doi: 10.14456/jiskku.2020.3

การพัฒนาแอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ: กรณีศึกษา 10 พิพิธภัณฑ์ของไทย

Development Interactive Virtual Museum Application with 360-Degree and 3D scans Virtual Reality Technology: Case study 10 Museums of Thailand

สุชาติ แสนพิช[1]*, พัฒนา ศิริกุลพิพัฒน์[1], พิสิษฐ์ ณัฐประเสริฐ[1]
Suchat Saenpich[1], Pattana Sirikulpipat[1], Phisit Nadprasert[1]
*Corresponding author email : suchart.sae@stou.ac.th

Received: July 24, 2019
Revised: January 30, 2020
Accepted: February 10, 2020

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: 1. พัฒนาแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ แอปพลิเคชัน VR Siam การปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาภายในจุดต่าง ๆ ของพิพิธภัณฑ์ การนำเสนอแผนนำชมพิพิธภัณฑ์ 2. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ใช้งานแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ แอปพลิเคชัน VR Siam

วิธีการศึกษา: การรวบรวมข้อมูลจากกรณีศึกษา 10 พิพิธภัณฑ์ของไทย กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษา จำนวน 400 คน โดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1. แอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือน VR Siam 2. เว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือน www.vrsiam.org 3. แบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน 4. แบบสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์

---

[1] สำนักเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช; Office of Educational Technology

เสมือนปฏิสัมพันธ์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลคือ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ข้อค้นพบ: ผลการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศา และการสแกนภาพสามมิติ มีคุณภาพระดับดีมากที่สุด ($\bar{X}$=4.58) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 2. ผลการสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาที่ใช้งานแอปพลิเคชันและเว็บไซต์ VR Siam นักเรียนมีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{X}$=4.32) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75

การประยุกต์ใช้จากการศึกษานี้: ได้แนวทางการสร้างสื่อการศึกษาเพื่อให้เกิดการรับรู้สภาพแวดล้อมเสมือนจริง ด้วยเทคนิคการสร้างภาพแบบ 360 องศา เพื่อประยุกต์ใช้ในการนำเสนอพิพิธภัณฑ์ และสภาพแวดล้อมทางการศึกษาอื่นๆ

คำสำคัญ: พิพิธภัณฑ์เสมือน สภาพแวดล้อมเสมือนจริง พิพิธภัณฑ์ ภาพ 360 องศา

Abstract

Purposes of the study: This research aims to: 1) develop an interactive virtual museum mobile application of 10 museums in Thailand, and a website with virtual reality technology, 2) study student satisfaction with the interactive virtual museum mobile application (VR Siam) and the website created by 360-degree and 3D scans virtual reality technology.

Methodology: Data from 10 major museums were collected to develop a museum mobile application and a website. The sample was 400 primary school students selected by purposive sampling. Research instruments were: 1) virtual museum mobile applications, VR Siam, 2) virtual museum website, www.vrsiam.org, 3) application quality assessment, and 4) the questionnaire for asking students' satisfaction with the mobile applications and the website. The data were analyzed by using frequency, percentage, mean and standard deviation.

Main Findings: 1) The quality of interactive virtual museum mobile applications and website with 360-degree and 3D scans virtual reality technology was very good ($\bar{X}$ =4.58) with a standard deviation equalled to 0.49 2) The level of students' satisfaction was good ($\bar{X}$ =4.32) with a standard deviation equalled to 0.75.

Applications of this study: The study suggests guidelines for creating educational materials for virtual environment perception with 360-degree image creation technique which can be applied to other museums and educational settings.

