



การศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

A STUDY OF THE COMPONENTS AND INDICATORS OF ENGINEERING HABITS OF MIND FOR 10th GRADE STUDENTS

วรวุฒิ แซ่ตั้ง*, ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี และกิตติชัย สุธาสิโนบล

Worawut Saetang, Chommanad Cheausuwantavee and Kittichai Suthasinobon

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Faculty of Education, Srinakharinwirot University

*First/Corresponding Author E-mail: worawut.sea@g.swu.ac.th

Received December 3, 2024; Revised February 24, 2025; Accepted February 26, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเอกสารและอิงผู้เชี่ยวชาญ มีกระบวนการวิจัยคือ 1) ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์ความหมายและใจความสำคัญของ “จิตนิสัยวิศวกรรม” โดยการจำแนกคำสำคัญ ได้แก่คำว่า “วิศวกรรม” “จิตนิสัย” และ “การส่งเสริมสมรรถนะ” เป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการสังเคราะห์องค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาองค์ประกอบคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ที่เรียนในสาขาวิชาเอกทางวิศวกรรมศาสตร์ 9 วิชาเอก รวมนักเรียนทั้งหมด 199 คน และกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเอกคณิตศาสตร์-วิศวกรรม จำนวน 59 คน ซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายโดยใช้สาขาวิชาเอกเป็นหน่วยในการสุ่ม 2) ประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้โดยใช้แบบประเมินและการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญทางสาขาวิศวกรรมและผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรและการสอน จำนวน 5 ท่าน 3) นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบประเมินและการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญมาเข้ารหัส และนำข้อมูลที่เข้ารหัสมาสังเคราะห์เพื่อใช้ในการปรับปรุงองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรม 4) ยืนยันข้อมูลองค์ประกอบและตัวบ่งชี้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากขั้นตอนที่ 2 จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมท่านใหม่ 1 ท่าน

ผลการศึกษาพบว่า จิตนิสัยวิศวกรรมเป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของวิศวกรที่สามารถเสริมสร้างให้เกิดกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้โดยจำแนกจิตนิสัยวิศวกรรมออกเป็นองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะและด้านคุณลักษณะ โดย 1) ด้านความรู้ มี 1 ตัวบ่งชี้ คือความรู้สหวิชาและมีพฤติกรรมบ่งชี้ 3 ตัว 2) ด้านทักษะ มี 1 ตัวบ่งชี้ คือการคิดอย่างเป็นระบบและมีพฤติกรรมบ่งชี้ 9 ตัว 3) ด้านคุณลักษณะ มี 3 ตัวบ่งชี้ คือการทำงานเป็นทีม การสื่อสาร และการเป็นผู้นำและมีพฤติกรรมบ่งชี้ 9 ตัว

คำสำคัญ: องค์ประกอบและตัวบ่งชี้, จิตนิสัยวิศวกรรม, การส่งเสริมสมรรถนะ



Abstract

This research aimed to study the components and indicators of engineering habits of mind for 10th grade students. This research used a document research and connoisseurship approach. The research process included 1) studying documents, textbooks, and related research to analyze the meaning and essence of “engineering habits of mind” by classifying key words into parts, namely “engineering”, “habits of mind”, and “competency promotion” as a database for synthesizing the components and indicators of engineering habits of mind for 10th grade students. The population used in the study comprised 10th grade students attending Srinakharinwirot University Prasarnmit Demonstration School (Secondary) during semester 2, Academic year 2024. The students were enrolled in 9 engineering majors, totaling 199 students, and the sample group comprised 59 10th grade students majoring in mathematics-engineering, who were chosen through simple random sampling by using the major as the unit of sampling. The study also 2) assessed the consistency and appropriateness of the components and indicators using an assessment form and in-depth interviews with experts in the engineering field as well as 5 experts in learning management for engineering majors curriculum and teaching. Further 3) data were collected from assessment responses and in-depth interviews with experts, which were coded to examine the components of each issue from the opinions of each expert. The coded data were synthesized and used to improve the components and indicators of engineering habits of mind for increased appropriateness. Finally 4) the component and indicator data were verified by 3 experts, 2 of whom were experts from the in-depth interviews in step 2 and 1 new engineering expert.

The study results found that engineering habits of mind were desirable characteristics for engineers and could be developed among 10th grade students by classifying engineering habits of mind into 3 components, comprising knowledge, skills, and characteristics. In terms of the components, 1) knowledge included 1 indicator, interdisciplinary knowledge, and 3 indicator behaviors, while 2) skills included 1 indicator, systematic thinking, and 9 indicator behaviors, and 3) characteristics involved 3 indicators, team play, communication, and leadership, as well as 9 indicator behaviors.

Keywords: Components and indicators, Engineering habits of mind, Competency promotion



