วารสารแม่โจ้เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม ปีที่ 10 ฉบับที่ 4 (2567) : วารสารฉบับพิเศษ เนื่องจากในโอกาสครบรอบ 90 ปี การก่อตั้งมหาวิทยาลัยแม่โจ้

Received: 28 ก.ค. 2567 **Revised:** 20 ส.ค. 2567 **Accepted:** 26 ส.ค. 2567

การพัฒนาโมเดล 3 มิติ ซากดึกดำบรรพ์ของไทยด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี

Developing 3D models of fossils found in Thailand using photogrammetry techniques

สุชาติ แสนพิช[1*] และ พิสิษฐ์ ณัฏประเสริฐ[2]

สาขาวิชาศิลปศาสตร์[1], สำนักเทคโนโลยีการศึกษา[2]

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี

Suchart Saenpich[1*] and Phisit Nadprasert[2]

School of Liberal Arts[1], Office Of Educational Technology[2]

Sukhothai Thammathirat Open University

*Corresponding author : suchart.sae@stou.ac.th

Abstract

This research project is funded by the Fossil Management Fund, Department of Mineral Resources, Thailand, for the year 2023.The objectives of this research were: 1) to create 3D models of fossils using photogrammetry techniques, 2) to evaluate the efficiency of photogrammetry techniques in creating 3D fossil models, and 3) to assess the satisfaction with AR books and AR applications featuring 3D fossil models. The population consisted of Prathomsuksa 5 students in the Pathum Thani Primary Educational Service Area. The sample included 182 primary school students from this area, selected through purposive sampling. The research tools included: 1) 3D models of fossils found in Thailand 2) an evaluation form for the efficiency of photogrammetry techniques in creating 3D fossil models, 3) an evaluation form for the quality of 3D fossil models created using photogrammetry techniques, and 4) an evaluation form for the satisfaction with AR books and AR applications featuring 3D fossil models. Data analysis was performed using frequency distribution, percentage, mean, and standard deviation.

The research findings were as follows: 1) The efficiency of photogrammetry techniques in creating 3D fossil models was evaluated at 91.52%. 2) The quality evaluation of 3D fossil models created using photogrammetry techniques showed that the highest quality aspects were the completeness of the 3D model, the color accuracy of the model surface, the completeness of the model surface, and the clarity of the model surface, with a mean score of 4.67, indicating a high level of quality. Overall quality was also high, the average was 4.54. 3) The evaluation of student satisfaction with AR books and AR applications featuring 3D fossil models showed an overall, the average was 4.31, indicating a high level of satisfaction. The clarity of audio-visual media and the interest generated by the media, which stimulated interest in the content, had the highest the average was 4.59 and 4.40, respectively, indicating a very high level of satisfaction.

***Keyword(s)** : 3d Model; fossils; photogrammetry*

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนจัดการซากดึกดำบรรพ์ กรมทรัพยากรธรณี ประจำปีบัญชี 2566 การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ ประชากร นักเรียนชั้นประถมศึกษา เขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี จำนวน 182 คน โดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) โมเดล 3 มิติ ซากดึกดำบรรพ์ของไทย 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ 3) แบบประเมินคุณภาพของโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี 4) แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลคือ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ มีประสิทธิภาพร้อยละ 91.52 2) ผลการประเมินคุณภาพของโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมท รายการประเมินที่มีคุณภาพสูงสุดคือ ความสมบูรณ์ของโมเดล 3 มิติ สีสันของพื้นผิวของโมเดล 3 มิติ ความสมบูรณ์ของพื้นผิวของโมเดล 3 มิติ และความคมชัดของของพื้นผิวโมเดล 3 มิติ ค่าเฉลี่ย 4.67 มีคุณภาพมุมมาก และมีคุณภาพในภาพรวม มีค่าเฉลี่ย 4.54 มีคุณภาพมุมมาก 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ มีความพึงพอใจในภาพรวม มีค่าเฉลี่ย 4.31 มีความพึงพอใจมุมมาก โดยพบว่าสื่อภาพและเสียงมีความคมชัด และสื่อมีความน่าสนใจ ช่วยกระตุ้นความสนใจในเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย 4.59 มีมุมความพึงพอใจมากที่สุด และ 4.40 มีความพึงพอใจมาก

คำสำคัญ: *โมเดล 3 มิติ; ซากดึกดำบรรพ์; เทคนิคโฟโตแกรมเมทรี*

1. บทนำ

พิพิธภัณฑ์ซากดึกดำบรรพ์ธรณีวิทยาและธรรมชาติวิทยา ถือเป็นแหล่งการเรียนรู้ที่มีความสำคัญในการส่งเสริมให้บุคคลเกิดการเรียนรู้ไม่ใช่เฉพาะนักเรียน นักศึกษา หรือบุคคลที่อยู่ในระบบการศึกษาแต่รวมถึงประชาชนทั่วไปและผู้ด้อยโอกาสทางการศึกษาในสังคม สามารถเข้าถึงแหล่งการเรียนรู้ที่มีคุณภาพได้ พิพิธภัณฑ์ซากดึกดำบรรพ์ธรณีวิทยาและธรรมชาติวิทยาถือเป็นแห่งการเรียนรู้ที่สำคัญที่แสดงถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ บนโลก เพื่อแสดงถึงการเกิดขึ้น ดำรงอยู่ และสูญพันธุ์ไปของสิ่งมีชีวิตในอดีต ในมุมมองที่เป็นวิทยาศาสตร์ ข้อมูลเหล่านี้นอกจากจะเป็นบทเรียนในการเรียนรู้อดีตของโลก แสดงถึงความเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตตามลำดับอายุของโลก ซึ่งทำให้เราทราบถึงความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตกับสภาพแวดล้อมในอดีตโดยการลำดับชั้นหินที่มีอยู่ในพื้นที่นั้นยังเป็นแบบอย่างให้กับการดำรงชีวิตของมนุษย์เราในปัจจุบัน ที่จะมีชีวิตร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และสิ่งแวดล้อมรอบตัว มีความรับผิดชอบต่อชีวิตในอนาคตด้วย แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ผ่านมาบุคคลต่างๆ ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ได้เลยหรือเข้าถึงอย่างยากลำบาก ในช่วงสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) แหล่งเรียนรู้ต่างๆ ปิดให้บริการ มีการห้ามหรือจำกัดการเดินทาง ทำให้ประชาชนได้รับผลกระทบและเสียโอกาสในการเรียนรู้

