วารสารครุศาสตร์
ปีที่ 44 ฉบับที่ 3 (กรกฎาคม-กันยายน) หน้า 381-388

คิดนอกกรอบ
Think out of the Box

ชยการ คีรีรัตน์

ความคิดเชิงประมวลผล: Computational Thinking เครื่องมือทางปัญญา เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในศตวรรษที่ 21
Computation Thinking: Cognitive tool To develop problem-solving skills in the 21st century

บทนำ

ด้วยโลกปัจจุบันถูกผลักดันด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลที่เข้ามามีบทบาทในทุกภาคส่วนไม่เพียงเฉพาะด้านเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ยังมี ด้านเศรษฐกิจ การเมือง และสังคม เราจะเห็นว่าตั้งแต่ตื่นนอนจนถึงเข้านอนกิจกรรมในชีวิตประจำวันจะถูกผสมผสานเข้ากับเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างแยกจากกันไม่ได้ เราใช้นาฬิกาปลุกดิจิทัล สมุดโน้ต ตารางนัดหมาย เครื่องมือสื่อสาร เครื่องมือทำงาน เครื่องมือทางสุขภาพ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมา ถูกบรรจุไว้ในโทรศัพท์มือถือเพียงเครื่องเดียวอย่างน่าอัศจรรย์

เทคโนโลยีสารสนเทศ" กลไกหลักในการขับเคลื่อน ทั้งทางตรงและทางอ้อม ของระบบเศรษฐกิจฐานดิจิทัล ที่ส่งผลต่อการทำงานในปัจจุบัน ธุรกิจที่ทันสมัยจำนวนมากจะเกี่ยวข้องกับ "การแก้ปัญหาเป็นหลัก" ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงงานขนาดเล็กๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของธุรกิจ หรือการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่รวมไปถึงการให้บริการแก่ผู้บริโภค (ฟิลลิป, 2015) และด้วยเหตุนี้ ทักษะเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาจึงมีความจำเป็นสำหรับคนยุคใหม่เป็นอย่างยิ่ง ทำให้ทั่วโลกให้ความสำคัญกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ โดยเฉพาะการเตรียมความพร้อมสำหรับคนรุ่นใหม่ให้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนี้

เนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีฐานดิจิทัล จะต้องใช้หลักการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ (Computing) หรือหลักการทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer science) เป็นหลัก ดังนั้น ผู้ที่จะสามารถนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ได้อย่างเป็นประโยชน์สูงสุดได้นั้น ก็จะต้องมีความรู้ ความสามารถ ความเข้าใจในหลักการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์และรวมถึงทักษะการแก้ปัญหาที่มีเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน

ความคิดเชิงประมวลผล (Computational Thinking: CT) เป็นทักษะการแก้ปัญหาที่มีพื้นฐานมาจากแนวคิดทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ เป็นทักษะที่ทุกคนในยุคนี้จำเป็นต้องมี ไม่เพียงเฉพาะนักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์เท่านั้น (วิง, 2008) การประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์จะช่วยผลักดันเทคโนโลยีจำนวนมากให้เป็นส่วนหนึ่งในสังคมปัจจุบัน และมีอิทธิพลต่อทุกแง่มุมของชีวิตของเราทุกคน (ยาดาฟ, 2014) สอดคล้องกับ บาร์ และสตีเฟนสัน (2011) ที่กล่าวว่า นักเรียนในทุกวันนี้จะอาศัยและทำงานอยู่ในโลกที่ได้รับอิทธิพลอย่างมากจากหลักการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ ในท่ามกลางของแนวโน้มนี้ ความคิดเชิงประมวลผลจะกลายเป็นทักษะที่จำเป็นต้องมีในศตวรรษที่ 21 และเป็นทักษะพื้นฐานที่ทุกคนต้องใช้ภายในกลางศตวรรษที่ 21 นี้ (วิง, 2011)

ความคิดเชิงประมวลผล (Computational Thinking) คืออะไร

“ความคิดเชิงประมวลผล” มาจากคำว่า **“Computational Thinking”** (สสวท, 2558)

จีนเน็ต เอ็ม วิง (Jeannette Marie Wing, 2006) รองประธานบริษัทไมโครซอฟต์ รีเสิร์จ อดีตหัวหน้าภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยคาร์เนกีเมลอน ได้เผยแพร่แนวคิดเกี่ยวกับ ความคิดเชิงประมวลผล (Computational Thinking) เพื่อให้สามารถเกิดขึ้นได้กับคนทุกระดับ ทุกอาชีพ ตั้งแต่ ระดับอนุบาล จนถึงระดับมหาวิทยาลัย โดยให้คำจำกัดความของ Computational Thinking ว่า