Keywords: Virtual museum, Virtual reality, 3D scans, Museum, 360 degrees images

บทนำ

พิพิธภัณฑ์ถือเป็นแหล่งการเรียนรู้ที่มีความสำคัญในการส่งเสริมให้บุคคลเกิดการเรียนรู้ไม่ใช่เฉพาะนักเรียน นักศึกษา หรือบุคคลที่อยู่ในระบบการศึกษาแต่รวมถึงประชาชนทั่วไปและผู้ด้อยโอกาสทางการศึกษาในสังคม สามารถเข้าถึงแหล่งการเรียนรู้ที่มีคุณภาพได้ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในการเข้าชมพิพิธภัณฑ์ คือบุคคลบางกลุ่มไม่ใช้บริการของพิพิธภัณฑ์ และเมื่อเข้าชมแล้วไม่ได้รับความรู้เท่าที่ควร (Watcharapol, 2001) ซึ่งปัญหาเหล่านี้สรุปได้ว่ามีสาเหตุคือ ประการแรกปัญหาของพิพิธภัณฑ์หรือหน่วยงานที่รับผิดชอบในการจัดการพิพิธภัณฑ์ เช่น การกำหนดกฎระเบียบของพิพิธภัณฑ์ซึ่งไม่เอื้อต่อผู้ชม การวางนโยบายไม่ชัดเจน ทัศนคติและความประพฤติของบุคลากร การขาดการเตรียมการให้การบริการที่เพียงพอทั้งในเรื่องอุปกรณ์อำนวยความสะดวก การดูแลกลุ่มด้อยโอกาส การขาดความรู้เรื่องการจัดนิทรรศการและการจัดทำแคตตาล็อค และที่สำคัญคือขาดการประสานและเชื่อมโยงให้สังคมได้ตระหนักรู้ถึงการให้ความร่วมมือและมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน ประการที่สองการมองพิพิธภัณฑ์ด้วยความเข้าใจ : การมองพิพิธภัณฑ์อย่างเข้าใจ มองได้หลายระดับทั้งที่เป็น-ระดับบุคคลและชุมชน แนวคิดที่ว่าพิพิธภัณฑ์ไม่เกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นอยู่และสามารถสนองความต้องการของบุคคลบางกลุ่ม อันได้แก่กลุ่มผู้ด้อยโอกาสทางการศึกษาและผู้โดดเดี่ยวในสังคมได้นั้นยังมีอยู่มาก ประการที่สามปัญหาด้านสภาพแวดล้อมในเรื่องนี้รวมถึงการที่ผู้ชมไม่สามารถเข้าไปในอาคาร ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูล ปัญหาเรื่องทรัพย์สิน ความเสื่อมโทรม รวมทั้งสถานที่ตั้งซึ่งอยู่ห่างไกลชุมชน การคมนาคมไม่สะดวกและการไม่สร้างแรงจูงใจในการชม พิพิธภัณฑ์สิ่งกระตุ้นและสนับสนุนสังคมแห่งการเรียนรู้ การเรียนรู้จากวัตถุจริงที่ตั้งแสดงอยู่ในพิพิธภัณฑ์เป็นการกระตุ้นให้เกิดการกระหายรู้ เกิดความคิดสร้างสรรค์ระหว่างการชมผลงาน ผู้ชมจะบังเกิดความคิดใหม่ ความรู้ใหม่ก่อให้เกิดการพัฒนาการทุกระดับของ

การศึกษา นับแต่เด็กจนถึงผู้ใหญ่วัยชรา บทบาทที่สำคัญของพิพิธภัณฑ์ในการเรียนรู้คือ การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างนิทรรศการและผู้เข้าชมเพื่อนำไปสู่การพัฒนาประสบการณ์เรียนรู้ นอกเหนือจากสาระองค์ความรู้ที่นำเสนอผ่านนิทรรศการแล้ว การใช้กรอบแนวคิดกระตุ้นให้ผู้ชมพิจารณาถึงความสำคัญของข้อมูลในเชิงลึกจนสามารถที่จะถ่ายทอดความรู้นั้นๆ ได้ หรือท้าทายให้ผู้ชมเกิดการคิดเชิงวิเคราะห์ และเกิดกระบวนการสร้างองค์ความรู้ขึ้นด้วยตนเอง จึงจะทำให้การศึกษาในพิพิธภัณฑ์เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นการเรียนรู้ที่ยืนยาวกว่าการท่องจำข้อความรู้ (Thunyawiwatkul, 2013)

แนวทางเพื่อให้พิพิธภัณฑ์เป็นแหล่งเรียนรู้อย่างแท้จริงพิพิธภัณฑ์ต้องใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศ (ICT) เพื่อให้ผู้ชมเข้าถึงการบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่นำมาใช้ในการเสนอผลงานนั้น จะเป็นเครื่องมือที่ดีสำหรับการเก็บข้อมูล รวมทั้งเป็นประตูเปิดสู่พิพิธภัณฑ์ ผู้ชมสามารถเข้าถึงข้อมูลทางการศึกษาเหล่านี้ได้ทันทีโดยผ่านทางอินเตอร์เน็ต พิพิธภัณฑ์สามารถบรรจุเรื่องราวไว้ได้หลากหลาย และหากพิพิธภัณฑ์ร่วมมือกับห้องสมุดของรัฐและศูนย์ชุมชนอื่นๆ แล้วก็สามารถบริการประชาชนในท้องถิ่นได้มากขึ้น โดยในงานวิจัยทั้งไทยและต่างประเทศได้นำเสนอผลการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการนำเสนอพิพิธภัณฑ์ในรูปแบบของการจำลองพิพิธภัณฑ์ในรูปแบบภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ภาพสามมิติ ซึ่งสามารถสร้างการรับรู้เสมือนได้อยู่ในพิพิธภัณฑ์แห่งนั้นได้ผ่านเว็บไซต์โดยไม่จำเป็นจะต้องเดินทางไปยังพิพิธภัณฑ์แห่งนั้น สามารถแบ่งรูปแบบของการพัฒนาพิพิธภัณฑ์เสมือนได้ คือ พิพิธภัณฑ์เสมือนในรูปแบบเว็บเพจ คือพิพิธภัณฑ์ที่นำเสนอข้อมูลผ่านเว็บไซต์ โดยจำลองสภาพและการนำเสนอข้อมูล ความรู้จากพิพิธภัณฑ์จริงผ่านภาพนิ่ง ตัวอักษร ภาพเคลื่อนไหว โดยจะนำเสนอผ่านเว็บไซต์บนระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (Katerina, 2016) การเข้าถึงพิพิธภัณฑ์เสมือนจะต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตจึงจะสามารถรับชมได้ เป็นการนำเสนอข้อมูลด้วยสื่อมัลติมีเดีย และพิพิธภัณฑ์เสมือนในรูปแบบแอปพลิเคชัน (Lauren, 2015) คือพิพิธภัณฑ์ที่นำเสนอข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน โดนนำเสนอภาพเคลื่อนไหว เสียง การจำลองสภาพแวดล้อมของพิพิธภัณฑ์นั้นๆ ในรูปแบบของภาพสามมิติ การปรับเปลี่ยนมุมมอง การนำแนวคิดความจริงเสมือนในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์มือถือผ่านอุปกรณ์เสริมการสวมใส่เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยสภาพแวดล้อมเสมือนจริงแบบ