แนวทางเพื่อให้แหล่งซากดึกดำบรรพ์เป็นแหล่งเรียนรู้อย่างแท้จริงต้องใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศ (ICT) เพื่อให้ผู้ชมเข้าถึงการบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่นำมาใช้ในการเสนอผลงานนั้น จะเป็นเครื่องมือที่ดีสำหรับการเก็บข้อมูล รวมทั้งเป็นประตูเปิดสู่แหล่งซากดึกดำบรรพ์ ผู้ชมสามารถเข้าถึงข้อมูลทางการศึกษาเหล่านี้ได้ทันทีโดยผ่านทางอินเทอร์เน็ต สามารถบรรจุเรื่องราวไว้ได้หลากหลาย และหากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ ร่วมมือกับพิพิธภัณฑ์ ห้องสมุดของรัฐและศูนย์ชุมชนอื่น ๆ แล้วก็สามารถบริการประชาชนในท้องถิ่นได้มากขึ้น การสร้างโมเดล 3 มิติของซากดึกดำบรรพ์ เพื่อใช้ในการศึกษารายละเอียดของซากดึกดำบรรพ์ในมุมมองต่างๆ ทำให้สามารถมองและศึกษาซากดึกดำบรรพ์ได้โดยรอบในทุกรายละเอียด สามารถหมุนวัตถุเพื่อศึกษาในมุมมองต่างๆ สามารถขยายและย่อภาพเพื่อศึกษาในรายละเอียดในซากดึกดำบรรพ์ ทำให้ผู้ศึกษาสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างลึกซึ้ง ซึ่งเดิมการศึกษาซากดึกดำบรรพ์จะศึกษาจากภาพถ่ายในมุมต่างๆ ทำให้มิติของการศึกษาข้อมูลอาจจะขาดหายข้อมูลในมุมมองที่ยังไม่ได้ถ่ายภาพ หรือการศึกษาจากการเดินทางไปศึกษาจากวัตถุจริงซึ่งจะทราบรายละเอียดมากยิ่งขึ้นแต่มีข้อจำกัดในค่าใช้จ่าย เวลาและความสะดวกในการเดินทางของแต่ละบุคคล การสร้างโมเดล 3 มิติ จะช่วยในการอนุรักษ์และสงวนรักษาซากดึกดำบรรพ์ในรูปแบบดิจิทัล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิคในการสร้างแบบจำลองแบบ โฟโตแกรมเมตรี (Photogrammetry)

การศึกษาและดูรายละเอียดของซากดึกดำบรรพ์ของประชาชนโดยทั่วไปและนักวิจัยที่เกี่ยวข้องมีข้อจำกัดในการเข้าถึงซากดึกดำบรรพ์ในระยะใกล้เพื่อการศึกษารายละเอียดอย่างใกล้ชิดด้วยเหตุผลในการอนุรักษ์ดังนั้นแนวทางเพื่อการพัฒนาแหล่งเรียนรู้อย่างแท้จริงในการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ต้องใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศ (ICT) เพื่อให้ผู้ชมเข้าถึงการบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่นำมาใช้ในการเสนอข้อมูลของซากดึกดำบรรพ์ จะเป็นเครื่องมือที่ดีสำหรับการเก็บข้อมูลซากดึกดำบรรพ์ รวมทั้งเป็นประตูเปิดสู่การศึกษาซากดึกดำบรรพ์ ผู้ชมสามารถเข้าถึงข้อมูลทางการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ได้ทันทีโดยผ่านทางอินเทอร์เน็ต สามารถเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ที่มีความสมจริงและให้รายละเอียดของซากดึกดำบรรพ์ที่ชัดเจนในรูปแบบโมเดล 3 มิติได้จากทุกที่ ทุกเวลา ส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้อย่างแท้จริง จึงนำมาสู่โครงการวิจัย การพัฒนาโมเดล 3 มิติ ซากดึกดำบรรพ์ของไทยด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์

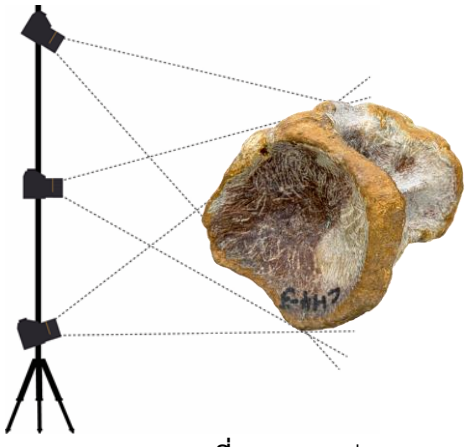
3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โฟโตแกรมเมตรี (Photogrammetry) หรือการรังวัดด้วยภาพ หมายถึง การสร้างแบบจำลองจากภาพถ่ายวัตถุจริง โดยการประมวลผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากภาพถ่าย 2 มิติในมุมต่างๆ โดยรอบของวัตถุ สามารถสร้างเป็นพอยต์คลาวด์ (Point Cloud) ซึ่งเป็นกลุ่มของจุดสามมิติ เก็บค่าของตำแหน่งของวัตถุในพิกัดแกน X,Y,Z เพื่อใช้ในการประมวลผล สร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยสร้างพื้นผิวของวัตถุ (Mesh Model) และการใส่รายละเอียดของพื้นผิว (Texture Mapping) ทำให้วัตถุที่สร้างขึ้นเป็นแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับวัตถุต้นแบบ