บทนำ

วิศวกรรมศาสตร์ คือ ศาสตร์หนึ่งที่มีการประยุกต์ความรู้ในหลาย ๆ แขนง เช่น คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เป็นต้น วิศวกรเป็นอาชีพหนึ่งที่ต้องอาศัยทักษะการแก้ปัญหาอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากการเติบโตทางอารยธรรมของประชากรโลก ทำให้วิศวกรนั้นถือว่าเป็นทรัพยากรบุคคลที่ส่งผลต่อปัจจัยในด้านบุคลากรการพัฒนาองค์กร ความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีอยู่ตลอดเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความต้องการบุคลากรทางด้านวิศวกรรมสูงขึ้นเรื่อย ๆ ท่ามกลางความเจริญก้าวหน้าของโลก ยิ่งเป็นสัญญาณบ่งชี้ว่าต้องการวิศวกรที่มีความสามารถในระดับที่สูงขึ้นและมากขึ้นเรื่อย ๆ แต่ทว่าผู้ที่สามารถจบการศึกษาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา (Bachelor's Degree) ซึ่งเป็นวุฒิการศึกษาขั้นพื้นฐานที่รองรับว่าสามารถประกอบอาชีพวิศวกรได้ กลับมีทักษะหรือความสามารถทางวิศวกรรมไม่เป็นดังที่คาดหวัง ทรอสคอฟสกีและซาแบก กับ ลูคัสและแฮนสัน กับ ลูคัสและคณะ กับ แฮนสันและคณะ (Trotskovsky & Sabag, 2016; Lucas & Hanson, 2016; Lucas et al., 2014; Lucas et al., 2017; Hanson et al., 2018) ได้กล่าวว่า การศึกษาทางด้านวิศวกรรมแค่ในระดับอุดมศึกษาอาจจะเข้าไปสำหรับการปลูกฝังให้นักเรียนเกิดความชำนาญในเวลาอันสั้น และได้เสนอแนวคิดว่าการปลูกฝังทักษะทางวิศวกรรมให้กับนักเรียนควรเริ่มตั้งแต่อายุยังน้อย เพื่อทำให้เกิดการสั่งสมของประสบการณ์ที่ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ยังได้เสนอรายงานผลการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการศึกษาวิศวกรรมสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีความต้องการมุ่งสู่สายอาชีพวิศวกรว่า การจัดการศึกษาวิศวกรรมให้กับนักเรียนที่มีความสนใจสามารถทำได้ (Lippard et al., 2019; Schucker et al., 2024) และจากการรวบรวมข้อมูลโรงเรียนที่เข้าร่วมการจัดการศึกษาวิศวกรรมแสดงให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางความคิดและทักษะทางวิศวกรรมของนักเรียนที่ได้รับการศึกษาวิศวกรรมสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลการวิจัยนี้สามารถอธิบายได้ว่าการจัดการศึกษาวิศวกรรมขั้นพื้นฐานให้นักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นมัศึกษานั้นมีนัยสำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพทางด้านวิศวกรรม ปัจจุบันการจัดการศึกษาตามความถนัดของผู้เรียนตั้งแต่ชั้นมัศึกษามีความแพร่หลายมากขึ้น เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนค้นพบตนเองและเลือกเดินในสายอาชีพที่ใฝ่ฝันได้ (Bielefeldt & Rulifson, 2016; Winn et al., 2009) ซึ่งทักษะทางวิศวกรรมที่สามารถปลูกฝังให้นักเรียนได้ตั้งแต่มัธยมศึกษาและเหมาะสมกับความปลอดภัยก็คือ “การคิด” ซึ่งเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมได้ถูกเรียบเรียงเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้หรือจัดเป็นรายวิชาเพิ่มเติม เช่น STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) (Anderson & Krathwohl, 2001; Zeid, 2020) การคิดเชิงวิศวกรรมพื้นฐาน เป็นต้น ซึ่งการปลูกฝังทักษะให้นักเรียนในระยะยาวและเป็นทักษะที่ต่อเนื่อง คือ การปลูกฝังแนวคิดและฝึกฝนให้เป็น “จิตนิสัย” (Habits of Mind) ซึ่งการมีจิตนิสัยคือความเคยชิน ความคุ้นเคย การตอบสนองต่อสิ่งต่าง ๆ ด้วยทักษะที่มีอย่างอัตโนมัติ จากการสังเคราะห์แนวคิดจิตนิสัยของคอสต้า (Costa, 2000) พบว่า จิตนิสัยมีหลายระดับ การทำให้จิตนิสัยมีระดับที่สูงขึ้นสามารถทำได้โดยการฝึกฝนซ้ำ ๆ ในระดับที่สูงที่สุดจิตนิสัยจะกลายเป็นพฤติกรรมอัตโนมัติได้เอง อีกข้อค้นพบที่ได้คือ จิตนิสัยของบุคคลจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของตนเองและส่วนของสภาพแวดล้อม ส่วนของตนเองคือความรับผิดชอบในตนเอง ส่วนของสภาพแวดล้อมคือความรับผิดชอบต่อสังคม เมื่อสังเคราะห์แนวคิดของคอสต้าสรุปได้ว่าการรับผิดชอบต่อตนเองหรือต่อสังคมคือการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันของสังคมนั่นเอง จากหลักคิดของ



วิศวกรและจิตินิสัย เมื่อสังเคราะห์ความหมายและหลักการเข้าด้วยกัน จึงเป็นที่มาของการสร้างจิตินิสัย วิศวกรรม ลูคัสและแฮนสัน (Lucas and Hanson, 2016) ได้เสนอแนวคิดของจิตินิสัยวิศวกรรมที่พึงประสงค์ไว้ 6 ประการดังนี้ 1) การคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) 2) การค้นหาปัญหา (Problem-Finding) 3) การนำเสนอ (Visualizing) 4) การเพิ่มพูน (Improving) 5) การสร้างสรรค์วิธีแก้ปัญหา (Creative Problem-Solving) 6) การปรับปรุง (Adapting) คุณลักษณะทั้งหมดนี้สื่อถึงการแก้ปัญหาโดยใช้หลักคิดทางวิศวกรรมผนวกกับการมีจิตินิสัย จากการสังเคราะห์แนวคิดของจิตินิสัย วิศวกรรมได้สอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาสมรรถนะ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2562) ที่กล่าวว่า นักเรียนทุกคนต้องได้รับการพัฒนาให้เป็นความสามารถติดตัวเมื่อจบการศึกษา นั่นคือ นักเรียนจะได้รับความรู้ความสามารถและพัฒนาในกระบวนการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นสมรรถนะ จิตินิสัยวิศวกรรมจึงมีความสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนและมีความสอดคล้องกับสมรรถนะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ระบบการศึกษาของประเทศไทยนักเรียนจะได้เลือกสายการเรียนเมื่อขึ้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและสายการเรียนที่เลือกนั้นจะเป็นทิศทาง การเลือกสายอาชีพในอนาคต นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จึงเป็นกลุ่มเป้าหมายที่เหมาะสมต่อการ ศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินิสัยวิศวกรรม

จากเหตุผลข้างต้น เพื่อให้ทรัพยากรบุคคลทางด้านวิศวกรรมได้เกิดการพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงสนใจในการศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถทางวิศวกรรม เพื่อพัฒนาการสร้างบุคลากรทางด้านวิศวกรรมที่จะกลายเป็นทรัพยากรบุคคลที่มีบทบาทแก่การพัฒนา ทุกภาคส่วนในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การทบทวนวรรณกรรม

วิศวกรรม (Engineering)

จากการสังเคราะห์ความหมายของวิศวกรรมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า วิศวกรรม หรือ วิศวกรรมศาสตร์ เป็นวิชาจำเป็นต้องใช้ความรู้มากกว่า 1 แขนงมาประยุกต์เพื่อแก้ปัญหา เช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และสังคมศาสตร์ เป็นต้น (Ricco et al., 2017) ซึ่งการแก้ปัญหาทาง วิศวกรรมจะต้องผ่านกระบวนการคิดหลายขั้นตอน (Hu & Shealy, 2018) ผ่านการคิดหลายลักษณะ ที่มีความซับซ้อนในทฤษฎีเอง จนได้ผลลัพธ์ออกมาตามแต่ละปัญหาที่กำลังเผชิญ (Dugan et al., 2021) ดังนั้น วิศวกรรมจึงไม่ใช่ศาสตร์ของการสร้าง แต่เป็นศาสตร์ของวิชาเฉพาะที่มีรูปแบบ การแก้ปัญหาไม่ตายตัวขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม บริบทและปัจจัยของปัญหานั้น ๆ

จิตินิสัย (Habits of Mind)

จิตินิสัย คือ พฤติกรรมหรือนิสัยทางปัญญาที่แสดงให้เห็นถึงการเผชิญหน้ากับปัญหาทั้งที่เคย เห็นและไม่เคยเห็นอย่างอัตโนมัติ เป็นพฤติกรรมที่แสดงให้เห็นถึงความเคยชินหรือการใช้วิธีการที่คุ้นชิน เพื่อแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ ตามแบบเฉพาะของบุคคลนั้น ๆ โดยจิตินิสัยสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อบุคคล



