



การใช้กระบวนการแก้ปัญหาและโปรแกรม App Inventor พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ
(Computational Thinking: CT) สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา

Using the Problem-Solving and App Inventor to Develop Computational
Thinking Skill for High School Students

ชยการ คีรีรัตน์¹

Chayakan Keereerat¹

บทคัดย่อ

การคิดเชิงคำนวณเป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่สามารถนำไปใช้ได้หลากหลายสาขา ทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ การคิดเชิงคำนวณเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์และความสามารถในการเรียนรู้ ซึ่งพัฒนาทักษะนี้ได้จากการลงมือพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยเช่นกัน แต่การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาโปรแกรมที่มีใช้โดยทั่วไปนั้น นอกจากจะต้องออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาแล้ว จะต้องคำนึงถึงโครงสร้างของแต่ละภาษา และชุดคำสั่งที่เป็นภาษาอังกฤษ จึงทำให้การเขียนโปรแกรมฯ เป็นเรื่องยาก

App Inventor เป็นโปรแกรมที่ถูกออกแบบมาให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้การเขียนโปรแกรมฯ โดยไม่ยึดติดกับคำสั่งที่เป็นภาษาอังกฤษ แต่จะใช้บล็อกคำสั่งที่เป็นภาพหรือไอคอนสัญลักษณ์แทนศัพท์คำสั่งทำให้ผู้เรียนสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่าย สามารถออกแบบวางแผนแก้ปัญหา และทดสอบขั้นตอนวิธีที่ตนออกแบบไว้โดยไม่ติดขัดกับความผิดพลาดของโครงสร้างคำสั่งการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ และเนื่องจาก App Inventor เป็นเครื่องมือที่ออกแบบมาเพื่อพัฒนาโปรแกรมบนอุปกรณ์โมบาย เช่น โทรศัพท์มือถือ จึงทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนเชื่อมโยงและสัมพันธ์กับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนสามารถ บูรณาการเรียนรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ เข้ากับการใช้งานในชีวิตประจำวัน ซึ่งการลงมือทำงานจะส่งเสริมการเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์ และทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหานำไปสู่การเป็นนักพัฒนาอย่างแท้จริง

คำสำคัญ: การคิดเชิงคำนวณ / โปรแกรม APP INVENTOR / กระบวนการแก้ปัญหา

Article Info: Received 2 September, 2017; Received in revised form 18 September, 2018; Accepted 8 March, 2019

¹ อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี กลุ่มงานคอมพิวเตอร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

อีเมล: chayakarn.k@etc@gmail.com

Teacher, Department of Vocational Courses and Technology (Computers), Chulalongkorn University Demonstration

Secondary School Email: chayakarn.k@etc@gmail.com

Abstract

Computational thinking skills constitute a problem solving process that can be applied in many fields – science, technology, mathematics, the humanities, and sociology. Indeed, it is an important tool in developing a computer program, and students can learn to develop a computer program that can enhance their computational thinking. However, writing a computer program with the available programs written in English is difficult for both students and novices.

App Inventor is a program designed for students so that they are able to write a program even though they are not good at English. Instead of using English, this program uses pictures or icons to facilitate students when they write a program. This will help them learn more effectively. Also, they can plan the solution and test the process that they designed without any hindrance on learning command structure. In addition, App Inventor can also be operated on mobile devices such as mobile phones; consequently, students can apply what they have learnt to their real lives and integrate it into other sciences. The hands-on experience can enhance students' learning, creativity and problem-solving skills, so eventually they can become experienced or professional programmers.

KEYWORDS: COMPUTATIONAL THINKING / APP INVENTOR / PROBLEM-SOLVING

บทนำ

การนำสิ่งที่อยู่ในชีวิตประจำวันมาใช้จัดการเรียนรู้เป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาความคิด และการเรียนรู้ การเชื่อมโยงเนื้อหาบทเรียนหรือสิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนเรียนรู้กับชีวิตประจำวัน จะทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนได้ง่าย จำได้นานเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสามารถนำการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างสร้างสรรค์ และเหมาะสม

โทรศัพท์มือถือหรือเครื่องมือสื่อสารแบบโมบายเป็นปัจจัยที่สำคัญในชีวิตประจำวันของผู้เรียน ในปัจจุบัน พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีเครื่องมือสื่อสารเหล่านี้ใช้งาน และคุณสมบัติของเครื่องมือสื่อสารสมัยใหม่จะมีคุณสมบัติเป็นคอมพิวเตอร์ชนิดพกพา สามารถเพิ่มเติมติดตั้งโปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ เพื่อการดำเนินชีวิต ทั้งในด้านการทำงาน ความบันเทิง และ

การสื่อสาร รวมทั้งการศึกษา ในด้านการใช้งานเพื่อการศึกษา นั้น โทรศัพท์มือถือสามารถนำมาประยุกต์ได้มากมายตั้งแต่การสืบค้นข้อมูลไปจนถึงใช้โปรแกรมทางการศึกษา รวมถึงการนำมาสร้างหรือพัฒนาโปรแกรมต่าง ๆ ได้ โดยเฉพาะในโทรศัพท์มือถือที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เครื่องมือที่ใช้พัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้งานบนระบบแอนดรอยด์ที่ผู้เรียนสามารถใช้งานได้ง่าย คือ App Inventor

