

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง
EARTH SCIENCE LEARNING MANAGEMENT USING THE MODELING PROCESS

ศิริวิทย์ ปฐมชัยวาลย์ และ อุบลวรรณ ส่งเสริม

Sirawit Pathomchaiwal and Ubonwan Songserm

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Faculty of Education, Silpakorn University

E-mail: sirawit.pathom@gmail.com



บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มุ่งศึกษาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง ทั้งนี้การสร้างแบบจำลองมีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกคือ การช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ และความเข้าใจด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์โลก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และการค้นหาข้อมูลและการตรวจสอบคุณภาพของแหล่งข้อมูลสำหรับการค้นหาข้อมูล ตลอดจนช่วยให้นักเรียน ปลอดภัยจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่อันตรายได้ นอกจากนี้พบปัญหาของแบบจำลองและการสร้าง แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก คือ นักเรียนและครูผู้สอนวิทยาศาสตร์โลกมักมีความเข้าใจที่ คลาดเคลื่อนของแบบจำลอง และการขาดทักษะและความรู้ที่เพียงพอต่อการสร้างแบบจำลอง โดยปัญหา เกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของแบบจำลองนั้นควรส่งเสริมให้ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์โลกสามารถจัดการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้แบบจำลองทางกายในลักษณะแบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ และใช้ตัวแทน ความคิดที่ใช้ข้อมูลสารสนเทศเป็นฐานในการแสดงให้เห็นภาพเพื่อให้นักเรียนเข้าใจหัวข้อวิทยาศาสตร์โลกมาก ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ปัญหาการขาดทักษะและความรู้ที่เพียงพอต่อการสร้างแบบจำลองนั้นควรให้ครูและนักเรียน เข้าใจแนวคิดการสร้างแบบจำลองและสามารถสร้างแบบจำลองได้โดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองในการ จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การใช้แบบจำลอง 3) การทดสอบและประเมินแบบจำลอง และ 4) การแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลอง สิ่งเหล่านี้ช่วยแก้ปัญหาของ การสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: แบบจำลอง , กระบวนการสร้างแบบจำลอง , การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก

Abstract

This academic article explores the use of modeling in Earth Science instruction. The benefits of modeling in Earth Science instruction include helping students gain knowledge and understanding of Earth Science content, developing scientific process skills, enhancing scientific thinking abilities, and evaluating information and verifying the quality of information sources. Additionally, modeling can help students stay safe from hazardous natural phenomena. However, challenges in using models and modeling in Earth Science instruction include students' and teachers' misconceptions about models and a lack of sufficient skills and knowledge for effective modeling. To address these misconceptions, Earth Science teachers should be encouraged to organize instruction using physical models as comparative models and to use information-based conceptual representations to provide visualizations that enhance students' understanding of Earth Science topics. Furthermore, to overcome the lack of sufficient skills and knowledge, both teachers and students should understand the concept of modeling and be able to construct models using a four-step modeling process in Earth Science instruction: 1) model construction, 2) model application, 3) model testing and evaluation, and 4) model revision and improvement. Implementing these steps can effectively address the challenges of modeling in Earth Science instruction.

Keywords: Model , The modeling process , Earth science learning management

บทนำ

หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั้งในและต่างประเทศให้ความสำคัญกับการพัฒนาการสร้างแบบจำลอง (Göhner et al., 2022) และการสร้างแบบจำลองช่วยส่งเสริมให้นักเรียนตั้งแต่ระดับปฐมวัยถึงมัธยมศึกษา (K-12) ได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ การประเมินปัญหาที่มีหลายหลายแง่มุม และออกแบบแนวทางแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (Böschl et al., 2023) โดยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนคือ (1) การสร้างแบบจำลองเป็นตัวแทนของการสร้างความรู้วิทยาศาสตร์ (2) แบบจำลองสะท้อนถึงความคิดของนักเรียนได้อย่างชัดเจน (3) การสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจในเนื้อหาสาระ การใช้เหตุผล และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (4) การสร้างแบบจำลองมาจากปฏิสัมพันธ์ที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมจึงนำไปสู่การเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียน (5) การสร้างแบบจำลองช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ (6) การพัฒนาแบบจำลองมีประโยชน์ในการช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะด้านการเขียนกราฟและการคำนวณทางคณิตศาสตร์และการสื่อความหมายโดยใช้ภาพ และ (7) แบบจำลองสามารถช่วยให้นักเรียนทำการทดลองหรือจำลองสถานการณ์โดยใช้สมมติฐานที่แตกต่างกันโดยไม่มีผลกระทบที่ทำให้เกิดอันตรายได้ (Schwarz et al., 2009; Valanides & Angeli, 2011)

ในทำนองเดียวกัน ทศวรรษที่ผ่านมาการออกแบบหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้เรียกร้องให้มีการใช้แบบจำลอง และการสร้างแบบจำลองเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้และประเมินผล เพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้ดีขึ้น (Edwards, 2017) ตัวอย่างเช่น Parmboon et al. (2023) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และ Charoen and Sangsuwan (2023) พัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลอง ร่วมกับภาพเคลื่อนไหว พบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับควรปรับปรุง หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก และกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น ตลอดจน Hallström et al. (2023) พบว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญในการทำให้สะเต็มศึกษามีความเชื่อมโยงกับโลกแห่งความเป็นจริง และแนวทางการบูรณาการของสะเต็มศึกษาที่ใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาได้

