

## บทความวิจัย (Research Article)

การแกะรอยเส้นทางการเรียนรู้ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ ในรายวิชาชีววิทยา  
TRACKING GRADE 11 STUDENTS' LEARNING PATHWAYS OF SCIENTIFIC  
REASONING THROUGH ADAPTIVE INSTRUCTION IN BIOLOGY

Received: January 15, 2020

Revised: March 4, 2020

Accepted: March 9, 2020

ชญากานต์ ส่วนบุญ<sup>1\*</sup> และ จีระวรรณ เกษสิงห์<sup>2</sup>  
Chayakarn Suanboon<sup>1\*</sup> and Jeerawan Ketsing<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์<sup>1,2</sup>Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10220, Thailand

\*Corresponding Author, E-mail: chayakarn.sua@ku.th

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อค้นหาเส้นทางการเรียนรู้ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ จำนวน 38 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิด ครอบคลุมการให้เหตุผลแบบนิรนัย ประกอบด้วยการสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ การระบุและควบคุมตัวแปร และการสร้างข้อสรุปจากการทดลอง และการให้เหตุผลแบบอุปนัย ประกอบด้วยการสรุปความทั่วไปจากการค้นหา รูปแบบ การอุปมาอุปไมย และการให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน จากนั้นใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาเพื่อระบุเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีเส้นทางการเรียนรู้ของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 3 เส้นทาง โดยทั้ง 3 เส้นทาง มีจุดเริ่มต้นเหมือนกันในส่วนการให้เหตุผลแบบนิรนัยและความสัมพันธ์ของนิรนัยกับอุปนัย คือ การให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อนจะพัฒนาได้ก็ต่อเมื่อนักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลแบบนิรนัย ในองค์ประกอบการระบุและควบคุมตัวแปร และการสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้มาก่อน ส่วนเส้นทางที่ฉีกแยกจากกันจะเริ่มต้นที่การให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งผลการวิจัยที่ได้นี้เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยาและการออกแบบหลักสูตรเพื่อไต่ระดับของการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

**คำสำคัญ:** การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลแบบนิรนัย การให้เหตุผลแบบอุปนัย การจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ  
เส้นทางการเรียนรู้

## Abstract

The study aimed to investigate 38 eleventh graders' learning pathways of scientific reasoning as they went through the adaptive instruction. Data were obtained from the scientific reasoning test consisted of 2 folds of scientific reasoning ability: deduction (Probabilistic Thinking, Control Variables, and Establishing Conclusion) and induction (Enumerative Generalizations, Analogical Comparisons, and Eliminative Causal Reasoning). A content analysis was employed to track students' learning pathways of the two reasoning abilities. Results indicate 3 learning pathways.

The pathways were similar in term of their route on deductive reasoning, and the relationship between deduction and induction reasonings. For instead, the children can develop the eliminative causal reasoning if they already have deductive ability to control variables and propose possible hypotheses (probabilistic thinking). The different point among these 3 pathways was started from the connecting route between deduction and induction. Results of this study suggest an appropriate sequencing step of learning scientific reasoning that could be used in a biology course and curriculum design.

**Keywords:** Adaptive Instruction, Deduction, Induction, Learning Pathway, Scientific Reasoning

## บทนำ

“...จงให้เหตุผลประกอบการอธิบาย” เป็นข้อความทั้งท้ายของข้อคำถามปลายเปิดในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่คุณครูหลายคนคุ้นชิน เนื่องจากเป็นข้อความนี้มักปรากฏในใบกิจกรรม แบบทดสอบ หรือคำพูดติดปากของคุณครูขณะจัดการเรียนการสอน อย่างไรก็ตามสิ่งที่คุณครูมักได้ยินในคำตอบของนักเรียนอาจเป็นเพียงการนำข้อมูลดิบมากล่าวซ้ำ หรือการใช้ความรู้สึกหรือความคิดเห็นมากกว่าเป็นการใช้หลักฐานและเหตุผลประกอบการอธิบาย ซึ่งตัวผู้วิจัยเองในฐานะนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูก็ประสบเหตุการณ์เดียวกันนี้ในชั้นเรียนอยู่บ่อยครั้ง นอกจากนี้ข้อมูลจากการวัดความต้องการจำเป็น (Needs Assessment) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอนเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและแบบอุปนัยในเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยแบบวัดที่เป็นสถานการณ์และมีคำถามปลายเปิด พบว่า นักเรียนร้อยละ 73.91 (17 กลุ่มจาก 23 กลุ่ม) ไม่สามารถแสดงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ นักเรียนมักเขียนคำตอบในลักษณะกลุ่มคำ หรือคำสำคัญ หรือข้อกล่าวอ้างของตนเองโดยไม่ระบุเหตุผลสนับสนุนหรือเชื่อมโยงข้อมูลที่กำหนดให้การตอบคำถาม โดยมากเป็นเพียงการนำเสนอข้อคิดเห็นของตนต่อสถานการณ์ พร้อมกับข้อเท็จจริงซึ่งเป็นเนื้อหาที่ได้จากการเปิดหนังสือเรียน ทั้งนี้ในการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ พบว่า นักเรียนไม่สามารถแยกแยะระหว่างเหตุผลกับข้อมูลได้ นักเรียนเข้าใจว่าการให้เหตุผลคือการนำเสนอข้อมูล ทั้งที่ความจริงแล้วการให้เหตุผลเป็นการสร้างคำอธิบายว่าข้อมูลนั้นมีความหมายอย่างไร โดยอิงกับหลักคิดทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ที่ผู้วิจัยต้องการทราบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างไร และผู้วิจัยจะทำอะไรเพื่อช่วยพัฒนานักเรียนในเรื่องนี้ โดยจากการตรวจสอบเอกสารพบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการคิดของนักเรียนในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้น โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อาทิ การสังเกต การตรวจสอบเอกสาร การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง เป็นต้น และนำหลักฐานดังกล่าวเป็นฐานในการคิดเพื่อเชื่อมโยงไปสู่ข้อสรุป ซึ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้สนใจการให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) และการให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) โดยหาความสัมพันธ์ว่าการให้เหตุผลทั้งสองด้าน เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการศึกษาประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากนักวิชาการและนักการศึกษาหลายประเภทที่แตกต่างกัน แล้วจำแนกการให้เหตุผลได้เป็น 2 มุมมอง ได้แก่ 1) การให้เหตุผลที่เริ่มต้นจากเหตุไปยังผล คือ การให้เหตุผลแบบนิรนัย การให้เหตุผลอธิบาย และการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน และ 2) การให้เหตุผลที่เริ่มต้นจากผลไปยังเหตุ คือ การให้เหตุผลแบบอุปนัย การให้เหตุผลสมมติฐาน และการให้เหตุผลแบบตัดทอน เมื่อพิจารณาที่คำจำกัดความของการให้เหตุผลแต่ละประเภท เห็นว่ามีการให้ความหมายที่ทับซ้อนกันอยู่ กล่าวคือการให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัยมีความหมายที่กว้างและครอบคลุมการให้เหตุผลอื่นๆ ในแง่ของเหตุและผล ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกที่จะศึกษาการให้เหตุผลแบบนิรนัยและแบบอุปนัย เพื่อเป็นพื้นฐานในการต่อยอดพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลรูปแบบอื่นๆ ต่อไป