App Inventor เป็นโปรแกรมที่ทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์บนระบบคลาวด์ เพื่อใช้พัฒนาโปรแกรมเครื่องโมบายที่ใช้ระบบแอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการ สามารถสร้างงานด้วยคำสั่งในรูปแบบบล็อกคำสั่งที่ลากและวางบนหน้าจอ ทำให้การเขียนโปรแกรมเป็นเรื่องง่าย ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และใช้งานได้ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงอุดมศึกษาที่นำไปพัฒนาโปรแกรม เพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันหรือทำเป็นโปรแกรมเชิงพาณิชย์ได้ ทำให้ App Inventor เป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการนำมาพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน ซึ่งจะต้องเติบโตขึ้นมาภายใต้สภาพแวดล้อมที่ต้องการคนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาและมีความคิดสร้างสรรค์

การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญทักษะหนึ่ง คือ การคิดเชิงคำนวณ (Computational thinking: CT) ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งที่ใช้หรือไม่ใช้คอมพิวเตอร์และใช้หรือไม่ใช้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การคิดเชิงคำนวณเป็นกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดปัญหาและการแก้ปัญหาที่แสดงออกมาเป็นรูปแบบที่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยแนวทางของกระบวนการประมวลผลข้อมูล (Information-processing) (Wing, 2010) การคิดเชิงคำนวณช่วยให้เราสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนด้วยการทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาและพัฒนาแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้ จากนั้นจึงนำเสนอการแก้ปัญหาเหล่านี้ในวิธีการหรือรูปแบบคอมพิวเตอร์ที่คอมพิวเตอร์และมนุษย์สามารถเข้าใจได้

การที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถช่วยแก้ปัญหาให้ได้ นั้น เราจะต้องมีความเข้าใจในตัวปัญหาและแนวทางแก้ไขก่อน การคิดเชิงคำนวณไม่ใช่การเขียนโปรแกรมและไม่ใช่การคิดเหมือนคอมพิวเตอร์ เพราะคอมพิวเตอร์ไม่ได้คิดและไม่สามารถคิดได้ แต่ที่เราเห็นผลลัพธ์การทำงานจากคอมพิวเตอร์นั้นมาจากคำสั่งที่เราเขียนเป็นโปรแกรมเพื่อบอกว่าจะให้

คอมพิวเตอร์ทำอะไรและอย่างไร ซึ่ง “การคิดเชิงคำนวณ” จะช่วยให้เราสามารถทำงานได้อย่างในลักษณะเดียวกับการบอกหรือเขียนคำสั่งให้แก่คอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้ตามที่ต้องการ ซึ่งการจัดการศึกษาอย่างมีคุณภาพจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสามารถ ในด้านการคิดเชิงคำนวณและมีความคิดสร้างสรรค์ในการเข้าใจโลกและเปลี่ยนแปลงโลกได้ (HM Government & Barefoot Computing, 2014)

ตัวอย่างการคิดเชิงคำนวณที่อยู่ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การจะทำไขว่ลวกให้ร่อยสักหนึ่งฟองอย่างรวดเร็วเพื่อเป็นอาหารเช้าก่อนไปทำงาน ในเช้าของวันจันทร์ที่เร่งรีบเราอาจจะวางแผนเลือกวิธีการทำไขว่ลวกด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในครัวที่มี เช่น การพิจารณาเลือกใช้เตาไมโครเวฟหรือกาต้มน้ำไฟฟ้าในการต้มน้ำและพิจารณาภาชนะที่ใส่ไขว่ลวกที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำร้อน การใช้เวลาในการลวกไขว่ก้นาที่ จะต้องปิดฝาหรือไม่เพื่อให้ได้ไขว่ลวกแสนอร่อย ไม่แข็งเกินไปสุกกำลังพอดีได้รสชาติที่ “ดีที่สุด” เมื่อวางแผนเสร็จเราจะดำเนินการตามแนวคิดที่วางแผนทีละขั้นตอนจนได้ไขว่ลวกแสนอร่อยตามความต้องการ

สรุปได้ว่า การคิดเชิงคำนวณ คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาที่เริ่มจากทำความเข้าใจในปัญหาที่ซับซ้อนในลักษณะองค์รวมสามารถกำหนดขอบเขตปัญหา อะไรที่เป็นปัญหา อะไรไม่ใช่ปัญหา และแยกย่อยปัญหาในแต่ละส่วนที่สัมพันธ์กันนั้น มาทำการออกแบบแก้ปัญหาและกำหนดขั้นตอนวิธี เพื่อให้ปัญหาทั้งหมดที่นำองค์ประกอบของแนวคิดเชิงคำนวณมารวม ซึ่งจะมีทั้งการใช้คอมพิวเตอร์และไม่ใช้คอมพิวเตอร์ผสมผสานกันเพื่อให้งานสำเร็จจุล่ง และเมื่อนำใช้ App Inventor ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมใช้งานบนเครื่องโมบายมารวมด้วยนั้น จะสร้างการทำงานที่มีความหมายต่อผู้เรียนทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายทำให้เกิดพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณได้อย่างมีประสิทธิภาพและในทางกลับกันก็จะเป็นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพด้วยเช่นกัน

ตามที่กล่าวมาข้างต้น การคิดเชิงคำนวณเป็นกระบวนการคิดเชิงแก้ปัญหาตามหลักการวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่อาจจะเกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์โดยตรงหรือไม่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ก็ได้ เป็นกระบวนการที่ใช้คอมพิวเตอร์หรือไม่ใช้ ใช้ทั้งคนและคอมพิวเตอร์ร่วมกันแก้ปัญหา รวมถึงการใช้โปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาหรือไม่ก็ได้โดยกระบวนการนี้ถอดแนวคิดทางวิทยาการคอมพิวเตอร์มาเป็นแนวทาง ดังนั้น การคิดเชิงคำนวณจึงครอบคลุม