กระนั้นหลักสูตรระดับรายวิชาวิทยาศาสตร์โลกที่ประกอบด้วยเนื้อหาครอบคลุม 3 สาขา ได้แก่ ธรณีวิทยา วิทยาศาสตร์บรรยากาศ และดาราศาสตร์ โดยการศึกษาวิทยาศาสตร์โลกให้ความสำคัญกับการศึกษาปรากฏการณ์บนโลกและในอวกาศ เนื่องจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเหล่านั้นเกิดขึ้นในระดับสเกลใหญ่ ไม่สามารถจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เห็นปรากฏการณ์ในเชิงประจักษ์ได้โดยตรง จึงมีความต้องการจำเป็นต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อช่วยนักเรียนให้เข้าใจปรากฏการณ์ดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม นั่นคือ การใช้แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อประกอบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก (Intho, 2016; Pathomchaiwal, 2020; Ifqiren et al., 2023)

แม้ว่าการใช้แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกมีความสำคัญมาก แต่พบว่างานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก โดยเฉพาะมีน้อยมากเมื่อเทียบกับวิชาวิทยาศาสตร์ในแขนงอื่น ๆ อาทิ เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา เป็นต้น และมีปัญหาที่พบเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองคือ นักเรียนและครุ้มักความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแบบจำลอง และการขาดทักษะและความรู้ที่เพียงพอต่อการสร้างแบบจำลอง (Harrison & Treagust, 1998; Valanides & Angeli, 2011; Cheng et al., 2017; Praisri et al., 2022)

ดังนั้นบทความนี้จึงมุ่งสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง รวมทั้งการสังเคราะห์กระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก โดยเฉพาะ เพื่อใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Praisri et al., 2023)

เนื้อหา

ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง

การออกแบบหลักสูตรใหม่ในระดับชาตินั้นการใช้แบบจำลอง และการปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้และประเมินผลเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มากขึ้น (Edwards, 2017) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหลักสูตรระดับรายวิชาวิทยาศาสตร์โลกที่มีเนื้อหาประกอบด้วย 3 สาขา ได้แก่ ธรณีวิทยา วิทยาศาสตร์บรรยากาศ และดาราศาสตร์ โดยให้ความสำคัญกับการศึกษาปรากฏการณ์บนโลกและในอวกาศ เนื่องจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเหล่านั้นเกิดขึ้นในระดับสเกลใหญ่ เช่น การเกิดภูเขาไฟระเบิด การเกิดแผ่นดินไหว การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การหมุนเวียนของระบบลมโลก การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์บนทรงกลมฟ้า การเกิดช้างขึ้นช้างแรม เป็นต้น ทำให้การศึกษาปรากฏการณ์เหล่านั้น ไม่

สามารถจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เห็นปรากฏการณ์ในเชิงประจักษ์ได้โดยตรง จึงมีความต้องการจำเป็นมีการจัดการเรียนรู้เพื่อช่วยนักเรียนให้เข้าใจปรากฏการณ์ดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม นั่นคือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง (Intho, 2016; Pathomchaiwal, 2020; Ifqiren et al., 2023)

ทั้งนี้ นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายคนได้ให้ความหมายของแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์ โดยนักวิทยาศาสตร์ ใช้เพื่อช่วยอธิบาย ทำความเข้าใจ และทำนาย กระบวนการที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์นั้น (Harrison & Treagust, 2000; Clement, 2008; Schwarz et al., 2009; Halloun, 2011; Valanides & Angeli, 2011; Espinet et al., 2012; Bryce et al., 2016; Cheng et al., 2017) ซึ่งแบบจำลองวิทยาศาสตร์ที่แสดงออกมาอาจ มีลักษณะเป็นแบบจำลองแบบรูปธรรม แบบภาษา แบบสัญลักษณ์ แบบภาพ และแบบการแสดงท่าทาง (Gilbert, 2004; Bryce et al., 2016)

ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของ นักเรียนหลายประการ ดังนี้

- 1) การสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนได้สร้างความรู้วิทยาศาสตร์ การปรับปรุงความรู้ วิทยาศาสตร์ สร้างความเข้าใจในเนื้อหาสาระ และเกิดความเข้าใจเชิงมนทัศน์ (Justi, 2009; Schwarz et al., 2009; Edwards, 2017)
- 2) การสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนมีความคิดที่ชัดเจนขึ้นสำหรับการสื่อสารด้วย ความเข้าใจ รวมถึงการสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ แทนที่จะเพียงแค่ท่องจำ ข้อเท็จจริงและคำจำกัดความเท่านั้น (Justi, 2009; Schwarz et al., 2009)
- 3) การสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทักษะการทดลอง ทักษะด้านการเขียนกราฟ ทักษะการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และทักษะการสื่อความหมาย ของข้อมูลโดยใช้ภาพ เป็นต้น (Schwarz et al., 2009; Hestenes, 1997)
- 4) การสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการให้เหตุผล (Schwarz et al., 2009)
- 5) การใช้แบบจำลองสามารถเพิ่มความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียน (Hestenes, 1997)
- 6) การสร้างแบบจำลองนั้นมีสภาพแวดล้อมแบบปฏิสัมพันธ์ที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการ เรียนรู้ รวมถึงการพัฒนาทักษะโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การระบุจุดยืน จากนั้นจึงให้เหตุผลในการกล่าวอ้างหรือ จุดยืนพร้อมหลักฐาน (Justi, 2009; Hestenes, 1997)
- 7) การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนได้ค้นหาข้อมูลสารสนเทศและแหล่งข้อมูล และกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลอง สามารถให้นักเรียนใช้เหตุผลในการ กำหนดคุณภาพของแหล่งข้อมูลต่าง ๆ (Justi, 2009)
- 8) แบบจำลองสามารถช่วยให้นักเรียนทำการทดลองหรือจำลองสถานการณ์โดยไม่มี ผลกระทบที่ให้นักเรียนเกิดอันตรายได้ (Hestenes, 1997)