หลักการถ่ายภาพโฟโตแกรมเมทรี

1. ถ่ายภาพด้วยความละเอียดสูงสุดของกล้อง ตั้งค่าการถ่ายภาพใช้ความละเอียดสูงสุดของกล้องที่เรามีอยู่ในการถ่ายภาพ เพื่อให้สามารถเก็บรายละเอียดของวัตถุจากภาพให้ได้มากที่สุด

2. ถ่ายภาพให้รอบวัตถุ โดยการถ่ายภาพพยายามถ่ายให้รอบวัตถุในลักษณะเป็นทรงกลมหรือโดมครอบวัตถุโดยที่ใช้วัตถุเป็นจุดศูนย์กลาง เพื่อต้องการเก็บรายละเอียดให้ครบทุกมุม ทุกด้านของวัตถุ โดยสามารถแบ่งมุมการถ่ายภาพออกเป็น 3 มุม คือ



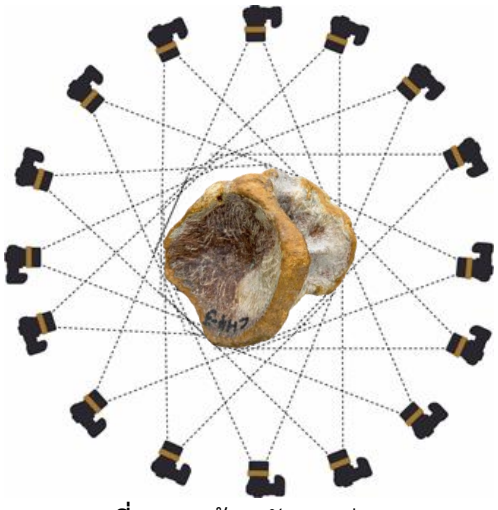
ภาพที่ 1 มุมการถ่ายภาพ

2.1 มุมสูง หมายถึงกล้องอยู่เหนือวัตถุและถ่ายกดลงมาที่วัตถุต้นแบบเพื่อต้องการเก็บรายละเอียดด้านบนวัตถุไปจนถึงฐานของวัตถุ ถ่ายภาพแรกจากนั้นขยับกล้องไปด้านข้างและถ่ายภาพทำแบบนี้ไปเรื่อยๆ เป็นลักษณะวงกลม จนวนกลับมาที่จุดเริ่มต้น นับเป็นหนึ่งวงการถ่ายภาพ หากต้องการมุมสูงในมุมต่อไปสามารถเพิ่มวงในการถ่ายภาพได้

2.2 แนวระนาบ หมายถึงกล้องถ่ายภาพอยู่ในมุมเดียวกันกับวัตถุและถ่ายตรง เพื่อเก็บรายละเอียดวัตถุในแนวระนาบตั้งแต่ส่วนบนจนถึงฐานวัตถุ ถ่ายภาพแรกจากนั้นขยับกล้องไปด้านข้างและถ่ายภาพ ทำแบบนี้ไปเรื่อยๆ เป็นลักษณะวงกลม จนวนกลับมาที่จุดเริ่มต้น นับเป็นหนึ่งวงการถ่ายภาพ หากต้องการถ่ายในแนวระนาบก็สามารถเพิ่มหรือลดมุมการถ่ายภาพเพื่อเพิ่มวงในการถ่ายภาพได้

2.3 มุมต่ำ หมายถึงกล้องอยู่ต่ำกว่าวัตถุและถ่ายภาพเสยขึ้นมาที่วัตถุต้นแบบเพื่อเก็บรายละเอียดของฐานวัตถุและรายละเอียดด้านล่างที่เป็นมุมอับสายตา ถ่ายภาพแรกจากนั้นขยับกล้องไปด้านข้างและถ่ายภาพ ทำแบบนี้ไปเรื่อยๆ เป็นลักษณะวงกลม จนวนกลับมาที่จุดเริ่มต้น นับเป็นหนึ่งวงการถ่ายภาพ หากต้องการถ่ายในมุมต่ำเพิ่มเติมก็สามารถเพิ่มหรือลดมุมการถ่ายภาพเพื่อเพิ่มวงในการถ่ายภาพได้

มุมการถ่ายภาพที่แนะนำทั้ง 3 ข้อ ไม่ได้หมายความว่าเราจะต้องถ่ายแค่ 3 วง เท่านั้น ให้เราดูความเหมาะสมโดยเทียบกับลักษณะ และขนาดของวัตถุ หากมีขนาดใหญ่และมีรายละเอียดมากอาจจะถ่ายภาพ 5 หรือ 10 วงก็ได้ ดังนั้นให้เราพิจารณาว่าโมเดลต้นแบบมีขนาดและรายละเอียดเป็นอย่างไร ภาพที่ถ่ายมีการเหลื่อมหรือซ้อนทับกันระหว่างภาพมากน้อยเพียงใด และเพียงพอต่อการประมวลผลหรือไม่



ภาพที่ 2 การซ้อนทับการถ่ายภาพ

3. ถ่ายภาพให้เหลื่อมหรือซ้อนทับระหว่างกัน การจะประมวลผลภาพถ่ายสองมิติเพื่อสร้างโมเดล 3 มิติได้ จะต้องถ่ายภาพให้เหลื่อมหรือซ้อนทับระหว่างภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอในการประมวลผล ดังนั้นการถ่ายภาพจะต้องมีการเหลื่อมหรือซ้อนทับระหว่างกันของภาพก่อนหน้าอย่างน้อย ร้อยละ 90

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

John A. Cunningham (2021) วิจัยเรื่อง การใช้โมเดลฟอสซิลจากการถ่ายภาพ 3 มิติในการศึกษาวิชาบรรพชีวินวิทยา ผลการวิจับพบว่า โฟโตแกรมเมตริกให้ข้อดี คือมีประสิทธิภาพประมีต้นทุนต่ำในการสร้างโมเดล 3 มิติ สามารถแบ่งปันโมเดล 3 มิติได้ง่าย และการศึกษาตัวอย่างที่ละเอียดอ่อน นักศึกษาชั้นปีแรกที่ใช้งานโมเดล 3 มิติ พบว่าใช้งานง่าย มีประโยชน์ในการทำความเข้าใจกายวิภาคศาสตร์ และมีประโยชน์มากกว่าการศึกษาจากภาพถ่าย แต่ก็ยังชอบเรียนรู้จากแบบจำลองทางกายภาพมากกว่าแบบดิจิทัล

Kumiko Matsui (2022) วิจัยเรื่อง การจัดแสดงฟอสซิลในพิพิธภัณฑ์สู่ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ ผลการวิจัยพบว่า เป็นเทคนิคการสร้างโมเดล 3 มิติ ที่ต้นทุนต่ำโดยสร้างจากการถ่ายภาพ ทำให้ผู้เข้าชมพิพิธภัณฑ์สามารถสร้างโมเดล 3 มิติ ตามภาพถ่ายที่จัดแสดงในพิพิธภัณฑ์ได้โดยไม่ทำลายกฎระเบียบของพิพิธภัณฑ์ ขณะที่พิพิธภัณฑ์หลายแห่งทำให้ข้อมูล 3 มิติของพิพิธภัณฑ์พร้อมใช้งานบนแพลตฟอร์มแชร์ข้อมูล ผู้เข้าชมพิพิธภัณฑ์ยังคงเผยแพร่ข้อมูล 3 มิติที่ไม่ได้รับการรับรองซึ่งเป็นของจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์โดยใช้วิธีการถ่ายภาพสามมิติ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าโมเดล 3 มิติที่สร้างจากการถ่ายภาพนั้นสามารถทำได้โดยไม่ทำลายกฎการถ่ายภาพแบบดั้งเดิม (เช่น ห้ามใช้แฟลชและขาตั้งกล้อง) และผู้เข้าชมพิพิธภัณฑ์สามารถสร้างผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์จากโมเดลเหล่านี้ได้ โมเดล 3 มิติสามารถเพิ่มคุณค่าทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมความสนใจที่กว้างขวางและลึกซึ้งขึ้นในวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม สิทธิของเจ้าของชิ้นส่วนพิพิธภัณฑ์ยังไม่ชัดเจนในเรื่องการเผยแพร่ข้อมูลที่ไม่ได้รับการรับรอง และสิ่งนี้ยังทำให้ข้อมูลที่เป็นของตัวอย่างต้นฉบับไม่ชัดเจน ซึ่งอาจนำไปสู่การสูญเสียรายได้ได้ งานวิจัยเสนอแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับนโยบายการถ่ายภาพในพิพิธภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมการใช้งานข้อมูลของโมเดล 3 มิติที่สร้างโดยผู้เข้าชม

A. V. Gaboutchian, Vladimir A. Knyaz, N. A. Leybova, G. Petrosyan, H. Y. Simonyan and Sergey Vasilyev (2019) วิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคนิคการถ่ายภาพสามมิติในการศึกษาวิชาบรรพชีวินวิทยาฟันผ่านการวิเคราะห์รูปร่างดิจิทัลของฟันมนุษย์โดยอัตโนมัติ ผลการวิจัยพบว่า การประยุกต์ใช้เทคนิคโฟโตแกรมเมตริกในการศึกษาทางพาเลโอดอนโทโลจิทัลผ่านการวิเคราะห์รูปร่างแบบดิจิทัลอัตโนมัติของฟันมนุษย์ การศึกษานี้เปรียบเทียบตัวอย่างทางทันตกรรม

จากแหล่งโบราณคดีหินยุคตอนบนของ Sungir กับวัสดุจากช่วงเวลาต่อมาอย่างมีนัยสำคัญ เช่น ยุคสำริดยุคแรกและยุคสมัยใหม่ โดยใช้วิธีการวัดฟันแบบดิจิทัลอัตโนมัติสำหรับการประเมิน

Elena Ghezzo, Matteo Massironi and Edward Byrd Davis (2022) วิจัยเรื่อง การถ่ายภาพด้วยดาวเทียมหลายสเปกตรัมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับฟอสซิลขนาดใหญ่ ผลการวิจัยพบว่า การใช้ภาพดาวเทียมมัลติสเปกตรัมความละเอียดสูงเพื่อปรับปรุงการตรวจจับฟอสซิลขนาดใหญ่ในพื้นที่ห่างไกล ตอบสนองต่อความท้าทาย เช่น ความไม่แน่นอนในการค้นหาตัวอย่างใหม่ ต้นทุนการขนส่งสูง ความเสี่ยงของลูกเรือ และความมุ่งมั่นในการใช้เวลา การศึกษานำเสนอเวิร์กโฟลว์ที่ใช้งานได้จริงสำหรับการตรวจจับฟอสซิลโดยใช้แพลตฟอร์มการตรวจจับระยะไกลและอัลกอริทึมคลัสเตอร์ โดยมีการทดสอบในอุทยานแห่งชาติป่าหินเพื่อทำแผนที่ลายเซ็นออปติคัลของฟอสซิลแต่ละชนิด แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่เพิ่มขึ้นในการสำรวจภาคสนาม

