

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์การสอน

2.1.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ความหมายของ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) หรือ ซีเอไอ (CAI) มีผู้รวบรวมและให้ความหมายไว้คล้ายคลึงกัน ดังนี้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือโปรแกรมช่วยสอน คือสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอนอันหนึ่ง CAI คล้ายกับสื่อการสอนอื่นๆ เช่น วิดีโอช่วยสอน บัตรคำช่วยสอน โปสเตอร์ แต่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะดีกว่าตรงที่ตัวสื่อการสอน ซึ่งก็คือคอมพิวเตอร์นั้น สามารถโต้ตอบกับ นักเรียนได้ ไม่ว่าจะเป็นการรับคำสั่งเพื่อมาปฏิบัติ ตอบคำถามหรือไม่เช่นนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะเป็นฝ่ายป้อนคำถาม [1]

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI : Computer Assisted Instruction) หมายถึง การประยุกต์นำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเรียนการสอน โดยมีการพัฒนาโปรแกรมขึ้นเพื่อเสนอเนื้อหาในรูปแบบต่างๆ เช่น การเสนอแบบติวเตอร์ (Tutorial) แบบจำลองสถานการณ์ (Simulations) หรือแบบการแก้ไขปัญหา (Problem Solving) เป็นต้น การเสนอเนื้อหาดังกล่าวเป็นการเสนอโดยตรงไปยังผู้เรียนผ่านทางจอภาพหรือแป้นพิมพ์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วม วัสดุทางการสอนคือโปรแกรมหรือ Courseware ซึ่งปกติจะถูกจัดเก็บไว้ในแผ่นดิสก์หรือหน่วยความจำของเครื่องพร้อมที่จะเรียกใช้ได้ตลอดเวลา การเรียนในลักษณะนี้ในบางครั้งผู้เรียนจะต้องโต้ตอบ หรือตอบคำถามเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยการพิมพ์การตอบคำถามจะ ถูกประเมินโดยคอมพิวเตอร์ และจะเสนอแนะขั้นตอนหรือระดับในการเรียนขั้นต่อไป กระบวนการเหล่านี้เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ [2]

เฮนนาฟิน และเพค (Hannafin and Peck) [3] กล่าวถึง CAI ว่าเป็นการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมการเรียนการสอนที่ผ่านคอมพิวเตอร์ประเภทใดก็ตาม กล่าวได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือ CAI มีคำที่ใช้ในความหมายเดียวกัน ได้แก่ Computer-Assisted Learning (CAL), Computer-aided Instruction (CaI), Computer-aided Learning (CaL) เป็นต้น

สรุปความหมายของ “คอมพิวเตอร์ช่วยสอน” หรือ CAI คือ การนำคอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือสร้างเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย เนื้อหาวิชา แบบฝึกหัดแบบทดสอบ ลักษณะของการนำเสนออาจมีทั้งตัวหนังสือ ภาพกราฟฟิก ภาพเคลื่อนไหว สีหรือเสียง เพื่อดึงดูดให้ผู้เรียนเกิดความสนใจมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการแสดงผล การเรียนให้ทราบทันทีด้วยข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ให้แก่ผู้เรียน และยังมีการจัดลำดับวิธีการสอนหรือกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละคน ทั้งนี้จะต้องมีการวางแผนการในการผลิตอย่างเป็นระบบในการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบที่แตกต่างกัน คำที่ใช้เรียกคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้แก่ Computer Assisted Instruction (CAI), Computer Aided Instruction (CAI), Computer Assisted Learning (CAL), Computer Aided Learning (CAL), Computer Based Instruction (CBI), Computer Based Training (CBI), Computer Administered Education (CAE), Computer Aided Teaching (CAT) คำที่นิยมใช้ทั่วไปในปัจจุบันได้แก่ Computer Assisted Instruction หรือ CAI [4]

2.1.2 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.2.1 ไพโรจน์ ตีรณนากุล [5] ได้เสนอรูปแบบหรือประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

ก. Tutorial แบบสอนซ่อมเสริมหรือทบทวนหรือสอนเนื้อหาใหม่ เป็นบทเรียนเพื่อทบทวนการเรียนรู้จากห้องเรียน หรือจากผู้สอนโดยวิธีใด ๆ จากทางไกล หรือทางใกล้ก็ตาม การเรียนมักจะไม่ใช้ความรู้ใหม่ หากแต่จะเป็นความรู้ที่เคยได้รับมาแล้วในรูปแบบ อื่นๆ แล้วใช้บทเรียนซ่อมเสริมเพื่อต่อยอดความเข้าใจที่ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สามารถใช้ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน

ข. Drill and Practice แบบฝึกหัดและฝึกปฏิบัติ เพื่อใช้เสริมการปฏิบัติหรือเสริม ทักษะ กระทำบางอย่างให้เข้าใจยิ่งขึ้นและเกิดทักษะที่ต้องการได้ เป็นการเสริมประสิทธิผลการเรียนของผู้เรียน สามารถใช้ในห้องเรียน เสริมขณะที่สอนหรือนอกห้องเรียน ณ ที่ใด เวลาใดก็ได้ สามารถใช้ฝึกหัดทั้งทางด้านทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ รวมทั้งทางช่างอุตสาหกรรมด้วย

ค. Simulation แบบสร้างสถานการณ์จำลอง เพื่อใช้สำหรับการเรียนรู้หรือทดลองจากสถานการณ์ที่จำลองจากสถานการณ์จริง ซึ่งอาจจะหาไม่ได้หรืออยู่ไกล ไม่สามารถ นำเข้ามาในห้องเรียนได้หรือมีสภาพอันตราย หรืออาจสิ้นเปลืองมากที่ต้องใช้ของจริงซ้ำๆ สามารถใช้สาธิตประกอบการสอนใช้เสริมการสอนในห้องเรียนหรือใช้ซ่อมเสริมภายหลังการเรียนนอกห้องเรียนที่ได้เวลาใดก็ได้

ง. Games แบบสร้างเป็นเกม การเรียนรู้บางเรื่อง บางระดับ บางครั้งการพัฒนาเป็นลักษณะเกมส์ สามารถเสริมการเรียนรู้ได้ดีกว่า การใช้เกมส์เพื่อการเรียน สามารถใช้สำหรับการเรียนรู้ความรู้ใหม่หรือเสริมการเรียนในห้องเรียนก็ได้ รวมทั้งสามารถสอนทดแทนครูในบางเรื่องได้ด้วยจะ

เป็นการเรียนรู้จากความผิดพลาดที่เหมาะสมสำหรับผู้เรียนที่มีระยะเวลาความสนใจสั้น เช่น เด็ก หรือในภาวะสภาพแวดล้อมที่ไม่อำนวย เป็นต้น

จ. Problem Solving แบบการแก้ปัญหา เป็นการฝึกการคิด การตัดสินใจ สามารถใช้กับวิชาการต่าง ๆ ที่ต้องการให้สามารถคิดแก้ปัญหา ใช้เพื่อเสริมการสอนในห้องเรียน หรือใช้ในการฝึกทั่ว ๆ ไป นอกห้องเรียนก็ได้ เป็นสื่อสำหรับการฝึกผู้บริหารได้ดี

ฉ. Test แบบทดสอบ เพื่อใช้สำหรับตรวจวัดความสามารถของผู้เรียน สามารถใช้ประกอบการสอนในห้องเรียน หรือใช้ตามความต้องการของครู หรือของผู้เรียนเอง รวมทั้งสามารถใช้ นอกห้องเรียน เพื่อตรวจวัดความสามารถของตนเองได้ด้วย

ช. Discovery แบบสร้างสถานการณ์ เพื่อให้ค้นพบเป็นการจัดทำเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเอง โดยการลองผิดลองถูกหรือเป็นการจัดระบบนำร่องเพื่อชี้ นำสู่การเรียนรู้ สามารถใช้เรียนรู้ความรู้ใหม่หรือเป็นการทบทวนความรู้เดิม และใช้ประกอบการสอนในห้องเรียนหรือการเรียนนอกห้องเรียน สถานที่ใด เวลาใด ก็ได้

2.1.2.2 วีระ ไทยพานิช [6] สรุปลักษณะของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ทั่ว ๆ ไป แยกเป็นประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ดังต่อไปนี้

ก. ด้านการฝึกและปฏิบัติ (Drill and practice) คือนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนที่จะต้องฝึกหรือปฏิบัติซ้ำ ๆ นับว่าเหมาะสมมาก ทั้งนี้ ก็เพราะเหตุผลที่ว่าคอมพิวเตอร์มีความสามารถทำงานด้วยความสม่ำเสมอ ไม่รู้เบื่อ ไม่รู้จักเหน็ดเหนื่อยและให้ผลสูงสุด นักเรียนสามารถโต้ตอบ (Interact) กับคอมพิวเตอร์โดยปราศจากความกลัว

ข. ด้านสถานการณ์จำลอง (Simulation)คอมพิวเตอร์จะเสนอสถานการณ์ การเรียนซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะของความเป็นจริงหรือคล้ายสถานการณ์จริง ผู้เรียนจะต้องตัดสินใจ เมื่อคอมพิวเตอร์ได้รับคำตอบก็จะตอบผู้เรียนว่าที่ตอบไปนั้น เหมาะสมถูกต้องกับความเป็นจริงแค่ไหน สถานการณ์จำลองเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับสร้างประสบการณ์ มีประโยชน์ทั้งด้านเพิ่มประสบการณ์ ประหยัด ปลอดภัยทั้งผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้อง และเป็นที่ยอมรับในด้านการสอน ฝึกทักษะ (Motor Skills) เช่น การฝึกบิน นักบินอวกาศ ฯลฯ

ค. ด้านเป็นผู้สอนพิเศษหรือติวเตอร์ (Tutorials) คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ สอนพิเศษแก่ผู้เรียน คอมพิวเตอร์เสนอเนื้อหาหรืออาจเป็นรูปภาพ ถามคำถาม รับคำตอบ และแจ้งผลคำตอบ คอมพิวเตอร์จะปรับเนื้อหาและวิธีการให้เหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียน

ง. ด้านการสอนโดยผู้เรียนควบคุมการเรียน (Learner Controlled Instruction) คอมพิวเตอร์เสนอนำรายการที่จะเรียนต่อผู้เรียนว่ามีอะไรเรียนบ้าง และผู้เรียนจะเป็นผู้เลือกจุดมุ่งหมายและกลวิธีการเรียนตามที่ต้องการ คอมพิวเตอร์จะเสนอเรื่อง เนื้อหา ให้เหมาะสมกับ

จุดมุ่งหมายที่ผู้เรียนเลือก ตลอดจนการเสนอเรื่องเนื้อหา ก็จะเป็นไปตามกลวิธีที่ผู้เรียนเลือกเช่นกัน ผู้เรียนถามและตอบคอมพิวเตอร์

จ. ด้านสอบสวนสืบสวน (Inquiry) ผู้สอนรวบรวมเนื้อหาเขียนเป็นโปรแกรม (Software) ขึ้นโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อ ผู้เรียนจะตั้งปัญหาหาทางหรือวิธีการแก้ปัญหา (Problem Solving) ป้อนคำถามเข้าคอมพิวเตอร์ และคอมพิวเตอร์ก็จะให้คำตอบการเรียนดำเนินไปเช่นนี้จนกว่าผู้เรียนจะสามารถแก้ปัญหาหรือเข้าใจปัญหา

ฉ. ด้านการฝึกเกม (Training Games) คอมพิวเตอร์สามารถทำให้นักเรียนเล่นเกมกับเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเล่นแข่งกับเพื่อน เกมที่เล่นจะได้รับการออกแบบไว้อย่างดีแล้วเพื่อช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ คอมพิวเตอร์จะเก็บคะแนนไว้ และปรับระดับความยากง่ายของเกมให้เหมาะกับระดับทักษะของนักเรียน

2.1.2.3 ทักษิณา สนวนานนท์ [4] กล่าวถึงวิธีการและประเภทของงานการสอนที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ สรุปได้ดังนี้

ก. การฝึกทักษะและทำแบบฝึกหัด (Drill) วิธีการนี้เป็นที่รู้จักกันดีมาตั้งแต่ต้น มักจะเริ่มต้นด้วยการเตรียมเนื้อหามาให้อ่าน แล้วใช้แบบฝึกหัดเป็นการวัดความเข้าใจทบทวนและช่วยเพิ่มพูน ความรู้ หรือความชำนาญ แต่แบบฝึกหัดในลักษณะนี้ มักจะเป็นบทเรียนสั้น ๆ ที่นิยมกันมากแบบหนึ่งก็คือ จับคู่ ซึ่งว่าถูก/ผิด และเลือกข้อที่ถูกจากตัวเลือก 3 - 5 ตัว การสอนในลักษณะนี้ จะต้องทำเป็นโปรแกรมบทเรียน คือ ค่อย ๆ เพิ่มเนื้อหา โดยให้เริ่มจากง่ายไปจนถึงยาก

