

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบความงอกของเมล็ด ประกอบด้วย: เนื้อหาวิชาการทดสอบความงอกของเมล็ด
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วย:
 - 2.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 2.2 คุณลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 2.3 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 2.4 ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 2.5 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 2.6 ทฤษฎี (จิตวิทยา) การออกแบบการเรียนการสอน
 - 2.7 จิตวิทยาเกี่ยวกับการเรียนรู้ของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องเนื่องกับการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 2.8 โปรแกรมที่ใช้ในการการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
3. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบความงอกของเมล็ด

การทดสอบความงอก

การทดสอบความงอกเป็นการทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการงอกของเมล็ด เมื่อเมล็ดนั้นได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การงอก โดยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนปกติ (Normal Seedling) ซึ่งเราจะนำไปใช้ประโยชน์ในการคาดคะเนความงอกของเมล็ดเมื่อนำไปปลูกหรือใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ระหว่างล็อต

การทดสอบความงอก ในที่นี้ หมายถึง การทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการหรือที่เรียกว่า Germination Test เป็นการทดสอบที่จัดให้เมล็ดได้รับสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้น อุณหภูมิ แสง วัสดุเพาะ ให้เหมาะสมแก่การงอก เพื่อให้เมล็ดงอกได้อย่างสม่ำเสมอและรวดเร็ว อย่างไรก็ตามที่จะเรียนรู้ถึงวิธีการทดสอบความงอกและปัจจัยที่สำคัญต่อการงอกของเมล็ด จำเป็นต้องทราบถึงโครงสร้างของเมล็ดและโครงสร้างต้นอ่อนของเมล็ดเสียก่อน จึงจะช่วยให้เข้าใจถึง

ธรรมชาติในการงอกของเมล็ดและจะช่วยให้สามารถดำเนินการทดสอบความงอกได้อย่างถูกต้อง (Copeland & McDonarld, 1995)

โครงสร้างของเมล็ด

เมล็ด (Seed) หมายถึง โอวูล (Ovule) ที่อยู่ภายในรังไข่ของเกสรตัวเมีย ซึ่งมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้วหลังจากที่ได้มีการปฏิสนธิ (Fertilization) และพัฒนาเจริญเติบโตจนเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ เมล็ดพันธุ์หนึ่งเมล็ดอาจเกิดจากผลหนึ่งผล (ซึ่งเกิดจากส่วนของเมล็ดและส่วนของผลเชื่อมต่อกัน) เช่น ข้าว ข้าวโพด ผักกาดหอม หรือในหนึ่งผลมีจำนวนหลายเมล็ดก็ได้ ซึ่งเกิดในผลที่เราเรียกว่า ผล เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว หรือผลที่มีสองเมล็ด เช่น ผักชี เป็นต้น (Kigel & Galli, 1995)

เมล็ดพืชแต่ละชนิดมีลักษณะโครงสร้างภายนอกและภายในแตกต่างกันไป ดังนั้นในการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ผู้ตรวจสอบควรมีความรู้ในเรื่องโครงสร้างและลักษณะต่างๆ ของเมล็ดเพื่อเป็นพื้นฐานในการปฏิบัติงาน

เมล็ดประกอบด้วยโครงสร้างที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. เปลือกหุ้มเมล็ด (Seed Coat) เป็นโครงสร้างชั้นนอกสุดของเมล็ด ทำหน้าที่ป้องกันส่วนประกอบต่างๆ ที่อยู่ภายในเมล็ด รวมทั้งควบคุมการดูดซึมน้ำและอากาศ เปลือกหุ้มเมล็ดโดยทั่วไปมี 2 ชั้น คือ เปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอก เรียกว่า Testa จะมีลักษณะหนา แข็งและเหนียว และเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นใน เรียกว่า Tegma ซึ่งจะมีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ โดยในพืชบางชนิด บางส่วนของเยื่อหุ้มโอวูลจะเชื่อมติดกับเปลือกของผล (Pericarp) เป็นบางส่วนหรือเชื่อมติดกันทั้งหมดก็ได้ นอกจากนี้แล้วบนเปลือกหุ้มเมล็ดยังมีโครงสร้างพิเศษที่แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช เช่น

- Micropyle เป็นช่องหรือรูเล็กๆ เห็นได้ชัดบนเปลือกหุ้มเมล็ดของพืชตระกูลถั่ว
- Hilum เป็นรอยแผลบนเปลือกหุ้มเมล็ดที่เกิดจากก้านชูโอวูลหลุดออกจากเมล็ดเมื่อเมล็ดแก่เต็มที่ จะเห็นได้ชัดในพืชตระกูลถั่วเช่นกัน
- Caruncle เป็นกลุ่มของเซลล์ที่เกิดใกล้กับ Micropyle โดยเกิดจากการแบ่งเซลล์ของเยื่อหุ้มโอวูลชั้นนอก
- Wing เป็นส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกที่ขึ้นแผ่เป็นแผ่น เช่น เมล็ดมะรุม

