



The Project-Based Learning on Biodiversity to Promote Critical Thinking and Connectivity Thinking for Grade 10 Students.

Thanyaluck Suwannasom^{1,*} and Panwilai Dokmai¹

¹*Master of Education Program in Science Education Program, Faculty of Education, Rajabhat Maha Sarakham University*

**Email: Thanyaluck@payak.ac.th*

Received <19 Mar. 2026>; Revised <24 Jul. 2026>; Accepted <25 Jul. 2026>

Abstract

The purposes of this research were to investigate the critical thinking and connectivity thinking of Grade 10 students after learning through Project-Based Learning on the topic of Biodiversity. This study employed a pre-experimental research design. The sample consisted of 40 Grade 10 students from Phayakkhaphum Wittayakarn School during the first semester of the 2025 academic year, selected by cluster random sampling. The research instruments included: (1) a Project-Based Learning lesson plan on biodiversity comprising a total of 12 instructional hours; (2) a Critical Thinking test consisting of 25 four-option situational multiple-choice items, developed based on five components of critical thinking, with five items per component; and (3) a Connectivity Thinking assessment consisting of 30 items across six dimensions, with five items in each dimension. The data were analyzed using mean, standard deviation, and normalized T-scores. The findings indicated that students' critical thinking abilities after the PBL intervention were at a moderate level across all components: Inference (T = 48.91), Recognition of Assumptions (T = 50.14), Deduction (T = 50.14), Interpretation (T = 50.32), and Evaluation of Arguments (T = 50.49). In terms of Connectivity Thinking, students demonstrated moderate levels across all dimensions, including Networks Formation and Maintenance (T = 48.10), Access and Filter Information (T = 50.18), Connections between Nodes (T = 47.85), Diversity of Resources (T = 49.85), Lifelong Learning (T = 51.35), and Dynamic Learning Process (T = 52.68).

Keywords: Project-Based Learning; Critical Thinking; Connectivity Thinking

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ธัญญลักษณ์ สุวรรณสม^{1*} และ พรณวิไล ดอกไม้¹

¹หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

*Email: Thanyaluck@payak.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ 2) การเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเป็นฐาน เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 40 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเป็นฐาน เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ จำนวน 1 แผน เวลาในการจัดการเรียนรู้ 12 ชั่วโมง, 2) แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นข้อสอบเชิงสถานการณ์ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก สร้างข้อสอบตามด้านการประเมินจำนวน 5 ด้าน ด้านละ 5 ข้อ รวมข้อสอบทั้งหมด 25 ข้อ และ 3) แบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำหรับประเมินการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียน จำนวน 6 ด้าน ด้านละ 5 ข้อ รวม 30 ข้อ มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคะแนน T ปกติ ผลการวิจัยการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เมื่อพิจารณาการคิดอย่างมีวิจารณญาณรายด้าน พบว่า 1) นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ด้านการสรุปอ้างอิง ($T = 48.91$) ด้านการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น ($T = 50.14$) ด้านการนิรนัย ($T = 50.14$) ด้านการตีความ ($T = 50.32$) และด้านการประเมินข้อโต้แย้ง ($T = 50.49$) ซึ่งทุกด้านแปลผลอยู่ในระดับปานกลาง และ 2) นักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ด้านการสร้างและรักษาเครือข่ายกรองข้อมูล ($T = 48.10$) ด้านการเข้าถึงและกรองข้อมูล ($T = 50.18$) ด้านการเชื่อมโยงข้อมูล ($T = 47.85$) ด้านความหลากหลายของแหล่งข้อมูล ($T = 49.85$) ด้านการเรียนรู้ตลอดชีวิต ($T = 51.35$) และด้านกระบวนการแบบไดนามิก ($T = 52.68$) โดยทุกด้านมีการแปลผลอยู่ในระดับค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นระดับคุณภาพปานกลาง

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน; การคิดอย่างมีวิจารณญาณ; การเชื่อมโยงความรู้

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ได้รับการยอมรับว่าเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญที่นักเรียนควรพัฒนา เนื่องจากช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ ประเมินข้อมูล และตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล รวมทั้งสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนในสถานการณ์จริง (Panich, 2012) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งถือเป็นช่วงสำคัญในการเตรียมนักเรียนเข้าสู่การศึกษาระดับอุดมศึกษาและโลกของการทำงาน (Office of the Education Council, 2019) นอกจากนี้ การคิดอย่างมีวิจารณญาณยังมีบทบาทสำคัญในระดับสังคมและระดับโลก เนื่องจากช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลข่าวสารอย่างรอบคอบ ลดการรับข้อมูลที่คลาดเคลื่อน และตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลที่เชื่อถือได้ (OECD, 2018; UNESCO, 2021) โดย Watson and Glaser (1980) อธิบายว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 5 ประการ ได้แก่ (1) การสรุปอ้างอิง (Inference) หมายถึง ความสามารถในการใช้ข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่เพื่อคาดการณ์หรือสรุปผลอย่างสมเหตุสมผล โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้ เช่น การตั้งข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้รับ และการพิจารณาความเพียงพอของหลักฐาน (2) การยอมรับข้อตั้ง (Recognition of Assumptions) หมายถึง ความสามารถในการระบุสมมติฐานหรือข้อสันนิษฐานที่แฝงอยู่ในข้อความหรือสถานการณ์ โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้ เช่น การแยกแยะข้อเท็จจริงกับความคิดเห็น และการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของสมมติฐาน (3) การนิรนัย (Deduction) หมายถึง ความสามารถในการใช้เหตุผลเชิงตรรกะจากหลักการทั่วไปไปสู่ข้อสรุปเฉพาะ โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้ เช่น การพิจารณาความสอดคล้องของข้อสรุปกับเงื่อนไขที่กำหนด (4) การตีความ (Interpretation) หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจและอธิบายความหมายของข้อมูลหรือสถานการณ์ โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้ เช่น การอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลและการสรุปความหมายอย่างมีเหตุผล และ (5) การประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือและความแข็งแรงของเหตุผล โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้ เช่น การเปรียบเทียบข้อโต้แย้งจากหลายมุมมอง และการตัดสินใจโดยอิงหลักฐานและเหตุผล (Watson and Glaser, 1980; Facione, 1990) ทักษะเหล่านี้ช่วยให้นักเรียนสามารถพิจารณาข้อมูลอย่างเป็นระบบและสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสิ่งที่ต้องมีความรู้ควบคู่ไปกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ การคิดเชื่อมโยงความรู้ (Connectivity Thinking) ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทักษะสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเชื่อมโยงความรู้มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด โดยการคิดเชื่อมโยงความรู้เป็นกระบวนการที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถรวบรวมและบูรณาการข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย ขณะที่การคิดอย่างมีวิจารณญาณทำหน้าที่ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และประเมินความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ การพัฒนาทักษะทั้งสองจึงต้องดำเนินควบคู่กัน เนื่องจากการเชื่อมโยงความรู้โดยปราศจากการไตร่ตรองอย่างมีเหตุผลอาจนำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ในขณะเดียวกัน การคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ขาดการเชื่อมโยงความรู้ก็อาจทำให้การเรียนรู้มีลักษณะแยกส่วนและไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้ ดังนั้น การบูรณาการทักษะทั้งสองจึงเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้เชิงลึกและการแก้ปัญหาในบริบทโลกยุคดิจิทัล (Amer and Moussa, 2022; Davies, 2014; Schumacher and Stern, 2022) ซึ่งการคิดเชื่อมโยงความรู้สอดคล้องกับแนวคิด “การเรียนรู้ผ่านเครือข่าย” หรือ Connectivism ซึ่งเสนอโดย Siemens (2005) ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย ทั้งในสภาพแวดล้อมออนไลน์และออฟไลน์ แนวคิดนี้สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลไม่ได้เกิดขึ้นเพียงจากการรับความรู้จากผู้สอนเท่านั้น แต่เกิดจากการสร้างเครือข่ายความรู้ การคัดกรองข้อมูล และการเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งนำไปสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต

ในประเทศไทย แนวทางการจัดการศึกษาได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะทักษะการคิดวิเคราะห์ถือเป็นองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงความรู้เพื่อการประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง (Ministry of Education, 2017) อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินระดับนานาชาติ เช่น โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ซึ่งดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) พบว่านักเรียนไทยยังมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการอ่านต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD โดยเฉพาะในด้านการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2020) ทั้งนี้ แม้การประเมินของ PISA จะมุ่งเน้นการวัดทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาเป็นหลัก แต่ทักษะดังกล่าวถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งครอบคลุมกระบวนการทางความคิดในระดับที่สูงกว่า ทั้งการวิเคราะห์ การตีความ การประเมินหลักฐาน และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ดังนั้น การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงสามารถส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาได้ในภาพรวม (Facione, 1990; OECD, 2019; Lai, 2011) ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมทักษะดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ จากรายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษาของโรงเรียนแห่งหนึ่ง (2567) พบว่า ผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนในช่วงปีการศึกษา 2565–2567 มีแนวโน้มลดลงในหลายรายวิชา โดยเฉพาะในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่ง

สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาด้านการคิดวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนในสถานการณ์จริง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Himkao (2018) และ Butrayathawon (2021) ที่พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษา มีทักษะการคิดวิเคราะห์ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ เมื่อพิจารณาในกรอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ปัญหาดังกล่าวอาจสะท้อนถึงข้อจำกัดของผู้เรียนในการดำเนินกระบวนการทางปัญญาระดับสูง ได้แก่ การสรุปอ้างอิงจากหลักฐาน (Inference) การระบุสมมติฐาน (Recognition of Assumptions) การใช้เหตุผลเชิงนิรนัย (Deduction) การตีความข้อมูล (Interpretation) และการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย (Watson and Glaser, 1980; Facione, 1990; Ennis, 2011) จึงจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้และการเรียนรู้เชิงลึกของนักเรียน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PBL) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนแสวงหาความรู้และค้นหาคำตอบจากประเด็นปัญหาหรือข้อสงสัยของตนเอง โดยบูรณาการเทคนิคการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น กระบวนการกลุ่ม การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งช่วยให้นักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่มีความซับซ้อนและใกล้เคียงกับสภาพจริง ส่งเสริมให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และประมวลความรู้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Jongkolklang, 2017) กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดของ Nantasukhon and Yuthong, (2014) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำโครงงาน (2) ขั้นกระตุ้นความสนใจของนักเรียน (3) ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือเพื่อวางแผนการทำงาน (4) ขั้นแสวงหาความรู้และดำเนินกิจกรรมโครงงาน (5) ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ และ (6) ขั้นนำเสนอผลงานและประเมินผล โดยเน้นการประเมินตามสภาพจริงทั้งด้านความรู้ กระบวนการ ทักษะ และผลงานของนักเรียน กระบวนการดังกล่าวช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง โดยเฉพาะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รวมทั้งส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีม การสื่อสาร และการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังพบว่า การเรียนรู้ผ่านโครงงานช่วยส่งเสริมความเข้าใจเชิงลึก ทั้งนี้ ผลการวิจัยที่รายงานว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานสามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการเรียนรู้เชิงลึกนั้น สามารถอธิบายเชื่อมโยงกับการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างเป็นระบบ กล่าวคือ การคิดวิเคราะห์ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งครอบคลุมกระบวนการทางปัญญาในระดับที่สูงกว่า ทั้งการตีความ การประเมินหลักฐาน และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ขณะที่การเรียนรู้เชิงลึกเกิดจากการที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิม รวมทั้งบูรณาการความรู้จากหลายแหล่งเพื่อสร้างความเข้าใจที่มีความหมาย ดังนั้น กระบวนการเรียนรู้ผ่านโครงงานที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบค้น วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลจากสถานการณ์จริง จึงเอื้อต่อการพัฒนาทั้งการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเชื่อมโยงความรู้ไปพร้อมกัน โดยการคิดวิเคราะห์ทำหน้าที่เป็นกลไกในการพิจารณาคุณภาพของข้อมูล ขณะที่การเชื่อมโยงความรู้ทำหน้าที่ในการสร้างโครงสร้างความเข้าใจใหม่อย่างเป็นระบบ อันนำไปสู่การเรียนรู้เชิงลึกและการประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทที่หลากหลาย (Bell, 2010; Thomas, 2000) ทำให้ความรู้คงอยู่กับนักเรียนในระยะยาว และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะทางสังคมและภาวะผู้นำผ่านกระบวนการแก้ปัญหาและการทำงานร่วมกัน (Thomas, 2000; Bell, 2010) นอกจากนี้ คุณลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานยังมีบทบาทโดยตรงต่อการพัฒนาทั้งการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเชื่อมโยงความรู้ กล่าวคือ การที่ผู้เรียนต้องเผชิญกับปัญหาหรือสถานการณ์จริงที่มีความซับซ้อนและไม่มีความตายตัว ส่งเสริมให้เกิดการวิเคราะห์ข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และการประเมินทางเลือกอย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นหัวใจของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ขณะเดียวกัน การทำโครงงานที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งความรู้ที่หลากหลายและบูรณาการองค์ความรู้จากหลายสาขาวิชา ยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ รวมทั้งสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ กระบวนการทำงานร่วมกัน การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการนำเสนอผลงาน ยังเอื้อต่อการพิจารณาหลายมุมมองและการปรับปรุงความเข้าใจของตนเองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสะท้อนถึงการบูรณาการระหว่างการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างชัดเจน ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานจึงไม่เพียงแต่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาเท่านั้น แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้เชิงลึกผ่านการเชื่อมโยงองค์ความรู้และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลในบริบทที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง (Bell, 2010; Facione, 1990; Hmelo-Silver, 2004; Thomas, 2000)

แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PBL) สามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การเรียนรู้เชิงลึก และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Thomas, 2000; Bell, 2010; Himkao, 2018; Butrayathawon, 2021) โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลองหรือกึ่งทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ หรือเปรียบเทียบกับการสอนแบบปกติ ซึ่งพบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านการคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวมักมุ่งเน้นการวัดผลด้านทักษะการคิดรายด้านหรือผลสัมฤทธิ์เชิงเนื้อหาเป็นหลัก โดยยังขาดการศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเชิงองค์รวมตามกรอบแนวคิดที่

ชัดเจน เช่น Watson and Glaser (1980) อีกทั้งยังไม่ค่อยบูรณาการการพัฒนาการคิดเชื่อมโยงความรู้ (Connectivity Thinking) ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในยุคดิจิทัลที่ผู้เรียนต้องประมวลและเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย นอกจากนี้แม้จะมีการนำแนวคิด Connectivism มาใช้ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เช่น การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์หรือการเรียนรู้ผ่านสื่อดิจิทัล แต่ส่วนใหญ่ยังเป็นการประยุกต์ใช้ในลักษณะแยกส่วน และมุ่งพัฒนาทักษะเฉพาะด้านมากกว่าการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ที่บูรณาการ Connectivism เข้ากับ PBL อย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในบริบทการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและโรงเรียนในภูมิภาคของประเทศไทยที่ยังมีงานวิจัยค่อนข้างจำกัด (Siemens, 2005; Downes, 2012)

งานวิจัยในบริบทของประเทศไทยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานและการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย Srimeechai and Erawan (2025) พบว่านักเรียนที่เรียนด้วย PBL บนฐาน STEM มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับ Duangsong, Pansuppawat and Khamhaengpol (2022) ที่รายงานว่าการใช้ PBL ร่วมกับ graphic organizers สามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้ง Meesamran and Polyiem (2024) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบ PBL ในวิชาชีววิทยาช่วยยกระดับคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการคิดขั้นสูงในบริบทใกล้เคียงกับการคิดเชื่อมโยงความรู้ พบว่า Butwong, Nuangchalerm and Prommarat (2025) รายงานว่า การใช้ PBL ร่วมกับ causal maps สามารถพัฒนาการคิดเชิงระบบของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ Yodklang, Sonsanit and Sakorn (2022) พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับ PBL ส่งเสริมทักษะ computational thinking ของนักเรียน อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนงานวิจัยดังกล่าว พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคิดรายด้าน เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงระบบ หรือการคิดเชิงคำนวณ โดยยังขาดการศึกษาที่บูรณาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณร่วมกับการคิดเชื่อมโยงความรู้ในกรอบแนวคิดเดียวกัน โดยเฉพาะในบริบทของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวคิด Connectivism ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว

จากการทบทวนแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PBL) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาจริง มีการสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และสังเคราะห์องค์ความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามกรอบของ Watson and Glaser (1980) ในขณะเดียวกัน แนวคิดการเรียนรู้ผ่านเครือข่าย (Connectivism) ของ Siemens (2005) เน้นการเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาการคิดเชื่อมโยงความรู้ (Connectivity Thinking) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานจึงคาดว่าจะส่งผลต่อการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียน โดยที่กระบวนการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ การทำงานร่วมกัน การสืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำหน้าที่เป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาทักษะทั้งสองด้านอย่างบูรณาการ (Thomas, 2000; Bell, 2010)

ด้วยเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการเชื่อมโยงความรู้ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งหัวข้อความหลากหลายทางชีวภาพถูกเลือกมาใช้ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะบูรณาการและเชื่อมโยงกับบริบทจริง ทั้งด้านระบบนิเวศ สังคม และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเอื้อต่อการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านการวิเคราะห์และการใช้เหตุผลจากหลักฐาน ขณะเดียวกันยังส่งเสริมการคิดเชื่อมโยงความรู้จากหลายมิติในการอธิบายและแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ซับซ้อน ผลการวิจัยคาดว่าจะจะเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนในบริบทการศึกษาไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. ศึกษาการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวิจัยเชิงทดลอง แบบแผนการทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One-Group Posttest Only Design) โดยมีแบบแผนการวิจัย (Worakham, 2024) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบการทดลอง One-Group Posttest Only Design

กลุ่ม	Pre-test	Treatment	Post-test
E	-	X	O

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการศึกษา

E	หมายถึง	กลุ่มทดลอง (Experiment Group)
X	หมายถึง	การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
O	หมายถึง	การทดสอบหลังเรียน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 7 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 280 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพณิชยการวิทย์วิทยาการ อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 40 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยกำหนดให้ห้องเรียนแต่ละห้องในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นหน่วยของการสุ่ม จากนั้นทำการจับสลากจากรายชื่อห้องเรียนทั้งหมดที่มีลักษณะการจัดการเรียนการสอนและพื้นฐานทางวิชาการใกล้เคียงกัน โดยห้อง ม.4/8 เป็นห้องที่ได้รับการสุ่มเลือกให้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ทั้งนี้ การเลือกห้องดังกล่าวมิได้เกิดจากการคัดเลือกเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) แต่เป็นผลจากกระบวนการสุ่มที่ทุกห้องมีโอกาสได้รับเลือกอย่างเท่าเทียมกัน ภายใต้เงื่อนไขที่ห้องเรียนทั้งหมดใช้หลักสูตรเดียวกัน มีเนื้อหาการเรียนรู้และระยะเวลาเรียนใกล้เคียงกัน

การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

- ศึกษาหลักสูตร วิเคราะห์เนื้อหา และออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้
- พัฒนาเครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ พร้อมทั้งตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ
- ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน จำนวน 12 ชั่วโมง โดยจัดกิจกรรมตามขั้นตอนของ PBL ได้แก่ การกระตุ้นปัญหา การวางแผน การสืบค้นข้อมูล การดำเนินโครงการ และการนำเสนอผลงาน
- เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ ทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้
- รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคะแนนทีปกติ (Normalized T-score) เพื่อแปลผลระดับความสามารถของนักเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (2) แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ (3) แบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) หน่วยที่ 23 เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ จำนวน 1 แผน เวลาในการจัดการเรียนรู้ 12 ชั่วโมง โดยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน 6 ขั้น ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ได้รับการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา และมีการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เข้ามาตราประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุมด้านความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ และการวัดประเมินผล พบว่าค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.33–4.67)

2. แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Watson–Glaser Thinking Appraisal (WGCTA) เป็นแบบทดสอบเชิงสถานการณ์ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เนื่องจากสามารถออกแบบสถานการณ์คำถามที่ซับซ้อนและมีบริบท (scenario-based items) เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดระดับสูง เช่น การวิเคราะห์หลักฐาน การพิจารณาสมมติฐาน และการประเมินข้อโต้แย้ง ทั้งนี้ การใช้รูปแบบเลือกตอบยังเอื้อต่อความเป็นปรนัยในการให้คะแนนและความเที่ยงของการวัดเมื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก เพื่อจำกัดผลกระทบจากการเดาคำตอบ ผู้วิจัยได้ออกแบบตัวเลือกให้มีความใกล้เคียงกันในเชิงความสมเหตุสมผล โดยอาศัยข้อผิดพลาดที่พบบ่อยของผู้เรียนเป็นตัวลวง (distractors) รวมทั้งกำหนดระดับความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้จริง นอกจากนี้ ในการให้คะแนน กำหนดให้คำตอบที่ “ตอบผิด” และ “ไม่ตอบ” ได้คะแนนเท่ากัน (0 คะแนน) โดยมีเหตุผลเชิงการวัดว่า ทั้งสองกรณีไม่สะท้อนความสามารถในการให้เหตุผลที่ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยตระหนักว่าการไม่ตอบอาจเกิดจากปัจจัยอื่น เช่น การบริหารเวลา หรือความไม่มั่นใจ จึงได้กำหนดเวลาทำข้อสอบอย่างเพียงพอและชี้แจงวิธีทำข้อสอบอย่างชัดเจน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าว และทำให้คะแนนที่ได้สะท้อนความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้มากที่สุด (Watson and Glaser, 1980) โดยข้อสอบครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 5 ด้าน ได้แก่ 1) การสรุปอ้างอิง 2) การยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น 3) การนิรนัย 4) การตีความ และ 5) การประเมินข้อโต้แย้ง โดยแต่ละด้านมีจำนวน 5 ข้อ รวมทั้งหมด 25 ข้อ ผู้วิจัยศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดกรอบในการสร้างข้อสอบ ซึ่งมีลักษณะเป็นสถานการณ์ ปัญหา หรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนพิจารณาและเลือกคำตอบที่เหมาะสมที่สุด เกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน แบบทดสอบได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 จากนั้นนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพและคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ไว้จำนวน 25 ข้อ พบว่า ข้อสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.45–0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.40 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90 โดยมีตัวอย่างแบบทดสอบ ดังนี้

คำชี้แจง

- 1. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท X ลงในคำตอบข้อที่ถูกต้องที่สุด
- 2. แบบทดสอบฉบับนี้มีจำนวน 25 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 30 นาที

ผลการเรียนรู้ที่ 1 อภิปรายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์และความหลากหลายของระบบนิเวศ

(ตัวอย่างแบบทดสอบ) จากสถานการณ์ต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อที่ 1-5

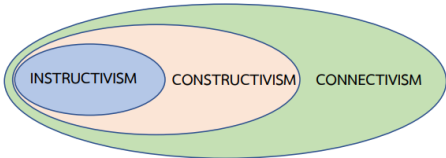
“นักเรียนกลุ่มหนึ่งได้ศึกษาผลกระทบของการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ชุ่มน้ำแห่งหนึ่ง พบว่าการสูญเสียของพืชบางชนิดทำให้สัตว์น้ำที่เคยอาศัยอยู่บริเวณนั้นลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว และส่งผลต่อวิถีชีวิตของชุมชนที่พึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติในระบบนิเวศดังกล่าว”

ข้อ 1. จากสถานการณ์ข้างต้น ข้อใดเป็นข้อสรุปที่เหมาะสมที่สุด (การสรุปอ้างอิง) ก. การสูญเสียของพืชบางชนิดไม่ส่งผลต่อสัตว์น้ำ ข. ความหลากหลายของพันธุกรรมไม่เกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตของมนุษย์ ค. ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมีผลต่อความสมดุลของระบบนิเวศ ง. สัตว์น้ำสามารถปรับตัวได้โดยไม่ขึ้นกับพืชในระบบนิเวศนั้น	ข้อ 2. ข้อใดต่อไปนี้เป็นสมมติฐานที่ซ่อนอยู่ในสถานการณ์ข้างต้น (การยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น) ก. พืชทุกชนิดในระบบนิเวศมีคุณสมบัติทางยารักษาโรค ข. ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตไม่มีผลต่อความมั่นคงของชุมชน ค. ความเปลี่ยนแปลงของสิ่งหนึ่งในระบบนิเวศส่งผลต่อสิ่งอื่น ๆ ง. ชุมชนสามารถดำรงอยู่ได้โดยไม่ต้องพึ่งพาธรรมชาติ
--	---