การให้เหตุผลแบบนิรนัย คือ การนำความรู้พื้นฐานซึ่งเป็นสิ่งที่รู้มาก่อนและยอมรับว่าเป็นความจริง มาเป็นกรอบแนวคิดในการสร้างข้อสรุป โดยผ่านกระบวนการทดสอบสมมติฐานที่มีความน่าเชื่อถือและคาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีตหรืออนาคต (Lawson, 2005) โดยมี 3 องค์ประกอบย่อย ได้แก่ 1) การสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ (Probabilistic

Thinking) หมายถึง การที่นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานและคาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้ของปรากฏการณ์จากสมมติฐานที่ตั้งขึ้น

2) การระบุและควบคุมตัวแปร (Control of Variables) คือ การที่นักเรียนสามารถกำหนดและระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม ของการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานได้ (Lawson, 1985, 2005) และ 3) การสร้างข้อสรุปจากการทดลอง (Establishing Conclusion) หมายถึง การที่นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปโดยการเชื่อมโยงสมมติฐานและตัวแปรต่างๆ ในการทดลอง โดยอาศัยข้อมูลหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือและการให้เหตุผลประกอบ

การให้เหตุผลแบบอุปนัย คือ การสร้างข้อสรุปหรือหลักการ โดยผ่านกระบวนการวิเคราะห์ และแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์ย่อยหลายครั้ง จากนั้นนำข้อมูลหลักฐานที่ได้มาประกอบกับหลักคิดในเรื่องความเป็นไปได้เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุป มี 3 องค์ประกอบย่อย ได้แก่ 1) การสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ (Enumerative Generalization) หมายถึง การที่นักเรียนสามารถระบุรูปแบบที่ปรากฏในข้อมูลที่กำหนดให้ หรือสามารถจำแนกแยกแยะข้อมูลและลงข้อสรุปที่สอดคล้องกับข้อมูล 2) การอุปมาอุปไมย (Analogical Comparison) คือการที่นักเรียนสามารถเรียนรู้สถานการณ์ใหม่ที่พบ โดยอาศัยการเทียบเคียงความรู้เดิมที่เคยรู้มาก่อนกับแนวคิดเรื่องใหม่ได้ และ 3) การให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน (Eliminative Causal Reasoning) หมายถึง การที่นักเรียนสามารถระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ โดยผ่านการจัดกระทำสิ่งแวดล้อมหรือลดปัจจัยแทรกซ้อนในสถานการณ์ปัญหาเพื่อบ่งชี้สาเหตุของปัญหานั้นๆ ได้อย่างมากที่สุด (Overholser, 1993)

จากการตรวจเอกสาร พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาของไทยมีปัญหาเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ อาทิ Soncha et al. (2018) รายงานว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนมากขาดทักษะการสร้างสมมติฐาน และการสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suttakun and Ladachart (2014) และ Akerson and Abd-El-Khalick (2005) ที่พบว่า นักเรียนไม่สามารถลงข้อสรุปบนพื้นฐานของหลักฐานได้ ทั้งนี้งานวิจัยที่ผ่านมาเห็นสอดคล้องกันว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถพื้นฐานสำหรับการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) เนื่องจากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถของบุคคลในการใช้กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลอันนำไปสู่การสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์จนนำไปสู่การจัดการกับข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อทำความเข้าใจทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ (Zimmerman, 2007)

ดังนั้น การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนจึงไม่ควรจำกัดอยู่แค่เพียงแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่ควรฝึกให้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วย (National Research Council, 2012) การตรวจเอกสารยังพบว่านักการศึกษาส่วนใหญ่ยอมรับว่า บุคคลใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งแบบนิรนัยและอุปนัยในการค้นหาคำตอบของคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ (Lawson, 2005) แม้เช่นนั้นงานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งศึกษาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพียงรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง จึงทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างการใช้เหตุผลทั้งสองรูปแบบดังกล่าวได้ ส่งผลให้การเรียนการสอนในชั้นเรียนขาดการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งงานวิจัยนี้จะให้คำตอบเกี่ยวกับช่องว่างขององค์ความรู้ในเรื่องนี้

สำหรับการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการพัฒนาและศึกษาเส้นทางการเรียนรู้ของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน คือ การจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ (Adaptive Instruction) ซึ่งก็คือ การจัดการเรียนรู้ที่ครูปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้และเทคนิคการสอนเพื่อให้สอดคล้องกับผู้เรียนที่มีความหลากหลาย โดยการวินิจฉัยนักเรียนเพื่อให้ทราบจุดแข็งจุดอ่อนของนักเรียนรายบุคคลด้วยการสังเกตและเก็บข้อมูลก่อนเรียนและระหว่างเรียน แล้วนำผลการวิเคราะห์ให้ผู้เรียนมาใช้ออกแบบและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องกับธรรมชาติการเรียนรู้ของนักเรียนรายบุคคล (Kakosimos, 2015) โดยงานวิจัยที่ผ่านมาสนับสนุนว่าการจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะสามารถช่วยติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ (Corcoran & Silander, 2009) ซึ่งว่าลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะที่อาศัยการสังเกตและเก็บข้อมูลก่อนเรียนและระหว่างเรียนเพื่อนำมาใช้ออกแบบและปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยติดตามเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจนำการจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะมาใช้ในการพัฒนาผู้เรียน เพราะมีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับธรรมชาติ

การเรียนรู้ของนักเรียนได้ ทั้งยังเป็นการสอนที่เน้นให้เกิดการพัฒนาทั้งครูและผู้เรียนไปพร้อมกัน โดยเน้นติดตามกระบวนการคิดและการเรียนรู้ของตนเอง (Vaughn, 2015)

โดยเส้นทางการเรียนรู้ (Learning Pathways) คือรูปแบบ (Pattern) หรือลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งไม่มีรูปแบบตายตัว ขึ้นกับแต่ละบุคคล และอาจสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับสิ่งที่หลักสูตรกำหนด โดยงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า เส้นทางการเรียนรู้ที่ได้มาจากการสังเคราะห์และตีความจากข้อมูลจริงของนักเรียน นั่นคือ เส้นทางการเรียนรู้จะออกมาในรูปแบบใด ขึ้นอยู่กับการตีความและมุมมองของผู้วิจัย (Lens) ที่ใช้ในการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (Clements, 2007; Clements & Sarama, 2004; Sullivan et al., 2004) ซึ่งงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ศึกษาเส้นทางการเรียนรู้ของแนวคิดวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนแต่ละคนมีเส้นทางการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์เดิมกับการจัดการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นในห้องเรียน ซึ่งถ้าหากสามารถติดตามและระบุรูปแบบของเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนได้ จะช่วยให้ครูและนักการศึกษาสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยผลักดันให้นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Adadan et al., 2010) ในทำนองเดียวกัน หากเราสามารถแกะรอยเส้นทางการเรียนรู้ของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ก็จะช่วยให้ครูสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความสามารถพื้นฐานสำหรับการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ในโลกปัจจุบันได้

## วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาและค้นหาเส้นทางการเรียนรู้ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ

## วิธีดำเนินการวิจัย

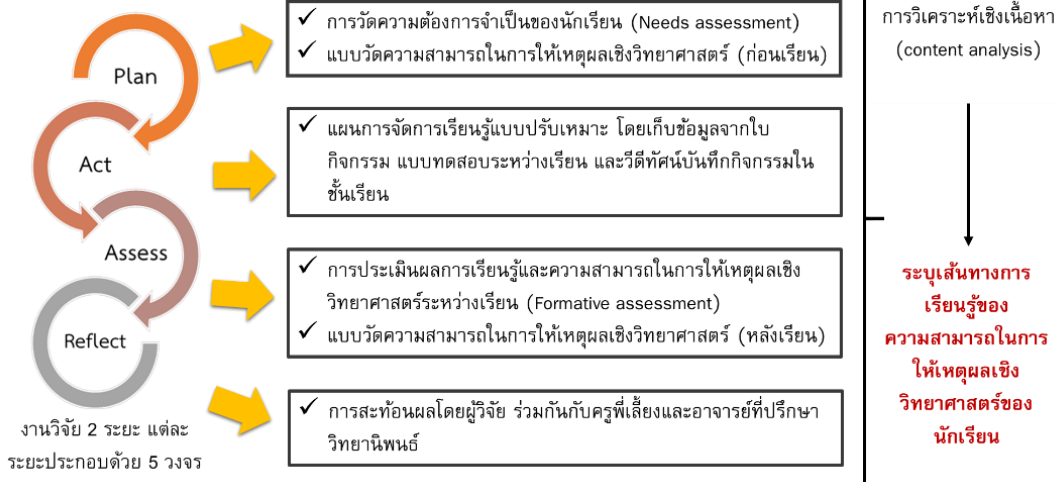
### รูปแบบงานวิจัย

งานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) นี้ดำเนินการภายใต้กรอบแนวคิดของ Inoue (2015) ที่แบ่งงานวิจัยออกเป็น 2 ระยะ ตามองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ระยะที่ 1 ประกอบด้วย 5 วงจร (Cycle) ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 5 แผน ที่มีการสอดแทรกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ การอุปมาอุปไมย และการให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน โดยการวิจัยระยะที่ 1 นี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ครอบคลุมแผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องวิวัฒนาการ จำนวน 5 แผน ใช้เวลา 15 คาบเรียนๆ ละ 50 นาที

งานวิจัยระยะที่ 2 ประกอบด้วย 5 วงจร เช่นเดียวกัน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 5 แผน ที่สอดแทรกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 องค์ประกอบ ได้แก่ การสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ การระบุและควบคุมตัวแปร การสร้างข้อสรุปจากการทดลอง การสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ การอุปมาอุปไมย และการให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน โดยการวิจัยระยะนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ครอบคลุมแผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตและระบบประสาท จำนวน 5 แผน ใช้เวลา 15 คาบเรียนๆ ละ 50 นาที ดังสรุปภาพรวมงานวิจัยในภาพ 1

## Multiple cycles and phases

(Inoue, 2015)



ภาพ 1 วิธีดำเนินการวิจัย

**กลุ่มที่ศึกษา** คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขต พื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้จากการคัดเลือกแบบจำเพาะเจาะจง จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ปีการศึกษาที่ 2561 มีนักเรียน 38 คน เป็นชาย 18 คน (ร้อยละ 47.37) และหญิง 20 คน (ร้อยละ 52.63) ในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ บทความนี้อ้างถึงนักเรียนรายบุคคลโดยใช้สัญลักษณ์ S ตามด้วยหมายเลข 1-38 ทั้งนี้เป็นไปตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

**เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย** คือ รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ภาคเรียนที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการ ครอบคลุม 5 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 3 คาบเรียน ภาคเรียนที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต ระบบประสาท และระบบต่อมไร้ท่อ ครอบคลุม 5 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 3 คาบเรียน ใช้เวลาสอนทั้งสิ้น 30 คาบเรียนๆ ละ 50 นาที ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้แสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

| การจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ                                                                                                                                                                    | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (เน้นพัฒนาองค์ประกอบย่อย การอุปมาอุปไมย)                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. <b>ขั้นวางแผน</b> เป็นการเตรียมความพร้อมของครูก่อนสอน มีเป้าหมายเพื่อเลือกเทคนิคการสอนและรูปแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียน                                                                   | ครูจัดกลุ่มนักเรียนโดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของนักเรียนในห้อง โดยเลือกนักเรียนที่พอจะเข้ากันได้เพื่อให้สามารถพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน เพื่อช่วยให้การทำงานกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ                                                                                                                                      |
| 2. <b>ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม</b> นำนักเรียนเข้าสู่บทเรียน โดยเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของนักเรียน                                                                                               | นักเรียนศึกษาแผนภาพแนวคิดเรื่องวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่นำเสนอโดยลามาร์กและดาร์วิน (แผนภาพแสดงรูปของยิราฟตามทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองคน เปรียบเทียบกับยิราฟในปัจจุบัน) โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดว่ายิราฟที่นักเรียนรู้จักในปัจจุบันนี้มีความสอดคล้องกับแนวคิดวิวัฒนาการของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองท่านหรือไม่ อย่างไร |
| 3. <b>ขั้นดำเนินการกิจกรรม</b> จัดการเรียนรู้ในลักษณะสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ โดยครูต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ทักษะการให้ | ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแผนภาพที่แทนแนวคิดของลามาร์ก และดาร์วิน โดยใช้สมาร์ทโฟนแสดงความคิดเห็น ผ่านเว็บไซต์ <a href="http://www.mentimeter.com">www.mentimeter.com</a> ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนและนักเรียนทั้งห้องมองเห็นความคิดของทั้งกลุ่มตนและ                                              |

| การจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ                                                                                                                                                                                                                            | แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต<br>(เน้นพัฒนาองค์ประกอบย่อย การอุปมาอุปไมย)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องการพัฒนา และบริบทของนักเรียนในชั้นเรียน                                                                                                                                                                                      | กลุ่มอื่น พร้อมทั้งเห็นความคิดส่วนใหญ่ของเพื่อนในห้องเรียน หลังจากนั้นครูนำเสนอสินค้าแก้วเหลืองยี่ห้อดังจากบริษัท X และบริษัท Y ให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงการแข่งขันทางการตลาดกับแนวคิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ได้เรียนมาก่อนหน้า (การใช้กระบวนการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่มีการพัฒนา ปรับรูปแบบผลิตภัณฑ์ของสินค้าให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค แล้วให้นักเรียนใช้ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดวิวัฒนาการมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ว่ามีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร เพื่อฝึกฝนความสามารถในการอุปมาอุปไมยของนักเรียน)                             |
| 4. <b>ชั้นขยายความรู้</b> เป็นการนำความรู้ไปใช้ในเหตุการณ์ใหม่ ซึ่งครูต้องจัดกิจกรรมหรือยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่ทำหายหรือต่างไปจากบทเรียนเพื่อให้นักเรียนมีความรู้สึกซึ่ซ้น และถ่ายโอนองค์ความรู้ที่ได้รับในชั้นเรียนไปอธิบายบริบทใหม่ได้                  | ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุปทฤษฎีวิวัฒนาการที่มีความเป็นไปได้และน่าเชื่อถือ ร่วมกับการเชื่อมโยงความรู้เข้ากับผลประกอบการและเทคนิคในการแข่งขันทางการตลาดกับแก้วเหลือง 2 ยี่ห้อ (เนื่องจากแนวคิดวิวัฒนาการไม่สามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการแข่งขันทางการตลาดได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงใช้การอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการอุปมาอุปไมย ว่านักเรียนสามารถเรียนรู้สถานการณ์ใหม่ที่พบ โดยอาศัยการเทียบเคียงความรู้เดิมที่เคยรู้มาก่อนได้ แต่ยังคงมีความแตกต่างกันระหว่างความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่บางอย่างอยู่) |
| 5. <b>ขั้นสรุปที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม</b> เปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างข้อสรุปของกิจกรรมให้เข้าใจตรงกันทั้งชั้นเรียนผ่านการนำเสนอข้อสรุปของตนเอง แล้วเปรียบเทียบกับของคนอื่น จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปที่เป็นฉันทามติของห้อง | ครูนำเสนอผลประกอบการของธนาคารพาณิชย์ 3 แห่ง แล้วให้นักเรียนใช้ความรู้จากทฤษฎีวิวัฒนาการมาอธิบายการเติบโตทางธุรกิจของธนาคารทั้ง 3 แห่ง (มีลักษณะของกิจกรรมที่ใช้กระบวนการคิดเช่นเดียวกันกับกิจกรรมแก้วเหลืองในชั้นเรียน แต่เปลี่ยนบริบทไปใช้ผลประกอบการของธนาคารพาณิชย์ เพื่อฝึกฝนนักเรียนเกี่ยวกับการอุปมาอุปไมยอีกครั้ง)                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6. <b>ขั้นสะท้อนผล</b> เกิดขึ้นหลังเสร็จสิ้นการสอน โดยครูประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยวิเคราะห์คำตอบและพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก เพื่อวินิจฉัยเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียน                                                           | นักเรียนส่งใบกิจกรรม จากนั้นครูสะท้อนผลจากการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการตรวจใบกิจกรรม เพื่อนำไปปรับปรุงการสอนของตนเองในครั้งต่อไป และส่งคืนใบกิจกรรมให้กับนักเรียนในคาบต่อไปพร้อมทั้งสะท้อนผลการทำงานแก่นักเรียนก่อนขึ้นเรื่องต่อไปด้วย                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

**เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย** คือ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาทางชีววิทยา 5 สถานการณ์ และข้อคำถามปลายเปิดทั้งหมด 6 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย 3 ข้อ และแบบอุปนัย 3 ข้อ ดังกล่าวในบทนำ สถานการณ์ปัญหาที่ใช้ ได้แก่ 1) การทดลองพิสูจน์สมบัติสารพันธุกรรมของกริฟฟิธ (Griffith) 2) เอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการเพิ่มจำนวนตัวเองของดีเอ็นเอ 3) ระบบบาร์โค้ดกับการสังเคราะห์โปรตีน 4) โครงสร้างดีเอ็นเอ และ 5) การทดลองของ แอเวอรี่ (Avery) แมคลอร์ด (MacLeod) และแมคคาร์ที (McCarty) แบบวัดผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน คือ อาจารย์จากคณะศึกษาศาสตร์ 3 ท่าน เชี่ยวชาญในสาขาชีววิทยา ศาสตร์ศึกษา อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชีววิทยา และครูชำนาญการพิเศษ 1 ท่าน เชี่ยวชาญการสอนชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษา จากนั้นผู้วิจัยทำการปรับปรุงแบบวัดตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำแบบวัดไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มนักเรียนที่มีบริบทใกล้เคียงกับ

ผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 51 คน เป็นเวลา 100 นาที เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของรูปภาพ ภาษา และระยะเวลาในการทำแบบวัด ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา เสร็จแล้วจึงดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองกับกลุ่มที่ศึกษา ใช้เวลาทำแบบวัดครั้งละ 2 คาบเรียน (100 นาที) คือ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ

บันทึกหลังสอนของครู โดยผู้วิจัยจะบันทึกเกี่ยวกับการสอนของผู้วิจัยเองว่ามีกระบวนการอย่างไร ผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร มีปัญหาหรืออุปสรรคอย่างไรบ้าง และพฤติกรรมการตอบสนองต่อการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นอย่างไร เพื่อสะท้อนคิดสิ่งที่เป็นปัจจัย ด้านบวกและปัจจัยด้านลบของการจัดการเรียนการสอนและการแสดงออกซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วทำการแก้ไข ปรับปรุง และออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไปให้ดียิ่งขึ้น