“ความคิดเชิงประมวลผล คือกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องในการกำหนดปัญหาและกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาจะถูกแสดงให้เห็นในรูปแบบที่สามารถดำเนินการได้สำเร็จอย่างมีประสิทธิผล ด้วยเครื่องมือประมวลผลข้อมูล” และได้อธิบายเพิ่มเติมว่า “ความคิดเชิงประมวลผลจะเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา การออกแบบระบบ และการทำความเข้าใจพฤติกรรมของมนุษย์ โดยมีฐานความคิดอยู่บนพื้นฐานทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ และเพื่อความเจริญก้าวหน้าในการทำงานในโลกปัจจุบัน จะต้องใช้ความคิดเชิงประมวลผลเป็นฐานในการคิดและการทำความเข้าใจในความเป็นไปของโลก”

"ความคิดเชิงประมวลผล มีความหมายถึง การคิดอย่างเป็นขั้นตอนวิธี และด้วยความสามารถในการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เช่นการอุปนัย มาช่วยในการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพ ชัดเจน และปลอดภัย"

"ความคิดเชิงประมวลผล มีความหมายครอบคลุมถึงการทำความเข้าใจผลกระทบในวงกว้าง ไม่เพียงแต่เหตุผลด้านประสิทธิภาพ แต่ยังพิจารณาไปถึง เหตุผลทางเศรษฐกิจและสังคมด้วย"

ในขณะที่องค์กรส่งเสริมการศึกษาเช่น google for education ได้ให้ความหมายของความคิดเชิงประมวลผลว่า

"เป็นกระบวนการแก้ปัญหา ที่มีคุณลักษณะเช่น การใช้เหตุผลในการจัดลำดับและวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหา และการแสดงออกในความสามารถการจัดการกับโจทย์ที่ซับซ้อน หรือปัญหาปลายเปิดด้วยความมั่นใจ"

จากการศึกษาเรื่องแนวคิดเกี่ยวกับ ความคิดเชิงประมวลผล ในมหาวิทยาลัยในต่างประเทศพบว่า ครอบคลุมตั้งแต่แนวคิดพื้นฐานทางการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์เช่น เรื่องของข้อมูล ประมวลผลข้อมูล ไปจนถึงกระบวนการขั้นสูงทางคอมพิวเตอร์ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ เป็นต้น และการประมวลผลไม่ได้เลือกว่าในกระบวนการนั้นจะเป็นคอมพิวเตอร์ หรือเป็นคน หรือเป็นทั้งสอง แต่จะขึ้นอยู่กับสถานการณ์ จึงสรุปได้ว่า ความคิดเชิงประมวลผลคือ

กระบวนการคิดเพื่อการแก้ปัญหาด้วยการนำแนวคิดพื้นฐาน และกระบวนการทางวิทยาการคอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา"

ความคิดเชิงประมวลผล มีลักษณะอย่างไร

ความคิดเชิงประมวลผล เป็นกระบวนการคิดเพื่อการแก้ปัญหาที่ประยุกต์แนวคิดของการแก้ปัญหาด้วยหลักการทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ รวมไปถึงการแก้ปัญหาด้วยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องสั่งงานคอมพิวเตอร์ด้วยคำสั่งต่างๆ อย่างเป็นขั้นตอนแก้ปัญหา ด้วยแนวคิดนี้ทำให้สามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากๆ ได้ด้วยการออกแบบขั้นตอนวิธี และกระบวนการนี้ มักจะถูกนำมาใช้ในการทำความเข้าใจเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพในงานขนาดใหญ่ จึงทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานตอบสนองความต้องการได้ถูกต้องและด้วยความสามารถของคอมพิวเตอร์นั้นไม่สามารถคิดเองได้ แต่จะทำงานตามคำสั่งที่กำหนดให้ ผู้ที่จะสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานจึงต้องมีความรู้ ทักษะในภาษาคอมพิวเตอร์ และที่สำคัญกว่าก็คือ ลำดับความคิดในการทำงาน ในกระบวนการแก้ปัญหาที่จะกำหนดให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการ

องค์ประกอบของความคิดเชิงประมวลผล

จากนิยามที่ผ่านมาของความคิดเชิงประมวลผล จะอ้างอิงไปยังหลักการพื้นฐานทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์เพื่อแก้ปัญหา ซึ่งจะมีทั้งกระบวนการที่ใช้คอมพิวเตอร์ และมนุษย์เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาในหลากหลายสาขา หรือกลุ่มงานอื่น

หลักการที่มีการนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของความคิดเชิงประมวลผล และพบบ่อยๆ ได้แก่

(สมาคมครูวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ (CSTA) และสมาคมระหว่างประเทศเพื่อเทคโนโลยีในการศึกษา (ISTE), 2009; Yadav, 2011)

- กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) เป็นการหาแหล่งข้อมูลภายใต้ขอบเขตของปัญหา
- การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) เป็นการคำนวณทางสถิติพื้นฐานเกี่ยวกับกลุ่มของข้อมูลที่ได้รับมา
- การแทนค่าข้อมูล (Data Representation) เป็นการใช้โครงสร้างข้อมูล เช่น อาร์เรย์ ลิงค์ กอง คิว กราฟ เพื่อแทนข้อมูลในการประมวลผล
- การแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนย่อย (Problem decomposition) เป็นการแบ่งหรือซอยปัญหาลงไปในส่วนเล็กๆ ให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่น การกำหนดวัตถุ (Object) และเมธอด (Method) การกำหนดฟังก์ชั่นหลักและโปรแกรมย่อย
- การใช้หลักการนามธรรม (Abstraction) เป็นการกำหนดโครงสร้างข้อมูลที่ซ่อนรายละเอียดหรือถอดความซับซ้อนของข้อมูล ออกโดยไม่สูญเสียรายละเอียดที่สำคัญจำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา
- ความเป็นสากล (Generalisation) การหาวิธีการทั่วไปในการแก้ปัญหาสำหรับกลุ่มของปัญหาที่เกิดขึ้น
- ขั้นตอนวิธีและการทำงาน (Algorithms & Procedures) ศึกษาขั้นตอนวิธีที่ดีๆ และใช้ขั้นตอนวิธีนั้นสำหรับการแก้ปัญหา
- การทำงานแบบอัตโนมัติ (Automation) ใช้เครื่องมือเพื่อการประมวลผลแทนการทำงานทีละขั้นตอนของคน ให้เป็นอัตโนมัติ
- การประมวลผลแบบขนาน (Parallelization) การเขียนโปรแกรมแบบ threading แบบ pipelining การแบ่งข้อมูลหรืองานในลักษณะที่ต้องดำเนินการในแบบคู่ขนาน
- การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นการใช้หรือออกแบบเครื่องมือเพื่อสร้างแบบจำลองของงานที่ต้องการประมวลผล เช่น การใช้เทคนิกกระบวนการสั่งโปรแกรมที่มี

พฤติกรรมคล้ายกันทำงานด้วยอินพุทที่ต่างกัน (Parameter sweeping), การจำลองการประมวลผลในเกม

- การคิดอย่างเป็นขั้นตอน (Algorithmic Thinking) เป็นการพัฒนาชุดคำสั่งหรือลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหานั้น
- การประเมินผล (Evaluation) เป็นการทำให้มั่นใจได้ว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นเหมาะสมกับเป้าหมาย
- การแก้ไขจุดบกพร่อง หรือจุดผิดพลาดในโปรแกรม (Debugging)

นอกจากนั้น ความคิดสร้างสรรค์ ก็เป็นสิ่งสำคัญ ในการประยุกต์ใช้หลักการของความคิดเชิงประมวลผล เพื่อการแก้ปัญหา และการเขียนโปรแกรมก็เป็นทักษะทางความคิดสร้างสรรค์ขั้นพื้นฐาน ไม่ว่าจะใช้ในการสร้างอัลกอริทึมเพื่อการค้นหาข้อมูล การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อช่วยการทำงาน การออกแบบเว็บไซต์ ไปจนถึงการพัฒนาหุ่นยนต์ที่สร้างความคิดได้ด้วยตนเอง

ทำไม ความคิดเชิงประมวลผลจึงมีความสำคัญในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