360 องศา สามารถสร้างการรับรู้สภาพแวดล้อมได้มากกว่าภาพถ่ายหรือภาพวิดีโอโดยทั่วไป ผู้ใช้งานสามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนไหวเพื่อรับชมบรรยากาศและสภาพแวดล้อมโดยรอบ (Chao et al, 2018) และการเข้าถึงเทคโนโลยีเสมือนจริงในรูปแบบ 360 องศา จะสามารถเข้าถึงได้มากกว่าเทคโนโลยีเสมือนอื่นๆ เนื่องจากมีอุปกรณ์ที่สามารถแสดงผลได้ทั่วไป โดยไม่จำเป็นต้องเป็นอุปกรณ์เฉพาะเท่านั้น เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์

ปัจจุบันมีผู้พัฒนารูปแบบการนำเสนอในลักษณะความจริงเสมือนในหลายสื่อและหลายสถานการณ์ รวมทั้งการนำเสนอพิพิธภัณฑ์จากทั่วโลก แต่ยังขาดการนำเสนอแหล่งเรียนรู้ของไทยโดยเฉพาะพิพิธภัณฑ์ในประเทศไทยยังขาดการพัฒนาสื่อในรูปแบบของพิพิธภัณฑ์เสมือนผ่านแอปพลิเคชัน และการสร้างสื่อมัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์เพื่อให้ผู้เข้าชมพิพิธภัณฑ์เสมือนสามารถโต้ตอบกับสภาพแวดล้อมได้ ดังนั้นจึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้คือ เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ แอปพลิเคชัน VR Siam การปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาภายในจุดต่างๆ ของพิพิธภัณฑ์ การนำเสนอแผนนำชมพิพิธภัณฑ์ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ใช้งานแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ แอปพลิเคชัน VR Siam

วัตถุประสงค์

1. พัฒนาแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์ใน 10 พิพิธภัณฑ์ของไทย
2. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ใช้งานแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ แอปพลิเคชัน VR Siam

วิธีการศึกษา

1. ขอบเขตการวิจัย

1.1 กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับประถมศึกษา การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้สูตรของคอแครน (Cochran, 1977 as cited in Akakul, 1999) ในการวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยได้กำหนดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ 5% และสัดส่วนของลักษณะประชากรที่สนใจเท่ากับ 0.5 ของประชากรที่ต้องการ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้คือ 385 คน ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน โดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษารวมเกินกว่า 500 คน ซึ่งถือว่าเป็นโรงเรียนที่มีขนาดใหญ่ และมีความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ คือ มีห้องคอมพิวเตอร์ที่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน และมีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ประกอบด้วย 1) โรงเรียนวัดสระสี่มุม จังหวัดนครปฐม จำนวน 122 คน 2) โรงเรียนอนุบาลปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี จำนวน 143 คน และ 3) โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายประถม) กรุงเทพมหานคร จำนวน 135 คน

1.2 ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย ในกระบวนการทดลองปฐมนิเทศกลุ่มตัวอย่างเพื่อสาธิตการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์ และให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งาน รวมระยะเวลาการทดลอง 2 สัปดาห์

1.3 กรณีศึกษาที่ใช้ในการวิจัย กรณีศึกษาที่ใช้ในการสร้างพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ จำนวน 10 พิพิธภัณฑ์ ประกอบด้วย 1) พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติพระนคร 2) พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ เจ้าสามพระยา 3) พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติขอนแก่น 4) พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ นครศรีธรรมราช 5) พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติเชียงใหม่ 6) พิพิธภัณฑ์การเกษตรเฉลิมพระเกียรติ 7) พิพิธภัณฑ์สิรินธร 8) พิพิธภัณฑ์ไดโนเสาร์ภูเวียง 9) อนุสรณ์สถานแห่งชาติ 10) หอแห่งแรงบันดาลใจ

1.4 ลักษณะการนำเสนอพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์ การนำเสนอพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์สำหรับการวิจัย ประกอบด้วย 1) การนำเสนอภาพภายในพิพิธภัณฑ์ในมุมมอง 360 องศา 2) การสร้างปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาภายในจุดต่างๆ ของพิพิธภัณฑ์ ด้วย Hot Spot ซึ่งจะนำเสนอภาพวิดีโอ ตัวอักษร และเสียงเพื่อนำเสนอเนื้อหาต่างๆ 3) การนำเสนอแผนที่นำชมพิพิธภัณฑ์ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกชมพิพิธภัณฑ์ในจุดต่างๆ 4) แบบทดสอบเพื่อทดสอบผู้ชมหลังการรับชมพิพิธภัณฑ์เสมือนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้รับชมในรูปแบบคำถามปรนัย 4 ตัวเลือก

2. เครื่องมือวิจัย

2.1 แอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือน VR Siam ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Swift เว็บแอปพลิเคชัน โดยเชื่อมโยงข้อมูลเข้ากับเว็บไซต์ www.vrsiam.org โดยมีการนำเสนอคุณสมบัติภายในแอปพลิเคชันประกอบด้วย

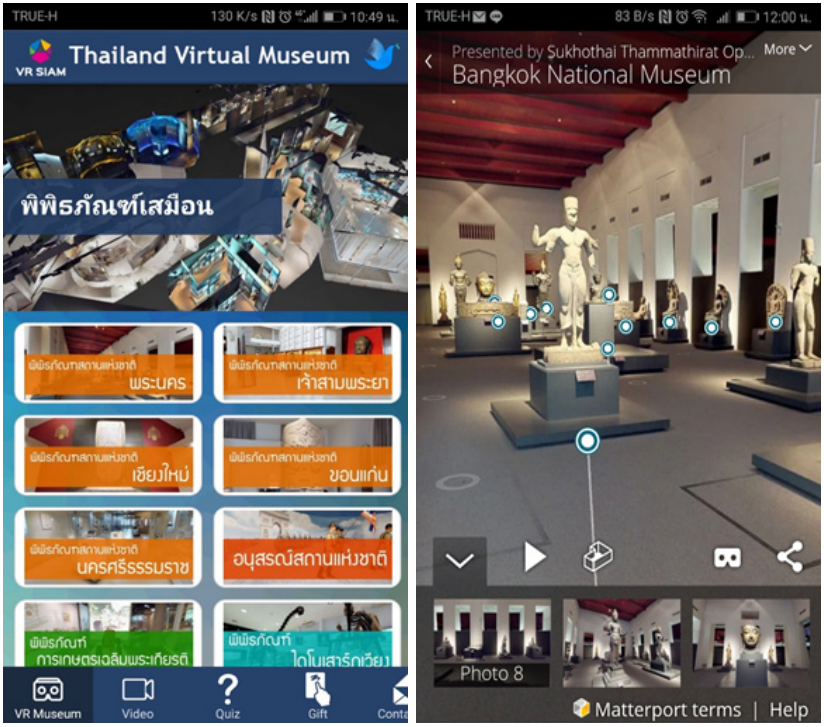
2.1.1 หน้าพิพิธภัณฑ์สามมิติ นำเสนอพิพิธภัณฑ์ในรูปแบบสามมิติจำนวน 10 พิพิธภัณฑ์ ซึ่งมีองค์ประกอบการนำเสนอ คือ การนำเสนอภาพบรรยากาศภายในพิพิธภัณฑ์ ในมุมมองแบบ 360 องศา การนำเสนอภาพโมเดลของอาคารและสิ่งจัดแสดงในรูปแบบสามมิติ นำเสนอแผนผังของอาคารจัดแสดงทั้งอาคารเพื่อให้เห็นลักษณะของอาคารและโซนการจัดแสดงของพิพิธภัณฑ์ การนำเสนอสื่อและข้อมูลประกอบการรับชมพิพิธภัณฑ์ การนำเสนอด้วยมุมมองเสมือนสามมิติ Virtual Reality โดยใช้อุปกรณ์ประกอบการรับชม การกำหนดจุดสำคัญเพื่อเป็นช่องทางในการเลือกเข้ารับชมในแต่ละโซนการจัดแสดง

2.1.2 หน้าวิดีโอความรู้ นำเสนอวิดีโอความรู้เกี่ยว นำเสนอวิดีโอความรู้ที่เกี่ยวข้องกับพิพิธภัณฑ์ต่างๆ โดยนำเสนอมีความยาวประมาณ 1-3 นาทีต่อวิดีโอ เพื่อให้ความรู้กับผู้ชมเกี่ยวกับข้อมูลพิพิธภัณฑ์ต่างๆ วัตถุ สิ่งของจัดแสดงที่สำคัญ โซนการจัดแสดงของพิพิธภัณฑ์ต่างๆ