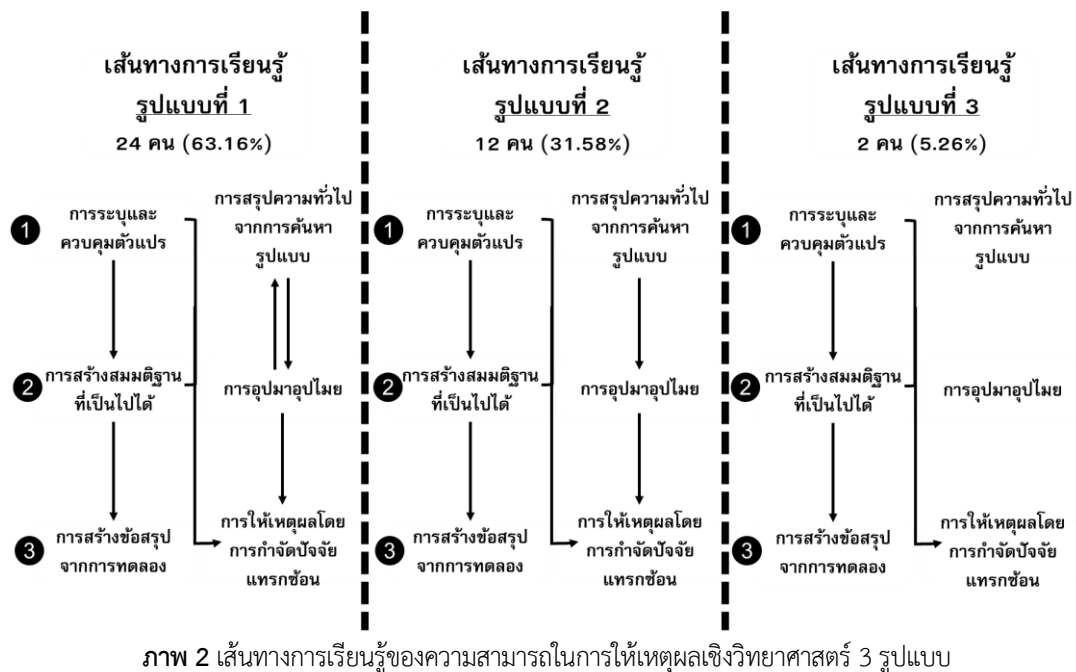
อนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นเครื่องมือที่ให้นักเรียนเขียนสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ คำถามหรือข้อสงสัย อารมณ์ ความรู้สึก และความคิดเห็น รวมถึงอธิบายการแสดงออกซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลของตนเองในทุกแผนการจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ (แนบท้ายทุกแผนการจัดการเรียนรู้) เพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางในการประเมินการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

**การวิเคราะห์ข้อมูล** ผู้วิจัยวิเคราะห์เส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ที่อาศัยกรอบแนวคิดของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความถูกต้องของแนวคิดวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์และตีความคำตอบของผู้เรียนในแบบวัดและใบกิจกรรม ดังนี้

1. ผู้วิจัยอ่านคำตอบของนักเรียนทุกคนในสถานการณ์ปัญหาไล่เรียงไปทีละข้ออย่างช้าๆ โดยทำซ้ำ 5 รอบ เพื่อให้มองเห็นภาพรวมของคำตอบนักเรียนทั้งห้อง
2. ผู้วิจัยทำ Inter-Rater Reliability กับเพื่อนครูที่มีประสบการณ์การทำวิจัยและสอนเรื่องการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยสุ่มแบบวัดร้อยละ 10 ของกลุ่มที่ศึกษา (เท่ากับ 5 ฉบับ) มาแยกวิเคราะห์แบบอิสระ แล้วนำผลการวิเคราะห์มาอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อตกลงตรงกันทุกประเด็น จากนั้นนำเสนอผลการวิเคราะห์นี้ให้แก่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของคำตอบนักเรียนกับเกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เมื่อเห็นมีความคิดเห็นตรงกันแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่เหลือทั้งหมดด้วยตนเอง
3. ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่เหลือด้วยตนเอง แล้วจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียน เพื่อนำข้อมูลมาใช้สร้างรูปแบบของเส้นทางการเรียนรู้ต่างๆ
4. ผู้วิจัยทำเช่นเดียวกันนี้กับใบกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำข้อมูลมาประกอบกับผลการจัดรูปแบบเส้นทางการเรียนรู้เบื้องต้นที่ได้จากแบบวัด
5. ผู้วิจัยส่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจำแนกเส้นทางการเรียนรู้ของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคล จากนั้นทำการจัดกลุ่มรูปแบบเส้นทางการเรียนรู้ดังกล่าว แล้วส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ร่วมวิจัยตรวจสอบเป็นระยะ และทำการวิเคราะห์ซ้ำในกรณีที่มีข้อคำถามจากอาจารย์ที่ปรึกษา จนกระทั่งได้ผลที่เป็นที่ยอมรับร่วมกัน ผู้วิจัยจึงนำผลที่ได้ไปคำนวณความถี่ของนักเรียนในแต่ละเส้นทางการเรียนรู้

## ผลการวิจัย

จากงานวิจัย พบว่า นักเรียนมีเส้นทางการเรียนรู้ของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 3 รูปแบบ ดังแสดงในภาพ 2



จากภาพ 2 จะเห็นว่าทั้ง 3 รูปแบบ มีเส้นทางการเรียนรู้ของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยเหมือนกัน คือ เริ่มจากการระบุและควบคุมตัวแปร การสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ และการสรุปความจากการทดลอง ตามลำดับ ซึ่งการค้นพบนี้เริ่มต้นมาจากครั้งแรกที่ผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบนิรนัย ผู้วิจัยได้เริ่มจากการให้นักเรียนสร้างสมมติฐาน การระบุตัวแปร และการสรุปผลการทดลอง แต่กลับพบว่า นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถสร้างสมมติฐานได้ มีนักเรียนเพียง 4 คนที่สามารถสร้างสมมติฐานของการทดลองในคาบเรียนนั้นได้ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนทั้ง 4 คน ได้อธิบายกระบวนการสร้างสมมติฐานของตนเองหน้าชั้นเรียน ปรากฏว่านักเรียนทั้ง 4 คนมีกระบวนการคิดเช่นเดียวกัน คือเริ่มพิจารณาตัวแปรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการทดลองก่อน แล้วจึงระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมของการทดลอง จากนั้นจึงค่อยมองหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านั้น และสร้างสมมติฐานออกมา เมื่อพบเช่นนี้ ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนที่เหลือทดลองใช้กระบวนการคิดเช่นนี้เพื่อทำใบกิจกรรมอีกครั้ง พบว่านักเรียนทุกคนเข้าใจการสร้างสมมติฐานได้ดีขึ้นและสามารถสร้างสมมติฐานได้ถูกต้อง สอดคล้องกับข้อมูลในอนุทินที่นักเรียนเขียนว่า