ไปหลายระดับ ตั้งแต่ในระดับแนวคิดไปจนถึงรายละเอียดในศาสตร์ ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ ในด้านการประมวลผลต่าง ๆ การจัดการข้อมูลและการแก้ปัญหาโดยการเขียนโปรแกรม เป็นต้น (Wing, 2006)

องค์ประกอบพื้นฐานของการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ สรุปลงเป็นหัวใจสำคัญได้ ดังนี้

การแบ่งงานชิ้นใหญ่ให้เป็นงานชิ้นหรือส่วนเล็ก ๆ และในแต่ละส่วนนั้นก็อาจถูกแบ่งลงไปอีก การแบ่งงานให้เป็นส่วนย่อยจะช่วยให้เราแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและการบริหารจัดการโครงการขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องตัดสินใจเพื่อจัดการปัญหาที่ซับซ้อนให้ “มีขนาดเล็กลงเป็นหลาย ๆ ส่วนเพื่อให้ดำเนินการในแต่ละส่วน แต่ละขั้นตอนให้สำเร็จ และจะนำไปสู่การทำงานทั้งชิ้นให้เสร็จสมบูรณ์” เช่น ปัญหาการlovakไขข้างต้น จะมีขั้นตอนที่สำคัญ คือ การเตรียมภาชนะแก้วหรือถ้วยที่ใส่ไขพร้อมฝาปิด การเตรียมน้ำร้อน การเตรียมไข ซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็กระบวนการ “แบ่งการทำงานออกเป็นส่วนย่อย”

การคิดเชิงนามธรรมเป็นการจำกัดรายละเอียดของการแก้ปัญหา เป็นวิธีการกำจัดหรือซ่อนรายละเอียดที่ไม่จำเป็นกับงานที่ทำออกไป การคิดเชิงนามธรรมเป็นการคิดขั้นสูงและเป็ส่วนสำคัญที่สุดในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งทำให้เกิดการนิยามรูปแบบการแก้ปัญหา ทำให้สามารถเลือกข้อมูลได้ถูกต้องเหมาะสมกับสถานการณ์ (Wing, 2010) ในการจำกัดรายละเอียดทำได้โดยการพิจารณาสาระสำคัญของปัญหา ระบุสิ่งที่สำคัญโดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับรายละเอียดอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องมากเกินไป ช่วยให้สามารถจัดการความซับซ้อน ทำให้เกิดความเรียบง่ายได้ข้อสรุปและนำไปสู่ความคิดหลักของสิ่งนั้น ๆ ในบริบทที่ใช้งาน เช่น การนิยามคำว่านักเรียน เมื่อพูดถึงบริบทในโรงเรียน จะประกอบด้วย คำนำหน้าชื่อ ชื่อ นามสกุล เพศ ชั้นเรียน เป็นต้น ในการดำเนินการควรจะคิดหรือมององค์ประกอบ เช่น การlovakไขเมื่อเตรียมภาชนะ จะจำกัดให้เหมาะสมเพื่อให้ปริมาณน้ำร้อนเพียงพอและใช้lovakไขได้โดยไม่สนใจว่าภาชนะนั้นจะต้องเอาไปหุงข้าว ทำกับข้าว อย่างอื่นได้หรือไม่

รูปแบบของปัญหา หรือ การหารูปแบบ (Pattern recognition) ของปัญหา คือ การจำได้หมายรู้ในความเหมือนหรือความต่างของรูปแบบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหรือที่ดำเนินการ การระบุหรือกำหนดแบบแผนการทำงานไว้จะสามารถทำให้คาดการณ์ สร้างกฎเกณฑ์ของการแก้ปัญหา มีหลักปฏิบัติที่เป็นบรรทัดฐาน และนำไปใช้แก้ปัญหาได้หลากหลายมากขึ้น

ซึ่งแบบแผนของการแก้ปัญหาเป็นความรู้เกี่ยวกับการลวกไข่จะมาจากปัญหาที่ “คล้ายกัน” ก่อนหน้านี้ที่เคยใช้ เคยเห็นมาว่าการลวกเป็นการให้ความร้อนในแบบที่ใช้ความร้อนมาราดลงบนไข่ในปริมาณที่เหมาะสมซึ่งการดำเนินการลวกจะเป็น “รูปแบบหรือแบบแผน” ของการแก้ปัญหา นอกจากนั้นรูปแบบของการลวกไข่ที่ใช้อุปกรณ์เหล่านี้ก็จะใช้เป็นแบบแผนในการลวกสิ่งอื่น ๆ ต่อไป

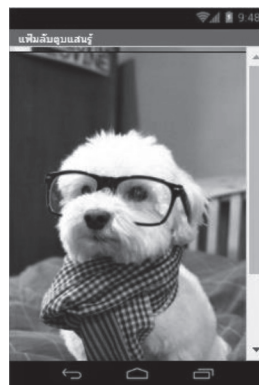
ขั้นตอนวิธี คือ ลำดับขั้นตอนของทำงานที่ชัดเจน ซึ่งอาจเป็นคำสั่งหรือชุดของกฎระเบียบเพื่อให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วง การมีทักษะด้านนี้ทำให้มีความสามารถในการกำหนดกระบวนการแก้ปัญหา สามารถกำหนดขั้นตอน และกฎระเบียบในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การดำเนินการในการลวกไข่จะต้องมี “ขั้นตอนวิธี” หรือ “กรรมวิธี” ที่ต้องดำเนินการเป็นขั้นเป็นลำดับ เช่น ต้มน้ำ เติร์ยภาชนะและวัตถุดิบ และลวกไข่ รวมไปถึงเงื่อนไขที่จะต้องตัดสินใจตั้งแต่เริ่มต้นของการทำงานไปจนสำเร็จ ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า “ขั้นตอนวิธี”