2.1.3 หน้าคำถามพิพิธภัณฑ์ เป็นการนำเสนอแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยคำถามจะเกี่ยวข้องกับพิพิธภัณฑ์ที่ต้องการทดสอบ โดยมีประมาณ 10-15 ข้อ

2.1.4 หน้าสแกน QR Code และการกรอกรหัสเพื่อลุ้นรับของรางวัล เพื่อใช้ในการกรอกคะแนนเมื่อสามารถตอบคำถามพิพิธภัณฑ์ได้สำเร็จ จะได้รับรหัสหรือสามารถมาสแกน QR Code กรณีเมื่อออกไปนำเสนอกิจกรรมในสถานที่ต่างๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นการทำกิจกรรมของผู้ชม

2.1.5 หน้าติดต่อ เพื่อให้ข้อมูลการติดต่อกับผู้พัฒนาหากมีข้อสงสัยหรือต้องการคำอธิบาย รวมทั้งรับฟังความคิดเห็นของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน เพื่อนำข้อมูลไปพัฒนาให้มีระบบการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพที่ 1 แอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์ VR Siam

2.2 เว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือน www.vrsiam.org ดำเนินการจัดทำเว็บไซต์เพื่อเผยแพร่ข้อมูลพิพิธภัณฑ์เสมือน โดยใช้โปรแกรม Wordpress ในการพัฒนา โดยมีเมนูต่างๆ ประกอบด้วย

2.2.1 ความเป็นมาของโครงการ เพื่ออธิบายความเป็นมาของโครงการ วัตถุประสงค์และความร่วมมือที่เกิดขึ้นระหว่างมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชกับกองทุนพัฒนาสื่อปลอดภัยและสร้างสรรค์ คณะทำงานที่รับผิดชอบโครงการ

2.2.2 พิพิธภัณฑ์เสมือนสามมิติ นำเสนอประวัติความเป็นมาของพิพิธภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งวัตถุจัดแสดงที่สำคัญหรือโซนการจัดแสดงภายในของพิพิธภัณฑ์และภาพพิพิธภัณฑ์เสมือนสามมิติ ซึ่งจะแสดงบรรยากาศภายในพิพิธภัณฑ์นั้นๆ แบบเหมือนจริงเสมือนได้เข้าไปในพิพิธภัณฑ์นั้นจริงๆ

2.2.3 หน้าวิดีโอความรู้ นำเสนอวิดีโอความรู้ที่เกี่ยวข้องกับพิพิธภัณฑ์ต่างๆ โดยนำเสนอเป็นคลิปวิดีโอที่มีความยาวประมาณ 1-3 นาที เพื่อให้ความรู้กับผู้ชมเกี่ยวกับข้อมูลพิพิธภัณฑ์ต่างๆ วัตถุ สิ่งของจัดแสดงที่สำคัญ โซนการจัดแสดงของพิพิธภัณฑ์ต่างๆ

2.2.4 หน้าคำถามพิพิธภัณฑ์ เป็นการนำเสนอแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยคำถามจะเกี่ยวข้องกับพิพิธภัณฑ์ที่ต้องการทดสอบ โดยมีประมาณ 10-15 ข้อ

2.3 แบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน โดยดัดแปลงจากแบบประมาณค่า 5 ระดับ (Boonchom Srisa-ard, 2010) ซึ่งมีเกณฑ์ ประเมินดังนี้

5 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด
4 หมายถึง มีคุณภาพมาก
3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง
2 หมายถึง มีคุณภาพน้อย
1 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

และได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด
3.50-4.49 หมายถึง มีคุณภาพมาก
2.50-3.49 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง
1.50-2.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อย
1.00-1.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

2.4 แบบสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์ โดยเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ (Boonchom Srisa-ard, 2010) ซึ่งมีเกณฑ์ ประเมินดังนี้

5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

และได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

3.50-4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

2.50-3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

1.00-1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาเทคนิคการสร้างพิพิธภัณฑ์เสมือนและเทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือน โดยคณะผู้วิจัยดำเนินการวิจัยพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีการสแกนภาพแบบสามมิติด้วยอุปกรณ์ชนิดพิเศษเรียกว่า Matterport 3D Camera Scan ซึ่งจะประกอบด้วยกล้องสามมิติที่มีเทคโนโลยีในการสร้างภาพ 3 มิติ สำคัญ 2 ส่วน คือระบบอินฟาเรดเพื่อวัดระยะระหว่างกล้องและวัตถุ และระบบ GPS ระบุตำแหน่งเพื่อช่วยสร้างโมเดลห้องแบบสามมิติ

3.2 ดำเนินการสแกนภาพสามมิติและเก็บข้อมูลพิพิธภัณฑ์ โดยติดต่อขออนุญาตหน่วยงานต้นสังกัดพิพิธภัณฑ์ทั้ง 10 แห่ง ประกอบด้วยพิพิธภัณฑ์ที่นำเสนอในหมวดต่างๆ คือ