“การตอบสมมติฐานยากที่สุด แต่เพื่อนบางคนเขาสามารถตอบอันที่ถูกได้ และเมื่อได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการคิดของเพื่อน แล้วรู้ว่าเพื่อนดูว่าอะไรคือตัวแปรต้นกับตัวแปรตามก่อนถึงได้ระบุสมมติฐานถูก ก็ทำการสร้างสมมติฐานได้ง่ายขึ้น”

นักเรียนรหัส S19 (นักเรียนร้อยละ 42.10 มีความคิดเห็นเป็นไปในแนวทางนี้)

ดังนั้น ในครั้งต่อมา ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และรูปแบบของใบกิจกรรมที่สอนให้นักเรียนสามารถระบุตัวแปรของการทดลองให้ได้ก่อน จากนั้นจึงตั้งสมมติฐานการทดลองและสรุปผลการทดลองได้ ซึ่งพบว่านักเรียนทุกคนสามารถเรียนรู้การสร้างสมมติฐาน การระบุและควบคุมตัวแปร และการสร้างข้อสรุปจากการทดลองได้ด้วยกระบวนการคิดลักษณะนี้

จากนั้นภาพ 2 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างการเรียนรู้แบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัย นั่นคือในทั้งสามเส้นทางการเรียนรู้ นักเรียนจะเรียนรู้เรื่องการให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน โดยอาศัยความสามารถในการให้เหตุผลแบบนิรนัยในองค์ประกอบย่อยคือการระบุและควบคุมตัวแปร และการสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ เป็นฐานในการคิดเสมอ ดังตัวอย่างบทสนทนาของนักเรียนในการอภิปรายการผสมพันธุ์ข้ามสปีชีส์ของกระต่าย ดังนี้

- นักเรียน S20 : พอดูจากตารางข้อมูล ก็จะเห็นว่าถึงแม้กระต่ายจะกินอาหารคนละชนิด แต่ก็กินพวกใบไม้ผลไม้เปลือกไม้เนื้อแข็งเหมือนกัน ถ้านำมาเลี้ยงในห้องทดลอง ประเด็นอาหารก็ไม่ใช่ปัญหาต่อการมีชีวิตรอด และคงไม่ส่งผลถึงการสืบพันธุ์ของกระต่าย
- นักเรียน S03 : แล้วพวกสีขนล่ะ อาจจะแบบเกิดการเลือกคู่ผสมพันธุ์ก็ได้นะ คือต้องสีขนสีเดียวกันเท่านั้นถึงจะสามารถผสมพันธุ์กันได้ ก็เลยกระต่ายขาวโลกสีขาวกับกระต่ายทะเลทรายสีน้ำตาล มันเลยไม่มีการผสมพันธุ์กัน
- นักเรียน S31 : เออ อันนี้เห็นด้วยกระต่ายอาจจะเจาะจงว่าจะผสมกับตัวไหนสีขนแบบไหนไม่ได้เกิด Random Mating อันนี้น่าจะเป็นเหตุผลได้นะ

(การบันทึกเสียงการสอน ระยะที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 วันที่ 3 กันยายน พ.ศ. 2561)

จากบทสนทนาข้างต้น พบว่า นักเรียนสามารถระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการผสมพันธุ์ของกระต่าย (ข้อความที่ขีดเส้นใต้) ซึ่งนักเรียนกระทำคล้ายกันกับการระบุและความคุมตัวแปรของการให้เหตุผลแบบนิรนัย นั่นคือ นักเรียนได้มองหาปัจจัยซึ่งเป็นตัวแปรแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา โดยพิจารณาความเป็นไปได้ของแต่ละปัจจัย โดยนักเรียนจะพยายามสร้างสมมติฐานเบื้องต้นจากปัจจัยเหล่านั้นก่อน และพิจารณาความเป็นไปได้ จนกระทั่งนักเรียนระบุได้ว่าปัจจัยใดที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด และน่าจะเป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ ภาพ 3 แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อนมีความเกี่ยวข้องกับการระบุตัวแปร และการสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้

**กระต่ายทั้งสองตัวหากนำมาเลี้ยงภายในห้องทดลองแล้ว กระต่ายทั้งสองตัวจะผสมพันธุ์และให้ลูกหลานที่สมบูรณ์พันธุ์ได้หรือไม่ ถ้าได้หรือไม่ได้ ให้นักเรียนอธิบายและให้เหตุผลสนับสนุน**

*ไม่ได้ เพราะกระต่ายทั้งสองตัวอาศัยอยู่ในพื้นที่ต่างกัน ตัวหนึ่งอาศัยอยู่บริเวณข้าวโลก อีกตัวอาศัยอยู่บริเวณทะเลทราย จากตารางข้อมูลกลไกที่ป้องกันไม่ให้กระต่ายทั้งสองชนิดผสมพันธุ์กันก็คือ ฤดูผสมพันธุ์ที่แตกต่างกัน เนื่องจากกระต่ายที่อาศัยอยู่บริเวณข้าวโลกจะมีฤดูผสมพันธุ์อยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม แต่กระต่ายสีน้ำตาลอาศัยอยู่ในเขตทะเลทราย มีฤดูผสมพันธุ์ช่วงมีนาคมถึงเมษายน ซึ่งช่วงเดือนที่แตกต่างกัน ให้ไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้ เมื่อเปรียบเทียบกับด้านอื่น ๆ ที่เป็นอาหาร รูปร่างอวัยวะเพศ ที่กระต่ายทั้งสองบริเวณมีเหมือนกัน จึงสรุปได้ว่าปัจจัยอื่น ๆ ยกเว้นฤดูผสมพันธุ์ ไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้กระต่ายไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้*

ภาพ 3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส S16 ในระยะที่ 1 แผนที่ 5 เรื่อง การกำเนิดของสปีชีส์

อย่างไรก็ตาม จากภาพ 2 จะเห็นว่า ความแตกต่างของเส้นทางทั้งสามจะเริ่มต้นที่การให้เหตุผลแบบอุปนัย กล่าวคือรูปแบบที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (24 คน ร้อยละ 63.16) มีความสามารถในการอุปมาอุปไมย และการสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ เป็นฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกซึ่งการให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน โดยสองด้านนี้มีความสัมพันธ์กันในลักษณะพลวัต คือ ต่างฝ่ายต่างช่วยส่งเสริมซึ่งกันและกัน โดยตัวอย่างคำตอบในใบกิจกรรมและบทสนทนาของนักเรียนแสดงในภาพ 4 ซึ่งอยู่ในกิจกรรมเรื่องชนิดของกล้ามเนื้อ จะเห็นว่าข้อสรุปที่นักเรียนได้เขียนลงในใบกิจกรรมสอดคล้องกับบทสนทนาที่นักเรียนได้อภิปรายร่วมกัน โดยในการสนทนานักเรียนมักยกประเด็นที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน (ข้อความที่ขีดเส้นใต้) เข้ามาเกี่ยวข้อง อาทิ นักเรียนได้ยกการนวดแป้งขนมปังมาใช้ เพื่ออธิบายว่าเพราะเหตุใดเมื่อรับประทานหัวใจหมูถึงมีลักษณะแน่นและเคี้ยว สอดคล้องกับคำจำกัดความของการอุปมาอุปไมย ที่ว่าการที่นักเรียนสามารถเรียนรู้หรือเข้าใจเรื่องใหม่ หรือสถานการณ์ใหม่ที่พบ ต้องอาศัยการเทียบเคียงหรือถ่ายโอนประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมที่เคยรู้มาก่อนเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การทำความเข้าใจแนวคิดเรื่องใหม่ได้ และ

ยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น ขณะเดียวกันก็นำข้อมูลที่ได้จากการอภิปรายมาไข่มองหา รูปแบบของกล้ามเนื้อไปที่ละชนิด แล้วสรุปลักษณะของกล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อเรียบ และกล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งเป็นหนึ่งในพฤติกรรมบ่งชี้ ของการสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบนั่นเอง โดยการกระทำดังกล่าวเกิดขึ้นจากการที่นักเรียนมีการใช้ความสามารถในการให้ เหตุผลทั้งสององค์ประกอบพร้อม ๆ กัน

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>กล้ามเนื้อชนิด กล้าม / กล้ามเนื้อโครงร่าง</p>  <p>กล้ามเนื้อชนิดนี้มีลักษณะเป็นลายเส้นตรงยาว ๆ มีลายเส้นตรง ๆ ปรากฏอยู่เป็นระยะ ๆ ทั่วทั้งเนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อชนิดนี้พบในกล้ามเนื้อโครงร่าง เช่น กล้ามเนื้อแขน กล้ามเนื้อขา กล้ามเนื้อคอ กล้ามเนื้ออก กล้ามเนื้อหัวใจ</p> <p>กล้ามเนื้อชนิด เรียบ</p>  <p>กล้ามเนื้อชนิดนี้มีลักษณะเป็นเส้นตรงยาว ๆ มีลายเส้นตรง ๆ ปรากฏอยู่เป็นระยะ ๆ ทั่วทั้งเนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อชนิดนี้พบในกล้ามเนื้อเรียบ เช่น กล้ามเนื้อในผนังของอวัยวะต่าง ๆ เช่น ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ กระเพาะอาหาร ต่อมต่าง ๆ</p> <p>กล้ามเนื้อชนิด หัวใจ</p>  <p>กล้ามเนื้อชนิดนี้มีลักษณะเป็นลายเส้นตรงยาว ๆ มีลายเส้นตรง ๆ ปรากฏอยู่เป็นระยะ ๆ ทั่วทั้งเนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อชนิดนี้พบในกล้ามเนื้อหัวใจ</p> | <p>นักเรียน S11 : เวลาเราเคี้ยวลำไส้หนูจะเหนียวและ เนื้อเนียน ๆ ลื่น ๆ กัดไม่ขาด ไหลลงคอทันทีที่เข้าปาก</p> <p>นักเรียน S28 : ที่เป็นเนื้อเนียน ๆ ลื่น ๆ เพราะว่า เซลล์ของกล้ามเนื้อเรียบเป็นลักษณะหัวแหลม ท้ายแหลม จัดเรียงตัวกันแบบแน่น ตรงส่วนแหลม ๆ จะสานเข้าด้วยกัน ทำให้เนื้อของลำไส้มันเหนียวและเนียน</p> <p>นักเรียน S33 : เนื้อที่โครงเวลาที่ฉีกจะสามารถฉีกออกได้ง่ายเป็นเส้น ๆ เพราะเซลล์กล้ามเนื้อเป็นท่อยาว เรียงกันสวยงามเป็นเส้นเหมือนเซลล์กล้ามเนื้อโครงร่าง</p> <p>นักเรียน S01 : หัวใจเต้นตลอดเวลา ทำให้เนื้อหัวใจมันแดงเวลารกัด เหมือนการนวดแป้งขนมปัง ที่เขานวดเพื่อให้ขนมปังแดงดีที่จะ ใช้ไหมคะ</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

ภาพ 4 ตัวอย่างคำตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนรหัส S07 และบทสนทนาของนักเรียน ในการวิจัยระยะที่ 2 แผนที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่ของคอน

ส่วนรูปแบบที่ 2 นักเรียนประมาณหนึ่งในสามของทั้งหมด (12 คน ร้อยละ 31.58) ใช้การอุปมาอุปไมยเป็นฐานที่ช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ และการให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน ตามลำดับ ขณะที่รูปแบบที่ 3 พบนักเรียนเพียง 2 คนเท่านั้น (ร้อยละ 5.26) ที่แสดงออกว่าแต่ละองค์ประกอบย่อยของการคิดแบบอุปนัยไม่มีความสัมพันธ์กัน

### สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีเส้นทางการเรียนรู้ของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 3 รูปแบบ โดยเส้นทางการเรียนรู้ของการให้เหตุผลแบบนิรนัยจะเป็นลำดับขั้น เริ่มจากการระบุและควบคุมตัวแปรก่อนเสมอ แล้วจึงเป็นการตั้งสมมติฐานและการสรุปผลการทดลอง ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lazonder and Kamp (2012) ที่พบว่า การระบุและควบคุมตัวแปรเป็นความสามารถที่จำเป็นสำหรับทุกกิจกรรมย่อยภายใต้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ส่วนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย ทั้ง 3 องค์ประกอบย่อย คือ การสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ การอุปมาอุปไมย และการให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน จากเส้นทางการเรียนรู้พบว่า 2 ใน 3 ของเส้นทางการเรียนรู้ มีองค์ประกอบย่อยด้านการอุปมาอุปไมยที่เป็นเสมือนรากฐานสนับสนุนให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลขององค์ประกอบย่อยอื่นๆ ต่อไปได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suchairut et al. (2016) ที่พบว่า การที่นักเรียนนำความรู้จากบริบทที่นักเรียนคุ้นเคยไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์อื่นๆ

ภายใต้เงื่อนไขและบริบทใหม่ (การอุปมาอุปไมย) ช่วยให้ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายทอดความรู้สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และ Shultz (2015) ที่พบว่า ความสามารถในการอุปมาอุปไมยเป็นเสมือนตัวเชื่อมระหว่างชุดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างทักษะการคิดที่ซับซ้อนจากกลไกการเริ่มต้นแบบอาศัยประสบการณ์เดิมของบุคคล ส่งผลให้บุคคลสามารถเรียนรู้สิ่งที่เป็นามธรรมได้เข้าใจง่ายมากขึ้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Shultz (2015) ไม่ได้ระบุว่า การอุปมาอุปไมยมีส่วนช่วยพัฒนาทักษะการคิดที่ซับซ้อนนั้นได้อย่างไร แต่ในงานวิจัยนี้ได้ให้ข้อค้นพบใหม่ว่าการอุปมาอุปไมยเป็นกุญแจสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยองค์ประกอบย่อยอื่นๆ ได้

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและอุปนัย ดังนั้น องค์ประกอบย่อยของการให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อนจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยความสามารถในการให้เหตุผลแบบนิรนัย ซึ่งข้อค้นพบนี้ชี้ว่าการให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัยมีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ การให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อนต้องอาศัยความสามารถในการให้เหตุผลด้านนิรนัย ในองค์ประกอบย่อยการระบุและควบคุมตัวแปร และการสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้มาก่อนเสมอ โดยการค้นพบนี้เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะที่เปิดกว้างให้ผู้วิจัยสามารถปรับกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียนและผลการประเมินระหว่างเรียนได้ จึงทำให้ได้มาซึ่งความสัมพันธ์ของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและอุปนัย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lawson (2005) ที่พบว่า การแสดงออกซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยจะเกิดขึ้นได้ ต้องอาศัยการให้เหตุผลแบบนิรนัยเป็นฐานก่อนเสมอ กล่าวคือบุคคลมีกระบวนการคิดแบบนิรนัยก่อนเมื่อประสบกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตจริง บุคคลจะคาดการณ์ถึงผลที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าจากการมองหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นเหตุและเป็นผล (หรือตั้งสมมติฐาน และระบุตัวแปรต้นหรือตัวแปรตาม) จากนั้นจึงมีกระบวนการคิดแบบอุปนัยตามมา และเนื่องจากงานวิจัยนี้พบว่า เส้นทางการเรียนรู้ที่จะสามารถพัฒนานักเรียนให้เป็นบุคคลที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้นั้น ในด้านนิรนัยจะเริ่มจากการระบุและควบคุมตัวแปร การสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ และการสรุปความจากการทดลอง ตามลำดับ และด้านอุปนัย พบว่า การอุปมาอุปไมยเป็นรากฐานที่ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกซึ่งการให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน และการสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ โดยการสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ และการอุปมาอุปไมยมีความสัมพันธ์กันในลักษณะพลวัต คือ ต่างฝ่ายต่างช่วยส่งเสริมซึ่งกันและกัน นอกจากนี้การให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อนต้องอาศัยความสามารถในการให้เหตุผลด้านนิรนัย ในองค์ประกอบย่อยการระบุและควบคุมตัวแปร และการสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ มาก่อนเสมอด้วย ดังนั้น สามารถนำข้อมูลในส่วนของเส้นทางการเรียนรู้ไปเป็นพื้นฐานสำหรับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาและการออกแบบหลักสูตร เพื่อไ้ระดับของการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

### ข้อเสนอแนะ

1. การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ควรเริ่มพัฒนาจากแบบนิรนัยก่อน คือ การระบุและควบคุมตัวแปร การสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ และการสร้างข้อสรุปจากการทดลอง ตามลำดับ จากนั้นจึงเริ่มพัฒนาแบบอุปนัย โดยเริ่มจากการให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน การสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ และการอุปมาอุปไมย
2. งานวิจัยต่อยอดควรศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อตรวจสอบว่าเส้นทางการเรียนรู้แบบสมมติฐานที่สร้างขึ้นต่อยอดจากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวางกับนักเรียนทุกระดับชั้นหรือไม่อย่างไร

## References

- Adadan, E., Trundle, K. C., & Irving, K. E. (2010). Exploring Grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of metarepresentational instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 1004-1035.
- Akerson, V., & Abd-El-Khalick, F. (2005). How should I know what scientists do? —I am just a kid: Fourth-grade students' conceptions of nature of science. *Journal of Elementary Science Education*, 17, 1-11.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2004). Learning trajectories in mathematics education. *Mathematical Thinking and Learning*, 6, 81-89.
- Clements, D. H. (2007). Curriculum research: Toward a framework for research-based curricula. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38, 35-70.
- Corcoran, T., & Silander, M. (2009). Instruction in high schools: The evidence and the Challenge. *The Future of Children*, 19(1), 157-183. doi:10.1353/foc.0.0026.
- Inoue, N. (2015). *Beyond Action: Psychology of action research for mindful educational improvement*. New York: Peter Lang Publishing.
- Kakosimos, K. E. (2015). Example of a micro-adaptive instruction methodology for the improvement of flipped classrooms and adaptive learning based on advanced blended learning tools improvement of flipped-classrooms and adaptive-learning based on advanced blended-learning tools. *Education for Chemical Engineers*, 12, 1-11.
- Lawson, A. E. (1985). A Review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 569-671.
- Lawson, A. E. (2005). What is the role of induction and deduction in reasoning and scientific inquiry? *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 716-740.
- Lazonder, A. W., & Kamp, E. (2012). Bit by bit or all at once? Splitting up the inquiry task to promote children's scientific reasoning. *Learning and Instruction* 22, 458-464.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Overholser, J. C. (1993). Element of the Socratic method: II inductive reasoning. *Psychotherapy*, 30(1), 75-85.
- Shultz, T. R. (2015). Connectionist models of development. In J. D. Wright (Ed.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 1-8). Oxford: Elsevier.
- Soncha, N., Ketsing, J., & Kongsema, M. (2018). Grade 10<sup>th</sup> students' scientific reasoning in biology. In *proceedings of 56<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference* (pp. 116-125). Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Suchairut, N., Sawekngam, W., & Tanak, E. (2016). Development of an instructional model based on model-based inquiry and context-based learning approaches to promote scientific reasoning and transfer of learning abilities of lower secondary students. *Journal of education Naresuan university*, 15(1), 106-113. [in Thai]

- Sullivan, P., Mousley, J., & Zevenbergen, R. (2004). Describing elements of mathematics lessons that accommodate diversity in student background. In M. J. Joines and A. Fuglestad. (eds.), *The 28<sup>th</sup> Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 4257-4265). Bergen: Norway.
- Suttakun, L., & Ladachart, L. (2014). Fourth grade students' scientific reasoning. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 21(3), 107-123. [in Thai]
- Vaughn, M. 2015. Adaptive teaching: Reflective practice of two elementary teachers' visions and adaptations during literacy instruction. *Reflective Practice: International and Multidisciplinary Perspectives*, 16(1), 43-60.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20(1), 99-149.