ข. การเจรจา (Dialogue) วิธีนี้ได้รับความนิยมมากเช่นกัน ถึงแม้ว่าวิธีการทำจะค่อนข้างยุ่งยาก กล่าวคือพยายามให้เป็นการพูดคุยระหว่างผู้สอนและผู้เรียน โดยเลียนแบบการสอนในห้องเรียน เพียงแต่ว่าแทนที่จะเป็นเสียงก็เป็นตัวอักษรบนจอภาพ แล้วมีการสอนด้วยการตั้งปัญหาถามลักษณะในการใช้แบบสอบถามก็เป็นการแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง เช่น บทเรียนวิชาเคมี อาจ ถามหาสารเคมี ให้เป็นคำตอบ หรือบทเรียนสำหรับนักเรียนแพทย์ อาจเป็นการสมมติสภาพของคนไข้ ให้ผู้เรียนกำหนดวิธีการรักษาให้ก็ได้

ค. การจำลองสภาพ (Simulation) วิธีการนี้เป็นการเสนอปรากฏการณ์ที่จำลองมาจากของจริง เพราะบางทีประสบการณ์จริงเสี่ยงเกินไปหรือแพงเกินไป เช่น การเรียนวิธีขับเครื่องบิน โดยใช้สถานการณ์จำลองจากคอมพิวเตอร์แทนการปฏิบัติจริงก่อน จนกว่าจะชำนาญ เป็นต้น การจำลองสภาพจริงมี 3 ลักษณะ คือ

(1) การจำลองสภาพแบบการทำงาน (Task Performance Simulation) เช่น การจำลองสภาพการบิน การขับรถ

(2) การจำลองสภาพแบบจำลองระบบ (System Modeling Simulation) เช่น การจำลองระบบจัดการจราจรวันเวย์ในนครหลวงดูว่า จะมีปัญหาอย่างไรหรือไม่ ก่อนจะลงมือทำถนนจริง ๆ

(3) การจำลองสภาพแบบประสบการณ์ (Experience Encounter Simulation) เช่น การลองให้ผู้ฝึกงานได้ทดลองทำงานบางอย่างหรือตัดสินใจในบางเรื่อง การทำจริง ๆ อาจยังไม่เกิดผล แต่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากการจำลองสภาพว่า ประสบการณ์ของตนจะเป็นอย่างไร ถ้าอยู่ในสถานการณ์เช่นนั้น ทำให้คิดได้ล่วงหน้าว่า ควรจะพิจารณาปัจจัยอะไรบ้าง และ รู้ว่าจะมีความรู้สึก ความคิดเห็นต่าง ๆ อย่างไร

ง. เกมส์ (Games) ได้แก่ การเรียนรู้จากการเล่น การเล่นเกมส์เป็น กิจกรรมที่ให้ความสนุกสนานและหากเลือกเล่นให้เป็นแล้ว เกมส์นั้นจะช่วยในการเรียนรู้เป็นอย่างมาก เกมที่นำมาใช้ต้องมีเป้าหมายที่แน่นอนเพื่อให้ผู้เล่นจะต้องพยายามบรรลุเป้าหมายคือชัยชนะ โดยต้องคำนึงถึงกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ประกอบด้วยตลอดเวลา โดยทั่วไปเกมส์ที่ใช้ประกอบการเรียนมี 2 ประเภทคือ ประเภทการแข่งขันและประเภทความร่วมมือ เกมส์ประเภทแข่งขันมองแต่ชัยชนะ สอนให้เป็นตัวของตัวเอง ให้อยากพบความสำเร็จ ส่วนเกมส์ความร่วมมือ มักจะเป็นการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม การทำงานเป็นทีม

จ. การแก้ปัญหาต่าง ๆ (Problem Solving) เป็น CAI ที่เน้นให้ฝึกการคิด การตัดสินใจ โดยมีการกำหนดเกณฑ์ให้แล้วให้ผู้เรียนพิจารณาไปตามเกณฑ์ มีการให้คะแนนหรือน้ำหนักกับเกณฑ์แต่ละข้อ เพื่อนำคะแนนของแต่ละเกณฑ์ไปรวมกันเพื่อการตัดสินใจ

ฉ. การค้นพบของใหม่ ได้แก่ CAI ประเภทที่ให้ประสบการณ์แก่ผู้เรียน ในด้านต่าง ๆ แล้วผู้เรียนจะสามารถนำประสบการณ์ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ หรือค้นพบสิ่งใหม่ ในลักษณะที่เกิดการเรียนรู้

ช. การทดสอบ คือการใช้ CAI ในการทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนไปด้วย ซึ่งจะต้องคำนึงถึงหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การสร้างข้อสอบ การจัดการสอบ การตรวจให้คะแนน การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ การสร้างคลังข้อสอบ และการจัด ให้ผู้สอบสุ่มเลือกข้อสอบเองได้ สรุปประเภทของ CAI โดยทั่วไป แบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้แก่ แบบสอนซ่อมเสริม (Tutorial) แบบฝึกหัด (Drill and Practice) แบบสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) แบบเกมส์ (Games) แบบการแก้ปัญหา (Problem Solving) แบบทดสอบ (Testing) และแบบสร้างสถานการณ์เพื่อให้อค้นพบ (Discovery or Investigation) และแบบเจรจา (Dialogue)

ในปัจจุบัน การมุ่งสู่ E-Education หรือ Virtual Instruction and Web Based Instruction ดังนั้น ไซโรจน์ ติรณานกุล และ ไพบุลย์ เกียรติโกมล [7] จึงได้เสนอรูปแบบหรือประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1. Instruction แบบการสอน เพื่อใช้สอนความรู้ใหม่แทนครู ซึ่งจะเป็นการพัฒนาแบบ Self-Study Package เป็นรูปแบบของการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จะเป็นชุดการสอนที่จะต้องใช้เวลา 6-8 ชั่วโมง และทักษะในการพัฒนาที่สูงมาก เพราะจะยากเป็นทวีคูณกว่าการพัฒนาชุดการสอนแบบโมดูลหรือแบบโปรแกรมที่เป็นตำราซึ่งคาดว่าจะมีบทบาทมากในอนาคตอันใกล้นี้ โดยเฉพาะ IMMCAI บน Internet

2. Tutorial แบบสอนซ่อมเสริมหรือทบทวน เป็นบทเรียนเพื่อทบทวนการเรียนจากห้องเรียน หรือจากผู้สอนโดยวิธีใด ๆ จากทางไกล หรือทางใกล้ก็ตาม การเรียนมักจะไม่ใช่ความรู้ใหม่ หากแต่จะเป็นความรู้ที่เคยได้รับมาแล้วในรูปแบบอื่นๆแล้วใช้บทเรียนซ่อมเสริมเพื่อตอกย้ำความเข้าใจที่ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สามารถใช้ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน

3. Drill and Practice แบบฝึกหัดและฝึกปฏิบัติ เพื่อใช้เสริมการปฏิบัติหรือเสริมทักษะ กระทำบางอย่างให้เข้าใจยิ่งขึ้นและเกิดทักษะที่ต้องการได้ เป็นการเสริมประสิทธิผล การเรียนของผู้เรียน สามารถใช้ในห้องเรียน เสริมขณะที่สอนหรือนอกห้องเรียน ณ ที่ใด เวลาใดก็ได้ สามารถใช้ฝึกหัดทั้งทางด้านทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ รวมทั้งทางช่าง อุตสาหกรรมด้วย

4. Simulation แบบสร้างสถานการณ์จำลอง เพื่อใช้สำหรับการเรียนรู้ หรือทดลองจากสถานการณ์ที่จำลองจากสถานการณ์จริง ซึ่งอาจจะหาไม่ได้หรืออยู่ไกล ไม่สามารถ นำเข้ามาในห้องเรียนได้หรือมีสภาพอันตรายหรืออาจสิ้นเปลืองมากที่ต้องใช้ของจริงซ้ำๆ สามารถใช้สาธิตประกอบการสอน ใช้เสริมการสอนในห้องเรียน หรือใช้ซ่อมเสริมภายหลังการเรียนนอกห้องเรียน ที่ใด เวลาใด ก็ได้

5. Games แบบสร้างเป็นเกม การเรียนรู้บางเรื่อง บางระดับ บางครั้ง การพัฒนาเป็นลักษณะเกม สามารถเสริมการเรียนรู้ได้ดีกว่า การใช้เกมเพื่อการเรียน สามารถใช้สำหรับการเรียนรู้ความรู้ใหม่หรือเสริมการเรียนในห้องเรียนก็ได้ รวมทั้งสามารถสอนทดแทนครูในบางเรื่องได้ด้วย จะเป็นการเรียนรู้จากความเพลิดเพลิน เหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีระยะเวลาความสนใจสั้น เช่น เด็กหรือในภาวะสภาพแวดล้อมที่ไม่อำนวย เป็นต้น

6. Problem Solving แบบการแก้ปัญหา เป็นการฝึกการคิด การตัดสินใจ สามารถใช้กับวิชาการต่างๆ ที่ต้องการให้สามารถคิด แก้ปัญหา ใช้เพื่อเสริมการสอนในห้องเรียน หรือใช้ในการฝึกทั่วๆ ไป นอกห้องเรียนก็ได้ เป็นสื่อสำหรับการฝึกผู้บริหารได้ดี

7. Test แบบทดสอบ เพื่อใช้สำหรับตรวจวัดความสามารถของผู้เรียนสามารถใช้ประกอบการสอนในห้องเรียน หรือใช้ตามความต้องการของครู หรือของผู้เรียนเอง รวมทั้งสามารถใช้ นอกห้องเรียน เพื่อตรวจวัดความสามารถของตนเองได้ด้วย

8. Discovery แบบสร้างสถานการณ์เพื่อให้ค้นพบ เป็นการจัดทำเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเอง โดยการลองผิดลองถูกหรือเป็นการจัดระบบนำร่องเพื่อชี้แนะสู่การเรียนรู้ สามารถใช้เรียนรู้ความรู้ใหม่หรือเป็นการทบทวนความรู้เดิม และใช้ประกอบการสอนในห้องเรียนหรือการเรียนนอกห้องเรียน สถานที่ใด เวลาใด ก็ได้

2.1.3 ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.3.1 กิดานันท์ มลิทอง [8] ได้สรุปข้อดีและข้อจำกัดของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI) ไว้ดังนี้

ก. คอมพิวเตอร์ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนเนื่องจากการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์นั้นเป็นประสบการณ์ที่แปลกและใหม่

ข. การใช้สี ภาพลายเส้นที่แลดูคล้ายเคลื่อนไหว ตลอดจนเสียงดนตรี จะเป็นการเพิ่มความเหมือนจริงและเร้าใจผู้เรียนให้เกิดความอยากเรียนรู้ ทำแบบฝึกหัดหรือทำ กิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ เป็นต้น

ค. ความสามารถของหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการบันทึกคะแนนและพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้เรียนได้เพื่อใช้ในการวางแผนบทเรียนในขั้นต่อไปได้

ง. ความสามารถในการเก็บข้อมูลของเครื่อง ทำให้สามารถนำมาใช้ได้ในลักษณะของการศึกษารายบุคคลได้เป็นอย่างดีโดยสามารถกำหนดบทเรียนให้แก่ผู้เรียนแต่ละคนและแสดงผลก้าวหน้าให้เห็นได้ทันที

จ. ลักษณะของโปรแกรมบทเรียนที่ให้ความเป็นส่วนตัวแก่ผู้เรียนเป็นการช่วยให้ผู้เรียนที่เรียนช้าสามารถเรียนไปได้ตามความสามารถของตนโดยสะดวกอย่างไม่รีบเร่งโดยไม่ต้องอายผู้อื่นและไม่ต้องอายเครื่องมือเมื่อตอบคำถามผิด

ฉ. เป็นการช่วยขยายขีดความสามารถของผู้สอนในการควบคุมผู้เรียนได้อย่างใกล้ชิดเนื่องจากสามารถบรรจุข้อมูลได้ง่ายและสะดวกในการนำออกมาใช้

2.1.3.2 ทักษิณา สวานานนท์ [4] ยังได้สรุปผลงานการวิจัยต่างๆ ด้านCAI ซึ่งผลของการวิจัยมีแนวโน้มว่า CAI ส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ได้แก่

ก. CAI ทำให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงขึ้น แม้จะมีบางแห่งไม่แสดงความแตกต่างมากนัก เมื่อเทียบกับการเรียนในห้องเรียน

ข. CAI จะลดเวลาเรียนลง เมื่อเทียบกับการเรียนในห้องเรียน

ค. ผู้เรียนจะสนใจการเรียนมากขึ้นเมื่อเรียนด้วย CAI

ง. พัฒนาการของ CAI เท่าที่เป็นมา เป็นที่ยอมรับกันมากในวงการศึกษาและวงการ

จ. ผู้เรียนที่ค่อนข้างช้า จะมีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นมากกว่าผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนปกติ แม้ว่าสิ่งที่คงเหลือจากการเรียนรู้จะต่ำกว่า เมื่อเทียบกับการเรียนจากห้องเรียนปกติ

ฉ. ไม่ว่า CAI จะมีลักษณะใด (ทบทวน ผีกัด เกม สร้างสถานการณ์จำลอง) ความแตกต่างทางด้านผลสัมฤทธิ์มีไม่มากนัก ไม่ว่าผู้เรียนจะอยู่ในชั้นประถม มัธยม หรือผู้ใหญ่ที่มารับการอบรม ผู้เรียนส่วนใหญ่ต้องการพบครูผู้สอนเป็นครั้งคราวหรือไม่ก็ต้องการให้ครูอยู่ในชั้นเรียนด้วย เพราะบางทีอยากอภิปรายในเรื่องบางเรื่องเป็นพิเศษ แต่ผลการวิจัยกลับพบว่า การมีครูเข้าไปยุ่งด้วยมากเท่าใด ยิ่งทำให้การเรียนช้าลง มหาวิทยาลัยบางแห่งจึงกำลังทำการวิจัยอยู่ว่า ครูควรเข้าไปมีบทบาทร่วมด้วยมากน้อยเพียงใด จึงจะพอดี

สำหรับในด้านผู้เรียนแล้ว ทักษิณา สวานานนท์ [4] ได้รวบรวมประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนด้วย CAI สรุปได้ดังนี้

- ก. การได้เจรจาโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เรียนพอใจมาก
- ข. นอกจากนั้นผู้เรียนสามารถควบคุมวิธีการเรียนของตัวเองได้
- ค. ผู้เรียนใช้ความถนัดของตนเองมากที่สุด ถ้าสนใจมากก็อาจใช้เวลามากสนใจน้อยก็ใช้เวลาน้อยลง
- ง. เราอาจกำหนดวิธีสอนให้ตรงกับความต้องการของผู้เรียนได้เพราะคำตอบที่ผู้เรียนใช้ อาจเป็นแนวให้กำหนดบทเรียนให้ไปช้า เร็ว หรือมีความแตกต่างอย่างนั้นอย่างนี้ได้
- จ. ในการเรียนด้วย CAI ผู้เรียนจะต้องมีสมาธิอยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์และจอภาพตลอดเวลา จะฝึกกลางวันเหมือนอย่างเวลาฟังครูสอนหน้าชั้นไม่ได้เลย
- ฉ. การได้นำคำตอบของผู้เรียนมาวิจัยได้ นับว่าเป็นประโยชน์ที่สุดในการทำบทเรียนหรือแก้ไขบทเรียนในโอกาสต่อไป ผู้เรียนจะพบว่าบทเรียนดี สนุกสนาน และน่าเรียน

2.1.3.3 เฮนนาฟิน และเพค (Hannafin and Peck) [3] กล่าวถึงข้อได้เปรียบของ CAI เมื่อเปรียบเทียบกับสื่อการเรียนการสอนประเภทอื่น ๆ สรุปได้ดังนี้

- ก. บทเรียน CAI มีการโต้ตอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับบทเรียนในขณะที่เรียนมากกว่าสื่อการเรียนการสอนประเภทอื่นๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการนำเสนอบทเรียน
- ข. บทเรียน CAI สนับสนุนการเรียนแบบรายบุคคล (Individualization) ได้อย่างมีประสิทธิภาพผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองเวลาใดก็ได้ตามต้องการ
- ค. บทเรียน CAI ช่วยลดต้นทุนในด้านการจัดการเรียนการสอนได้เพราะการเรียนด้วย CAI ไม่ต้องใช้ครูผู้สอน เมื่อสร้างบทเรียนแล้ว การทำซ้ำเพื่อการเผยแพร่ใช้ต้นทุนต่ำมากและสามารถใช้กับผู้เรียนได้เป็นจำนวนมากเมื่อเทียบการสอนโดยใช้ครูผู้สอน

ง. บทเรียน CAI มีแรงจูงใจให้ผู้เรียนสนใจเรียน เนื่องจากบทเรียนCAI ใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ในการนำเสนอบทเรียน เป็นสิ่งแปลกใหม่ มีการปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนตลอดเวลา ผู้เรียนไม่เบื่อหน่าย ทำให้ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วย

จ. บทเรียน CAI ให้ผลย้อนกลับ (Feedback) แก่ผู้เรียนได้อย่างรวดเร็ว ผู้เรียนทราบความก้าวหน้าของตนเองได้ทันที

ฉ. บทเรียน CAI สะดวกต่อการติดตามประเมินผลการเรียน โดยมีการออกแบบโปรแกรมให้สามารถเก็บข้อมูลคะแนนหรือผลการเรียนของผู้เรียนแต่ละคนไว้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินผลได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับครูผู้สอน

ช. บทเรียน CAI มีเนื้อหาที่คงสภาพแน่นอน เนื่องจากเนื้อหาของ บทเรียน CAI ได้ผ่านการตรวจสอบให้มีเนื้อหาที่ครอบคลุม จัดลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาอย่างถูกต้อง มีความคงสภาพเหมือนเดิมทุกครั้งที่เรียน ทำให้เชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนเมื่อได้เรียนบทเรียน CAI ทุกครั้งจะได้เรียนเนื้อหาที่คงสภาพเดิมไว้ทุกประการ ต่างจากการสอนด้วยครูผู้สอนที่มีโอกาสที่การสอนแต่ละครั้งของครูผู้สอนในเนื้อหาเดียวกัน อาจมีลำดับเนื้อหาไม่เหมือนกันหรือข้ามเนื้อหาบางส่วนไป

ซ. บทเรียน CAI ผู้เรียนสามารถควบคุมกิจกรรมการเรียนได้ด้วยตนเอง การออกแบบบทเรียน CAI อนุญาตให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนได้ตามต้องการ เช่น การเลือกเนื้อหา การเลือกทำแบบฝึกหัด การเลือกเวลาเรียน เป็นต้น ซึ่งไม่สามารถทำได้หากเรียนโดยใช้ครูผู้สอนจริง

2.1.4 ข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.4.1 กิดานันท์ มลิทอง [8] สรุปข้อจำกัดของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือ CAI ไว้ดังนี้

ก. ถึงแม้ว่าขณะนี้ราคาเครื่องคอมพิวเตอร์และค่าใช้จ่ายต่างๆ เกี่ยวกับ คอมพิวเตอร์จะลดลงมากแล้วก็ตามแต่การที่จะนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในวงการศึกษาในบางสถานที่นั้น จำเป็นต้องมีการพิจารณากันอย่างรอบคอบ เพื่อให้คุ้มกับค่าใช้จ่ายตลอดจนการดูแลรักษาด้วย

ข. การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนนั้นนับว่ายังมีน้อยเมื่อเทียบกับการออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้กับวงการอื่นๆ จึงทำให้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังมีจำนวนและขอบเขตจำกัดที่จะนำมาใช้เรียนในวิชาต่าง ๆ

ค. ในขณะนี้ยังขาดอุปกรณ์ที่ได้คุณภาพมาตรฐานระดับเดียวกันเพื่อให้สามารถใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างระบบกัน เป็นต้นว่า ซอฟต์แวร์ที่ผลิตขึ้นมาใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบของ IBM ไม่สามารถใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบของ Macintosh ได้

ง. การที่จะให้ผู้สอนเป็นผู้ออกแบบโปรแกรมบทเรียนเองนั้น นับว่าเป็นงานที่ต้องอาศัยเวลา สติปัญญา และความสามารถเป็นอย่างดี ทำให้เป็นการเพิ่มภาระของผู้สอน ให้มีมากยิ่งขึ้น

จ. เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์เป็นการวางโปรแกรมบทเรียนไว้ล่วงหน้าจึงมีลำดับขั้นตอนในการสอนทุกอย่างที่วางไว้ ดังนั้นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงไม่สามารถช่วยในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้

ฉ. ผู้เรียนบางคนโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้เรียนที่เป็นผู้ใหญ่ อาจจะไม่ชอบ โปรแกรมที่เรียนตามขั้นตอน ทำให้เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้ได้

2.1.4.2 วีระ ไทยพานิช [6] ได้กล่าวถึงปัญหาด้านต่าง ๆ ที่เป็นข้อจำกัดของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ดังนี้

ก. ปัญหาด้านโปรแกรม (Software) ได้แก่ ขาดแคลนโปรแกรม (Software) ที่จะนำมาใช้สอนในสาขาวิชาต่าง ๆ โปรแกรมที่มีอยู่คุณภาพไม่ดี บุคลากรขาดที่จะพัฒนา CAI โปรแกรมเมอร์ (Programmer) ส่วนใหญ่ที่สร้างซอฟต์แวร์ขาดความรู้พื้นฐานทางการศึกษา ไม่มีความรู้ในเนื้อหาวิชาอย่างแท้จริงขาดกลยุทธ์ในการสอนปัญหาอีกประการหนึ่งคือขาดความชำนาญในการเลือกใช้ซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ เช่น เนื้อหาและวิธีการนำเสนอไม่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียนหรือไม่ ใช้งานง่ายหรือไม่ และมีแรงจูงใจเพื่อให้เด็กเรียนหรือไม่

ข. ปัญหาด้านเศรษฐกิจ (Economic) การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเวลา เนื่องจากฮาร์ดแวร์ที่ใช้มีราคาแพง และการสร้างซอฟต์แวร์ต้องสิ้นเปลืองเวลาอย่างมากในการพัฒนาซอฟต์แวร์ CAI

ค. ปัญหาด้านเทคนิค (Technical) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมักเกิดปัญหาทางด้านเทคนิคของตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ วิธีการบำรุงรักษา การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาเป็นต้น ส่วนในด้านของซอฟต์แวร์ เมื่อเกิดปัญหา ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ จำเป็นต้องติดต่อกับผู้ผลิตซอฟต์แวร์เพื่อขอคำแนะนำโดยตรง

ง. ปัญหาด้านสังคม (Social) การใช้คอมพิวเตอร์มากเกินไปจะเป็น การลดความสัมพันธ์ของนักเรียนที่มีต่อกันลงไป ปฏิภาณระหว่างบุคคลกับเพื่อนหรือกับครูในห้องเรียนจะน้อยลงไป

2.1.4.3 เฮนนาฟิน และเพค (Hannafin and Peck) [3] ได้กล่าวถึงข้อเสียของ CAI สรุปได้ดังนี้

ก. บทเรียน CAI ต้องการฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะพิเศษและมีราคาแพง สำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการนำเสนอบทเรียน

ข. บทเรียน CAI ไม่สะดวกต่อการเรียน เมื่อเปรียบเทียบกับหนังสือเรียน เนื่องจากจะเรียนด้วย CAI ได้ต้องจัดเตรียมฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ CAI อีกทั้งในเรื่องของ การทบทวนบทเรียนทำได้ยากอันเนื่องจากข้อจำกัดดังกล่าว รวมถึงถ้ามีการออกแบบบทเรียน CAI ให้เรียนแบบเรียงลำดับบทเรียน จะไม่สะดวกในการทบทวนบทเรียนที่ได้เรียนผ่านมาแล้ว

ค. บทเรียน CAI ต้องใช้สายตาและทักษะการอ่านโดยผ่านทางจอภาพของคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีความอดทนในการอ่านบนจอภาพแตกต่างกัน

ง. การแสดงภาพในคอมพิวเตอร์ อาจไม่เท่ากับขนาดที่แท้จริงของวัตถุเพราะข้อจำกัดของขนาดจอภาพคอมพิวเตอร์

จ. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต้องอาศัยความชำนาญหลายๆ ด้าน ทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์และต้องมีความเข้าใจในคุณสมบัติและวิธีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นอย่างมาก

ฉ. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีประสิทธิภาพต้องใช้ระยะเวลา อาจไม่คุ้มค่าหรือล้าสมัยเมื่อสร้างบทเรียนเสร็จ

ช. เนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ถูกจำกัดเนื้อหาอยู่เฉพาะที่มีในบทเรียนเท่านั้น ในขณะที่เรียนจะไม่สามารถเพิ่มหรือขยายเนื้อหาเพิ่มเติมได้เหมือนกับการเรียนการสอนในชั้นเรียนโดยครูผู้สอน

ซ. ผู้เรียนได้รับการตอบสนองจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในรูปแบบที่แน่นอนตามการป้อนข้อมูลเข้า (Input) ของผู้เรียนให้แก่โปรแกรมคอมพิวเตอร์เท่านั้น บทเรียนคอมพิวเตอร์ไม่สามารถตรวจสอบและดูแลพฤติกรรมของผู้เรียนในขณะที่เรียนได้

2.1.5 หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ไพโรจน์ ตีรณชนากุล, ไพบุลย์ เกียรติโกมล และสิริลักษณ์ ตีรณชนากุล [9] ได้พัฒนาหลักการออกแบบการสอน 9 ข้อของกาเยน (Gagne) เพื่อให้เหมาะสมกับการออกแบบ บทเรียนแบบ IMMCAI : Interactive Multi Media Computer Assisted Instruction ในขั้นตอนออกแบบและเขียนกรอบเนื้อหาเพื่อให้ได้บทเรียนที่เกิดจากการการออกแบบในลักษณะของการสอนจริง (Live Instruction) ดังนี้

2.1.5.1 การนำเข้าบทเรียน (Pre-view or Warm-up) การนำเข้าบทเรียนเป็นกระบวนการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในการเรียนรู้สิ่งที่มุ่งหมายที่จะสอน ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการสร้างเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นอย่างมาก ในการนำเข้าบทเรียนควรดำเนินการ ดังนี้

ก. ทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงสิ่งที่จะเรียนรู้ (Inform the learner of the Objectives) การเรียนในบทเรียนคอมพิวเตอร์ จะต้องดำเนินการให้ผู้เรียนได้รู้ล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหาที่จะเรียน รวมถึงเค้าโครงของเนื้อหา ซึ่งเป็นการทำให้ผู้เรียนทราบถึงโครงร่างของเนื้อหาอย่างกว้างๆ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถผสมผสานแนวคิดในรายละเอียดหรือส่วนย่อยของเนื้อหา ให้สอดคล้องและสัมพันธ์กับเนื้อหาส่วนใหญ่ได้จะมีผลทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและทำให้ผู้เรียนสามารถจำและเข้าใจเนื้อหาได้ดีกว่าด้วยการทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงสิ่งที่จะเรียนรู้ สามารถจัดทำได้หลายแบบ เช่น เป็นการสร้างความเข้าใจอย่างกว้าง ๆ จนถึงการรับรู้ในหัวข้อย่อยด้วย ในการออกแบบ บทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น หลักการสำคัญอย่างหนึ่งคือ ข้อความหรือภาพวิดีโอภาพต่อเนื่องหรือคำบรรยายที่เสนอบนจอ ควรที่จะสั้นและได้ใจความ และสิ่งเสนอนั้น ถ้าเป็นไปได้ควรมีส่วนดึงดูดผู้เรียนด้วย ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

- (1) ใช้คำ ภาพ แผนภูมิที่สั้น ๆ สื่อความหมายดีและเข้าใจง่าย
- (2) หลีกเลี่ยงสิ่งที่ยังไม่เป็นที่รู้จักและเป็นที่น่าสนใจโดยทั่วไป
- (3) ไม่ควรยืดเยื้อจนเกินไป โดยเฉพาะในเรื่องหาย่อยในแต่ละส่วน
- (4) การทำให้ผู้เรียนมีโอกาสทราบส่วนที่สามารถประยุกต์ใช้จะทำให้

น่าสนใจได้บ้าง

- (5) หากบทเรียนมีหลายบทเรียน การนำเสนอแผนภูมิบทเรียนแทน Menu

จะทำให้ง่ายขึ้น

(6) การนำเสนอเรื่องราวมา เพื่อสร้างความสนใจในการนำเข้าบทเรียนเป็นสิ่งที่ดี แต่ควรคำนึงถึงด้านเวลา กำหนดช่วงให้เหมาะสม หรือให้ผู้เรียนกดเป็นพิมพ์เพื่อข้ามช่วงไปก็ได้

ข. การสร้างความสนใจให้เกิดขึ้น (Gaining Attention) ในการนำเข้าบทเรียนควรจะทำให้ผู้เรียนได้รับแรงกระตุ้นและแรงจูงใจที่อยากจะเรียน ดังนั้น ควรจะเริ่มด้วยลักษณะการใช้ภาพ แสง สี เสียง หรือการประกอบกันหลาย ๆ อย่าง โดยสิ่งที่สร้างขึ้นนั้น จะต้องเกี่ยวข้องกับเนื้อหาและน่าสนใจ ซึ่งจะมีผลต่อความสนใจจากผู้เรียน และเป็นการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไป ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การเตรียมตัวและกระตุ้นผู้เรียน จะต้องเริ่มตั้งแต่ Title ของบทเรียน ในการสร้าง Title นั้นจะต้องออกแบบเพื่อให้สายตาของผู้เรียนอยู่ที่จอภาพ ไม่ใช่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์ ถึงแม้ต้องการตอบสนองจาก ผู้เรียนโดยผ่านแป้นพิมพ์ก็ควรจะเป็นการตอบสนองที่ง่าย ๆ เช่น การกด Space Bar หรือ การกด Key ตัวใดตัวหนึ่ง เป็นต้น ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) ใช้กราฟฟิกที่เกี่ยวข้องกับส่วนของเนื้อหาและกราฟฟิกนั้นควรจะมีขนาดใหญ่ ง่าย ไม่ซับซ้อน

(2) ใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation) หรือเทคนิคอื่นๆ เข้าช่วย เพื่อแสดงการเคลื่อนไหว

(3) ควรใช้สีเข้าช่วย โดยเฉพาะสีเขียว แดง น้ำเงิน หรือสีเข้มอื่น ๆ ที่ตัดกับพื้นชัดเจน

(4) ใช้เสียงให้สอดคล้องกับกราฟฟิก

(5) กราฟฟิกควรจะค้างบนจอภาพไม่นานจนเกินไปหรือให้ผู้เรียนกด Key หรือ Space Bar

- (6) ในกราฟฟิคดังกล่าวควรแสดงชื่อเรื่องบทเรียนหรือหัวเรื่อง เนื้อหาไว้
ด้วย
- (7) ควรใช้เทคนิคการเขียนกราฟฟิคที่แสดงบนจอได้เร็วมีการ
เคลื่อนไหวที่เหมาะสม
- (8) กราฟฟิคนั้น นอกจากจะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาแล้วต้องเหมาะสมกับวัย
ของผู้เรียนด้วย

2.1.5.2 การนำเสนอเนื้อหาบทเรียน (Presenting Main Content) การนำเสนอเนื้อหาบทเรียน
ควรจะเริ่มจากส่วนที่มีความสัมพันธ์กับ การนำเข้าบทเรียน และจะต้องยึดหลักการสอนที่จะต้องเริ่ม
จากสิ่งที่รู้ไปสู่สิ่งที่ยังไม่รู้ จากพื้นฐานไปสู่สิ่งที่สูงขึ้น จากสิ่งที่เข้าใจง่ายไปสู่สิ่งที่สลับซับซ้อน และ
การนำเสนอสิ่งต่าง ๆ ที่สร้างเสริมความเข้าใจเป็นกลุ่มก้อนที่เหมาะสม เพื่อเป็นการสร้าง
ประสิทธิภาพการเรียนรู้ที่สูงขึ้นในการ นำเสนอเนื้อหาควรดำเนินการดังนี้

ก. ทำการกระตุ้นให้หวนนึกถึงความรู้เดิม (Stimulate Recall of requisites) ในการเรียน
ความรู้ใหม่ของผู้เรียน เนื้อหาและแนวความคิดอาจต้องมีส่วนอาศัยพื้นฐานความรู้บางเรื่องมาก่อน หาก
ผู้เรียนสามารถจำเรื่องเหล่านั้นได้ จะทำให้ผล การเรียนรู้เนื้อหาใหม่ง่ายยิ่งขึ้น ดังนั้น ผู้ออกแบบ
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องหาวิธีการชี้แนะและกระตุ้น ให้ผู้เรียนได้หวนนึกถึงความรู้เดิมให้
ได้ก่อน ทั้งนี้ นอกจากเพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะรับความรู้ใหม่แล้ว ยังเป็นการทบทวนหรือให้
ผู้เรียนได้ย้อนไปคิดในสิ่งที่ตนรู้มาก่อนด้วย เช่น จัดให้ทำกิจกรรมที่จะหวนสัมพันธ์กับเนื้อหาเดิม การ
นำเสนอเรื่องราว ภาพ หรือเหตุการณ์ที่จะโยงไปยังเนื้อหาเดิมได้ หรือใช้วิธีการตรวจสอบต่าง ๆ ที่จะ
วัดและชี้แนะให้ผู้เรียนตระหนักถึงความรู้เดิม เช่น การทดสอบก่อนการเรียนรู้ (Pre-test) เพื่อตรวจสอบ
ความรู้พื้นฐานของผู้เรียน (หมายเหตุ การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) นี้ จะต่างจากการทดสอบก่อน
เรียนเพื่อประสิทธิผล ซึ่งจะเป็นการทดสอบเพื่อหาระดับความรู้ใหม่ที่ผู้เรียนรู้อ่อนเข้าเรียนบทเรียน)
เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำการเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ การทบทวนความรู้เดิมนี้อาจใช้
การทดสอบเสมอสำหรับการเข้าสู่ บทเรียนใหม่ แต่หากเป็นบทเรียนที่สร้างเป็นรายหน่วยต่อๆ กันไป
ตามลำดับ การทบทวนความรู้เดิมอาจเป็นไปในรูปแบบของการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดย้อนหลังถึงสิ่งที่
ได้เรียนก่อนหน้าซึ่ง เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วว่า การกระตุ้นอาจแสดงด้วยคำพูด คำเขียน ภาพ
หรือเป็นการ ผสมผสานกันแล้วแต่ความเหมาะสม จะมากบ้าง น้อยบ้าง ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับ
เนื้อหา ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

- (1) ห้ามใช้การคาดคะเนว่าผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานก่อนการเรียนรู้เนื้อหาใหม่
เท่ากัน ควรจะมีการทดสอบหรือให้ความรู้ เพื่อเป็นการทบทวนให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรับความรู้ใหม่
- (2) การทบทวนหรือทดสอบควรให้กระชับและตรงตามเนื้อหามากที่สุด

(3) ในระหว่างการเรียนเนื้อหาใหม่ ควรให้โอกาสแก่ผู้เรียนออกจากเนื้อหาใหม่ หรือออกจากการทดสอบ เพื่อไปศึกษาทบทวนเนื้อหาเดิมได้ตลอดเวลา

(4) อาจจะใช้ภาพประกอบในการกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนคิดจะทำให้บทเรียนน่าสนใจขึ้น

ข. การเสนอเนื้อหาที่น่าสนใจ (Presenting the Stimulus Material) ในการนำเสนอเนื้อหาใหม่ สามารถนำเสนออย่างน่าสนใจโดยการเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาประกอบกับคำพูดที่สั้น ง่าย และได้ใจความ เป็นหัวใจสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การใช้ภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้นและความคงทนในการจำจะดีกว่าการใช้คำพูดหรือข้อเขียนเพียงอย่างเดียว เพราะภาพจะช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้ บางครั้งในเนื้อหาบางช่วง มีความยากในการที่จะสร้างภาพประกอบ แต่ก็ควรหาวิธีการอื่น ๆ ที่จะนำเสนอแทนด้วยภาพได้ ซึ่งจะได้ผลดีกว่าข้อเขียนทั้งหมดภาพที่สามารถใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีทั้งภาพนิ่งและ ภาพเคลื่อนไหว ภาพนิ่ง (Still Picture) ได้แก่ ภาพลายเส้น ภาพ 2 มิติ ภาพ 3 มิติ ภาพถ่ายของจริง แผนภาพ แผนภูมิ กราฟและส่วนอื่น ๆ ส่วนภาพเคลื่อนไหว (Motion Picture) ได้แก่ ภาพจากสัญญาณวีดิทัศน์ (Video) ภาพจากสัญญาณดิจิทัลอื่น ๆ เช่น ภาพถ่ายดิจิทัลจาก Laser Disc จากกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์โดยตรง เป็นต้น การใช้ภาพประกอบเนื้อหาจะต้องมีความเหมาะสม ดังนี้

- (1) มีรายละเอียดไม่มากเกินไป
- (2) ใช้เวลาให้ภาพปรากฏบนจอไม่ล่าช้าเกินไป
- (3) ภาพจะต้องเกี่ยวข้องโดยตรงกับเนื้อหาเท่าที่ควร
- (4) ไม่สลับซับซ้อน เป็นที่เข้าใจยาก
- (5) ต้องให้เหมาะสมในเรื่องเทคนิคการออกแบบทางกราฟฟิกหากจะต้อง

มีเนื้อหาที่เสนอเป็นข้อความหรือคำอธิบายนั้น ในแต่ละกรอบไม่ควรมีมากเกินไป เพราะข้อเขียนเหล่านั้นจะเบียดเสียดทำให้อ่านยาก จะทำให้ผู้เรียนต้องพยายามอ่าน อาจรู้สึกเบื่อที่ต้องอ่านนาน ๆ ด้วย

ข้อควรพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

- (1) ควรใช้ภาพหนึ่งประกอบการสอนเนื้อหาเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นเนื้อหาสำคัญ
- (2) พยายามใช้ภาพเคลื่อนไหวในส่วนของเนื้อหาที่ยากและ ซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงเป็นลำดับขั้น
- (3) ใช้แผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ สัญลักษณ์หรือภาพเปรียบเทียบในส่วนเนื้อหาที่ควรจะมี

(4) ในการเสนอเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน จะต้องเน้นให้ชัดเจน โดยเฉพาะในส่วนของข้อความสำคัญ ซึ่งอาจเป็นการขีดเส้นใต้ การตีกรอบ การกะพริบ การเปลี่ยน สีพื้น การโยงลูกศร การใช้สี หรือเป็นการชี้แนะด้วยคำพูด เช่น คู่มือที่ด้านข้างของภาพ

(5) จัดรูปแบบของคำอ่านให้หน้าอ่าน หากเนื้อหายาว ควรจัดแบ่งกลุ่มคำอ่านให้จบเป็นตอนและไม่ควรเปลี่ยนสีไปมา โดยเฉพาะสีหลักของตัวอักษร

(6) การกำหนดส่วนของปฏิสัมพันธ์ จะต้องกำหนดให้สามารถกระทำได้หลายรูปแบบ ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำอย่างอื่น แทนที่จะให้กด Space Bar อย่างเดียว

ค. กำกับแนวทางการเรียนที่เหมาะสม (Providing Learning Guidance) ในการเรียนรู้ หากมีการจัดระบบการเรียนเนื้อหาที่ดีและสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิม จะทำให้การเรียนที่กระจำชัด (Meaningful Learning) และทำให้สามารถวิเคราะห์และตีความในเนื้อหาใหม่บนพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิมรวมกันเป็นความรู้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่โดยทั่วไป ผู้เรียนจะไม่ทราบ รวมทั้งอาจจะไม่ชำนาญในแนวทางการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพก็ได้ ดังนั้น หน้าที่ของผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะต้องพยายามหาเทคนิคในการที่จะชี้แนะ กำกับและกระตุ้นให้ผู้เรียนดำเนินการเรียนรู้ในแนวทางที่เหมาะสม นำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาหาความรู้ใหม่ นอกจากนั้น ยังจะต้องพยายามหาวิถีทางที่จะทำให้ การศึกษาความรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้นมีความกระจำชัดด้วย เทคนิคของการดำเนินเนื้อเรื่องบทเรียน การใช้ภาพเปรียบเทียบ การใช้ตัวอย่าง จะช่วยทำให้ ผู้เรียนแยกแยะและเข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น Guided Discovery หรือการพยายามให้ผู้เรียนค้นหาเหตุผล ค้นคว้า และวิเคราะห์หาคำตอบด้วยตนเอง จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการชี้แนะการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผู้ออกแบบบทเรียนจะต้องค่อย ๆ ชี้แนะจากจุดกว้าง ๆ แล้วค่อย ๆ แคบลง หรือการใช้คำถามตะล่อมถาม จนผู้เรียนหาคำตอบได้เอง เป็นต้น

ข้อควรพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) ต้องชี้แนะให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหา และช่วยให้เห็นว่าเนื้อหานั้นมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาใหม่อย่างไร

(2) ให้ตัวอย่างที่แตกต่างกันออกไป เพื่อช่วยอธิบายแนวคิด (Concept) ใหม่ให้ชัดเจนขึ้น เช่น ตัวอย่างของเครื่องกลึงหลาย ๆ ชนิด หลาย ๆ ขนาด

(3) ให้ตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างที่ถูกต้อง เพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ถูกต้อง เช่น ให้อุปภาพเครื่องกัด ภาพของเครื่องเจียร และบอกว่าเครื่องเหล่านี้ไม่ใช่เครื่องกลึง เป็นต้น

(4) ในการนำเสนอเนื้อหาที่ยากควรมีตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมไปสู่นามธรรม ถ้าเป็นเนื้อหาที่ไม่ยากนัก ให้เสนอตัวอย่างจากนามธรรมไปสู่รูปธรรม

(5) จะต้องออกแบบในการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงความรู้เดิม และประสบการณ์เดิมด้วย

2.1.5.3 การเสริมความเข้าใจในบทเรียน (Re-enforcement) ในการศึกษาเนื้อหาบทเรียนตามขั้นตอนในการนำเสนอ อาจจะสร้างความเข้าใจในเนื้อหาได้ระดับหนึ่ง ซึ่งอาจจะยังไม่ชัดเจนสมบูรณ์ ดังนั้น การจัดให้มีกิจกรรมเสริมความเข้าใจเพิ่มขึ้น จะเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น กระบวนการเสริมความเข้าใจบทเรียน สามารถดำเนินการได้ ดังนี้

ก. กระตุ้นให้เกิดการตอบสนอง (Eliciting Performance) ประสิทธิภาพการเรียนรู้จะมีมากหรือน้อยเพียงใด เกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับและขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ หากผู้เรียนได้มีโอกาสดำเนินการเรียนรู้อย่างถูกต้อง ได้ร่วมคิด ร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา การตอบสนองต่อการถาม การโต้ตอบในด้านกิจกรรมอื่น ๆ ที่จำเป็นและเหมาะสม เช่น การทำการทดลอง การทำแบบฝึกหัดหรือการแสดงออกอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้ดีกว่าผู้ที่เรียนโดย การอ่านหรือการคัดลอก ข้อความเพียงอย่างเดียว

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีข้อได้เปรียบเหนืออุปกรณ์อื่นๆ มาก ทำให้การเรียนรู้จากคอมพิวเตอร์นั้น สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ (Interactive) ได้ ผู้เรียนสามารถมีกิจกรรมร่วมได้หลายลักษณะ แม้จะเป็นการแสดงความคิดเห็น การเลือกกิจกรรม และการโต้ตอบกับเครื่องก็สามารถทำได้ กิจกรรมเหล่านี้เองที่ทำให้ผู้เรียนไม่รู้สึกรำคาญ และเมื่อมีส่วนร่วมคิดหรือติดตาม ซึ่งทำให้เกิดความผูกประสานให้โครงสร้างของการจำดีขึ้น อุปกรณ์อื่นๆ ที่จัดเป็นการสอนแบบ Non-interactive เช่น วีดิทัศน์ ภาพยนตร์ สไลด์ เทป หรือสื่อการสอนอื่น ๆ เป็นต้น

ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

- (1) ออกแบบให้ผู้เรียนได้ตอบสนองด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งตลอดการเรียนรู้บทเรียน
- (2) ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพิมพ์คำตอบหรือข้อความสั้น ๆ เพื่อสร้างความสนใจ แต่ไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาวเกินไป
- (3) ควรมีกระบวนการสร้างความคิดและจินตนาการจากการตะล่อมด้วยคำถาม
- (4) หลีกเลี่ยงถามและการตอบสนองซ้ำๆ หลายครั้ง การถามแต่ละครั้งเมื่อทำผิดสักครั้งสองครั้ง ควรจะให้ Feedback แล้วเปลี่ยนทำกิจกรรมอย่างอื่นต่อไป
- (5) ในการตอบสนองจากผู้เรียน ควรไม่ให้มีความผิดพลาด แต่หากเป็นส่วนเข้าใจผิด เช่น การพิมพ์ตัว L กับเลข 1 หรือ Space ในการพิมพ์ อาจเกินไปหรือขาดหาย บางครั้งใช้ตัวพิมพ์ใหญ่หรือตัวพิมพ์เล็ก ก็อาจใช้วิธีการเตือนให้แก้ไขได้
- (6) จะต้องแสดงให้การตอบสนองของผู้เรียน กรอบเดียวกันกับ คำถาม และการตรวจรับคำตอบ จะต้องอยู่บนกรอบเดียวกันด้วย ซึ่งอาจจะเป็นกรอบซ้อนขึ้นมาในกรอบหลักเดิมก็ได้

ข. การประเมินความเข้าใจในการเรียนรู้ (Assessing Performance) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจัดเป็นบทเรียนสำเร็จรูปประเภทหนึ่ง การตรวจสอบระดับความรู้ใหม่ที่เรียนเพื่อผลทางการเสริมการให้ความรู้ใหม่เพิ่มหรือซ้ำ จะทำการเรียนจากบทเรียนสำเร็จรูปได้ผลสมบูรณ์ขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นการทดสอบระหว่างบทเรียนหรือจัดทำกิจกรรมใด ๆ ที่เหมาะสมและสัมพันธ์กับเนื้อหา จะมีผลทำให้เกิดการจำระยะยาวของผู้เรียนด้วยการประเมินผลหรือกระทำกิจกรรมควบคุมครอบคลุมและเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน ถ้าบทเรียนมีหลายส่วนอาจจำแนกแบบประเมิน (ทดสอบ) หรือกิจกรรมออกเป็นส่วน ๆ ตามเนื้อหา ซึ่งขึ้นอยู่กับกรอบแบบบทเรียนว่า จะต้องการแบบใด การประเมินหรือกิจกรรมเหล่านี้ จะต้องย้อนผลกลับด้วยการเฉลยให้ผู้เรียนได้รับรู้ระดับการเรียนรู้ของตนเองด้วย

ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

- (1) สิ่งที่ต้องการประเมินและกิจกรรมนั้น ต้องตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน
- (2) การย้อนกลับ (Feedback) จะเป็นสิ่งที่ถูกต้องและเสริมความเข้าใจ มากขึ้น และต้องอยู่บนกรอบเดียวกัน และแสดงตัวโต้ตอบต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็ว
- (3) ไม่ควรให้ผู้เรียนจะต้องพิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป นอกจากจะทำให้เสียเวลาแล้ว ผู้เรียนอาจจะเกิดความเบื่อหน่าย
- (4) ให้ผู้เรียนตอบได้หลายครั้งในแต่ละคำถามและจะต้องมีคำเฉลยที่ถูกต้องแสดงให้ดูด้วย
- (5) จะต้องกำกับการโต้ตอบให้ผู้เรียนทราบอย่างชัดเจน เช่น ควรจะตอบคำถามด้วยวิธีใด เช่น ให้กด T ถ้าเห็นว่าถูก และกด F ถ้าเห็นว่าผิด เป็นต้น

ค. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Providing Feedback) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน IMMCAI สามารถกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากขึ้นและทำลายผู้เรียนได้ดี เมื่อมีการย้อนผล กลับ (Feedback) โดยการบอกเป้าหมายที่จะเรียนให้ชัดเจน และให้ตำแหน่ง ณ ที่เรียนขณะนั้น ผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายอย่างไร ทำให้ผู้เรียนไม่เรียนรู้ในความมืด ผู้เรียนจะทราบสภาพแวดล้อมการเรียนอย่างโปร่งใสชัดเจน การย้อนกลับที่เป็นรูปภาพจะช่วยเร้าความสนใจยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าภาพนั้นเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน หรือด้วยคำเขียน คำตอบต่าง ๆ รวมทั้งเป็นกราฟ ก็เป็นการเหมาะสมดี

ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

- (1) ให้ผลย้อนกลับทันทีหลังจากผู้เรียนโต้ตอบ
- (2) จะต้องทำให้ผู้เรียนทราบว่าถูกหรือผิดโดยแสดงผลย้อนกลับบนกรอบ

(3) ถ้าใช้ภาพย้อนกลับจะต้องเป็นภาพที่ง่ายและเกี่ยวข้องกับเนื้อหาด้วย ถ้าหากหาภาพที่เกี่ยวข้องตรง ๆ ไม่ได้ ก็อาจใช้ภาพใกล้เคียงได้

(4) อาจใช้ภาพกราฟฟิกในการย้อนกลับ แต่ควรให้เหมาะสมและเกี่ยวข้องกับเนื้อหาด้วย ถ้าหากหาภาพที่เกี่ยวข้องตรง ๆ ไม่ได้ ก็อาจใช้ภาพใกล้เคียงได้

(5) สามารถใช้เสียงสำหรับการย้อนผลกลับได้ แต่คำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่ผิดควรใช้เสียงที่ต่างกัน

(6) ถ้าเป็นคำถามหรือโจทย์ที่มีตัวเลือก ควรเฉลยคำตอบที่ถูกหลังจากผู้เรียนทำผิด 2-3 ครั้ง (เฉพาะในส่วนที่เป็น Re-enforcement เท่านั้น)

(7) สามารถใช้คะแนนหรือภาพเพื่อบอกความใกล้เคียงจากเป้าหมายก็ได้

(8) ในการนำเสนอลำดับข้อในการเสริมความเข้าใจ จะต้องใช้การสุ่มย้อนกลับ เพื่อสร้างความสนใจ และจะไม่สามารถจำได้ หากจะต้องทำซ้ำ

2.1.5.4 การสรุปบทเรียน (Re-view)

ก. การเสริมการจำและนำไปใช้งาน (Promote Retention and Transfer) ในการออกแบบการสอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในขั้นสุดท้าย ข้อเสนอแนะของกาเย่น (Gagne) จะให้เป็นกิจกรรมสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนหรือซักซ้อมปัญหาก่อนจบบทเรียน ในขั้นนี้เองที่ผู้ออกแบบการสอนจะได้แนะนำ การนำความรู้ใหม่ไปใช้ หรืออาจจะแนะนำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมกิจกรรมเหล่านี้ จะทำให้ผู้เรียน สามารถเปลี่ยนการจำจากความจำชั่วคราว เป็นความจำระยะยาวได้ และจะสามารถถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้อื่นได้ด้วย

ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) ให้สรุปให้ชัดเจนว่าความรู้ใหม่ มีส่วนสัมพันธ์กับความรู้ หรือประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนคุ้นเคยแล้วอย่างไร

(2) ทำการทบทวนหลักการหรือแนวความคิดที่สำคัญของเนื้อหาเพื่อเป็นการจัดหมวดหมู่ให้เหมาะสม

(3) ชี้นำเสนอแนะการนำความรู้ใหม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง

(4) เสนอแนะแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการค้นคว้าศึกษาต่อไปให้ชัดเจน

2.1.5.5 การทดสอบบทเรียน (Test or Examination) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจัดเป็นบทเรียนสำเร็จรูปประเภทหนึ่ง ซึ่งใช้สำหรับศึกษาด้วยตนเอง โดยเฉพาะบทเรียน IMMCAI นี้สามารถใช้สอนแทนผู้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนที่กำลังเรียนบทเรียน IMMCAI จะเสมือนกำลังถูกสอนโดยผู้สอน ซึ่งเป็นสภาพการสอนเสมือนจริง (Virtual Instruction) เมื่อเรียนแล้วทำการสอบ คอมพิวเตอร์ก็สามารถตรวจความถูกต้องของการตอบและประเมินผลออกมาได้ โดยผู้เรียนไม่

จำเป็นต้องไปตรวจคำตอบเอง การทดสอบความรู้ใหม่ในช่วงท้ายของบทเรียน ที่เรียกว่า Posttest เป็นสิ่งที่จำเป็น เพราะการทดสอบดังกล่าว อาจเป็นการทดสอบเพื่อเก็บคะแนน หรือจะเป็นการทดสอบเพื่อวัดว่า ผู้เรียนผ่านเกณฑ์ต่ำสุด เพื่อที่จะศึกษาบทเรียนต่อไปหรือไม่ การทดสอบนี้ จะย้อนผลกลับเฉพาะระดับผลการสอบเท่านั้น จะไม่เฉลยคำตอบและจะไม่ให้ตอบหลายครั้งด้วยในการออกแบบทดสอบหลังเรียนนี้ จะต้องพิจารณาประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- ก. ต้องแน่ใจสิ่งที่ต้องการวัดนั้น ตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน
- ข. ต้องตรวจสอบพฤติกรรมตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เขียนไว้
- ค. ให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียวในแต่ละคำถาม โดยไม่แสดงความถูกผิดในขณะที่ทำข้อ

ทดสอบ

- ง. คำนึงถึงความเป็นมาตรฐานของข้อสอบ ต้องแม่นยำและเชื่อถือได้
- จ. อย่าทดสอบโดยการให้ข้อเขียนเพียงอย่างเดียวควรใช้ภาพประกอบบ้าง
- ฉ. หากการตอบจะเป็นการพิมพ์คำไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิด หากผิดพลาด หรือเว้นวรรคผิด หรือใช้ตัวพิมพ์เล็กแทนที่จะเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ เป็นต้น

นอกจากนั้นอำนาจ เดชชัยศรี [10] ได้กล่าวถึงเทคนิคในการออกแบบ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่าควรพิจารณาให้สอดคล้องกับทฤษฎีรูปแบบการสอนของ กาเยนน์ (Gagne) มี 9 ขั้นตอน ได้แก่ การเร้าความสนใจ (Gain Attention) การบอกวัตถุประสงค์ (Define Objective) การทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information) การชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guided Learning) การกระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Responses) การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) การทดสอบความรู้ (Assess Performance) การจำและการนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer) เช่นเดียวกัน

2.1.6 ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทต่าง ๆ ได้มีผู้เสนอ ขั้นตอนหรือวิธีการพัฒนาหลายแนวคิด มีขั้นตอนในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคล้ายคลึงกันและแตกต่างกันบ้าง ได้แก่ ไพโรจน์ ตีรธนากุลและไพบุลย์ เกียรติโกมล [7] ได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ในลักษณะของการสอน (Instruction) เนื้อหาหรือความรู้ใหม่แบบ Interactive Multi Media Computer Assisted Instruction : IMMCAI โดยเริ่มจาก หัวเรื่องเป้าหมายที่กำหนด วัตถุประสงค์ และกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้บทเรียน การพัฒนาควรจะดำเนินได้เป็น 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

- ก. วิเคราะห์ (Analysis)
- ข. ออกแบบ (Design)

- ค. พัฒนา (Development)
- ง. สร้าง (Implementation)
- จ. ประเมินผล (Evaluation)

จากนั้นนำบทเรียนออกเผยแพร่ (Publication) และควรจะมีการติดตามผล (Follow up) เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาครั้งต่อไป

การพัฒนา IMMCAI ทั้ง 5 ขั้นตอนหลัก โปรแกรม ตรีชนนากุล ได้แบ่งเป็น ขั้นตอนย่อย ๆ 16 ขั้นตอน ดังนี้

2.1.6.1 เริ่มจากหัวข้อเรื่องที่กำหนด โดยมีวัตถุประสงค์และกลุ่มเป้าหมายกำกับ

2.1.6.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) มีขั้นตอน ดังนี้

ก. สร้างแผนภูมิ (Brain Storm Chart) ของเนื้อหาที่ควรจะมีตามหัวข้อเรื่องที่กำหนด โดยไม่ทำการลอกแบบของตำราเล่มใด ๆ เลย

ข. สร้างแผนภูมิหัวข้อสัมพันธ์ (Concept Chart) ภายหลังการวิเคราะห์ที่ละเอียดคัด – เพิ่มหัวข้อตามเหตุผลและความเหมาะสม

ค. สร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหาโดยวิธีการวิเคราะห์ข่ายงาน (Network Analysis)

2.1.6.3 ขั้นตอนออกแบบ (Design) มีขั้นตอน ดังนี้

ก. กำหนดวิธีการนำเสนอ เป็นการออกแบบหน่วยการเรียน แล้วเขียนกำกับด้วยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดของเนื้อหาแต่ละตอน (Strategic Presentation Plan vs Behavior Objective) จากนั้นนำมาลำดับเป็นแผนการนำเสนอหน่วยการเรียนเป็นแผนภูมิวิชา (Course Flow Chart)

ข. สร้างแผนภูมิการนำเสนอในแต่ละหน่วย (Module Presentation Chart) เป็นรูปแบบและลำดับการนำเสนอบทเรียนตามหลักการสอน

2.1.6.4 ขั้นตอนพัฒนา (Development) มีขั้นตอน ดังนี้

ก. เขียนรายละเอียดเนื้อหาตามรูปแบบที่ได้กำหนด (Script Development) โดยเขียนเป็นกรอบๆ จะต้องเขียนไปตามที่ได้วางแผนไว้ โดยเฉพาะถ้าเป็นแบบ IMMCAI จะต้องกำหนดภาพ เสียง สี ฯลฯ และการกำหนดปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ไว้ให้สมบูรณ์

ข. จัดทำลำดับเนื้อหา (Storyboard Development) เป็นการนำเอากรอบเนื้อหาหรือที่เขียนเป็น Script มาเรียบเรียงลำดับการนำเสนอที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งจะยังเป็นเอกสารสิ่งพิมพ์อยู่ การลำดับกรอบนี้สำคัญมากเมื่อเป็นแบบ active

ค. นำเนื้อหาที่ยังเป็นสิ่งพิมพ์นี้มาหาค่าความถูกต้อง (Content Correctness) โดยเฉพาะการสร้าง IMMCAI จะเป็นการเขียนตำราใหม่ทั้งเรื่องเลย ซึ่งจะต้องนำเนื้อหาไปทดลองหาค่า Content Validity และ Reader Reliability ด้วยแล้วปรับปรุงให้สมบูรณ์

ง. สร้างแบบทดสอบส่วนต่างๆ และนำมาหาค่าความยากง่ายอำนาจจำแนก ความเที่ยงและความเชื่อมั่นทุกแบบทดสอบและจะต้องปรับปรุงให้สมบูรณ์ ผลที่ได้ทั้งหมดจะเป็นตัวบทเรียน (Courseware)

2.1.6.5 ขั้นสร้าง (Implementation) มีขั้นตอน ดังนี้

ก. เลือก Software หรือโปรแกรมสำเร็จรูปที่เหมาะสม และสามารถสนองตอบต่อความต้องการที่กำหนดไว้เป็นตัวจัดการเสนอบทเรียนบนคอมพิวเตอร์

ข. จัดเตรียมรูปภาพ เสียง หรือการถ่ายวิดีโอหรือภาพนิ่ง หรือ Caption ไว้ให้พร้อมที่จะใช้งาน

ค. จัดการนำ Courseware เข้าในโปรแกรมด้วยความประณีตและด้วยทักษะที่ดีซึ่งได้เป็นบทเรียน (วิชา) บนคอมพิวเตอร์ [(Subject) CAI Software]

2.1.6.6 ขั้นประเมินผล (Evaluation) มีขั้นตอน ดังนี้

ก. ตรวจสอบคุณภาพ (Quality Evaluation) จัดการให้คณะผู้เชี่ยวชาญทาง IMMCAI ตรวจสอบคุณภาพของ Package ปรับปรุงให้สมบูรณ์

ข. ทำการทดสอบ ดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพด้วยกลุ่มตัวอย่าง เป้าหมายจำนวนไม่เกิน 10 คน นำผลมากำหนดกลวิธีการหาประสิทธิภาพจริงต่อไป

ค. ทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ (Efficiency E_1/E_2) ของ Package และหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Effectiveness) จากกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายไม่น้อยกว่า 30 คน หากได้ผลตามเป้าหมายที่ต้องการเป็นอันใช้ได้

ง. จัดทำคู่มือการใช้ Package (User Manual) หรือ Package Instruction เมื่อได้พัฒนาตาม 16 ขั้นตอน และเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ตามที่ใ้ได้มุ่งหวังไว้ เป็นอันว่าได้พัฒนา IMMCAI Package ที่มีคุณภาพสำเร็จและสามารถนำออกเผยแพร่(Publication) ใช้งานต่อไปได้ แต่ควรมีระบบติดตามผล (Follow up) เพื่อนำผลมาประกอบการปรับปรุงพัฒนางานต่อ ๆ ไป

2.2 การประเมินคุณภาพแบบทดสอบ

2.2.1 การหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

ระดับความยาก (Difficulty) ของข้อสอบเป็นค่าแสดงถึงร้อยละหรือสัดส่วนของผู้ที่ตอบข้อสอบนั้น ถูก หรือที่เลือกตอบคำตอบนั้น เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ p ระดับความยาก มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 หรือ 0.00 ถึง 1.00 (กรณีใช้ระบบสัดส่วน) ค่าของความยากที่อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 ซึ่งไม่ยากเกินไปหรือง่ายเกินไป สำหรับการหาค่าระดับความยาก คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ค่าระดับความยากง่าย} = \frac{W_L + W_H}{N} \times 100 \quad \text{สมการที่ 2.1}$$

เมื่อ W_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มต่ำ
 W_H หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มสูง
 N หมายถึง จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

ตารางที่ 2.1 แสดงการตีความหมายระดับความยากของการวิเคราะห์ข้อสอบ

ระดับความยาก		ความหมาย	
สูงกว่า 0.80	สูงกว่า 80 %	ยากมาก	ไม่ควรใช้ควรตัดทิ้ง
0.61 – 0.80	61% – 80 %	ยากพอใช้ได้	ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้
0.51 – 0.60	51% – 80 %	ค่อนข้างยาก	นำไปใช้ได้
0.5	50%	ปานกลาง	พอเหมาะที่สุด สมควรนำไปใช้มาก
0.40 – 0.49	40% – 49 %	ค่อนข้างง่าย	นำไปใช้ได้
0.20 – 0.39	20% – 39%	ง่ายพอใช้ได้	ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้
ต่ำกว่า 0.20	ต่ำกว่า 20%	ง่ายมาก	ไม่ควรใช้ควรปรับทิ้ง

2.2.2 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

อำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง ประสิทธิภาพในการจำแนกผู้สอบออกเป็นผู้รอบรู้หรือสอบผ่าน กับผู้ที่ไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่าน คำนวณ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{W_L - W_H}{n} \quad \text{สมการที่ 2.2}$$

เมื่อ W_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มต่ำ
 W_H หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มสูง
 n หมายถึง จำนวนผู้เรียนกลุ่มหนึ่ง

ตารางที่ 2.2 แสดงการตีความหมายค่าอำนาจจำแนกของการวิเคราะห์ข้อสอบ

ค่าอำนาจจำแนก		ความหมาย
0.40 ขึ้นไป	อำนาจจำแนกดีมาก	เก็บไปใช้ได้
0.30 – 0.39	อำนาจจำแนกดีพอสมควร	ควรเก็บไปใช้
0.20 – 0.29	อำนาจจำแนกต่ำ	ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้
ต่ำกว่า 0.20	อำนาจจำแนกต่ำมาก	ใช้ไม่ได้ ตัดทิ้ง
0	ไม่มีอำนาจจำแนก	ใช้ไม่ได้ ตัดทิ้ง
ค่าติดลบ	อำนาจจำแนกในแง่ลบ	ใช้ไม่ได้ ตัดทิ้ง

2.2.3 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ความเที่ยงหรือความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson) คูเดอร์และริชาร์ดได้เสนอวิธีหาค่าความสอดคล้องกันระหว่างข้อสอบ โดยดำเนินการสอบครั้งเดียวด้วยแบบทดสอบชุดเดียว แล้วพิจารณาการตอบข้อสอบแต่ละข้อว่าทำถูกหรือทำผิด นำมาคำนวณความเที่ยง โดยใช้สูตร

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n pq_i}{S_i^2} \right\} \quad \text{สมการที่ 2.3}$$

เมื่อ

- r_{tt} หมายถึง ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
- n หมายถึง จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ
- p หมายถึง สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูก
- q หมายถึง $1-p$ = สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิด
- S_i^2 หมายถึง ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

2.3 การประเมินคุณภาพบทเรียน

ในการวิจัยเพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในครั้งนี้นำการประเมินคุณภาพ ของบทเรียน

2 แบบคือ

2.3.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน (CIP) มีประสิทธิภาพ $E_1:E_2 = 80:80$

$$\text{สูตร} \quad E_1 = \frac{\sum_{i=1}^M E_{1i}}{M} \quad \text{สมการที่ 2.4}$$

$$E_2 = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \times 100 \quad \text{สมการที่ 2.5}$$

เมื่อ E_1 = ประสิทธิภาพของบทเรียนระหว่างกระบวนการเป็นค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพหน่วยการเรียนรู้ทั้งหมด

E_{1i} = ประสิทธิภาพจากการทดสอบระหว่างเรียนของหน่วยการเรียนรู้ i คิดจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยย่อย i ของนักเรียนทั้งหมด

E_2 = ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์หลังการเรียนครบทั้งวิชา คิดจากร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้ หรือทดสอบหลังเรียน

$$E_{1i} = \frac{\sum_{j=1}^N x_j}{NA_i} \times 100 \quad \text{สมการที่ 2.6}$$

เมื่อ X_j คือ คะแนนรวมของนักเรียนคนที่ j ระหว่างเรียนหน่วยเรียนที่ i

A_i คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหน่วยเรียนที่ i

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังบทเรียน หรือ Posttest

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

M คือ จำนวนหน่วยการเรียนรู้ในวิชานั้น

2.3.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน (CIP) มีประสิทธิผล $E_{\text{post}} - E_{\text{pre}} \geq 60$

E_{post} = ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์หลังการเรียนครบทั้งวิชาคิดจากร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้ หรือทดสอบหลังเรียน

E_{pre} = ระดับประสิทธิภาพของผู้เรียนก่อนการเรียนวิชาคิกจากร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน

$$E_{post} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{NB} \times 100 \quad \text{สมการที่ 2.7}$$

เมื่อ X_i = คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนคนที่ i
 N = จำนวนนักเรียนทั้งหมด
 B = คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

$$E_{pre} = \frac{\sum_{k=1}^N X_k}{NC} \times 100 \quad \text{สมการที่ 2.8}$$

เมื่อ X_k = คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียนคนที่ k
 N = จำนวนนักเรียนทั้งหมด
 C = คะแนนเต็มของแบบทดสอบก่อนเรียน

เมื่อหาค่า E_{post} และ E_{pre} แล้ว จะต้องหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของทั้งสองด้วย เพื่อใช้ตรวจสอบความใกล้เคียงกันของทั้งสองค่า ซึ่งไม่น่าจะมีความใกล้เคียงกัน หากบทเรียนพัฒนาขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพผลมากกว่า 60 ขึ้นไป

ในการสร้างบทเรียนสำเร็จรูป มุ่งที่จะให้บทเรียนมีประสิทธิภาพสูงกว่า 60 % เพื่อสามารถใช้แทนการสอนได้ ดังนั้นค่าความต่างของ $E_{post} - E_{pre}$ จะต้องมากกว่า หรือเท่ากับ 60 %

2.4 ภาษาวีเอชดีแอล

ภาษาวีเอชดีแอล หรือ VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit) Hardware Description Language ซึ่งเป็นภาษาที่พัฒนาขึ้นโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกาในช่วงปี ค.ศ. 1980 โดยเป้าหมายของโครงการนี้ก็คือเพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการออกแบบวงจรรวมให้สูงขึ้นและสามารถทำได้ง่ายมากยิ่งขึ้น เป้าหมายหลักของพัฒนาภาษาวีเอชดีแอล มี 2 ประการคือ

ก. เนื่องจากนักออกแบบวงจรรวมมีความต้องการภาษาที่สามารถรองรับการออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อน

ข. นักออกแบบต้องการภาษาที่เป็นมาตรฐานหรือเป็นภาษากลาง ที่ทำให้สามารถเผยแพร่ผลงานการออกแบบกันภายในกลุ่มนักออกแบบด้วยกันได้

ในปี 1986 ได้เริ่มมีการปรับปรุงภาษาวีเอชดีแอล เพื่อให้สามารถกำหนดเป็นมาตรฐานของ IEEE โดยสามารถประกาศเป็นมาตรฐานได้ในเดือนธันวาคมปี 1987 โดยอยู่ในหมวด IEEE 1076 – 1987 หลังจากนั้นก็ได้มีการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยได้มีการประกาศปรับปรุงอีกครั้งในปี 1993 ซึ่งเรียกว่า IEEE 1076 – 1993 โดยได้มีการเพิ่มเติม Syntax พิเศษเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น สำหรับขีดความสามารถในการออกแบบโดยใช้ภาษาวีเอชดีแอลนั้น สามารถออกแบบได้เฉพาะวงจรที่มีลักษณะเป็นดิจิทัลเท่านั้นส่วนวงจรที่เป็นอนาล็อก ในขณะนี้ยังไม่สามารถออกแบบได้โดยการใช้ภาษาวีเอชดีแอล แต่จะทำได้ในอนาคต

2.4.1 ข้อดีของภาษาวีเอชดีแอล

2.4.1.1 Standard VHDL เป็นมาตรฐานของ IEEE ทำให้มีเครื่องมือ โปรแกรม และบริษัทที่สนับสนุนการทำงานมากมาย นอกจากนี้วงจรที่ออกแบบโดยการเขียนภาษาวีเอชดีแอล ก็จะใช้งานได้ยาวนานเนื่องจากมีความเข้ากันได้ของภาษากับวงจรที่ได้รับการออกแบบใหม่

2.4.1.2 Government Support เนื่องจากภาษาวีเอชดีแอลได้รับการพัฒนาโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา ดังนั้นการออกแบบวงจรโดยใช้ภาษาวีเอชดีแอล จึงได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลสหรัฐอเมริกา

2.4.1.3 Industrial Support เนื่องจากภาษาวีเอชดีแอล เป็นภาษาที่เป็นมาตรฐานของ IEEE จึงมีอุตสาหกรรมจำนวนมากที่รองรับการออกแบบที่ใช้ภาษาวีเอชดีแอล

2.4.1.4 Portability การออกแบบโดยใช้ภาษาวีเอชดีแอล สามารถนำไปจำลองการทำงานหรือสังเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ตัวใดก็ได้ที่รองรับภาษาวีเอชดีแอล จึงทำให้การออกแบบด้วยภาษาวีเอชดีแอล จึงเป็นการออกแบบที่ไม่ยึดติดกับซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบ

2.4.1.5 Modeling Capability ผู้ออกแบบวงจรสามารถออกแบบวงจรโดยใช้ภาษาวีเอชดีแอล ได้หลายระดับตั้งแต่ระดับ Electronic boxes ถึงระดับทรานซิสเตอร์ และสามารถออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อนสูงและมีขนาดใหญ่มากได้

2.4.1.6 Reusability วงจรที่ออกแบบโดยภาษาวีเอชดีแอล สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่าย เนื่องจากสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขวงจรได้ง่าย

2.4.1.7 Documentation VHDL เป็นภาษาในรูปแบบบรรยายพฤติกรรม ทำให้เราสามารถอธิบายการทำงานของวงจรภายในการออกแบบได้ทันที

2.4.2 ลักษณะการใช้งานภาษาวีเอชดีแอล

การใช้งานภาษาวีเอชดีแอลอาจจำแนกออกเป็น 5 ประเภทดังนี้คือ

2.4.2.1 Document Language: ใช้สำหรับบรรยายรายละเอียดการทำงานของวงจรที่ออกแบบ

2.4.2.2 Design Language: ใช้สำหรับออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อนสูงเพื่อใช้ในการจำลองการทำงาน

2.4.2.3 Verification Language: ใช้ตรวจสอบการทำงานของวงจรที่ออกแบบว่ามีความถูกต้องหรือไม่

2.4.2.4 Test Language: ใช้สำหรับสร้าง Test Vector เพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับทดสอบการทำงานของวงจรที่ออกแบบ

2.4.2.5 Synthesis Language: ใช้สำหรับสร้างวงจรจริงเพื่อนำไป Implement เป็น Hardware ต่อไป

2.5 ภาษาวีเอชดีแอลเบื้องต้น

2.5.1 การใช้ตัวอักษรในภาษาวีเอชดีแอล

การใช้ตัวอักษรในภาษาวีเอชดีแอล นั้นอักษรตัวเล็กหรือใหญ่จะมีความหมายเหมือนกัน ผู้เขียนสามารถกำหนดรูปแบบการใช้ขนาดตัวอักษรได้เอง เช่น signal, variable, port name ใช้อักษรตัวเล็ก Constant หรือ signal ที่กำหนดขึ้นมาเองใช้อักษรตัวใหญ่ เพื่อให้สะดวกในการอ่าน code แล้วสามารถแยกแยะได้ทันทีว่า code แต่ละส่วนมีความหมายเป็นเช่นใด

2.5.1.1 การ assign ค่า signal ใช้เครื่องหมายน้อยกว่าหรือเท่ากับ (\leq)

2.5.1.2 แต่ละ statement จะต้องจบด้วยเครื่องหมาย semicolon (;) สามารถเขียนหลาย statement อยู่บนบรรทัดเดียวกันได้ โดยมี semicolon คั่นทุก statement ในบาง statement อาจมี statement ย่อยซ้อนอยู่ภายในได้ เช่น if... Then...else

2.5.1.3 การประกาศ signal หรือ variable หลายๆ อัน ใช้เครื่องหมาย comma (,) คั่นแต่ละ signal , variable

2.5.1.4 สามารถเขียน '--' ก่อนเขียน comment และจบการเขียน comment เมื่อขึ้นบรรทัดใหม่

2.5.2 Identifiers

2.5.2.1 พยัญชนะ A - Z , a - z

2.5.2.2 ตัวเลข 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9

2.5.2.3 เครื่องหมายขีดเส้นใต้ (Underscore) “ _ ”

2.5.2.4 ต้องขึ้นต้นด้วยพยัญชนะเสมอ

2.5.2.5 ชื่อสามารถประกอบด้วยพยัญชนะ ตัวเลข และเครื่องหมายขีดเส้นใต้จำนวนไม่จำกัด

2.5.2.6 การใช้เครื่องหมายขีดเส้นใต้ทุกครั้ง ต้องนำหน้าด้วยพยัญชนะหรือตัวเลขและตามด้วยพยัญชนะหรือตัวเลขเช่นกัน

2.5.2.7 พยัญชนะตัวเล็กหรือตัวใหญ่มีความหมายเหมือนกัน

2.5.2.8 ห้ามใช้คำสงวน (reserved word) ของภาษาวีเอชดีแอล

2.5.3 VHDL Structural Elements

ภาษาวีเอชดีแอล เป็นภาษาที่มีลักษณะเป็นโครงสร้าง โดยจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- 2.5.3.1 Entity
- 2.5.3.2 Architecture
- 2.5.3.3 Component
- 2.5.3.4 Package
- 2.5.3.5 Library
- 2.5.3.6 Configuration

2.5.4 Declaration of VHDL Objects

นอกจาก Elements ต่างๆ ที่กล่าวมา ในภาษาวีเอชดีแอล ยังมีส่วนประกอบอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า Objects ถ้าเปรียบเทียบกับภาษาในการเขียนโปรแกรมทางซอฟต์แวร์ Objects จะเปรียบเทียบกับตัวแปรและค่าคงที่ หรือเปรียบเทียบได้เหมือนภาษาซีไว้สำหรับเก็บค่าต่างๆ สามารถแบ่งออกได้ 3 class คือ

- 2.5.4.1 Constant เป็น Object ที่กำหนดค่าเริ่มต้นไว้แล้วไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้
- 2.5.4.2 Signal เป็น Object ที่สามารถกำหนดค่าที่สัมพันธ์กับเวลาให้ได้
- 2.5.4.3 Variable เป็น Object ที่สามารถกำหนดค่าให้ได้และสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้

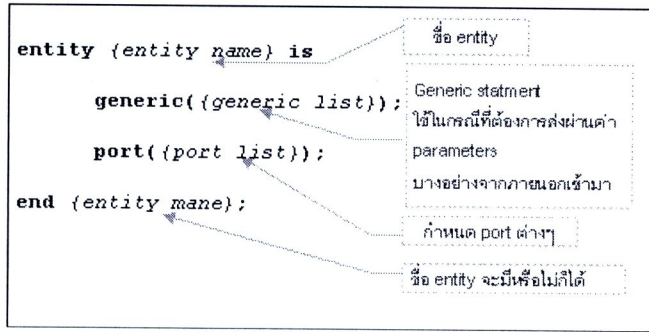
ตลอดการจำลองการทำงาน

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบต่างๆ

	Entity	Architecture	Process/Subprogram	Package
Subprogram	✗	✗	✗	✗
Component		✗		✗
Configuration		✗		
Constant	✗	✗	✗	✗
Data type	✗	✗	✗	✗

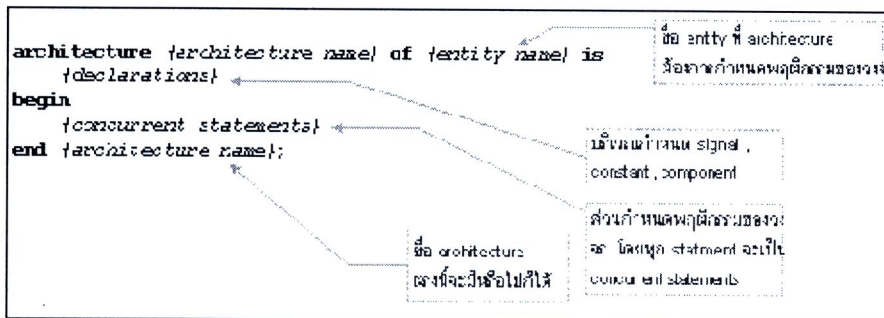
2.5.5 Entity and Architecture

2.5.5.1 Entity เป็นส่วนที่แสดงพอร์ตต่างๆของวงจร รวมทั้งการส่งผ่านค่าพารามิเตอร์บางอย่างระหว่างวงจรถับภายนอก รูปแบบการเขียนเป็นดังนี้



รูปที่ 2.1 รูปแบบการเขียน Entity

2.5.5.2 Architecture เป็นส่วนสำหรับเขียน statement ต่างๆเพื่อกำหนดพฤติกรรมการทำงานของวงจรที่ต้องการออกแบบ โดยมีพอร์ตติดต่อกับภายนอกตามที่กำหนดไว้ใน Architecture มีรูปแบบการเขียนดังนี้



รูปที่ 2.2 รูปแบบการเขียน Architecture

ดังนั้น Architecture จะใช้ร่วมกับ Entity เสมอ แต่ใน 1 Entity สามารถสร้าง Architecture ได้มากกว่า 1 Architecture ได้ โดยตั้งชื่อ Architecture ให้ต่างกันแล้วใช้ชื่อ entity ที่อ้างถึงเดียวกัน ถ้าเปรียบเทียบกับ การออกแบบด้วย Schematics แล้ว Entity นั้นเปรียบเสมือนเป็น Symbol ของวงจร มีหน้าที่อธิบายเพียงว่ามีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตเป็นอย่างไร ส่วน Architecture นั้นเปรียบได้กับ Schematics ของวงจรนั่นเอง

2.5.6 Entity port mode

ประเภทของ port ที่ประกาศใน entity ประกอบด้วย

2.5.6.1 input : เป็น port ทิศทางเดียว ที่นำค่าสัญญาณจากภายนอก เข้ามาใช้ภายในวงจรที่แสดงโดย Entity นั้นสามารถนำมา Source ให้กับสัญญาณอื่นได้ แต่ไม่สามารถเป็น Destination ใน Assign statement ได้

2.5.6.2 output : เป็น port ทิศทางเดียว นำค่าสัญญาณภายในออกไปสู่ภายนอก ไม่สามารถเป็น Source ให้กับสัญญาณใดๆใน Architecture ได้ เพราะมีทิศทางออกไปภายนอกทิศทางเดียว

2.5.6.3 in-out : เป็น port 2 ทิศทาง สามารถส่งสัญญาณเข้า และออกได้

2.5.6.4 buffer : เป็น port output ที่สามารถ Feedback สัญญาณที่ port กลับเข้ามาในวงจรได้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในลักษณะเป็นบทเรียนแบบโปรแกรม หรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. ประเวศร์ เดียววานิช [11] ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องคำสั่งพื้นฐานที่ใช้ควบคุมเครื่องกลึง CNC ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาเครื่องกล ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2535 จำนวน 20 คน ผลปรากฏว่า บทเรียนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 90.17/84.00 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

2. เตรียมพล ขอดคำ [12] ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน “ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้า” โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนระหว่างการเรียนแบบกลุ่มกับการเรียนแบบรายบุคคลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีพฤฒา กรุงเทพมหานคร เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการเรียนแบบกลุ่มและการเรียนแบบรายบุคคล โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนปรากฏว่าผลการเรียนทั้งสองไม่แตกต่างกัน

3. สุวิทย์ สินที [13] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การทดลองการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบ วิชาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบในวิชาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเบญจมราชานุสรณ์ ที่กำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2537 จำนวน 60 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำเรียนจาก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

0.05 และนักเรียนที่มี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน และเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

4. สุวรรณ เกษร [14] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ความคงทนและความชอบทางการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่เรียนเป็นรายบุคคลและรายกลุ่มที่มีขนาดของกลุ่มแตกต่างกัน วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ความคงทน และความชอบทางการเรียน จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จัดสถานการณ์การเรียน 3 วิธี คือ เรียนแบบรายบุคคล เรียนแบบรายกลุ่ม 2 คน และเรียนแบบรายกลุ่ม 3 คน ในวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 2 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จำนวน 72 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ทดลองเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามวิธีที่กำหนด คือ กลุ่มแรกเรียนแบบรายบุคคล กลุ่มที่ 2 เรียนแบบรายกลุ่ม 2 คน และกลุ่มที่ 3 เรียนแบบรายกลุ่ม 3 คน ผลการวิจัยปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์และความคงทนทางการเรียนที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีนัยสำคัญของความแตกต่างที่ระดับ 0.05 ความชอบทางการเรียนที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ผู้เรียนชอบการเรียนแบบรายกลุ่ม 2 คน มากกว่าการเรียนแบบรายบุคคลและแบบรายกลุ่ม 3 คน แต่วิธีการเรียนแบบรายกลุ่ม 2 คนกับวิธีการเรียนแบบรายบุคคล ผู้เรียนมีความชอบทางการเรียนไม่แตกต่างกันที่ระดับ 0.05

5. สุพรรณ แก้วฝัน [15] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบการสอนเรื่อง สไลด์เรลเกจอินดักชันมอเตอร์ เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ของบทเรียน โดยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรวม 7 หน่วย นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพเทคนิค ชั้นปีที่ 2 สาขาเครื่องเย็นและปรับอากาศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ จำนวน 21 คน ผลปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพ 84.97/80.95 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01

6. นิคม ลนขุนทด [16] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และ ความคงทนทางการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เสนอเนื้อหาแบบต่อเนื่องกันแบบสมบูรณ์ในการสอน เรื่องลอจิกเกตพื้นฐาน นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 18 คน จากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยปรากฏว่ากลุ่มที่ทดลองเรียนจาก

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สอนเนื้อหาแบบต่อเนื่อง มีผลสัมฤทธิ์และความคงทนทางการเรียน สูงกว่ากลุ่มทดลองที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เสนอเนื้อหาแบบสมบูรณ์ที่ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ 0.05

7. สมศักดิ์ จิวพัฒนา [17] ได้ทำการวิจัยเรื่อง สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาการระบบการ สื่อสารข้อมูล ตามหลักสูตรคอมพิวเตอร์ศึกษาของสถาบันราชภัฏ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและ ประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นำบทเรียนไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเป็น นักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยรวม คิด เป็นร้อยละเท่ากับ 91.61 คะแนนสอบหลังเรียนจบทั้งหมดเฉลี่ยรวมคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 87.64 สรุป ชุคบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพ 91.61/87.64 เมื่อนำคะแนนการทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยการทดสอบค่าที (t-test) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญที่ 0.05 คะแนนสอบเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 87.64 สูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 56.06 แสดงว่าบทเรียนทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นสามารถนำบทเรียนไปใช้ในการ เรียนการสอนได้

8. รื่นจิตร พัฒนยินดี [18] ได้ทำการวิจัยเรื่องประเภทของการชี้้นำความลึกในภาพบน จอคอมพิวเตอร์ที่มีผลต่อการรับรู้ของเด็กอนุบาล โดยศึกษาประเภทของตัวชี้้นำความลึกในภาพบน จอคอมพิวเตอร์ต่อการรับรู้และตัวเปรียบเทียบตัวชี้้นำความลึกประเภทต่างๆ ในภาพบน จอคอมพิวเตอร์ โดยใช้ตัวชี้้นำ 7 ประเภท ได้แก่ ตัวชี้้นำความลึกแบบแนวเส้น, ตัวชี้้นำความลึกแบบ ขนาด, ตัวชี้้นำความลึกแบบพื้นผิว, ตัวชี้้นำความลึกแบบซ้อนทับ, ตัวชี้้นำความลึกแบบเลือนหาย, ตัว ชี้้นำความลึกแบบแสงเงา และตัวชี้้นำความลึกแบบมุมสูง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นเด็กใน ระดับชั้นอนุบาลที่มีอายุ 5-6 ปี จำนวน 120 คน ผลการวิจัยพบว่าตัวชี้้นำความลึกแบบแนวเส้นมีผลต่อ การรับรู้ความลึกของภาพบนจอคอมพิวเตอร์ได้ดีกว่าตัวชี้้นำความลึกแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ส่วนตัวชี้้นำความลึกอื่นๆ จะเรียงลำดับผลของการรับรู้โยเรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ตัว ชี้้นำความลึกแบบมุมสูง, ตัวชี้้นำความลึกแบบซ้อนทับ, ตัวชี้้นำความลึกแบบเลือนหาย, ตัวชี้้นำความลึก แบบขนาด, ตัวชี้้นำความลึกแบบพื้นผิวและตัวชี้้นำความลึกแบบแสงเงา

9. ณริศร์ กาญจนภาส [19] ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นหลังสำหรับตัวอักษรบน จอคอมพิวเตอร์ที่ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทย ที่มีต่อความยากง่ายของ นักเรียนชั้นประถม โดยได้วิจัยถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นหลังสำหรับตัวอักษรบนจอคอมพิวเตอร์ ที่มีต่อความยากง่ายในการ อ่าน โดยใช้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2540 จากโรงเรียนวัดคดอกไม้ สังกัดสำนักงาน การประถมศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 90 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างคำที่ปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์ ที่มีพื้นหลังที่แตกต่างกัน 6 ประเภท ได้แก่ ประเภทสีคล้ำ, ประเภทรูปทรงเรขาคณิต, ประเภทรูปทรง

อินทรีย์รูป, ประเภทรูปทรงอิสระ, ประเภทภาพทิวทัศน์ทางธรรมชาติ และประเภทภาพภูมิทัศน์ทางสถาปัตยกรรม จากการวิจัยพบว่ามรเฉพาะพื้นหลังประเภทรูปทรงอิสระและพื้นหลังประเภทรูปทรงเรขาคณิต มีความยากในการอ่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนพื้นหลังแบบอื่นๆ ไม่พบความแตกต่างของความยากง่ายในการอ่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

10. อัมพิกา โกมณเมียร [20] ได้ทำการวิจัยเรื่อง แบบตัวอักษรไทยบนจอคอมพิวเตอร์ที่มีผลต่อความชัดเจนในการอ่านของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม, โรงเรียนพญาไทย, โรงเรียนอนุบาลสามเสนวิทยาลัย, โรงเรียนวินิตประถม และโรงเรียนปทุมวัน รวมจำนวน 90 คน โดยใช้แบบตัวอักษรอักษภาษาไทย 6 ประเภท คือ ตัวเอนหนา, ประเภทตัวธรรมดา, ประเภทตัวแคบ, ประเภทตัวหนา, ประเภทตัวเส้นขอบ, และประเภทตัวดำ ผลการวิจัยพบว่า ตัวอักษรประเภทตัวธรรมดามีผลต่อความชัดเจนในการอ่านบนจอคอมพิวเตอร์ได้ดีกว่าตัวอักษรประเภทอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนตัวอักษรประเภทอื่นมีผลต่อความชัดเจนในการอ่านโดยเรียงลำดับจากดีจนถึงไม่ดีที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้ดังนี้ ประเภทตัวเอน, ประเภทตัวแคบ, ประเภทตัวดำ, ประเภทตัวหนา สุดท้ายคือประเภทตัวเส้นขอบ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าส่วนใหญ่เป็นการนำเอาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นตัวช่วยพัฒนาการศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นต่างๆ เหล่านี้เป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบว่า นักเรียนที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเทียบเท่าหรือสูงกว่าการเรียนแบบปกติ นอกจากนี้ผู้เรียนยังมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอีกด้วย และจากการศึกษายังพบอีกว่าผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยส่วนใหญ่มีการทำวิจัยในลักษณะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้นมาเพียงหัวเรื่องเดียว และทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพและประสิทธิผลกับวิธีการสอนปกติหรือ เปรียบเทียบผลกับการใช้สื่อประเภทอื่น ๆ หรือสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้นมา และนำไปทดลองสอนเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เช่นศึกษาผลของการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนแบบรายบุคคล และแบบกลุ่มศึกษาผลของการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบ เป็นต้น ต่อมาในระยะหลังเริ่มมีการวิจัยเพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีเนื้อหาครบถ้วนทั้งรายวิชา และสอดคล้องกับหลักสูตรที่ใช้ในการเรียนการสอนจริง