Brent Slaker และ Khaled M. Mohamed (2017) วิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้การถ่ายภาพสามมิติเพื่อการวัดลักษณะของโครงสร้างภายในเหมืองถ่านหินใต้ดินโดยใช้กล้อง DSLR ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบโฟโตแกรมเมตริในเหมืองถ่านหินใต้ดินโดยใช้กล้อง DSLR เพื่อวัดลักษณะของโครงสร้างภายใน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมของโครงสร้างภายในสำหรับสภาพการโหลดเสาและความปลอดภัยของเหมืองแร่ การทดลองแสดงให้เห็นว่าสภาพแสงไม่มีนัยสำคัญหากมีการส่องสว่างอย่างเหมาะสม ระยะห่างจากตัวแบบมีผลกระทบต่อความแม่นยำน้อยที่สุด การตั้งค่ากล้องส่งผลต่อคุณภาพของภาพอย่างมีนัยสำคัญ และภาพถ่ายทับซ้อนกันอย่างน้อย 60% เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการสร้างใหม่สามมิติที่เหมาะสม

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์และฐานข้อมูลบนเว็บไซต์

1.1 การขออนุญาตเพื่อการสร้างโมเดล 3 มิติจากเจ้าของพื้นที่ในการดำเนินการวิจัย

1.2 ลงพื้นที่สำรวจและถ่ายภาพซากดึกดำบรรพ์เพื่อนำมาสร้างโมเดล 3 มิติ

1.3 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับซากดึกดำบรรพ์ที่จะนำมาใช้เป็นฐานข้อมูล

1.4 นำรูปภาพมาประมวลผลในซอฟต์แวร์เพื่อแปลงรูปภาพให้เป็น Point Cloud และสร้างพื้นผิววัตถุแบบสามมิติ Mesh Model and Texture

1.5 การประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ แหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียนตามมาตรา 14 แห่งพระราชบัญญัติคุ้มครองซากดึก

ดำบรรพ์ พ.ศ. 2551 โดยผู้เชี่ยวชาญด้านโมเดล 3 มิติ จำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบตรวจสอบรายการเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ ซึ่งมีเกณฑ์ประเมินดังนี้

1 หมายถึง สามารถสร้างโมเดล 3 มิติ ซากดึกดำบรรพ์ได้สมบูรณ์ครบถ้วน มีลักษณะเหมือนหรือใกล้เคียงกับต้นแบบซากดึกดำบรรพ์

0 หมายถึง ไม่สามารถสร้างโมเดล 3 มิติ ซากดึกดำบรรพ์ให้สมบูรณ์ครบถ้วนได้ มีลักษณะไม่เหมือนหรือใกล้เคียงกับต้นแบบซากดึกดำบรรพ์

และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

0.5-1 หมายถึง โมเดลสมบูรณ์

0-0.49 หมายถึง โมเดลไม่สมบูรณ์

เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ โดยการหาค่าเฉลี่ยภาพรวมของความสมบูรณ์ของการสร้างโมเดล 3 มิติ ทั้งหมด โดยกำหนดเกณฑ์ที่ร้อยละ 90

1.6 นำโมเดลที่สมบูรณ์มาประเมินคุณภาพของโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแบบมีโครงสร้าง โดยเป็นแบบประมาณค่า 5 มุม ซึ่งมีเกณฑ์ประเมินดังนี้

5 หมายถึง มีความคิดเห็นว่ามีคุณภาพดีมาก

4 หมายถึง มีความคิดเห็นว่ามีคุณภาพดี

3 หมายถึง มีความคิดเห็นว่ามีคุณภาพปานกลาง

2 หมายถึง มีความคิดเห็นว่ามีคุณภาพน้อย

1 หมายถึง มีความคิดเห็นว่ามีคุณภาพน้อยที่สุด

และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

3.50-4.49 หมายถึง มีคุณภาพดี

2.50-3.49 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

1.00-1.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

1.7 สร้างฐานข้อมูลและจัดเก็บโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์บนเว็บไซต์เพื่อให้สะดวกในการนำไปใช้งานไว้บนเว็บไซต์ Skechfab.com

2. การสร้าง AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์

2.1 นำภาพโมเดลที่จะเป็นต้นแบบมาสร้างเป็น Marker ในการสแกนภาพ AR จัดทำเป็นฐานข้อมูลการสแกนภาพบน Vuforia

2.2 นำโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์สร้างเป็น AR ด้วยซอฟต์แวร์ Unity และนำเข้าฐานข้อมูลจาก Vuforia เพื่อเชื่อมโยงระบบระหว่างภาพอ้างอิงและการแสดงผลโมเดล 3 มิติ

2.3 Export ไฟล์จากซอฟต์แวร์ Unity เพื่อสร้างเป็น Application และ Upload Application บน Play Store และ App Store

2.4 ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้าง AR ด้านซากดึกดำบรรพ์ ด้านเทคโนโลยีการศึกษาตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมในการนำเสนอ

2.5 ปรับปรุงระบบและเผยแพร่ต่อไป

3. สร้างหนังสือ AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์

3.1 นำรูปภาพ Marker และข้อมูลซากดึกดำบรรพ์มาจัดหน้ากระดาษเพื่อสร้างหนังสือ AR ด้วยซอฟต์แวร์ Adobe InDesign

3.2 พิมพ์หนังสือ AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ 4 สี จำนวน 3 เล่ม เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้าง AR ด้านซากดึกดำบรรพ์ ด้านเทคโนโลยีการศึกษาตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมในการนำเสนอ โดยใช้แบบประเมินคุณภาพ

3.3 ปรับปรุงข้อมูลต่างๆ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.4 พิมพ์หนังสือ AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ จำนวน 300 เล่ม

3.5 ทดลองนำหนังสือ AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย และเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหนังสือ AR และแอปพลิเคชันโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร นักเรียนชั้นประถมศึกษา เขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี

กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี จำนวน 182 คน โดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

1. โรงเรียนวัดโคก จังหวัดปทุมธานี จำนวน 1 ห้อง จำนวน 38 คน

2. โรงเรียนอนุบาลปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี จำนวน 4 ห้อง รวม 144 คน

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการวิจัยดังนี้คือ

1. แบบประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์

2. แบบประเมินคุณภาพของโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี

3. แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์

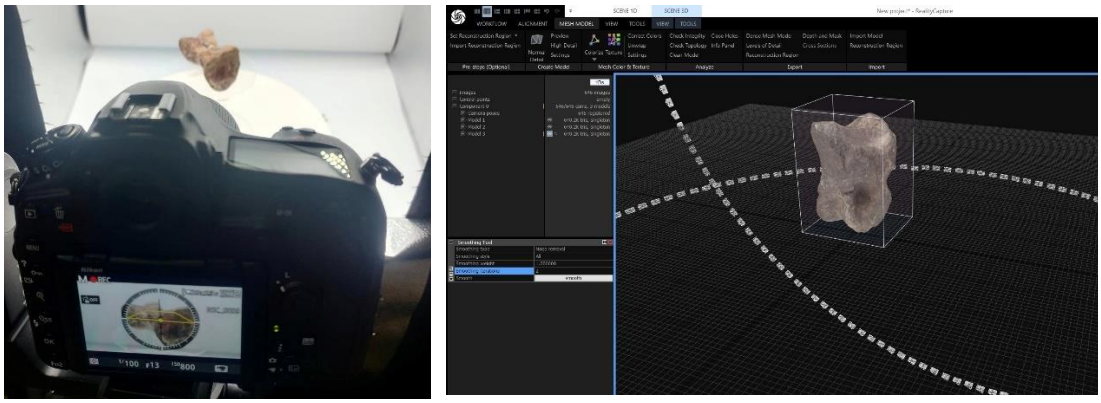
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

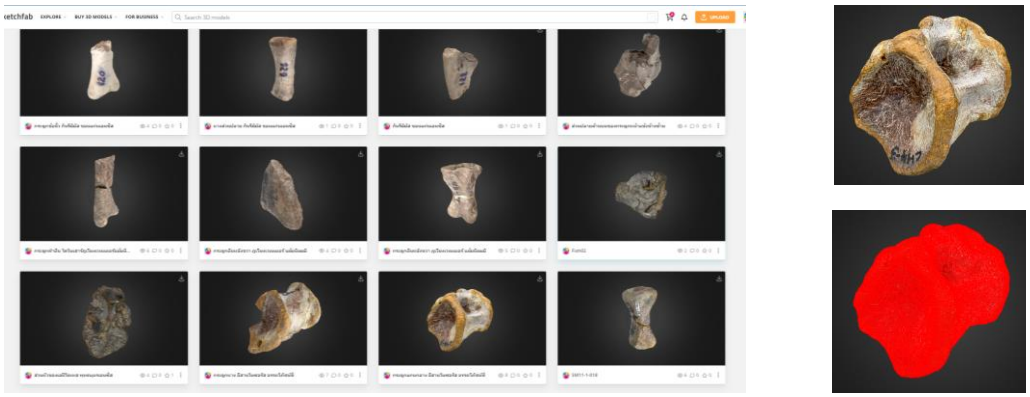
5. ผลการศึกษา

1. ผลการประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ แหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ขึ้นทะเบียนตามมาตรา 14 แห่งพระราชบัญญัติคุ้มครองซากดึกดำบรรพ์ พ.ศ. 2551 โดยผู้เชี่ยวชาญด้านโมเดล 3 มิติ จำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบตรวจสอบรายการเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ เกณฑ์การ

ประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ โดยการหาค่าเฉลี่ยภาพรวมของความสมบูรณ์ของการสร้างโมเดล 3 มิติ ทั้งหมด โดยกำหนดเกณฑ์ที่ร้อยละ 90



ภาพที่ 3 เทคนิคโฟโตแกรมเมทรี



ภาพที่ 4 ตัวอย่างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ที่ใช้เทคนิคโฟโตแกรมเมทรี

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ สามารถสร้างโมเดล 3 มิติ

(n=118)

จำนวนต้นแบบซากดึกดำบรรพ์	จำนวนโมเดล 3 มิติที่สามารถสร้างได้สมบูรณ์	ร้อยละของจำนวนโมเด 3 มิติที่สามารถสร้างได้สมบูรณ์
118	108	91.52

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ จำนวนต้นแบบซากดึกดำบรรพ์ในการวิจัยครั้งนี้จำนวน 118 ชิ้น สามารถสร้างโมเดล 3 มิติ ได้สมบูรณ์ จำนวน 108 ชิ้น และโมเดลไม่สมบูรณ์ จำนวน 10 ชิ้น สรุปได้ว่าเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการวิจัยครั้งนี้มีประสิทธิภาพในการสร้างโมเดล 3 มิติ ร้อยละ 91.52 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่ร้อยละ 90

2. การประเมินคุณภาพของโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแบบมีโครงสร้าง

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพของโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี โดยผู้เชี่ยวชาญ

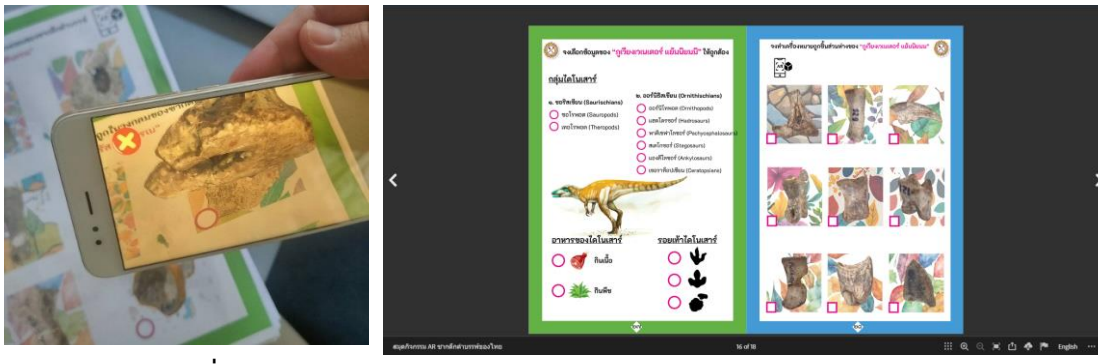
(n=3)

รายการประเมิน	**ค่าเฉลี่ยมุมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**	**ความหมาย**
1. ความสมบูรณ์ของโมเดล 3 มิติ	4.67	มีคุณภาพมากที่สุด
2. สีสันของพื้นผิวของโมเดล 3 มิติ	4.67	มีคุณภาพมากที่สุด
3. ความสมบูรณ์ของพื้นผิวของโมเดล 3 มิติ	4.67	มีคุณภาพมากที่สุด
4. ความคมชัดของของพื้นผิวโมเดล 3 มิติ	4.67	มีคุณภาพมากที่สุด
5. ความถูกต้องใกล้เคียงกับซากดึกดำบรรพ์ต้นแบบของโมเดล 3 มิติ	4.00	มีคุณภาพมาก
รวม	**4.54**	**มีคุณภาพมาก**

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพของโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน รายการประเมินที่มีคุณภาพสูงสุดคือ ความสมบูรณ์ของ

โมเดล 3 มิติ สีสันของพื้นผิวของโมเดล 3 มิติ ความสมบูรณ์ของพื้นผิวของโมเดล 3 มิติ และความคมชัดของของพื้นผิวโมเดล 3 มิติ ค่าเฉลี่ย 4.67 มีคุณภาพมุมมาก และมีคุณภาพในภาพรวม มีค่าเฉลี่ย 4.54 มีคุณภาพมุมมาก

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี จำนวน 182 คน โดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)



ภาพที่ 5 แอปพลิเคชัน AR และหนังสือ AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์

ภาพที่ 6 การทดลองให้นักเรียนใช้งานหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา

ตารางที่ 3 ผลความพึงพอใจที่มีต่อหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา

(n=182)

ความพึงพอใจที่มีต่อเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน AR	ค่าเฉลี่ย	ผลการประเมิน
1. การนำเสนอข้อมูลความรู้ได้ชัดเจน	4.35	พึงพอใจมาก
2. สื่อมีความน่าสนใจ ช่วยกระตุ้นความสนใจในเนื้อหา	4.40	พึงพอใจมาก
3. สื่อภาพและเสียงมีความคมชัด	4.59	พึงพอใจมากที่สุด
4. ภาพสามมิติช่วยทำให้รับรู้และเข้าใจข้อมูลได้ชัดเจน	4.29	พึงพอใจมาก
5. สามารถเข้าถึงความรู้ได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว	4.14	พึงพอใจมาก
6. นักเรียนมีความรู้มากขึ้นหลังจากได้ศึกษาหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR รวมโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์	4.12	พึงพอใจมาก
รวม	**4.31**	**พึงพอใจมาก**

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.31 มีความพึงพอใจมุมมาก โดยพบว่าสื่อภาพและเสียงมีความคมชัด และสื่อมีความน่าสนใจ ช่วยกระตุ้นความสนใจในเนื้อหา มีมุมความพึงพอใจมากที่สุด คือ 4.59 มีความพึงพอใจมากที่สุด และ 4.40 มีความพึงพอใจมาก ตามลำดับ

6. สรุปผล และอภิปรายผล

ผลการประเมินประสิทธิภาพเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการสร้างโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ จำนวนต้นแบบซากดึกดำบรรพ์ในการวิจัยครั้งนี้จำนวน 118 ชิ้น สามารถสร้างโมเดล 3 มิติ ได้สมบูรณ์ จำนวน 108 ชิ้น และโมเดลไม่สมบูรณ์ จำนวน 10 ชิ้น สรุปได้ว่าเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีในการวิจัยครั้งนี้มีประสิทธิภาพในการสร้างโมเดล 3 มิติ ร้อยละ 91.52 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่ร้อยละ 90 และผลการประเมินคุณภาพของโมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน รายการประเมินที่มีคุณภาพสูงสุดคือ ความสมบูรณ์ของโมเดล 3 มิติ สีสัน

ของพื้นผิวของโมเดล 3 มิติ ความสมบูรณ์ของพื้นผิวของโมเดล 3 มิติ และความคมชัดของของพื้นผิวโมเดล 3 มิติ ค่าเฉลี่ย 4.67 มีคุณภาพมุมมาก และมีคุณภาพในภาพรวม มีค่าเฉลี่ย 4.54 มีคุณภาพมุมมาก เนื่องจากการสร้างโมเดล 3 มิติ ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีช่วยให้สามารถสร้างแบบจำลองจากต้นแบบได้คุณภาพที่ดีและมีประสิทธิภาพหากเก็บข้อมูลรูปภาพอย่างเพียงพอและมีคุณภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ John A. Cunningham (2021) เทคนิคโฟโตแกรมเมทรีมีประสิทธิภาพในการสร้างโมเดล 3 มิติ และมีต้นทุนต่ำในการสร้างโมเดล 3 มิติ กว่าวิธีการอื่น ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหนังสือ AR และแอปพลิเคชัน AR โมเดล 3 มิติซากดึกดำบรรพ์ ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.31 มีความพึงพอใจมุมมาก โดยพบว่าสื่อภาพและเสียงมีความคมชัด และสื่อมีความน่าสนใจ ช่วยกระตุ้นความสนใจในเนื้อหา มีมุมความพึงพอใจมากที่สุด คือ 4.59 มีความพึงพอใจมากที่สุด และ 4.40 มีความพึงพอใจมาก เพราะโมเดล 3 มิติ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถศึกษารายละเอียดและควบคุมมุมมองของวัตถุเพื่อทำความเข้าใจโมเดล 3 มิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ John A. Cunningham (2021) โมเดล 3 มิติ มีการใช้งานง่าย มีประโยชน์ในการทำความเข้าใจกายวิภาคศาสตร์ และมีประโยชน์มากกว่าการศึกษาจากภาพถ่าย และ Elena Ghezzo, Matteo Massironi and Edward Byrd Davis (2022) เทคนิคโฟโตแกรมเมทรีตอบสนองต่อความท้าทาย เช่น ความไม่แน่นอนในการค้นหาตัวอย่างใหม่ ต้นทุนการขนส่งสูง ความเสี่ยงของผู้สำรวจ และประหยัดเวลา

ข้อเสนอแนะ

1. การส่งเสริมการสร้างโมเดล 3 มิติ ของซากดึกดำบรรพ์ให้เพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้ในการศึกษารายละเอียดของซากดึกดำบรรพ์ในมุมมองต่างๆ ทำให้สามารถมองและศึกษาซากดึกดำบรรพ์ได้โดยรอบในทุกรายละเอียด สามารถหมุนวัตถุเพื่อศึกษาในมุมมองต่างๆ สามารถขยายและย่อภาพเพื่อศึกษาในรายละเอียดในซากดึกดำบรรพ์ ทำให้ผู้ศึกษาสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างลึกซึ้ง ซึ่งเดิมการศึกษาซากดึกดำบรรพ์จะศึกษาจากภาพถ่ายในมุมต่างๆ ทำให้มิติของการศึกษาข้อมูลอาจจะขาดหายข้อมูลในมุมมองที่ยังไม่ได้ถ่ายภาพ หรือการศึกษาจากการเดินทางไปศึกษาจากวัตถุจริงซึ่งจะทราบรายละเอียดมากยิ่งขึ้นแต่มีข้อจำกัดในค่าใช้จ่าย เวลาและความสะดวกในการเดินทางของแต่ละบุคคล

2. การนำไปใช้ในการเผยแพร่ในโรงเรียนสามารถเลือกใช้เพื่อนำเสนอเนื้อหาเฉพาะเรื่องได้โดยไม่ต้องนำเนื้อหาทั้งหมดไปใช้ก็ได้เพราะอาจจะใช้เวลาหลายคาบเรียนซึ่งจะกระทบกับเวลาเรียนในส่วนของวิชาอื่น ๆ สามารถเลือกนำเสนอเฉพาะประเด็นที่สำคัญและเป็นที่น่าสนใจได้ รวมทั้งการ

ส่งเสริมการขอความร่วมมือจากโรงเรียนและสถานศึกษาเพื่อขอให้นำสื่อไปใช้ในการเผยแพร่ในโรงเรียนในรูปแบบการเรียนการสอน การทำกิจกรรมในวันสำคัญ การนำไปใช้ในชมรมต่าง ๆ เป็นต้น

3. สามารถนำใบกิจกรรมและไฟล์กิจกรรมไปเผยแพร่และใช้ในกิจกรรมของกรมทรัพยากรธรณี เพื่อเผยแพร่ความรู้และให้นักเรียนและประชาชนมีส่วนร่วมในความรู้

บรรณานุกรม

A., V., Gaboutchian., Vladimir, A., Knyaz., N., A., Leybova., G., Petrosyan., H., Y., Simonyan., Sergey, Vasilyev. (2019). Application of photogrammetric techniques in palaeoodontological studies trough automated digital shape analysis of human teeth. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, doi: 10.5194/ISPRS-ARCHIVES-XLII-2-W12-75-2019

Elena, Ghezzo., Matteo, Massironi., Edward, Byrd, Davis. (2022). Multispectral satellite imaging improves detection of large individual fossils. Geological Magazine, doi: 10.1017/S001675682200108X

John, A., Cunningham. (2021). The use of photogrammetric fossil models in palaeontology education.. Evolution: Education and Outreach, doi: 10.1186/S12052-020-00140-W

Kumiko, Matsui., Yuri, Kimura. (2022). Museum exhibitions of fossils into commercial products: Unexpected outflow of 3D models due to unwritten image policies into commercial products. doi: 10.31223/x5zw5z