3.2.1 ประวัติศาสตร์และโบราณคดี ประกอบด้วยประวัติศาสตร์และโบราณคดี 4 ภูมิภาค

1) พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ พระนคร
2) พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ เจ้าสามพระยา อยุธยา
3) พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ ขอนแก่น
4) พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ นครศรีธรรมราช
5) พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ เชียงใหม่

3.2.2 ธรรมชาติวิทยา ประกอบด้วยพิพิธภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติและสิ่งมีชีวิตต่างๆ

1) พิพิธภัณฑ์การเกษตรเฉลิมพระเกียรติ ปทุมธานี
2) พิพิธภัณฑ์สิรินธร (พิพิธภัณฑ์ไดโนเสาร์ภูกุ้มข้าว) กาฬสินธุ์
3) สถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำจืดกรุงเทพมหานคร กรมประมง
4) พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

3.2.3 พิพิธภัณฑ์ที่นำเสนอประวัติศาสตร์ของชาติไทยและสงครามในอดีต

1) อนุสรณ์สถานแห่งชาติ

จากนั้นเดินทางเพื่อเข้าไปสแกนภาพพิพิธภัณฑ์เป้าหมายและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโซนการจัดแสดง ข้อมูลโบราณวัตถุ ศิลปะวัตถุ ของจัดแสดง นิทรรศการที่จัดแสดง เพื่อนำมาจัดทำเป็นสื่อสำหรับการนำเสนอในจุดต่าง ๆ ที่ได้วางแผนการนำเสนอในพิพิธภัณฑ์เสมือน

3.3 สร้างโมเดลพิพิธภัณฑ์เสมือนสามมิติ หลังจากการดำเนินการสแกนภาพพิพิธภัณฑ์เรียบร้อยแล้วจะดำเนินการอัพโหลดข้อมูลขึ้นไปไว้บนระบบ Matterport Cloud โดยระบบจะดำเนินการสร้างพิพิธภัณฑ์ในรูปแบบของโมเดลสามมิติและสามารถแก้ไขและเพิ่มเติมข้อมูลของพิพิธภัณฑ์บนระบบ

3.4 สร้างแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนสามมิติ โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันในการสร้างชื่อว่า swiftic และสร้างเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนโดยใช้ Wordpress และสร้างแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกด้วย opinion

3.5 ประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยแอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือน เว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือน ใช้แบบประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 3 ท่าน ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านการพัฒนาแอปพลิเคชันและการสร้างเว็บไซต์ โดยใช้แบบประมาณค่า 5 ระดับ และทำการปรับปรุงแก้ไขตามผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

3.6 รับสมัครโรงเรียนเพื่อเข้าร่วมการทดลอง พบว่ามีโรงเรียนระดับประถมศึกษาที่มีจำนวนนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษารวมเกินกว่า 500 คน ซึ่งถือว่าเป็นโรงเรียนที่มีขนาดใหญ่ และมีความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ คือ มีห้องคอมพิวเตอร์ที่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน และมีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จำนวน 3 โรงเรียน ประกอบด้วย 1. โรงเรียนวัดสระสี่มุม จังหวัดนครปฐม 2. โรงเรียนอนุบาลปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี และ 3. โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายประถม) กรุงเทพมหานคร

3.7 สุ่มกลุ่มตัวอย่างห้องเรียนของแต่ละโรงเรียน เพื่อใช้ในการทดลองและเดินทางไปยังโรงเรียนต่าง ๆ เพื่อปฐมนิเทศอธิบายขั้นตอนและวิธีการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนสามมิติ และให้นักเรียนแต่ละห้องได้ทดลองใช้งานแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนสามมิติ 1 สัปดาห์ เพื่อทดลองเข้าใช้งานในระบบซึ่งจะแสดงภาพพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง พร้อมสื่อประกอบอธิบายรายละเอียด

โดยจากการทดลองในขั้นการพัฒนาพบว่า สามารถใช้เวลาศึกษาพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงแต่ละพิพิธภัณฑ์ประมาณ 20 นาที

3.8 สำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง หลังจากที่ให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานแอปพลิเคชันและเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนสามมิติเป็นว่า 1 สัปดาห์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในสัปดาห์ที่ 2 ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบสำรวจความพึงพอใจ โดยใช้แบบประมาณค่า 5 ระดับ

3.9 การวิเคราะห์ผลการวิจัย โดยใช้การแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษา

1. ผลการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ แอปพลิเคชัน VR Siam จากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 3 ท่าน

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ แอปพลิเคชัน VR Siam จากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา

(n=3)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลการประเมิน
1. การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้และเมนูการใช้งานเหมาะสม	4.33	0.58	คุณภาพมาก
2. จำนวนและรูปแบบฟังก์ชั่นการทำงานมีความเหมาะสม	5.00	0.00	คุณภาพมากที่สุด
3. แอปพลิเคชันใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	คุณภาพมาก
4. การประมวลผลของแอปพลิเคชันรวดเร็วและถูกต้อง	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
5. มีรูปแบบการนำเสนอมีความน่าสนใจ	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
6. ลักษณะปุ่ม ตัวอักษรและภาพมีความเหมาะสม	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
7. ภาษาที่ใช้มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.33	0.58	คุณภาพมากที่สุด
รวม	**4.58**	0.49	คุณภาพมากที่สุด

สรุปผลการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ

แอปพลิเคชัน VR Siam จากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา พบว่าแอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์มีคุณภาพในภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.58 มีคุณภาพมากที่สุด มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 โดยพบว่ารายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ จำนวนและรูปแบบฟังก์ชั่นการทำงานมีความเหมาะสม ค่าเฉลี่ย 5.00 มีคุณภาพมากที่สุด รองลงมาคือ การประมวลผลของแอปพลิเคชันรวดเร็วและถูกต้อง มีรูปแบบการนำเสนอมีความน่าสนใจ และลักษณะปุ่ม ตัวอักษรและภาพมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.67 มีคุณภาพมากที่สุด

2. ผลการสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาที่ใช้งานแอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ แอปพลิเคชัน VR Siam กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน โดยใช้แบบประมาณค่า 5 ระดับ

ตารางที่ 2 ผลการสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาที่ใช้งานแอปพลิเคชัน VR Siam (n=400)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลการประเมิน
1. การนำเสนอข้อมูลความรู้ได้ชัดเจน	4.36	0.53	พึงพอใจมาก
2. สื่อมีความน่าสนใจ ช่วยกระตุ้นความสนใจในเนื้อหา	4.42	0.85	พึงพอใจมาก
3. สื่อภาพและเสียงมีความคมชัด	4.61	0.54	พึงพอใจมากที่สุด
4. ภาพสามมิติช่วยทำให้เห็นสภาพแวดล้อมได้ชัดเจน เหมือนได้ไปในสถานที่นั้น	4.31	0.96	พึงพอใจมาก
5. มีการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เป็นระยะช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาในจุดต่างๆ	4.37	0.62	พึงพอใจมาก
6. มีคำถามที่ช่วยทบทวนความรู้ที่ได้ศึกษาข้อมูล	4.40	0.87	พึงพอใจมาก
7. สามารถเข้าถึงความรู้ได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว	4.16	0.78	พึงพอใจมาก
8. นักเรียนมีความรู้มากขึ้นหลังจากได้ศึกษาจากพิพิธภัณฑ์เสมือนสามมิติ	4.15	0.87	พึงพอใจมาก
รวม	**4.32**	**0.75**	**พึงพอใจมาก**

สรุปผลการประเมิน นักเรียนมีความพึงพอใจในภาพรวม มีค่าเฉลี่ย 4.32 มีความพึงพอใจระดับมาก มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75 โดยพบว่าสื่อภาพและเสียงมีความคมชัด และสื่อมีความน่าสนใจ ช่วยกระตุ้นความสนใจในเนื้อหา มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ 4.61 มีความพึงพอใจมากที่สุดและ 4.42 มีความพึงพอใจมาก ตามลำดับ

สรุปผลการศึกษาและอภิปรายผล

พิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ แอปพลิเคชัน VR Siam การปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาภายในจุดต่างๆ ของพิพิธภัณฑ์ การนำเสนอแผนนำชมพิพิธภัณฑ์ ผลการวิจัยพบว่าคุณภาพของแอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ แอปพลิเคชัน VR Siam ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.58 มีคุณภาพมากที่สุด มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 โดยพบว่ารายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ จำนวนและรูปแบบฟังก์ชั่นการทำงานมีความเหมาะสม ค่าเฉลี่ย 5.00 มีคุณภาพมากที่สุด รองลงมาคือ การประมวลผลของแอปพลิเคชันรวดเร็วและถูกต้อง มีรูปแบบการนำเสนอมีความน่าสนใจ และลักษณะปุ่ม ตัวอักษรและภาพมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.67 มีคุณภาพมากที่สุด ทั้งนี้เพราะพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมือนจริง ด้วยการสร้างภาพจากการถ่ายสถานที่จริง สร้างบรรยากาศและการเคลื่อนไหวที่ทำให้ผู้ชมรู้สึกเหมือนอยู่ในสถานที่จริง มีการนำเสนอจุดแสดงข้อมูลความรู้ในจุดต่างๆ ในรูปแบบข้อมูลสั้นๆ และวิดีโอนำเสนอข้อมูล เพื่อขยายความเข้าใจให้กับผู้ชมมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Iryanti, Hindersah, and Priyana (2013) การนำเสนอด้วยวิดีโอทำให้ผู้ใช้งานมีความชื่นชอบในระดับมากและผลการประเมินความเข้าใจของผู้ชมพบว่าผู้ชมมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นจากการใช้งานวิดีโอ เนื่องจากการนำเสนอเนื้อหาในปริมาณที่ไม่มากจนเกินไป วิดีโอที่มีการยกตัวอย่างการนำเสนอ เปรียบเทียบข้อมูลเพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพและเชื่อมโยงกับแนวคิดหรือทฤษฎีที่นำเสนอซึ่งอาจจะเข้าใจยาก อีกทั้งการที่ผู้ชมสามารถควบคุมและมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับสื่อ จะช่วยให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น และงานวิจัยของ Ciabatti, Cignoni, Montani, & Scopigno (1998) ที่พบว่าการนำเสนอข้อมูลสามมิติไม่เน้นเฉพาะการนำเสนอเพียงภาพแต่ควรนำเสนอในรูปแบบที่สภาพแวดล้อมนั้นสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งานได้

การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ใช้งานแอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือนปฏิสัมพันธ์โดยใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนในมุมมอง 360 องศาและการสแกนภาพสามมิติ แอปพลิเคชัน VR Siam พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.32 มีความพึงพอใจระดับมาก มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75 โดยพบว่า

สื่อภาพและเสียงมีความคมชัด มีค่าเฉลี่ย 4.61 มีความพึงพอใจมากที่สุด และสื่อมีความน่าสนใจ ช่วยกระตุ้นความสนใจในเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย 4.42 มีความพึงพอใจมาก ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะพิพิธภัณฑ์เสมือนนำเสนอภาพได้เหมือนจริงเพราะเป็นการถ่ายภาพและสแกนพื้นที่เพื่อนำมาประมวลผลร่วมกันทำให้ภาพมีความสมจริง สามารถเคลื่อนที่ได้เสมือนได้เดินไปยังจุดต่างๆ ของพิพิธภัณฑ์ และมีการนำเสนอสื่อแบบมัลติมีเดียเพื่ออธิบายวัตถุโบราณและตำแหน่งต่างๆ ของพิพิธภัณฑ์ ตอบสนองกับความต้องการในการรับรู้ข้อมูลของผู้เรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwanrassamee (2008) ที่พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อเว็บไซต์พิพิธภัณฑ์เสมือนเพื่อการศึกษา ทั้งด้านเนื้อหา และรูปแบบการนำเสนอ และให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมว่าเป็นสื่อที่ดี น่าสนใจ เข้าใจง่าย ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ ทำให้อยากไปชมสถานที่จริง และต้องการให้พัฒนาเนื้อหาเรื่องอื่นๆ เพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนพัฒนาสื่อปลอดภัยและสร้างสรรค์ ที่ได้มอบทุนการดำเนินโครงการวิจัย ประจำปี 2560 เพื่อให้คณะทำงานสามารถดำเนินโครงการวิจัยที่ได้คิดและวางแผนไว้ ให้สำเร็จลุล่วงเป็นรูปธรรมตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

Akakul, T. (1999). **Research methodology in behavioral sciences and social sciences.** (In Thai). Faculty of Education Rajabhat Institute Ubon Ratchathani.

Atraksa, I., Sriprasertpap, K. and Langka, W. (2014). **A development of a virtual museum model on computer technology**. Retrieved 30 November 2017, from http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jre/article/view/6819/6421

Chao Zhou, Zhenhua Li, Joe Osgood, and Yao Liu. 2018. **On the effectiveness of offset projections for 360-degree video streaming**. Retrieved 30 August 2018, from https://doi.org/10.1145/3209660

Ciabatti, E., Cignoni, P., Montani, C., & Scopigno, R. (1998). **Towards a distributed 3D virtual museum**. Retrieved 20 May 2018, from https://doi.org/10.1145/948496.948533

Iryanti, E. & Hindersah, H. & Priyana, Y. (2013). **Design and implementation of interactive video content using TPACK framework: (Case study: Exhibition system of primordial man's weapon in geological museum)**. Retrieved 11 May 2018, from https://www.researchgate.net/publication/269307818

Kabassi, K. (2016). **Evaluating websites of museums: State of the art**. Retrieved 02 August 2018, from https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.10.016.

Lauren, M. Messenger. 2015. **Location aware: museum mobile applications as an interpretive tool**. Retrieved 20 May 2018, from https://digital.lib.washington.edu/researchworks

Srisa-ard, B. (2010). **Basic Research**. (In Thai). Bangkok : Suveyasarn.

Suwanrassamee, W. (2008). **Model of virtual museum for education**. Retrieved 30 November 2017, from https://doi.nrct.go.th/ListDoi/Download/124428/894893773af4127ce13d95e68469ff4b?Resolve_DOI=10.14457/KU.the.2008.780

Thunyawiwatkul, Y. (2013). **Kan rianru nai phiphitthaphan : Bai ngan tua chuai kratun kan rianru yang sangsan**. (In Thai). Retrieved 30 November 2017, from https://www.gotoknow.org/posts/559806

Watcharapol, S. (2001). **Phiphitthaphan khum phalang heang kan rianru korani sueksa prathet angkrit**. (In Thai). Retrieved 30 November 2017, from http://lms.bks.ac.th/lms/ebook/pdf/pp/pdf.pdf