ดังนั้นการใช้แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกจะช่วยให้ นักเรียนเกิดความรู้และความเข้าใจด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์โลก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการ คิดเชิงวิทยาศาสตร์และการคิดขั้นสูง เช่น การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และการคิดเป็นระบบ เป็นต้น และการค้นหาข้อมูลและการตรวจสอบคุณภาพของแหล่งข้อมูลสำหรับการค้นหาข้อมูล ตลอดจนช่วยให้นักเรียนปลอดภัยจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่อันตรายได้

ปัญหาของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีนักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาพบปัญหาของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองใน 2 ประการ คือ ปัญหาของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองที่เกิดขึ้นกับนักเรียนและครู โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประการที่ 1 ปัญหาของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองที่เกิดขึ้นกับนักเรียน โดย Cheng et al. (2017) พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในปัจจุบันมีความเข้าใจที่ไร้เดียงสาเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนนั้นมีข้อจำกัดอยู่ในระดับของการสังเกตและการแยแยะเพียงเท่านั้น นอกจากนี้นักเรียนระดับมัศึกษามักจะมองว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นของเล่นหรือของจ๊วจากวัตถุในชีวิตจริง และมีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่เข้าใจจริง ๆ ว่าทำไมนักวิทยาศาสตร์จึงใช้แบบจำลองหลายแบบเพื่ออธิบายโมโนทัศน์ (Harrison & Treagust, 1998)

ประการที่ 2 ปัญหาของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองที่เกิดขึ้นกับครู โดย Valanides and Angeli (2011) พบว่า ครูหลายคนมองยังว่าแบบจำลองเป็นตัวแทนความคิดของวัตถุหรือเหตุการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง ไม่ใช่การเป็นตัวแทนความคิดของแนวคิดเกี่ยวกับวัตถุหรือเหตุการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง รวมทั้งครูมีการใช้แบบจำลองที่ผิดวัตถุประสงค์ซึ่งอาจจะส่งผลต่อนักเรียนทำให้นักเรียนขาดกระบวนการคิดและสร้างแบบจำลองเหมือนนักวิทยาศาสตร์และทำให้การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองไร้ความหมาย (Praisri et al., 2022) นอกจากนี้ครูหลายคนยังไม่มีความรู้และทักษะที่เพียงพอเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเพื่อสนับสนุนนักเรียนในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และการเรียนรู้วิธีการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ถึงแม้ว่าความสนใจแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะมีความสนใจอย่างต่อเนื่อง แต่มีข้อมูลที่จำกัดเกี่ยวกับความรู้ของครูประจำการ และครูก่อนประจำการเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Valanides & Angeli, 2011)

โดยสรุปว่า นักเรียนและครูผู้สอนวิทยาศาสตร์โลกมักประสบปัญหาเกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของแบบจำลอง และการขาดทักษะและความรู้ที่เพียงพอต่อการสร้างแบบจำลอง

แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก ครูและนักเรียนควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองที่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก โดย Pathomchaiwal (2020) ได้ระบุถึงแบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก ที่เรียกว่า ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย (Sell et al., 2006) ประกอบด้วย (1) แบบจำลองทางกายภาพ เนื่องจากบุคคลไม่สามารถศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับโลกและอวกาศได้โดยตรง ครูและนักเรียนจึงต้องใช้การสร้างแบบจำลองขึ้นในห้องปฏิบัติการเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ให้เห็นเชิงประจักษ์ได้โดยตรง (Intho, 2016) การสร้างแบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ (Analogue Model) นี้แสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ของระบบโลกที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และพื้นที่ทางธรรมชาติทางภูมิศาสตร์ หากนักเรียนพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ทดสอบและประเมินแบบจำลอง และนักเรียนสามารถปรับปรุงแบบจำลอง ความสนใจและความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจริงใน

ประวัติศาสตร์ของโลกซึ่งมีสิ่งที่น่าสนใจคือ การสร้างแบบจำลองปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยานั้นสามารถลดระยะเวลาจากล้านปีให้กลายเป็นวัน ชั่วโมง หรือนาทีได้ อย่างไรก็ตามแบบจำลองเชิงเปรียบเทียบอาจสร้างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หากผู้เรียนไม่ได้ถ่ายโอนไปสู่เป้าหมายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Deus et al., 2011) และ (2) ตัวแทนความคิดที่ใช้ข้อมูลสารสนเทศเป็นฐาน (Information Technology (IT) - Based Representations) ได้แก่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) การแสดงของข้อมูลที่ซับซ้อน (Visualization of Complex Data) เป็นต้น (Sell et al., 2006) นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีที่เป็นสื่อการสอนหรือแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ เช่น การใช้โปรแกรม Google Earth ในการสอนวิทยาศาสตร์โลกห้วงอวกาศธรณีสารสนเทศ ธรณีโครงสร้าง การตีความแผนที่ทางธรณีวิทยา เป็นต้น (Liste, 2006)

ทั้งนี้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกประกอบด้วยแบบจำลองทางกายภาพหรือตัวแทนความคิดที่มีลักษณะเป็นรูปธรรม และตัวแทนทางความคิดที่ใช้ข้อมูลสารสนเทศเป็นฐาน ในทำนองเดียวกัน Pathomchaiwal (2020) ได้ศึกษาความรู้ในเนื้อหาพจนานุกรมวิธีการสอน (Pedagogical Content Knowledge: PCK) ของครูวิทยาศาสตร์โลกพบว่า ตัวแทนความคิดเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจในหัวข้อวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การอุปมาอุปไมย การแสดงให้เห็นภาพ เป็นต้น โดยครูผู้สอนวิทยาศาสตร์โลกสามารถจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้แบบจำลองทางกายภาพในลักษณะแบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ (Analogue Model) เพื่อช่วยในการอุปมาอุปไมย (Analogy) และเปรียบเทียบปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของระบบโลกผ่านแบบจำลองทางกายภาพ ตลอดจนการแสดงให้เห็นภาพโดยใช้ตัวแทนความคิดที่ใช้ข้อมูลสารสนเทศเป็นฐาน (Information Technology (IT) - Based Representations) เพื่อให้นักเรียนเข้าใจหัวข้อวิทยาศาสตร์โลกมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกนั้นควรเปลี่ยนบทบาทจากเดิมที่ครูใช้แบบจำลองในการถ่ายทอดความรู้มาเป็นการใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองโดยมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้สร้างแบบจำลองด้วยตัวเองโดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง

การจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับวิทยาศาสตร์โลกคือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หรือการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง (Intho, 2016) ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา (Praisri et al., 2023) โดยมีนักการศึกษาหลายท่านที่นำเสนอกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Halloun (1998) นำเสนอกระบวนการสร้างแบบจำลองไว้ 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) การคัดเลือกแบบจำลอง ในแต่ละระบบจะได้รับการกำหนดไว้เป็นลำดับแรกโดยให้เป็นไปตามสถานการณ์ที่เอื้ออำนวย จากนั้นจึงสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละระบบภายในกรอบแนวคิดที่เหมาะสมกับทฤษฎีเชิงวิทยาศาสตร์ แบบจำลองอาจเป็นของใหม่ทั้งหมดหรือคัดเลือกมาจากการแสดงแบบจำลองของบุคคลหนึ่ง ๆ

2) การสร้างแบบจำลอง องค์ประกอบและโครงสร้างของแบบจำลองแต่ละแบบจำลองถูกระบุและแสดงออกมาเชิงคณิตศาสตร์ ในรูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น

3) การตรวจสอบแบบจำลอง แบบจำลองแต่ละแบบจำลองได้รับการประเมินเพื่อพิจารณาว่าแบบจำลองนั้นตอบสนองความต้องการเฉพาะบางอย่างที่เกิดขึ้นในสถานการณ์นั้นหรือไม่ หรือจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงหรือเปลี่ยนใหม่เพื่อการใช้แบบจำลองนี้

4) การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง เมื่อแบบจำลองได้รับการตรวจสอบแล้ว การวิเคราะห์สามารถดำเนินการต่อไป เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำลังสร้างขึ้นได้ ในการแก้ปัญหาตามหนังสือเรียน การวิเคราะห์แบบจำลองประกอบด้วยการประมวลผลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นหลัก การได้รับคำตอบสำหรับคำถามของปัญหา และการตีความและการให้เหตุผลของคำตอบ

5) การปรับใช้แบบจำลอง เมื่อแบบจำลองได้รับการตรวจสอบและวิเคราะห์ในสถานการณ์โดยเฉพาะแล้ว จำเป็นต้องคาดการณ์ประสบการณ์ใหม่ การคาดการณ์ดังกล่าว รวมถึงการปรับขนาดแผนผังของแบบจำลองและแนวคิดที่เกี่ยวข้องอย่างละเอียด การตั้งคำถามสำหรับการถ่ายโยงแบบจำลองไปยังสถานการณ์ใหม่ (เช่น การขยายความรู้) และการบูรณาการแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วจากความรู้ของตนเอง

Justi (2009) ได้พัฒนากระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองของ Justi and Gilbert (2002) เป็นกระบวนการสร้างแบบจำลอง 4 ขั้นตอน ได้แก่

1) การผลิตแบบจำลองทางความคิด (Production of the mental model) ขั้นตอนนี้ประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ 4 ข้อ ได้แก่ (1) ตัดสินใจอย่างมีจุดมุ่งหมาย (2) มีประสบการณ์ (3) เลือกแหล่งข้อมูลสำหรับแบบจำลอง และ (4) ผลิตแบบจำลองทางความคิด ในสถานการณ์การสอนจุดประสงค์ของแบบจำลองที่กำหนดจะถูกนำเสนอในกิจกรรมการสอน และบทบาทหลักของครูคือ การทำให้แน่ใจว่านักเรียนเข้าใจบทเรียน เพราะว่าธรรมชาติขององค์ประกอบเหล่านี้มีอิทธิพลซึ่งกันและกัน

2) การแสดงแบบจำลอง (Expression of the Model) เป็นกระบวนการมีปฏิสัมพันธ์แบบพลวัตและสร้างสรรค์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ จากขั้นตอนที่ 1 ส่งผลให้เกิดการขยายแบบจำลองทางความคิดอย่างละเอียดซึ่งจำเป็นต้องแสดงออกมาในรูปแบบของตัวแทนความคิดอย่างเพียงพอ อย่างไรก็ตาม แผนภาพแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองของ Justi and Gilbert (2002) ในระหว่างการแสดงแบบจำลอง (เช่น การคัดเลือกประเภทตัวแทนความคิด หรือการสร้างและการสื่อสารของแบบจำลอง) ก็สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาทักษะของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการแสดงแบบจำลอง และการอภิปรายที่เกิดขึ้นนั้นอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองเบื้องต้น ครูได้มอบวัสดุหลายอย่างให้กับนักเรียน เช่น ปากกาสี แป้งโดว์หรือดินน้ำมัน ลูกบอลและแท่งพลาสติกชนิดโฟมสีสไตรีนขนาดต่าง ๆ เป็นต้น จากนั้นนักเรียนจะต้องวิเคราะห์ความเหมาะสมของแต่ละคนในการแสดงแบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกัน ซึ่งครูใช้คำถามโดยมีจุดประสงค์หลักคือ เพื่อให้ นักเรียนสามารถสื่อสารแบบจำลองของตนเองได้อย่างชัดเจน ครูทำสิ่งนี้โดยการตั้งคำถามกับองค์ประกอบทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสาร ได้แก่ ประเภทของตัวแทนความคิด และแนวคิดที่เป็นตัวแทนความคิดของแบบจำลอง ซึ่งจากคำถามของครูไม่เพียงแต่ต้องแสดงออกมาเท่านั้น แต่ยังต้องแสดงเหตุผลที่ถูกต้องประกอบด้วย

3) การทดสอบแบบจำลอง (Testing of the Model) เนื่องจากความเป็นนามธรรมของหัวเรื่อง (ตัวอย่างเช่น พันธะไอออนิก) การทดสอบทั้งหมดที่ดำเนินการโดยนักเรียนในกลยุทธ์การสอนนี้เกิดขึ้นผ่านการทดลอง จากนั้นนักเรียนดำเนินการออกเป็นสองช่วงเวลาที่ต่างกันคือ การอภิปรายของนักเรียนแต่ละกลุ่ม และการอภิปรายของนักเรียนทั้งชั้นเรียน (ไม่เพียงแต่ครูถามคำถามเท่านั้น แต่นักเรียนจากกลุ่มอื่นยังตั้งคำถามกับเพื่อนร่วมชั้นเรียนได้ด้วย) ทั้งนี้ คำถามของครูคือ คำถามที่ช่วยนักเรียนทำการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองได้

4) การพิจารณาขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง (Consideration of Scope and Limitations of the Model) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการนี้และมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน หลังจากข้อสรุปว่า แบบจำลองของนักเรียนบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ นักเรียนจะ

พยายามโน้มน้าวเพื่อนร่วมชั้นเรียนหรือครูให้ตระหนักและเห็นคุณค่าของแบบจำลอง ในระหว่างกระบวนการสนับสนุนนี้ ขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองอาจจะปรากฏชัดเจน ซึ่งนำไปสู่การพิจารณาขั้นตอนแรกของกระบวนการสร้างแบบจำลองใหม่อีกครั้ง

Schwarz et al. (2009) นำเสนอกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) สร้างแบบจำลอง (Constructing Models) นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎีเดิมเพื่อแสดงให้เห็นภาพ อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์

2) ใช้แบบจำลอง (Using Models) นักเรียนใช้แบบจำลองเพื่อแสดงให้เห็นภาพ อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

3) ประเมินแบบจำลอง (Evaluating Models) นักเรียนเปรียบเทียบและประเมินความสามารถของแบบจำลองที่มาจากการใช้แบบจำลองต่าง ๆ ในการเป็นตัวแทน และอธิบายรูปแบบของปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง และเพื่อทำนายปรากฏการณ์ใหม่ ๆ

4) แก้ไขแบบจำลอง (Revising Models) นักเรียนแก้ไขแบบจำลองเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการอธิบายและการทำนาย โดยคำนึงถึงหลักฐานเพิ่มเติมหรือมุมมองต่าง ๆ ของปรากฏการณ์

Williams and Clement (2015) นำเสนอกระบวนการสร้างแบบจำลองคือ วงจร OGEM ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

1) การสังเกต (Observations: O) การระบุถึงการถามหรือให้ทำการสังเกต หรือผลลัพธ์ที่บันทึกไว้ในบททดลองในชั้นเรียนครั้งก่อน หรือการสาธิต ตลอดจนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โทรศัพท์หรือวิดีโอทางอินเทอร์เน็ต หรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ สิ่งเหล่านี้อาจทำได้เพื่อจุดประสงค์ในการดึงดูดความสนใจ หรือความจำของผู้เข้าร่วมเข้ามาสู่ปรากฏการณ์ที่กำลังอภิปราย

2) การสร้าง (Generation: G) การระบุถึงการถามหรือให้ทฤษฎี แบบจำลอง มโนทัศน์ หรือการสร้างคำอธิบาย ซึ่งสามารถทำได้โดยมีระดับความเชื่อมั่นของผู้พูดแตกต่างกันในความถูกต้องของการระบุ และสามารถทำได้ในลักษณะที่เปิดเผยหรือการถาม

3) การประเมิน (Evaluation: E) การระบุที่เป็นทฤษฎี แบบจำลอง มโนทัศน์ หรือการสร้างคำอธิบายที่มีอยู่ก่อนหน้านี้หรือกำลังอยู่ระหว่างการอภิปราย การระบุถึงการถามหรือให้ประเมิน การตัดสินใจ การโต้แย้ง การวิจารณ์ การสนับสนุน หรือการรับรองแบบจำลองที่ใช้โดยเฉพาะ

4) การปรับปรุง (Modification: M) การระบุถึงการถามหรือแนะนำให้เปลี่ยนแปลง การปรับเปลี่ยน หรือการดัดแปลง ที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี การสร้างคำอธิบาย หรือแบบจำลองที่อยู่ภายใต้การประเมิน ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการแปรผัน การแปรปรวน หรือการเพิ่มเติม หรืออาจแนะนำการแก้ไขแบบจำลองใหม่ทั้งหมดโดยมีความคล้ายคลึงกับต้นฉบับเพียงเล็กน้อย บางครั้ง การระบุถึงการปรับปรุงจะมีหลักฐานทางวาจาเพียงเล็กน้อยว่า กระบวนการประเมินกำลังดำเนินการอยู่ เนื่องจากนักเรียนมักมีส่วนร่วมในกระบวนการนี้เป็นการภายใน หากการระบุดังกล่าวเหมือนจะมีการอ้างอิงแบบจำลองก่อนหน้านี้เพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย จะถือว่าอยู่ในขั้นการสร้าง

จากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยได้สังเคราะห์กระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก (Halloun, 1998; Justi, 2009; Schwarz et al., 2009; Williams & Clement, 2015) ดังตาราง 1 กระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก

ตาราง 1 กระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก

กระบวนการสร้างแบบจำลอง	Halloun (1998)	Justi (2009)	Schwarz et al. (2009)	Williams and Clement (2015)
การสร้างแบบจำลอง	✓	✓	✓	✓
การใช้แบบจำลอง	-	✓	✓	✓
การทดสอบและประเมินแบบจำลอง	✓	✓	✓	✓
การแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลอง	✓	-	✓	✓

จากตาราง 1 ผู้วิจัยได้สังเคราะห์กระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกหรือกระบวนการจัดการเรียนรู้ CUTE (CUTE Cycle Process) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การใช้แบบจำลอง 3) การทดสอบและประเมินแบบจำลอง และ 4) การแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การสร้างแบบจำลอง (Constructing the Model: C) เป็นขั้นตอนที่เริ่มจากการสร้างแบบจำลองทางความคิด จากนั้นพิจารณาคัดเลือกประเภทของแบบจำลองที่เป็นตัวแทนความคิดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา ในท้ายที่สุดจึงสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนความคิดของแบบจำลองทางความคิดนั้น

2) การใช้แบบจำลอง (Using the model: U) เป็นขั้นที่นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากขั้นตอนที่ 1 ไปใช้อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

3) การทดสอบและประเมินแบบจำลอง (Testing and evaluating the model: T) เป็นขั้นตอนที่ประเมินแบบจำลองของตนเกี่ยวกับการเป็นตัวแทน การอธิบาย และการทำนายปรากฏการณ์ ให้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดลองจริง และเปรียบเทียบแบบจำลองของตนกับของผู้อื่นโดยการอภิปรายเพื่อให้เห็นถึงข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองนั้น

4) การแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลอง (Editing and modifying the model: E) เป็นขั้นตอนแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองจากผลการอภิปรายในขั้นตอนที่ 3 และนำแบบจำลองไปใช้อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ใหม่

อย่างไรก็ตาม การใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกมีรายละเอียดของบทบาทของครู และบทบาทของนักเรียน ดังตารางที่ 2 บทบาทของครูและนักเรียนในกระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก

ตาราง 2 บทบาทของครูและนักเรียนในกระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก

กระบวนการสร้างแบบจำลอง	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
การสร้างแบบจำลอง (C)	เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการใช้คำถามหรือสถานการณ์ของครู จากนั้นสนับสนุนให้นักเรียนคัดคัดเลือกประเภทของแบบจำลองที่เป็นตัวแทนความคิดของตน	สร้างแบบจำลองทางความคิด จากนั้นพิจารณาคัดเลือกประเภทของแบบจำลองที่เป็นตัวแทนความคิดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา แล้วจึงสร้างแบบจำลองนั้นขึ้นมา
การใช้แบบจำลอง (U)	เปิดโอกาสให้นักเรียนใช้แบบจำลองอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ใช้แบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นในการนำเสนออธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา
การทดสอบและประเมินแบบจำลอง (T)	สนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้นักเรียนทดสอบแบบจำลองของตนว่ามีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา หรือผลที่ได้จากการทดลอง รวมทั้งการเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างนักเรียน เพื่อได้ข้อสรุปถึงข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลอง	ทดสอบแบบจำลองของตนเองว่ามีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา หรือผลที่ได้จากการทดลองจริง และประเมินแบบจำลองผ่านการเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองกับของผู้อื่น จากนั้นอภิปรายให้เห็นถึงข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลอง
การแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลอง E	เปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ไข และปรับปรุงแบบจำลอง รวมทั้งจัดสถานการณ์อื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนใช้แบบจำลองในการอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์	แก้ไข และปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง จากนั้นนำแบบจำลองไปใช้ในการนำเสนออธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ใหม่

จากตาราง 2 บทบาทของครูและนักเรียนในกระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก พบว่า กระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกนี้ให้ความสำคัญกับนักเรียนเป็นผู้มีบทบาทหลักในการสร้างแบบจำลอง และครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก ช่วยเหลือ และสนับสนุนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ดังที่ Praisri et al. (2022) กล่าวว่า กระบวนการใช้แบบจำลองควรเปลี่ยนบทบาทจากเดิมที่ครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้มาเป็นนักเรียนเป็นผู้สร้างแบบจำลองด้วยตัวเองโดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

ดังนั้น กระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง เป็นการสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนความคิดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับที่กระบวนการสร้างแบบจำลองของนักวิจัยหลายคน (Halloun, 1998; Justi, 2009; Schwarz et al., 2009; Williams & Clement, 2015) แต่การสร้างแบบจำลองในกระบวนการ

นี้มีรายละเอียดเพิ่มเติมคือ ในการสร้างแบบจำลองทางความคิดนั้นควรพิจารณาการคัดเลือกประเภทของแบบจำลองที่เป็นตัวแทนความคิดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา แล้วจึงสร้างแบบจำลองนั้นขึ้นมา 2) การใช้แบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนใช้แบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นในการนำเสนอ อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับที่กระบวนการสร้างแบบจำลองของนักวิจัยหลายคน (Justi, 2009; Schwarz et al., 2009; Williams & Clement, 2015) ในทำนองเดียวกัน Gilbert and Justi (2016) ได้ระบุพฤติกรรมในการใช้แบบจำลองนี้ผ่านการนำเสนอแบบจำลองเบื้องต้นซึ่ง แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถมองเห็นได้ และประเภทของแบบจำลองควรมีเหมาะสม ตลอดจนมีการเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองกับผู้อื่น แต่ Halloun (1998) และ Gobert and Buckley (2000) ไม่ได้เน้นการใช้แบบจำลองในการอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ก่อนการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์เพื่อทดสอบแบบจำลอง 3) การทดสอบและประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทดสอบแบบจำลองของตนเองว่ามีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา หรือผลที่ได้จากการทดลองจริง และประเมินแบบจำลองผ่านการเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองกับของผู้อื่น จากนั้นอภิปรายให้เห็นถึงข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลอง ซึ่งสอดคล้องกับที่กระบวนการสร้างแบบจำลองของนักวิจัยหลายคน (Halloun, 1998; Justi, 2009; Schwarz et al., 2009; Williams & Clement, 2015) ในทำนองเดียวกัน Gilbert and Justi (2016) ได้ระบุพฤติกรรมในการทดสอบและประเมินแบบจำลองนี้ว่า ควรมีการวางแผนและดำเนินการทดสอบแบบจำลอง และวางแผนและดำเนินการทดสอบด้วยประจักษ์พยานและหลักฐาน และวิเคราะห์ผลการทดสอบอย่างสมเหตุสมผล ตลอดจนการแก้ไขหรือปฏิเสธแบบจำลองที่สร้างขึ้น และ 4) การแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนดำเนินการแก้ไข และปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง จากนั้นนำแบบจำลองไปใช้ในการนำเสนออธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับที่กระบวนการสร้างแบบจำลองของนักวิจัยหลายคน (Halloun, 1998; Justi, 2009; Schwarz et al., 2009; Williams & Clement, 2015) ในทำนองเดียวกัน Gilbert and Justi (2016) ได้ระบุพฤติกรรมในการแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลองนี้ว่า ควรระบุข้อจำกัด ขอบเขตของแบบจำลองโดยนำแบบจำลองไปใช้ในบริบทที่แตกต่างกัน และการโน้มน้าวผู้อื่นให้เห็นถึงความถูกต้องของแบบจำลองของตนเอง ตลอดจนชักชวนให้ผู้อื่นใช้แบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น แต่ Halloun (1998) ไม่ได้มุ่งเน้นการแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลองหลังการอภิปรายข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

สรุปองค์ความรู้

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองมีปัญหาที่พบเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองคือ นักเรียนและครูผู้สอนวิทยาศาสตร์โลกมักความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของแบบจำลอง และการขาดทักษะและความรู้ที่เพียงพอต่อการสร้างแบบจำลอง ซึ่งปัญหาเกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของแบบจำลองนั้นควรส่งเสริมให้ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์โลกสามารถจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้แบบจำลองทางกายในลักษณะแบบจำลองเชิงเปรียบเทียบเพื่อช่วยในการอุปมาอุปไมย และเปรียบเทียบปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของระบบโลกผ่านแบบจำลองทางกายภาพ และใช้ตัวแทนความคิดที่ใช้ข้อมูลสารสนเทศเป็นฐานในการแสดงให้เห็นภาพเพื่อให้นักเรียนเข้าใจหัวข้อวิทยาศาสตร์โลกมากยิ่งขึ้น และปัญหาการขาดทักษะและความรู้ที่เพียงพอต่อการสร้างแบบจำลองนั้นควรให้ครูและนักเรียนเข้าใจแนวคิดการสร้างแบบจำลองและสามารถสร้างแบบจำลองโดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การใช้แบบจำลอง 3) การทดสอบและประเมินแบบจำลอง และ 4) การแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลอง สิ่งเหล่านี้จะช่วยแก้ปัญหของการจัดการ

เรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกโดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง ตลอดจนครูสามารถพัฒนาความรู้และความสามารถในการสร้างแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก ทั้งนี้องค์ความรู้จากบทความวิชาการนี้ตั้งแผนภาพที่ 1



ภาพที่ 1 : กระบวนการสร้างแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก

References

- Böschl, F., Forbes, C., & Lange-Schubert, K. (2022). Investigating scientific modeling practices in U.S. and German elementary science classrooms: A comparative, cross-national video study. *Science Education*, 107(2), 368–400. <https://doi.org/10.1002/sce.21780>
- Bryce, C. M., Baliga, V. B., De Nesnera, K. L., Fiack, D., Goetz, K., Wade, C. L., Yovovich, V., Baumgart, S., Bard, D. G., Ash, D., Parker, I. M., & Gilbert, G. S. (2016). Exploring models in the biology classroom. *The American Biology Teacher*, 78(1), 35–42. <https://doi.org/10.1525/abt.2016.78.1.35>
- Charoen, W., & Sangsuwan, A. (2023). Development of scientific modeling on factors affecting rate of a chemical reaction using inquiry-based learning combined with created animations. *Journal of Science, Technology, and Energy Lampang Rajabhat University*, 14(1), 26–42.

- Cheng, M. F., Lin, J. L., Lin, S. Y., & Cheng, C. H. (2017). Scaffolding middle school and high school students' modeling processes. *Journal of Baltic Science Education*, 16(2), 207–217. <https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.207>
- Clement, J. (2008). The role of explanatory models in teaching for conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 417–452). Routledge.
- Deus, H. M., Bolacha, E., Vasconcelos, C., & Fonseca, P. E. (2011). Analogue modelling to understand geological phenomena. In *Proceedings of the GeoSciEd VI*. University of Witwatersrand.
- Edwards, A. (2017). *The effectiveness of model-based instruction on student achievement and student metacognition in advanced chemistry classes* [Doctoral dissertation, Kennesaw State University]. Kennesaw State University Digital Commons. https://digitalcommons.kennesaw.edu/seceddocus_etd/11
- Espinete, M., Izquierdo, M., Bonil, J., & Ramos-de Robles, S. L. (2012). The role of language in modeling the natural world: Perspectives in science education. In B. J. Fraser et al. (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 1385–1403). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_89
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(1), 115–130.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). Modelling-based teaching and learning: Current challenges and novel perspectives. In J. K. Gilbert & R. Justi (Eds.), *Modelling-based teaching in science education* (pp. 253–262). Springer.
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891–894.
- Göhner, M. F., Bielik, T., & Krell, M. (2022). Investigating the dimensions of modeling competence among preservice science teachers: Meta-modeling knowledge, modeling practice, and modeling product. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(8), 1354–1387. <https://doi.org/10.1002/tea.21613>
- Halloun, I. (1998). Schematic concepts for schematic models of the real world: The Newtonian concept of force. *Science Education*, 82(2), 239–263.

- Halloun, I. A. (2011). From modeling schemata to the profiling schema: Modeling across the curricula for profile shaping education. In J. Gilbert, M. Bulte, & L. S. Van Driel (Eds.), *Models and modeling: Cognitive tools for scientific enquiry* (pp. 77–96). Springer.
- Hallström, J., Norström, P., & Schönborn, K. J. (2023). Authentic STEM education through modelling: An international Delphi study. *International Journal of STEM Education*, 10, 62. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00433-6>
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1998). Modelling in science lessons: Are there better ways to learn with models? *School Science and Mathematics*, 98(8), 420–429.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026.
- Hestenes, D. (1997). Modeling methodology for physics teachers. In *AIP Conference Proceedings* (pp. 935–958). American Institute of Physics.
- Ifqiren, S., Bouzit, S., Kouchou, I., & Selmaoui, S. (2023). Modelling in the scientific approach to teaching life and earth sciences: Views and practices of Moroccan teachers. *Journal of Education and e-Learning Research*, 10(4), 605–615.
- Intho, W. (2016). *Model based learning in earth science, astronomy, and space science*. <https://earthscience.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/19/2016/09/การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.pdf>
- Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom: Key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. *Educación Química*, 20(1), 32–40.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369–387.
- Lisle, R. J. (2006). Google Earth: A new geological resource. *Geology Today*, 22(1), 29–32.
- Parmboon, W., Sittisomboon, M., & Onthanee, A. (2023). Development of learning activities by using model-based learning on the topic of immune system to enhance systems thinking ability for eleventh grade students. *Mahachula Academic Journal*, 10(7), 64–77.
- Pathomchaiwal, S. (2020). A study of upper secondary earth science teachers' pedagogical content knowledge in Bangkok metropolitan [Master's thesis, Chulalongkorn University]. Chulalongkorn University Intellectual Repository. <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/76710>

- Praisri, A., Faikhamta, C., Tanak, A., Pongsophon, P., & Jantarakantee, E. (2022). Modeling practice and use in science classroom. *Journal of Education Naresuan University*, 24(1), 349–358.
- Praisri, A., Panich, C., & Faikhamta, C. (2023). Model-based learning in physics. *IPST Magazine*, 51(244), 26–32.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.
- Sell, K. S., Herbert, B. E., Stuessy, C. L., & Schielack, J. (2006). Supporting student conceptual model development of complex Earth systems through the use of multiple representations and inquiry. *Journal of Geoscience Education*, 54(3), 396–407.
- Valanides, N., & Angeli, C. (2011). Teaching pre-service elementary teachers to teach science with computer models. In J. Gilbert, M. Bulte, & L. S. Van Driel (Eds.), *Models and modeling: Cognitive tools for scientific enquiry* (pp. 263–279). Springer.
- Williams, G., & Clement, J. (2015). Identifying multiple levels of discussion-based teaching strategies for constructing scientific models. *International Journal of Science Education*, 37(1), 82–107.