ข้อ 3. ถ้าข้อความว่า “ความหลากหลายของพันธุกรรม ส่งผลต่อการอยู่รอดของสปีชีส์” เป็นจริง และ “ระบบนิเวศที่มีความหลากหลายต่ำมีการเปลี่ยนแปลงของสายพันธุ์มาก” ข้อใดสรุปได้จากข้อมูลนี้ (การนิรนัย) ก. ระบบนิเวศที่มีความหลากหลายสูงจะไม่มี การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ข. ความหลากหลายทางพันธุกรรมเป็นเพียงปัจจัยรองในการรักษาระบบนิเวศ ค. การลดลงของความหลากหลายพันธุกรรมอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ ง. ความหลากหลายของระบบนิเวศไม่มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์	ข้อ 4. หากชุมชนท้องถิ่นตัดสินใจอนุรักษ์พืชพื้นถิ่นเพื่อรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ การกระทำดังกล่าวสื่อถึง ความเข้าใจในประเด็นใด (การตีความ) ก. การอนุรักษ์ไม่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ข. ความหลากหลายของพืชไม่มีผลต่อความหลากหลายของสัตว์ ค. ชีวิตมนุษย์ไม่ขึ้นอยู่กับความสมดุลของธรรมชาติ ง. ความหลากหลายทางชีวภาพเป็นพื้นฐานของความมั่นคงของระบบนิเวศ
ข้อ 5. นักเรียนบางคนเสนอว่า “ไม่จำเป็นต้องอนุรักษ์พันธุ์พืชท้องถิ่น เพราะสามารถปลูกพันธุ์พืชเชิงการค้าแทนได้” ข้อใดเป็นการโต้แย้งข้อเสนอนี้ที่มีเหตุผลที่สุด (การประเมินข้อโต้แย้ง) ก. พืชพันธุ์ท้องถิ่นไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ข. พืชเชิงการค้าเจริญเติบโตเร็วกว่า จึงควรเลือกใช้ ค. พืชพันธุ์ท้องถิ่นมีความหลากหลายทางพันธุกรรมซึ่งอาจมีประโยชน์ในอนาคต ง. เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ต้องการปลูกพืชพันธุ์พื้นเมือง	

3. แบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในรูปแบบ Rubric สำหรับครูเป็นผู้ประเมิน โดยอาศัยการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงความรู้ เพื่อนำมากำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและใช้เป็นกรอบในการสร้างรายการประเมิน เครื่องมือประกอบด้วยองค์ประกอบการประเมิน 6 ด้าน สืบเคราะห์จากหลักการสอนตามทฤษฎีเชื่อมโยงความรู้ของ Siemens (2005) ด้านละ 5 ข้อ รวมทั้งหมด 30 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบ 6 ด้าน และเพื่อให้การประเมินการเชื่อมโยงความรู้มีความชัดเจนในเชิงการวัด ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบ พร้อมพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้ (1) การสร้างและรักษาเครือข่ายข้อมูล หมายถึง เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับแหล่งข้อมูลหรือผู้รู้ในรูปแบบของ “เครือข่าย” เช่น อาจารย์ เพื่อนร่วมชั้น นักวิชาการ เว็บไซต์ หรือกลุ่มโซเชียลมีเดีย เพื่อเข้าถึงความรู้ใหม่อย่างต่อเนื่อง (2) การเข้าถึงและกรองข้อมูล หมายถึง เป็นการค้นหาข้อมูลจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ และเลือกใช้เฉพาะข้อมูลที่เหมาะสมกับเป้าหมายการเรียนรู้ (3) การเชื่อมโยงข้อมูล หมายถึง เป็นการสร้างความเข้าใจใหม่ด้วยการเชื่อมโยงแนวคิดหรือข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (4) ความหลากหลายของแหล่งข้อมูล หมายถึง เป็นการเรียนรู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายเพื่อเปิดมุมมองและพิจารณาได้รอบด้าน (5) การเรียนรู้ตลอดชีวิต หมายถึง เป็นการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องในทุกช่วงวัย เพื่อพัฒนาตนเองให้ทันกับเปลี่ยนแปลงของโลก (6) กระบวนการเรียนรู้แบบไดนามิก หมายถึง เป็นการเรียนรู้ที่ปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ เทคโนโลยี และสังคมอย่างยืดหยุ่นและทันสมัย

เครื่องมือได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) พบว่ารายการประเมินมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากนั้นนำแบบประเมินไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ โดยพิจารณาค่าอำนาจจำแนกด้วยวิธี Item–Total Correlation ผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27–0.83 นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบประเมินที่คัดเลือกไว้ทั้งฉบับ โดยใช้วิธี สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96 แสดงว่าเครื่องมือมีความเชื่อถือได้ในระดับสูง และเหมาะสมสำหรับใช้เก็บรวบรวมข้อมูลการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนในการวิจัย ซึ่งในการสร้างแบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ อาศัยหลักการสอนตามทฤษฎีเชื่อมโยงความรู้ของนักวิชาการหลาย ๆ ท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดของ Siemens (2005) และยังอาศัยความเชื่อมโยงของหลาย ๆ ทฤษฎีเข้ามาประกอบกันจนเกิดพัฒนาการของทฤษฎีการเชื่อมโยงความรู้ขึ้น ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความเชื่อมโยงพัฒนาการของทฤษฎีการเชื่อมโยงความรู้
ที่มา : Tracey, 2009, as cited in Hongkhunthod, 2015, as cited in Pakapol, 2022

โดยมีตัวอย่างแบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ ดังตารางที่ 2

คำชี้แจง

- 1. แบบประเมินชุดนี้มีจำนวน 30 ข้อ
- 2. แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อประเมินการเชื่อมโยงความรู้ ข้อมูลที่ได้จากการทำแบบประเมินชุดนี้จะนำไปใช้ในการวิจัยเท่านั้น จะไม่มีผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

เกณฑ์การประเมิน

นักเรียนมีการปฏิบัติมาก	ระดับความคิดเห็น 4 คะแนน
นักเรียนมีการปฏิบัติปานกลาง	ระดับความคิดเห็น 3 คะแนน
นักเรียนมีการปฏิบัติน้อย	ระดับความคิดเห็น 2 คะแนน
นักเรียนมีการปฏิบัติน้อยที่สุด	ระดับความคิดเห็น 1 คะแนน

ตารางที่ 2 แบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้

ที่	(ตัวอย่าง) รายการประเมิน	คะแนนประเมิน			
		4	3	2	1
1.	ด้านการสร้างและรักษาเครือข่าย (Networks Formation and Maintenance)				
	1.1 นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้กับเพื่อนหรืออาจารย์ในชั้นเรียนอย่างสม่ำเสมอ				
	1.2 นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีหรือแพลตฟอร์มดิจิทัล เช่น แชท กลุ่มเรียนออนไลน์ หรือโซเชียลมีเดีย เพื่อสร้างและขยายเครือข่ายการเรียนรู้				
	1.3 นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ และประสบการณ์ กับสมาชิกในเครือข่ายอย่างต่อเนื่อง				
	1.4 นักเรียนสื่อสารกับผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีประสบการณ์ในเรื่องที่เรียนรู้				
	1.5 นักเรียนมีการขอคำแนะนำหรือข้อเสนอแนะ จากผู้อื่นในเครือข่าย เพื่อนำไปปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเอง				

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการเชื่อมโยงความรู้ เรื่องความหลากหลายทางชีวภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพณิชยการวิทยาการ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน จำนวน 1 แผน เวลาเรียน 12 ชั่วโมง ดังนี้

- 1. ผู้วิจัยวางแผนการเก็บข้อมูล และดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
- 2. ผู้วิจัยทำการเตรียมความพร้อมของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาก่อนดำเนินการทดลอง โดยแนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน
- 3. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1 แผนการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ให้ความรู้พื้นฐาน (1 ชั่วโมง) : ครูมีบทบาทในการปูพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยบรรยายองค์ประกอบของโครงงานและยกตัวอย่างให้นักเรียนวิเคราะห์ ขณะที่นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนผ่านแอปพลิเคชัน และร่วมอภิปรายเพื่อสร้างความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับโครงงาน ขั้นที่ 2 กระตุ้นความสนใจ (1 ชั่วโมง) : ครูใช้คำถามหรือสถานการณ์

เกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพใกล้ตัว เพื่อกระตุ้นความสนใจและตั้งประเด็นปัญหา ขณะที่นักเรียนร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และเริ่มตั้งคำถามเชิงสำรวจเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตในบริบทของโรงเรียน ขั้นที่ 3 วางแผนโครงการ (2 ชั่วโมง) : นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม ระดมสมองเพื่อกำหนดหัวข้อโครงการ วัตถุประสงค์ วิธีการเก็บข้อมูล และแผนการดำเนินงาน เช่น การแบ่งหน้าที่ในกลุ่มและกำหนดพื้นที่ศึกษา โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำแนะนำและตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน ขั้นที่ 4 ดำเนินโครงการและสืบค้นข้อมูล (4 ชั่วโมง) : นักเรียนลงมือสำรวจสิ่งมีชีวิตในบริเวณโรงเรียน เก็บรวบรวมข้อมูล ค้นคว้าเพิ่มเติม และจำแนกสิ่งมีชีวิตตามหลักอนุกรมวิธาน รวมทั้งเขียนชื่อวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำ และติดตามความก้าวหน้าเป็นระยะ ขั้นที่ 5 สรุปองค์ความรู้ (2 ชั่วโมง) : นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา และเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพ การจำแนกสิ่งมีชีวิต และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ของตนเอง โดยครูช่วยชี้แนะและตั้งคำถามกระตุ้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงานและประเมินผล (2 ชั่วโมง) : นักเรียนจัดทำสื่อนำเสนอ เช่น รูปเล่มหรือโปสเตอร์ และนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน พร้อมตอบคำถามและสะท้อนข้อค้นพบของตนเอง โดยเน้นการเชื่อมโยงความรู้ด้านพันธุกรรม สปีชีส์ และระบบนิเวศ จากนั้นครูทำการประเมินผลการศึกษา โดยการประเมินผลประกอบด้วย 1) แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2) การประเมินการเชื่อมโยง ความรู้จากการนำเสนอและการถาม-ตอบ โดยบันทึกคะแนนในแบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ 3) ใบงานสรุปความรู้ 4) การเขียน Reflection ส่วนบุคคลเกี่ยวกับสิ่งที่เรียนรู้และการนำไปใช้

แม้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนี้จะมีการกำหนดรอบการดำเนินงานและลำดับขั้นตอนโดยครู เพื่อให้สอดคล้องกับเวลาเรียนและเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ แต่ภายในกระบวนการ ผู้เรียนยังมีบทบาทสำคัญในการสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ปัญหา แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และตัดสินใจเกี่ยวกับแนวทางการดำเนินงานของกลุ่มด้วยตนเอง โดยใช้สถานการณ์หรือบริบทจริงเป็นฐานในการเรียนรู้ ซึ่งสะท้อนลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบ Project-Based Learning ในด้านการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ (learning by doing) การทำงานร่วมกัน และการสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์จริง

4. ทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบ ดังนี้

4.1 แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบทดสอบ Watson–Glaser Thinking Appraisal (WGCTA) เป็นข้อสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก รวมข้อสอบทั้งหมด 25 ข้อ

4.2 แบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ในรูปแบบของแบบประเมิน (Rubric) โดยครูประเมินนักเรียน รวมแบบประเมิน 30 ข้อ

5. หลังจากทำแบบทดสอบ ผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจสอบไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1.1 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน มีการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีเกณฑ์ ดังนี้ ตอบถูก ให้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน ตามนิยามเชิงปฏิบัติการและพฤติกรรมบ่งชี้ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 องค์ประกอบ

1.2 นำคะแนนผลการสอบดังกล่าวมาสร้างเกณฑ์ปกติในรูปของคะแนน T ปกติ (Normalized T - Score) ซึ่งเป็นคะแนนมาตรฐานที่ใช้เพื่อให้ข้อมูลการกระจายตัวของคะแนนอยู่ในรูปแบบที่เปรียบเทียบกันได้ (Srisaet, 2010)

1.3 จากนั้นนำคะแนนผลการสอบของนักเรียนแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับคะแนน T ปกติ ซึ่งจะทำให้นักเรียนทราบ ความสามารถของนักเรียนแต่ละคนว่าอยู่ในระดับใด โดยมีการแบ่งกลุ่มความสามารถของผู้สอบตามค่าคะแนน T ปกติ

2. วิเคราะห์ข้อมูลการเชื่อมโยงความรู้

2.1 หลังการจัดการเรียนรู้ มีการตรวจให้คะแนนชิ้นงานตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินการเชื่อมโยงความรู้ (ตัวอย่าง)

ด้านการประเมิน	ระดับ 4 (ดีเยี่ยม)	ระดับ 3 (ดี)	ระดับ 2 (พอใช้)	ระดับ 1 (ต้องปรับปรุง)
1. การสร้างและรักษาเครือข่าย	นักเรียนมีเครือข่ายการเรียนรู้ที่หลากหลาย (ทั้งออนไลน์และออฟไลน์) เช่น เข้าร่วมกลุ่มเรียนกลุ่มสนทนาออนไลน์ แชร์ความรู้กับเพื่อน และติดตามผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่สนใจอย่างสม่ำเสมอ	นักเรียนมีเครือข่ายการเรียนรู้บางกลุ่ม เช่น กลุ่มไลน์เรียนหรือใช้โซเชียลมีเดียแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนบางครั้ง	นักเรียนมีการพูดคุยหรือสอบถามกับเพื่อนหรือครูบ้าง แต่ไม่ได้ใช้เครือข่ายหรือแพลตฟอร์มอื่น ๆ ในการเรียนรู้	นักเรียนไม่แสดงพฤติกรรมการณ์มีเครือข่ายการเรียนรู้หรือเรียนรู้แบบโดดเดี่ยว ไม่แลกเปลี่ยนกับใคร

2.2 คะแนนผลการประเมินที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของคะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติในรูปของคะแนน T ปกติ (Normalized T - Score) ซึ่งเป็นคะแนนมาตรฐานที่ใช้เพื่อให้ข้อมูลการกระจายตัวของคะแนนอยู่ในรูปแบบที่เปรียบเทียบกันได้

2.3 จากนั้นนำคะแนนผลการประเมินของนักเรียนแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับคะแนน T ปกติ ซึ่งจะให้นักเรียนทราบความสามารถของนักเรียนแต่ละคนว่าอยู่ในระดับใด โดยมีการแบ่งกลุ่มความสามารถของผู้สอบตามค่าคะแนน T ปกติ (Phaerattakul, 1977)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

1. ผลการศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ มีผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	$\bar{x}$	S	T	ระดับคุณภาพ	แปลความหมายการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
1. ด้านการสรุปอ้างอิง	3.08	1.54	48.91	อยู่ในระดับค่าเฉลี่ย	ปานกลาง
2. ด้านการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น	3.25	1.37	50.14	อยู่ในระดับค่าเฉลี่ย	ปานกลาง
3. ด้านการนิรนัย	3.25	1.55	50.14	อยู่ในระดับค่าเฉลี่ย	ปานกลาง
4. ด้านการตีความ	3.28	1.40	50.32	อยู่ในระดับค่าเฉลี่ย	ปานกลาง
5. ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง	3.30	1.27	50.49	อยู่ในระดับค่าเฉลี่ย	ปานกลาง

จากตารางที่ 4 พบว่า ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับปานกลางทุกด้าน โดยเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบรายด้าน พบว่า ด้านการประเมินข้อโต้แย้งมีแนวโน้มสูงสุด ขณะที่ด้านการสรุปอ้างอิงมีแนวโน้มต่ำที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถพิจารณาและประเมินข้อมูลเชิงเหตุผลได้ค่อนข้างดี แต่ยังต้องพัฒนาในการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อสรุปเป็นข้ออ้างอิงอย่างเป็นระบบ

*หมายเหตุ การแปลความหมายระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในตารางนี้ คำว่า “อยู่ในระดับค่าเฉลี่ย” ในการวิจัยนี้หมายถึง คะแนน T-score ของนักเรียนอยู่ในช่วง 44–55 ซึ่งเป็นช่วงคะแนนที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของการแจกแจงคะแนนมาตรฐาน ($T = 50, SD = 10$) แสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในระดับปานกลาง ไม่ได้สูงหรือต่ำกว่ามาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถแสดงพฤติกรรมความคิดในด้านต่าง ๆ ได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังมีโอกาสพัฒนาให้สูงขึ้นได้

2. ผลการศึกษาการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ ปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การเชื่อมโยงความรู้

การเชื่อมโยงความรู้	$\bar{x}$	S	T	ระดับการเชื่อมโยงความรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้
1. ด้านการสร้างและรักษาเครือข่ายกรองข้อมูล	15.20	3.12	48.10	ปานกลาง	มีการเชื่อมโยงความรู้พื้นฐาน แต่ยังคงพัฒนาให้รอบด้านมากขึ้น
2. ด้านการเข้าถึงและกรองข้อมูล	15.83	3.11	50.18	ปานกลาง	มีการเชื่อมโยงความรู้พื้นฐาน แต่ยังคงพัฒนาให้รอบด้านมากขึ้น
3. ด้านการเชื่อมโยงข้อมูล	15.13	3.12	47.85	ปานกลาง	มีการเชื่อมโยงความรู้พื้นฐาน แต่ยังคงพัฒนาให้รอบด้านมากขึ้น
4. ด้านความหลากหลายของแหล่งข้อมูล	15.73	2.97	49.85	ปานกลาง	มีการเชื่อมโยงความรู้พื้นฐาน แต่ยังคงพัฒนาให้รอบด้านมากขึ้น
5. ด้านการเรียนรู้ตลอดชีวิต	16.18	2.74	51.35	ปานกลาง	มีการเชื่อมโยงความรู้พื้นฐาน แต่ยังคงพัฒนาให้รอบด้านมากขึ้น
6. ด้านกระบวนการแบบไดนามิก	16.58	2.94	52.68	ปานกลาง	มีการเชื่อมโยงความรู้พื้นฐาน แต่ยังคงพัฒนาให้รอบด้านมากขึ้น

จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ในระดับปานกลางทุกด้านเช่นกัน โดยด้านกระบวนการเรียนรู้แบบไดนามิกมีแนวโน้มสูงที่สุด ขณะที่ด้านการเชื่อมโยงข้อมูลมีแนวโน้มต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถปรับตัวและเรียนรู้จากข้อมูลใหม่ได้ดีในระดับหนึ่ง แต่ยังขาดทักษะในการบูรณาการและเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่งให้เป็นองค์ความรู้ที่มีความหมาย

อภิปรายผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1) ผลการศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PBL) เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการประเมินข้อโต้แย้งมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($T = 50.49$) ขณะที่ด้านการสรุปอ้างอิงมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($T = 48.91$) ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แม้ PBL จะสามารถส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงได้ แต่ระดับการพัฒนาขึ้นอยู่กับการจัดกิจกรรมและระยะเวลา ทั้งนี้ ข้อจำกัดด้านระยะเวลาและความต่อเนื่องของกิจกรรมได้รับการสนับสนุนจากข้อมูลระหว่างการดำเนินการ โดยพบว่าในระยะเริ่มต้น นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการเรียนรู้แบบโครงงาน โดยเฉพาะการตั้งคำถามและการสืบค้นข้อมูล ส่งผลให้ใช้เวลามากกว่าที่วางแผนไว้ และต้องมีการเพิ่มการชี้แนะ (scaffolding) เช่น คำถามชี้นำและการสะท้อนคิด แม้การจัดกิจกรรมจะมีบทบาทของครูในการกำหนดกรอบและติดตามการเรียนรู้ แต่บทบาทดังกล่าวมีลักษณะเป็นการชี้แนะเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้มากกว่าการควบคุมทั้งหมด เนื่องจากผู้เรียนยังไม่คุ้นเคยกับการเรียนรู้แบบโครงงาน ผู้วิจัยจึงออกแบบกิจกรรมในลักษณะ guided PBL โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการตั้งคำถาม สืบค้นข้อมูล และสะท้อนคิด ขณะที่ผู้เรียนยังคงมีส่วนร่วมในการอภิปราย วิเคราะห์ข้อมูล และตัดสินใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง ขณะเดียวกัน แม้ในช่วงท้ายผู้เรียนจะมีพัฒนาการด้านการอภิปรายและการให้เหตุผลดีขึ้น แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาทักษะการสรุปอ้างอิงเชิงสังเคราะห์ ส่งผลให้ด้านการสรุปอ้างอิงมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ผลการวิจัยที่พบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนอยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับงานวิจัยที่ระบุว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในระยะเวลาจำกัดมักส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงในระดับปานกลาง เนื่องจากผู้เรียนยังต้องใช้เวลาในการปรับตัวต่อการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและพัฒนากระบวนการคิดที่ซับซ้อนอย่างต่อเนื่อง (Bell, 2010; Hmelo-Silver, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ (Constructivism) ที่อธิบายว่าการเรียนรู้เกิดจากการที่ผู้เรียนสร้างความรู้ผ่านประสบการณ์และปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม (Piaget, 1972) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการประเมินข้อโต้แย้งมีค่าเฉลี่ยสูงสุด อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการอภิปรายกลุ่มและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกระบวนการ PBL ส่งเสริมให้ผู้เรียนพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล เปรียบเทียบหลักฐาน และตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุผลและข้อมูลสนับสนุนอย่างเป็นระบบ

กระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Facione (1990) ที่ระบุว่าการประเมินข้อโต้แย้งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และสามารถพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Thomas (2000) ที่ระบุว่า PBL เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง โดยเฉพาะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการตัดสินใจ ในทางตรงกันข้าม ด้านการสรุปอ้างอิงมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนยังมีข้อจำกัดในการสังเคราะห์ข้อมูลจากหลายแหล่งเพื่อสร้างข้อสรุปเชิงตรรกะ ทั้งนี้ ทักษะการสรุปอ้างอิงเป็นทักษะเชิงสังเคราะห์ที่ต้องอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูล การเชื่อมโยงเหตุผล และการเรียบเรียงความคิดอย่างเป็นระบบ จึงมีความซับซ้อนสูงกว่าทักษะด้านอื่น และต้องการการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการจัดการเรียนรู้ที่มีการชี้แนะ (scaffolding) อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Abrami *et al.* (2015) ที่พบว่าทักษะการให้เหตุผลเชิงสังเคราะห์และการสรุปความเป็นทักษะขั้นสูงที่พัฒนาได้ยากและต้องอาศัยการสนับสนุนอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในระดับสากล พบว่าผลการวิจัยในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับแนวโน้มที่รายงานไว้ว่า PBL มีผลเชิงบวกต่อการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน (Bell, 2010; Thomas, 2000) อย่างไรก็ตาม ระดับของการพัฒนาที่อยู่ในระดับปานกลางอาจแตกต่างจากงานวิจัยบางส่วนที่รายงานผลในระดับสูง ซึ่งสามารถอธิบายได้จากความแตกต่างด้านระยะเวลาในการจัดกิจกรรม ความต่อเนื่องของการเรียนรู้ และระดับการชี้แนะของครู (scaffolding) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง (Hmelo-Silver, 2004)

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานสามารถส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญในภาพรวม โดยเฉพาะด้านการประเมินข้อโต้แย้ง อย่างไรก็ตาม การพัฒนาทักษะการสรุปอ้างอิงยังต้องได้รับการส่งเสริมเพิ่มเติมผ่านการออกแบบกิจกรรมที่เน้นการสังเคราะห์ความรู้ เช่น การเขียนเชิงวิเคราะห์ การใช้คำถามกระตุ้นการคิดระดับสูง และการสะท้อนคิด (reflection) อย่างเป็นระบบ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้อย่างลึกซึ้งและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น

2) ผลการศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PBL) เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ พบว่าโดยภาพรวมนักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ในระดับปานกลาง สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนมีทักษะพื้นฐานในการเข้าถึงและใช้ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ แต่ยังไม่สามารถพัฒนาไปสู่การเชื่อมโยงและสังเคราะห์ความรู้ในระดับลึกได้อย่างครอบคลุมทุกมิติ ทั้งนี้ เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าด้านกระบวนการแบบไดนามิกมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ขณะที่ด้านการเชื่อมโยงข้อมูลมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะของผู้เรียนในยุคดิจิทัลที่สามารถปรับตัวและเรียนรู้จากข้อมูลใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง แต่ยังมีข้อจำกัดในการบูรณาการข้อมูลจากหลายแหล่งให้เกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบ

ผลการวิจัยดังกล่าวสามารถอธิบายได้ตามแนวคิดทฤษฎีการเชื่อมโยงความรู้ (Connectivism) ของ Siemens (2005) ที่มองว่าการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นกระบวนการสร้างเครือข่ายของความรู้ (networked learning) โดยผู้เรียนต้องมีความสามารถในการเข้าถึง คัดกรอง เชื่อมโยง และประยุกต์ใช้ข้อมูลจากแหล่งที่หลากหลายอย่างต่อเนื่อง ซึ่งลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานมีความสอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าวอย่างชัดเจน เนื่องจากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้ ทำงานร่วมกัน และสร้างองค์ความรู้จากสถานการณ์จริง ส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการเด่นชัดในด้านกระบวนการแบบไดนามิก ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้ตามแนวคิด Connectivism เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าผลการวิจัยในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับแนวโน้มของงานวิจัยในระดับสากลที่รายงานว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน สามารถส่งเสริมความสามารถในการเรียนรู้แบบเชื่อมโยงและการปรับตัวของผู้เรียนได้ (Siemens, 2005; Downes, 2012) อย่างไรก็ตาม ระดับความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้โดยรวมของผู้เรียนในงานวิจัยนี้ยังอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยบางส่วนที่พบว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาได้ในระดับสูง ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากปัจจัยด้านระยะเวลาในการจัดกิจกรรม ความต่อเนื่องของการจัดการเรียนรู้ และประสบการณ์ของผู้เรียนในการใช้แหล่งข้อมูลที่หลากหลาย ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อการพัฒนาการเชื่อมโยงความรู้ ในประเด็นของการพัฒนาการเชื่อมโยงข้อมูลซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนยังมีข้อจำกัดในการสังเคราะห์ข้อมูลจากหลายแหล่งเพื่อสร้างความเข้าใจเชิงลึก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Goldie (2016) ที่ระบุว่าผู้เรียนในยุคดิจิทัลแม้จะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว แต่ยังขาดทักษะในการบูรณาการข้อมูลให้เกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ โดยเฉพาะหากขาดการชี้แนะเชิงโครงสร้าง (scaffolding) ที่เหมาะสม นอกจากนี้ Dunaway (2011) ยังชี้ให้เห็นว่าทักษะการรู้สารสนเทศและการคิดเชิงเครือข่ายเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลของผู้เรียน ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการสะท้อนคิด

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยในบริบทของประเทศไทย เช่น งานวิจัยที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับกระบวนการสืบเสาะสามารถพัฒนาการเชื่อมโยงความรู้และการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าลักษณะของ PBL ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ การทำงานร่วมกัน และการเรียนรู้จากสถานการณ์จริง เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการสร้างเครือข่ายความรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ruamsuk, 2017) อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของระดับผลลัพธ์ระหว่างงานวิจัยอาจเกิดจากบริบทของเนื้อหา ระยะเวลาในการจัดกิจกรรม และรูปแบบการชี้แนะของครูผู้สอน การที่ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ยังอยู่ในระดับปานกลางอาจเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ การปรับตัวของผู้เรียนต่อการเรียนรู้เชิงรุก ความซับซ้อนของเนื้อหาความหลากหลายทางชีวภาพ ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมที่จำกัด และการชี้แนะด้านการคิดเชิงสังเคราะห์ที่ยังไม่ต่อเนื่องเพียงพอในการพัฒนาทักษะเชิงซ้อนดังกล่าว และประการที่สี่ การชี้แนะของครูผู้สอนในด้านการตั้งคำถามเชิงสังเคราะห์และการสะท้อนคิดอาจยังไม่เข้มข้นเพียงพอที่จะส่งเสริมการเชื่อมโยงความรู้ในระดับลึก ในทำนองเดียวกัน ข้อจำกัดด้านระยะเวลาและความต่อเนื่องของกิจกรรมยังสะท้อนผ่านพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนระหว่างดำเนินโครงการ โดยพบว่าแม้นักเรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย แต่ยังมีแนวโน้มใช้ข้อมูลแบบแยกส่วน (fragmented use of information) มากกว่าการบูรณาการข้อมูลเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเฉพาะในช่วงต้นของการทำโครงการ นักเรียนมักรวบรวมข้อมูลจำนวนมากแต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดได้อย่างชัดเจน ผู้วิจัยจึงได้ปรับกิจกรรมโดยเพิ่มเครื่องมือช่วยคิด เช่น การให้จัดทำแผนผังความคิดและการอภิปรายกลุ่ม เพื่อส่งเสริมการเชื่อมโยงข้อมูล อย่างไรก็ตาม จากข้อจำกัดด้านเวลา ทำให้การฝึกฝนทักษะการเชื่อมโยงข้อมูลในลักษณะดังกล่าวยังไม่ต่อเนื่องเพียงพอ ส่งผลให้ความสามารถด้านการเชื่อมโยงข้อมูลยังคงอยู่ในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับด้านอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณในงานวิจัยนี้ ดังนั้น ผลการวิจัยในครั้งนี้จึงชี้ให้เห็นว่า แม้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานจะสามารถส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะในด้านกระบวนการแบบไดนามิก แต่การพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลและการสังเคราะห์ความรู้ยังจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมเพิ่มเติม ผ่านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการคิดเชิงสังเคราะห์ การใช้คำถามระดับสูง และการสะท้อนคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบริบทของสังคมแห่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อย่างยั่งยืน

โดยสรุป ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานสามารถส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนได้ในระดับหนึ่ง ผ่านกระบวนการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการทำงานร่วมกัน ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์และบริบทจริง สอดคล้องกับแนวคิด Constructivism และ Connectivism ที่เน้นการสร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและการเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ยังอยู่ในระดับปานกลางสะท้อนว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังทำหน้าที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง มากกว่าการพัฒนาในระดับลึก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านเวลา ความซับซ้อนของเนื้อหา และการที่ผู้เรียนยังอยู่ในช่วงปรับตัวต่อการเรียนรู้แบบโครงงาน ดังนั้น การออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมการสังเคราะห์ข้อมูล การสะท้อนคิด และการชี้แนะอย่างต่อเนื่อง อาจช่วยยกระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการเชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนให้ลึกซึ้งและยั่งยืนยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการสรุปอ้างอิง ($T = 48.91$) ด้านการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น ($T = 50.14$) ด้านการนิรนัย ($T = 50.14$) ด้านการตีความ ($T = 50.32$) และด้านการประเมินข้อโต้แย้ง ($T = 50.49$) โดยทุกด้านมีการแปลผลอยู่ในระดับค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นระดับคุณภาพปานกลาง

2. การเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ พบว่า นักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ด้านการสร้างและรักษาเครือข่ายกรองข้อมูล ($T = 48.10$) ด้านการเข้าถึงและกรองข้อมูล ($T = 50.18$) ด้านการเชื่อมโยงข้อมูล ($T = 47.85$) ด้านความหลากหลายของแหล่งข้อมูล ($T = 49.85$) ด้านการเรียนรู้ตลอดชีวิต ($T = 51.35$) และด้านกระบวนการแบบไดนามิก ($T = 52.68$) โดยทุกด้านมีการแปลผลอยู่ในระดับค่าเฉลี่ย ซึ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ คือ มีทักษะพื้นฐาน แต่ยังคงพัฒนาให้รอบด้านมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยที่พบว่า ความสามารถด้านการสรุปอ้างอิง (Inference) มีค่าต่ำที่สุด จึงควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานที่เน้นการฝึกสังเคราะห์ข้อมูลจากหลายแหล่งอย่างเป็นระบบ เช่น การเขียนข้อสรุปเชิงเหตุผล (evidence-based conclusion) การใช้คำถามกระตุ้นการคิดระดับสูง และการสะท้อนคิด (reflection) เพื่อพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงหลักฐานสู่ข้อสรุปอย่างมีตรรกะ
2. จากผลที่พบว่า ความสามารถด้านการเชื่อมโยงข้อมูล (Connections between Nodes) อยู่ในระดับต่ำที่สุดควรส่งเสริมให้นักเรียนฝึกบูรณาการข้อมูลจากแหล่งที่หลากหลาย โดยใช้เครื่องมือช่วยคิด เช่น concept mapping, causal mapping หรือ graphic organizers เพื่อพัฒนาการเชื่อมโยงองค์ความรู้ให้เป็นระบบมากยิ่งขึ้น
3. จากผลที่พบว่า ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) และกระบวนการเรียนรู้แบบไดนามิก (Dynamic Learning Process) มีค่าเฉลี่ยสูงควรขยายผลโดยจัดกิจกรรมอภิปราย การโต้แย้งเชิงเหตุผล และการเรียนรู้แบบแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีและแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อรักษาและต่อยอดศักยภาพของผู้เรียนในด้านดังกล่าว

