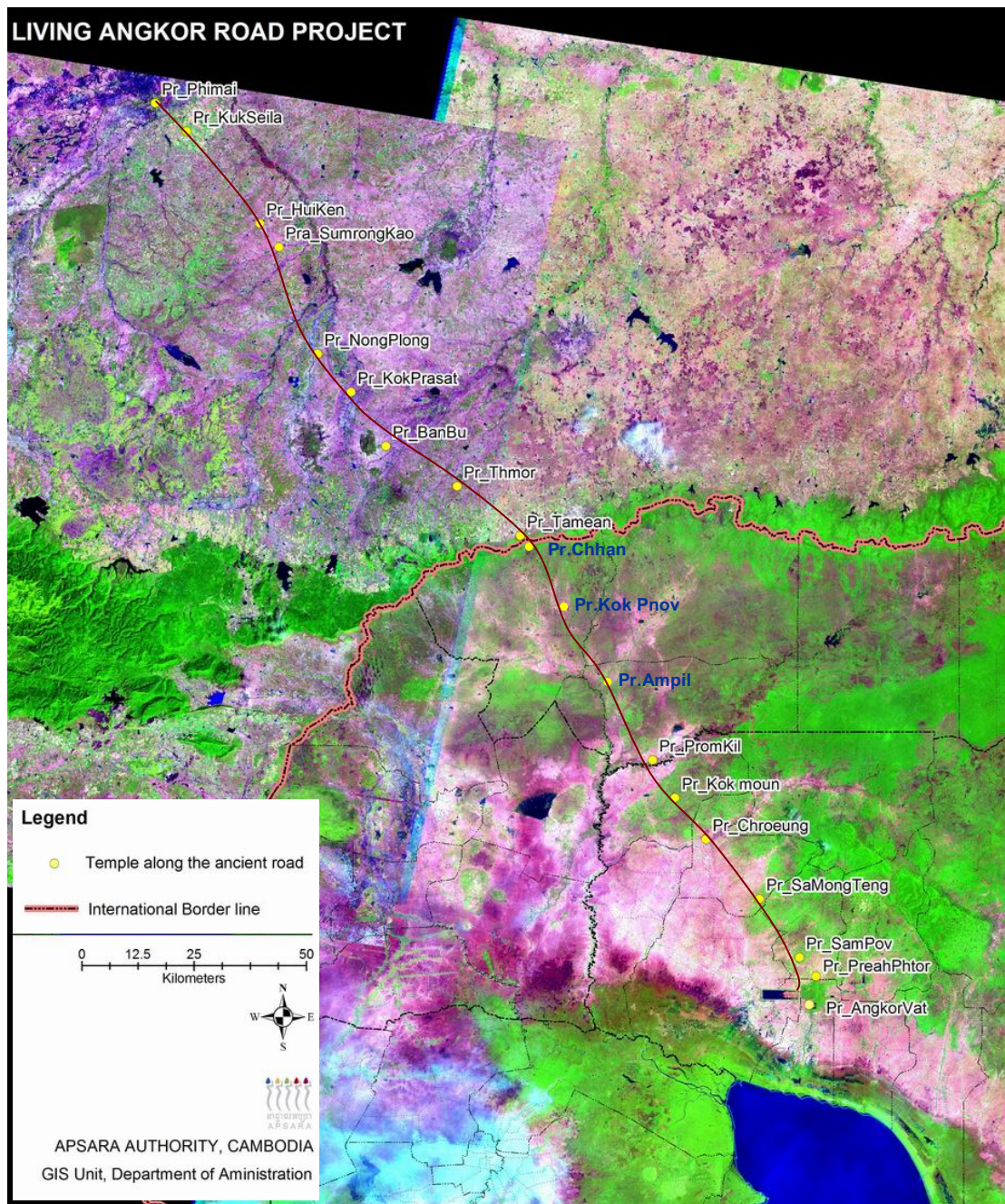


Fig. 6-61 Royal Road and Dharmashala

6.8 Communication

a- Annual meeting of Technical Committee, International Co-ordinating Committee for the Safeguarding and Development of the Historic Site of Angkor (ICC), June 5-7, 2006

c- Presenting the work in progress within International Conference on "Southeast Asian Cultural Values: Exchange and Cooperation", Siem Reap, December 12-13, 2006.

d- Dissemination an abridge of its first phase result for *APSARA Authority* on May 2nd, 2007. Director General and his deputies, seven Technical Department heads, staffs and representative from Unesco Phnom Penh office are attended the presentation.

e- Joint presentation in *Live VDO broadcast Lecture from Ban Khao Din Tai, Ban Kruat, Iron Smelting Excavation Site*, May 18, 2007. APSARA Team presented two topics for the lectures which themes one was "In search of ancient industry: Iron Smelting in Cambodia" and second was "Kilns and ceramics along the Angkor Royal Road".

f- Joint presentation in *5th meeting of TRF forum*, Bangkok May 22, 2007. APSARA team presented an overall result of first phase work in Cambodia side.

g- Presented the result of the first phase work and next work plan for second phase at *16th Technical Committee of the ICC*, Siem Reap, July 5-6, 2007. We got a great success and greatly interested from this International forum.

h- Joint presentation in *International Conference on Technology and Culture, New approach for local collaborations in GMS sub-region*, Princess Maha Chakri Sirindhorn Anthropology Centre, organized by Silpakorn Universty, Aug 20-21, 2007.

i- Joint Presentation in Workshop entitled *Science and Cultural Activity for the Next Generation Khmer-Thai* at Phanom Roong Historical Park, Oct. 3, 2007.

j- "Ancient Khmer Road Network: A Case Study of a Royal Road from Angkor to Phimai", *International Conference on Archaeology in Vietnam-Laos-Cambodia: Towards Sustainable Cooperation*, Vietnamese Academy of Social Sciences, Institute of Archaeology, Hanoi, December 11-13, 2007

k- Presented the Progress Report of LARP to *17th Technical Committee of the ICC*, Siem Reap, June 2008.

6.9 Field Research to Thailand

a- August 2004, the Thai partner has organized for the APSARA's team a field survey in Thailand, after the first successful survey, in May 2004, conducted in Cambodia by Dr Surat Lertlum in partnership with APSARA's team who had made a survey trip to the Angkor Area to identify the numerous ancient bridges and rest-houses (dharmasala) as well as hospital's chapels dated back to the reign of Jayavarman VII. Theses vestiges are located along two main ancient roads, departing both from Angkor and leading one to the area of Sdok Kak Thom Temple, the second one to the area of Phimai. This two-fold survey trips concerning one single topic proved very successful. After several exchanges of idea with the APSARA's team, we plan to elaborate a joint project on these ancient Angkor roads focusing on sociological and cultural research on the

different ancient settlements as well as the present day local communities living along this axis. We provisionally call this project *Living Angkor Road*.

b- Jan 2005, APSARA team along with Thai partner have conducted a field survey at the region of Sdok Kak Thom, Ta Mean, Muang Tam and Kiln sites in Buriram.

c- Aug 3-5 2005, *Living Angkor Road* is a join research project Khmer- Thai which has been giving birth one year ago. Since that time many field surveys have been done in Thailand and Cambodia. The main objective of this field trip is to make the initial survey for *Living Angkor Road Project* as supported by Thailand Research Fund (TRF).

d- February 2006, APSARA's team joint with Thai partner conducted a mainly cultural research on ancient settlements situated in the region of Ta Mean and Muang Tam.

e- March 28 – April 1, 2006, conducted a research on the field of anthropology along with Thai partner surveying the communities living along the royal road in the regions of Buriram and Surin.

f- May 2007, we have attended the important events:

- . Excavation on Iron Smelting Site and the Tele Lecture at Ban Khao Din Tai, Ban Kruad, Buriram
- . Joined Reporter and TRF Trip for visiting Dharmasalas along the road in Thailand side and in Cambodia at Prasat Chan and Laterite Step
- . Field survey at Ban Kruad area
- . Joined presentation in the 5th TRF Meeting at Bangkok

g- August 2007, a member of APSARA team is invited by Silpakorn University to attend the International Conference on Technology and Culture, New approach for Local Collaboration in GMS sub-region, SAC, Bangkok. During the stays at Bangkok, we have had a field trip to Ayuthaya, World Heritage Site.

6.10 Reporter Trip

APSARA Team has companied the Reporter Trip in July, 26-30, 2007. The Trip has conducted by Dr Surat Lertlum for "Traveling along the Royal Road from Phimai to Angkor". July 27th at afternoon, Reporters and LARP team have had an opportunity to meet and welcomed by Deputy Governor of Uddor Meanchey province at provincial town hall. Three topics have been discussed at the meeting.

- Introduction to LARP and purpose of the reporter trip
- Briefed report of first phase
- Future local collaboration project which will be an exchange of culture and relationship between the local people living close to border of both countries. The first exchange will be organized in coming October 2007.

6.11 General Conclusion

This is a Socio Historic Study on historic roadway, communication links and human settlement along the Royal Road from Angkor to Phimai. The research work had been conducted along the axis in Cambodian side for more than hundred kilometers by Cambodian team. And on the other side was conducted by Thai team. The exchange for field survey and discussion are being held some time in Cambodia and some time in Thailand. The Archaeology and Anthropology are systematically surveyed by the both teams. The Cultural Data Collection from the study is certainly the most valuable information for the current study and for future research work on the region.

This is the first time for such successful study taken place across the border of the countries after the French had done such study almost 100 years ago; and of course it will be a wealth to enhance the relationship between the countries in region as well. Culture knows no boundary. Culture is a crucial means to link people to people and developed beyond border in the region through out the history of Southeast Asian. Road makes people communicate between one community to others, a country to their neighbors.

Bearing on the existing collaboration of the two countries, it's time for us to write our own history based on the integration of multi-disciplinary research, local collaboration, local knowledge, local understanding and most advanced technologies.

บทที่ 7

การวิเคราะห์ในลักษณะสหวิทยาการ

7.1 บทนำ

การดำเนินโครงการวิจัยเพื่อค้นหาและพัฒนาสารสนเทศภูมิศาสตร์ของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 เป็นการวิจัยในเชิงสหวิทยาการที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและศาสตร์ในสาขาที่เกี่ยวข้องเพื่อการศึกษาแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ดังมีรายละเอียดการศึกษาในแต่ละสาขาถูกนำเสนอในรายงานบทต่างๆ ที่ผ่านมา ส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของการศึกษาวิจัยในโครงการนี้คือการพัฒนาวิธีการวิจัยในลักษณะสหวิทยาการ เพื่อให้เกิดการประสานการทำงานวิจัยในแต่ละด้านให้สอดคล้องกัน และเพื่อยืนยันสมมุติฐานที่ได้ถูกตั้งขึ้นจากหลายมุมมอง หลายวิธีการวิจัย ซึ่งถ้าสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นนั้นถูกต้อง ผลจากการวิจัยในแต่ละสาขาควรที่จะต้องมีผลลัพธ์ออกมาเป็นไปในทางเดียวกัน

การดำเนินการวิจัยในเชิงสหวิทยานี้มีหลักการพื้นฐานเดียวกันคือทำอย่างไรที่จะสามารถใช้ศาสตร์ต่างๆ ในการทำการวิจัยร่วมกันเพื่อให้วิธีการวิจัยนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ในรายละเอียดของการวิจัยเชิงสหวิทยาการแต่ละโจทย์ของการวิจัยนั้นย่อมขึ้นอยู่กับโจทย์ของการวิจัยนั้นๆ ในบทนี้จึงเป็นการนำเสนอวิธีการวิจัยผ่านกรณีศึกษาของโครงการนี้

7.2 วิธีการดำเนินการ

ในการดำเนินวิจัยในลักษณะสหวิทยาการสำหรับการวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินการโดยรวมได้ดังนี้

1. ทำการศึกษา ทบทวน หัวข้อวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อพิจารณาว่าศาสตร์ใดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ และผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้จากการประยุกต์ศาสตร์นั้นๆ ในการวิจัยครั้งนี้
2. พัฒนารูปร่างข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการวางแผนในการสำรวจ
3. ดำเนินการสำรวจภาคสนาม
4. ทำการตรวจสอบทางธรณีฟิสิกส์
5. ทำการขุดค้นทางโบราณคดี
6. พัฒนารูปร่างข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จากข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลจากการสำรวจ และการศึกษาด้านต่างๆ เพื่อการวิเคราะห์ร่วมกัน
7. ดำเนินการวิเคราะห์ร่วมกันโดยใช้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆ

8. พิสูจน์สมมติฐานเกี่ยวกับแนวถนนโบราณโดยใช้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ร่วมกัน

7.3 กรณีศึกษา

ในการดำเนินการวิจัยของโครงการดำเนินการวิจัยที่เป็นลักษณะสหวิทยาการอย่างเป็นระบบ ซึ่งการดำเนินการในแต่ละสาขานั้นสามารถช่วยตอบคำถามการวิจัยในสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้เป็นอย่างดีจากการศึกษาประเด็นเดียวกันในศาสตร์ที่ต่างกัน ซึ่งทำให้การศึกษาในครั้งนี้สามารถตอบคำถามทางวิชาการในเรื่องของถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายด้วยเหตุผลทางวิชาการมากกว่าสมมติฐานที่กล่าวขึ้นมาโดยปราศจากการวิเคราะห์ วิจัย อย่างเป็นระบบโดยศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง โดยต่อไปจะเป็นการนำเสนอตัวอย่างการศึกษาในลักษณะสหวิทยา การที่สำคัญของโครงการ

7.3.1 การศึกษาร่องรอยแนวถนนโบราณ

ในการศึกษาร่องรอยของแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายนั้น ได้มีการดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นตามลำดับ โดยเริ่มต้นโดยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลของแนวถนนโบราณเส้นนี้ทั้งในประเทศไทยและกัมพูชา ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลองค์ความรู้เดิมเกี่ยวกับถนนโบราณเส้นนี้เป็นพื้นฐานในการศึกษา โดยทำให้เราทราบว่าแนวถนนโบราณในฝั่งกัมพูชานั้นสามารถตรวจสอบได้อย่างชัดเจน และทำให้เราทราบว่าแนวถนนโบราณมีลักษณะขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่แนวถนนทอดผ่าน ไม่จำเป็นจะต้องมีลักษณะเป็นคันดินยกสูงตลอดแนว ถนนที่เป็นคันดินนั้นจะถูกสร้างขึ้นเมื่อมีความจำเป็นเท่านั้น นอกจากนั้นแล้วเรายังทราบว่าเมื่อมีคันดินที่เป็นคันกั้นน้ำอยู่แล้ว ถนนจะถูกเบี่ยงไปยังคันดินดังกล่าวเพื่อใช้เป็นถนนไปด้วย เพื่อเป็นการใช้งานร่วมกัน นอกจากนี้เรายังทราบว่าตามแนวถนนโบราณในฝั่งกัมพูชามีการสร้างสะพานศิลาแลงเพื่อใช้ข้ามลำน้ำ



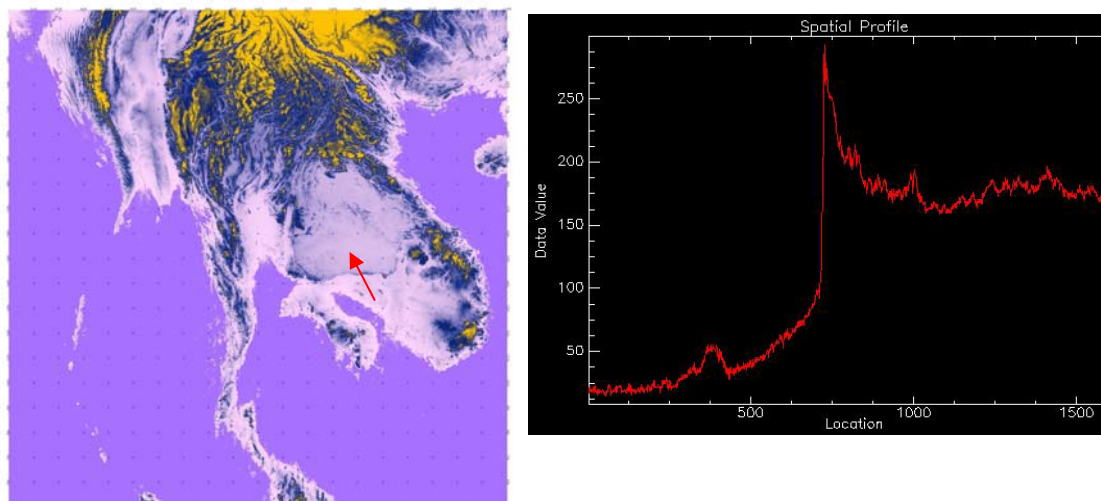
รูป 7-1 ลักษณะแนวถนนในฝั่งกัมพูชา



รูป 7-2 ลักษณะสะพานศิลาแลงในฝั่งกัมพูชา

พร้อมกันนั้นได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลของตำแหน่งของศาสนสถานโบราณ (ธรรมศาลา หรืออักษิณศาลา) และตำแหน่งของสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ที่ได้มีการกล่าวถึงในจารึกปราสาทพระขรรค์ ตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายให้มากที่สุด เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศ ภูมิศาสตร์เบื้องต้นสำหรับการสำรวจต่อไป โดยข้อมูลด้านอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลทางมานุษยวิทยา ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อวางแผนการสำรวจ

หลังจากนั้นจึงทำการสำรวจตามแนวที่ได้รับการคาดหมาย โดยเป็นการสำรวจทาง โบราณคดี ทางภูมิศาสตร์ ทางธรณีฟิสิกส์ และทางมานุษยวิทยา ตามแต่ความเหมาะสมในแต่ละ พื้นที่ ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลรายละเอียดของแนวถนนโบราณอย่างสมบูรณ์ในฝั่งกัมพูชาและฝั่งไทย แต่ในฝั่งประเทศไทยนั้น แนวถนนโบราณปรากฏเป็นแนวสั้นๆ เท่านั้น อันเนื่องมาจากการที่พื้นที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่การเกษตรเป็นหลัก โดยมีข้อมูลจากการสำรวจว่าเคยมีแนวเส้นทางอยู่จริง ในอดีต แต่ปัจจุบันได้ถูกไถให้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งจากการเก็บพิกัดแนวดังกล่าวเปรียบเทียบกับแนวที่คาดว่าน่าจะเป็นแนวถนนโบราณ ปรากฏว่าเกือบเป็นแนวเดียวกัน นอกจากนี้แล้วจากการ



รูปที่ 7-3 กราฟแสดงความสูงของพื้นที่ในฝั่งกัมพูชาและฝั่งไทยจากข้อมูล SRTM

หลังจากการดำเนินการสำรวจทางโบราณคดี ทางภูมิศาสตร์ ทางธรณีฟิสิกส์ และทางมานุษยวิทยา ตามแนวถนนโบราณเส้นนี้แล้ว โครงการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดในลักษณะสหวิทยาการ โดยนำองค์ความรู้ที่ได้มาทั้งหมดใช้ร่วมกันในการสรุปประเด็นการวิจัยเกี่ยวกับแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลในการตอบคำถามข้อโต้แย้งเกี่ยวกับแนวถนนโบราณเส้นนี้เป็นอย่างดี เมื่อพิจารณา ข้อโต้แย้งว่าแนวคันดินที่ปรากฏนั้นเป็นแนวคันน้ำโบราณเท่านั้น มิใช่แนวถนนโบราณอย่างที่มีการตั้งสมมุติฐานนั้น เราสามารถวิเคราะห์ในลักษณะสหวิทยาการและให้เหตุผลโต้แย้งดังนี้

ด้านโบราณคดี

1. ข้อมูลจากจารึกประสาทพระชนรค์ได้กล่าวถึงถนนหรือเส้นทางจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ซึ่งถนนหรือเส้นทางนี้อาจมีการสร้างมาก่อนสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 แต่พระองค์ได้ทำการสร้างธรรมศาลาตามแนวถนนเส้นนี้จำนวน 17 หลัง ซึ่งจากการวิเคราะห์และการสำรวจของโครงการ ก็ทำให้ได้ค้นพบธรรมศาลาทั้งหมดตามที่กล่าวไว้ในจารึก ดังนั้นจึงเป็นสิ่งพิสูจน์ได้ส่วนหนึ่งว่าข้อความในจารึกเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

2. จากการศึกษาทางโบราณคดีร่วมกับการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์ ทำให้เราทราบถึงลักษณะโครงสร้างของแนวถนนโบราณที่มีลักษณะทั้งคันดินยกสูงและแนวระดับไม่ยกสูง ซึ่งมีลักษณะเดียวกันทั้งที่พบในฝั่งไทยและฝั่งพม่า ซึ่งมีการปูพื้นรากด้วยทรายก่อน

3. จากการสำรวจ ได้พบเศษชิ้นส่วนเครื่องปั้นดินเผา เศษตะกั่วจากการถลุงเหล็ก และแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณตามแนวถนนโบราณ ทำให้เราทราบว่ามีการใช้แนวถนนโบราณนี้ขนส่งวัสดุตั้งกล่าวในอดีต ซึ่งเป็นเครื่องยืนยันอย่างหนึ่งว่ามีการเดินทางตามแนวคันดินดังกล่าวในอดีต ถ้าแนวคันดินดังกล่าวเป็นเพียงคันกั้นน้ำเพียงอย่างเดียว ก็ไม่น่าจะมีเศษชิ้นส่วนเครื่องปั้นดินเผา และแหล่งถลุงเหล็กจำนวนมากตามแนวถนนโบราณนี้ นอกจากนี้ ยังพบเศษชิ้นส่วนเครื่องเคลือบผลิตจากแหล่งผลิตในประเทศจีนตามแนวถนนโบราณนี้ด้วย

4. การสำรวจพบสะพานโบราณจำนวน 32 สะพานในฝั่งพม่าตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพินายเส้นนี้ เป็นหลักฐานทางโบราณคดีที่สำคัญของแนวถนนโบราณเส้นนี้โดยสะพานศิลาแลงสุดท้าย อยู่ห่างจากชายแดนไทยบริเวณช่องตาเมือนประมาณหก กิโลเมตร

ด้าน Remote Sensing / GIS และภูมิศาสตร์

1. จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้าน Remote Sensing / GIS และภูมิศาสตร์ ประกอบกับการวิเคราะห์ในด้านอื่นๆ ของโครงการ ทำให้เห็นภาพรวมเกี่ยวกับแนวถนนหรือเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพินายว่าเป็นเส้นทางเชื่อมเมืองในพื้นที่ราบสูง (เมืองพินาย) กับเมืองในพื้นที่ราบต่ำ (เมืองพระนคร) ดังนั้นถนนโบราณในฝั่งพม่าจึงเป็นถนนในที่ราบต่ำจึงต้องมีการถมให้สูงมากกว่าถนนโบราณในฝั่งประเทศไทยซึ่งเป็นที่ราบสูงทำให้แนวถนนโบราณที่เป็นคันดินจึงอาจไม่มีความจำเป็นมากนัก การปรับระดับให้พื้นที่เรียบก็อาจเป็นการเพียงพอ ดังนั้นการที่ถนนโบราณในฝั่งประเทศไทยถูกทำลายจึงเป็นไปได้โดยง่าย

2. การศึกษาแนวคันดินที่ถูกสร้างเป็นคันกั้นน้ำด้วยวัฒนธรรมเขมรโบราณ พบว่ามักยึดทิศตามแนวเหนือใต้ ตะวันออก ตะวันตกเป็นหลัก แต่แนวคันดินตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพินายนี้ วางตัวอยู่ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ตามทิศทางจากเมืองพระนครไปยังเมืองพินาย ดังนั้น จึงเป็นไปได้ที่จุดประสงค์หลักของแนวคันดินนี้คือเส้นทางสัญจร และจุดประสงค์รองคือการใช้เป็นคันกั้นน้ำ ดังที่ได้กล่าวข้างต้นว่า หลักนิยมในการก่อสร้างสมัยโบราณต้องการใช้ประโยชน์สูงสุดจากสิ่งก่อสร้าง มากกว่าการก่อสร้างที่ซ้ำซ้อน

3. จากการวิเคราะห์ตำแหน่งของแหล่งน้ำโบราณในแนวถนนโบราณเส้นนี้ พบว่ามีแหล่งน้ำโบราณตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพินายเป็นจำนวนมาก ตามที่ได้

4. จากการวิเคราะห์แหล่งชุมชนโบราณและแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายนี้ ทำให้เห็นได้ว่าแนวถนนโบราณนี้ได้ถูกสร้างให้ผ่านแหล่งชุมชนโบราณ แหล่งอุตสาหกรรมโบราณ ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียด ในกรณีศึกษาเรื่องแหล่งอุตสาหกรรมโบราณ

ด้านมานุษยวิทยา

1. จากข้อมูลการสำรวจทางมานุษยวิทยา ทำให้เราทราบว่าประชากรท้องถิ่นในฝั่งกัมพูชา มีการรับรู้ถึงเรื่องราวของแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย โดยยังมีความนับถือต่อแนวถนนโบราณเส้นนี้ และเรียกแนวคันดินนี้ว่าถนนของราชวงศ์

7.3.2 การศึกษาแหล่งอุตสาหกรรม และชุมชนโบราณตามแนวถนนโบราณ

ในการศึกษาแหล่งอุตสาหกรรม และชุมชนโบราณตามแนวถนนโบราณเป็นการศึกษาตามแนวทางสหวิทยาการอย่างสมบูรณ์แบบ โดยกรณีศึกษาแหล่งถลุงโลหะ บริเวณบ้านเขาดินใต้ ตำบลบ้านกรวด อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นการศึกษาตามขั้นตอนดังนี้

1. การสำรวจพื้นที่
2. การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์
3. การขุดค้นทางโบราณคดี
4. การวิเคราะห์เชิงสหวิทยาการ

ในการดำเนินการหัวข้อ 1-3 ได้ทำการเสนอรายละเอียดแล้วในบทต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับการวิเคราะห์เชิงสหวิทยาการนั้นเป็นการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามในภาพรวมของแหล่งอุตสาหกรรมโบราณและแหล่งชุมชนโบราณนี้คือ

1. สาเหตุของการตั้งแหล่งอุตสาหกรรมโบราณในพื้นที่
2. แหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิต
3. ตำแหน่งของชุมชนโบราณในพื้นที่
4. ความสัมพันธ์กับแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย

7.3.2.1 สาเหตุของการตั้งแหล่งอุตสาหกรรมโบราณในพื้นที่

จากการศึกษาทางภูมิศาสตร์ทำให้เราทราบว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่เชิงเขา ตำแหน่งของแหล่งอุตสาหกรรมตั้งอยู่บนพื้นที่สูงขอบที่ลุ่มน้ำท่วมถึง (Flood plain) ซึ่งปัจจุบันที่ลุ่มดังกล่าวเป็นพื้นที่นาข้าว แต่ในอดีตพื้นที่ลุ่มดังกล่าวเป็นเส้นทางน้ำไหลลงเขาจากเทือกเขาพนมดงรัก ซึ่งทำให้สามารถอธิบายสาเหตุการเลือกพื้นที่ในการดำเนินกิจกรรมที่ใกล้แหล่งน้ำ มีทรัพยากรป่าไม้ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการถลุงโลหะ ได้อย่างพอเพียงกับขนาดของแหล่งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ตรวจพบ

7.3.2.2 แหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิต

จากการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์ และทาง Remote Sensing ทำให้เราทราบว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่อุดมด้วยแหล่งลูกรัง (Laterite) ที่มีส่วนผสมของแร่เหล็กสูงพอที่จะสามารถทำการถลุงเป็นเหล็กได้ และจากการวิเคราะห์ทาง Remote Sensing ในพื้นที่ตลอดแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพินายันั้น พื้นที่อำเภอบ้านกรวดเป็นพื้นที่เดียวที่อุดมด้วยแหล่งลูกรังที่มีแร่เหล็กผสมอยู่ในปริมาณสูงพอที่จะสามารถถลุงเป็นเหล็กได้ ซึ่งสามารถตอบคำถามถึงสาเหตุของการตั้งแหล่งอุตสาหกรรมโบราณอย่างมากมายในพื้นที่

7.3.2.3 ตำแหน่งของชุมชนโบราณในพื้นที่

จากการวิเคราะห์ทางโบราณคดีจากหลักฐานทางโบราณคดี และการวิเคราะห์ทาง Remote Sensing ร่วมกับการศึกษาทางภูมิศาสตร์ ทำให้สามารถสรุปในขั้นต้นว่าแหล่งชุมชนโบราณและแหล่งชุมชนปัจจุบันเป็นพื้นที่เดียวกัน โดยในการตรวจสอบสภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ชุมชนในปัจจุบันพบว่าชุมชนปัจจุบันตั้งอยู่บนพื้นที่สูงกว่าพื้นที่โดยรอบ ซึ่งเป็นที่ราบน้ำท่วมถึง นอกจากนั้นพื้นที่ของชุมชนปัจจุบันเมื่อทำการตรวจสอบด้วยภาพถ่ายทางอากาศในหลายช่วงเวลาพบว่าพื้นที่เดียวในบริเวณที่มีลักษณะของการตั้งถิ่นฐานมาแต่โบราณ มีแหล่งอุตสาหกรรมโบราณอยู่โดยรอบ นอกจากนั้น จากการสำรวจทางโบราณคดีพบว่า มีศาสนสถานโบราณ (ปราสาท) ตั้งอยู่กลางพื้นที่ ซึ่งเป็นลักษณะของศาสนสถานประจำชุมชนโบราณขนาดใหญ่ เราจึงสามารถสรุปเบื้องต้นในเรื่องของที่ตั้งของชุมชนโบราณในอำเภอบ้านกรวดจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น

7.3.2.4 ความสัมพันธ์กับแนวนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย

จากการศึกษาร่วมกันทำให้เราเห็นถึงความสัมพันธ์กับแนวนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย กับแหล่งอุตสาหกรรมโบราณในอำเภอบ้านกรวด โดยการนำข้อมูลจากการสำรวจมาทำการวิเคราะห์พบว่า แหล่งอุตสาหกรรมเหล่านี้อยู่ในรัศมีของแนวนนโบราณ นอกจากนี้ในการขุดค้นทางโบราณคดีของแนวนนโบราณ เราได้พบว่ามีภาชนะดินเผาเพื่อการถลุงโลหะมาทำการปรับปรุงแนวนนโบราณ ซึ่งอยู่ในชั้นดินที่ลึกลงไป ซึ่งสามารถตรวจพบได้จากการขุดค้นทางโบราณคดีเท่านั้น นอกจากนี้เรายังตรวจพบเศษตะกรันจากการถลุงโลหะตามแนวและบริเวณใกล้เคียงกับแนวนนโบราณอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายนั้นมีความสัมพันธ์กับแหล่งอุตสาหกรรมโบราณในพื้นที่อย่างไม่สามารถปฏิเสธได้

7.4 สรุป

การศึกษาวิจัยในลักษณะสหวิทยาการทำให้เราสามารถทำการศึกษานแนวนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายในมุมมองที่ครบถ้วน ซึ่งในการตอบคำถามหนึ่ง ผลการศึกษาในแต่ละด้านของประเด็นคำถาม จะต้องตอบมาในทางเดียวกัน เราจึงจะทำการสรุปผลของการศึกษาในประเด็นนั้นๆ ถ้าเกิดข้อขัดแย้งในผลการศึกษาจากการศึกษาแต่ละด้าน สิ่งแรกที่เราต้องดำเนินการคือหาสาเหตุที่ทำให้ผลของการศึกษาออกมาไม่เป็นไปในแนวเดียวกัน ซึ่งเปรียบเสมือนการตรวจสอบซึ่งกันและกันไปในตัว ทำให้เราสามารถอธิบายผลการศึกษาที่ออกมาได้อย่างสมบูรณ์ ในมุมมองที่ต่างกันของการศึกษาที่มีคำถามเดียวกัน จากการตรวจสอบซึ่งกันและกันนี้ทำให้ข้อสรุปอยู่บนพื้นฐานขององค์ความรู้มากกว่าอยู่บนสมมติฐานที่ปราศจากหลักฐานและข้อมูลสนับสนุนที่เพียงพอ

บทที่ 8

บทสรุป

โครงการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ระยะที่ 2 ได้ดำเนินการในส่วนต่างๆ ตามที่ได้กำหนดในแผนงานเดิมและส่วนขยายจากแผนงานเดิมเพื่อให้ผลการวิจัยมีประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุด เช่น การดำเนินกิจกรรมเยาวชนไทย กัมพูชาครั้งที่ 1 การพัฒนาระบบ e-Learning จากผลการวิจัยในระยะที่หนึ่ง การทำการศึกษาทางด้านวิศวกรรมโยธาเกี่ยวกับคุณสมบัติของสะพานโบราณในฝั่งประเทศกัมพูชา โดยการดำเนินการของโครงการที่เป็นประเด็นหลักสามารถสรุปการดำเนินการได้ดังนี้

1. ขยายโครงการเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ ในระดับชุมชนบริเวณพื้นที่ชายแดนตามแนวถนนโบราณ โดยได้จัดกิจกรรม The 1st Science and Cultural Activity for Next Generation Khmer-Thai โดยได้รับความสนับสนุนเพิ่มเติมจากสมาคมวัฒนธรรมไทย-กัมพูชา ในวันที่ 3 ตุลาคม 2550 ณ อุทยานประวัติศาสตร์ปราสาทหินพนมรุ้ง

2. นำเสนอผลงานทางวิชาการของโครงการในการประชุมนานาชาติ Hanoi International Conference on "Archaeology of Vietnam-Cambodia-Laos: Toward Sustainable Cooperation" ของนักวิจัยโครงการจากองค์การ APSARA ดังที่ได้ระบุไว้แล้วในบทที่ 6 ซึ่งได้รับการตอบรับเป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งทำให้การดำเนินการของโครงการในอนาคตเป็นไปได้สะดวกขึ้น

3. ดำเนินการศึกษาแหล่งอุตสาหกรรมและชุมชนโบราณ บริเวณอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ และแหล่งโบราณคดีตามแนวถนนโบราณ โดยเป็นการดำเนินการในลักษณะสหวิทยาการเป็นการประสานศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถนำมาใช้ประยุกต์ร่วมกัน ได้แก่ เทคโนโลยี remote sensing / GIS (บทที่ 2), โบราณคดี (บทที่ 3) และธรณีฟิสิกส์ (บทที่ 4) ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้รับจากการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ศึกษาในพื้นที่อื่นๆ ได้เป็นอย่างดี ในการดำเนินการศึกษาครั้งนี้ ทำให้เราได้ทราบถึงหลักการของคนโบราณในการเลือกพื้นที่เพื่อการอุตสาหกรรมและการอยู่อาศัยตั้งถิ่นฐาน

4. ดำเนินการศึกษากลุ่มของแหล่งโบราณคดีสำคัญในแนวถนนโบราณในประเทศกัมพูชา บริเวณหมู่บ้าน Kol Village จังหวัดเสียมเรียบ ซึ่งเป็นแหล่งชุมชนโบราณขนาดใหญ่ในแนวถนนโบราณ (รายละเอียดในบทที่ 6) ได้มีการดำเนินการศึกษาโดยละเอียดในด้านต่างๆ เช่น ทำการศึกษา cross section ของแนวถนนโบราณ ศึกษาสะพานโบราณจากการขุดค้นทางโบราณคดี และจากการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม ศึกษาผังเมืองโบราณจากภาพถ่ายทางอากาศ และการสำรวจพื้นที่ภาคพื้นในบริเวณดังกล่าว ทำให้ทราบถึงการตั้งถิ่นฐานของชุมชนโบราณตั้งแต่ระยะเริ่มแรก ก่อนสมัยขอมโบราณเป็นเวลานาน ซึ่งยังไม่เคยมีการทำการศึกษาพื้นที่ดังกล่าวมาก่อนเลยในอดีต

5. ดำเนินการศึกษาและเก็บข้อมูลทางวัฒนธรรมโดยได้ดำเนินการศึกษาในเชิงลึกเกี่ยวกับชุมชนส่วย (กวย) ในประเทศกัมพูชาและประเทศไทย ซึ่งยังคงมีความสัมพันธ์กันระหว่างชุมชนของทั้งสองกลุ่ม อันแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของชุมชนโบราณจนถึงปัจจุบันซึ่งจากรายงานข้างต้นในส่วนต่างๆ ที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 1-7

การดำเนินงานของโครงการนี้ได้ดำเนินเป็นไปตามแผนที่กำหนดจนเสร็จสิ้น โครงการตามระยะเวลาที่กำหนด ผลจากการวิจัยและการพัฒนาระบบข้อมูลอย่างมหาศาลเท่าที่เทคโนโลยีในโลกปัจจุบันสามารถอำนวยได้นั้น ทำให้เห็นได้ว่ากิจกรรมทางวัฒนธรรมในช่วงสมัยวัฒนธรรมเขมรโบราณได้แผ่ครอบคลุมอาณาบริเวณที่กว้างขวางและเป็นไปอย่างเข้มข้น ดังปรากฏร่องรอยสิ่งก่อสร้างและแหล่งผลิตอย่างหนาแน่น ซึ่งการใช้ระเบียบวิธีการวิจัยทางโบราณคดี มานุษยวิทยา วัฒนธรรม เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เทคโนโลยีธรณีฟิสิกส์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ สามารถให้ความกระจ่างถึงภาพวิถีชีวิตในอดีตและร่องรอยของกลุ่มชาติพันธุ์ที่ยังคงสืบทอดคติความเชื่อดั้งเดิมอยู่จนถึงปัจจุบัน เช่น วิถีชีวิตของชาวกวย นอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นเครือข่ายการติดต่อแลกเปลี่ยนทั้งทรัพยากร ผลผลิต แรงงาน คติความเชื่อทางศาสนา จนถึงอำนาจทางการเมืองในระบบรัฐหรืออาณาจักร การขยายเครือข่ายดังกล่าวนี้มีความเป็นไปได้ว่ามีเหตุผลสำคัญประการหนึ่งคือการเพิ่มผลผลิตเพื่อป้อนเข้าสู่แกนกลางวัฒนธรรม (Culture Core) ในการดำรงไว้ซึ่งสถานะของศูนย์กลางอำนาจ ผลจากการสำรวจตลอดระยะเวลาที่ดำเนินโครงการนี้พบว่าเป้าหมายของการขยายเครือข่ายมีความพยายามเพื่อมุ่งเข้าสู่ชุมชน หมู่บ้านที่มีอยู่ดั้งเดิมและยังคงมีเครือข่ายการติดต่อแลกเปลี่ยนภายในมาก่อนแล้ว ดังนั้นในมุมมองหนึ่งการแผ่ขยายวัฒนธรรมเขมรโบราณจึงเป็นปรากฏการณ์ระเบียบวัฒนธรรมที่เชื่อมโยงกลุ่มชน ชุมชนที่แตกต่างทั้งเชื้อชาติ ภาษา คติความเชื่อ ทั้งฝั่งตะวันตกและตะวันออกในบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา จำปาศักดิ์ จนถึงบางส่วนของเวียดนาม เข้าไว้ด้วยกัน ด้วยระบบวัฒนธรรมแบบเขมรโบราณและระบบความเชื่อตามคติเทวราชา

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ธราพงศ์ ศรีสุชาติ. “การใช้วิธีการทางธรณีฟิสิกส์ในการสำรวจและวิเคราะห์แหล่งโบราณคดี” ใน เทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ในงานโบราณคดีไทย. กรุงเทพฯ : อมรินทร์การพิมพ์, 2536. หน้า 20-36.

นิคม มุสิกคามะ. ประวัติศาสตร์ โบราณคดีกัมพูชา. กองโบราณคดี, กรมศิลปากร, กรุงเทพฯ : 2536 หน้า 209.

ปรีชา เล่าชู. การประยุกต์เทคนิคทางธรณีฟิสิกส์เพื่อค้นหาแหล่งเตาเผาโบราณบริเวณลุ่มน้ำสงคราม จังหวัดสกลนคร และแหล่งเตาเผาสังคโลก จังหวัดสุโขทัย. กรุงเทพฯ : กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2538.

เมธา วิจักขณะ. “บุษายัญกรรมก่อนประวัติศาสตร์ที่เนินอุโลก.” วารสารเมืองโบราณ. ปีที่ 16, ฉบับที่ 4 (ตุลาคม-ธันวาคม 2533) : 69-79.

เมธา วิจักขณะ. รายงานการวิเคราะห์โบราณวัตถุ แหล่งโบราณคดีบ้านปราสาท ต.ธารปราสาท อ.โนนสูง จ.นครราชสีมา. หน่วยศิลปากรที่ 6, 2527. (อัดสำเนา)

วรวุฒิ โลหะวิจารณ์. รายงานผลการสำรวจ Ground Penetrating Radar โครงการขุดเจาะสำรวจและวิเคราะห์ด้านโบราณคดีบริเวณสถานีรถไฟใต้ดินในพื้นที่กรุงรัตนโกสินทร์ให้กับบริษัทวิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด. หาดใหญ่ : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2543. 65 หน้า.

ศิลปากร, กรม. การศึกษาเปรียบเทียบการบูรณะโบราณสถาน อนันตโลเชิส. กรุงเทพฯ : เซเว่น พรินต์ติ้ง กรุ๊ป. 2540.

ศิลปากร, กรม. จารึกในประเทศไทย เล่ม 3. กรุงเทพฯ : 2529.

ศิลปากร, กรม. จารึกในประเทศไทย เล่ม 4. กรุงเทพฯ : 2529.

_____. ทฤษฎีและแนวปฏิบัติ การอนุรักษ์อนุสรณ์สถานและแหล่งโบราณคดี. เอกสารกองโบราณคดีหมายเลข 1 กรุงเทพฯ : บริษัท หิรัญพัฒน์ จำกัด, 2533.

_____. บ้านปราสาท แหล่งโบราณคดีอีสานล่าง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สมาพันธ์, 2534.

_____. บ้านหลุมเข้า รายงานเบื้องต้นเฉพาะเรื่องชั้นดินและหลักฐานทางโบราณคดี
บาง

_____. ปราสาทพนมรุ้ง. กรุงเทพฯ : บริษัท อมรินทร์ พรินต์ติ้ง กรุ๊ป จำกัด, 2531.

- _____ . เมืองร้อยเอ็ด. พระนคร : อมรินทร์พรินต์ติ้ง, 2541.
- _____ . รายงานการขุดแต่งโบราณสถานปราสาทเมืองต่ำ และการขุดตรวจเพื่อค้นหาแหล่งชุมชน โบราณบริเวณโดยรอบปราสาทเมืองต่ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ประชาชน จำกัด, 2536.
- _____ . รายงานการตรวจโบราณวัตถุสถานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ม.ป.ท., 2503.
- _____ . หอสมุดแห่งชาติ. จารึกในประเทศไทย เล่ม 1-4. 2529.
- _____ . เอกสารกองโบราณคดีหมายเลข 10/2531. พระนคร : โรงพิมพ์การศาสนา, 2531.
- สมิทธิ ศรีภักดิ์ และมยุรี วีระประเสริฐ. ทับหลัง การศึกษาเปรียบเทียบทับหลังที่พบในประเทศไทยและประเทศกัมพูชา. กรุงเทพฯ : โหมดอร์น เพรส, 2533.
- สุภัทรดิศ ดิศกุล, ศ.ม.จ. “ประติมากรรมขอม.” วารสารศิลปากร. ปีที่ 11 ฉบับที่ 2, 2510 : 51.
- _____ . ประวัติเมืองพระนครของขอม (ทรงแปล). กรุงเทพฯ : บริษัท จันวานิชย์ จำกัด. 2526.
- _____ . ประวัติศาสตร์เอเชียอาคเนย์ถึงพ.ศ.2000. สมาคมประวัติศาสตร์ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. 2535.
- _____ . ศิลปขอม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา. 2539.
- สุริยวุฒิ สุขสวัสดิ์, ผศ. ดร. ม.ร.ว., ปราสาทเขาพนมรุ้ง, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : 2535.
- อภิชาติ พัฒนวิริยะพิศาล. การศึกษาฐานทางโบราณคดีด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขนาดใหญ่ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2542. 157หน้า.

ภาษาอังกฤษ

Ang, Ch., 2000, *People and Earth*, Reyum, Phnom Penh

Ang, Ch., Thompson, A., Eric, P., 1995, *Angkor: A Manual for the Past, Present and Future*, APSARA/UNESCO, Phnom Penh.

Ang, Ch., Preap, Ch., Sun, Ch., 2007 *Cause of Khmer lifetime through the Rite of Passage*, in Khmer, Hanuman Tourism, Phnom Penh.

Ansoy, M.Ö., Koçak.Ö, Büyüksaraç, A and Bilim, F., 2007. Images of buried graves in Bayat, Afyon (Turkey) from high-resolution magnetic data and their comparison with preliminary excavations. *J. Archaeological Science* 34. 1473-1484.

Aymonier, E., Le Cambodge. vol. II les Provinces Siamois Paris, 1901.

Aymonier, E., , Le Cambodge. vol. III, E. Leroux Ed, Paris, 1900-1903.

Bandhom, P., “Phanom Wan : Archaeological Study and The Restoration Project,” Country Report on Asean Workshop on Conservation and Restoration of Monuments and Sites for Young Professionals. (Borobudur : Directorate General for Culture, 1998).

Bannanurag, R., “Khok Phanom Di and Its Socio-Cultural Implications” (Ph.D. dissertation, University of Otago, 1989) : 354.

Bevan, B.W., 1991. The search for graves. *Geophysics* 56(9), 1310-1319.

Boisselier, J., 1966, *Le Cambodge*, Picard, Paris

Bruguier, B., 2000, "Les ponts en pierre du Cambodge ancien: aménagement ou contrôle du territoire?", *BEFEO* 87 : 529-551

Carr, C., “The Nature of Organisation of Intrasite Archaeological Records and Spatial Analytic Approachs to Their Investigation” in Schiffer, M.B. editor, Advance in Archaeological Method and Theory. Vol.17 (London : Academic Press, 1984) : 103-211.

Chavez, R.E., Camara, M.E., Tejero, A., Barba, L., and Manzanilla, L., 2001. Site characterization by geophysical methods in the archaeological zone of Teotihuacan, Mexico. *J. Archaeological Science* 28. 1265-1276.

Chhay, Rachana 2007. The excavation of Anlong Thom Kiln Site. Internal Report by APSARA National Authority, Siem Reap (in Khmer).

Chianese, D., D’Emilio, M., Salvia, S.D., Lapenna, V., Ragosta, M., and Rizzo, E., 2004. Magnetic mapping, ground penetrating radar surveys and magnetic susceptibility

measurement for the study of the archaeological site of Serra di Vaglio (southern Italy). J. Archaeological Science 31. 633-643.

Claude Jacques and Philippe Lafond, The Khmer Empire, Cities and Sanctuaries from the 5th to the 13th Century, River Books: Bangkok, 2007.

Cœdès, G., 1906, "La stèle de Ta Prohm", *BEFEO VI* : 44-82

_____. 1908, "Inscription de Bàt Chum", *JA XII*, 10^{ème} série : 213-252.

_____. 1911, "Les bas-reliefs d'Angkor Vat", *BCAI* : 170-220.

_____. 1932, "A la recherche du Yaçodharaçrama", *BEFEO XXXII* : 84-112.

_____. 1940, "Les hôpitaux de Jayavarman VII", *BEFEO XL* : 344-347.

_____. 1940, "Les gîtes d'étape à la fin du XII^e siècle", *BEFEO XL* : 347-349.

_____. 1941, "La stèle du Práh Khan d'Angkor", *BEFEO XLI* : 255-302.

_____. 1941, "L'assistance médicale au Cambodge à la fin du XII^e siècle", *CEFEO*, 26 : 29-31.

_____. 1943, "Les stèle de Sdok Kak Thom", *BEFEO, XLIII* : 56-134.

_____. 1948, *Les Etats hindouisés d'Indochine et d'Indonésie*, Éd. de Boccard, Paris

Dupaigne, B., 1992, "La métallurgie dans l'ancien Cambodge: Travail des dieux, Travail des hommes", in *Études rurales*, janvier-juin, 125-126:13-34

Em, Socheata 2004. Khnar Po Kiln Site. Bachelor of Arts thesis, Royal University of Fine Arts, Phnom Penh (in Khmer).

Finot, L., 1925, "Dharmaçâlâs au Cambodge", *BEFEO XXV* : 417-422.

Foucher, A., 1903, "Les édicules des gîtes d'étapes", *J.A I*, dixième série : 174-18

Groslier B-P., 1958, *Angkor et le Cambodge au XVI^e siècle d'après les sources portugaises et espagnoles*, PUF, Paris.

_____. 1960, *Indochine, carrefour des arts*, Albin-Michel, Paris.

_____. 1979, "La cité hydraulique angkoriennne : exploitation ou surexploitation du sol?", *BEFEO LXVI* : 161-202.

_____. 1973, *Inscriptions du Bayon*, EFEO, Paris

Hang, Ch. & Lim, S., 2001 "A study on communities living in Siem Reap-Angkor region", *Udaya, Journal of Khmer Studies*, n. 2, APSARA, Phnom Penh: 71-80.

Higam, C.F.W., and Thosarat, R., Prehistoric Thailand from Early Settlement to Sukhothai (Bangkok : River Books,1998).

Im, S. 1995, La vie quotidienne khmère à l'époque d'Angkor d'après les bas-reliefs du Bayon, mémoire de fin d'études, Phnom Penh (inédit)

_____. 1998, Les réseaux routiers et moyens de transport à l'époque angkorienne du IX^{ème} au XIV^{ème} siècles, mémoire présenté en vue du diplôme de l'EHESS, Paris (inédit)

_____. 2003, "Angkor: A Living Heritage Site", *Report for Living Heritage Sites Programme, First Strategy Meeting*, SPAFA Headquarters, Bangkok

_____. 2005, "Angkorian Communication Routes and Associated Structures", *Udaya, Journal of Khmer Studies*, n. 5, in Khmer

_____. 2008, "Ancient Khmer Road Network: A Case Study of a Royal Road from Angkor to Phimai", Paper for International Conference, *Archaeology of Vietnam-Cambodia-Laos: Toward Sustainable Cooperation*, Hanoi

Im, Sokrithy 2005. "Angkorian Road Network and Infrastructure Concerned". *Journal of Khmer Studies*, UDAYA 5: 39-78.

Imai, T., Sakayama, T. and Kanemori, T., 1987. Use of ground-probing radar and resistivity survey for archaeological investigations. *Geophysics* 52(2), 137-150.

Jean Boisselier, Le Cambodge. Manuel d'Archéologie d' Extrême-Orient, Paris, 1966.

Kroll, E.M., and Price, T.D., The Interpretation of Archaeological Spatial Pattern. Plenum Press, 1991.

Lajonquière, E., "Inventaire descriptif des monuments du Cambodge," vol II, Paris 1907. Mouhot, H., "Voyages dans les Royaumes de Siam de Cambodge et de Laos," Paris, 1868.

Lam, S. & So, Chh., 1999 *The legend of Khmer history and Monument*, BA thesis, Faculty of Archaeology, Phnom Penh (unpublished)

LARP, 2004, "Living Angkor Road Report", in 16th *Technical Committee Report*, Unesco, Siem Reap, 5-7 July, Sokha-Angkor Hotel

LARP, 2007-2008, *Living Angkor Road: Technical Report*, <http://larp.crma.ac.th>

Lim, S. & Hem, K., 2000, *A study on linkage between communities living in Angkor region*, BA Thesis, Faculty of Archaeology, Phnom Penh (unpublished)

Lunet de Lajonquière, E., 1902-1911, *Inventaire descriptif des monuments du Cambodge*, 3 vol. Publ. EFEO., Paris

Maspéro, G., 1925, "La géographie politique de l'Indochine aux environs de l'an 960 A.D.", *EA* 2 : 79-125

Maspéro, H., 1918, "La frontière de l'Annam et du Cambodge du VIII au XIV^{ème} siècle", *BEFEO XVIII* : 29-36.

Ministry of Culture and Fine Arts and UNESCO, 2004 *Inventory of Intangible Cultural Heritage of Cambodia*, Phnom Penh

Miura, Keiko, 2004 'Contested Heritage: People of Angkor', PhD Thesis, School of Oriental and African Studies, University of London, London.

Natthapatra Chandavij 1990. Ancient Kiln Site in Buriram Province, Northeastern Thailand. An Ancient Ceramic Kiln Technology in Asia (ed Hochumei), Hong Kong, Centre of Asian Studies, University of Hong Kong, pp. 230-43.

Parmentier, H., 1916, "Carte de l'Empire khmer d'après la situation des inscriptions datées", *BEFEO XVI* : 69-73

_____. 1933, "Examen du levé d'avion du parc d'Angkor par capitaine Gouet les 24-26 jan. 1933 à 9 heures à l'altitude de 1.300 m., Siem Reap, 1933", dans "Chroniques", *BEFEO XXXIII* : 1111-1116.

_____. 1934, "Examen du nivellement d'Angkor", *BEFEO XXXIII* : 310-318

Pelliot Paul, 1951, *Mémoire sur les coutumes du Cambodge de Tcheou Ta-Kouan*, A. Maisonneuve, Paris.

Philippe Stern, Les Monuments Khmers des style du Bayon et Jayavarman VII, Press Universities de France, Paris, 1965.

Phon, Kaseka 2002. Ancient Kiln Site at Choeung Ek. Master of Arts thesis, Cambodian Royal Accademy, Phnom Pehn (in Khmer)

Pichard, P., Pimay Etude Architectural du Temple. EFEO. Paris, 1976.

_____. "Restoration of a Khmer Temple in Thailand." UNESCO. Paris, 1972.

_____. "Restoration of Phanom Rung." UNESCO. Paris, 1974.

_____. Tanjavur Brhadisvara an Architectural Study. IGNCA.-EFEO. (Pondichery : All India Press, 1995).

Pierre Pichard, Le Prasat Phanom Wan (IK. 437) avant anastylose, L' école Française d' Extrême-Orient, Paris, 1991.

Poshyanandana, V. Etude Comparative d' anastylose. Universite Lumiere-Lyon II, 1994.

Saxe, A.A., "Social Dimensions of Mortuary Practices" (Ph.D. dissertation, University of Michigan, 1970).

Schiffer, M.B., Behavioral Archaeology. (New York : Academic Press, 1976).

Schweyer, A-V, 2007, "The confrontation of the Khmer and Chams in the Bayon Period", in *Bayon: New Perspectives*, River Books, Bangkok, pp. 49-71

Sharer, J.R., and Ashmore, W., Fundamentals of Archaeology. Menlo Park, (California : The Benjamin Cummings, 1979).

Social Research Unit, 2000 *Report on the Socio-economic Study of Angkor region*, in Khmer, APSARA, Siem Reap (unpublished)

Social Research Unit, 2001 *Report on Communities living in Angkor Thom*, in Khmer, APSARA, Siem Reap (unpublished)

Social Research Unit, 2003 *Report on Population statistics in zone 1 and 2*, in Khmer, English and French, APSARA, Siem Reap (unpublished)

Sok, Keo Sovannara 2003. Sar Sey Kiln Site. Bachelor of Arts thesis, Royal University of Fine Arts, Phnom Penh (in Khmer).

Solheim II, W.G., and Ayres, M., "The Late Prehistoric and Early Historic Pottery of the Khorat plateau, with Special Reference to Phimai," In Smith, R.B., and Watson, W., editors, Early Southeast Asian. (Oxford : Oxford University Press, 1979): 63-77

Sternberg, B.K. and McGill, J.W., 1995. Archaeology studies in southern Arizona using ground penetrating radar. *J. of Applied Geophysics* 33, 209-225.

Suigyama, Hiroshi, Nishimura Ken, Hanatani ..., Ea Darith 2005. National Research Institute for Cultural Properties, Nara 2005. *Final Report of Joint Research Project at Angkor, excavation of Tani kiln site, A6*.

Valfidis, A., Economou, N., Ganiatsos, Y., Manakou, M., Poulioudis, G., Sourlas, G., Vrontaki, E., Sarris, A., Guy, M. and Kalpaxis, Th., 2005. Integrated geophysical studies at ancient Itanos (Greece). *J. Archeological Science* 32. 1023-1036.

Vaughan, C.J., 1986. Ground-penetrating radar survey used in archaeological investigation. *Geophysics* 51(3), 595-604.

Vikery, M., 1998, *Society, Economics and Politics in Pre-Angkor Cambodia*, The Centre for East Asian Cultural Studies for Unesco, The Toyo Bunko.

_____. 2004, "Cambodia and Its Neighbors in the 15th Century", *Working Paper Series No. 27*, Asia Research Institute, Singapore (www.ari.nus.edu.sg/pub/wps2004.htm)

_____. 2005, "Champa revised", *Working Paper at a conference on Champa*, Asian Research Institute, National University of Singapore
(http://www.ari.nus.edu.sg/pub/wps2005/wps05_037.htm)

Wood, S.H., Liberty, L.M., Singharajwarapan, F.S., Bundarnsin, T and Rothwell, E. , 2004. Feasibility of gradient magnetometer surveys of buried brick structures at 13th century (C.E.) Wiang Kum Kan, Chiang Mai province, Thailand. Proc. Int. Conf. on Applied Geophysics. Chiang Mai: November 26-27, 2004., pp. 22-30.

Yukitsuku Tabata 2004. Technical Aspects on Khmer Stoneware Ceramics from the Tani kiln site. Doctor Degree, Institute of Asian Culture, Sophia University (in Japanese).

Boston GIS. OpenLayers part 1. [Online]. Accessed March 2006. Available from http://www.bostongis.com/?content_name=openlayers_tut_01.

OpenLayers. OpenLayers examples. [Online]. Accessed March 2006. Available from <http://www.openlayers.org/dev/doc/examples.html>.

OpenLayers. OpenLayers getting started. [Online]. Accessed March 2006. Available from <http://openlayers.org/doc/>.

Wikipedia. OpenLayers. [Online]. Accessed March 2006. Available from <http://en.wikipedia.org/wiki/OpenLayers>.

ภาคผนวก

การสร้างภาพเคลื่อนไหวเสมือนจริง 3 มิติ

1. กล่าวนำ

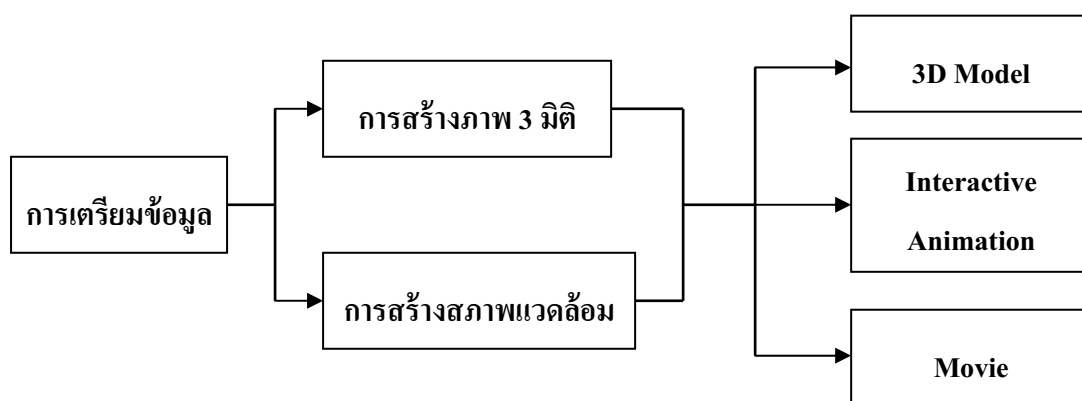
โครงการนี้ได้ทำการพัฒนาภาพเสมือนจริง 3 มิติ (3D Realistic Model) และสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ 3 มิติ (Natural 3D Environment) โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่างๆ จากซอฟต์แวร์หลายประเภทเข้ามาผสมผสานเพื่อสร้างเป็นภาพจำลองและสภาพแวดล้อม 3 มิติ ขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองภาพโบราณสถานและสภาพแวดล้อมโดยรอบของโบราณสถานในรูปแบบ 3 มิติ ทำให้ผู้ที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับโบราณสถาน สามารถมองเห็นภาพโบราณสถานและสภาพแวดล้อมได้ทุกด้านทั้งด้านหน้า ด้านหลัง ด้านบน รวมทั้งด้านในของโบราณสถาน และมองเห็นรูปทรงได้อย่างชัดเจนเสมือนจริงโดยไม่ต้องไปยังสถานที่จริง ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปยังสถานที่จริง นอกจากนี้เรายังสามารถนำประโยชน์จากการจำลองภาพโบราณสถาน 3 มิติไปเปรียบเทียบกับโครงสร้างโบราณสถานอื่นๆ ได้อีกด้วย

หลังจากการจำลองภาพโบราณสถานและสภาพแวดล้อมโดยรอบของโบราณสถานในรูปแบบ 3 มิติแล้ว สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงและนำมาประกอบในการพิจารณาถึงขั้นตอนการดำเนินการคือการนำผลงานเหล่านั้นมาแสดงในรูปแบบต่างๆ ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานครอบคลุมทุกแขนง เช่นการเสนอผลงานออกมาในรูปของภาพนิ่ง (picture) ภาพเคลื่อนไหวที่มีการตอบโต้ (interactive animation) และภาพยนตร์ (movie) เป็นต้น โดยการนำเสนอผลงาน (export) จะอยู่ในรูปแบบไฟล์ชนิดต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปใช้งานอย่างสะดวกขึ้นอยู่กับลักษณะของการนำไปใช้งาน

2. การดำเนินการ ผลงานที่ได้รับ และการนำไปใช้ประโยชน์

2.1 การดำเนินการ

การวางแผนงานในขั้นตอนการดำเนินการ เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากงานประเภทการสร้างภาพจำลองและการสร้างสภาพแวดล้อม 3 มิติ เป็นงานที่ค่อนข้างจะยุ่งยาก และมีความละเอียดอ่อน ผู้ปฏิบัติจะต้องมีความประณีตและมีจินตนาการผลงานที่ได้รับจึงจะออกมาดี มีความสวยงาม เหมือนจริง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ซึ่งคณะวิจัยฯ ของโครงการได้วางแผนงานโดยมีขั้นตอนการดำเนินการในการสร้างชิ้นงานซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

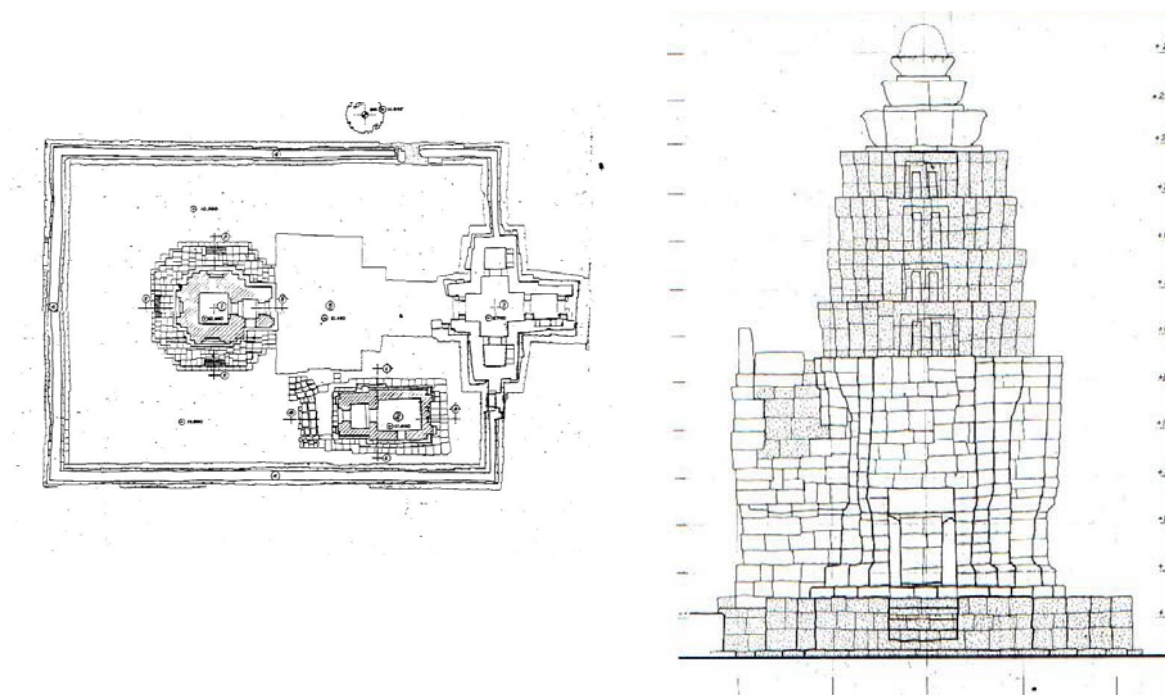


รูปที่ 1ก แสดงขั้นตอนการดำเนินการ

ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างภาพจำลอง 3 มิติมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากภาพจำลอง 3 มิติจะออกมาสมบูรณ์ สวยงาม หรือไม่ ขึ้นอยู่กับข้อมูลต่างๆ ดังนี้

○ การเตรียมข้อมูลขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง หรือตำแหน่งพิกัดของโบราณสถาน (ถ้าได้ข้อมูลที่ละเอียดมากจะทำให้การสร้างวัตถุมีรูปทรงที่สวยงามและสมจริง)



รูปที่ 2ก แสดงผังและมาตราส่วนของโบราณสถาน

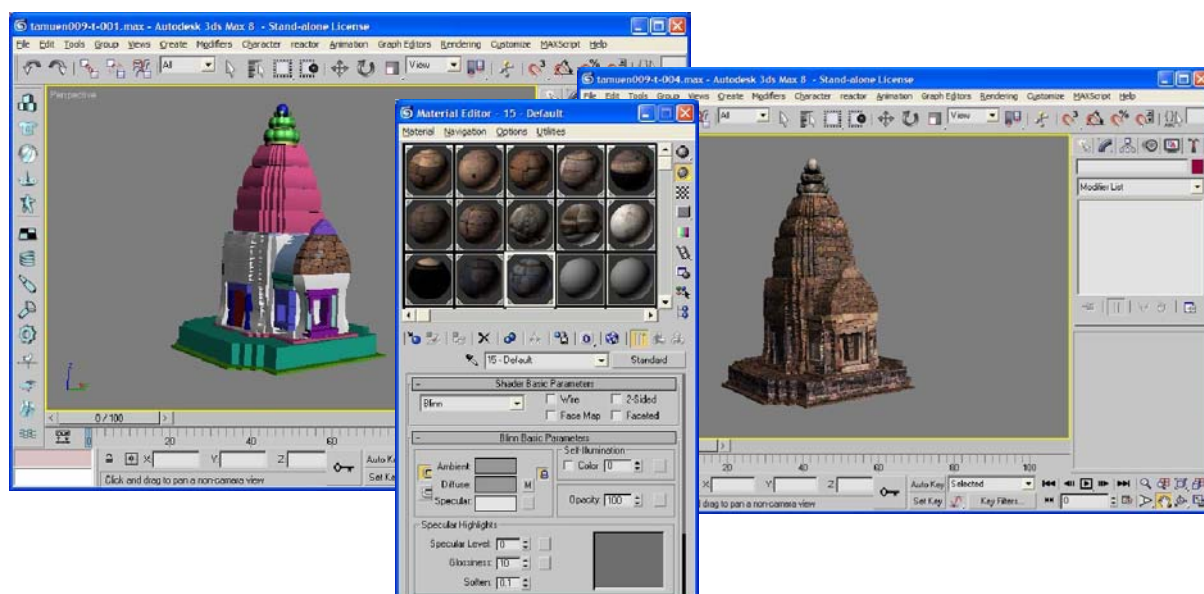
○ การเตรียมข้อมูลภาพถ่ายพื้นผิวของวัตถุทั้งด้านหน้า ด้านข้าง ด้านหลัง และ ด้านบน เพื่อนำมาสร้างผิวของวัตถุให้ดูสมจริง โดยภาพที่ถ่ายควรมีความละเอียดสูง และมีการถ่ายภาพมุมใกล้และมุมไกลให้ครอบคลุมพื้นผิวทั้งหมดของโบราณสถาน



รูปที่ 3ก แสดงภาพพื้นผิวของโบราณสถาน

ขั้นตอนการสร้างภาพ 3 มิติของโบราณสถาน

ขั้นตอนการสร้างภาพ 3 มิติ สำหรับโครงการนี้ใช้โปรแกรม 3ds Max ในการสร้างภาพโบราณสถาน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องการความชำนาญและความประณีตเป็นอย่างยิ่ง เพราะออกแบบภาพ 3 มิตินั้นมีขั้นตอนหลายขั้นตอนและค่อนข้างมีความซับซ้อน ตั้งแต่ขั้นตอนการขึ้นรูป ขั้นตอนการสร้างผิววัตถุ (texture) และการ render ภาพ



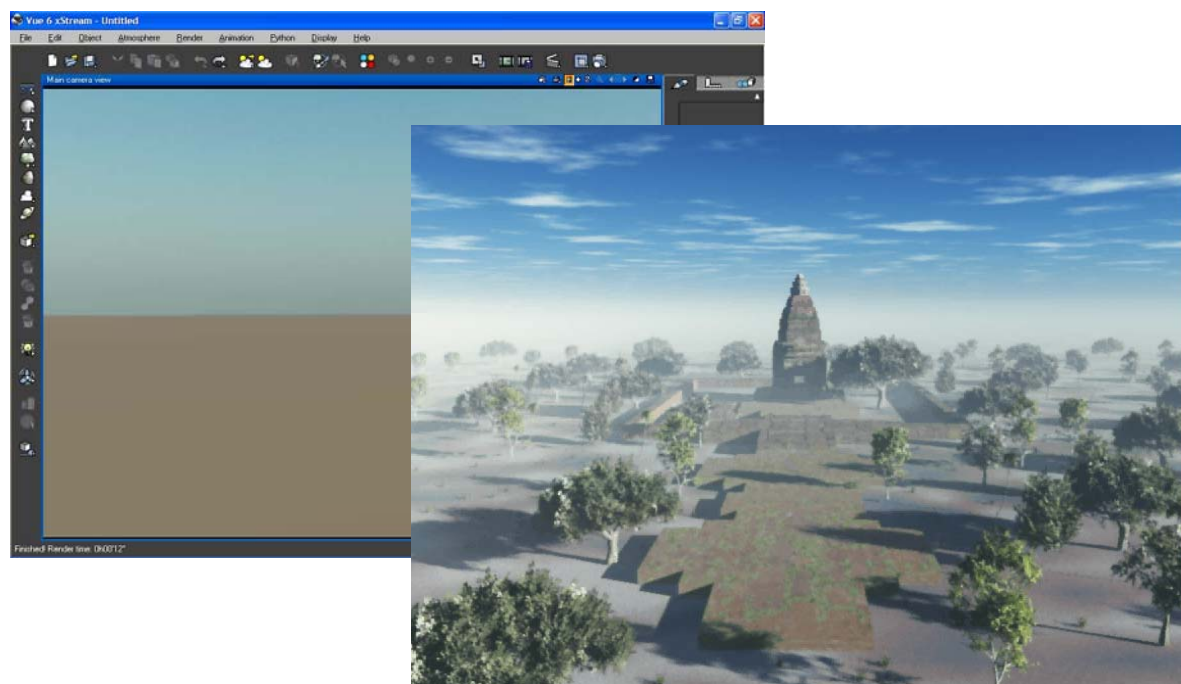
รูปที่ 4ก แสดงการสร้างภาพ 3 มิติของโบราณสถาน

ขั้นตอนการสร้างสภาพแวดล้อม 3 มิติ

นอกจากการสร้างภาพ 3 มิติ ของโบราณสถานแล้วองค์ประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่จะทำให้ภาพ 3 มิติมีลักษณะเหมือนจริงก็คือการสร้างสภาพแวดล้อมรอบๆภาพนั้น เช่นสภาพท้องฟ้า พื้นดิน ป่า ภูเขา เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมที่ออกแบบเครื่องมือช่วยสร้างสภาพแวดล้อมให้มีความง่าย และรวดเร็ว มีหลายโปรแกรม สำหรับโครงการวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Vue 6 xStream เป็นเครื่องมือช่วยสร้างสภาพแวดล้อมเพราะมีความง่าย ความสะดวก ความอ่อนตัว และมีประสิทธิภาพ โดยโปรแกรมได้เตรียมวัตถุ (Objects) พื้นฐานสำหรับการสร้างสภาพแวดล้อม 3 มิติไว้ดังนี้

- พื้นดิน พื้นน้ำ พื้นเมฆ (Infinite Planes)
- ภูเขา (Terrain object)
- ต้นไม้ ป่าไม้ (Plants)
- หิน (Rocks)
- เมฆ (MetaClouds)
- ลม (Ventilators)

นอกจากนี้ยังสามารถนำเข้าวัตถุสำเร็จรูป เช่นต้นไม้ ก้อนเมฆ หรือภูเขาจากที่อื่นแล้วนำมาประกอบกับสภาพแวดล้อมที่เราสร้างขึ้นมาด้วยตนเองอีกด้วย

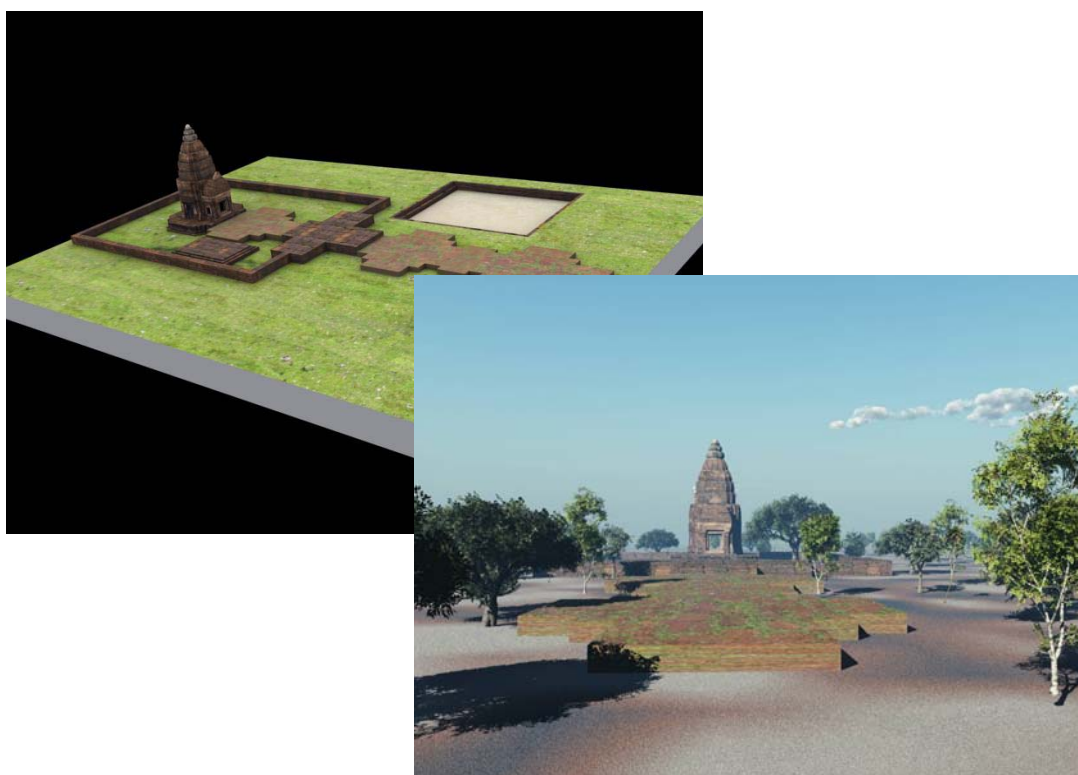


รูปที่ 5ก แสดงการสร้างสภาพแวดล้อม 3 มิติ

ขั้นตอนแสดงผลงานในรูปแบบ 3D Model, Interactive Animation และ Movie

การนำเสนอผลงานนั้นสามารถทำได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้สร้างผลงานและผู้นำไปใช้งาน ซึ่งจะมีความต้องการแตกต่างกันออกไป เช่นการนำเสนอผลงานบนเว็บไซต์สามารถแสดงในรูปแบบของภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวที่ถูกย่อขนาดแล้ว หรือ ภาพเคลื่อนไหวที่มีการโต้ตอบ เป็นต้น ส่วนการนำเสนอผลงานอีกแบบหนึ่งคือการให้ผู้ใช้งาน download ไฟล์ไปใช้งาน ซึ่งวิธีนี้นักจะใช้กับไฟล์ที่มีขนาดใหญ่

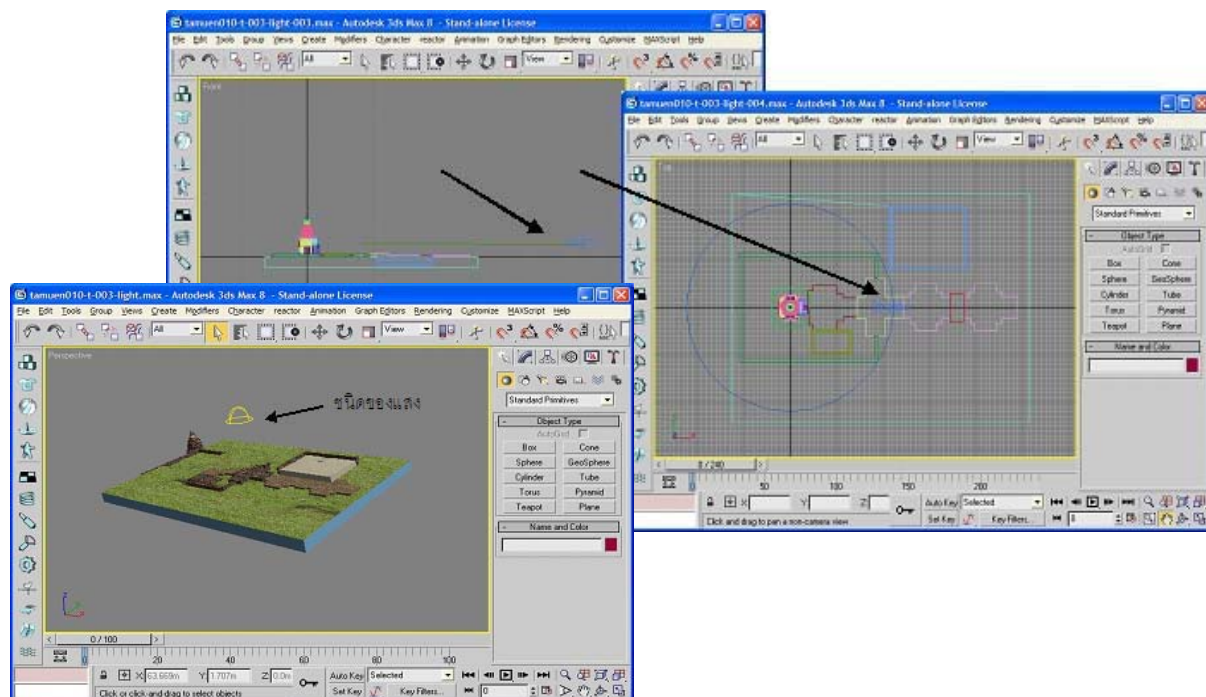
การนำเสนอผลงานในรูปแบบ 3D Model ก็เพียงแค่ Render ภาพออกมาเป็น jpg, png, bmp หรือ tif เป็นต้น ดังรูป



รูปที่ 6ก การเสนอผลงานแบบ 3D Model

การนำเสนอผลงานในรูปแบบ Movie เป็นวิธีที่นิยมวิธีหนึ่งเพราะจะทำให้ผู้ที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับโบราณสถาน สามารถมองเห็นภาพโบราณสถานและสภาพแวดล้อมได้ทุกด้านเหมือนไปยังสถานที่จริง อย่างไรก็ตามภาพที่เป็นแบบ movie มีข้อเสียเปรียบที่ผู้ใช้งานไม่สามารถบังคับมุมมองได้ด้วยตัวเอง แต่ภาพจะถูกผลิตออกมาสำเร็จรูปจากผู้สร้างผลงาน ซึ่งบางครั้งอาจจะไม่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

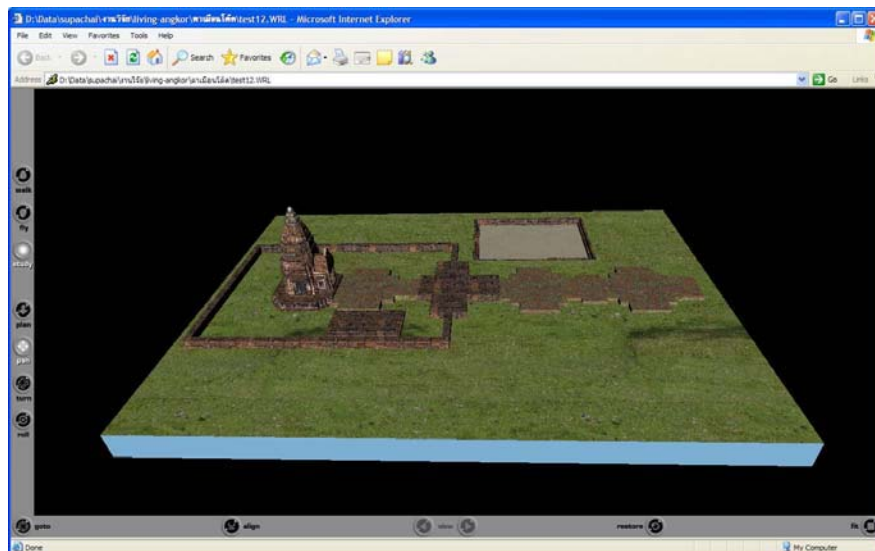
การนำเสนอผลงานในรูปแบบ Movie ผู้ผลิตจะต้องเพิ่มขั้นตอนการ Render ภาพ โดยต้องกำหนดทิศทางของแสง ทิศทางการเคลื่อนที่ของกล้อง จำนวน frame ที่ต้องการ และการตั้งค่าความละเอียดของภาพ (resolution) เป็นต้น ดังรูป



รูปที่ 7ก การเสนอผลงานแบบ Movie

การนำเสนอผลงานในรูปแบบ Interactive Animation ในปัจจุบันนี้นับว่าเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมวิธีหนึ่งเพราะผู้ใช้งานสามารถบังคับทิศทางการมองภาพเคลื่อนไหวเสมือนจริง 3 มิติ (3D Realistic Animation) ได้โดยผู้ใช้งานเอง ด้วยอุปกรณ์เป็นพิมพ์ เมาส์ หรืออื่นๆ สำหรับการสร้างและออกแบบสามารถทำได้หลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ความสะดวก ความอ่อนตัว ความง่าย และความชำนาญในการใช้งานโปรแกรมที่จะนำมาสร้างสรรค์งานด้าน 3 มิติของผู้ออกแบบ สำหรับโครงการวิจัยนี้ผู้เขียนใช้โปรแกรม 2 ประเภทในการสร้างสรรค์ผลงาน คือ โปรแกรม Autodesk 3ds Max สำหรับการสร้าง Interactive Animation บน web browser และโปรแกรม Quest 3D สำหรับการสร้าง Interactive Animation อย่างอิสระ สามารถแสดงภาพด้วยตัวเองโดยไม่ต้องพึ่งซอฟต์แวร์อื่นมาช่วยในการแสดงผลงาน

สำหรับการสร้าง Interactive Animation บน web browser สามารถผลิตออกมาโดยการใช้โปรแกรม 3ds Max ทำการ Export ให้อยู่ในไฟล์ WRL ก่อน ส่วนการนำไฟล์ WRL มาแสดงบน web browser นั้นจะต้องติดตั้งโปรแกรมประเภท VRML Client บนเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อน ซึ่งโครงการนี้แนะนำให้ติดตั้งโปรแกรม Cortona VRML Client (cortvrml.exe) ของบริษัท

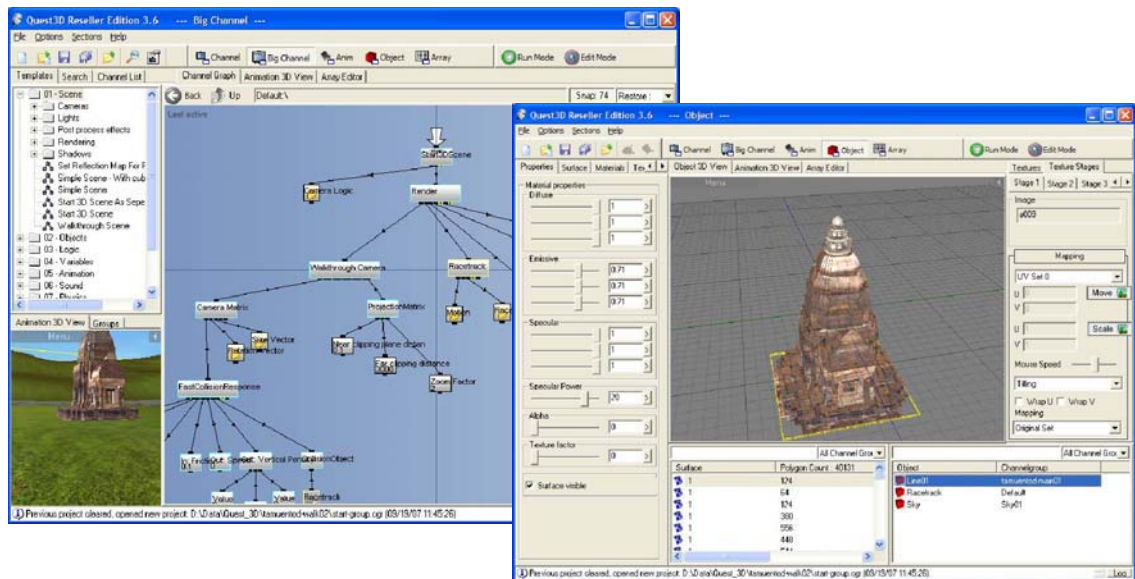


รูปที่ 8ก การเสนอผลงานแบบ Interactive Animation บน Web Browser

สำหรับการสร้าง Interactive Animation ที่สามารถทำงานได้อย่างอิสระสามารถแสดงภาพด้วยตัวเองโดยไม่ต้องพึ่งซอฟต์แวร์อื่นมาช่วยในการแสดงผลงานด้านแบบจำลอง 3 มิติที่มีการตอบโต้กัน จะใช้โปรแกรม Quest 3D ในการสร้างผลงาน ซึ่งสามารถสร้างผลงานออกมาได้หลายรูปแบบซึ่งอยู่กับรูปแบบการนำเสนอผลงานเช่น คือ

- ถ้าต้องการเสนอผลงานด้วย Quest 3D Viewer จะต้องเก็บไฟล์รูปแบบ .q3d
- ถ้าต้องการเสนอผลงานในรูปแบบเว็บโดยจะต้องใช้ Quest 3D Browser Plug-in จะต้องเก็บไฟล์รูปแบบ .q3d
- ถ้าต้องการเสนอผลงานในรูปแบบ Screen Saver จะต้องเก็บไฟล์รูปแบบ .exe
- ถ้าต้องการเสนอผลงานในรูปแบบ Stand-alone Self-running จะต้องเก็บไฟล์รูปแบบ .exe

ดังรูป



รูปที่ 9ก การเสนอผลงานแบบ Interactive Animation ทำงานอิสระ

2.2 ผลงานที่ได้รับ

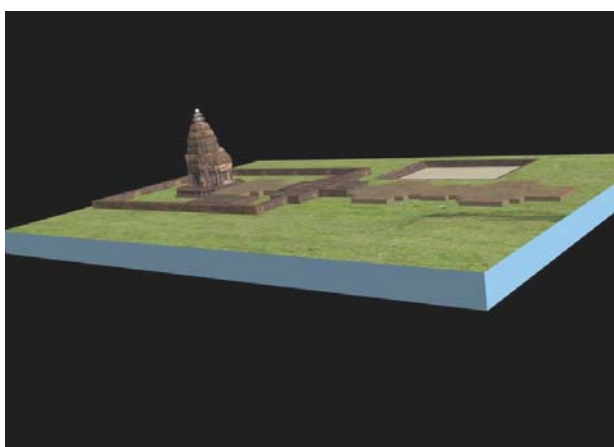
2.2.1 3D Model



รูปที่ 10 ภาพธรรมศาลา (อณีสาลา) ปราสาทตาเมือน



รูปที่ 11ก ภาพอโรคยาศาลา ปราสาทหนองบัวลาย

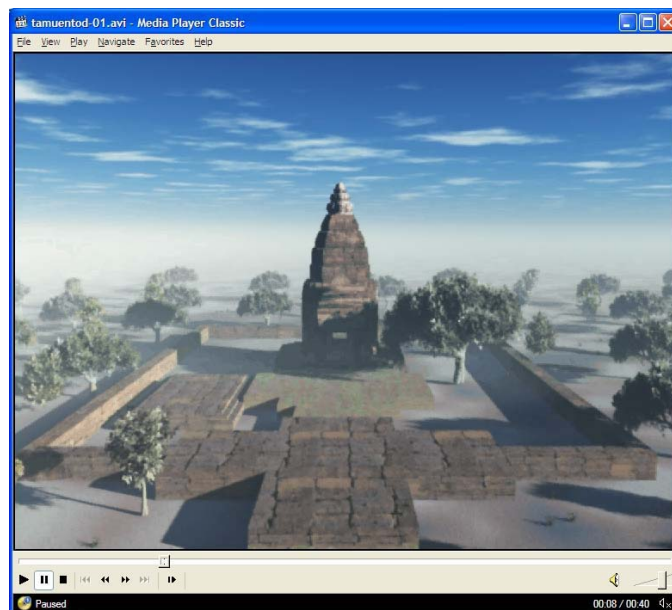


รูปที่ 12ก ภาพอโรคยาศาลา ปราสาทหนองบัวลาย



รูปที่ 13ก ภาพสะพานโบราณ

2.2.2 Movie



รูปที่ 14ก ภาพเคลื่อนไหวหอโรคนาสาลา ปราสาทหนองบัวลาย

2.2.3 Interactive Animation



รูปที่ 15ก ภาพเคลื่อนไหวแบบตอบโต้ ปราสาทหนองบัวลาย

3. สรุป

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการประยุกต์โดยการนำซอฟต์แวร์หลายชนิดมาใช้เป็นเครื่องมือสร้างภาพจำลองโบราณสถาน 3 มิติ ทำให้สามารถลดขั้นตอนในการสร้างและออกแบบงานได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้งานที่มีความซับซ้อนมากๆ ซอฟต์แวร์เหล่านี้ก็ยังช่วยให้สามารถสร้างงานนั้นออกมาอย่างง่ายและสะดวกสบาย ผลงานที่สร้างออกมาก็สามารถนำไปเสนอผลงานได้หลายรูปแบบ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างหลากหลายยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการสร้างภาพจำลองและสภาพแวดล้อม 3 มิติจะใกล้เคียงสถานที่จริงหรือไม่ขึ้นอยู่กับศิลปะและจินตนาการของผู้ออกแบบ ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการผลิตผลงานออกมาให้เหมือนจริง

ภาคผนวก ข

การใช้งาน OpenLayers เพื่อพัฒนาระบบการสื่อสารข้อมูลโครงการ

1. กล่าวนำ

การนำเสนอข้อมูล GIS ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในเวลาอันรวดเร็ว เป็นผลให้มีการพัฒนา Web GIS Application ขึ้นมาให้งานเป็นจำนวนมาก นอกจากนั้น ในปัจจุบันผู้ใ้ยังสามารถเข้าถึงข้อมูล GIS จากหลากหลายแหล่งได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ดังนั้น ในกรณีที่ผู้ใ้ต้องการนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ร่วมกัน รวมถึงการนำข้อมูลของตนเองมารวมนำเสนอด้วยนั้น ผู้ใ้สามารถกระทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดที่มีชื่อว่า OpenLayers ซึ่งได้รับพัฒนาขึ้นโดยใช้เทคโนโลยี JavaScript ช่วยให้ นักพัฒนาสามารถนำเสนอข้อมูล GIS จากหลากหลายแหล่งข้อมูลบนหน้าเว็บเดียวกันได้อย่างง่ายดายโดยเรียกใช้งานผ่าน JavaScript API ของ OpenLayers

2. คุณสมบัติของ OpenLayers

OpenLayers เป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิดสำหรับการเรียกดูและนำเสนอข้อมูล GIS ในรูปแบบของแผนที่ผ่าน Web Browser ที่พัฒนาขึ้นมาโดยใช้ภาษา JavaScript ที่มีคุณสมบัติในการทำงานในรูปแบบ Client Side ช่วยให้ เป็นอิสระต่อการเลือกใช้เครื่องแม่ข่าย และที่สำคัญ OpenLayers ยังมี JavaScript API สำหรับใช้ในการสร้าง Web-Based Geographic Application ให้สำหรับนักพัฒนาในการเข้าถึงและเข้าใช้งาน Library ต่างๆ ของ OpenLayers ได้อย่างสะดวกสบาย ช่วยให้ ผู้ใ้สามารถสร้างแผนที่ กำหนดคุณสมบัติของแผนที่ จัดเรียงชั้นข้อมูล และรองรับการใช้งานข้อมูล GIS หลากหลายรูปแบบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1 ข

คุณสมบัติที่น่าสนใจของ OpenLayers อย่างหนึ่งก็คือ ความสามารถในการเรียกใช้ข้อมูล GIS จากหลากหลายแหล่งข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น

การติดต่อกับแหล่งข้อมูลที่ใช้ Protocol มาตรฐานของ OpenGIS Consortium

- Web Map Service (WMS) Protocol
- Web Feature Service (WFS) Protocol

การติดต่อกับแหล่งข้อมูลที่ใช้มาตรฐานอื่นๆ

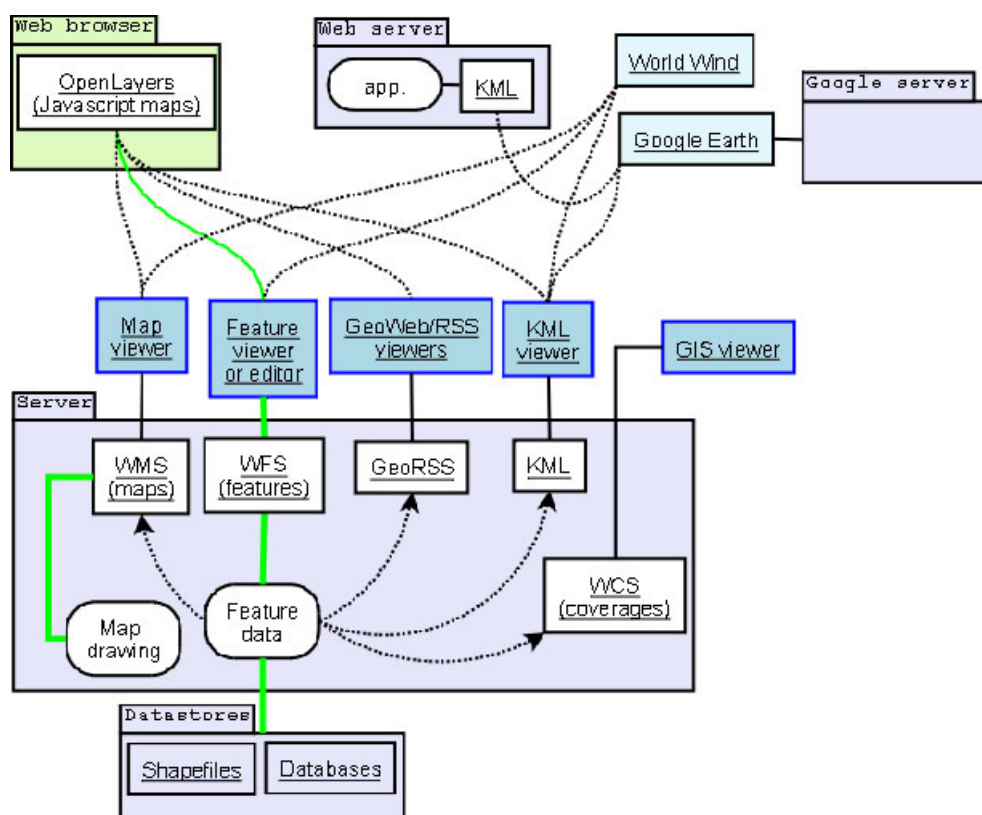
- GeoRSS data
- GeoServer data
- ka-Map data
- NASA World Wind data
- UMN MapServer data

การติดต่อกับแหล่งข้อมูลอื่นๆ

- Google Maps
- MSN Virtual Earth
- Yahoo! Maps

นอกจากนั้น OpenLayers ยังรองรับการเรียกใช้งานข้อมูลอื่นๆ ดังแสดงไว้ในภาพด้านล่าง

น



รูปที่ 1x แสดงแผนภาพ OpenLayers ที่รองรับการเรียกใช้งานข้อมูล

(ที่มา: <http://en.wikipedia.org/wiki/OpenLayers>)

3. การใช้งาน OpenLayers

การสร้างแผนที่โดยใช้ OpenLayers API เรียกข้อมูล GIS จากแหล่งข้อมูลต่างๆ นั้น ในขั้นต้นจะต้องแทรก OpenLayers JavaScript เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของ HTML (หรือโปรแกรมภาษาอื่นๆ ที่ใช้สำหรับสร้าง Web Page เช่น PHP, ASP.Net, หรือ PERL เป็นต้น) จากนั้นจึงเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษา JavaScript เพื่อเรียกใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ตามข้อกำหนดของ OpenLayers JavaScript API

เรียกใช้งาน OpenLayers JavaScript

การสร้าง Web-Based Geographic Application ด้วย OpenLayers นั้น ในขั้นต้นจะต้องสร้างไฟล์ HTML ที่มีการรวมเอา OpenLayers Library เข้าไว้เป็นส่วนหนึ่งของไฟล์ดังกล่าวก่อน ด้วยการแทรกเข้าไว้ในส่วนของ Header พร้อมกับสร้าง Block element ซึ่งในที่นี้ใช้ <div> เป็นตัวกำหนดว่าจะแสดงข้อมูล GIS ไว้ที่ส่วนของ Web page พร้อมทั้งกำหนดขนาดของแผนที่ที่จะแสดงผล

```
<html>
<head>
  <title>OpenLayers Example</title>
  <script src="http://openlayers.org/api/OpenLayers.js"></script>
</head>
<body>
  <div style="width: 100%; height: 100%" id="map"></div>
</body>
</html>
```

สร้าง OpenLayers Map Object

ในการสร้างแผนที่นั้น เมื่อเตรียมโครงสร้างของ HTML เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้าง Map Object ของ OpenLayers เพื่อเตรียมที่จะใช้เป็น Object หลักในการแสดงผลข้อมูล GIS ซึ่งต้องมีการส่งผ่านค่าให้กับ OpenLayers.Map constructor 1 ตัว นั่นก็คือ ID ของ HTML element ที่ต้องการให้แสดงแผนที่

```

<html>
<head>
  <title>OpenLayers Example</title>
  <script src="http://openlayers.org/api/OpenLayers.js"></script>
  <script defer="defer" type="text/javascript">
    function init() {
      var map = new OpenLayers.Map('map');
    }
  </script>
</head>
<body onload=init()>
  <div style="width: 100%; height: 100%" id="map"></div>
</body>
</html>

```

เมื่อเรียกดูผ่าน Web Browser จะเห็นว่ามีเพียงตัวควบคุมแสดงผลออกมาเท่านั้น



รูปที่ 2ข แสดงตัวควบคุมแสดงผล

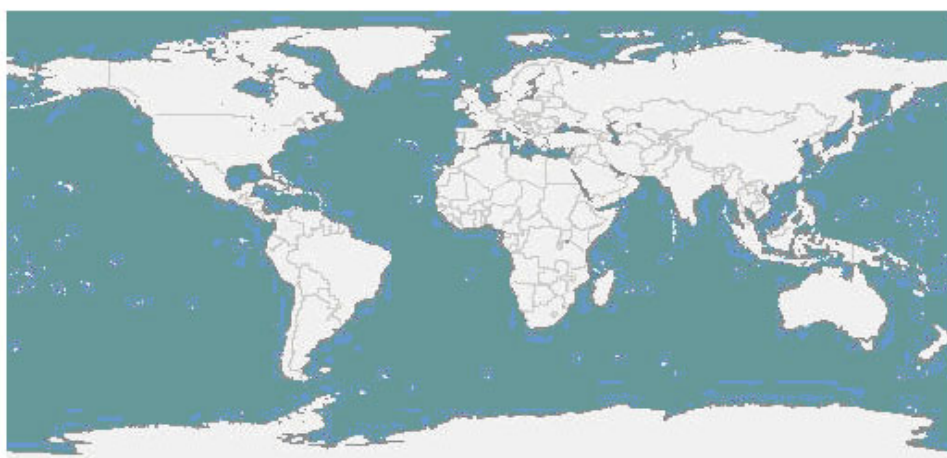
สร้างชั้นข้อมูลโดยนำเข้าข้อมูล WMS

เมื่อเตรียมทุกอย่างพร้อมแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเรียกข้อมูลออกมาแสดง โดยเริ่มต้นจากการนำเข้าข้อมูลจาก WMS Server ด้วยการสร้าง WMS Layer Object และเพิ่มชั้นข้อมูลเข้าไปใน Map Object ตามลำดับ นอกจากนั้น จะต้องกำหนด Zoom level ให้กับ Map Object ด้วย ซึ่งสามารถใช้ zoomToMaxExtent() เพื่อให้ขยายภาพให้มากที่สุดเท่าที่จะแสดงผลเต็มพื้นที่ได้

```

<html>
<head>
  <title>OpenLayers Example</title>
  <script src="http://openlayers.org/api/OpenLayers.js"></script>
  <script defer="defer" type="text/javascript">
    function init() {
      var map = new OpenLayers.Map('map');
      var wms = new OpenLayers.Layer.WMS( "OpenLayers WMS",
        "http://labs.metacarta.com/wms/vmap0",
        {layers: 'basic'} );
      map.addLayer(wms);
      map.zoomToMaxExtent();
    }
  </script>
</head>
<body onload=init()>
  <div style="width: 100%; height: 100%" id="map"></div>
</body>
</html>

```



รูปที่ 3ข แสดงตัวควบคุมแสดงผลบน Web Browser

กำหนดขอบเขตการแสดงผลข้อมูล

การกำหนดขอบเขตในการแสดงผลข้อมูล ก็เพื่อที่จะกำหนดว่าต้องการให้แสดงแผนที่เฉพาะในส่วนที่เราต้องการ ด้วยการกำหนดจุดศูนย์กลางของแผนที่และ zoom level

```
<html>
<head>
  <title>OpenLayers Example</title>
  <script src="http://openlayers.org/api/OpenLayers.js"></script>
  <script defer="defer" type="text/javascript">

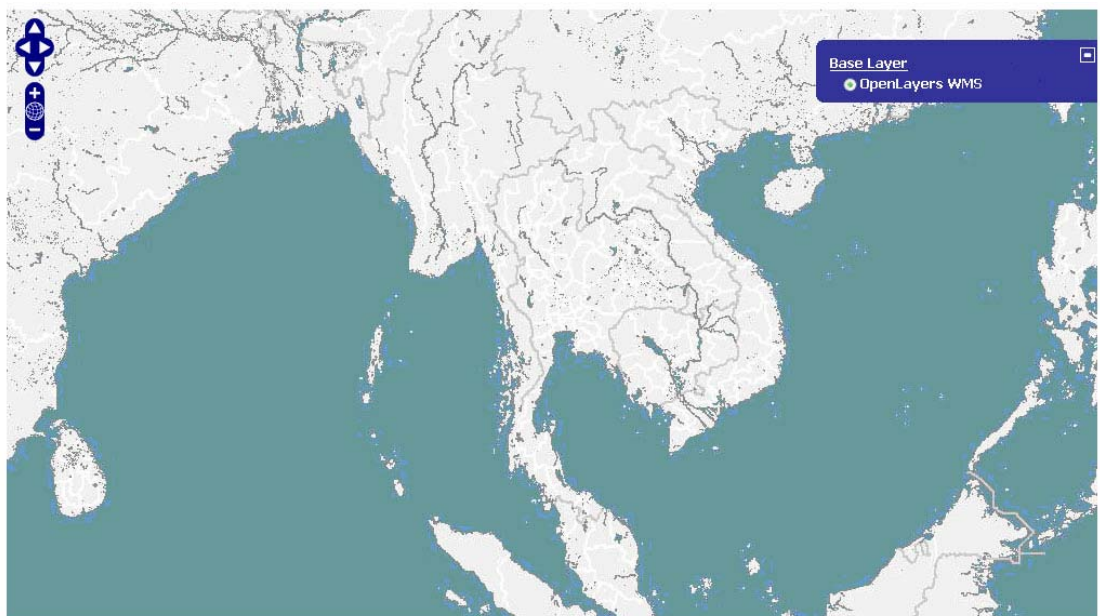
    var lon = 100;
    var lat = 14;
    var zoom = 5;
    function init() {
      var map = new OpenLayers.Map('map');
      var wms = new OpenLayers.Layer.WMS( "OpenLayers WMS",
        "http://labs.metacarta.com/wms/vmap0",
        {layers: 'basic'} );
      map.addLayer(wms);
      map.setCenter(new OpenLayers.LonLat(lon, lat), zoom);
    }
  </script>
</head>
<body onload=init()>
  <div style="width: 100%; height: 100%" id="map"></div>
</body>
</html>
```



สร้าง Layer Switcher

Layer Switcher เป็นเครื่องมือในการควบคุมว่าต้องการหรือไม่ต้องการแสดงผลข้อมูลของแต่ละ Layer ที่มีอยู่ในแผนที่ ซึ่งการสร้าง Layer Switcher ของ OpenLayers ใช้คำสั่งเพียงบรรทัดเดียวคือ

```
map.addControl(new OpenLayers.Control.LayerSwitcher() );
```



สร้าง Overview Map

Overview Map เป็นรูปแผนที่ขนาดเล็ก ใช้เพื่อบอกตำแหน่งการแสดงผลของแผนที่หลัก กับบริเวณโดยรอบ

```
map.addControl(new OpenLayers.Control.OverviewMap());
```



4. เรียกใช้งานข้อมูลจาก Google Maps

การเรียกใช้ข้อมูลจาก Google Maps นั้น ผู้ใช้จะต้องลงทะเบียนเพื่อขอรับ API key สำหรับแต่ละ URL ก่อน ซึ่งสามารถลงทะเบียนโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายได้ที่

<http://code.google.com/apis/maps/signup.html>

And get an API key for your web-site.

However, we will not explain how to sign up in this training

For further information, refer to the following site,

<http://code.google.com/apis/maps/index.html>

```

<html>
<head>
<title>OpenLayers Example</title>
<script src="http://openlayers.org/api/OpenLayers.js"></script>
<script src="http://maps.google.com/maps?file=api&v=2
    &key=ABQIAAAAh5eI2e-uaLsMHMsRaL41sxQMRv3u6BnmjLFPiLNNcMg82Zw
    WaxTiDNyXUQfy3miBE6XJ3PyDkcIHOQ"
    type="text/javascript"></script>
<script defer="defer" type="text/javascript">

var lon = 100;
var lat = 14;
var zoom = 5;
function init() {
    var map = new OpenLayers.Map('map');
    var wms = new OpenLayers.Layer.WMS( "OpenLayers WMS",
        "http://labs.metacarta.com/wms/vmap0",
        {layers: 'basic'} );
    var gsatlite = new OpenLayers.Layer.Google('Google Satellite',
        {'type': G_SATELLITE_MAP } );
    var gvector = new OpenLayers.Layer.Google('Google Vector',
        {'type': G_NORMAL_MAP } );
    var ghybrid = new OpenLayers.Layer.Google('Google Hybrid',
        {'type': G_HYBRID_MAP } );
    map.addLayer(wms);
    map.addLayers([gsatellite, gvector, ghybrid]);
    map.setCenter(new OpenLayers.LonLat(lon, lat), zoom);

    map.addControl(new OpenLayers.Control.LayerSwitcher() );
    map.addControl(new OpenLayers.Control.OverviewMap());
}
</script>

```

```

</head>

<body onload=init()>

  <div style="width: 100%; height: 100%" id="map"></div>

</body>

</html>

```



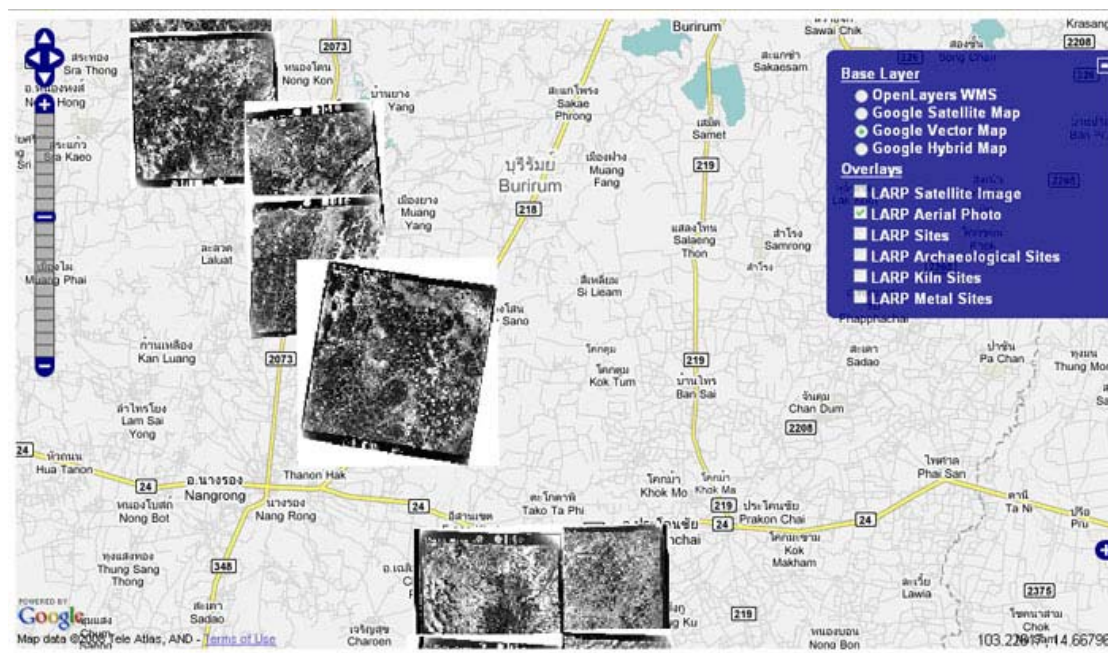


5. การเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจาก WMS

เนื่องจาก OpenLayers มีความสามารถในการเรียกใช้งานข้อมูลหลากหลายรูปแบบ ดังนั้น เพื่อเป็นตัวอย่างในการเรียกใช้งานรูปแบบอื่นๆ จึงขอนำตัวอย่างการดึงข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ จาก “โครงการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของราชมรรคา สมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7” มาเพื่อสร้างความเข้าใจในการเรียกใช้ข้อมูลรูปแบบอื่นๆ ของ OpenLayers ผ่าน WMS Protocol

```
var larp_aerial = new OpenLayers.Layer.WMS( "LARP Aerial Photo",
    "http://larp.crma.ac.th/cgi-bin/larp.wms",
    {transparent: 'true', layers: 'Aerial_Photo'} );

map.addLayers(larp_aerial);
```



6. การใช้งานคุณสมบัติอื่นๆ ของ OpenLayers

การใช้งาน OpenLayers นั้น นอกจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังมีคุณสมบัติอื่นๆ อีกมากมายที่สามารถเรียกใช้งานเพื่อกำหนดรูปแบบ ลักษณะ และขอบเขตการแสดงผล การเพิ่มชั้นข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบอื่นๆ เช่น ข้อความ รูปภาพ และ GML เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้งานสามารถศึกษาได้จาก OpenLayers API Reference และตัวอย่างจำนวนมากที่เว็บไซต์ OpenLayers (<http://www.openlayers.org/dev/examples/>)

สรุป

OpenLayers เป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยให้ผู้ใช้และนักพัฒนาระบบ GIS สามารถนำเสนอข้อมูลของตนเองร่วมกับข้อมูลอื่นๆ ที่มีการเผยแพร่ให้ใช้งานในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ โดยที่ OpenLayers มี JavaScript API ที่ช่วยให้สามารถเรียกใช้งานคุณสมบัติอันหลากหลายของ OpenLayers ได้อย่างสะดวกสบาย นอกจากนั้น OpenLayers ยังคงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในรูปแบบการเผยแพร่รหัสให้นักพัฒนาทั่วโลกสามารถมีส่วนร่วมในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและมีคุณสมบัติต่างๆ เพิ่มขึ้น และด้วยความที่มีการเปิดเผยรหัสเช่นนี้ ยังช่วยให้นักพัฒนาสามารถปรับแก้คุณสมบัติของ OpenLayers ให้ตรงความต้องการเฉพาะงานของตนได้อีกด้วย

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโยธาของสะพานโบราณ Hal Bridge

Civil Engineering Department, CRMA	CALCULATION SHEET
Project: <u>Hal Bridge, Cambodia</u>	HAL Bridge check.mcd / 1/4
Subject: <u>Loading capacity check</u>	Sheet No:
Designer: <u>CC</u> Chk by: <u>CC</u>	Project No: =
Approved by:	Drawing No:
	Date: <u>March 2008</u>

HAL BRIDGE: Capacity Check

The design check procedures outlined below are in accordance with **BS 5628: Part 1: Structural Use of Unreinforced Masonry** which is based on the limit state principles.

Unit conversion: kN := 1000N ton := 10kN

Given: Bridge details i.e. width, length, spans and dimensions as shown on the attached drawings.

Bridge span 1 approximate length: $s_1 := 1.7\text{m}$

Bridge span 2 approximate length: $s_2 := 2.4\text{m}$

Bridge span 3 approximate length: $s_3 := 1.9\text{m}$

Average bridge span length: $s := \frac{s_1 + s_2 + s_3}{3}$ $s = 2000\text{ mm}$

Total bridge width: $W_d := 6\text{m}$

Loading will be calculated per unit width of bridge; therefore, the unit width is

$w := 1\text{m}$

1. ULTIMATE DESIGN MOMENT (M)

Assume the critical plane of bending will be parallel to the bed joint and the ultimate design moment at mid-span of the panel, M, is given by (clause 36.4.2 of BS 5628)

$$M := \frac{\text{Ultimate load} \cdot \text{span length}}{8}$$

Ultimate load on the panel per unit length of bridge equals to uniform load times loaded area.

In which, Characteristic uniform load is W_k

Partial safety factor for load is $\gamma_f := 1.2$

Therefore, $\text{Ult_load} = \text{uniform load} \times \text{area}$

$$\text{Ult_load} := \gamma_f W_k \cdot s \cdot w \qquad \text{Ult_load} := f_1 \cdot W_k$$

In which: $f_1 := \gamma_f \cdot s \cdot w$ $f_1 = 2.40 \times 10^6 \text{ mm}^2$

Therefore, $\text{Ult_load} := f_1 \cdot W_k$ N per unit length of bridge

Hence

$$M := \frac{f_1 \cdot W_k \cdot s}{8} \qquad M := f_2 \cdot W_k$$

In which: $f_2 := \frac{f_1 \cdot s}{8}$ $f_2 = 6.00 \times 10^8 \text{ mm}^3$

Therefore, $M := f_2 \cdot W_k$ per unit length of bridge

Civil Engineering Department,
CRMA

Project: Hal Bridge, Cambodia
Subject: Loading capacity check
Designer: CC Chk by: CC
Approved by:

CALCULATION SHEET

HAL Bridge check.mcd / 2 / 4
Sheet No:
Project No:
Drawing No:
Date: March 2008

2. MOMENT OF RESISTANCE, M_d

Section modulus (Z)

$$Z := \frac{b \cdot d^2}{6}$$

In which, width of the block = 1m

$$b := 1 \text{ m}$$

thickness of the block,

$$d := 700 \text{ mm}$$

Therefore, section modulus is

$$Z := \frac{b \cdot d^2}{6}$$

$$Z = 81.67 \times 10^6 \text{ mm}^3 \quad \text{per unit length of bridge}$$

Moment of resistance

The design moment of resistance, M_d , is equal to the moment of resistance when the plane of failure is parallel to the bed joint, M_{kpar}

Hence,

$$M_d := M_{kpar}$$

$$M_d := \frac{f_{kxpar} Z}{\gamma_m}$$

In which, the characteristic flexural strength (Table 3, BS 5628) is

$$f_{kxpar} := 0.25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

the partial safety factor for materials (Table 4, BS 5628) is

$$\gamma_m := 3.5$$

the section modulus is

$$Z = 81.67 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

Therefore, the design moment of resistance is

$$M_d := \frac{f_{kxpar} Z}{\gamma_m}$$

$$M_d = 5.83 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

DETERMINATION OF MAXIMUM UNIFORM LOAD (W_k)

For structural stability:

$$M \leq M_d$$

$$M := f_2 \cdot W_k \leq M_d$$

$$W_k := \frac{M_d}{f_2}$$

Hence the maximum uniform load that the bridge can resist is

$$W_k = 9.722 \times 10^{-3} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Or} \quad W_k = 9722 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{or} \quad W_k = 9.72 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{or} \quad W_k = 0.97 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