นั้น ๆ ได้สั่งสมประสบการณ์ลักษณะซ้ำ ๆ หรือใกล้เคียงลักษณะเดิมเป็นเวลานาน จนทำให้สมองเกิดการเรียนรู้ จดจำและฝึกฝนอย่างต่อเนื่องจนลักษณะนิสัยนั้นตกตะกอนกลายเป็นจิตินิสัยองค์ประกอบของจิตินิสัยจึงแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ นั่นคือ จิตินิสัยเกี่ยวกับตนเอง และจิตินิสัยทางสังคม (Cuoco et al., 1996; Costa, 2000) จิตินิสัยเกี่ยวกับตนเองจะกล่าวถึงการพัฒนาตนเอง การมีความรับผิดชอบ การจัดการตนเองเป็นหลัก ในขณะที่จิตินิสัยทางสังคมจะกล่าวถึงคุณลักษณะของการอยู่ร่วมกันในสังคม ซึ่งจิตินิสัยของมนุษย์ทั้ง 2 ส่วนนี้มีความเกี่ยวข้องกันอย่างลึกซึ้ง เมื่อมีส่วนใดส่วนหนึ่งเปลี่ยนไปอีกส่วนก็จะแปรผันตาม ตัวบ่งชี้ของการมีจิตินิสัยนั้นสามารถแยกได้หลายมุมมองขึ้นอยู่กับปัจจัยและบริบทของสภาพแวดล้อม

ความหมายและการส่งเสริมสมรรถนะ

จากการศึกษาความหมายของสมรรถนะ พบว่า สมรรถนะ คือ ความสามารถของบุคคลที่มีในด้านความรู้ ด้านทักษะและคุณลักษณะซึ่งระดับของสมรรถนะจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทั้ง 3 ประการว่ามีระดับความสามารถที่เชื่อมโยงซึ่งกันและกัน (McClelland, 1973) เป็นความสามารถที่มีในตัวบุคคลต่อการใช้ความรู้ ทักษะ เจตคติและคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ตนมีในการทำงานหรือการแก้ปัญหาต่าง ๆ จนประสบความสำเร็จ (Spencer & Spencer, 1993) สมรรถนะจึงเป็นผลรวมของความรู้ ทักษะ เจตคติ คุณลักษณะและความสามารถอื่น ๆ ที่ช่วยให้บุคคลประสบความสำเร็จสิ่งที่มุ่งหวัง

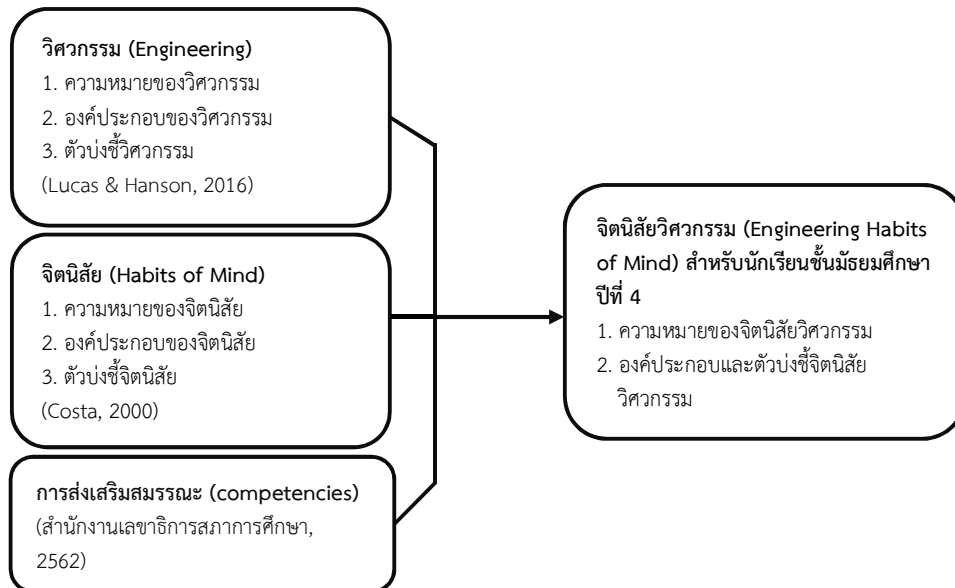
กรอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2562) กล่าวว่า นักเรียนทุกคนต้องได้รับการพัฒนาการศึกษาขั้นพื้นฐานให้เป็นความสามารถติดตัวเมื่อจบการศึกษานักเรียนจะได้รับความรู้ความสามารถและพัฒนาในกระบวนการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นสมรรถนะได้จากการเรียนในสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ

จิตินิสัยวิศวกรรม (Engineering Habits of Mind)

จากการศึกษาถึงความหมาย วิศวกรรม จิตินิสัยและการจัดการศึกษาที่เหมาะสมแล้ว (Trotsky & Sabag, 2016; Lucas & Hanson, 2016) จิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หมายถึง การแสดงออกทางพฤติกรรมที่บ่งบอกว่ามีกระบวนการคิดที่ใช้หลักการทางวิศวกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยอัตโนมัติ สามารถเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่มีในการวิเคราะห์ปัญหา วางระบบ และดำเนินการหาคำตอบอย่างเป็นขั้นเป็นตอนและได้ผลลัพธ์ในท้ายที่สุด (Lippard et al., 2019) และยังหมายถึงด้านสังคม เช่น คุณลักษณะในการทำงานเป็นทีม คุณลักษณะในการสื่อสาร คุณลักษณะการเป็นผู้นำ สภาพแวดล้อม เป็นต้น ทำให้การแก้ปัญหาต้องคำนึงรอบด้าน (Schucker et al., 2024)

กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินิสัยวิศวกรรม เป็นขั้นตอนการสังเคราะห์ความหมายหลักการ และแนวคิดจาก “วิศวกรรม” “จิตินิสัย” ผสมเข้ากับ “การจัดการศึกษาที่เหมาะสม” เพื่อให้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถเข้าถึงหลักการและนำไปปฏิบัติได้ ดังที่แสดงไว้ในกรอบแนวคิดแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเอกสาร (Document research) และอิงผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) เพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อยและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาองค์ประกอบคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ที่เรียนในสาขาวิชาเอกทางวิศวกรรมศาสตร์ 9 วิชาเอก รวมนักเรียนทั้งหมด 199 คน และกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเอกคณิตศาสตร์-วิศวกรรม จำนวน 59 คน ซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายโดยใช้สาขาวิชาเอกเป็นหน่วยในการสุ่ม มีขั้นตอนกระบวนการวิจัย คือ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์ความหมายและใจความสำคัญของ “จิตนิสัยวิศวกรรม” โดยการจำแนกคำสำคัญ ได้แก่คำว่า “วิศวกรรม” “จิตนิสัย” และ “การส่งเสริมสมรรถนะ” เป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการสังเคราะห์องค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขั้นตอนที่ 2 สร้างต้นแบบองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการสังเคราะห์ฐานข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 โดยจำแนกเป็นองค์ประกอบ 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านความรู้ 2) ด้านทักษะ 3) ด้านคุณลักษณะ เนื่องจากจิตนิสัยวิศวกรรมคือ พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกถึงความรู้ ทักษะและคุณลักษณะอย่างพร้อมกัน ซึ่งตรงกับทฤษฎีการส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียน (McClelland, 1973; Spencer & Spencer, 1993; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2562) จากนั้นจึงนำองค์ประกอบมาสร้างเป็นแบบประเมินความเหมาะสมแบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) และแบบสัมภาษณ์เชิงลึกโดยใช้ทฤษฎีการตั้งคำถามปลายเปิด



ที่สอดคล้องกับข้อคำถามในแบบประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญที่ครอบคลุมมากขึ้น โดยกำหนดเกณฑ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีคุณสมบัติตรงตามจุดประสงค์เพื่อการทำแบบประเมินและสัมภาษณ์เชิงลึก จำนวน 5 ท่าน โดยแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางสาขาวิศวกรรม 3 ท่านและผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์หรือหลักสูตรและการสอน 2 ท่าน

ขั้นตอนที่ 3 สังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบประเมินและการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญ โดยการเข้ารหัสและจำแนกความสำคัญและค่าสำคัญที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์ประเด็นสำคัญที่ถูกกล่าวถึง ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ประมวลผลและปรับปรุงองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 4 ยืนยันข้อมูลองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญจากการสัมภาษณ์เชิงลึกในขั้นตอนที่ 2 จำนวน 2 ท่านและผู้เชี่ยวชาญท่านใหม่ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์หรือหลักสูตรและการสอน 1 ท่าน จากการสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทำแบบประเมิน การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญมาสร้างเป็นองค์ประกอบจิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และหาคุณภาพเครื่องมือโดยพิจารณาหาค่าความตรง โดยวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องและความเหมาะสม จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้ค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6-1.00 จนได้นิยามความหมายขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขั้นตอนที่ 5 สังเคราะห์และประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการยืนยันข้อมูลองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการทำแบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ทำการปรับปรุงองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมตามการยืนยันข้อมูลองค์ประกอบจนได้ผลสรุปองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสังเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบประเมินและสัมภาษณ์เชิงลึกของผู้เชี่ยวชาญ (ตารางที่ 1) และการยืนยันข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ (ตารางที่ 2) พบว่า จิตินัยวิศวกรรมเป็นกระบวนการทำงานที่เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนพบเจอกับปัญหา

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากการศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ

องค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากการศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	องค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ
ด้านความรู้ การคิดเชิงจิตินัยวิศวกรรม หมายถึง ความรู้และความเข้าใจองค์ประกอบของการคิดเชิงจิตินัยวิศวกรรมทั้ง 6 ประการที่เป็นหลักการคิด มีรายละเอียดดังนี้	ด้านความรู้ องค์ประกอบย่อยที่ 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge) หมายถึง ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา เป็นความรู้ที่นักเรียน



ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากการศึกษาเอกสาร
ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ(ต่อ)

องค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากการศึกษา เอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	องค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จาก ผู้เชี่ยวชาญ
1. การคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) 2. การคิดค้นหาต้นตอของปัญหา (Problem-Finding) 3. การถ่ายทอดความคิด (Visualizing) 4. การคิดเรียบเรียง (Improving) 5. การคิดสร้างวิธีแก้ปัญหา (Creative-problem solving) 6. การดัดแปลงการคิดพัฒนา (Adapting)	ด้านความรู้ (ต่อ) สามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหาที่กำลังพบเจอ สามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญ และสามารถใช้งานทฤษฎีนั้น ๆ ในการแก้ปัญหาได้ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ
ด้านทักษะ การดำเนินการคิดเชิงจิตินัยวิศวกรรม หมายถึง การแสดงออกถึงความสามารถ ในการนำความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดเชิงจิตินัยวิศวกรรมและความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิดของนักเรียน มีรายละเอียด 6 ประการดังนี้ 1. การดำเนินการคิดอย่างเป็นระบบ 2. การดำเนินการคิดค้นหาต้นตอของปัญหา 3. การดำเนินการคิดออกมาเป็นภาพ 4. การดำเนินการคิดเพื่อทำให้ดีขึ้น 5. การดำเนินการคิดสร้างวิธีการแก้ปัญหา 6. การดำเนินการคิดทบทวนเพื่อพัฒนา	ด้านทักษะ องค์ประกอบย่อยที่ 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) หมายถึง ทักษะความคิดที่ทำงานร่วมกันในสมอง เพื่อประมวลผลปัญหาสู่ขั้นตอนการค้นหาคำตอบ ทำนายหรือคาดเดาพฤติกรรมของข้อมูลของปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดผลลัพธ์ เพื่อการประดิษฐ์นวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาใด ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เป็นไปตามคำสั่งเพื่อให้ได้ตรงกับผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งการคิดอย่างเป็นระบบประกอบด้วย 1. คิดวิเคราะห์ 2. คิดคำนวณ 3. คิดแก้ปัญหา 4. คิดสังเคราะห์ 5. คิดสร้างสรรค์ โดยทักษะการคิดอย่างเป็นระบบนี้จะเกิดการทำงานต่อเนื่องกันและเป็นขั้นเป็นตอนเมื่อผู้ใช้งานต้องการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่
ด้านคุณลักษณะของผู้เรียนสาขาวิศวกรรม หมายถึง สิ่งที่บ่งบอกความดีหรือลักษณะประจำตัวของผู้เรียนสาขาวิศวกรรม ซึ่งวัดจากการแสดงออกต่อวิชาชีพวิศวกรที่จะส่งผลต่อความคิด การตัดสินใจ และพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิศวกรรมในทางที่ดี สามารถส่งเสริมให้บุคคลนั้นเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตและเป็นบุคลากรที่ดีทางสายอาชีพวิศวกร ประกอบด้วย 1. ความใฝ่รู้ 2. จิตใจที่เปิดกว้าง 3. ความคิดที่ยืดหยุ่น 4. เป็นคนช่างคิด 5. การทำงานเป็นทีม 6. การสะท้อนคิด 7. ความมีจริยธรรม	ด้านคุณลักษณะ องค์ประกอบย่อยที่ 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play) หมายถึง ลักษณะในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน การกระจายหน้าที่การทำงานที่คนในทีมถนัด ความรับผิดชอบต่อการส่งงานในส่วนของตนเองให้ตรงเวลา และการเคารพความเป็นตัวตนของคนในทีม องค์ประกอบย่อยที่ 3.2) การสื่อสาร (Communication) หมายถึง ลักษณะในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจและรับทราบข้อมูลในทิศทางเดียวกันกับผู้สื่อสารทั้งคนในทีมและผู้ฟังคนอื่น คุณลักษณะในการอธิบายความคิดต่าง ๆ ให้ออกมาเป็นภาพประกอบการอธิบายได้ และเสริมการสรุปความหลังจากผ่านการสนทนาแล้ว เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจ



ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากการศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและองค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ(ต่อ)

องค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จากการศึกษา เอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	องค์ประกอบของจิตินัยวิศวกรรมที่ได้จาก ผู้เชี่ยวชาญ
	ด้านคุณลักษณะ องค์ประกอบย่อยที่ 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership) หมายถึง ความเป็นผู้นำที่ส่งผลต่อการทำงานของนักเรียน ความกล้าแสดงออกในสิ่งที่คิดและเปิดกว้างต่อการแสดงความเห็นโดยผู้อื่น การเป็นผู้นำในแต่ละด้านของงานที่ตนถนัด มีความมั่นใจ ในฐานะผู้รับผิดชอบหลักของส่วนงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีความมุ่งมั่นไม่ยอมแพ้ง่าย ๆ เพื่อความสำเร็จลุล่วง

จากตารางที่ 1 พบว่าจิตินัยวิศวกรรมแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะและด้านคุณลักษณะ ซึ่งองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ระหว่างการศึกษาเอกสารกับผู้เชี่ยวชาญมีความแตกต่างกันในเชิงปริมาณ โดยผลขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญจะมีองค์ประกอบย่อยน้อยกว่าการศึกษาเอกสาร จากตารางที่ 1 ยังพบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ที่ได้จากการศึกษาเอกสารด้านความรู้จะกล่าวถึงการคิด ด้านทักษะจะกล่าวถึงการดำเนินการ และด้านคุณลักษณะจะกล่าวถึงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิศวกรรมในทางที่ดี ซึ่งองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ระหว่างการศึกษาเอกสารกับผู้เชี่ยวชาญมีความแตกต่างในลักษณะของความหมาย โดยที่ด้านความรู้จะกล่าวถึงการมีความรู้พื้นฐานที่จำเป็น ด้านทักษะจะกล่าวถึงทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ ด้านคุณลักษณะจะกล่าวถึงคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในการทำงานของวิศวกร

ตารางที่ 2 แสดงตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบจิตินัยวิศวกรรม

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
1. ด้านความรู้	[K] 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge)	K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้ K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎี สามารถนำไปแก้ปัญหาได้
2. ด้านทักษะ	[S] 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking)	S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็แกนหรือต้นตอของปัญหาได้ S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้ S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้ S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้



ตารางที่ 2 แสดงตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบจิตินัยวิศวะกรรม (ต่อ)

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้
2. ด้านทักษะ	[S] 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking)	S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาสามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจ หรือควรปรับปรุง S8. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหา มาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน
	[A1] 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play)	A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้อย่างเหมาะสมตามความถนัด A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม
	[A2] 3.2) การสื่อสาร (Communication)	A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน
	[A3] 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership)	A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุ่งมั่นทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น
	3. ด้านคุณลักษณะ	

จากตารางที่ 2 พบว่า แต่ละองค์ประกอบหลักสามารถจำแนกเป็นตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวะกรรม โดยแต่ละตัวบ่งชี้เกิดจากการสังเคราะห์คำสำคัญของจิตินัยวิศวะกรรมของผู้เชี่ยวชาญในตารางที่ 1 และแจกแจงเป็นตัวบ่งชี้ตามความหมายขององค์ประกอบจิตินัยวิศวะกรรม

จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 พบว่า องค์ประกอบหลักของจิตินัยวิศวะกรรมมีแนวคิดเดียวกับการส่งเสริมสมรรถนะผู้เรียนซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะ ซึ่งจากการสังเคราะห์ข้อมูลแล้ว พบว่า การส่งเสริมจิตินัยวิศวะกรรมสำหรับ



นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ควรเน้นการฝึกฝนให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ ทักษะและคุณลักษณะที่เป็นพื้นฐานของการเป็นวิศวกร จากตารางแสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับองค์ประกอบ 1) ด้านความรู้ 1 ประการ คือ ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge) ด้วยส่งเสริมจิตนิสัย วิศวกรรมด้านความรู้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้ความรู้จากที่ศึกษามาสู่การเชื่อมโยงและใช้งานทฤษฎีนั้น ๆ กับ การแก้ปัญหา 2) ด้านทักษะ 1 ประการ คือ ทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ (Systematics Thinking) แต่ทว่าทักษะการคิดอย่างเป็นระบบนั้นไม่ใช่ว่าการคิดเพียงครั้งเดียว แต่เป็นแผนระบบการคิดที่ประกอบด้วย 1) คิดวิเคราะห์ 2) คิดคำนวณ 3) คิดแก้ปัญหา 4) คิดสังเคราะห์ 5) คิดสร้างสรรค์ โดยกระบวนการคิดทั้ง 5 นี้ต้องเกิดขึ้นต่อเนื่องกันและเป็นขั้นเป็นตอน 3) ด้านคุณลักษณะ 3 ประการ ได้แก่ การทำงานเป็นทีม (Team Play) การสื่อสาร (Communication) และการเป็นผู้นำ (Leadership) กล่าวคือ คุณลักษณะเบื้องต้นสู่การเป็นวิศวกรที่ดี คือ สามารถทำงานเป็นทีมได้ สามารถสื่อสารได้ เข้าใจและชัดเจน สามารถแสดงความเห็นต่อผู้อื่นและยอมรับต่อความคิดเห็นที่มีต่อตนเอง โดยองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านสามารถจำแนกเป็นตัวบ่งชี้ตามพฤติกรรมที่กล่าวถึงขององค์ประกอบจิตนิสัย วิศวกรรมที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ

อภิปรายผล

จากการศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ด้านความรู้ ด้านทักษะและด้านคุณลักษณะ ซึ่งสอดคล้องกับการส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียน (McClelland, 1973; Spencer & Spencer, 1993; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2562) และจากงานวิจัยของ ลูคัสและแฮนสัน กับ ลูคัสและคณ (Lucas & Hanson, 2016; Lucas et al., 2017) ที่นำเสนอแนวคิดของการส่งเสริมการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรม ซึ่งในด้านความรู้และด้านทักษะนั้นจะมีลักษณะขององค์ประกอบย่อยใกล้เคียงกัน สังเกตได้ว่าการปลูกฝังด้านความรู้ของการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมจะเป็นการอธิบายเพื่อให้นักเรียนได้รับรู้ถึงวิธีการของการคิดแต่ละขั้นตอนที่เป็นการคิดเชิงจิตนิสัย ส่วนในด้านทักษะคือการนำความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมมาดำเนินการ ในด้านของคุณลักษณะนั้นจะกล่าวถึงลักษณะอันพึงประสงค์ของวิศวกรในด้านของจิตนิสัยซึ่งเป็นแนวคิดของคอสต้า (Costa, 2000) จากการสังเคราะห์ข้อมูลพบว่า จิตนิสัยวิศวกรรมนั้น เป็นการปลูกฝังทักษะการคิดในแบบของวิศวกรและปลูกฝังคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของวิศวกรให้กับนักเรียนโดยใช้แนวคิดของจิตนิสัยร่วมด้วย เพื่อให้นักเรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการค้นคว้าหาความรู้จนได้ประกอบอาชีพเป็นวิศวกรต่อไป

จากตารางที่ 1 การเปรียบเทียบองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรม และจากตารางที่ 2 แสดงตัวบ่งชี้ เกิดจากแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน นำมาสังเคราะห์และประมวลผลได้ว่า จิตนิสัยวิศวกรรม คือ พฤติกรรม/สิ่งที่ทำซ้ำ ๆ เป็นประจำจนเกิดเป็นความคุ้นชินทำให้การประมวลผลของจิตใจส่งผลต่อการกระทำที่มีผลต่อปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ ดังนั้น การปลูกฝังจิตนิสัยวิศวกรรมจึงควรเป็นการสั่งสอนด้วยลักษณะการแนะนำให้ได้ประสบการณ์ด้วยตนเองจึงเหมาะสมกว่าการสอนวิธีการคิดให้ตั้งแต่ต้น การลงมือทำด้วยตนเองจะทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ และประสบการณ์คือสิ่งที่จะติดตัวนักเรียนไป การสอนให้มีประสบการณ์จะมีคุณค่าในระยะยาวมากกว่าการสอนโดยที่นักเรียนไม่ได้ค้นพบด้วยตนเอง ดังนั้น องค์ประกอบของจิตนิสัยวิศวกรรมจากผู้เชี่ยวชาญ จึงไม่นับเป็น

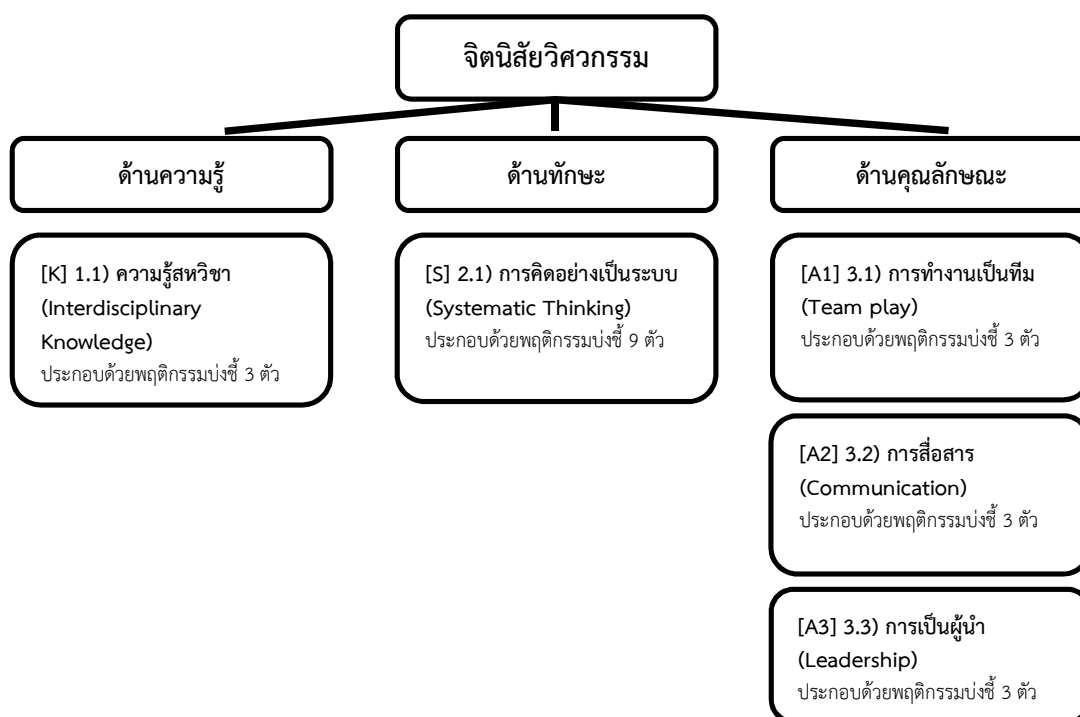


การคิดแต่เป็นการปลูกฝังจิตให้มีการตอบสนองต่อปัญหาด้วยตนเอง การตอบสนองด้วยจิตจะมีความลึกซึ้งมากกว่าเมื่อเจอปัญหาที่นอกเหนือจากที่เรียนมา จิตนิสัยจะเป็นตัวชี้นำนักเรียนให้เกิดพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้ นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้สหวิชา เพื่อใช้ในการรับมือกับปัญหาที่อยู่นอกเหนือจากความรู้ที่ได้เรียน 2) ด้านทักษะ การคิดอย่างเป็นระบบ ผู้เชี่ยวชาญกล่าวว่า องค์ประกอบด้านทักษะการคิดเชิงจิตนิสัยวิศวกรรมเดิมนั้น ทั้งหมดคือสิ่งที่เรียกว่าเป็นการคิดอย่างเป็นระบบ สิ่งที่ต้องปลูกฝังนักเรียนคือการฝึกฝนด้านการวางระบบความคิดให้นักเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การคิดอย่างเป็นระบบเพียง 1 ตัวนั้นเพียงพอต่อการปลูกฝังจิตนิสัยวิศวกรรมในระยะยาวได้ 3) ด้านคุณลักษณะ แบ่งเป็น 3 องค์ประกอบย่อย คือ การทำงานเป็นทีม การสื่อสาร การเป็นผู้นำ

จากข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญชี้ให้เห็นว่าแนวคิดของ ลูคัสและแฮนสัน (Lucas and Hanson, 2016) เกี่ยวกับจิตนิสัยวิศวกรรมมีความสอดคล้องในด้านทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ (Systematics Thinking) โดยองค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมของลูคัสและแฮนสัน พบว่า เป็นการส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมโดยเน้นกระบวนการทางด้านทักษะและเสริมด้านความรู้และด้านคุณลักษณะในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วมีความสอดคล้องทางด้านองค์ประกอบทั้ง 3 ประการ เช่นเดียวกับกับผู้เชี่ยวชาญแต่องค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมในงานวิจัยฉบับนี้ชี้ให้เห็นว่าควรส่งเสริมแต่ละด้านขององค์ประกอบโดยจำแนกด้าน ตามด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ทรอตสคอฟสกีและซาแบก (Trotskovsky & Sabag, 2016) ซึ่งได้เสนอแนวคิดไว้ว่าการปลูกฝังทักษะทางวิศวกรรมสำหรับนักเรียนตั้งแต่อายุน้อย เพื่อการส่งเสริมประสบการณ์ที่นักเรียนในวัยเยาว์สามารถปฏิบัติได้ จากแนวคิดนี้สอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญในด้านปริมาณของหัวข้อที่ควรส่งเสริมจิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ว่าไม่ควรจำแนกองค์ประกอบมากจนเกินไปเพราะวัยวุฒิของนักเรียนยังไม่เหมาะต่อเรียนรู้เนื้อหาที่มากเกินไป ดังนั้น องค์ประกอบจิตนิสัยวิศวกรรมจึงควรเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญเพื่อการส่งเสริมและปลูกฝังในระยะยาว เช่น ในด้านคุณลักษณะ การทำงานเป็นทีม เนื่องจากการทำงานของวิศวกรต้องใช้ความร่วมมือของคนในทีม การสื่อสาร การถ่ายทอดความคิดที่ตรงประเด็น ชัดเจน เป็นสิ่งที่ควรมีในวิศวกร และความเป็นผู้นำ ความเป็นผู้นำนอกจากความหมายในการเป็นหัวหน้า ยังหมายถึงการเป็นผู้นำของตนเองด้วย ความมั่นใจ ความรับผิดชอบ ความกล้าแสดงออก เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้วิศวกรกล้าในการตัดสินใจ

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย

จากการศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบองค์ความรู้ที่สามารถสรุปเป็นแผนภาพที่ 2 ดังนี้



แผนภาพที่ 2 แสดงองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากแผนภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าจิตินัยวิศวกรรมประกอบด้วย ความรู้ ทักษะและคุณลักษณะ องค์ประกอบหลักทั้ง 3 ด้าน ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ที่บ่งบอกทางพฤติกรรมได้ว่านักเรียนเกิดจิตินัยวิศวกรรม ซึ่งรายละเอียดพฤติกรรมบ่งชี้ขององค์ประกอบแต่ละด้าน มีดังนี้

1) ด้านความรู้ องค์ประกอบย่อยที่ 1.1) ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge) สามารถจำแนก เป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านความรู้สหวิชาได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

- K1. นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้
- K2. นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญได้
- K3. นักเรียนรู้วิธีการใช้งานทฤษฎี สามารถนำไปแก้ปัญหาคได้

2) ด้านทักษะ องค์ประกอบย่อยที่ 2.1) การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) สามารถจำแนก เป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านทักษะการคิดอย่างเป็นระบบได้ 9 พฤติกรรมดังนี้

- S1. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและระบุสิ่งที่เป็นแกนหรือต้นตอของปัญหาได้
- S2. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์สาเหตุและเงื่อนไขของการเกิดปัญหาได้
- S3. นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์หนทางในการแก้ปัญหาได้
- S4. นักเรียนสามารถคิดคำนวณลำดับกระบวนการ โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนเป็นอันดับแรกไปจนถึงสิ่งที่ทำเป็นอันดับท้ายสุดได้
- S5. นักเรียนสามารถคิดคำนวณทรัพยากร รายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาโดยประเมินเป็นตัวเลขหรือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่มีอย่างจำกัด
- S6. นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้



S7. นักเรียนสามารถคิดสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถระบุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพอใจ หรือควรปรับปรุง

S8. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์ข้อมูลที่มี และนำเสนอชิ้นงานออกมาในรูปแบบภาพ sketch ประกอบใน Mind Mapping เพื่อเป็นการแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบการแก้ปัญหา

S9. นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นชิ้นงาน

3) ด้านคุณลักษณะ

องค์ประกอบย่อยที่ 3.1) การทำงานเป็นทีม (Team play) สามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการทำงานเป็นทีมได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A11. นักเรียนสามารถกระจายส่วนของงานให้เพื่อนในกลุ่มสามารถร่วมมือกันทำได้อย่างเหมาะสมตามความถนัด

A12. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อส่วนงานที่ได้รับมอบหมายและส่งงานตรงเวลา

A13. นักเรียนมีมารยาท มีความเข้าใจ ให้ความเคารพความแตกต่างของคนในทีม

องค์ประกอบย่อยที่ 3.2) การสื่อสาร (Communication) สามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการสื่อสารได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A21. นักเรียนสามารถสื่อสารสิ่งที่นักเรียนคิดให้เพื่อนร่วมทีมและผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกับที่นักเรียนคิด

A22. นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาพให้เพื่อนในทีมและผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ตรงประเด็นและชัดเจน

A23. นักเรียนสรุปใจความทั้งหมดของการสื่อสารอีกครั้ง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจในจุดเดียวกัน

องค์ประกอบย่อยที่ 3.3) การเป็นผู้นำ (Leadership) สามารถจำแนกเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ ด้านคุณลักษณะการเป็นผู้นำได้ 3 พฤติกรรมดังนี้

A31. นักเรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น เปิดใจรับฟังเพื่อนในทีมและผู้อื่นโดยไม่รีบตัดสิน

A32. นักเรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ เป็นผู้นำในงานที่ได้รับมอบหมาย และรับผิดชอบต่อสิ่งที่ทำ

A33. นักเรียนมีความตั้งใจ มุ่งมั่นทำให้งานของตนเองออกมาเป็นผลที่ดีและสำเร็จเสร็จสิ้น

สรุป

การศึกษาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบ่งได้เป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะ

1. ด้านความรู้ ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย ความรู้สหวิชา (Interdisciplinary Knowledge) หมายถึง ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา เป็นความรู้ที่นักเรียนสามารถระบุทฤษฎี หลักการ และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำลังพบเจอ สามารถอธิบายเชื่อมโยงทฤษฎีกับปัญหาที่กำลังเผชิญ และ



สามารถใช้งานทฤษฎีนั้น ๆ ในการแก้ปัญหาได้ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ

2. ด้านทักษะ ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย การคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) หมายถึง ทักษะความคิดที่ทำงานร่วมกันในสมอง เพื่อประมวลผลปัญหาสู่ขั้นตอนการค้นหาคำตอบ ทำนายหรือคาดเดาพฤติกรรมของข้อมูลของปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดผลลัพธ์ เพื่อการประดิษฐ์นวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาใด ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้เป็นไปตามคำสั่งเพื่อให้ได้ตรงกับผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ซึ่งการคิดอย่างเป็นระบบประกอบด้วย 1) คิดวิเคราะห์ 2) คิดคำนวณ 3) คิดแก้ปัญหา 4) คิดสังเคราะห์ 5) คิดสร้างสรรค์ โดยทักษะการคิดอย่างเป็นระบบนี้จะเกิดการทำงานต่อเนื่องกันและเป็นขั้นเป็นตอน เมื่อผู้ใช้งานต้องการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่

3. ด้านคุณลักษณะ ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย

1) การทำงานเป็นทีม หมายถึง ลักษณะในการทำงานเป็นทีมของนักเรียน การกระจายหน้าที่การทำงานที่คนในทีมถนัด ความรับผิดชอบต่อการส่งงานในส่วนของตนเองให้ตรงเวลา และการเคารพความเป็นตัวตนของคนในทีม

2) การสื่อสาร หมายถึง ลักษณะในการถ่ายทอดความคิดที่เป็นนามธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจ และรับทราบข้อมูลในทิศทางเดียวกันกับผู้สื่อสารทั้งคนในทีมและผู้ฟังคนอื่น คุณลักษณะในการอธิบายความคิดต่าง ๆ ให้ออกมาเป็นภาพประกอบการอธิบายได้ และเสริมการสรุปความหลังจากผ่านการสนทนาแล้วเพื่อเน้นย้ำความเข้าใจ

3) การเป็นผู้นำ หมายถึง ความเป็นผู้นำที่ส่งผลต่อการทำงานของนักเรียน ความกล้าแสดงออกในสิ่งที่คิดและเปิดกว้างต่อการแสดงความคิดเห็นโดยผู้อื่น การเป็นผู้นำในแต่ละด้านของงานที่ตนถนัด มีความมั่นใจในฐานะผู้รับผิดชอบหลักของส่วนงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีความมุ่งมั่นไม่ยอมแพ้ง่าย ๆ เพื่อความสำเร็จลุล่วง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

องค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาหลักสูตรเพื่อส่งเสริมจิตินิสัยวิศวกรรม การนำข้อมูลองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตินิสัยวิศวกรรมจากงานวิจัยนี้ไปใช้สำหรับการพัฒนาหลักสูตรจึงเป็นจุดมุ่งหมายที่เหมาะสมมากกว่า แต่ทว่าการจัดการศึกษาที่เหมาะสม (Signature Pedagogies) (Shulman, 2005) นักเรียนแต่ละช่วงวัยเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการจัดการเรียนรู้ตามช่วงวัย ฉะนั้นการใช้ข้อมูลจิตินิสัยวิศวกรรมสำหรับนักเรียนในระดับชั้นการศึกษาอื่น ๆ จำเป็นต้องศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมก่อนนำไปใช้งาน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ข้อมูลที่ได้รับอาจจะยังไม่สมบูรณ์มากพอ เนื่องจากการศึกษาค้นคว้าและการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญเป็นเพียงหน่วยเดียว ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจใช้การพัฒนางานวิจัยโดยการเพิ่มวิธีการวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อให้ทราบถึงกลุ่มประชากรส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับอาชีพวิศวกร



2.2 เพื่อประสิทธิภาพในการใช้งานจริง ควรมีการศึกษาข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่กว้างขวางและหลากหลายยิ่งขึ้น เพื่อให้เกิดประโยชน์ตามจุดมุ่งหมายจากการนำข้อมูลไปใช้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2562). *แนวทางการพัฒนาสมรรถนะผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives: complete edition*. Addison Wesley Longman, Inc..

Bielefeldt, A. R., & Rulifson, G. (2016). Attitudes that Students Believe Best Characterize Engineers. In *2016 ASEE Annual Conference & Exposition*. <https://www.studocu.com/ph/document/zamboanga-state-college-of-marine-sciences-and-technology/engineering-data-analysis/attitudes-that-students-believe-best-characterize-engineers/25927823>

Costa, A. L., & Kallick, B. (2000). *Habits of Mind: A Developmental Series*. Association for Supervision & Curriculum Development.

Costa, A. L., & Kallick, B. (2000). *Discovering and Exploring Habits of Mind*. Association for supervision and curriculum Development.

Cuoco, A., Goldenberg, E. P., & Mark, J. (1996). Habits of mind: An organizing principle for mathematics curricula. *The Journal of Mathematical Behavior*, 15(4), 375-402. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(96\)90023-1](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(96)90023-1)

Dugan, K. E., Mosyjowski, E. A., Daly, S. R., & Lattuca, L. R. (2022). Systems thinking assessments in engineering: A systematic literature review. *Systems research and behavioral science*, 39(4), 840-866. <https://doi.org/10.1002/sres.2808>

Hanson, J., Hardman, S., Luke, S., Maunders, P., & Lucas, B. (2018). *Engineering the future: training today's teachers to develop tomorrow's engineers*. The Royal Academy of Engineering. https://raeng.org.uk/media/zhujvggz/etf_report_final_1page.pdf

Hu, M., & Shealy, T. (2018). Methods for measuring systems thinking: Differences between student self-assessment, concept map scores, and cortical activation during tasks about sustainability. In *2018 ASEE Annual Conference & Exposition*. <https://doi.org/10.18260/1-2--30807>

Lippard, C. N., Lamm, M. H., Tank, K. M., & Choi, J. Y. (2019). Pre-engineering thinking and the engineering habits of mind in preschool classroom. *Early Childhood Education Journal*, 47, 187-198. <http://dx.doi.org/10.1007/s10643-018-0898-6>

Lucas, B., & Hanson, J. (2016). Thinking like an engineer: Using engineering habits of mind



- and signature pedagogies to redesign engineering education. *International journal of Engineering Pedagogy*, 6(2), 4-13. <http://dx.doi.org/10.3991/ijep.v6i2.5366>
- Lucas, B., Claxton, G., & Hanson, J. (2014). *Thinking like an engineer: Implications for the education system*. The Royal Academy of Engineering. <https://raeng.org.uk/media/brjjknt3/thinking-like-an-engineer-full-report.pdf>
- Lucas, B., Hanson, J., Bianchi, L., & Chippindall, J. (2017). *Learning to be an engineer: Implications for the education system*. The Royal Academy of Engineering. https://raeng.org.uk/media/i4qn3v1q/ltbae_report_final_web-min.pdf
- McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for "intelligence". *American psychologist*, 28(1), 1-14. <https://doi.org/10.1037/h0034092>
- Ricco, G. D., Girtz, S., & Silliman, S. E. (2017). Exploring Engineering Mindset. In *2017 ASEE Annual Conference & Exposition*. <https://doi.org/10.18260/1-2--28328>
- Schucker, K., Mcvee, M. B., Jarmark, C. J., & Shanahan, L. E. (2024). Exploring engineering habits of mind and disciplinary literacy connections in an elementary afterschool engineering literacies club. *Pedagogies: An International Journal*, 19(1), 38-59. <https://doi.org/10.1080/1554480X.2022.2134871>
- Shulman, L. (2005). The signature pedagogies of the professions of law, medicine, engineering, and the clergy: Potential lessons for the education of teachers. In *Talk Delivered at the Math Science Partnerships (MSP) Workshop: "Teacher Education for Effective Teaching and Learning" Hosted by the National Research Council's Center for Education February* (pp. 6-8).
- Spencer, L. M., & Spencer, P. S. M. (2008). *Competence at Work models for superior performance*. John Wiley & Sons.
- Waks, S., Trotskovsky, E., Sabag, N., & Hazzan, O. (2011). Engineering thinking: The experts' perspective. *International Journal of Engineering Education*, 27(4), 838-851. <https://doi.org/10.1080/03043797.2013.867312>
- Winn, G. L., Lewis, D., & Curtis, R. (2008). Bridging engineering education to high school science teachers using time kits. *International Journal of Engineering Education*, 25(3), 493-498. https://www.researchgate.net/profile/Reagan-Curtis/publication/290304119_Bridging_Engineering_Education_to_High_School_Science_Teachers_Using_TIME_Kits/links/588f82b645851573233e509d/Bridging-Engineering-Education-to-High-School-Science-Teachers-Using-TIME-Kits.pdf
- Trotskovsky, E., & Sabag, N. (2016). Evaluation and Estimation in Engineering education: work in progress. In *INTED2016 Proceedings* (pp. 8434-8437). IATED. <https://doi.org/10.21125/inted.2016.0968>
- Zeid, A. (2020). Deploying Engineering-Based Learning in High School Students STEM Learning. *Athens Journal of Education*, 7(3), 255-271. <https://doi.org/10.30958/aje.7-3-2>