Settle (2012) ให้ความเห็นว่า ความคิดเชิงประมวลผล จะสร้างและพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเมื่อนำคอมพิวเตอร์มาช่วยอีกทางหนึ่งจะช่วยขยายความสามารถของเราในการแก้ปัญหาในระดับที่ไม่เคยคาดคิดมาก่อนด้วยกลยุทธ์ใหม่ๆ ที่ตนเองพัฒนาขึ้น และทำให้เราสามารถเผชิญกับปัญหาใหม่ๆ ที่ยังไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน และสามารถจัดการปัญหานั้นได้ และทำให้เราพร้อมที่จะแก้ปัญหาที่จะเกิดขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคต

Google for education ให้ความเห็นว่า ความคิดเชิงประมวลผล เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่ก็สามารถนำไปใช้ การแก้ปัญหาในสาขาวิชาอื่นๆ ทั้งคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และมนุษยศาสตร์ นักเรียนที่เรียนรู้ ความคิดเชิงประมวลผลข้ามหลักสูตร จะสามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่างวิชา รวมทั้งความสัมพันธ์ของสิ่งที่ได้เรียนรู้ในห้องเรียนกับชีวิตภายนอก

Phillips (2016) ได้ให้ความเห็นว่า ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับจากความคิดเชิงประมวลผลคือ

- สร้างผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถ (literacy) ทางเทคโนโลยี
- สร้างผู้เรียนให้เป็นนักแก้ปัญหา แทนการเป็นเพียงผู้ใช้ซอฟแวร์เพียงอย่างเดียว
- เน้นให้ผู้เรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้มากกว่าการใช้ข้อมูล

- ส่งเสริมการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
- ช่วยเพิ่มจำนวนเทคนิคการแก้ปัญหาให้มากขึ้นสำหรับใช้งานหรือใช้ในการเรียนรู้

Barr และ Stephenson (2011) ได้ให้ความเห็นว่า กระบวนความคิดเชิงประมวลผลจะทำให้นักเรียน มีความสามารถในด้านต่างๆ ดังนี้

- ความเชื่อมั่นในการจัดการกับความซับซ้อน
- ความคงทนในการทำงานกับปัญหาที่ยากลำบาก
- ความสามารถในการจัดการกับความคลุมเครือ
- ความสามารถในการจัดการกับปัญหาปลายเปิด
- ความสามารถในการปรับตัวให้รับความแตกต่างในการทำงานร่วมกับผู้อื่นเพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกันหรือการแก้ปัญหาและ
- รู้จุดแข็งของคนและจุดอ่อนเมื่อทำงานร่วมกับคนอื่นๆ

ระบบการศึกษาจะช่วยพัฒนาให้เกิดทักษะความคิดเชิงประมวลผลได้อย่างไร

เนื่องจากทักษะความคิดเชิงประมวลผลเป็นเรื่องใหม่สำหรับประเทศไทย และจะกลายเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับทุกคนในอนาคต การจะทำให้ประชากรของชาติเกิดการพัฒนาทักษะนี้ขึ้นมาได้ จะต้องได้รับการผลักดันอย่างเป็นระบบ ซึ่งโอกาสที่จะทำได้ในวงกว้างก็คือการพัฒนาผ่านระบบการศึกษาที่มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ส่วนกลางที่เป็นผู้กำหนดโยบายและส่วนของโรงเรียนซึ่งเป็นผู้สำคัญที่สุดในการจัดการศึกษา ที่เป็นผู้ปฏิบัติจริง จะต้องเริ่มต้นด้วยการพัฒนาครูและสนับสนุนครูประจำการให้มีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนตามเป้าหมาย

ตัวอย่างหนึ่งที่สามารถกระทำได้ในระดับสถานศึกษาคือ (Smith, 2015)

ประการแรก สนับสนุนให้ครูเข้ารับการฝึกอบรมอย่างเพียงพอเพื่อให้สามารถสอนหลักสูตรคอมพิวเตอร์ได้อย่างมั่นใจ

ประการที่สอง ให้การสนับสนุนในระดับหมวดวิชา โดยให้งบประมาณด้านเครื่องคอมพิวเตอร์ อย่างเพียงพอ และสนับสนุนให้สอนวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์เป็นวิชาเดี่ยว เนื่องจากการเอาเนื้อหาคอมพิวเตอร์ไปรวมไว้ในวิชาอื่นๆ ในลักษณะวิชาร่วมหรือข้ามวิชา เป็นตัวขัดขวาง ที่ทำให้ไม่ได้ลงทุนในรายวิชานี้อย่างเพียงพอและเป็นการกันไม่ให้ครูและนักเรียนได้เรียนรู้ในรายวิชานี้อย่างเหมาะสม