การใช้เหตุผล กฎ กฎเกณฑ์ หรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง เพื่อแก้ปัญหาได้ครอบคลุมทุกกรณี (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน [สพฐ], 2560) หมายถึง การใช้เหตุผลรองรับภายใต้หลักการหรือข้อมูลซึ่งจะช่วยให้เราสามารถสร้างและตรวจสอบข้อเท็จจริงในการทำงาน การคาดการณ์ การพยากรณ์และการวิเคราะห์งานต่าง ๆ วิธีการลวกไข่ การเลือกเครื่องมือที่จะใช้ให้สอดคล้องกับวิธีการที่ใช้ลวก การตัดสินใจว่าจะใช้เวลาเท่าไรด้วยปริมาณน้ำ และความร้อนที่ใช้ สิ่งเหล่านี้จะถูกเลือกโดยมีเหตุผลรองรับ เพื่อให้ไข่ลวกออกมาได้รสชาติตามต้องการ เช่น เหตุผลที่จะใช้เวลาเท่าไรก็ขึ้นกับความต้องการให้ไข่นั้นสุกมากน้อยเพียงใด และการใช้เหตุผลอาจประกอบด้วยเหตุผลหลาย ๆ อย่างรวมกัน เช่น การเลือกใช้เวลาก็ต้องมีปริมาณน้ำร้อนและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้เป็นส่วนประกอบของเหตุผลด้วย

การประเมิน คือ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจใน ตามวัตถุประสงค์อย่างมีระบบมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยปกติการประเมินผลเป็นสิ่งที่เรากระทำในกิจวัตรประจำวันอยู่แล้วเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องทำและสิ่งที่เราคิด ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหรือตัวแปรหลายอย่าง แต่ความสามารถในการประเมินผลจะส่งผลต่อ “ความสามารถในการตัดสินใจ” ที่ทำอยู่

พื้นฐานของการมีคุณค่าสูงสุด เช่น การประเมินก่อนตัดสินใจว่าเราจะข้ามถนนเมื่อไร บนถนนที่ไม่มีทางม้าลาย ไม่มีไฟแดงสำหรับคนข้าม เพื่อให้เกิดความปลอดภัยที่สุด ถูกกระทำตั้งแต่การวางแผนเป้าหมายของการลวกไข่ เช่น การลวกครั้งนี้ต้องทำให้เสร็จภายในเวลาที่จำกัด ทำให้ต้องประเมิน เพื่อเลือกเครื่องมือที่จะใช้ให้สอดคล้องกับเวลาที่มีและนำไปสู่การตัดสินใจในกระบวนการลวกไข่ครั้งนี้ ซึ่งการประเมินที่ดีนั้นจะเกี่ยวข้องกับความคิดเชิงตรรกะที่นำไปสู่การให้เหตุผลและการตัดสินใจ ซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพในที่สุด

App Inventor จัดเป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาหนึ่งมืองค์ประกอบทางภาษาโปรแกรมและมืองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมสำหรับเครื่องโมบาย เพื่อใช้พัฒนาหรือโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เป็นไฟล์ APK เมื่อพัฒนาเสร็จสามารถเชื่อมต่อโทรศัพท์กับคอมพิวเตอร์โดย สาย USB หรือดาวน์โหลดไฟล์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังอุปกรณ์โทรศัพท์ได้ทันที แต่ถ้าผู้พัฒนาไม่มีอุปกรณ์เชื่อมต่ออยู่ก็สามารถใช้โปรแกรมจำลองโทรศัพท์ที่มาพร้อมกับแพ็คเกจติดตั้ง App Inventor เพื่อทดสอบผลลัพธ์ที่สร้างขึ้นได้งานที่เสร็จสมบูรณ์จะสามารถใช้บนอุปกรณ์โมบายระบบใด ๆ เช่นเดียวกับอื่น ๆ ของแอนดรอยด์ ผลงานที่เป็นเพื่อนำเสนอภาพสัตว์ในลักษณะคลังภาพ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผู้เขียนใช้เป็นตัวอย่างการจัดการเรียนรู้



ภาพ 1 ตัวอย่างโปรแกรมนำเสนอภาพสัตว์ ที่สร้างด้วย App Inventor

App Inventor ทำให้ผู้เรียนสามารถเขียนโปรแกรมได้สอดคล้องกับสภาพจริงในชีวิตประจำวันของผู้เรียนที่ใช้โทรศัพท์มือถืออยู่แล้ว และด้วยรูปแบบของภาษาเป็นลักษณะบล็อกคำสั่งที่เป็นรูปภาพที่ใช้การลากและวางเพื่อกำหนดคำสั่งแทนการเขียนหรือคีย์โค้ดคำสั่งเหมือนกับภาษาขั้นสูงอื่น ๆ ทำให้ลดข้อจำกัดในเรื่องการเรียนรู้ภาษาอังกฤษเพื่อการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนซึ่งเป็นเด็กกลาง และด้วยการออกแบบชุดคำสั่งในรูปแบบของภาพที่เป็นตัวต่อรองรับงานแบบสื่อประสม ได้แก่ การแสดงภาพ เสียง ข้อความ ตัวเลข และส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้แบบกราฟิกดังภาพ 2

ส่วนประกอบพื้นฐานของสภาพแวดล้อมการพัฒนาโปรแกรมด้วย App Inventor

1. ส่วน Designer (หน้าออกแบบ) เพื่อกออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันบนเครื่องโมบายที่ต้องการพัฒนา
2. เครื่องมือ (คอมโพเนนท์) ต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประสานกับผู้ใช้ (User interface) และชุดเครื่องมือเขียนคำสั่งโปรแกรม ซึ่งจะต้องลากเครื่องมือเหล่านี้ไปวางบนหน้าออกแบบ (Designer)
3. ส่วน Blocks เป็นพื้นที่สำหรับเขียนคำสั่งโดยการลากและวางบล็อกภาพที่นำมาต่อกันเป็นคำสั่งเหมือนกับการเขียนโปรแกรมโดยทั่วไป ซึ่งภาพที่เป็นบล็อกจะสัมพันธ์กับเครื่องมือที่ลากมาวางบนหน้าออกแบบ



ภาพ 2 ตัวอย่างส่วนประกอบของสภาพแวดล้อมของการพัฒนาโปรแกรมด้วย App Inventor

การใช้โปรแกรม App Inventor กับความสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ

องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณที่สำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐานนำมาใช้สำหรับ ผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในที่นี้มี 4 องค์ประกอบ คือ การคิดเชิงนามธรรม การแบ่งงานเป็นส่วนย่อย การหารูปแบบของการแก้ปัญหาและขั้นตอนวิธี ซึ่งทั้งหมดนี้ เป็นองค์ประกอบในเชิงหลักการที่ผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถเหล่านี้ ซึ่งการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการฝึกได้ อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะการที่จะทำให้โปรแกรมได้ผลลัพธ์ตามต้องการนั้น ผู้เขียนโปรแกรม ต้องเป็นผู้วางแผน ออกแบบ และเขียนคำสั่งให้แก่คอมพิวเตอร์ ซึ่งในมุกกลับกันคอมพิวเตอร์ จะทำหน้าที่แปลความคิดของคนเขียนโปรแกรม หรือตรวจสอบความคิดของคนเขียนโปรแกรม ว่าถูกต้อง สอดคล้องกับความต้องการหรือไม่ ถ้าความคิดนั้นถูกต้อง คอมพิวเตอร์จะให้ ผลลัพธ์ตามที่ต้องการหรือตามที่ออกแบบไว้

การที่จะออกแบบโปรแกรมและสคริปต์คอมพิวเตอร์ให้ทำงานได้ตามต้องการนั้น ผู้สร้างจะต้องมีความสามารถพื้นฐานทั้ง 4 ด้านรวมกับความรู้ในเรื่องภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์และความละเอียดรอบคอบ มีจินตนาการและมีทักษะในการแก้ปัญหาที่ดี การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผ่านมา ส่วนใหญ่จะถูกใช้งานเพื่อการทำงาน เป็นเรื่องของผู้ใหญ่และเป็นเรื่องของคนที่เรียนมาทางด้านการเขียนโปรแกรมเป็นหลัก และการเขียนโปรแกรมจะเป็นเรื่องยากที่จะลงไปยังเด็ก ๆ ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานโดยเฉพาะผู้เรียนในระดับประถมจนถึงมัธยมต้น ด้วยข้อจำกัดทางภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่คนเขียนโปรแกรมจะต้องรู้และเข้าใจในภาษาอังกฤษ ในลักษณะคำสั่งต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนขาดโอกาสที่จะได้รับการพัฒนาทักษะทางการคิดเชิงคำนวณด้วยการพัฒนาซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ผ่านการเขียนโปรแกรม

App Inventor เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาทักษะทางการคิดเชิงคำนวณให้แก่ผู้เรียนในทุกระดับชั้น และทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ตามสภาพจริงในชีวิตประจำวันสอดคล้องกับธรรมชาติของผู้เรียน ในลักษณะของการเรียนผ่านการสร้างงานที่เป็นเทคโนโลยีขั้นสูง ซึ่งช่วยผู้เรียนให้ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยเหตุผล ดังนี้

1. มีความง่ายต่อการใช้งาน ไม่ซับซ้อนมีปัญหาด้านการเขียนโปรแกรมน้อย ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างงานบนโทรศัพท์มือถือได้ง่าย
2. มีขีดความสามารถสูงสามารถพัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือที่ซับซ้อน รวมถึงความสามารถโปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก ใช้งานบนอินเทอร์เน็ต ทำให้รองรับการพัฒนางานที่หลากหลายตามความต้องการของผู้เรียนได้
3. โครงสร้างโปรแกรมเป็นระบบงานที่ช่วยเสริมศักยภาพในการทำงานในลักษณะบล็อกคำสั่ง ทำให้ช่วยให้การสร้างงานได้ง่ายสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถทำงานได้สำเร็จ
4. ช่วยให้เกิดการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมที่สามารถปรับเปลี่ยนไปเป็นการใช้โปรแกรมภาษามาตรฐานในการประกอบอาชีพ เนื่องจากมีชุดคำสั่งสำหรับการเขียนโปรแกรมสอดคล้องกับภาษาโปรแกรมมาตรฐาน
5. รองรับการพัฒนาผู้เรียนที่มีความถนัดแตกต่างกัน เพราะเป็นเครื่องมือที่มีองค์ประกอบเป็นภาพที่ง่ายต่อการเรียนรู้ สามารถเรียนรู้ได้ทั้งผู้ที่ถนัดในการคำนวณหรือไม่ถนัด ผู้ที่ไม่เชี่ยวชาญหรือเชี่ยวชาญในการใช้ภาษาอังกฤษ

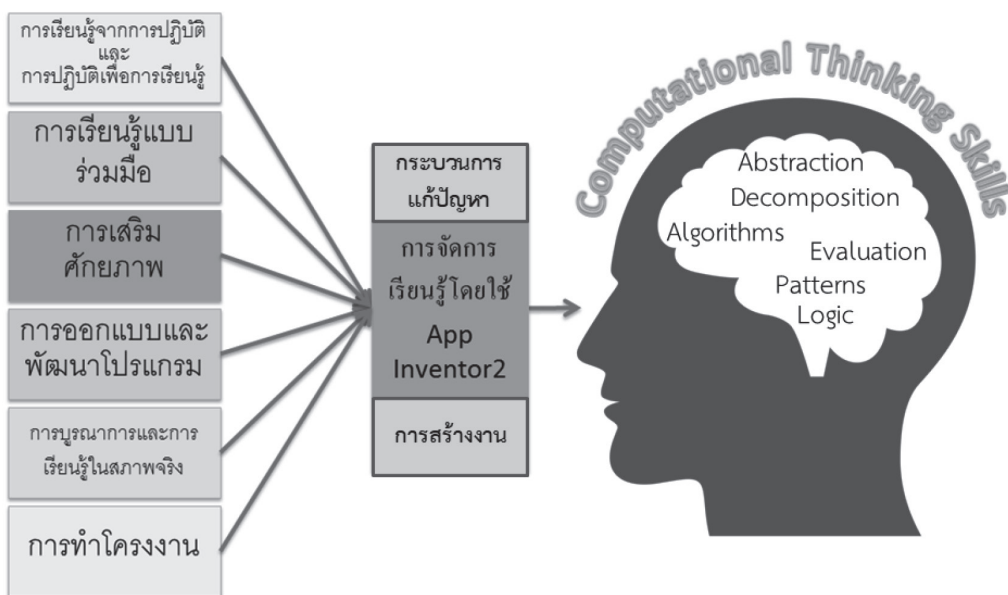
6. มีโครงสร้างการทำงานเป็นระบบ ผีกระบวนการคิดที่เป็นระบบ สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ทำให้สามารถจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนได้ทุก ๆ คน

7. สามารถประยุกต์เข้ากับการเรียนในรายวิชาต่าง ๆ ในรูปแบบบูรณาการทั้งรายวิชา และการเรียนรู้ตามสภาพจริง

แนวคิดของการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณนั้น มีแนวทางที่หลากหลายตามสภาพแวดล้อมและระดับการศึกษา ซึ่งในการพัฒนาทักษะนี้ในผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานนั้น ได้แนะนำให้ใช้เครื่องมือและทรัพยากรการเรียนรู้ที่เหมาะสม เพียงพอ และสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนสามารถช่วยพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ เช่น สร้างเนื้อหาใหม่ ๆ โดยเฉพาะที่อยู่ใน รูปของสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อลดแรงต้านในเรื่องการเปลี่ยนแปลงนวัตกรรมในอนาคต เพิ่มประสิทธิภาพ/ประสิทธิผลของบทเรียน เพิ่มแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียน รวบรวมผลการวิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อปรับการเรียนการสอน และเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง (Learning by doing) จัดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้ง (Deep learning) ซึ่งประกอบด้วย การเรียนเพื่อนำไปใช้งานและการทำงานเพื่อการเรียนรู้ (Learn to do and do to learn) โดยการสร้างชิ้นงานหรือดำเนินกิจกรรมที่สอดคล้องกับการทำงานในชีวิตประจำวันของผู้เรียน ด้วยวิธีการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) และมีการประเมินตามสภาพจริง การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงนั้นจะต้องมีสถานการณ์และขั้นตอนที่เหมาะสม ไม่ง่ายหรือไม่ยากจนเกินไปสำหรับผู้เรียนแต่ละคน การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างสนุก ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนสนใจใคร่รู้ มีความพยายามในการแก้ปัญหาให้สำเร็จ

การนำ App Inventor มาเป็นเครื่องมือให้ผู้เรียนพัฒนาชิ้นงานที่ใช้ในชีวิตประจำวัน จะทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากโจทย์หรือปัญหาที่รายล้อมอยู่รอบตัวทำให้เกิดการเรียนรู้จากกระบวนการแก้ปัญหาที่ App Inventor แก้ปัญหานั้นได้ เช่น การสร้างแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งส่งผลต่อการเกิดแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียน สอดคล้องกับ Loannidou et al. (2011) ที่เห็นว่า ผู้เรียนจะต้องได้รับการกระตุ้นที่เหมาะสม มีเครื่องมือเพียงพอต่อการจัดการกับปัญหา ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความรู้พื้นฐานการเรียนรู้เพื่อ

แก้ปัญหา กล่าวคือ ผู้สอนจะต้องวางแผนการดำเนินการจัดการเรียนการสอนทั้งขั้นตอน และขอบเขตเนื้อหาที่พอดี และต้องวางแผนในการช่วยเหลือเพื่อเสริมศักยภาพของผู้เรียนให้สามารถเรียนรู้และแก้ปัญหาได้ รวมถึงการจัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เกิดแรงจูงใจในการเรียน ซึ่งองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ App Inventor สามารถนำมาสรุปเป็นแนวคิดดังภาพ 3



ภาพ 3 แนวคิดของการจัดการเรียนรู้ด้วย App Inventor

แนวคิดข้างต้นสามารถนำมาจัดเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ App Inventor เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

ตาราง 1 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ App Inventor เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ขั้นตอน	บทบาทของครู	บทบาทของผู้เรียน	การพัฒนา CT	สื่อที่ใช้
1. นำเข้าสู่บทเรียน	- นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการสร้างสิ่งเร้า เช่น ให้อวดีทัศน์ให้ทดลองเล่น - กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ - ให้การเรียนการสอนโดยตรง - ใช้โจทย์หรือคำถามให้เกิดความสงสัยใคร่รู้ - ไขข้อข้องใจสงสัยใคร่รู้	- ฟังอย่างตั้งใจ - จดบันทึก - ถามในข้อสงสัยให้เกิดความกระจ่าง	- การคิดเชิงนามธรรมด้วยการเรียนรู้จากตัวอย่าง - การวิเคราะห์โจทย์ - การแบ่งงานเป็นส่วนย่อย	- ตัวอย่างวีดิทัศน์ หรือโปรแกรมสำเร็จหรือโปรแกรมย่อยที่สำเร็จบางส่วน - รายการคำถามที่สร้างแรงจูงใจ - โจทย์ที่ให้เกิด
2. จัดการเรียนการสอนแบบแนะนำ	- การเรียนการสอนแบบโต้ตอบ - ทำงานร่วมกับผู้เรียน - คอยตรวจสอบสอดส่อง ให้อคำแนะนำ - ให้โจทย์ ปัญหาสถานการณ์เพิ่มเติม - เข้าไปช่วยเหลือตรงกับกลุ่มตามความต้องการ	- ถามและตอบสนองต่อคำถาม - ทำงานร่วมกับครูและเพื่อนร่วมชั้น ตามกิจกรรมที่กำหนด - ทำงานควบคู่ไปกับคนอื่น ๆ จนกระทั่งเสร็จสิ้นกระบวนการ	- การคิดเชิงนามธรรม - การแบ่งงานเป็นส่วนย่อย - ขั้นตอนวิธี - การให้เหตุผลเชิงตรรกะ - การหารูปแบบของปัญหา - การประเมิน	- ตัวอย่างงานที่เป็นส่วนย่อย - ตัวอย่างโค้ดของส่วนประกอบต่าง ๆ ในส่วนย่อย - โจทย์ของปัญหาย่อยเพิ่มเติมในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจมากขึ้น
3. ปฏิบัติการอิสระ	- คอยให้อข้อเสนอแนะ - ประเมินผล - กำหนดระดับของความรู้อความเข้าใจเพื่อดูว่าผู้เรียนเข้าใจมากน้อยแค่ไหน	- ทำงานเดี่ยว - ใช้บันทึกการทำงานกิจกรรมและการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อจะเสร็จสิ้นภารกิจ - รับผิดชอบต่อ	- การคิดเชิงนามธรรม - การแบ่งงานเป็นส่วนย่อย - ขั้นตอนวิธี - การมีเหตุผล - การประเมิน	- สถานการณ์ที่รวมการใช้ความรู้ ทักษะที่ผ่านมาในลักษณะการบูรณาการเข้ากับชีวิตประจำวัน - โจทย์งานขนาดเล็ก

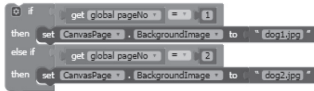
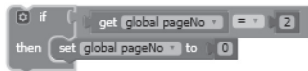
ตาราง 1 (ต่อ) รูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ App Inventor เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ขั้นตอน	บทบาทของครู	บทบาทของผู้เรียน	การพัฒนา CT	สื่อที่ใช้
	กำหนดโจทย์ให้นักเรียนเพื่อทำงานขนาดเล็กที่บูรณาการความรู้และชีวิตประจำวัน	ผลลัพธ์จากการทำงานนั้น		
4. ทำงานเป็นทีมเรียนรู้แบบร่วมมือและการทำงานโครงการ	- จัดกลุ่ม ย้ายกลุ่ม - ชี้แจงอย่างชัดเจนเพื่อป้องกันความสับสน - คอยดูแลบริหารจัดการ - กำหนดโจทย์ให้นักเรียนเพื่อทำงานเป็นกลุ่มที่บูรณาการความรู้และชีวิตประจำวัน	- ทำงานร่วมกับเพื่อนร่วมชั้น แลกเปลี่ยนผลลัพธ์การเรียนรู้ - ร่วมมือกันทำชิ้นงานจริง - ทำงานให้เสร็จในกลุ่มเล็ก ๆ - ทำความเข้าใจไปกับเพื่อนให้ชัดเจนในทุก ๆ ประเด็น - เรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อนในการพัฒนาโครงการ	- การคิดเชิงนามธรรม - การแบ่งงานเป็นส่วนย่อย - ขั้นตอนวิธี - การหารูปแบบของปัญหา - การประเมิน	- โจทย์สถานการณ์เพื่อการทำงาน - สื่อทบทวนความรู้ในหัวข้อต่าง ๆ

การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณเมื่อใช้ App Inventor

การคิดเชิงคำนวณ (Computational thinking: CT) สามารถพัฒนาได้ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งที่ใช้หรือไม่ใช้คอมพิวเตอร์ ใช้หรือไม่ใช้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่กระบวนการที่ใช้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะนี้เป็นไปอย่างเป็นธรรมชาติ เพราะกระบวนการของการคิดเชิงคำนวณเป็นแนวทางคิดแก้ปัญหาที่นักวิทยาศาสตร์ทางคอมพิวเตอร์ใช้ในการแก้ปัญหา โดยเฉพาะการแก้ปัญหาในลักษณะการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาโจทย์ในงานด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ดังตัวอย่างในตารางแสดงให้เห็นการพัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ ด้วย App Inventor

ตาราง 2 การพัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ ด้วย App Inventor

รายการทักษะ ที่พัฒนา	กิจกรรม/ ลักษณะงาน	การออกแบบในโปรแกรม	การจัดการเรียนการสอน
Abstraction	การออกแบบหน้า จอ ปฏิสัมพันธ์		• การให้ตัวอย่าง • การให้ผู้เรียนออกแบบองค์ประกอบชิ้นงาน • การออกแบบด้วยสตอรี่บอร์ด
Decomposition	ออกแบบการทำงาน ในแต่ละส่วนย่อย		• การออกแบบผังงาน/ชุดโค้ด • การออกแบบการเขียนโปรแกรมแต่ละส่วน
Patterns	การออกแบบและเขียนโปรแกรมที่มีลักษณะเหมือน ๆ กัน	 	• การนำชุดคำสั่งที่ถูกสร้างมาใช้ใหม่ด้วยการปรับปรุงบางส่วน
Algorithms	ออกแบบขั้นตอนวิธี จัดลำดับขั้นของคำสั่ง		• การออกแบบขั้นตอนวิธีในแต่ละส่วนของโปรแกรมให้สอดคล้องกับความต้องการของโปรแกรม
Logic	การออกแบบเงื่อนไขในโปรแกรม		• การออกแบบโปรแกรมอย่างมีเหตุผล เป็นไปได้สอดคล้องกับความต้องการ • การออกแบบเงื่อนไขใน โปรแกรม • การออกแบบขั้นตอนวิธี

ตาราง 2 (ต่อ) การพัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ ด้วย App Inventor

รายการทักษะ ที่พัฒนา	กิจกรรม/ ลักษณะงาน	การออกแบบในโปรแกรม	การจัดการเรียนการสอน
Evaluation	การออกแบบ การทดสอบ เพื่อ ดูว่า • โปรแกรมถูกต้อง สอดคล้องกับ ข้อกำหนด • สวยงาม • ผู้ใช้พึงพอใจ		• การประเมินเพื่อ การตัดสินใจในการทำงาน ในแต่ละส่วนเช่น ◦ การออกแบบหน้าจอ ◦ การออกแบบส่วนประสาน กับผู้ใช้ ◦ การออกแบบชุดคำสั่งใน โปรแกรม ◦ การแบ่งโปรแกรมเป็น ส่วนย่อย ◦ การกำหนดเงื่อนไข ในโปรแกรม

สรุป

การคิดเชิงคำนวณ เป็นกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา เริ่มจากทำความเข้าใจในปัญหาที่ซับซ้อนด้วยการกำหนดรายละเอียดขอบเขตของปัญหาแล้ววิเคราะห์งานออกเป็นส่วนย่อย ๆ ก่อนที่จะหารูปแบบของการแก้ปัญหาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ และกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาตั้งแต่ต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้ายที่ทำให้งานสำเร็จ โดยมีการประเมินและการตัดสินใจในการกระบวนการแก้ปัญหาใด ๆ จะอยู่บนเหตุผลที่มีข้อมูลและหลักเกณฑ์รองรับ ซึ่งสามารถสรุปแนวคิดเชิงคำนวณที่ผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานต้องได้รับการพัฒนาเป็น 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ แนวคิดเชิงนามธรรม การแบ่งงานเป็นส่วนย่อย การหารูปแบบของการแก้ปัญหาและขั้นตอนวิธี ซึ่งการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณสามารถทำได้ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันให้เกิดการแก้ปัญหาในรูปแบบการสร้างชิ้นงานหรือการทำโครงการ ผู้เรียนสามารถใช้ App Inventor ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้พัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ สำหรับอุปกรณ์โมบาย เช่น โทรศัพท์มือถือมาเป็นเครื่องมือ จึงมีความสอดคล้องกับความเป็นจริงในชีวิตประจำวันของผู้เรียน สามารถนำไปบูรณาการและ

ประยุกต์สร้างงานที่ใช้ได้จริงตามความต้องการทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนได้เป็นอย่างดี App Inventor เป็นชุดพัฒนาที่มีคำสั่งอยู่ในรูปแบบบล็อกสามารถลากและวางบนหน้าจอ ทำให้การเขียนโปรแกรมเป็นเรื่องง่ายเหมาะสมอย่างยิ่งกับการใช้งานของผู้เรียนที่เป็นเด็ก เพราะผู้พัฒนาโปรแกรมไม่ต้องกังวลกับการเขียนคำสั่ง การสะกดคำ และความผิดพลาดทางไวยากรณ์ของภาษาที่มีโอกาสทำให้โปรแกรมเกิดความผิดพลาด จึงทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเน้นไปที่การทดสอบความคิด การดำเนินการ และออกแบบขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาของตนเองได้อย่างไม่สับสน เกิดการพัฒนา “ทักษะการคิด เชิงคำนวณ” อย่างมีประสิทธิภาพ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.). (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ภาษาอังกฤษ

HM Government & Barefoot Computing. (2014). *Computational thinking*. Retrieved from <http://barefootcas.org.uk/wp-content/uploads/2014/10/Computational-thinking-Barefoot-Computing.pdf>

Loannidou, A., Bennett, V., Repenning, A., Koh, K. H., & Basawapatna, A, (2011). *Computational thinking patterns - for ERIC*. Retrieved from <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED520742.pdf>

Wing, J. M. (2006). Viewpoint: Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. doi:10.1145/1118178.1118215

Wing, J. M. (2010). *Computational thinking: What and why?*. Retrieved from <http://www.urces/TheLinkWing.pdf>