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากผลการวิจัยครั้งนี้ประเมินผลภายหลังการจัดการเรียนรู้เพียงช่วงเวลาเดียวจึงควรศึกษาความคงทน (retention) ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการเชื่อมโยงความรู้ในระยะยาว เพื่อประเมินความยั่งยืนของการเรียนรู้
2. จากผลที่พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการในบางองค์ประกอบ แต่ยังอยู่ในระดับปานกลางโดยรวมควรมีการเปรียบเทียบกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้อื่น เช่น การเรียนรู้แบบสืบเสาะ หรือการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน เพื่อระบุรูปแบบที่เหมาะสมต่อการพัฒนาทักษะเฉพาะด้าน
3. จากข้อจำกัดที่ผลลัพธ์ยังไม่สะท้อนกระบวนการเรียนรู้ภายในอย่างชัดเจนควรศึกษากระบวนการเรียนรู้ระหว่างดำเนินกิจกรรม (process-oriented study) เช่น การสืบค้นข้อมูล การใช้เทคโนโลยี และการทำงานกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพร่วมด้วย เพื่ออธิบายกลไกการพัฒนาทักษะได้ลึกยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญ ผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครู และนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนพยุภคภูมิวิทยาคาร อำเภอยะผิง จ.สงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวก ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

จริยธรรมการวิจัย

ในการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ผู้วิจัยได้ทำการขอความยินยอมโดยใช้เอกสารจากผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักในความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตรายและหลักความยุติธรรม ไม่มีการบังคับหรือชักจูง ผู้เข้าร่วมสามารถถอนตัวได้ทุกเมื่อและไม่มีผลกระทบต่อการได้รับบริการหรือผลประโยชน์ที่พึงจะได้รับของผู้เข้าร่วมแต่อย่างใด หมายเลขสำคัญโครงการ HE000073

References

- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Wade, C. A. and Persson, T. (2015). Strategies for teaching students to think critically: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 85(2), 275–314.
- Amer, A. A. and Moussa, M. A. (2022). Critical Thinking and its Relationship to the Knowledge Integration and Familiarity among University Students during Open-Book Tests. *International Journal of Research in Educational Sciences*, 5(2), 91–128.
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House*, 83(2), 39–43.
- Butrayathawon, P. (2021). Development of scientific analytical thinking skills among secondary school students (in Thai). *Journal of Science Education*, 15(2), 45–58.

- Butwong, P., Nuangchalerms, P. and Prommarat, J. (2025). Developing systems thinking of Grade 10 science students through problem-based learning with causal maps. **Journal of Practical Studies in Education**, 6(4), 1–8.
- Davies, M. (2014). A model of critical thinking in higher education. In **Higher Education: Handbook of Theory and Research** (Vol. 30, pp. 41-92). Cham: Springer International Publishing.
- Downes, S. (2012). **Connectivism and connective knowledge: Essays on meaning and learning networks**. Ottawa: National Research Council Canada.
- Duangsong, P., Pansuppawat, T. and Khamhaengpol, A. (2022). Development of Critical Thinking Abilities and Learning Achievement of Mathayomsuksa 1 Students Entitled Substances Around Us by Using Problem-Based Learning and Graphic Organizers (in Thai). **Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University**, 19(2), 165–177.
- Dunaway, M. K. (2011). Connectivism: Learning theory and pedagogical practice. **Reference Services Review**, 39(4), 675–685.
- Ennis, R. H. (2011). **The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities**. University of Illinois at Urbana-Champaign. https://education.illinois.edu/docs/default-source/faculty-documents/robert-ennis/thenatureofcriticalthinking_51711_000.pdf
- Facione, P. A. (1990). **Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction-The Delphi report**. Millbrae, CA: California Academic Press.
- Goldie, J. G. S. (2016). Connectivism: A knowledge learning theory for the digital age?. **Medical Teacher**, 38(10), 1064–1069.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?. **Educational Psychology Review**, 16(3), 235–266.
- Himkao, S. (2018). The development of analytical thinking skills using inquiry-based learning (in Thai). **Journal of Educational Research**, 13(1), 77–89.
- Hongkhunthod, A. (2015). Instructional systems design based on connectivism theory for learning in the digital age. **Master's Thesis**. Nakhon Pathom: Silpakorn University.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2020). **PISA 2018 results: Reading, mathematics and science** (in Thai). Bangkok: IPST.
- Jongkolklang, S. (2017). Project-based learning management in Thai classrooms. **Journal of Education**, 28(3), 15–28.
- Lai, E. R. (2011). **Critical Thinking: A Literature Review**. Pearson.
- Meesamran, N. and Polyiem, T. (2024). The development of critical thinking in grade 11 biology students through problem-based learning with forensic science issues. **Journal of Green Learning**, 4(2), 68–81.
- Ministry of Education. (2017). **Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)** (in Thai). Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Printing House.
- Nantasukhon, P. and Yuthong, C. (2014). Project-based learning: Process and classroom implementation. **Journal of Curriculum Studies**, 9(2), 55–70.
- Office of the Education Council. (2019). **State of Thai education 2018–2019** (in Thai). Bangkok: Prigwhan Graphic.
- OECD. (2018). **The future of education and skills: Education 2030**. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2019). **PISA 2018 Assessment and Analytical Framework**. Paris: OECD Publishing.
- Pakapol, P. (2022). The development of an instructional model based on connectivism theory and phenomenon-based learning to enhance characteristics of active citizenship and media literacy skills of undergraduate students (in Thai). **Doctoral Dissertation**. Nakhon Pathom: Silpakorn University.

- Panich, V. (2012). **Ways of learning for students in the 21st century** (in Thai). Bangkok: Sodsri-Saridwong Foundation.
- Phaerattakul, C. (1977). **Thekunik kan khian khosop (Techniques of test construction)**. Bangkok: Phithak Akson.
- Piaget, J. (1972). **The psychology of the child**. New York: Basic Books.
- Ruamsuk, C. (2017). The development of mathematical connection and problem-solving skills through inquiry-based and project-based learning. **Master's thesis**. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University.
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. **International Journal of Instructional Technology and Distance Learning**, 2(1), 3–10.
- Srimeechai, T. and Erawan, W. (2025). The Development of Critical Thinking and Science Creativity of Grade 9 Students with Project-Based Learning on STEM Education (in Thai). **Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University**, 22(2), 133–146.
- Srisaat, B. (2010). **Introduction to research** (in Thai) (8th ed.). Suweeriyasarn.
- Schumacher, R. and Stern, E. (2022). Promoting the construction of intelligent knowledge with the help of various methods of cognitively activating instruction. **Frontiers in Education**, 7, 979430.
- Thomas, J. W. (2000). **A review of research on project-based learning**. San Rafael, CA: Autodesk Foundation.
- UNESCO. (2021). **Reimagining our futures together: A new social contract for education**. Paris: UNESCO.
- Watson and Glaser. (1980). **Watson–Glaser critical thinking appraisal**. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Worakham, P. (2024). **Educational research** (in Thai). Taksila Printing.
- Yodklang, K., Sonsanit, S. and Sakorn, W. (2022). The Promoting of Students' Computational Thinking Ability by Using Blended Learning with Project-Based Learning in Computing Science Subject for Mattayom Suksa 4 Students, Phadungnari School (in Thai). **Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University**, 19(2), 42–51.