สุดท้าย ประการที่สามโรงเรียนต้องเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือ เป็นผู้สนับสนุน ทั้งทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในห้องเรียน

ดังนั้นถ้าจะให้มั่นใจได้ว่านักเรียนจะได้รับการพัฒนาตั้งแต่ระดับอนุบาลขึ้นไปจนถึงมัธยมนั้น สิ่งสำคัญจึงอยู่ที่จะต้องให้ครูมีความรู้เพียงพอเกี่ยวกับ ความคิดเชิงประมวลผล และวิธีการที่จะนำเข้าไปรวมอยู่ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งจะต้องได้รับการสนับสนุนทั้งในระดับ โรงเรียน กลุ่มสาระ และลงไปถึงรายบุคคล นอกจากนั้น องค์กรที่เกี่ยวข้อง จะต้องดำเนินการพัฒนาทรัพยากรเพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนของครูอย่างเพียงพอ

บทสรุป

ความคิดเชิงประมวลผล เป็นกระบวนการคิดเพื่อการแก้ปัญหา หรือรูปแบบของกระบวนการแก้ปัญหาที่มีแนวคิดจากการแก้ปัญหาทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเน้นการออกแบบองค์ประกอบของการแก้ปัญหาที่ต้องการลดความซับซ้อนของปัญหาซึ่งจะทำให้การแก้ปัญหาใหญ่ๆ ซับซ้อนมากทำได้ง่ายขึ้น โดยการแบ่งงานเป็นส่วนย่อย คิดขั้นตอนวิธี พิจารณาข้อมูลและการประมวลผลข้อมูล การแทนลักษณะข้อมูล การเลือกใช้วิธีการที่แก้ปัญหาได้สำเร็จจากงานอื่นมาประยุกต์ หรือประยุกต์วิธีที่แก้ปัญหาที่ได้ทำสำเร็จไปสู่การแก้ปัญหาอื่นๆ เป็นต้น

กระบวนความคิดเชิงประมวลผลจะถูกนำไปใช้ และมีความสำคัญมากยิ่งๆ ขึ้นไป และจะเป็นทักษะพื้นฐานที่ทุกคนต้องมีเช่นเดียวกับ การอ่าน การเขียน และคณิตศาสตร์ ในกลางศตวรรษนี้ จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาทักษะความคิดเชิงประมวลผลให้เด็กไทย เพื่อความพร้อมของการพัฒนาประเทศต่อไป

บรรณานุกรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี. (2558). *ครูเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารมืออาชีพ.* กรุงเทพมหานคร.

Barr, V., & Stephenson, C. (2011). *Bringing Computational Thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community?* Retrieved from https://csta.acm.org/Curriculum/sub/CurrFiles/BarrStephensonInroadsArticle.pdf

Exploring Computational Thinking. Retrieved from https://www.google.com/edu/resources/programs/exploring-computational-thinking/

Guzdial, M. (2008). Education Paving the way for computational thinking. *Communications of the ACM, 51*(8), 25.

Lorena, A. Barba group (2016). *Computational thinking: I do not think it means what you think it means:.* Retrieved from http://lorenabarba.com/blog/computational-thinking-i-do-not-think-it-means-what-you-think-it-means/

Phillips, P. (2005). *COMPUTATIONAL THINKING A PROBLEM-SOLVING TOOL FOR EVERY CLASSROOM.* Retrieved from https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/ct___pat___phillips.ppt

Settle, A., Franke, B., Hansen, R., Spaltro, F., Jurisson, C., Rennert-May, C., & Wildeman, B. (2012). Infusing computational thinking into the middle-and high-school curriculum. *Proceedings of the 17th ACM annual conference on Innovation and technology in computer science education-ITiCSE'12.*

Smith, L. (2015). *The benefits of computational thinking.* Retrieved from http://www.bcs.org/content/conWebDoc/55416

Wing, J. M. (2006). *Computational thinking. Communications of the ACM, 49*(3), 33.

Yadav, A. (2011). *Computational Thinking and 21st Century Problem Solving.* Retrieved from http://cs4edu.cs.purdue.edu/___media/ct-in-k12___edps235.pdf

Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S., & Korb, J. T. (2014). Computational thinking in elementary and secondary teacher education. *ACM Transactions on Computing Education, 14*(1), 1-16.

ผู้เขียน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยการ คีรีรัตน์ กลุ่มสาระการงานฯ กลุ่มงานคอมพิวเตอร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม