Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus
Vol.34 No.3 : September - December 2023, pp. 1-12

Academic Article

# Biomimicry Design Spiral Learning Management: STEM Education in Biology Classroom

**Mustakeem Awae***
M.Ed. (Science Education), In-service teacher
Laewaeh Village School, Pattani
**Sathenpong Duangratanaekachai**
M.Ed. (Science Education), In-service teacher
Kantrarom School, Srisaket
**Chatree Faikhamta**
Ph.D. (Science Education), Associate Professor
Department of Education, Kasetsart University
**Pongprapan Pongsophon**
Ph.D. (Science Education), Associate Professor
Department of Education, Kasetsart University
*Corresponding author: mustakeem.a@ku.th

**Received:** May 10, 2022/ **Revised:** July 5, 2023/ **Accepted:** July 27, 2023

## Abstract

One of the challenges of teaching modern biology is to move from the explanation of natural phenomena to creating technology and innovation to solve complex problems in a disruptive world. Teachers need to learn a unique approach to initiate a nature-driven innovation. In doing so, they engage students in the application of knowledge in science and mathematics in the engineering design process, an approach in STEM. This article presents a new teaching approach that embeds engineering design in the subject of Biology, namely Biomimicry Design Spiral (BDS). Biomimicry is an area of biology that searches for and imitates living things' characteristics to inspire and solve human problems including creating innovation. In this article, we will present the essential features of BDS and give an example of a DBS-based lesson as well as give implications for classroom teaching.

**Keywords:** STEM Education, Biomimicry Design Spiral, Creativity and Innovation, Biology Education

วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ปีที่ 34 ฉบับที่ 3 : กันยายน - ธันวาคม 2566, หน้า 1-12

**บ**ทความวิชาการ

# การจัดการเรียนรู้แบบ Biomimicry Design Spiral: สะเต็มศึกษาในห้องเรียนชีววิทยา

**มุสตากีม อาแว***
ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา), ครูชำนาญการ
โรงเรียนบ้านแลแวะ จังหวัดปัตตานี
**เสฐียรพงษ์ ดวงรัตนเอกชัย**
ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา), ครู
โรงเรียนกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ
**ชาตรี ฝ่ายคำตา**
ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา), รองศาสตราจารย์
ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
**พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ**
ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา), รองศาสตราจารย์
ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
*ผู้ประสานงาน: mustakeem.a@ku.th

**วันรับบทความ:** 10 พฤษภาคม 2565/ **วันแก้ไขบทความ:** 5 กรกฎาคม 2566/ **วันตอบรับบทความ:** 27 กรกฎาคม 2566

**บทคัดย่อ**

ความท้าทายประการหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยายุคใหม่ คือ การเปลี่ยนผ่านจากการมุ่งเน้นการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ไปสู่ยุคของการใช้เทคโนโลยีในการสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาท้าทาย ผู้สอนจึงจำเป็นต้องเรียนรู้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะเฉพาะตัว มีการประยุกต์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นแนวการสอนรูปแบบหนึ่งของสะเต็ม บทความฉบับนี้ จึงมุ่งเน้นเผยแพร่วิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบใหม่ ที่ปลูกฝังการออกแบบทางวิศวกรรมในรายวิชาชีววิทยา คือ การจัดการเรียนรู้แบบ Biomimicry Design Spiral (BDS) ที่นำเอาองค์ความรู้เฉพาะทางชีววิทยา (การศึกษาสิ่งมีชีวิต) มาปรับเป็นฐานในการสร้างแรงบันดาลใจ เพื่อประดิษฐ์นวัตกรรมในการแก้ไขปัญหา นอกจากนี้ยังเป็นการอธิบายลักษณะเฉพาะของการจัดการเรียนรู้แบบ BDS ตลอดจนตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะสามารถเป็นตัวอย่างสำหรับการประยุกต์ใช้ในห้องเรียนให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไปได้

**คำสำคัญ:** สะเต็มศึกษา การสอนแบบ Biomimicry Design Spiral ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การจัดการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยา

## บทนำ

หากพิจารณาแนวทางการปรับตัวในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติที่เป็นต้นแบบด้านการศึกษา อาทิ สหรัฐอเมริกา แคนาดา เป็นต้น พบว่ามีการให้ความสำคัญกับวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้นในหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์ ว่าวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อการดำเนินชีวิตในยุคใหม่และยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคมปัจจุบันและในอนาคต (National Research Council, 2012; Council of Canadian Academies, 2015) สังเกตได้จากการกำหนดกรอบมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับคนรุ่นใหม่ (Next Generation Science Standard: NGSS) ที่เน้นการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process: EDP) ซึ่งเป็นหนึ่งในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ โดยให้ความสำคัญกับการบูรณาการการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีในการสร้างสรรค์นวัตกรรมในรูปแบบผลิตภัณฑ์และวิธีการเพื่อแก้ปัญหาท้าทาย สำหรับประเทศไทยก็มีความตื่นตัวในเรื่องนี้เป็นอย่างมากดังจะเห็นได้จากการปรับปรุงตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยได้เพิ่มสาระเทคโนโลยีที่ประกอบด้วย การออกแบบเทคโนโลยีและวิทยาการคำนวณ ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (Ministry of Education, 2017) ที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาและพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม สิ่งเหล่านี้จึงนับเป็นความท้าทายใหม่ของครูไทยที่จำเป็นต้องมีทักษะตลอดจนความรู้ความเข้าใจด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีและการบูรณาการศาสตร์ทั้งสี่ เพื่อนำมาสู่การออกแบบการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ลักษณะที่ชัดเจนข้อหนึ่งของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ ผู้เรียนต้องมีโอกาสในการนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิต โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย องค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ระบุปัญหา (Problem Identification) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (National Research Council, 2012)

ทั้งนี้ที่ผ่านมาเรามักพบตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการแนวทางของ EDP มาปรับใช้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์จำนวนมาก โดยเฉพาะในสาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ ที่มีการออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงานอย่างเป็นรูปธรรม แต่เมื่อพิจารณาในรายวิชาชีววิทยา ยังมีบทความจำนวนน้อยมากที่แสดงแนวทางการสอนสะเต็มและการประยุกต์แนวทางของ EDP มาใช้อย่างมีศักยภาพ (Faikhamta et.al, 2023) ซึ่งธรรมชาติของรายวิชาชีววิทยา มีเนื้อหาที่มีความเฉพาะตัว ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะและกระบวนการของสิ่งมีชีวิต โดยจากประสบการณ์ของคณะผู้เขียนในฐานะครูผู้สอน มักพบปัญหาในระดับการประยุกต์สถานการณ์ปัญหาที่ท้าทายเพื่อนำไปสู่การออกแบบชิ้นงานหรือแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นเป้าหมายของการสอนสะเต็ม ครูไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตไปต่อยอดหรือปรับเป็นกิจกรรมตามแนวทาง EDP ได้อย่างคล่องตัว คณะผู้เขียนจึงได้มองหารูปแบบการสอนที่สามารถเชื่อมโยงธรรมชาติของรายวิชาชีววิทยากับการสอนสะเต็มตามแนวทาง EDP ให้ลงตัวและยืดหยุ่นมากขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรม คณะผู้เขียนได้พบข้อมูลที่น่าสนใจในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาว่า วงการธุรกิจอุตสาหกรรมทั่วโลก เริ่มหันมาสนใจการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมใหม่ๆ โดยใช้วิธีการเลียนแบบธรรมชาติที่เรียกกันว่า “ไบโอมิมิครี (Biomimicry)” ซึ่งเป็นศาสตร์แขนงใหม่ที่ใช้ความรู้ทางด้านชีววิทยา ซึ่งอาจเป็นระดับโมเลกุล สันฐานวิทยา สรีรวิทยา กายวิภาคศาสตร์หรือระดับโครงสร้างสิ่งมีชีวิตมาใช้ในการศึกษาและออกแบบ

พัฒนาเทคโนโลยี หรือกระบวนการต่าง ๆ โดยอาศัยการเลียนแบบคุณสมบัติที่มีความโดดเด่นของสิ่งมีชีวิต หัวใจหลักของวิธีการเลียนแบบธรรมชาติ คือ การเรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการผลิตและการออกแบบแสนมหัศจรรย์ที่พบในธรรมชาติ ที่เกิดจากการปรับตัวและการคัดเลือกจากธรรมชาติหลายรุ่น จนได้ลักษณะที่ช่วยให้สิ่งมีชีวิตอยู่รอดได้ในสภาพแวดล้อมหนึ่ง ๆ โดยเฉพาะคุณสมบัติพิเศษที่พบในพืชและสัตว์ชนิดต่าง ๆ จากนั้นพยายามหาความคิดใหม่และทางออกต่อโจทย์ปัญหาที่ต้องการแก้ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์หรือการดำเนินธุรกิจมีประสิทธิภาพ กลมกลืนกับธรรมชาติและไม่สร้างปัญหาต่อสภาพแวดล้อม (Supphaka, 2010) โดย Gardner (2012) ได้เสนอความคิดเห็นที่น่าสนใจไว้ว่าเราสามารถนำแนวคิด Biomimicry มาบูรณาการในชั้นเรียนชีววิทยาได้อย่างมีประสิทธิภาพและร่วมกับขั้นตอนของ EDP มาขับเคลื่อนให้เกิดการสร้างสรรค์ชิ้นงานได้

## นวัตกรรมเลียนแบบธรรมชาติหรือ Biomimicry คืออะไร

เมื่อพิจารณาทิศทางพัฒนาการของการสร้างสรรค์เทคโนโลยี จากอดีตจนถึงยุคปัจจุบัน จะพบว่ามนุษย์นั้นมีแนวคิดในการมองหาธรรมชาติรอบตัวมาเป็นส่วนหนึ่งของการแก้ไขปัญหามาอย่างยาวนานเทียบเท่ากับการเริ่มต้นของการมีอยู่ของอารยธรรมมนุษย์ โดย Gerhard (2012) ระบุว่ามนุษย์ถือเป็นนักสังเกตธรรมชาติที่ดี เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มีอยู่รอบตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านชีวภาพ ได้ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตในทุก ๆ ด้านของสังคมมนุษย์ มนุษย์สังเกตและปรับใช้ธรรมชาติเพื่อการเอาชีวิตรอดขั้นพื้นฐาน เพราะในความเป็นจริงมนุษย์ได้เติบโตอยู่ท่ามกลางสภาพธรรมชาติในระบบนิเวศจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องทำความเข้าใจสิ่งแวดล้อม ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ากระบวนการการสร้างแรงบันดาลใจทางชีวภาพ (Bioinspiration) และการสร้างสรรค์นวัตกรรมเลียนแบบธรรมชาติ จึงเป็นกระบวนการที่มีมาตั้งแต่โบราณ ตามหลักวิวัฒนาการ เพื่อช่วยจัดการกับความท้าทายต่าง ๆ มากมายที่ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์

