# บทที่ **1**

# บทนำ

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสภาพสังคมปัจจุบันได้มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผู้ที่อยู่ในสังคมจำเป็นต้องมีการปรับตัว เพื่อให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลง ผลดีของเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่ใช้ในการเรียนการสอน มีสื่อการสอน การสืบค้นที่ทันสมัย ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญต่อกระบวนการเรียนการสอนให้มีคุณภาพได้ สิ่งนี้จะเป็นกลไกสำคัญต่อการพัฒนาพลเมืองในชาติ ให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นให้เกิดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะสารสนเทศ สื่อเทคโนโลยี และทักษะอาชีพ (กิตติชัย ตนตรง,2558) ประกอบกับรัฐบาล ได้ประกาศนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งเป็นนโยบายการขับเคลื่อนเศรษฐกิจแบบเดิมไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม การจัดรูปแบบการเรียนการสอนจึงต้องจัดให้สอดคล้องและเท่าทันกับยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงนี้ด้วย

เทคโนโลยีอุปกรณ์ Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด [Arduino](http://en.wikipedia.org/wiki/Arduino) ถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่าย สามารถต่อกับอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ได้ ซึ่งจุดเด่นของบอร์ด Arduino IDE คือ มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานไม่ซับซ้อน เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นที่จะศึกษา จึงง่ายต่อการพัฒนาและนำพอร์ตไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน และราคาไม่แพงมาก ความง่ายของบอร์ด [Arduino](http://en.wikipedia.org/wiki/Arduino)ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วสามารถเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม ([Arduino Shield](http://thaieasyelec.com/products/development-boards/arduino/unofficial-shields.html)) ประเภทต่างๆ เช่น [Arduino XBee Shield](https://www.thaieasyelec.com/xbee-shield-v2-0.html), [Arduino Music Shield](https://www.thaieasyelec.com/music-shield-v2-0.html), [Arduino Relay Shield](https://www.thaieasyelec.com/relay-shield-v3-0.html), [Arduino GPRS Shield](https://www.thaieasyelec.com/gprs-shield-v3-0.html) เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ด บนบอร์ด [Arduino](https://www.thaieasyelec.com/products/development-boards/arduino/official-boards-made-in-italy.html)  สามารถเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย (รศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล, 2540)

แผ่นดินไหวนอกชายฝั่งแปซิฟิกโทโฮกุ พ.ศ. 2554 เป็น[แผ่นดินไหวเมกะทรัสต์](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%81%E0%B8%9C%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%A7%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%81%E0%B8%B0%E0%B8%97%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B9%8C)เกิดใต้ทะเล ขนาด 9.0 [แมกนิจูด](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%81%E0%B8%A1%E0%B8%81%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%88%E0%B8%B9%E0%B8%94) นอกชายฝั่ง[ญี่ปุ่น](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%8D%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%9B%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%99) เกิดขึ้นเมื่อเวลา 14.46 น. ตาม[เวลามาตรฐานญี่ปุ่น](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%90%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%8D%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%9B%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%99) (05:46 [UTC](https://th.wikipedia.org/wiki/UTC)) เมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2554จุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหวมีรายงานว่า อยู่นอกชายฝั่งตะวันออกของ[คาบสมุทรโอชิกะ](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%84%E0%B8%B2%E0%B8%9A%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%B8%E0%B8%97%E0%B8%A3%E0%B9%82%E0%B8%AD%E0%B8%8A%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%B0) [ภาคโทโฮกุ](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%82%E0%B8%97%E0%B9%82%E0%B8%AE%E0%B8%81%E0%B8%B8) โดยมี[จุดเกิดแผ่นดินไหว](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%88%E0%B8%B8%E0%B8%94%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B9%81%E0%B8%9C%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%A7)อยู่ลึกลงไปใต้พื้นดิน 32 กิโลเมตร นับเป็นเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งรุนแรงที่สุดในประวัติศาสตร์ญี่ปุ่น และเป็นหนึ่งในห้าแผ่นดินไหวครั้งรุนแรงที่สุดของโลกเท่าที่มีการบันทึกสมัยใหม่มาตั้งแต่ พ.ศ. 2443  ([Japan Earthquake,2011](https://community.apan.org/hadr/japan_earthquake/default.aspx)) ดังนั้นจึงส่งผลให้เกิดการคิดค้นนวัตกรรมต่างๆ มีการนำระบบการคำนวณเทคโนโลยีที่มีความแม่นยำสูงมาใช้ ในการเตือนภัยแผ่นดินไหวและสึนามิล่วงหน้า ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาซึ่งสามารถช่วยบรรเทาความตระหนกตกใจของผู้คนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นได้ เพราะความแม่นยำของระบบนี้จะแจ้งเตือนในทันที ที่เกิดเหตุแผ่นดินไหวขึ้นทุกกรณี ซึ่งจะช่วยปกป้องชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนได้อย่างมาก จากประสบการณ์ภัยพิบัติแผ่นดินไหว และสึนามิทีผ่านมาแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการคิดค้นนวัตกรรมระบบเตือนภัยสึนามิล่วงหน้าในมหาสมุทรต่างๆ ซึ่งนวัตกรรมนี้ได้มีการนำไปใช้ตรวจจับคลื่นสึนามิและแรงสั่นสะเทือนของรอยเลื่อนในมหาสมุทร เรียกว่า ระบบเตือนภัยล่วงหน้า โดยระบบจะทำงานผ่านเซนเซอร์วัดแรงสั่นสะเทือนส่งไปแสดงผลที่หน้าจอมอนิเตอร์

การนำมาจัดการเรียนการสอนสะเต็มและโค้ดดิ้งจะเน้นการบูรณาและพัฒนา ซึ่งจะให้นักเรียนสร้างชิ้นงานและนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยการนำเทคโนโลยี (IoT) เข้ามาใช้ในการศึกษาปัจจัยในวัดแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ผ่านการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมเซ็นเซอร์ ผ่านอุปกรณ์ Microcontroller Arduino R3 และนำข้อมูลที่วัดได้มาแสดงผลทาง โปรแกรมแสดงผล Arduino IDE เพื่อให้นักเรียนนั้นสามารถอ่านค่าตัวเลขได้อย่างแม่นยำ ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้จัดทำจึงได้คิดออกแบบนวัตกรรมผ่านกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างเครื่องมือวัดแรงสั่นสะเทือนและสามารถวัดให้เห็นค่าทางสถิติได้ นำมาช่วยในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ คนิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ โดยเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ให้ผู้เรียนมีอิสระในการออกแบบชิ้นงานและสามารถคิดวิเคราะห์ต่อยอดเพิ่มอุปกรณ์เสริมเองได้

เป้าหมายของการส่งเสริมพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาที่มีคุณภาพ การยกระดับการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงมีความ จำเป็นที่ต้องให้สำคัญเพื่อทำให้คนไทยทุกคนมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนําไป สู้การพัฒนาคนอย่างมีคุณภาพให้คนไทยสามารถรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงและแข่งขันกับประเทศอื่น และจากนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการ ในการพัฒนาเยาวชนของชาติเข้าสู่ยุคศตวรรษ 21 ที่มุ่ง ส่งเสริมผู้เรียนให้มีคุณธรรม ทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยี สามารถ ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 1-2) จากการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติ การศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2553 มาตราที่ 66 จึงได้กําหนดจุดมุ่งหมาย 2 ของการจัดการศึกษาที่มีใจความสำคัญว่า ผู้เรียนมีสิทธิได้รับการพัฒนาขีดความสามารถในการใช้ เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา เพื่อให้มีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในการ แสวงหาความรูปด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2553: 22) ซึ่งสอดคล้องกับ สุพรรณีชาญประเสริฐ (2556: 10 -11) ได้กล่าวในบทความ “การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21” ในนิตยสาร สสวท. ไว้ว่า การเตรียมคนรุ่นใหม่ให้มีทักษะที่จำเป็นเพื่อให้ดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนั้น นอกจากการ พัฒนาความสามารถด้านเทคโนโลยีแล้ว ทักษะที่ควรคํานึงคือ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะ ชีวิตและการทำงาน และทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยีซึ่งถือได้ว่าเป็นทักษะที่จำเป็นใน ศตวรรษที่21 เช่นเดียวกับพรทิพย์ศิริภัทราชัย (2546: 49) ได้กล่าวว่า สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เครื่องมือเพื่อแสวงหาความรู้สำหรับโลกของการศึกษาที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จึงมีความสำคัญมากกว่าเนื้อหาความรู้ อีกทั้งหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้มุ่งพัฒนา ผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ และเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ คือ 1) ความสามารถ ในการสื่อสาร 2) ความสามารถในการคิด 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และ 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี และให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เช่น รักชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ ซื่อสัตย์ มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ เป็นต้น เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่าง มีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 4-5)

สะเต็มศึกษาหรือ STEM Education เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์(Science) เทคโนโลยี วิศวกรรม(Technology and Engineering) และคณิตศาสตร์(Mathematics) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการระหว่างสาขาวิชาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้ ให้มีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริงในการดำรงชีวิตหรือการประกอบอาชีพเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในชั้นเรียนกับบริบทโลกของความเป็นจริง รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือกัน เกิดทักษะสำคัญเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมและการนํามา ซึ่งการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ หรือนวัตกรรม เพื่อการพัฒนาขีดจำกัดความสามารถของประเทศ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนั้นสะเต็มศึกษาจึงเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นกลไกขับเคลื่อนกิจกรรมการเรียนการสอน ทั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคตได้ นอกจากนี้สะเต็มศึกษาเป็นการสอนแบบบูรณาข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติวิชาและวิธีการสอนของแต่ละศาสตร์มาผสมผสานกัน เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้า และพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันเพราะในการทำงานนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านประกอบกัน

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในชั้นเรียนกับบริบทโลกของความเป็นจริง เกิดทักษะสำคัญเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมและการนํามา ซึ่งการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ หรือนวัตกรรม เพื่อการพัฒนาขีดความสามารถของประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับคํากล่าวของ ดร.พรพรรณ ไวทยางกูร ผู้อํานวยการ สสวท. เกี่ยวกับการ จัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ว่า “...แนวคิดใน เรื่องสะเต็มศึกษานั้น เป็นกระบวนการเชิงระบบแบบวิทยาศาสตร์ ที่นํามาเชื่อมโยงในกระบวนการ เรียนรู้ การสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงาน จากการคิดค้น การแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ ซึ่งสามารถ เตรียมความพร้อมสำหรับนักเรียน โดยนําสิ่งที่เรียนรู้ในระบบโรงเรียนไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ได้อย่างมีประสิทธิภาพได้..”(สสวท, 2556) นอกจากนี้การจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่เน้น ให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน หรือ STEM Education ยังเป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต้อการเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ใน ศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชานี้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดีในศตวรรษที่ 21 สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนําความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิด และทักษะอื่นๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า การสร้างชิ้นงาน และพัฒนาคิดค้นสิ่งต่างๆ ในโลกปัจจุบัน การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูลเครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้าง ความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ความแปลกใหม่ และการแก้ปัญหาในโลก อนาคตได้อย่างแท้จริง

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

2.1 เปรียบเทียบเปรียบเทียบสมรรถนะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.2 เปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจด้านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มผ่านกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณและทักษะการโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.3 ศึกษาทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

## สมมติฐานของการวิจัย

3.1 ทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3.2 ความรู้ความเข้าใจด้านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มผ่านกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณและทักษะการโค้ดดิ้ง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

## ขอบเขตของการวิจัย

**4.1 กลุ่มเป้าหมาย** นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 1

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 30 คน

**4.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา**

4.2.1 การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา(STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหา ในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ดังนั้น สะเต็มศึกษาจึงไม่ใช่เรื่องใหม่ แต่เป็นการต่อยอดหลักสูตรโดยบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต สะเต็มศึกษาจึงส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่มุ่งแก้ปัญหา ค้นคว้า และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ที่พบเห็นในชีวิตจริง ซึ่งต้องอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการทำกิจกรรมหรือโครงงานสะเต็มจะมีความพร้อมที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในภาคการผลิต และการบริการที่สำคัญต่ออนาคตของประเทศ เช่น การเกษตร อุตสาหกรรม การพลังงาน การจัดการสิ่งแวดล้อม การบริการสุขภาพ ลอจิสติกส์ อนึ่งการทำกิจกรรมหรือโครงงานสะเต็มไม่ได้จำกัดอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี แต่สามารถนำความรู้ในวิชาอื่น เช่น ศิลปะ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ สุขศึกษา พลศึกษา มาบูรณาการได้อีกด้วย

4.2.2 การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง แผ่นดินไหว

การศึกษาแผ่นดินไหวเป็นการศึกษาปรากฏการณ์สั่นสะเทือนหรือการเขย่าของพื้นผิว[โลก](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%82%E0%B8%A5%E0%B8%81) เพื่อปรับตัวให้อยู่ในสภาวะสมดุล ซึ่งแผ่นดินไหวสามารถก่อให้เกิดความเสียหายและภัยพิบัติต่อบ้านเมือง ที่อยู่อาศัย สิ่งมีชีวิต ส่วนสาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหวนั้นส่วนใหญ่เกิดจากภัย[ธรรมชาติ](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%98%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%8A%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B8%B4) โดยแผ่นดินไหวบางลักษณะสามารถเกิดจากการกระทำของมนุษย์ได้ แต่มีความรุนแรงน้อยกว่าที่เกิดขึ้นเองจากธรรมชาติ นัก[ธรณีวิทยา](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%98%E0%B8%A3%E0%B8%93%E0%B8%B5%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B8%B2)ประมาณกันว่าในวันหนึ่ง ๆ จะเกิดแผ่นดินไหวประมาณ 1,000 ครั้ง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นดินไหวที่มีการสั่นสะเทือนเพียงเบา ๆ เท่านั้น คนทั่วไปจะไม่รู้สึกถึงแรงสั่นสะเทือนนี้ แผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก (แนวระหว่าง[รอยต่อธรณีภาค](https://th.wikipedia.org/w/index.php?title=%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B8%95%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%98%E0%B8%A3%E0%B8%93%E0%B8%B5%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%84&action=edit&redlink=1)) ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของชั้นหินขนาดใหญ่เลื่อน เคลื่อนที่ หรือแตกหักและเกิดการโอนถ่าย[พลังงานศักย์](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%A8%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A2%E0%B9%8C) ผ่านในชั้นหินที่อยู่ติดกัน พลังงานศักย์นี้อยู่ในรูป[คลื่นไหวสะเทือน](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%84%E0%B8%A5%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%A7%E0%B8%AA%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%99) โครงสร้างบ้าน โครงสร้างสะพาน ที่เหมาะสมแล้ว ความแข็งแรงของโครงสร้างก็เป็นสิ่งสำคัญ เสานอกจากจะรับน้ำหนักบรรทุกปกติ ซึ่งเป็นน้ำหนักของอาคารและน้ำ หนักบรรทุกตามการออกแบบทั่วไปแล้ว เสาจะต้องมีกำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้นในขณะเกิดแผ่นดินไหว เสายังต้องต้านทานแรงเฉือนจากแรงแผ่นดินไหวที่กระทำทางด้านข้างต่อเสาได้ และจะต้องมีขนาดหน้าตัดใหญ่พอที่จะไม่เคลื่อนตัวมากจนเกินข้อกำหนดในกฎหมายให้มีความปลอดภัยสามารถรับมือกับภัยพิบัตินี้ได้

## นิยามศัพท์เฉพาะ

**5.1 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา** หมายถึง แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบบูรณาการองค์ความรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) มีลักษณะการสอนที่ตั้งอยู่บนฐานการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน แล้วใช้เทคโนโลยีเข้ามาเพื่ออำนวยความสะดวกในการออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้แก้ปัญหาตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ

**5.1.1. ระบุปัญหา (Problem Identification)**เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อน ไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

**5.1.2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)**เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

**5.1.3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)** เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

**5.1.4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)** เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

**5.1.5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)** เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

**5.1.6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)** เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

**5.2 ทักษะและสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา** หมายถึง หมายถึง คุณลักษณะเชิงพฤติกรรมด้านทักษะการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ความรู้ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยทักษะและสมรรถนะ 3 ด้าน คือ ทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ความรู้ความเข้าใจกิจกรรมตามแนวทางสะเต็ม และทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา

## กรอบแนวคิดการวิจัย

- การสังเคราะห์งานวิจัยด้านสะเต็มศึกษาทั้งในและต่างประเทศ และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา การสนทนากลุ่มและการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อวิเคราะห์ปัญหาด้านทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ความรู้ความเข้าใจกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

- วางแนวทางการจัดทำหลักสูตรการอบรมเชิงปฏิบัติการในการส่งเสริมและพัฒนานักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ด้านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มผ่านกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณและทักษะการโค้ดดิ้ง

**การส่งเสริมและพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ด้านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มผ่านกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณและทักษะการโค้ดดิ้ง**

สภาพปัจจุบันและความต้องการด้านการออกแบบการจัดการเรียนรู้และแนวทางการพัฒนาสมรรถนะของนักศึกษาครูแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา

การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว

1.ทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.ความรู้ความเข้าใจกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว

3.ทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา

**ภาพที่ 1** กรอบแนวคิดการวิจัย

## ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสภาพปัจจุบันและความต้องการด้านการพัฒนาทักษะและมรรถนะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

2. ได้วิธีการพัฒนาทักษะและสมรรถนะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา

สำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

3. เป็นแนวทางในการอบรมผลการพัฒนาทักษะและสมรรถนะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัย ราชภัฏบุรีรัมย์

# **บทที่ 2**

**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

การศึกษาผลการส่งเสริมและพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ด้านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มผ่านกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณและทักษะการโค้ดดิ้ง ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

1.2 การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม

1.3 การประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมการเรียนการ สอนสะเต็ม

2. แผ่นดินไหว

2.1 สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

2.2 ผลกระทบจากแผ่นดินไหว

2.3 ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว

3. ทักษะการแก้ปัญหา

4. ความสำคัญ เรื่อง ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว ในหลักสูตรแกนกลางฯ 2551

5. ความพึงพอใจ เจตคติ และทัศนคติ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม**

**ความหมายของสะเต็มศึกษา**

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาได้มีนักวิชาการหลายท่านและองค์กรหรือหน่วยงานได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ไว้อย่างหลากหลายซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าดังนี้

มิทเชลล์ นาธาน (Mitchell Nathan, 2013, p.1) ได้บอกถึงความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า การเรียนรู้สะเต็มศึกษา คือ การเรียนรู้ทางด้านเนื้อหาและการเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ (Science)“ ด้านเทคโนโลยี (Technology) ด้านวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และด้านคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งทั้ง 4 วิชาเหล่านี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถพร้อมที่จะดำเนินชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพในโลกของยุคศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและยังเป็นโลกาภิวัตน์ นอกจากนี้ทั้ง 4 สาขาวิชามีความสำคัญอย่างมากต่อการเพิ่มระดับความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพของการดำรงชีวิต ความเป็นอยู่ต่าง ๆ ของมนุษย์และความมั่นคงของประเทศชาติอีกด้วย

Koehler, Faraclas, Giblin, Moss, & Kazerourian , 2013(อ้างอิงใน พัทธดนย์ อุดมสันติ, 2560, น. 39) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษานั้นเป็นการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการรู้เรื่องเกี่ยวกับเทคนิค (Technical Literacy) โดยผู้เรียนจะต้องสามารถนำความรู้ด้านเนื้อหาและขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้เพื่อแก้ไขปัญหาที่พบเจอในชีวิตประจำวันได้ และสามารถที่จะตัดสินใจเกี่ยวกับสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้องค์ความรู้และและความเข้าใจด้านเทคโนโลยีที่ตนเองมี

สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (National Research Councill) ได้ให้ความหมายของสะเต็ม (STEM) ในแต่ละตัวทั้ง 4 ตัวไว้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) คือการศึกษาธรรมชาติและกฎต่าง ๆ ทางธรรมชาติที่มีความสัมพันธ์กับเคมีฟิสิกส์และชีววิทยารวมถึงทฤษฎีหรือแนวคิดที่สัมพันธ์กับการฝึกฝน

2. เทคโนโลยี (Technology) คือกระบวนการความรู้องค์ประกอบทั้งหมดรองระบบที่ส่งผลให้เกิดความก้าวหน้า

3. วิศวกรรม (Engineering) คือเครื่องมือที่มีการนำความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์มาใช้เพื่อสร้างและออกแบบชิ้นงานเพื่อเป็นกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวเองรูปร่างทฤษฎีทางคณิตศาสตร์และการนำไปใช้

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, น.50) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการร้ามกลุ่มสาระวิชาทั้งหมด 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ 1) วิทยาศาสตร์ (Science) 2) เทคโนโลยี (Technology) 3) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) 4) คณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยมีการนำลักษณะที่โดดเด่นและวิธีการสอนของแต่ละสาขานำมารวมกันอย่างลงตัว เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ของทุกสาขาวิชามาใช้ในการแก้ปัญหาค้นคว้าและพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลกปัจจุบัน ซึ่งต้องอาศัยการสอนจากผู้สอนจากหลายสาขาวิชาร่วมมือกันเพราะการทำงานในชีวิตจริงนั้นต้องมีองค์ประกอบของความรู้ที่หลากหลาย นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังช่วยส่งเสริมพัฒนาทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปความหมายของสะเต็มศึกษาได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาระวิชา โดยสาระวิชาที่นำมาใช้ในการบูรณาการมีทั้งหมด 4 สาขาวิชา ได้แก่ 1) วิทยาศาสตร์ (Science) 2) เทคโนโลยี (Technology) 3) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) 4) คณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยที่ผู้เรียนจะต้องมีการเชื่อมโยงความรู้ของทุกสาขาวิชามาใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้าและพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกปัจจุบัน

**การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม**

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน (2555) ที่ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการ ได้แก่

1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ

2. ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ

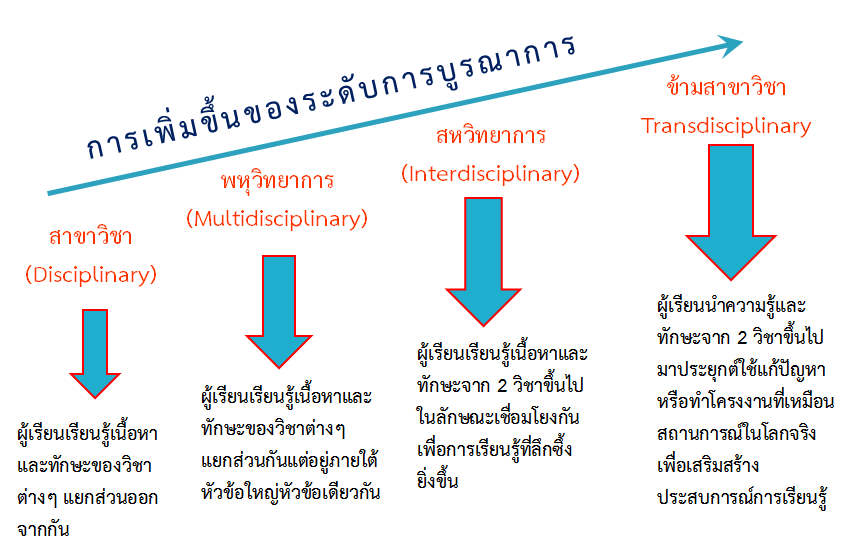
3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

4. ท้าทายความคิดของนักเรียน

5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน

ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา (disciplinary), การบูรณาการแบบพหุวิทยากร (multidisciplinary integration), การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (interdisciplinary integration) และ การยูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (transdisciplinary integration) ดังแสดงในรูป



ภาพที่ 2.1 การเพิ่มขึ้นของระดับบูรณาการ (ที่มา : สสวท , 2555 )

การบูรณาการภายในวิชา คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

การบูรณาการแบบสหวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกันโดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกันโดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตัวเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือ theme ของปัญหากว้างๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ (1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ (2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และ (3) ความรู้เดิมของนักเรียน การจัดการเรียนรู้แบบ problem/ project-based learning เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (instructional strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางบูรณาแบบนี้

อาจารย์ สมชาย อุ่นแก้ว สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่าง ศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันเพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความ รู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้นไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วนๆ นอกจากนี้ STEM Education ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนา ทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์ หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย ทั้งนี้ STEM Education เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิดและลักษณะ ดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือเป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และ คณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามา ผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

• วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจใน ธรรมชาติ โดยนักการศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

• เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วน ใหญ่เข้าใจ

• วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

• คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มิได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ

ประการแรก คือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก จัดกลุ่มการจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ

ประการที่สอง คือภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือ ความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ

ประการสุดท้าย คือการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาล – มัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษา ให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบProject-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดีและถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

• ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

• ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิด วิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ฯลฯ

• ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่มทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

**การประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมการรเรียนการสอน**

**สะเต็ม**

ความหมายของการจัดการเรียนรู้ของกระบวนการออกแบบเชิงซิศวกรรมในสะเต็มศึกษาได้มีนักวิชาการหลายท่านและองค์กรหรือหน่วยงานได้ให้ความหมายไว้อย่างหลากหลาย ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าดังนี้

สมาคมนักเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ (International Technology and Engineering Educators Association: TEEA, 2007 อ้างอิงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ได้เสนอขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ชั้นการระบุปัญหา (Identify)

ในขั้นตอนที่ 1 นั้นจะเริ่มจากการที่ผู้เรียนนั้นแก้ปัญหานึกถึงสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหาต่อการดำรงชีวิตประจำวันและจำเป็นที่จะต้องคิดหาวิธีหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตจริงบางครั้งอาจจะมีปัญหาย่อยในขั้นตอนระบุปัญหา การที่ผู้เรียนหรือผู้แก้ปัญหาจะแก้ปัญหาได้ผู้เรียนจะต้องคำนึงถึงปัญหาหรือปัญหาย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาหลักด้วย

2. ขั้นการหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas)

หลังจากที่ผู้เรียนหรือผู้แก้ปัญหาได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาและสามารถที่จะระบุถึงปัญหาย่อยในการหาแนวคิดภายในขั้นตอนนี้คือการรวบรวมแนวคิดและข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับผู้แก้ปัญหาอาจจะวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การรวมรวมข้อมูล คือ การสืบค้นดูว่า มีบุคคลใดหาวิธีการแก้ปัญหานี้หรือแล้วถ้าหากมีบุคคลนั้นมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไรและมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับวิธีการอย่างไร

2. การค้นแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์รวมถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถที่จะประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ภายในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาจะต้องคำนึงหรือควรที่จะพิจารณาถึงแนวคิดและความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้หลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่ดีที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Pian and develop) หลังจากเลือกข้อมูลและแนวคิดที่เหมาะสมจากขั้นตอนที่ 2 แล้วต่อไปคือการวางแผนเพื่อดำเนินงานโดยผู้แก้ปัญหาต้องวางแผนกำหนดขั้นตอนย่อย ๆ ในการทำงานทั้งหมดโดยกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินงานของแต่ละขั้นตอนย่อย ๆ ให้ชัดเจนในขั้นนี้ผู้แก้ปัญหาจะต้องสร้างแบบจำลองจากการวาดแบบหรือพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและการประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและการประเมินผลถึงการใช้งานต้นแบบที่ใช้แก้ปัญหาผลที่ได้จากการทดสอบและการประเมินผลนั้นอาจนำมาใช้ในการปรับปรุงผลลัพธ์และการพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาให้ดีมากขึ้น ในกระบวนการทดสอบและการประเมินผลนั้นสามารถทำได้หลายครั้งภายในกระบวนการการแก้ปัญหา

5. การนำเสนอผล (Present the solution) หลังจากผ่านขั้นตอนที่ 2-4 จนทำให้วิธีการแก้ปัญหานั้นมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหาจะต้องนำเสนอผลต่อผู้อื่น โดยต้องมีการออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ให้ผู้ฟังเกิดความน่าสนใจและเข้าใจง่าย

สเชชเตอร์ (Schachter, 2012, 0.45) ได้ให้ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีชื่อว่า“ The Engineering Design Process” ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบโดย Engineering is Elementary (EiE) ออกแบบมาเพื่อส่งเป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นค้นหาปัญหา (Ask) เป็นการเริ่มต้นจากการที่ผู้เรียนจะต้องสามารถระบุปัญหาว่าปัญหานั้นคืออะไรและมีวิธีการอย่างไรและมีข้อดี ข้อจำกัดอะไร

2. ขั้นสร้างแนวความคิด (Imagine) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องช่วยกันระดมแนวคิดและความคิดเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดมา

3. ขั้นวางแผนปฏิบัติ (Planning) เป็นขั้นที่จะให้ผู้เรียนลำดับขั้นตอนถึงวิธีการสร้างชิ้นงานโดยผ่านการวาดแบบจำลอง

4. ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Create) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างชิ้นงานตามที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 และเมื่อสร้างชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยจึงนำไปทดสอบดูประสิทธิภาพของชิ้นงาน

5. ขั้นตรวจสอบชิ้นงาน (Improve) ในขั้นนี้จะเป็นการตรวจสอบชิ้นงานที่ได้จากขั้นที่ 4 ว่าสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จหรือไม่เป็นไปตามที่คาดไว้ ผู้เรียนจะต้องนำชิ้นงานกลับไปปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง

Lyn D English & Donna T King (2015) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่สำคัญในการพัฒนาทักษะการคิดการแก้ปัญหาโดยมุ่งเน้นในการหาวิธีการที่หลากหลายและเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบได้ในชีวิตประจำวัน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 กำหนดขอบเขตของปัญหา (Problem Scoping) คือ เมื่อพบเจอกับปัญหาต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาที่พบ วิเคราะห์ถึงขอบเขตของปัญหาโดยสามารถระบุได้ถึงข้อจำกัดของปัญหาได้

ขั้นที่ 2 สร้างกรอบแนวคิด (Idea Generation) คือ ค้นหาแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาหลังจากนั้นรวบรวมแนวคิดที่เหมาะสมกับปัญหาและพิจารณาถึงวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

ขั้นที่ 3 ออกแบบและสร้าง (Design and Construction) คือ นำแนวคิดหรือความรู้ที่ได้มาออกแบบวิธีการในการแก้ปัญหาหลังจากนั้นสร้างแบบจำลองออกมาเพื่อใช้แก้ปัญหาและพัฒนาแบบจำลองนั้นให้มีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 4 ประเมินผลการออกแบบ (Design Evaluation) คือหลังจากที่ได้สร้างแบบจำลองออกมาแล้วจะต้องมีการประเมินหาข้อจำกัด โดยมีการทดสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพเพียงพอหรือไม่พร้อมทั้งตรวจสอบหาข้อจำกัดของปัญหาที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 5 ออกแบบใหม่ (Redesign) คือ ขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับปรุงแบบจำลองหลังจากที่ตรวจสอบหาข้อผิดพลาดและทบทวนการสร้างแบบจำลองอีกครั้งหลังจากนั้นออกแบบใหม่ให้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาและนำเสนอแบบจำลองออกมาในรูปแบบที่หลากหลายและน่าสนใจ

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ต้องอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification)

ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2. การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการกำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

**แผ่นดินไหว**

แผ่นดินไหว เป็นปรากฏการณ์สั่นสะเทือนหรือเขย่าของพื้นผิวโลก เพื่อปรับตัวให้อยู่ในสภาวะสมดุล ซึ่งแผ่นดินไหวสามารถก่อให้เกิดความเสียหายและภัยพิบัติต่อบ้านเมือง ที่อยู่อาศัย สิ่งมีชีวิต ส่วนสาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหวนั้นส่วนใหญ่เกิดจากธรรมชาติ โดยแผ่นดินไหวบางลักษณะสามารถเกิดจากการกระทำของมนุษย์ได้ แต่มีความรุนแรงน้อยกว่าที่เกิดขึ้นเองจากธรรมชาติ นักธรณีวิทยาประมาณกันว่าในวันหนึ่ง ๆ จะเกิดแผ่นดินไหวประมาณ 1,000 ครั้ง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นดินไหวที่มีการสั่นสะเทือนเพียงเบา ๆ เท่านั้น คนทั่วไปไม่รู้สึก แผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก (แนวระหว่างรอยต่อธรณีภาค) ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของชั้นหินขนาดใหญ่เลื่อน เคลื่อนที่ หรือแตกหักและเกิดการโอนถ่ายพลังงานศักย์ ผ่านในชั้นหินที่อยู่ติดกัน พลังงานศักย์นี้อยู่ในรูปคลื่นไหวสะเทือน

ศูนย์เกิดแผ่นดินไหวมักเกิดตามรอยเลื่อน อยู่ในระดับความลึกต่าง ๆ ของผิวโลก เท่าที่เคยวัดได้ลึกสุดอยู่ในชั้นแมนเทิล ส่วนจุดที่อยู่ในระดับสูงกว่า ณ ตำแหน่งผิวโลก เรียกว่า จุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว โดยการศึกษาเรื่องแผ่นดินไหวและคลื่นสั่นสะเทือนที่ถูกส่งออกมา เรียกว่า วิทยาแผ่นดินไหว เมื่อจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่อยู่นอกชายฝั่ง อาจเกิดคลื่นสึนามิตามมาได้ นอกจากนี้ แผ่นดินไหวยังอาจก่อให้เกิดดินถล่ม และบางครั้งกิจกรรมภูเขาไฟตามมาได้

แผ่นดินไหววัดโดยใช้การสังเกตจากไซสโมมิเตอร์ (seismometer) มาตราขนาดโมเมนต์เป็นมาตราที่ใช้มากที่สุดซึ่งทั่วโลกรายงานแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าประมาณ 5 สำหรับแผ่นดินไหวอีกจำนวนมากที่ขนาดเล็กกว่า 5 แมกนิจูด สำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหวแต่ละประเทศจะวัดด้วยมาตราขนาดท้องถิ่นเป็นส่วนใหญ่ หรือเรียก มาตราริกเตอร์ สองมาตรานี้มีพิสัยความถูกต้องคล้ายกันในเชิงตัวเลข แผ่นดินไหวขนาด 3 หรือต่ำกว่าส่วนใหญ่แทบไม่รู้สึกหรือรู้สึกได้เบามาก ขณะที่แผ่นดินไหวตั้งแต่ขนาด 7 อาจก่อความเสียหายรุนแรงเป็นบริเวณกว้าง ขึ้นอยู่กับความลึก แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดในประวัติศาสตร์มีขนาดมากกว่า 9 เล็กน้อย แม้จะไม่มีขีดจำกัดว่าขนาดจะมีได้ถึงเท่าใด แผ่นดินไหวใหญ่ล่าสุดที่มีขนาด 9.0 หรือมากกว่า คือ แผ่นดินไหวขนาด 9.0 ที่ประเทศญี่ปุ่นเมื่อปี 2554 และเป็นแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ที่สุดเท่าที่เคยมีการบันทึกในญี่ปุ่น ความรุนแรงของการสั่นสะเทือนวัดโดยมาตราเมร์กัลลีที่ถูกดัดแปลง หากตัวแปรอื่นคงที่ แผ่นดินไหวที่อยู่ตื้นกว่าจะสร้างความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้างมากกว่าแผ่นดินไหวที่อยู่ลึกกว่า แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวหรือบริเวณตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวส่วนใหญ่จะอยู่ตรงบริเวณ ขอบของแผ่นเปลือกโลก แนวรอยเลื่อนต่างๆ และบริเวณที่มนุษย์มีกิจกรรมกระตุ้นให้เกิดแผ่นดินไหว เช่น เหมือง เขื่อน บ่อน้ำมัน บริเวณที่มีการฉีดของเหลวลงใต้พื้นดิน บริเวณที่มีการเก็บกากรังสีเป็นต้น

**สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว**

แผ่นดินไหวจากธรรมชาติเป็นธรณีพิบัติภัยชนิดหนึ่ง ส่วนมากเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของพื้นดิน อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยพลังงานเพื่อระบายความร้อน ที่สะสมไว้ภายในโลกออกมาอย่างฉับพลันเพื่อปรับสมดุลของเปลือกโลกให้คงที่ โดยปกติเกิดจากการเคลื่อนไหวของรอยเลื่อน ภายในชั้นเปลือกโลกที่อยู่ด้านนอกสุดของโครงสร้างของโลก มีการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ อยู่เสมอ (ดู การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก) แผ่นดินไหวจะเกิดขึ้นเมื่อความเค้นอันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงมีมากเกินไป ภาวะนี้เกิดขึ้นบ่อยในบริเวณขอบเขตของแผ่นเปลือกโลก ที่ที่แบ่งชั้นเปลือกโลกออกเป็นธรณีภาค (Lithosphere) เรียกแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบริเวณขอบเขตของแผ่นเปลือกโลกนี้ว่า แผ่นดินไหวระหว่างแผ่น (Inter-plate earthquake) ซึ่งเกิดได้บ่อยและรุนแรงกว่าแผ่นดินไหวภายในแผ่น (intraplate earthquake)

**แผ่นดินไหวจากการกระทำของมนุษย์**

มีทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การระเบิด การทำเหมือง สร้างอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนใกล้รอยเลื่อน การทำงานของเครื่องจักรกล การจราจร รวมถึงการเก็บขยะนิวเคลียร์ไว้ใต้ดิน เป็นต้น

1. การสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งอาจพบปัญหาการเกิดแผ่นดินไหว เนื่องจากน้ำหนักของน้ำในเขื่อนกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยพลังงาน ทำให้สภาวะความเครียดของแรงในบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งทำให้แรงดันของน้ำเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดพลังงานต้านทานที่สะสมตัวในชั้นหิน เรียกแผ่นดินไหวลักษณะนี้ว่า แผ่นดินไหวท้องถิ่น ส่วนมากจะมีศูนย์กลางอยู่ที่ระดับความลึก 5-10 กิโลเมตร ขนาดและความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหวจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเข้าสู่ภาวะปกติ รายงานการเกิดแผ่นดินไหวในลักษณะเช่นนี้เคยมีที่ เขื่อนฮูเวอร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อ พ.ศ. 2488 แต่มีความรุนแรงเพียงเล็กน้อย เขื่อนการิบา ประเทศซิมบับเว เมื่อ พ.ศ. 2502 เขื่อนครีมัสต้า ประเทศกรีซ เมื่อ พ.ศ. 2506 และครั้งที่มีความรุนแรงครั้งหนึ่งเกิดจากเขื่อนคอยน่า ในประเทศอินเดีย เมื่อ พ.ศ. 2508 ซึ่งมีขนาดถึง 6.5 ทำให้มีผู้เสียชีวิตกว่า 180 คน

2. การทำเหมืองในระดับลึก ซึ่งในการทำเหมืองจะมีการระเบิดหิน ซึ่งอาจทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือนขึ้นได้

3. การสูบน้ำใต้ดิน การสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้มากเกินไป รวมถึงการสูบน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ ซึ่งอาจทำให้ชั้นหินที่รองรับเกิดการเคลื่อนตัวได้

4. การทดลองระเบิดนิวเคลียร์ใต้ดิน ก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนจากการทดลองระเบิด ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดผลกระทบต่อชั้นหินที่อยู่ใต้เปลือกโลกได้

**ตำแหน่งการเกิดแผ่นดินไหว**

แผ่นดินไหวมักเกิดขึ้นในบริเวณรอยต่อของแผ่นธรณี เนื่องจากเป็นบริเวณที่เกิดกระบวนการธรณีแปรสัณฐาน 3 ลักษณะ

แผ่นธรณีเคลื่อนที่ออกจากกัน (Divergent boundaries) แมกมาจากชั้นฐานธรณีภาคดันให้แผ่นธรณีโก่งตัวอย่างช้า ๆ จนแตกเป็นหุบเขาทรุด (Rift valley) หรือสันเขาใต้สมุทร (Oceanic Ridge) ทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดเบาที่ระดับตื้น (ลึกจากพื้นผิวน้อยกว่า 70 กิโลเมตร) เช่น บริเวณกลางมหาสมุทรแอตแลนติก

แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน (Convergent boundaries) การชนกันของแผ่นธรณีสองแผ่นในแนวมุดตัว (Subduction zone) ทำให้แผ่นที่มีความหนาแน่นมากกว่าจมตัวลงตัวสู่ชั้นฐานธรณีภาค การปะทะกันเช่นนี้ทำให้เกิดแผ่นดินไหวอย่างรุนแรงที่ระดับลึก (300 – 700 กิโลเมตร) และหากเกิดขึ้นในมหาสมุทรก็จะทำให้เกิดคลื่นสึนามิเช่น สันเขาใต้สมุทรใกล้เกาะสุมาตรา และ เกาะฮอนชูประเทศญี่ปุ่น

แผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกัน (Transform fault) ทำให้เกิดแรงเสียดทานของหินเปลือกโลก แม้ว่าแผ่นธรณีจะเคลื่อนที่ผ่านกันด้วยความเร็วเพียงปีละประมาณ 3 - 6 เซนติเมตร แต่เมื่อเวลาผ่านไป 100 ปีก็จะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 3 - 6 เมตร ซึ่งถ้าหากหินคืนตัวก็จะสามารถปลดปล่อยพลังงานมหาศาลได้ดังเช่น รอยเลื่อนซานแอนเดรียส์ก็เคยทำลายเมืองซานฟรานซิสโก ประเทศสหรัฐอเมริกาจนประสบความเสียหายหนักเมื่อปี พ.ศ.2449

**ผลกระทบจากแผ่นดินไหว**

ผลกระทบจากแผ่นดินไหว มีทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ทำให้เกิดพื้นดินแตกแยก ภูเขาไฟระเบิด อาคารสิ่งก่อสร้างพังทลาย ไฟไหม้ แก๊สรั่ว ท่อระบายน้ำและท่อประปาแตก คลื่นสึนามิ แผ่นดินถล่ม เส้นทางการคมนาคมเสียหายและถูกตัดขาด ถนนและทางรถไฟบิดเบี้ยวโค้งงอ เกิดโรคระบาด ปัญหาด้านสุขภาพจิตของผู้ประสบภัย ความสูญเสียในชีวิตและทรัพย์สิน รวมถึงทางเศรษฐกิจ เช่น การสื่อสารโทรคมนาคมขาดช่วง ระบบคอมพิวเตอร์ขัดข้อง การคมนาคมทั้งทางบก ทางน้ำ ทางอากาศหยุดชะงัก ประชาชนตื่นตระหนก ซึ่งมีผลต่อการลงทุน การประกันภัย และในกรณีที่แผ่นดินไหวมีความรุนแรงมาก เมืองทั้งเมืองอาจถูกทำลายหมด และมีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก

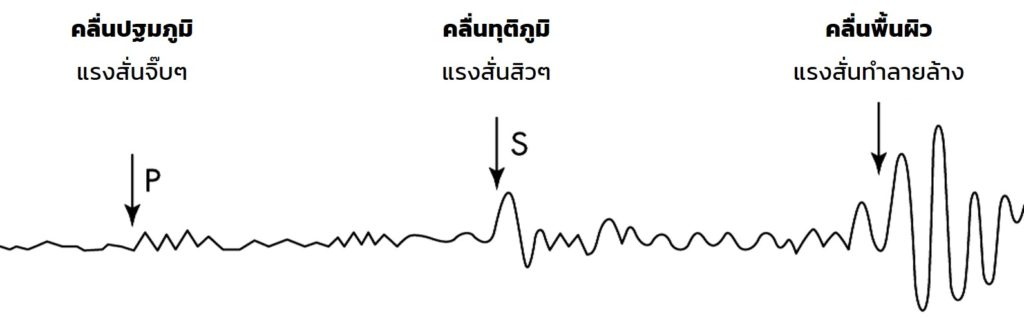
ถ้าแผ่นดินไหวเกิดขึ้นใต้ทะเล แรงสั่นสะเทือนอาจจะทำให้เกิดเป็นคลื่นขนาดใหญ่ที่เรียกว่า "สึนามิ" (Tsunami) มีความเร็วคลื่น 600-800 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในทะเลเปิด ส่วนใหญ่คลื่นจะมีความสูงไม่เกิน 1 เมตร และสังเกตได้ยาก แต่จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเคลื่อนถึงใกล้ชายฝั่ง โดยอาจมีความสูงถึง 60 เมตร สามารถก่อให้เกิดน้ำท่วม สร้างความเสียหายอย่างใหญ่หลวงกับสิ่งก่อสร้างที่ติดอยู่ชายฝั่งทะเล

**ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว**

ระบบเตือนภัยฉุกเฉินแผ่นดินไหว (Earthquake Warning System, EEWS) คือ ระบบที่ประกอบไปด้วยเครือข่ายตรวจวัดแผ่นดินไหว เครือข่ายการสื่อสารความเร็วสูง รวมไปถึงอุปกรณ์เตือนภัยรูปแบบต่าง ๆ ที่ทำงานร่วมกันแบบอัตโนมัติ เพื่อเตือนภัยแผ่นดินไหว ภายในห้วงเวลาที่แรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวกำลังจะเข้าปะทะในแต่ละพื้นที่

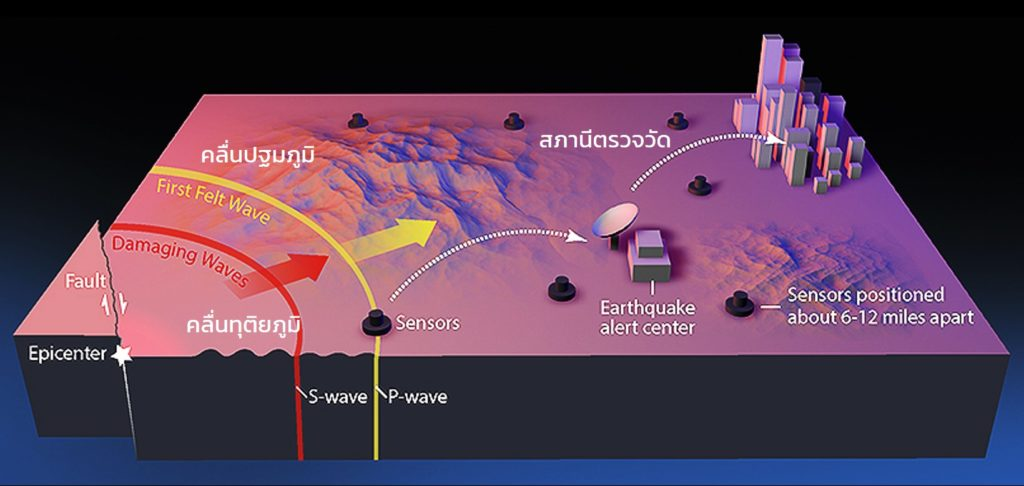
**หลักคิดและระบบการทำงาน**

เมื่อเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละครั้ง จะเกิดคลื่นไหวสะเทือนออกมาเป็นชุดตามลำดับ เริ่มจากคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิ ซึ่งมีแรงสั่นต่ำเกิดขึ้นมาและเดินทางไปที่ต่าง ๆ เป็นชุดแรก ตามมาด้วยคลื่นผิวโลกหรือคลื่นพื้นผิวซึ่งมีอานุภาพในการทำลายล้างสูงตามมาในภายหลัง



ภาพที่ 2.2 ระดับความรุนแรงของคลื่น(ที่มา: <http://www.mitrearth.org/wp-content/uploads/2019/09/4-73-1-1024x318.jpg>)

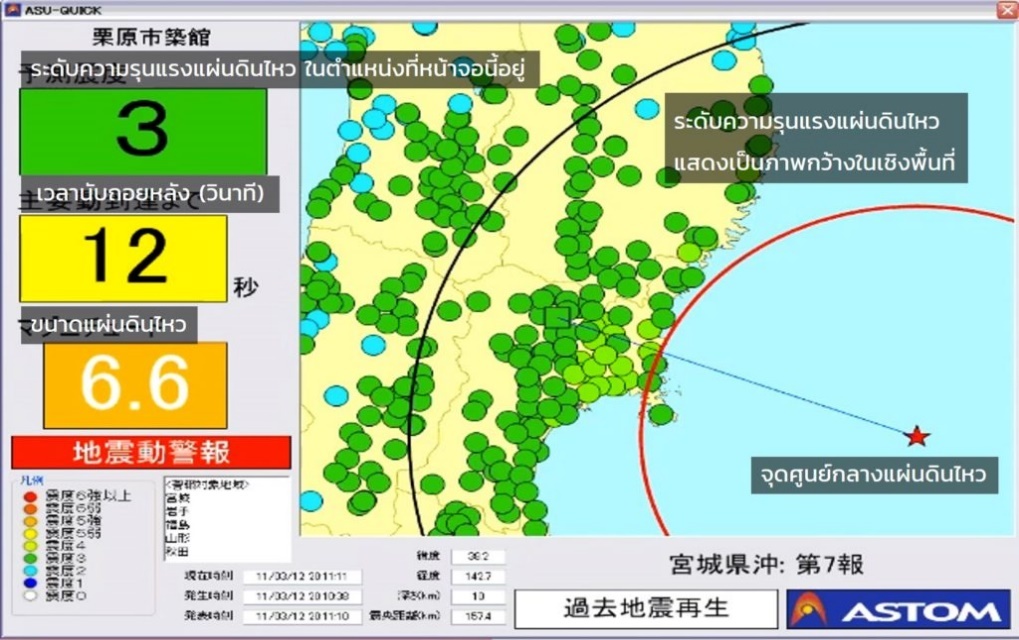
ลำดับเวลาการเดินทางไปถึงที่ต่าง ๆ ของคลื่นไหวสะเทือนหรือคลื่นแผ่นดินไหวในแต่ละชนิดการทำงานของระบบการเตือนภัยฉุกเฉินแผ่นดินไหว อาศัยคลื่นปฐมภูมิซึ่งมีแรงสั่นที่เบาที่สุด แต่วิ่งเร็วที่สุดในบรรดาคลื่นทั้งหมด ดังนั้นเมื่อเกิดแผ่นดินไหว สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวจะจับคลื่นปฐมภูมิได้ก่อน โดยที่ยังไม่ได้รับความเสียหายมากนัก จากนั้นทั้งคอมพิวเตอร์และเครือข่ายการสื่อสารจะยำข้อมูลอย่างด่วนจี๋ เพื่อส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์เตือนภัยให้กระจายข่าวไปทั่ว ก่อนที่คลื่นอื่น ๆโดยเฉพาะคลื่นผิวโลกที่มีอำนาจการทำลายล้างสูงจะวิ่งไปถึงในอีกไม่ช้า



ภาพที่ 2.3 หลักการการเตือนภัยแผ่นดินไหวที่ใช้กันในปัจจุบัน (ที่มา: <http://www.mitrearth.org/wp-content/uploads/2019/09/4-73-2-1024x486.jpg>)

ระบบเตือนภัยแบบอาศัยคลื่นปฐมภูมิ เริ่มมีให้เห็นเป็นครั้งแรกในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ช่วงปี พ.ศ. 2533 เรียกระบบ Quake Guard

การทำงานของระบบเตือนภัยฉุกเฉินแผ่นดินไหวของญี่ปุ่น เริ่มจาก ในทันทีที่เกิดแผ่นดินไหว บรรดาสถานีตรวจวัดที่กระจายตัวอยู่ทั่วประเทศกว่า 4,235 สถานี (ข้อมูลเมื่อวันที่ 1 เดือนเมษายน พ.ศ. 2553) ถ้ามีสถานีใดเพียงสถานีเดียว ตรวจวัดคลื่นปฐมภูมิได้ก่อน สถานีนั้นจะส่งข้อมูลไปยังส่วนกลางเพื่อคำนวณ ตำแหน่ง ขนาด และ ระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว ที่พื้นที่ต่าง ๆ นั้นมีโอกาสได้รับ จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งต่อไปเผยแพร่ด้วยเครือข่ายการสื่อสาร ผ่านสื่อต่าง ๆ ทั้งทีวี วิทยุ หรือแม้กระทั่งโทรศัพท์มือถือ โดยรูปแบบการเตือนภัยจะบอกระดับแรงสั่นสะเทือนและนับเวลาถอยหลังที่เหลือ 5 4 3 2 1 ก่อนที่ ณ ตำแหน่งที่ตั้งของทีวี วิทยุ หรือโทรศัพท์เหล่านั้นจะถูกแรงสั่นสะเทือนเข้าปะทะ



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างหน้าจอทีวี ที่แสดงรูปแบบการเตือนภัยฉุกเฉินแผ่นดินไหวในประเทศญี่ปุ่น

จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวโทโฮคุ ปี พ.ศ. 2553 (ที่มา : [www.wordpress.com](http://www.wordpress.com))

หน้าจอด้านบนเป็นตัวอย่างการเตือนภัยผ่านหน้าจอทีวี จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวโทโฮคุ (Tohoku earthquake) ในปี พ.ศ. 2553 ตัวเลขในกล่องด้านบนแสดงระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ตำแหน่งของทีวีนั้นมีโอกาสได้รับ กล่องตรงกลางคือเวลาที่เหลืออยู่ก่อนที่คลื่นไหวสะเทือนจะมาถึง ซึ่งจะนับถอยหลังลดลงเรื่อย ๆ และกล่องด้านล่างคือขนาดแผ่นดินไหวที่คำนวณได้ในขณะนั้น ซึ่งอาจจะเปลี่ยนแปลงได้เรื่อย ๆ เมื่อสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวได้ข้อมูลมากขึ้น ส่วนจอภาพด้านขวา จะแสดงภาพมุมกว้างในรูปของแผนที่ โดยมีรายละเอียดบอกถึงตำแหน่งของแผ่นดินไหว (ดาว) และระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว ที่เป็นไปได้ในแต่ละพื้นที่ (วงกลมสีต่าง ๆ ) โดยอ้างอิงตาม มาตราความรุนแรงแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาญี่ปุ่น (JMA Scale)

นอกจากนี้ ในขณะที่ระบบการประมวลผลจากข้อมูลเพียง 1 สถานีกำลังทำงานอยู่ และส่งข่าวไปพลางๆ เมื่อมีจำนวนสถานีตรวจวัดคลื่นปฐมภูมิได้เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ระบบก็จะวนกลับมาคำนวณ ปรับปรุงผลการวิเคราะห์ใหม่ และส่งข่าวเตือนภัยที่แม่นยำขึ้น อัพเดทออกไปเป็นระยะ ๆ แบบอัตโนมัติ

**ทักษะการแก้ปัญหา**

การคิดแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถทางสมองในการขจัดสภาวะความไม่สมดุลที่เกิดขึ้น โดยพยายาม ปรับตัวเองและสิ่งแวดล้อมให้ผสมกลมกลืนกลับเข้าสู่สภาวะสมดุลหรือสภาวะที่เราคาดหวังในชีวิตประจำวันของคนเรานั้นมักจะพบปัญหาต่าง ๆ มากมาย เช่น ปัญหาส่วนตัว ปัญหาเกี่ยวกับการทำงานปัญหาทางสังคม เป็นต้น ผู้คิดแก้ปัญหาจะต้องศึกษาถึงสาเหตุที่มาของปัญหา ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกัน และจะพยายามคิดค้นหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อจะแก้ไข การคิดหาวิธีการอาจได้มาโดยการศึกษาหาความรู้จากแหล่งต่าง ๆ จึงทำให้สามารถที่จะเห็นทางเลือกต่าง ๆ ได้ และจะทวีความยากมากขึ้นเมื่อเราเติบโตเป็นผู้ใหญ่ขึ้นไป รวมทั้งลักษณะนิสัยส่วนบุคคลก็มีส่วนสัมพันธ์กับรูปแบบทางความคิดที่จะทำให้เราพบทางเลือกใหม่และวิธีการแก้ปัญหาที่ต่างออกไปจากเดิม

รัชฎาพร ชูสกุล (2538: 31) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการคิดแก้ปัญหาว่าเป็นพฤติกรรมแบบแผนหรือวิธีการที่สลับซับซ้อนต้องอาศัยความรู้ความจำความเข้าใจการคิดแบบวิเคราะห์ประสบการณ์วิธีการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาปัญพาเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

เพียเจต์ (Piaget. 1962: 120) ได้อธิบายถึงความสามารถในการคิดแก้ปัญหาตามทฤษฎีทางด้านพัฒนาการในแง่ที่ว่าความสามารถด้านนี้จะเริ่มพัฒนาการมาตั้งแต่ขั้นที่สามคือ Stage of Concrete Operation เด็กที่มีอายุประมาณ 7 – 10 ปีจะเริ่มมีความสามารถในการแก้ปัญหาแบบง่าย ๆ ภายในขอบเขตจำกัด ต่อมาถึงระดับการพัฒนาขั้นที่สี่คือ Stage of Formal Operations เด็กจะมีอายุประมาณ 11 – 15 ปีเด็กจะมีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลดีขึ้นและสามารถคิดแก้ปัญหาแบบซับซ้อนได้โดยเด็กสามารถเรียนรู้สิ่งที่เป็นนามธรรมชนิดซับซ้อนได้

กาเย่ (Gagne. 1970: 63) ได้กล่าวว่าความสามารถในการคิดแก้ปัญหาเป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่สองประเภทขึ้นไปและใช้หลักการนั้นประสมประสานกันจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ที่เรียกว่าความสามารถทางด้านการติดแก้ปัญหาโดยการเรียนรู้ประเภทหลักการนี้ต้องอาศัยหลักการเรียนรู้ประเภทมโนมติ กาเย่ได้อธิบายว่าเป็นการเรียนรู้อีกประเภทหนึ่งที่ต้องอาศัยความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมของสิ่งเร้าทั้งหลาย

กู๊ด (Good. 1973: 518) ได้ให้ความหมายว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์ก็คือการแก้ปัญหานั่นเอง เขากล่าวว่าการแก้ปัญหาเป็นแบบแผนหรือวิธีการซึ่งอยู่ในสภาวะที่มีความยุ่งยากลำบากหรืออยู่ในสภาวะที่พยายามตรวจข้อมูลที่หามาได้ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกันปัญหามีการตั้งสมมติฐานและการตรวจสอบสมมติฐานภายใต้การควบคุมมีการรวบรวมเก็บข้อมูลจากการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์นั้นว่าจริงหรือไม่

จากแนวคิดข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง ความคิดและความสามารถทางสติปัญญาที่นำเอาประสบการณ์เดิมมาใช้ในการแก้ปัญหาที่ประสบใหม่ โดยพิจารณาหาความสัมพันธ์จากข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการขั้นตอนและกระบวนการแก้ปัญหา มีผู้ให้แนวคิดและแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาหลายคน ดังนี้ จอร์จ โพลยา (2488) ได้เสนอขั้นตอนการคิดแก้ปัญหา ดังนี้

1. การวิเคราะห์และกำหนดรายละเอียดของปัญหา

1.1 สิ่งที่ต้องการคืออะไร

1.2 ข้อมูลที่กำหนดให้คืออะไรบ้าง พิจารณาข้อมูลและเงื่อนไขที่กำหนดให้เพียงพอที่จะหาคำตอบของปัญหาหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอควรหาข้อมูลเพิ่มเติม

2. การวางแผนในการแก้ปัญหา

เมื่อทำความเข้าใจแล้ว ควรวางแผนในการแก้ปัญหาด้วยการเลือกใช้เครื่องมือ และวิธีการเพื่อให้ได้ซึ่งคำตอบ ประสบการณ์จะนำมาใช้ในขั้นตอนนี้ "เคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้หรือไม่" ในกรณณีที่มีประสบการณ์มาก่อน ควรใช้ประสบการณ์มาเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาโดยปรับปรุงให้เหมาะสมกับปัญหาใหม่

3. การดำเนินการแก้ไขปัญหา

เมื่อวางแผนในขั้นตอนที่ 2 แล้ว จึงดำเนินการเพื่อแก้ปัญหา

4. การตรวจสอบและปรับปรุง

เมื่อดำเนินการตามขั้นที่ 3 แล้ว จึงนำผลมาตรวจสอบว่าแก้ปัญหาได้หรือไม่ ถ้าแก้ได้ถือว่าสำเร็จ แต่ถ้าแก้ไม่ได้จะต้องมีวิธีปรับปรุงให้ดีขึ้น โดย บลูม (Bloom.1958: 122) ได้เสนอขั้นตอนการคิดแก้ปัญหา ดังนี้

ขั้นที่ 1 เมื่อผู้เรียนได้พบปัญหาผู้เรียนจะคิดค้นหาสิ่งที่เคยพบเห็นและเกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนจะใช้ผลจากขั้นที่หนึ่งมาสร้างรูปแบบของปัญหาขึ้นมาใหม่

ขั้นที่ 3 จำแนกแยกแยะปัญหา

ขั้นที่ 4 การเลือกใช้ทฤษฎีหลักการความคิดและวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหา

ขั้นที่ 5 การใช้ข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 6 ผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

จากขั้นตอนการติดปัญหานี้บลูมได้อธิบายเพิ่มเติมอีกว่า ความสามารถทางสมองที่นำมาใช้แก้ปัญหาในขั้นที่ 1-4 เป็นส่วนของการนำไปใช้ขั้นที่ 5 และ 6 เป็นส่วนของความเข้าใจ สำหรับความรู้ความจำถือว่าเป็นพื้นฐานที่จำเป็นในการแก้ปัญหาส่วนความสามารถในการวิเคราะห์เป็นความสามารถทางสมองอย่างหนึ่งที่นำมาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในขั้นที่ 3

**ความสำคัญ เรื่อง ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวในหลักสูตรแกนกลางฯ 2551**

**หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551**

กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ให้เป็นหลักสูตรแกนกลางของประเทศ โดยกำหนดจุดหมาย และมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายและกรอบทิศทางในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีคุณภาพชีวิตที่ดีและมีขีดความสามารถในการแข่งขันในเวทีระดับโลก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544) พร้อมกันนี้ได้ปรับกระบวนการพัฒนาหลักสูตรให้มีความสอดคล้องกับเจตนารมณ์แห่งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ที่มุ่งเน้นการกระจายอำนาจทางการศึกษาให้ท้องถิ่นและสถานศึกษาได้มีบทบาทและมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตร เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพ และความต้องการของท้องถิ่น (สำนักนายกรัฐมนตรี, 2542)

**สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

สาระที่ ๖ : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว ๖.๑ เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๘ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว ๘.๑ ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันการจัดการเรียนการสอนเรื่อง แผ่นดินไหวแผ่นดินไหว เป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของพื้นดิน อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยพลังงานเพื่อลดความเครียดที่สะสมไว้ภายในโลกออกมาเพื่อปรับสมดุลของเปลือกโลกให้คงที่ ในอดีตนักวิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถทำนายเวลา สถานที่ และความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ดังนั้นจึงควรศึกษา เรียนรู้ เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการเกิดของแผ่นดินไหวที่แท้จริง เพื่อเป็นแนวทางในการลดความเสียหายที่เกิดขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาระบบการเตือนภัยการเกิดแผ่นดินไหวทำให้ทราบถึงสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว ตลอดจนลักษณะความรุนแรงของแผ่นดินไหว ที่สามารถส่งผลกระทบได้กว้างไกล ลักษณะของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเกิดจากภัยธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ สถิติแผ่นดินไหวในอดีตและผลการตรวจวัดด้วยเครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวในปัจจุบัน ได้มีการวางแผนมาตรการป้องกันและบรรเทาภัยทั้งในระยะสั้นและระยะยาวที่มีประสิทธิภาพ มีส่วนสนับสนุนความมั่นคงปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ของประชาชนและเศรษฐกิจของประเทศ โดยปัจจุบันได้ริเริ่มพัฒนา ระบบตรวจวัดความสั่นสะเทือนให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและมีมาตรฐานขึ้น เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับงานวิศวกรรม ธรณีวิทยา การวางแผนการใช้ประโยชน์ของพื้นดิน อีกทั้งมีการวางแผนงานนโยบายด้านแผ่นดินไหว พร้อมทั้งส่งเสริมและจัดการภัยแผ่นดินไหวอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

**คุณภาพผู้เรียนจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**

• เข้าใจโครงสร้างและการทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่หลากหลายในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน

• เข้าใจสมบัติและการจำแนกกลุ่มของวัสดุ สถานะของสาร สมบัติของสารและการทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลง สารในชีวิตประจำวัน การแยกสารอย่างง่าย

• เข้าใจผลที่เกิดจากการออกแรงกระทำกับวัตถุ ความดัน หลักการเบื้องต้นของแรงลอยตัว สมบัติและปรากฏการณ์เบื้องต้นของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า

• เข้าใจลักษณะ องค์ประกอบ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ โลก และดวงจันทร์ที่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติ

• ตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนรู้ คาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง วางแผนและสำรวจตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ วิเคราะห์ข้อมูล และสื่อสารความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบ

• ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต และการศึกษาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือชิ้นงานตามที่กำหนดให้หรือตามความสนใจ

• แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้

• ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น

• แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย แสดงพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้การดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า

• ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นของตนเองและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

**ความพึงพอใจ เจตคติ และทัศนคติ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์**

ความหมายของเจตคติ สิ่งหนึ่งที่เป็นตัวโน้มนำพฤติกรรมของบุคคลคือ“ Attitude "จึงนับว่ามีอิทธิพลต่อชีวิตในสังคมเป็นอย่างมากคำว่า" Attitude” เดิมใช้คำว่า“ ทัศนคติ "ต่อมาเปลี่ยนเป็น“ เจตคติ" ซึ่งปัจจุบันใช้ว่า“ เจตคติ "และตามพจนานุกรมทางการศึกษา (Dictionary of Education) ได้ให้คำจำกัดความของเจตคติว่าหมายถึงความรู้สึกของคนเราที่มีความเห็นต่อสิ่งต่าง ๆรอบตัวในด้านความรู้สึกขอบหรือไม่ชอบเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยต่อสิ่งต่าง ๆ (สุภัคษร อินทร, 2545: 10 อ้างถึงใน นพนัฐ จำปาเทศ, 2542: 53) เจตคติหรือทัศนคติตรงกับภาษาอังกฤษว่า Attitude มีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่า“ Aptus” แปลว่าโน้มเอียงเหมาะสม (ศรัญ ตติยากิตติ, 2544: 40 อ้างถึงใน รวีวรรณ อังคนุรักษ์พันธ์, 2533: 3)“ เจตคติ" เป็นนามธรรมและเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการแสดงออกด้านการปฏิบัติ แต่เจตคติไม่ใช่แรงจูงใจ (Motive) และแรงขับ (Drive) หาก แต่เป็นสภาพแห่งความพร้อมที่จะโต้ตอบ (State of Readiness) และแสดงให้ทราบถึงแนวทางของการสนองตอบของบุคคลต่อสิ่งเร้า (ศรัญ ตติยากิตติ, 2544 40 อ้างถึงใน ประภา เพ็ญสุวรรณ, 2526: 1)

ประภาเพ็ญสุวรรณ (สุภัคษร อินทร, 2545: 11 อ้างถึงใน ประภา เพ็ญสุวรรณ, 2526: 14) ใช้คำว่า“ ทัศนคติ "และให้ความหมายว่า ทัศนคติ คือ ความคิดเห็นซึ่งถูกกระตุ้นด้วยอารมณ์ซึ่งทำให้บุคคลพร้อมที่จะทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดทัศนคติจะมีบทบาทช่วยให้เราได้ปรับปรุงตัวเองป้องกันตัวเอง (Defend Ego) ให้สามารถแสดงออกถึงค่านิยมต่าง ๆ และช่วยให้บุคคลเข้าใจโลกรอบตัวเราประสบการณ์เดิมของบุคคลช่วยในการเกิดทัศนคติ และเป็นตัวกำหนดทัศนคติของบุคคล ทัศนคติไม่ได้เป็นองค์ประกอบอย่างเดียวที่ทำให้เกิดการปฏิบัติ แต่เป็นสาเหตุอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิด หรือเป็นที่มาของการปฏิบัติเช่นเดียวกัน การปฏิบัติของบุคคลจะทำให้ทัศนคติเปลี่ยนแปลงหรือเกิดทัศนคติใหม่ได้ การปฏิบัติของบุคคลนั้นไม่ได้มีสาเหตุมาจากทัศนคติอย่างเดียว แต่เป็นผลที่เกิดขึ้นจากวิถีการครองชีวิต (Norms) นิสัย (Habits) และสิ่งที่คาดหวังจากผลของการกระทำต่าง ๆ ด้วยออก

**องค์ประกอบของเจตคติ**

นักจิตวิทยาได้จำแนกองค์ประกอบของเจตคติเป็น 3 แนวทางคือ (ศรัญ ตติยากิตติ, 2544: A1 อ้างถึงใน ระวีวรรณ อังคนุรักษ์พันธ์, 2533: 12-13)

1. เจตคติมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1.1 องค์ประกอบด้านความคิด (Cognitive Component) หมายถึง องค์ประกอบด้านความรู้ความคิดความเชื่อและความคิดเห็นของบุคคลที่มีต่อเป้าหมายของเจตคติองค์ประกอบด้านความรู้ความคิดเกี่ยวข้องกับสิ่งที่บุคคลพิจารณาว่าสิ่งนั้นดีหรือไม่ดีถูกหรือผิดพึงปรารถนาหรือไม่พึงปรารถนา

1.2 องค์ประกอบด้านอารมณ์ความรู้สึก (Affective Component) หมายถึง ความรู้สึกขอบไม่ชอบท่าทีที่ดีไม่ดีที่บุคคลมีต่อเป้าหมายเจตคติอาจแบ่งได้เป็น 2 ประการคือความรู้สึกทางบวกและความรู้สึกทางลบองค์ประกอบด้านความรู้สึกเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดขององค์ประกอบเจตคติเป็นศูนย์กลางของเจตคติ

1.3 องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (Behavior Component) หมายถึง ความพร้อมหรือแนวโน้มที่บุคคลจะปฏิบัติต่อเป้าหมายของเจตคติซึ่งมีผลมาจากสององค์ประกอบแรกเราจึงวัดเจตคติของบุคคลได้จากพฤติกรรมการแสดงออก

2. เจตคติมี 2 องค์ประกอบ ได้แก่

2.1 องค์ประกอบด้านสติปัญญาหมายถึงกลุ่มของความเชื่อที่บุคคลมีต่อเป้าหมายของเจตคติ

2.2 องค์ประกอบด้านอารมณ์ความรู้สึกที่บุคคลมีเมื่อถูกกระตุ้นโดยเป้าหมายของเจตคติ

3. เจตคติมีองค์ประกอบเดียว คือ อารมณ์ความรู้สึกในทางชอบหรือไม่ชอบ

**เป้าหมายของเจตคติ**

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ผลที่เกิดจากการเรียนการสอนทำให้ผู้เรียนมีความสามารถหรือพฤติกรรมที่พัฒนาขึ้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จของผู้เรียนในด้านความรู้ทักษะและสมรรถภาพต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่าที่ได้จากการเรียนการสอน สามารถวัดได้โดยใช้การสังเกตและการทดสอบ โดยการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านต่าง ๆ (ยุพินเกตุดี, 2550 ประอรพรรณบางนกแขวก, 2554, พัชรินทร์ศรีพล, 2556, สมฤทัยจีนด้วง, 2542, Good, 1959)

**องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**

เพรสคอตต์ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนของนักเรียน และสรุปผลการศึกษาว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งในและนอกห้องเรียนมีดังนี้

1. องค์ประกอบทางด้านร่างกาย ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตของร่างกายสุขภาพทางด้านร่างกายข้อบกพร่องทางกายและบุคลิกท่าทาง

2. องค์ประกอบทางความรัก ได้แก่ ความสัมพันธ์ของบิดามารดาความสัมพันธ์ของบิดมารดากับลูกความสัมพันธ์ระหว่างลูก ๆ และความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกทั้งหมดในครอบครัว

3. องค์ประกอบทางวัฒนธรรมและสังคม ได้แก่ ขนบธรรมเนียมประเพณี ความเป็นอยู่ของครอบครัวสภาพแวดล้อมทางบ้านการอบรมทางบ้านและฐานะทางบ้าน

4. องค์ประกอบทางความสัมพันธ์ในเพื่อนวัยเดียวกัน ได้แก่ ความสัมพันธ์ของนักเรียนกับเพื่อนวัยเดียวกันทั้งที่บ้านและที่โรงเรียน

5. องค์ประกอบทางการพัฒนาแห่งตน ได้แก่ สติปัญญาความสนใจเจตคติของนักเรียนต่อการเรียน

6. องค์ประกอบทางการปรับตน ได้แก่ ปัญหาการปรับคนการแสดงออกทางอารมณ์

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ในการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้และการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบเตือนภัย แผ่นดินไหว โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino R3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษา ค้นคว้า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่สำคัญดังนี้

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ**

นัสรินทร บือซา (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานีจำนวน 1 ห้อง เรียนนักเรียน 39 คน ซึ่งได้จากวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก (Simple Random Sampling) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้นร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูงและร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

เทพพิทักษ์ ล่ำฮวด (2558) ได้สำรวจความพึงพอใจต่อการเรียน STEM ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 4 จำนวน 30 คน ซึ่งมีวัตถุประสงค์การวิจัย คือ 1) เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนการสอนการจัดกิจกรรมในวิชา STEM EDUCATION 2) เพื่อเป็นแนวทางในการจัดเตรียมอุปกรณ์ สื่อการเรียน ให้มีความเหมาะสมกับนักเรียน และมีจำนวนเพียงพอต่อการทำกิจกรรมที่หลากหลาย 3) เพื่อศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาด้านผู้เรียนที่มีทักษะการเรียน STEM EDUCATION กาประยุกต์ใช้อุปกรณ์ สื่อการเรียน ที่มีอย่างเหมาะสม นักเรียนมีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอในแต่ละหัวข้อของการสำรวจอยู่ที่ระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมากที่สุด และมากเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูงโดยมีค่าความพงึพอใจระดับปานกลางอยู่ในเกณฑ์น้อยและไม่มีระดับที่น้อยกว่านี้และได้สรุปเป็นภาพรวมดังนี้ มากที่สุด เฉลี่ย 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53 มากเฉลี่ย 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ปานกลาง 2 คน คิดเป็นร้อย 7

จำนง อบอุ่น (2559) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน (ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน ความคงทนในการเรียนรู้ มโนมติหลังเรียน ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียน เรื่องปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องถุงประคบร้อนและถุงประคบเย็น และเพื่อศึกษาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนเรื่องถุงประคบร้อนและถุงประคบเย็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับงานวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนศรีตระกูลวิทยา อำเภอขุขันธ์ จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (ค่าเฉลี่ย 48.23) สูงกว่าก่อนเรียน (ค่าเฉลี่ย 17.77) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียน (ค่าเฉลี่ย 15.49) สูงกว่าก่อนเรียน (ค่าเฉลี่ย 1.94) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการสอบภายหลังเรียน 2 สัปดาห์ไม่แตกต่างจากสอบหลังเรียนทันทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับมโนมติหลังเรียน นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องการเกิดปฏิกริยาเคมี ส่วนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด

ฐิติยา เนตรวงษ์ (2559) พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยการจัดการเรียนรู้ แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ทักษะการแก้ปัญหาของกลุ่มตัวอย่างทุกคนมีพัฒนาการทักษะ การแก้ปัญหาสูงขึ้น โดยภาพรวมสูงขึ้นร้อยละ 13.03 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง โดยทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียน ( X = 8.47) สูงกว่าก่อนเรียน ( X = 3.91) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการแก้ปัญหาของกลุ่มตัวอย่างพบว่าผู้เรียนทุกคนมีพัฒนาการทางการเรียนในการแก้ปัญหาสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 17.92 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียน โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการแก้ปัญหาหลังเรียน ( X = 13.85) สูงกว่าก่อนเรียน ( X = 7.58)

อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และเพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่5 จำนวน 42 คน มีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จัดอยู่ในระดับดีมาก และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จากการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเพิ่มขึ้น อภิปรายตามลำดับดังนี้ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหา และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

คึกฤทธิ์ ศิลาลาย (2560) ได้ศึกษาการบูรณาการสะเต็มศึกษากับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อผู้เรียนผู้สอนทุกระดับการศึกษาทั้งระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาและอุดมศึกษา จึงควรนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ไปใช้เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียน ซึ่งการเรียนการสอนโดยการบูรณาการสะเต็มศึกษาทั้ง 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานสร้างการมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาที่แท้จริง ผู้เรียนเรียนรู้ที่จะสะท้อนถึงการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหา สนับสนุนสร้างการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีทัศนคติที่ดีในการทำงานร่วมกับผู้อื่นส่งเสริมแนวทางการแสวงหาอาชีพของผู้เรียนในอนาคต

ชญานนท์ คันทมาตย์ และ มณฑา ชุ่มสุคนธ์ (2561) ศึกษาการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา และ พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา ส22106 สังคมศึกษา 4 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแหล่งเรียนรู้ในชุมชนภายใต้แนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559จำนวน 22 คน ดำเนินการวิจัยโดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะการแก้ปัญหามีนักเรียนผ่านเกณฑ์ 17 คน คิดเป็นร้อยละ 77.27 และมีคะแนนเฉลี่ย 23.73 คิดเป็นร้อยละ 79.09 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 19 คน คิดเป็นร้อยละ 86.36 และมีคะแนนเฉลี่ย 31.45 คิดเป็นร้อยละ 78.64 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้ศึกษาศึกษาระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ จำนวน 34 คน มีรูปแบบการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง มีการเก็บข้อมูลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน จากการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนอยู่ในระดับดีนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ภาคภูมิ พุ่มพวง (2562) ได้ศึกษาผลการพัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องสภาพสมดุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ โดยผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ การพัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเรื่องสภาพสมดุล พบว่า ผู้เรียนมีการแสดงออกถึงพฤติกรรมการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ร้อยละ 29.27 ผู้เรียนสามารถที่นำความในเรื่องสภาพสมดุลมาใช้ในการสร้างคำอธิบายถึงวิธีการสร้างแบบจำลองและเสนอสมมติฐานของการทดลองบางส่วน รวมถึงผู้เรียนสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์

เทพพร โลมารักษ์ (2562) ติดตามประเมินผลการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประเมินทักษะการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ จากวิจัยพบว่าทักษะด้านการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ทั้ง 5 องค์ประกอบ มีค่าเฉลี่ยรายด้าน เท่ากับ 2.76 (S.D.=0.32) ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพระดับเริ่มชำนาญ (Approaching Proficient) ผลการประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หลังการปฏิบัติการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาพบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 65 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.25 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์กับคะแนนสอบของนักศึกษาครูหลังการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่าคะแนนสอบของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์

กมลลักษณ์ สุวรรณวงศ์ ศศิธร โสภารัตน์ และธัชทฤต เทียมธรรม (2563) พัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนากระบวนการคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนหอวัง ปทุมธานีและเปรียบเทียบพัฒนากระบวนการคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนากระบวนการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพ 81.40/86.55 โดยมีคุณภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 และคะแนนแบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนากระบวนการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนหอวัง ปทุมธานี ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีค่า sig. เท่ากับ .000 ซึ่งต่ำกว่า 0.05 แสดงว่าการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนากระบวนการคิดแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนหอวัง ปทุมธานี ทำให้นักเรียนมีกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหาได้ดีขึ้น

ชฎาลักษณ์ จิตราช (2563) พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ร่วมกับการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา เฉลี่ยเท่ากับ 15.72 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.60 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 33 คน คิดเป็นร้อยละ 91.67 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้และนักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ เฉลี่ยเท่ากับ 20.42 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.08 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 35 คน คิดเป็นร้อยละ 97.22 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ**

Sevil Ceylan (2014) ได้นำเสนอตัวอย่างแผนการสอน เรื่อง กรดและเบส ตามการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เมื่อได้ทดลองใช้แผนการสอนแล้วจะมีแบบสำรวจความพึงพอใจคำถามปลายเปิด 10 ข้อ หลังจากนั้น ได้มีการปรับแผนการสอนใหม่ จากการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Wilcoxon Signed Ranks Test for Paired Samples, non-parametric test และ Cohen’s Kappa test ด้วยโปรแกรม spss พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งแสดงว่า แผนการสอนที่ได้จัดทำขึ้นมีประสิทธิภาพ

I.A. Daniyan (2019) ได้พัฒนาระบบการแปลงขยะเป็นพลังงาน โดยใช้การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของสัตว์ปีกและมูลสุกร เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับการปรุงอาหาร การผลิตพลังงานไฟฟ้าและปุ๋ยอินทรีย์สำหรับครัวเรือนและเพื่อการเกษตร วัสดุที่ใช้ ได้แก่ แผ่นเหล็กชุบสังกะสีซึ่งใช้สำหรับการสร้างบ่อหมักและตัววัดก๊าซ เนื่องจากมีความทนทานสูงต่อการกัดกร่อนทางชีวภาพท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการควบคุมการไหลของวัสดุใยแก้วเพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่ของระบบ ซึ่งใช้ในการขับเคลื่อนมิกเซอร์และเครื่องอัดอากาศ 220 โวลต์ ซึ่งใช้สำหรับการบีบอัดก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ลงในเครื่องวัดก๊าซ โรงงานได้รับการออกแบบโดยใช้ Solidworks และมีการรวมหน่วยตรวจสอบไว้ในระบบซึ่งประกอบด้วย Arduino Uno Microcontroller ซึ่งเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ความดันเซ็นเซอร์ pH และเซ็นเซอร์อุณหภูมิเพื่อตรวจสอบพารามิเตอร์กระบวนการของโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพที่พัฒนาแล้ว ผลที่ได้รับจะตรวจสอบความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างอัตราการบรรทุกสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้ยังแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันอุณหภูมิและ pH กับ pH และความดัน งานนี้สามารถวางรากฐานสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้เซ็นเซอร์และการตรวจสอบพารามิเตอร์อย่างต่อเนื่อง

Vennan Sibanda (2019) ได้พัฒนาระบบตรวจจับสัตว์เพื่อเตือนผู้ขับขี่ว่าอาจมีการชนกับสัตว์ โดยใช้วิธีการต่าง ๆ รวมถึงการดูวรรณกรรมเกี่ยวกับความถี่ในการบีบอัลตราซาวนด์และระบบเตือนภัยอื่น ๆ ที่มีอยู่ นอกจากนี้ยังใช้แบบสอบถามเพื่อรวบรวมข้อมูลจากผู้ขับขี่เกี่ยวกับประสบการณ์และความต้องการในการพัฒนามาตรการด้านความปลอดภัย การทดลองดำเนินการโดยใช้ Arduino UNO R3 เพื่อแสดงให้เห็นถึงการมองเห็นภาพบนกล้องอินฟราเรดและผลของการส่องสว่างอินฟราเรดในระบบกล้อง ทำการคำนวณเพื่อให้ได้จำนวน LED อินฟราเรดที่ต้องการใช้กับกล้อง วงจรอัลตราซาวนด์และวงจรระบบทั้งหมดได้รับการพัฒนาและจำลองโดยใช้โปรแกรม Proteus Professional 8.0 เพื่อให้ได้กลไกการตอบสนองที่ต้องการสำหรับระบบ ระบบจึงสามารถจับภาพสัตว์และดึงความคล้ายคลึงกันจากฐานข้อมูลระบบสัตว์ ผลลัพธ์ดังกล่าวนำเสนอระบบตรวจจับและเตือนสัตว์ที่พัฒนาขึ้นซึ่งผู้ขับขี่รถยนต์สามารถใช้งานได้ตลอดเวลาในขณะขับรถ

Julia S. Becker (2020) ได้ศึกษาระบบเตือนภัยล่วงหน้าแผ่นดินไหว (EEW) ใช้ในการตรวจจับแผ่นดินไหวและแจ้งเตือนขั้นสูงเกี่ยวกับความรุนแรงของการสั่นที่รุนแรงช่วยให้ผู้คนสามารถหาที่หลบภัยได้ทัน นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับสังคมของ EEW มากขึ้น ในการศึกษานี้ได้ศึกษามุมมองของภาคส่วนต่าง ๆใน Aotearoa New Zealand เกี่ยวกับ EEW พบว่า โดยทั่วไปผู้เข้าร่วมสนับสนุนแนวคิดของ EEW ผู้เข้าร่วมเห็นว่า EEW ให้ประโยชน์แก่ (1) ความปลอดภัยในชีวิตและสุขภาพและความปลอดภัย (เช่นการเสียชีวิตและการบาดเจ็บ) (2) การเตรียมความพร้อมด้านจิตใจ (3) การเปิดใช้งานแผนฉุกเฉินและการประเมินสถานการณ์ และ (4) การดำเนินการขององค์กรและพื้นที่เฉพาะเพื่อลดผลกระทบและช่วยตอบสนองและฟื้นฟู

S.K.McBride (2020) ได้สำรวจข้อความหลังการแจ้งเตือนที่แสดงถึงประสิทธิภาพของระบบ การส่งข้อความหลังการแจ้งเตือนที่สามารถให้ข้อมูลที่สำคัญและทันท่วงทีแก่ทั้งผู้จัดการฉุกเฉินและผู้ดำเนินการ Shake-Alert รวมทั้งแจ้งการตอบสนองต่อการแจ้งเตือนในอนาคต การแจ้งเตือนที่ผิดพลาดอาจส่งผลเสียต่อความไว้วางใจในระบบ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเผยแพร่ข้อความหลังการแจ้งเตือนอย่างรวดเร็ว สำหรับระบบเตือนภัยล่วงหน้าแบบใหม่ เช่น Shake Alert สิ่งนี้มีความเกี่ยวข้องโดยเฉพาะเนื่องจากประชากรที่อาจได้รับผลกระทบมีแนวโน้มที่จะไม่คุ้นเคยกับระบบนี้ จึงได้จัดการกับข้อกังวลนี้ในหกขั้นตอน: (1) การประเมินประสิทธิภาพของ Shake Alert จนถึงปัจจุบัน (2) การกำหนดลักษณะพฤติกรรมของมนุษย์และการตอบสนองต่อการแจ้งเตือนแผ่นดินไหว (3) การนำเสนอแผนผังการตัดสินใจสำหรับการออกข้อความหลังการแจ้งเตือน (4) การออกแบบ ชุดสถานการณ์การส่งข้อความหลังการแจ้งเตือนที่สำคัญ (5) การอธิบายสถานการณ์เหล่านี้อย่างละเอียดด้วยเทมเพลตข้อความสำหรับช่องทางการสื่อสารที่หลากหลายและ (6) การพัฒนารูปแบบการแจ้งเตือนแผ่นดินไหว ในการส่งข้อความแจ้งเตือนโพสต์พร้อมประสิทธิภาพของระบบ Shake Alert ความแม่นยำและความตรงต่อเวลาของการคาดคะเนการเคลื่อนไหวภาคพื้นดินและข้อผิดพลาดของตัวดำเนินการในระบบแจ้งเตือนเองรวมถึงสิ่งที่ ผู้คนสามารถและควรทำเพื่อป้องกันตนเองเพื่อตอบสนองต่อการแจ้งเตือน

# บทที่ **3**

# วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการดำเนินการวิจัยตามรายละเอียดดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

## กลุ่มเป้าหมาย

**ประชากร**

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 หมู่เรียน ได้แก่ ปี 1 หมู่ 1 จำนวน 30 คน และปี 1 หมู่ 2 จำนวน 27 คน รวม 57 คน

**กลุ่มตัวอย่าง**

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 หมู่เรียน ได้แก่ ปี 1 หมู่ 1 จำนวน 15 คน และปี 1 หมู่ 2 จำนวน 15 คน รวม 30 คน โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก (Simple Random Sampling)

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเรียนรู้ คือ การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่บูรณาการองค์ความรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก เน้นการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมที่มีขนาดเล็ก แผงคอนโทรลเลอร์นี้ได้รวมซีพียู เมมเมอรี่ พอร์ต รวมไว้ด้วยกัน สามารถเขียนโปรแกรมใส่ชุดคำสั่งที่ต้องการ เพื่อป้อนใส่**ไมโครคอนโทรลเลอร์**เพื่อให้ควบคุมการทำงานตามคำสั่ง ประโยชน์ของแผงควบคุมขนาดเล็กนี้ นอกจากจะมีขนาดเล็กกะทัดรัดยังสามารถป้อนชุดคำสั่งเพื่อให้นำไปปฏิบัติงานได้อัตโนมัติ เทคโนโลยีอุปกรณ์ Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่าย สามารถต่อกับอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ได้ ซึ่งจุดเด่นของบอร์ด Arduino IDE คือ มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานไม่ซับซ้อน เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นที่จะศึกษา จึงง่ายต่อการพัฒนาและนำพอร์ตไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน และราคาไม่แพงมาก ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ดหรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้ว สามารถเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย จึงถูกนำมาใช้ในงานออกแบบเพื่อแก้ปัญหาในการบูรณาการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เหมาะสำหรับนักศึกษานำมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนด ซึ่งในกิจกรรมนี้นักศึกษาจะต้องเขียนคำสั่ง (Coding) เพื่อให้บอร์ด Arduino ทำงานโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ช่วยในการป้อนคำสั่งลงในบอร์ด Arduino เพื่อใช้แก้ปัญหาตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ 2) การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา 4) การทดสอบชิ้นงาน 5) การประเมินและปรับปรุงแก้ไข และ6) การนำเสนอผลการสร้างนวัตกรรม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อกำหนดการให้ค่าคะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน

2. แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา เป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 สถานการณ์ โดยกำหนดประเด็นในการวัด 4 ด้าน ตามขั้นตอนของ เวียร์ (Weir,1974, p. 18) คือ

1. ขั้นตั้งปัญหา

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

3. ขั้นเสนอแนะวิธีการแก้ปัญหา

4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากปัญหา

3. ด้านทักษะความคิดสร้างสรรค์และการสร้างสรรค์ชั้นงาน ผู้วิจัยประเมินจากแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และการสร้างชิ้นงาน และแบบประเมินการออกแบบและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

3.1 แบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์และการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นแบบอัตนัย ซึ่งกำหนดประเด็น คือ

1. ความคิดคล่องตัว

2. ความคิดยืดหยุน

3. ความคิดริเริ่ม

4. ความคิดละเอียดลออ

3.2 แบบประเมินการออกแบบและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นแบบประเมินการออกแบบและการสร้างสสรรค์ชิ้นงานของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสเต็ม คือ

1. การใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2. ความคิดสร้างสรรค์

3. ความสำเร็จของงาน

4. ประสิทธิภาพของงาน

4. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจ ความรู้ความเข้าใจ การนำไปใช้ต่อการเข้าร่วมโครงการ เป็นแบบวัดมาตรส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 24 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยกำหนดความพึงพอใจเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความพึงพอใจ ด้านความรู้ความเข้าใจ และด้านเข้าใจการนำไปใช้ต่อการเข้าร่วมโครงการ

5. แบบสำรวจทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว เป็นแบบสำรวจเกี่ยวกับความสามารถด้านคณิตศาสตร์ ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ ความสามารถด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นแบบวัดมาตรส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 26 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยกำหนดความพึงพอใจเป็น 4 ด้าน คือ ด้านคณิตศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านเทคโนโลยี

## การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ศึกษาเรื่องที่น่าสนใจจากเว็บไซต์ Hacking STEM เพื่อนำมาต่อยอดกับวิจัยการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกกรมสะเต็มศึกษา เรื่องระบบติดตามแผ่นดินไหว

2. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างระบบการติดตามแผ่นดินไหว ศึกษากระบวนการทำงาน การเกิดแผ่นดินไหว และสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

3. ออกแบบและสร้างโปรแกรมระบบการติดตามแผ่นดินไหว

4. นำระบบการติดตามแผ่นดินไหว แบบทดสอบ แบบสอบถามความพึงพอใจ และแบบสำรวจทัศนคติที่สร้างเสร็จแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณา ตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง

5. นำระบบการติดตามแผ่นดินไหว แบบทดสอบ แบบสอบถามความพึงพอใจ และแบบสำรวจทัศนคติ

ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 หมายถึง คำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

1 หมายถึง คำถามไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

6. ดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่าน

7. นำระบบการติดตามแผ่นดินไหว ไปทดลองใช้จริงกับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 2 หมู่เรียน ได้แก่ ปี 1 หมู่ 1 จำนวน 15 คน และปี 1 หมู่ 2 จำนวน 15 คน รวม 30 คน โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก ตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ 2) การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา 4) การทดสอบชิ้นงาน 5) การประเมินและปรับปรุงแก้ไข และ6) การนำเสนอผลการสร้างนวัตกรรม

8. แบบสังเกตกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักศึกษา

8.1 ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างแบบสังเกตุ

## สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ

1. การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยใช้สูตร (Rosenthal,2012: 31)

=

เมื่อ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

**∑x** แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

**n**  แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา

2. การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตร (Rosenthal, 2012: 42-43)

**S.D. =**

เมื่อ  **S.D** แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

**∑0** แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

**X**  แทน คะแนนแต่ละตัว

**n**  แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา

3.การวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ (Index of Item Objective Congruence: IOC) เพื่อประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Content Knowledge)

เมื่อ แทน ดัชนีความสอดคล้อง

แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4. วิเคราะห์หาความยากง่าย (Difficulty) และการหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบเพื่อประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Content Knowledge)

สูตรคำนวณความยากง่าย (Difficulty)

เมื่อ แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

แทน จำนวนนัคนที่ตอบถูก

แทน จำนวนผู้ตอบข้อสอบทั้งหมด

5. สูตรคำนวณค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) สูตรของ Brenan (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2540: 198)

เมื่อ แทน ค่าดัชนี บี หรือค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

แทน จำนวนคนในกลุ่มผู้รอบรู้ (หรือสอบได้คะแนนเท่ากับหรือสูงกว่าจุดตัด)

แทน จำนวนคนในกลุ่มผู้ไม่รอบรู้ (หรือสอบได้คะแนนต่ำกว่าจุดตัด)

แทน จำนวนคนในกลุ่มผู้รอบรู้ ( ) ที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูก

แทน จำนวนคนในกลุ่มผู้ไม่รอบรู้ () ที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูก

6. การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบแบบปรนัย เพื่อประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Content Knowledge) ใช้สูตรของโลเวท (Lovett) (บุญชม ศรีสะอาด, 2535: 96)

เมื่อ แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

แทน จำนวนข้อสอบ

แทน คะแนนของแต่ละคน

แทน คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ (60 คะแนน)

1. คะแนนพัฒนาการ (Gain Score) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของศึกษาก่อนและหลังเรียน โดยใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 267-268)

**DS = × 100**

เมื่อ  **DS%** แทน คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน

(Development Score) (คิดเป็นร้อยละ)

**F** แทน คะแนนเต็มของการวัดทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน

**X**  แทน คะแนนการวัดครั้งแรก

**Y**  แทน คะแนนการวัดครั้งหลัง

# บทที่ **4**

# ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ความรู้ความเข้าใจกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษา ดังนี้

1. เปรียบเทียบเปรียบเทียบทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2. เปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจด้านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มผ่านกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณและทักษะการโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3. ศึกษาทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

## สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

N แทน จำนวนนักเรียน

แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

S.D. แทน ค่ำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

D แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

∑ D แทน ผลรวมของผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

∑ D2 แทน ผลรวมของผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนกำลังสอง

Df แทน ชั้นความเป็นอิสระ

t แทน ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ

p แทน ค่าความน่าจะเป็นของผลการทดสอบสมมติฐาน

\* แทน ค่านัยสำคัญทำงสถิติ .01

**การเปรียบเทียบทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา**

ผู้วิจัยเปรียบเทียบทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ด้วยใบประเมินกิจกรรม โดยให้คะแนนรวม 100 คะแนน จำนวน 6 ข้อได้แก่ 1) การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ 2) การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา 4) การทดสอบชิ้นงาน 5) การประเมินและปรับปรุงแก้ไข และ6) การนำเสนอผลงานสร้างนวัตกรรม จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงผลดังตาราง 4.1

**ตารางที่ 4. 1** เปรียบเทียบทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| คะแนนประเมินเฉลี่ย | การระบุปัญหา  (5) | การเก็บรวบรวม  (10) | การออกแบบชิ้นงาน  (15) | การทดสอบชิ้นงาน  (15) | การประเมิน  ชิ้นงาน  (15) | การนำเสนอผลงาน  (40) | รวมคะแนน  (100) |
| กลุ่มที่ 1 | 4 | 9 | 8 | 15 | 15 | 34.4 | 85.4 |
| กลุ่มที่ 2 | 5 | 8 | 13 | 15 | 15 | 33.4 | 89.4 |
| กลุ่มที่ 3 | 2 | 8 | 12 | 15 | 15 | 35.6 | 87.6 |
| กลุ่มที่ 4 | 5 | 9 | 15 | 15 | 15 | 34.4 | 93.4 |
| กลุ่มที่ 5 | 5 | 7 | 15 | 15 | 15 | 36.8 | 93.8 |
| กลุ่มที่ 6 | 1 | 6 | 15 | 15 | 15 | 36.8 | 88.8 |
| รวม |  | | | | | | 89.73 |

**ตารางที่ 4. 2** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติ ในการทดสอบเปรียบเทียบเกณฑ์ร้อยละ 70 กับคะแนนประเมินของผู้เรียน

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | N | คะแนนเต็ม | Mean | S.D. | % of Mean | t | Sig.  (1-talled) |
| คะแนนประเมิน | 6 | 100 | 89.73 | 3.295 | 89.73 | 14.67\*\* | 0.0000 |

t-table.01 = 4.032

จากตารางที่ 4.2 พบว่าคะแนนของผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 89.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 89.73 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์กับคะแนนของผู้เรียน พบว่าคะแนนของผู้เรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

**การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจด้านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มผ่านกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณและทักษะการโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา**

ผู้วิจัยนำความรู้ความเข้าใจของนักศึกษาด้วยแบบวัดความรู้ความเข้าใจด้วยข้อสอบแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยทำการทดสอบก่อนและหลังเรียน จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้ค่าที (t-test Dependent) แสดงผลดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4. 3** แสดงการเปรียบเทียบคะแนนความรู้ความเข้าใจด้านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มผ่านกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณและทักษะการโค้ดดิ้ง

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Mean | S.D. | ค่าเฉลี่ย  ผลต่าง | S.D. | t | df | Sig.  (1-talled) |
| ก่อนเรียน | 11.00 | 2.393 | 5.30 | 2.466 | 11.774\*\* | 29 | 0.0000 |
| หลังเรียน | 16.30 | 1.950 |

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการทดสอบคะแนนของผู้เรียนมีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 11.00 คะแนน และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 16.30 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบทั้งสองครั้ง พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระบบ .01

**การศึกษาทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์**

ผู้วิจัยวัดทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ด้วยแบบสำรวจทัศนคติ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 26 ข้อ โดยทำการทดสอบหลังเรียน จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงผลดังตาราง4.4

**ตารางที่ 4. 4** ศึกษาทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **พฤติกรรมบ่งชี้** | ผลการวิเคราะห์ | | |
| **ค่าเฉลี่ย** | **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** | **แปรผล** |
| ความสามารถทางคณิตศาสตร์ | | | |
| 1.คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ฉันเรียนได้แย่ที่สุด | 3.23 | 0.68 | ปานกลาง |
| 2. ฉันจะเลือกประกอบอาชีพหรือทำงานที่ใช้ทักษะคณิตศาสตร์ | 3.37 | 0.76 | ปานกลาง |
| 3. ฉันรู้สึกว่าความรู้ความเข้าใจด้านคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ยากสำหรับฉัน | 3.50 | 0.63 | ปานกลาง |
| 4. ฉันเป็นครูประเภทที่สามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ดี | 3.73 | 0.69 | มาก |
| 5. ฉันสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ด้านต่าง ๆ ได้แต่ไม่ใช่สำหรับความรู้ด้านคณิตศาสตร์ | 3.40 | 0.77 | ปานกลาง |
| 6. ฉันมั่นใจว่าในอนาคตฉันสามารถใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ในระดับสูงในการทำงานและแก้ปัญหา | 3.63 | 0.61 | มาก |
| 7. ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ของฉัน อยู่ในระดับที่ดีเยี่ยม | 3.57 | 0.63 | มาก |
| 8. ฉันสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ในการทำงานและแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ | 3.63 | 0.56 | มาก |
| รวม | 3.79 | 0.36 | มาก |
|  |  |  |  |

**ตารางที่ 4.4** (ต่อ)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **พฤติกรรมบ่งชี้** | ผลการวิเคราะห์ | | |
| **ค่าเฉลี่ย** | **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** | **แปรผล** |
| ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ | | | |
| 9. ฉันรู้สึกมั่นใจในตัวเองเมื่อฉันได้ทำ กิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ | 4.87 | 0.43 | **มากที่สุด** |
| 10. ฉันมีความคิดว่าฉันสามารถประกอบอาชีพหรือทำงานที่ใช้ทักษะวิทยาศาสตร์ได้ดี | 4.77 | 0.50 | **มากที่สุด** |
| 11. ฉันเป็นครูประเภทที่สามารถใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ | 4.47 | 0.51 | **มาก** |
| 12. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถช่วยฉัน ในการดำรงชีวิตได้ | 4.63 | 0.49 | **มากที่สุด** |
| 13. ฉันใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการทำงานหรือประกอบอาชีพได้ | 4.73 | 0.45 | **มากที่สุด** |
| 14. ฉันรู้ตัวว่าฉันเก่งในด้านวิทยาศาสตร์ | 4.53 | 0.57 | **มากที่สุด** |
| 15. วิทยาศาสตร์มีความสำคัญในชีวิตและการทำงานของฉันในปัจจุบันและอนาคต | 4.67 | 0.48 | **มากที่สุด** |
| 16. ฉันสามารถรับมือกับการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ แต่ไม่ใช่การประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ | 2.23 | 1.19 | **น้อย** |
| 17. ฉันมั่นใจว่าในอนาคตฉันจะใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำงานและแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ | 4.80 | 0.41 | **มากที่สุด** |
| รวม | 4.21 | 0.31 | **มาก** |
|  |  |  |  |

**ตารางที่ 4.4** (ต่อ)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **พฤติกรรมบ่งชี้** | ผลการวิเคราะห์ | | |
| **ค่าเฉลี่ย** | **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** | **แปรผล** |
| ความสามารถด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี | | | |
| 18. ฉันชอบใช้จินตนาการและสร้างสรรค์ งานใหม่ ๆ อยู่เสมอ | 4.73 | 0.45 | มากที่สุด |
| 19. ถ้าฉันได้เรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์ ฉันสามารถซ่อม บำรุงเครื่องใช้ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ | 4.47 | 0.57 | **มาก** |
| 20. ฉันสามารถสร้างงานและประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ ได้ดี | 3.87 | 0.94 | **มาก** |
| 21. ฉันมีความสนใจเกี่ยวกับระบบ กลไก และเครื่องจักรกล | 3.60 | 0.97 | **มาก** |
| 22. การสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือโครงสร้างนั้นมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณา | 4.07 | 0.58 | **มาก** |
| 23. ฉันมีความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับ ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ | 4.10 | 0.76 | **มาก** |
| 24. ฉันต้องการใช้งานด้านความคิด สร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ | 4.37 | 0.61 | **มาก** |
| 25. ความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และการออกแบบทำให้ฉันสามารถคิดค้นสิ่งต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอนในได้ | 4.20 | 0.71 | **มาก** |
| 26. ฉันมีความเชื่อว่าฉันสามารถประสบ ความสำเร็จโดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้ในอนาคต | 4.30 | 0.70 | **มาก** |
| รวม | 4.13 | 0.28 | **มาก** |

จากตารางที่ 4.4 พบว่า นักเรียนมีทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ด้าน**ความสามารถทางคณิตศาสตร์**ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.79 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.36 อยู่ในระดับความพึงพอใจระดับมาก ด้านวิทยาศาสตร์ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ 0.31 อยู่ในระดับความพึงพอใจระดับมาก ด้าน**วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี**ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.13 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ 0.28 อยู่ในระดับความพึงพอใจระดับมาก และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

**ตารางที่ 4. 5** ผลการวิเคราะห์ภาพรวมของแบบสำรวจที่ใช้เกณฑ์ค่าคะแนน 5 ระดับ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ผลการวิเคราะห์** | **คะแนนรวม** | **ค่าเฉลี่ย** | **S.D.** | **C.V. (%)** | **แปรผล** |
| **ภาพรวม** | 3164 | 4.06 | 0.20 | 4.93 | มาก |

จากตารางที่ 4.5 พบว่า นักเรียนมีทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว นักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทัศนะคติอยู่ในระดับมาก และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

**ผลการปฏิบัติการสอนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์**

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล และขอนำเสนอผลการประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ด้านการนำเสนอชิ้นงาน Building bridge และด้านการนำเสนอชิ้นงาน Building Island และผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

**ผลการประเมินการออกแบบชิ้นงานและการนำเสนอกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์**

การวิเคราะห์การประเมินชิ้นงานและการนำเสนอกิจกรรม Building bridge ผู้วิจัยได้ทำการประเมินเป็นรายกลุ่ม ซึ่งในการประเมินชิ้นงานของนักเรียนนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้ผู้วิจัย และนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ได้มีบทบาทเป็นผู้ประเมินด้วย โดยในการประเมินชิ้นงานจะเป็นการประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) การประเมินครั้งนี้ผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทราบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเป็นรายกลุ่ม ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลได้ ดังนี้

**ตารางที่ 4. 6** ผลการประเมินชิ้นงานและการนำเสนอกิจกรรม Building bridge ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนจำแนกตามกลุ่ม

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **กลุ่มที่** | **ค่าเฉลี่ย** | **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** | **ร้อยละ** |
| **กลุ่มที่ 1** | 14.15 | 10.610 | 84.9 |
| **กลุ่มที่ 2** | 12.47 | 8.751 | 74.8 |
| **กลุ่มที่ 3** | 13.10 | 10.480 | 78.6 |
| **กลุ่มที่ 4** | 14.57 | 11.686 | 87.4 |
| **กลุ่มที่ 5** | 14.45 | 11.088 | 86.7 |
| **กลุ่มที่ 6** | 14.15 | 12.151 | 84.9 |

จากตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์การสรุปการประเมินชิ้นงานวิทยาศาสตร์ พบว่าคะแนนโดยเฉลี่ยรายกลุ่มของนักศึกษาชั้นปี 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบติดตามแผ่นดินไหว ในแต่ละกลุ่มเมื่อสรุปเป็นร้อยละพบว่า นักศึกษาแต่ละกลุ่มมีคะแนนอยู่ในระดับสูง คือ นักศึกษาสามารถออกแบบชิ้นงานและนำเสนอกิจกรรม Building bridge ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้

**ตารางที่ 4. 7** ผลการประเมินชิ้นงานและการนำเสนอกิจกรรม Building Island ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนจำแนกตามกลุ่ม

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **กลุ่มที่** | **ค่าเฉลี่ย** | **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** | **ร้อยละ** |
| **กลุ่มที่ 1** | 14.15 | 10.610 | 85.4 |
| **กลุ่มที่ 2** | 12.47 | 8.751 | 89.4 |
| **กลุ่มที่ 3** | 13.10 | 10.480 | 87.6 |
| **กลุ่มที่ 4** | 14.57 | 11.686 | 93.4 |
| **กลุ่มที่ 5** | 14.45 | 11.088 | 93.8 |
| **กลุ่มที่ 6** | 14.15 | 12.151 | 88.8 |

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์การสรุปการประเมินชิ้นงานวิทยาศาสตร์ พบว่าคะแนนโดยเฉลี่ยรายกลุ่มของนักศึกษาชั้นปี 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบติดตามแผ่นดินไหว ในแต่ละกลุ่มเมื่อสรุปเป็นร้อยละพบว่า นักศึกษาแต่ละกลุ่มมีคะแนนอยู่ในระดับสูง คือ นักศึกษาสามารถออกแบบชิ้นงานและนำเสนอกิจกรรม Building Island ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้

**การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

การวิเคราะห์แบบประเมินทักษะในการทำชิ้นงานเป็นรายกลุ่ม โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์นักเรียนทั้งหมด 6 กลุ่ม โดยใช้แบบประเมินทักษะในการทำโครงงาน ประกอบไปด้วยทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ทักษะ ดังนี้

**1. ระบุปัญหา (Problem Identification)**

**2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)**

**3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)**

**4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)**

**5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)**

**6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)**

จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) โดยใช้เทคนิคการจำแนกและการจัดระบบข้อมูล (Typology and Taxonomy) ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

**1. ระบุปัญหา (Problem Identification)**

**จากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษานักศึกษาส่วนใหญ่สามารถ**ทำความเข้าใจปัญหา

วิเคราะห์เงื่อนไขกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาได้

**2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)**

**จากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษานักศึกษาส่วนใหญ่สามารถ**รวบรวมข้อมูลและแนว

คิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

**3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)**

**จากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษานักศึกษาส่วนใหญ่สามารถ**ประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงาน โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

**4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)**

**จากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษานักศึกษาส่วนใหญ่สามารถ**กำหนดลำดับขั้นตอน

ของการสร้างชิ้นงานแล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

**5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)**

**จากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษานักศึกษาส่วนใหญ่สามารถ**ทดสอบและประเมินการ

ใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมได้

**6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)**

**จากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษานักศึกษาส่วนใหญ่สามารถ**นำเสนอแนวคิด

และขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

# บทที่ 5

# สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมและพัฒนานักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ด้านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มผ่านกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณและทักษะการโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และศึกษาทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอุปกรณ์ Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open source ทำการเก็บข้อมูลจากนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 2 หมู่เรียน ได้แก่ ปี 1 หมู่ 1 จำนวน 30 คน และปี 1 หมู่ 2 จำนวน 27 คน รวม 57 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัยก่อนเรียนและหลังเรียน 2) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงวิศวะกรรม 6 ขั้น 3) ด้านทักษะความคิดสร้างสรรค์และการสร้างสรรค์ชั้นงาน 4) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการ ติดตามแผ่นดินไหว 5) แบบสำรวจทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเตม็ศึกษา เรื่อง ระบบการติดตาม แผ่นดินไหว

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

## **1. เปรียบเทียบทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา**

## **2.ส่งเสริมและพัฒนานักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ด้านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มผ่านกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณและทักษะการโค้ดดิ้ง ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา**

## **3. ศึกษาทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์**

## สมมติฐานของการวิจัย

1. ทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเกณฑ์ร้อยละ 70

2. ความรู้ความเข้าใจด้านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณและทักษะโค้ดดิ้ง เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว หลังเรียนสูงกว่าคะแนนเกณฑ์ร้อยละ 80

## ขอบเขตของการวิจัย

1. **ประชากร**

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 หมู่เรียน ได้แก่ ปี 1 หมู่ 1 จำนวน 30 คน และปี 1 หมู่ 2 จำนวน 27 คน รวม 57 คน

1. **กรอบการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้และกรอบการประเมินการรู้วิชาวิทยาศาสตร์**

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญทางด้านการจัดการเรียนการสอน สะเต็มศึกษาในการให้คำแนะนำแนวทางการดำเนินการเก็บข้อมูลและและวางแนวทางการจัดทำหลักสูตรการอบรมเชิงปฏิบัติการในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว

การสังเคราะห์งานวิจัยด้านสะเต็มศึกษาทั้งในและต่างประเทศ และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา การสนทนากลุ่มและการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อวิเคราะห์ปัญหาด้านการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

กรอบแนวคิดหรือแนวปฏิบัติในการประเมินคุณลักษณะเชิงพฤติกรรมด้านการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เครื่องมือเพื่อแสวงหาความรู้สำหรับโลกของการศึกษาที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจึงมีความสำคัญ มากกว่าเนื้อหาความรู้ อีกทั้งหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้มุ่งพัฒนา ผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ และเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ คือ 1) ความสามารถในการสื่อสาร 2) ความสามารถในการคิด 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และ 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 4-5) ตามผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิง

คำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรม สะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

## วิธีดำเนินการวิจัย

**1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 หมู่เรียน ได้แก่ ปี 1 หมู่ 1 จำนวน 30 คน และปี 1 หมู่ 2 จำนวน 27 คน รวม 57 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 หมู่เรียน ได้แก่ ปี 1 หมู่ 1 จำนวน 15 คน และปี 1 หมู่ 2 จำนวน 15 คน รวม 30 คน โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก (Simple Random Sampling)

**2.** **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการ

แก้ปัญหา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ประกอบไปด้วย 6 แผนการจัดการเรียนรู้

2. แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาเพื่อประเมินความคิดสร้างสรรค์ของชิ้นงาน จากการพัฒนา

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

3. แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน การพัฒนาทักษะการคิด

เชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว โดยใช้แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

4. แบบสำรวจทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุ

ศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

5. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

**3. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1. ศึกษาเรื่องที่น่าสนใจจากเว็บไซต์ Hacking STEM เพื่อนำมาต่อยอดกับวิจัยการพัฒนาทักษะ

การคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกกรมสะเต็มศึกษา เรื่องระบบติดตามแผ่นดินไหว

2. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างระบบการติดตามแผ่นดินไหว ศึกษากระบวนการทำงาน การเกิดแผ่นดินไหว และสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

3. ออกแบบและสร้างโปรแกรมระบบการติดตามแผ่นดินไหว

4. นำระบบการติดตามแผ่นดินไหว แบบทดสอบ แบบสอบถามความพึงพอใจ และแบบสำรวจ

ทัศนคติที่สร้างเสร็จแล้วนำไปตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุง

5. นำระบบการติดตามแผ่นดินไหว แบบทดสอบ แบบสอบถามความพึงพอใจ และแบบสำรวจ

ทัศนคติที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC)

6. ดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่าน

7. นำระบบการติดตามแผ่นดินไหว แบบทดสอบ แบบสอบถามความพึงพอใจ และแบบสำรวจ

ทัศนคติ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้จริงกับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 2 หมู่เรียน ได้แก่ ปี 1 หมู่ 1 จำนวน 15 คน และปี 1 หมู่ 2 จำนวน 15 คน รวม 30 คน โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก

8. แบบสังเกตกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักศึกษาโดยศึกษาหลักการและวิธีการ

สร้างแบบสังเกตุ

**4. เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล**

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อกำหนดการ

ให้ค่าคะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน

2. แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา เป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 สถานการณ์

3. ด้านทักษะความคิดสร้างสรรค์และการสร้างสรรค์ชั้นงาน ผู้วิจัยแบ่งเป็น 2 แบบวัดคือ

1. แบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์และการสร้างชิ้นงาน และ 2. แบบประเมินการออกแบบและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

3.1 แบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์และการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นแบบอัตนัย ซึ่งกำหนดประเด็น คือ

3.2 แบบประเมินการออกแบบและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นแบบประเมินการออกแบบและการสร้างสสรรค์ชิ้นงานของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสเต็ม

**5. การวิเคราะห์ข้อมูล**

ในการวิจัยเพื่อสร้างกรอบการประเมินชิ้นงาน จากการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ

2. วิเคราะห์หาความยากงายและอำนาจจำแนกของข้อสอบปรนัยและอัตนัย

3. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

4. ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์

**6**. **สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล**

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ

1. การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยใช้สูตร (Rosenthal,2012: 31)

2. การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตร (Rosenthal, 2012: 42-43)

3.การวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ (Index of Item Objective Congruence: IOC) เพื่อประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Content Knowledge)

4. วิเคราะห์หาความยากง่าย (Difficulty) และการหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบเพื่อประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Content Knowledge)

5. สูตรคำนวณค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) สูตรของ Brenan (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2540: 198)

6. การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบแบบปรนัย เพื่อประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Content Knowledge) ใช้สูตรของโลเวท (Lovett) (บุญชม ศรีสะอาด, 2535: 96)

7. คะแนนพัฒนาการ (Gain Score) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของศึกษาก่อนและหลังเรียน โดยใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 267-268)

## สรุปผลการวิจัย

**ตอนที่ 1 วิเคราะห์ทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา**

ผลสำรวจจากการวิเคราะห์ทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ด้วยใบประเมินกิจกรรม โดยให้คะแนนรวม 100 คะแนน จำนวน 6 ข้อได้แก่ 1) การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ 2) การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา 4) การทดสอบชิ้นงาน 5) การประเมินและปรับปรุงแก้ไข และ 6) การนำเสนอผลงานสร้างนวัตกรรม พบว่าคะแนนของผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 89.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 89.73 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์กับคะแนนของผู้เรียน และคะแนนของผู้เรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีทักษะการคิดแก้ปัญหาการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหวอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ทุกกลุ่ม

**ตอนที่ 2 วิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา**

ผลสำรวจวิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ผู้วิจัยนำความรู้ความเข้าใจของนักศึกษาด้วยแบบวัดความรู้ความเข้าใจด้วยข้อสอบแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 โดยใช้ค่าที (t-test Dependent) พบว่าการทดสอบคะแนนของผู้เรียนมีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 11.00 คะแนน และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 16.30 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบทั้งสองครั้ง พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระบบ .01

**ตอนที่ 3 วิเคราะห์ทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์**

ผลสำรวจวิเคราะห์วัดทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อการจัดจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ด้วยแบบสำรวจทัศนคติ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 26 ข้อ โดยทำการทดสอบหลังเรียน จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ยรายด้านดังตารางด้านล่าง

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ที่** | **รายด้าน** | **ค่าเฉลี่ย** | **S.D.** | **C.V. (%)** | **เกณฑ์การประเมิน** |
| **1** | ความสามารถทางคณิตศาสตร์ | **3.79** | **0.36** | **9.47** | **มาก** |
| **2** | ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ | **4.21** | **0.31** | **7.28** | **มาก** |
| **3** | ความสามารถด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี | **4.13** | **0.28** | **6.83** | **มาก** |
|  | **รวม** | **4.06** | **0.20** | **4.93** | **มาก** |

**3.1 วิเคราะห์ผลการประเมินทัศนคติ**ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

ผลการประเมินทัศนคติด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ นักเรียนนำความรู้ด้านคนิตศาสตร์มาใช้ในกระบวนการเชิงวิศวกรรมศาสตร์ การใช้เครื่องวัดแรงสั่นสะเทือนในการคำนวณหาแรงสั่นสะเทือนในหน่วยเมอร์แคลลี เมอร์แคลลีเป็นมาตราสำหรับใช้กำหนดขั้นความรุนแรงของ[แผ่นดินไหว](https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%81%E0%B8%9C%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%A7)ทั้งหมด 12 ขั้นความรุนแรงตามแมกนิจูดผนวกกับการคิดคำนวณการแจ้งเตือนภัยภายในเกาะจำลองโดยใช้เซนเซอร์ LED และ Buzzer

**3.2 วิเคราะห์ผลการประเมินทัศนคติ**ด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์

ผลการประเมินทัศนคติด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในกระบวนการเชิงวิศวะกรรมศาสตร์ โดยการศึกษาการเกิดแผ่นดินไหว โครงสร้างบ้าน โครงสร้างสะพานที่รองรับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว และค้นคว้าหาแหล่งที่เกิดแผ่นดินไหว สึนามิ ตามประเทศต่างๆ เพื่อนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาหาข้อมูลมาวางแผนออกแบบระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว เพื่อลดผลกระทบในด้านต่างๆเมื่อเกิดแผ่นดินไหวขึ้น

**3.3 วิเคราะห์ผลการประเมินทัศนคติ**ด้านความสามารถด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

ผลการประเมินทัศนคติด้านความสามารถทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนนำความรู้ด้าน

**วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี**มาใช้ในกระบวนการเชิงวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีเป็นกระบวนการทำงานที่มีการประยุกต์ศาสตร์สาขาอื่นๆ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาเกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาสิ่งต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการตามที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ ดังนั้นจึงมีการศึกษาข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวและเซ็นเซอร์ต่างๆเพื่อออกแบบระบบเตือนภัยขึ้น โดยใช้หลักการของวิศวกรรมในการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสร้างสิ่งต่างๆ เพื่อมาอำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางเทคโนโลยี นำมาประยุกต์ใช้สร้างสรรค์ 2 ชิ้นงานคือ Building bridge and Building Island

**3.4 วิเคราะห์ผลการประเมินภาพรวมของแบบสำรวจทัศนคติ**

ผลการประเมินทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อการจัดจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ด้วยแบบสำรวจทัศนคติ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 26 ข้อ โดยทำการทดสอบหลังเรียน จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ยรายด้านดังตารางพบว่า นักเรียนมีทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว นักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทัศนะคติอยู่ในระดับมาก และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

## อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา

เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ผลการศึกษาสามารถอภิปรายได้ดังนี้

1. จากผลการวิจัยการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและพัฒนาทัศนคติต่อ

กิจกรรม ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะเทคโนโลยีอุปกรณ์ Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด [Arduino](http://en.wikipedia.org/wiki/Arduino) ถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่าย สามารถต่อกับอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ได้ ซึ่งจุดเด่นของบอร์ด Arduino IDE คือ มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานไม่ซับซ้อน เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นที่จะศึกษา จึงง่ายต่อการพัฒนาและนำพอร์ตไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Dejarnette Wayne, Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler (2012)STEM Education คือการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของ แต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความ รู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้นไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วนๆ นอกจากนี้ STEM Education ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

1. จากผลการวิจัยความรู้ความเข้าใจกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ระบบการติดตาม

แผ่นดินไหว ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ พบว่าสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้โดยนักเรียนนักเรียนสร้างชิ้นงานและนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยการนำเทคโนโลยี (IoT) เข้ามาใช้ในการศึกษาปัจจัยในวัดแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ผ่านการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมเซ็นเซอร์ ผ่านอุปกรณ์ Microcontroller Arduino R3 และนำข้อมูลที่วัดได้มาแสดงผลทาง โปรแกรมแสดงผล Arduino IDE เพื่อให้นักเรียนนั้นสามารถอ่านค่าตัวเลขได้อย่างแม่นยำ นักเรียนสามารถออกแบบนวัตกรรมผ่านกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างเครื่องมือวัดแรงสั่นสะเทือนและสามารถวัดให้เห็นค่าทางสถิติได้ นำมาช่วยในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ โดยเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ให้ผู้เรียนมีอิสระในการออกแบบชิ้นงานและสามารถคิดวิเคราะห์ต่อยอดเพิ่มอุปกรณ์เสริมเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ อ.คนึงนิจ จันทรมณี (2557) STEM Education เป็นการจัดการศึกษาที่ สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิด และทักษะอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า การสร้างและพัฒนาคิดค้นสิ่งต่าง ๆ ในโลกปัจจุบัน การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้งการมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูลเครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่ และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายของบทเรียนใน STEM Education จึงเหมาะที่จะทำให้เยาวชนไทยรุ่นใหม่เกิดการเรียนรู้และอยู่ ในโลกแห่งอนาคตได้อย่างแท้จริง

1. จากผลการวิจัยการวิเคราะห์ทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการ

แก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้โดยนักเรียนมีทัศนคติต่อกิจกรรมการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว โดยรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของพัทธมน นามปวน นันทรัตน์ เครืออินทร์ และฉัตรชัย เครืออินทร์(2557) ได้ศึกษารูปแบบการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ชาวิทยาศาสตร์ เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุแบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุ แบบสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับที่มาก และสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียน ดังนี้

“…ทำให้ผมสนุกกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ได้คิดประดิษฐ์ชิ้นงานเหมือนไม่ได้เรียนวิชา ที่ต้องท่องจำอย่างเดียว…”

“…หนูชอบการสอนแบบนี้ ทำให้หนูรู้ว่าหนูไม่เรียนแค่วิชาชีวะอย่างเดียว หนูยังได้เอาวิชาอื่นมาใช้ในชิ้นงานด้วย…”

“… หนูชอบที่ได้ทำงานกับเพื่อน ๆ ได้ช่วยกัน แก้ปัญหาด้วยกัน เวลาหนูไม่ เข้าใจตรงไหนเพื่อนก็อธิบายให้หนู…”

“… ทำให้ผมรู้ว่าต่อไปผมอยากเป็นอะไรครับ…”

อาจเป็นเพราะสังคมโลกในขณะนี้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะเทคโนโลยีการสื่อสารซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดการเปลี่ยนถ่ายทอดข้อมูลใหม่ๆ หมุนเวียนอยู่ตลอดเวลาอย่าง ไม่มีที่สิ้นสุด ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การไหลบ่าของข่าวสารข้อมูล วิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีส่วนช่วยให้เศรษฐกิจและสังคมเจริญก้าวหน้า เกิดการค้าที่แข่งขันกันทั่วโลก ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การเตรียมผู้เรียนในวันนี้ให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 นั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อ ให้เยาวชนเหล่านั้นสามารถดำรงชีวิตในสังคมโลกที่มีการ เปลี่ยนแปลงได้ สามารถและพร้อมที่จะเผชิญหน้ากับสภาพ สังคม เศรษฐกิจและเทคโนโลยีในอนาคต การตื่นตัวและ เตรียมพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น การสร้าง มหาอำนาจทางการศึกษาเพื่อให้ได้ประชากรที่มีคุณภาพ จึงเป็นกลยุทธ์ของการพัฒนาชาติแนวทางหนึ่ง สำหรับประเทศไทยการจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน หรือ STEM Education จึง เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อการเตรียมคนไทย รุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชานี้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดี และมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้ และเต็มไปด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี

## ข้อเสนอแนะ

**ข้อเสนอแนะทั่วไป**

1. จากผลการวิจัยการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและพัฒนาทัศนคติต่อ

กิจกรรม ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ผู้สอน ควรมีความรู้ความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ได้เป็น อย่างดี ผู้สอนควรเตรียมตัวและทำหน้าที่ตนเองให้พร้อมต่อการจัดการเรียนรู้ เช่น การวางแผนการ จัดการเรียนรู้อย่างรอบคอบและมีประสิทธิภาพ การดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพช่วยพัฒนากระบวนการเรียนรู้ที่สามารถสอดคล้องกับบริบทของกิจกรรมและทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้เป็นอย่างดี

1. จากผลการวิจัยการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและพัฒนาทัศนคติต่อ

กิจกรรม ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์พบว่าผู้สอนควรศึกษาแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ระดับการ จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนมากที่สุด

1. จากผลการวิจัยการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและพัฒนาทัศนคติต่อ

กิจกรรม ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีข้อจำกัดเรื่องเวลาที่ค่อนข้างจำกัด ผู้สอนจึงยืดหยุ่นเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามความเหมาะสม

**ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

1. ควรนำการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและพัฒนาทัศนคิ

ต่อกิจกรรม ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ไปใช้กับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ชั้นปีอื่นๆ และประยุกต์ใช้กับกลุ่มสาระวิชาอื่นต่อไป

1. ควรนำการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและพัฒนาทัศนคิต่อกิจกรรม

ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบการติดตามแผ่นดินไหว ไปบูรณาการร่วมกับทักษะอื่นๆให้มากขึ้นเพื่อพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้มากยิ่งขึ้น

# บรรณาณุกรรม

กิตติชัย ตนตรง. (2558). **การใช้บอร์ด Arduino UNO แก้ปัญหาทางการเรียน รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ นักศึกษาแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1 วิทยาลัยเทคโนโลยีเมโทร.** สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

จอร์จ โพลยา. (2488). **ขั้นตอนและกระบวนการแก้ปัญหา**. สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2564, จาก http://janjirakik002.blogspot.com/2015/08/polya.html.

ทันพงษ์ ภู่รักษ์. (2561). **อุปกรณ์ Arduino.** เอกสารประกอบการสอนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย.(2556). **STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21.** วารสาร

นักบริหาร Executive Journal. ปีที่ 33 ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน  2556.

ภาคภูมิ พุ่มพวง. (2562). **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการ**

**ออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ เรื่อง สภาพสมดุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.**วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร**.**

มิทเชล นาธาน. (2013). **STEM Education**, กรุงเทพฯ. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

มงคล สีมาวงษ์. (2557). **ระบบตรวจจับกลิ่นและแอปพลิเคชันติดตามกลิ่นบนโทรศัพท์สมาร์ทโฟน.** สารนิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วรรณภา เหล่าไพศาลพงษ์. (2554). **ทักษะการคิดแก้ปัญหาตามแนวทางสะเต็มศึกษา.** ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วีระวัฒน์ วานิช. (2558). **การออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานแบบชาญฉลาดโดยพิจารณาองค์ประกอบแสงจากธรรมชาติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟา, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกลาเจาคุณทหารลาดกระบัง.

สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). **การจัดการเรียนการสอนแบบ**

**บูรณาการสะเต็ม.** กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุภาภรณ์ สุตา. (2563). **ทักษะการแก้ปัญหากิจกรรม Coding.** สืบค้นเมื่อ 4 มีนาคม 2564, จาก <https://donate.connexted.org/projects/8691>.

สมชาย อุ่นแก้ว. (2557). **วิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education).**

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

Bloom, Benjamins S. (1956). **Taxonomy of Education Objective Handbook 1**:

**Cognitive Domain.** 17 th ed. New York: David Mac Kay Company, Inc.

English, L. D. and Donna, T. K. (2015). **STEM learning through engineering design:**

**fourth- grade students' investigations in aerospace.** English and King International Journal of STEM Education, 2(14), 1-18.

Koehler, C., Faraclas, E., Giblin, D., & Kazerounian, K. (2013). **The Nexus between**

**science literacy and technology literacy.** a state-by-state analysis of engineering content in state science standards. Journal of STEM Education.

Schachter, R. (2012) **A classroom of engineering leaching STEM in the younger**

**grades.** SCHOLASTIC INSTRUCTOR SPRING 2012, 43-16.