คำว่านวัตกรรมเลียนแบบธรรมชาติ ตรงกับภาษาอังกฤษคำว่า Biomimicry โดยมีผู้อธิบายไว้ว่าหมายถึง กลวิธีการศึกษาการก่อตัว โครงสร้าง หรือหน้าที่ของสารและวัสดุที่ผลิตจากสิ่งมีชีวิต รวมไปถึงกลไกและกระบวนการทางชีวภาพ เช่น ปฏิกิริยาเคมีระดับเซลล์ เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์ในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกันโดยสร้างกลไกเทียมที่เลียนแบบธรรมชาติ (Gerhard, 2012; Michael, 2014) ดังนั้น จากนิยามที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงอาจสรุปได้ว่า นวัตกรรมเลียนแบบธรรมชาติ หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับแนวความคิดทางชีววิทยาทั้งทางด้านโครงสร้าง กลไก และกระบวนการของทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม แล้วทำการการเลียนแบบโครงสร้างหรือกระบวนการเหล่านั้น เพื่อนำมาใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานหรือแนวทางสำหรับการแก้ปัญหาของมนุษย์

เมื่อพิจารณารูปแบบการทำงานของ Biomimicry พบว่ามีความสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ตลอดจนเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาผลิตภัณฑ์มานานแล้วในวงการการออกแบบ สถาปัตยกรรม การพัฒนาผลิตภัณฑ์ นักการศึกษาจึงนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยในปี 2017 Biomimicry Institute ได้เสนอรูปแบบการสอนการออกแบบที่ใช้ Biomimicry คือ Biomimicry Design Spiral (BDS) เป็นกระบวนการสำหรับการเปลี่ยนแนวทางหรือกลยุทธ์ของธรรมชาติให้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาหรือการออกแบบที่นำมาสู่การสรรสร้างนวัตกรรมและความยั่งยืน โดยกระบวนการของ Biomimicry Design Spiral มีความสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีการออกแบบกระบวนการเหล่านี้ในรูปแบบวนเป็นเกลียว Biomimicry Institute, 2016) กระบวนการ Biomimicry Design Spiral จะประกอบไปด้วยขั้นตอน 6 ขั้นตอนดังตาราง 1

**ตาราง 1**

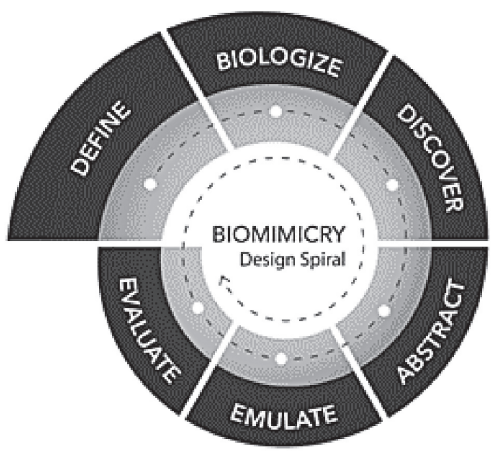
*ขั้นตอนของกระบวนการ Biomimicry Design Spiral*

| ขั้นตอน | ความหมาย |
|---|---|
| 1. Identify | ระบุปัญหาว่าคืออะไร วิเคราะห์ปัญหา มีข้อมูลอะไร มีเงื่อนไขความสำเร็จอย่างไร ตลอดจนพิจารณาว่าข้อจำกัดคืออะไร |
| 2. Biologize | การแปลงความหมายไปสู่เชิงชีววิทยา เช่น มนุษย์พบปัญหาในการหยิบจับสิ่งของขนาดเล็ก แปลงเป็นปัญหาของสิ่งมีชีวิต ว่าเป็นปัญหาในธรรมชาติหรือไม่ |
| 3. Discover | การหาแนวทางหรือกลยุทธ์ที่ธรรมชาติได้ใช้ โดยการหาต้นแบบชีวภาพ (Biological model) ที่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาดังกล่าว |
| 4. Abstract | การศึกษาวิธีการหรือกลไกที่ธรรมชาติใช้ในการแก้ปัญหา |
| 5. Emulate | เลียนแบบ โดยอาศัยการจำลองจากธรรมชาติสู่ชิ้นงาน ทั้งนี้ ต้องพิจารณาถึงบริบทที่ต้องการใช้งาน เงื่อนไขและข้อจำกัดเพิ่มเติม ไม่ใช่การลอกแบบจากธรรมชาติมาทั้งหมด |
| 6. Evaluate | การประเมินชิ้นงาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ<br>- การประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบชิ้นงาน<br>- การประเมินความสอดคล้องระหว่างชิ้นงานและธรรมชาติ<br>- การสะท้อนคิดระหว่างการทำชิ้นงาน เพื่อวางแผนพัฒนาชิ้นงานในวงจรถัดไป |

ทั้งนี้กระบวนการ Biomimicry Design Spiral มีคุณลักษณะประการหนึ่งที่เด่นชัด คือ กระบวนการตามขั้นตอนต่าง ๆ นั้น มีลักษณะเป็นเกลียวที่หมุนวนได้ ดังภาพประกอบ 1 ซึ่งกระบวนการที่หมุนวน หมายถึง สามารถย้อนกลับไปกลับมาระหว่างขั้นตอนได้ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงานและลดระยะเวลาที่ต้องใช้ เพื่อให้เกิดนวัตกรรมที่มีความยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ

**ภาพประกอบ 1**

*ขั้นตอนของกระบวนการ Biomimicry Design Spiral*

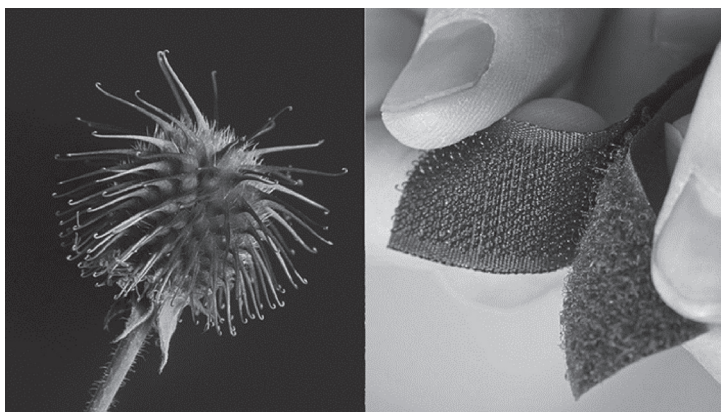



แหล่งที่มา: Biomimicry Institute (2017)

จากความสำคัญของกระบวนการ Biomimicry Design Spiral จะเห็นได้ว่า เป็นเทคนิควิธีการนักออกแบบหรือนักเทคโนโลยีได้ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานกันมาอย่างยาวนาน ด้วยการมองหาแรงบันดาลใจที่มีอยู่ในธรรมชาติมาประยุกต์ให้เข้ากับความต้องการแก้ปัญหาของมนุษย์อย่างเหมาะสม เริ่มต้นจากการระบุคุณสมบัติของชิ้นงานที่ต้องการ แล้วค่อยขยายมุมมองไปยังกลยุทธ์หรือกลไกที่มีอยู่แล้วในสิ่งมีชีวิตอื่นหรือสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพที่สังเกตได้ จากนั้นจึงศึกษาเฉพาะวิธีการ โครงสร้างหรือกลไกของสิ่งมีชีวิตที่สนใจมาเป็นกลยุทธ์ในการสร้างชิ้นงาน นำมาสู่การออกแบบเชิงวิศวกรรม สร้างเลียนแบบและประเมินชิ้นงานอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนและยืดหยุ่นได้ตามสถานการณ์ ซึ่งหากมนุษย์สามารถไขปริศนากระบวนการและการออกแบบที่แสนมหัศจรรย์ที่พบในธรรมชาติได้ทั้งหมด มนุษย์เราก็จะสามารถสร้างเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตได้อีกมากมายมหาศาล ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 2

**ภาพประกอบ 2**

*การเลียนแบบฝักของพืชชนิดหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายตะขอ นำมาสู่การผลิตเป็นแถบตีนตุ๊กแกในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ*



แหล่งที่มา: Biomimicry Institute (2017)

นอกจากนี้ยังพบนวัตกรรมจำนวนมากที่มีการเลียนแบบธรรมชาติจนสร้างคุณประโยชน์มหาศาล อาทิ รถไฟชินคันเซ็น ในประเทศญี่ปุ่น ที่ออกแบบส่วนหัวรถไฟเลียนแบบการพุ่งจับปลาอย่างรวดเร็วของนกกระเต็น หรือการออกแบบอาคาร Eastgate Center ในประเทศซิมบับเว ที่เลียนแบบโครงสร้างของจอมปลวก เพื่อทำให้อาคารเย็นลงและประหยัดพลังงาน ท่ามกลางสภาพอากาศที่แห้งแล้งและแปรปรวน เป็นต้น

## สอนสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยาด้วย Biomimicry Design Spiral ได้อย่างไร

สำหรับรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Biomimicry Design Spiral คณะผู้เขียนได้ออกแบบกิจกรรม ที่เรียกว่า Biomimetic Design Challenge (BDC) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แล้วนำองค์ความรู้ไปเป็นแรงบันดาลใจในการสร้างนวัตกรรม ผ่านการสอดแทรกกระบวนการของ Biomimicry-Design Spiral (Biomimicry Institute, 2017) จัดการเรียนการสอนทั้งในและนอกห้องเรียน ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอน โดยกรอบการจัดการจัดการเรียนรู้แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1-3 จัดกิจกรรมในชั้นเรียน เป็นการจัดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบ 3E เพื่อสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสืบเสาะหาความรู้และลงข้อสรุป ขั้นประเมินการเรียนรู้)

ขั้นที่ 4 จัดกิจกรรมนอกชั้นเรียน เป็นกระบวนการสร้างนวัตกรรมเลียนแบบธรรมชาติโดยใช้แรงบันดาลใจจากเรื่องที่เรียน ผ่านกระบวนการของ Biomimicry-Design-Spiral (นอกเวลาเรียน) แบ่งเป็น 6 ขั้นย่อย ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน Biomimicry-Design-Spiral เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้

ผู้เรียนได้สร้างสรรค์นวัตกรรมการเลียนแบบสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาของมนุษย์ โดยเป็นศาสตร์พหุสาขา (Interdisciplinary) ที่ศึกษารูปร่าง (Shape) กระบวนการ (Process) และระบบ (System) ในธรรมชาติเพื่อที่จะเรียนรู้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาของธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อม แล้วนำมาปรับใช้ในการแก้ปัญหาของมนุษย์อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้แบบ Biomimicry-Design-Spiral มีกระบวนการสำคัญ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดปัญหา (Identify) ผู้เรียนต้องนิยามปัญหา สิ่งที่ต้องการแก้ไขและระบุวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน ตลอดจนกำหนดเกณฑ์ความสำเร็จของชิ้นงาน วิเคราะห์ข้อจำกัดและเงื่อนไขต่าง ๆ บริบทที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และผลกระทบกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในทุกระดับ โดยเป้าหมายของขั้นตอนนี้ไม่ได้เป็นการตัดสินใจว่าจะต้องสร้างหรือออกแบบอะไร แต่ต้องเข้าใจว่าการออกแบบนั้นต้องทำอะไร เพื่อใคร และในบริบทใด

ขั้นตอนที่ 2 มองหาตัวแบบในธรรมชาติ (Biologize) ผู้เรียนต้องสืบค้น สำรวจและมองหาความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาจากสิ่งมีชีวิตในปัญหาลักษณะเดียวกันในธรรมชาติ เพื่อนำมาเป็นแรงบันดาลใจในการสร้างต้นแบบที่เกิดจากการประยุกต์องค์ความรู้ที่มีอยู่ในธรรมชาติรอบตัว (มีสิ่งมีชีวิตอะไรบ้างที่แก้ไขปัญหานี้ได้)

ขั้นตอนที่ 3 ค้นพบกลยุทธ์ (Discover) ผู้เรียนมองหากลยุทธ์ของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ ที่สามารถนำมาปรับใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อนำมาสู่การสร้างนวัตกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สิ่งมีชีวิตที่เป็นต้นแบบ มีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหานี้อย่างไร

ขั้นตอนที่ 4 เรียนรู้กลไกเชิงลึก (Abstract) ผู้เรียนต้องศึกษากลยุทธ์อย่างลึกซึ้ง ทั้งในเชิงโครงสร้างและการทำงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ ถอดแบบและวางแผนในการนำมาปรับใช้กับนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 เลียนแบบธรรมชาติ (Emulate) ผู้เรียนต้องออกแบบและสร้างต้นแบบนวัตกรรมเลียนแบบธรรมชาติ (Prototype) โดยต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของนวัตกรรมกับบริบทที่ต้องการแก้ปัญหา ตลอดจนปรับกลยุทธ์ของสิ่งมีชีวิตมาสู่นวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาอย่างลงตัว

ขั้นตอนที่ 6 ประเมินชิ้นงาน (Evaluate) ผู้เรียนต้องทดสอบประสิทธิภาพของ Prototype เทียบกับเกณฑ์ความสำเร็จที่วางไว้ ตลอดจนเงื่อนไขและข้อจำกัด เปิดโอกาสให้บุคคลอื่นวิพากษ์ชิ้นงานอย่างเสรี แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงชิ้นงานให้เกิดประสิทธิภาพ ทั้งนี้ รายละเอียดของตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ได้บูรณาการในรายวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องความหลากหลายทางชีวภาพ ดังแสดงไว้ดังตาราง 2 และตาราง 3

**ตาราง 2**

*ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเลียนแบบธรรมชาติ เรื่อง อาณาจักรพืช*

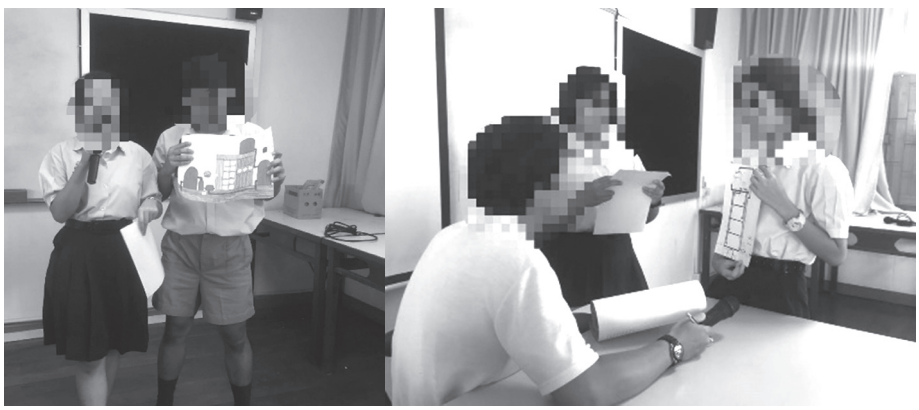
| เนื้อหา | กิจกรรมการเรียนรู้ |
|---|---|
| อาณาจักรพืช | - นักเรียนแบ่งกลุ่มศึกษาและทำปฏิบัติการ โครงสร้างและหน้าที่ของพืชใน Division ต่าง ๆ<br>- ครูกระตุ้นให้นักเรียนมีแรงบันดาลใจ โดยนำตัวอย่างนวัตกรรมที่ได้รับแรงบันดาลใจจากพืชมาแก้ปัญหา เช่น การสร้างหุ่นยนต์มือจับในอุตสาหกรรมโดยเลียนแบบต้นกาบหอยแครง การสร้างกับดักจับแมลงโดยเลียนแบบโครงสร้างของต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิง เป็นต้น<br>- ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับระบบการขนส่งลำเลียงน้ำเป็นระบบพื้นฐานที่จำเป็นในทุกอาคารบ้านเรือน คือ เป็นระบบที่ลำเลียงน้ำจากแหล่งจ่ายน้ำไปยังจุดต่าง ๆ ภายในอาคารที่ต้องการใช้น้ำ จึงจำเป็นต้องใช้พลังงานในการสูบน้ำ โดยเฉพาะในปัจจุบันมีการก่อสร้างอาคารที่มีขนาดใหญ่และสูงขึ้น อาคารเหล่านี้จึงต้องใช้พลังงานมหาศาลในระบบขนส่งลำเลียงน้ำ ก่อให้เกิดปัญหาคือ การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ส่งผลให้เจ้าของอาคารต้องแบกรับค่าใช้จ่ายที่สูงที่ตามมา พร้อมยกตัวอย่างรายจ่ายที่เกิดขึ้นจากการลำเลียงน้ำขึ้นที่สูง |

**ตาราง 2** ต่อ

| เนื้อหา | กิจกรรมการเรียนรู้ |
|---|---|
| อาณาจักรพืช | - ศึกษากลไกเชิงลึก ทั้งทางด้านสรีรวิทยาและโครงสร้างของพืชที่สนใจ โดยสมาชิกแต่ละกลุ่มต้องมองหาแนวทางในการปรับกลยุทธ์ทางชีววิทยามาสัมพันธ์กับกลไกเชิงวิศวกรรม แล้วออกแบบ พร้อมประดิษฐ์ชิ้นงาน จากนั้นประเมินประสิทธิภาพร่วมกันเกี่ยวกับการส่งน้ำ |

**ภาพประกอบ 3**

*การนำเสนอผลการออกแบบระบบลำเลียงน้ำในอาคารสูงโดยเลียนภาพสรีรวิทยาของพืชบางชนิด*



**ตาราง 3**

*ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเลียนแบบธรรมชาติ เรื่อง อาณาจักรสัตว์*

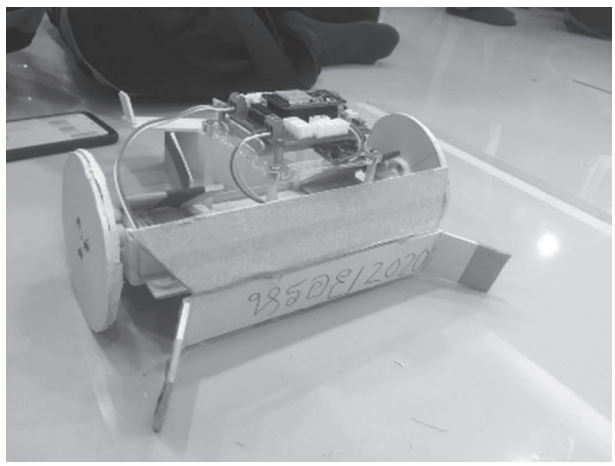
| เนื้อหา | กิจกรรมการเรียนรู้ |
|---|---|
| อาณาจักรสัตว์ | - นักเรียนแบ่งกลุ่มศึกษาและทำปฏิบัติการ โครงสร้างและหน้าที่ของสัตว์ใน Phylum ต่าง ๆ ผ่านวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ<br>- ครูกระตุ้นให้นักเรียนมีแรงบันดาลใจ โดยนำตัวอย่างนวัตกรรมที่ได้รับแรงบันดาลใจจากสัตว์มาแก้ปัญหา เช่น การสร้างรถไฟฟ้าความเร็วสูงโดยการเลียนแบบส่วนหัวของนกกระเต็น (Kingfisher) หรือ การสร้างชุดว่ายน้ำที่มีสมบัติพิเศษโดยการเลียนแบบโครงสร้างผิวหนังของปลาฉลาม เป็นต้น<br>- ครูเปิดภาพและวิดีโอเหตุการณ์อาคารก่อสร้างถล่ม ซึ่งเกิดขึ้นบ่อยในเมืองใหญ่ของประเทศไทย ก่อให้เกิดความเสียหายทางทรัพย์สินจำนวนมาก รวมถึงมีบุคคลสูญหายไปจำนวนหนึ่ง เนื่องจากหน่วยกู้ภัยหรือเจ้าหน้าที่รัฐไม่สามารถค้นหาได้อย่างทันท่วงที (ปัญหา: การค้นหาทรัพย์สินหรือวัตถุในน้ำ) |

**ตาราง 3** ต่อ

| เนื้อหา | กิจกรรมการเรียนรู้ |
|---|---|
| อาณาจักรสัตว์ | - นักเรียนร่วมกันระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด พร้อมทั้งเสนอแนวคิดที่เป็นไปได้ที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว ร่วมกันอภิปรายว่า เรามีวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างไรบ้างและทดสอบวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างง่ายในห้องปฏิบัติการ เชื่อมโยงไปสู่กลไกของสัตว์หลายชนิดมีกลไกบางอย่างที่สามารถปรับตัวหรือแก้ปัญหาในธรรมชาติได้อย่างเหมาะสมและมีศักยภาพ<br>- นักเรียนต้องนำองค์ความรู้ที่ได้จากห้องเรียน มาเป็นแรงบันดาลใจในการสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาที่สนใจ ผ่านขั้นตอนของ Biomimicry Design Spiral (แสดงตัวอย่างการสอนในตารางที่ 3) พร้อมประดิษฐ์เป็นชิ้นงานหรือแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว |

**ภาพประกอบ 4**

*ตัวอย่างชิ้นงานการออกแบบหุ่นยนต์ค้นหาทรัพย์สิน โดยเลียนแบบรูปร่างของสัตว์หลายชนิด*



ทั้งนี้ผู้เขียนขอยกตัวอย่างเพิ่มเติม เพื่อแสดงขั้นตอนการสอนแบบ BDS อย่างละเอียด ตามกรณีตัวอย่างของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง อาณาจักรสัตว์ ดังตาราง 4

**ตาราง 4**

*ขั้นตอนการสอนแบบ BDS ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง อาณาจักรสัตว์*

| ขั้นตอน BDS | บทบาทผู้เรียน | บทบาทผู้สอน |
|---|---|---|
| 1. Dentify | นักเรียนร่วมกันระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด พร้อมทั้งเสนอแนวคิดที่เป็นไปได้ที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว | ครูสร้างสถานการณ์ที่ท้าทาย ที่มีความเป็นไปได้ในการประยุกต์จากบทเรียนที่เกี่ยวข้อง และส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการอภิปราย |

**ตาราง 4** ต่อ

| ขั้นตอน BDS | บทบาทผู้เรียน | บทบาทผู้สอน |
|---|---|---|
| 2. Biologize | นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลว่าการปรับตัวของสัตว์ในลักษณะใด ที่สามารถนำมาเป็นแรงบันดาลใจในการแก้ปัญหานี้ได้ | ครูระบุเงื่อนไขเพิ่มเติมในการสร้างนวัตกรรม อาทิ กรอบเวลา วัสดุอุปกรณ์ ตลอดจนกำหนดเกณฑ์ศักยภาพเบื้องต้นเพื่อประเมินชิ้นงาน เช่น สิ่งประดิษฐ์ต้องสามารถอยู่ในน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 20 นาที โดยไม่เกิดความเสียหาย สามารถดิ่งลงน้ำไม่ต่ำกว่า 200 เซนติเมตร สามารถส่งสัญญาณเมื่อเจอวัตถุเป้าหมาย หรือต้องสงสัย สามารถหลบหลีกอุปสรรค หรือสารพิษได้ เป็นต้น |
| 3. Discover | นักเรียนร่วมกันศึกษาว่าสิ่งมีชีวิตที่สนใจมีกลยุทธ์อะไรบ้างในการแก้ปัญหาที่วางไว้ | ผู้สนับสนุนการเรียนรู้ |
| 4. Abstract | ศึกษากลไกเชิงลึก ทั้งทางด้านสรีรวิทยาและโครงสร้างของสัตว์ที่สนใจ โดยสมาชิกแต่ละกลุ่มต้องมองหาแนวทางในการปรับกลยุทธ์ทางชีววิทยา มาสัมพันธ์กับกลไกเชิงวิศวกรรม เช่น เราจะประยุกต์ลักษณะร่างกายของสัตว์บางประการอย่างไรมาสู่การสร้างนวัตกรรมที่ใช้งานได้จริง เราต้องใช้อุปกรณ์อะไรบ้างเพื่อเลียนแบบโครงสร้างหรือการทำงานในร่างกายสัตว์ เป็นต้น | สนับสนุนปัจจัยการเรียนรู้ ตลอดจนให้คำปรึกษา ชี้แนะระหว่างการทำงาน |
| 5. Emulate | สมาชิกแต่ละกลุ่มร่วมกันประดิษฐ์ชิ้นงานโดยอยู่ภายใต้กรอบความรู้ที่ได้จากการศึกษาเรื่องแนวคิดเกี่ยวกับอาณาจักรสัตว์ | วิพากษ์ต้นแบบนวัตกรรมโดยผลักดันให้เกิดการอภิปรายในการทำงาน เป็นผู้นำการเสวนา ตลอดจนตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนทางความคิด |
| 6. Evaluate | ทุกกลุ่มร่วมกันนำเสนอชิ้นงาน ทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน โดยนักเรียนนำเอาแบบจำลองมาทดสอบ เพื่อดูว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพหรือไม่ บันทึกข้อมูลเชิงปริมาณในระหว่างการทดลอง เพื่อนำข้อมูลมาประกอบการตัดสินใจและประเมินผลต้นแบบอย่างเป็นรูปธรรม แลกเปลี่ยนองค์ความรู้และวิพากษ์ผลงานของเพื่อนต่างกลุ่ม แล้วนำกลับไปปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของตนเองใหม่อีกครั้งตามข้อผิดพลาด | ร่วมกันประเมินชิ้นงานกับนักเรียน โดยสะท้อนมุมมองและวิพากษ์สิ่งประดิษฐ์ (ครูควรมีแบบประเมินชิ้นงานที่เป็นรูปธรรม โดยวางเกณฑ์สอดคล้องตามเงื่อนไขที่กำหนด) |

อย่างไรก็ดี คณะผู้เขียนบทความได้ทดลองใช้การสอนแบบ Biomimicry-Design-Spiral ในหน่วยการเรียนรู้วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และศึกษาผลของการสอนจากอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และวิดีทัศน์ระหว่างการทำกิจกรรม โดยนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการตีความ สร้างข้อสรุปเชิงอุปนัย (Inductive analysis) เพื่อเป็นแนวทางให้กับครูและผู้ที่สนใจนำไปปรับใช้ได้อย่างมีศักยภาพ โดยขอนำเสนอผลการศึกษาไว้เป็นประเด็นที่น่าสนใจ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้อาจใช้เวลาค่อนข้างมาก จึงเสนอแนะให้ยืดหยุ่นชั่วโมงกิจกรรมออกจากชั่วโมงเรียน เพื่อเปิดโอกาสให้ครูและนักเรียนได้มีประสบการณ์ในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ลุ่มลึกมากยิ่งขึ้น

2. การสอนแบบ BDS ควรเริ่มต้นจากปัญหาที่ท้าทาย ในขณะเดียวกันควรเป็นปัญหาที่ไม่ไกลตัวนักเรียนจนเกินไป ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้ระบุปัญหาและทำกิจกรรมได้ไหลลื่นมากขึ้น

3. ขั้นตอน Evaluate มีความสำคัญในการสร้างความเข้าใจในกระบวนการทำงานเชิงวิศวกรรม ครูไม่ควรประเมินเพียงแค่การทำเสร็จหรือไม่เสร็จ แต่ควรฝึกให้นักเรียนได้วิพากษ์ชิ้นงานร่วมกัน ตลอดจนร่วมปรับปรุงสิ่งประดิษฐ์ให้มีความสมบูรณ์ แก้ไขปัญหาได้และสอดคล้องตามเงื่อนไขที่วางไว้

## บทสรุป

ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงของกระแสสังคมส่งผลให้การศึกษาจำเป็นต้องปรับตัวไปสู่มิติใหม่ที่เอื้อเฟื้อให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาสังคม หรือยุคของสะเต็มศึกษา ดังนั้น การสอนชีววิทยา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นที่จะต้องปรับตัวและพร้อมที่จะปลูกฝังทักษะสำคัญเหล่านี้ให้แก่ผู้เรียน จึงนำมาสู่แนวคิดสำคัญ คือ การสอนชีววิทยาโดยใช้ Biomimicry Design Spiral หรือ BDS ซึ่งเป็นแนวการสอนที่อิงการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process: EDP) ในการจัดการเรียนรู้ร่วมกับการประยุกต์องค์ความรู้ที่สำคัญทางชีววิทยา เพื่อผลิตผู้เรียนให้เป็นนวัตกรอย่างมีศักยภาพสำหรับโลกอนาคต

อย่างไรก็ดี ทิศทางการวิจัยในครั้งถัดไป เสนอแนะให้มีการศึกษาเชิงลึกมากขึ้นถึงประสิทธิภาพของการใช้ Biomimicry Design Spiral ในมิติต่าง ๆ อย่างครอบคลุมมากขึ้น อาทิ ปัจจัยที่ส่งผลสำเร็จต่อการสอนของครู ความเชื่อของครู แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่ดีในชั้นเรียนของไทย ตลอดจนศึกษาทิศทางการพัฒนารายละเอียดของการสอนสู่การพัฒนาสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนที่อาจเกิดขึ้นจากการทำกิจกรรม เช่น สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง เป็นต้น

## References


Biomimicry Institute. (2017). *Biomimicry Design Spiral.* http://toolbox.biomimicry.org/

Council of Canadian Academies. (2015). *Some Assembly Required: STEM Skills and Canada's Economic Productivity.* Ottawa: Council of Canadian Academies.

Faikhamta, C., Awae, M., Suknarusaithagul, N., & d Mutcha, P. (2023). Research Trends in STEM Education in Thailand. *CMU Journal of Education, 7*(1), 29-43. [in Thai]

Gerhard, F. S. (2012). *Bioinspiration and Biomimicry in Chemistry Reverse-Engineering Nature.* New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Gardner, G. E. (2012). Using Biomimicry to Engage Students in a Design-Based Learning Activity. *The American Biology Teacher, 74*(3), 182-184.

Michael, J. M. (2012). *Biomimicry: Using Nature as a Model for Design.* [Master's thesis, University of Massachusetts]. ScholarWorks.

Ministry of Education. (2017). *Indicators and Content Areas in Science (Revised Curriculum A.D. 2017) According to Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008).* Bangkok, Thailand: The Agricultural Co–operative Federation of Thailand. [in Thai]

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas.* Washington, DC: National Academy Press.

Supphaka, N. (2010). "Biomimicry". *Bio & Nano Journal, 37*(213), 32-36. [in Thai]