2. คัพภะ (Embryo)

เป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งของเมล็ดพันธุ์เพราะส่วนนี้จะเจริญเติบโตเป็นต้นพืชต่อไป โดยทั่วไปคัพภะจะประกอบด้วย ยอดอ่อน (Plumule) และรากอ่อน (Radicule) คัพภะจะมี

ขนาดเล็กมากจึงมักไม่เห็นส่วนของลำต้น สำหรับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมีรายละเอียดอื่น ๆ อีก เช่น ปลอกหุ้มยอดอ่อน (Coleoptile) ปลอกหุ้มรากอ่อน (Coleorhiza)

3. เนื้อเยื่อสะสมอาหาร (Storage Tissue)

ทำหน้าที่สะสมอาหารไว้ใช้ในการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ในขบวนการงอกของเมล็ดอาหารจะถูกย่อยสลายเพื่อนำพลังงานที่ได้ไปใช้ในการเจริญเติบโตหรือสร้างเซลล์พืชใหม่ ดังนั้นเนื้อเยื่อสะสมอาหารจึงมีความสำคัญต่อศักยภาพในการที่จะเจริญเติบโตไปเป็นต้นอ่อน (Seedling) จนกว่าต้นอ่อนจะสามารถสังเคราะห์อาหารได้เอง (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2538)

ปัจจัยที่สำคัญต่อการงอกของเมล็ด

1. น้ำ เป็นปัจจัยที่สำคัญอันดับแรกต่อการงอกของเมล็ด เพราะน้ำจะช่วยให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่ม ทำให้น้ำซึมผ่านเข้าสู่ภายในเมล็ดได้ นอกจากนี้น้ำยังเป็นตัวทำลายโปรโตพลาสซึมโมเลกุลของอาหารที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อสะสมอาหารของเมล็ดจะถูกย่อยสลายให้มีโมเลกุลเล็กลงจนสามารถถูกดูดซึมและเคลื่อนย้ายได้ รวมทั้งเป็นพาหะในการเคลื่อนย้ายอาหารไปยังจุดเจริญ ดังนั้นเมล็ดควรได้รับความชื้นที่พอเหมาะแก่การงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อน น้ำที่ใช้ทดสอบความงอกจะต้องเป็นน้ำที่สะอาด ค่า pH ระหว่าง 6 – 7.5 ในการให้ความชื้นแก่วัสดุเพาะจะต้องไม่ให้น้ำมากเกินไป โดยสังเกตว่าถ้ามีฝ้าเกาะอยู่รอบ ๆ เมล็ดถือว่าให้น้ำมากเกินไป แต่ถ้าในขณะที่เพาะ วัสดุเพาะแห้งสามารถให้น้ำเพิ่มได้

2. อุณหภูมิ พืชแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิในการงอกที่แตกต่างกัน ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การงอก มีทั้งช่วงอุณหภูมิคงที่ (Constant Temperature) และช่วงอุณหภูมิสลับ (Alternate Temperature) ช่วงอุณหภูมิสลับหมายถึง ใน 24 ชั่วโมงให้เมล็ดได้รับอุณหภูมิต่ำนาน 16 ชั่วโมง และให้เมล็ดนั้นได้รับอุณหภูมิสูงนาน 8 ชั่วโมง เช่น ข้าวสาลีต้องการอุณหภูมิ 15 – 20 องศาเซลเซียสในการงอก ดังนั้นควรตั้งอุณหภูมิในตู้เฉพาะ (Germinator) ที่ 15 องศาเซลเซียส นาน 16 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนเป็น 20 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง

3. ออกซิเจน มีความจำเป็นต่อขบวนการหายใจของพืช โดยในสภาพอากาศตามปกติมีออกซิเจนอยู่ประมาณ 20% ซึ่งเพียงพอต่อการใช้ในการงอกของเมล็ดอยู่แล้ว ดังนั้นในการเพาะเมล็ด ถ้าวัสดุเพาะมีน้ำมากเกินไป น้ำจะเกาะอยู่รอบ ๆ เมล็ดหรือท่วมเมล็ด ซึ่งจะจำกัดปริมาณออกซิเจนที่ซึมผ่านเข้าเมล็ดได้ อาจจะทำให้เมล็ดไม่งอกเลย

4. แสง เมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่สามารถงอกได้โดยไม่ต้องใช้แสง แต่มีพืชบางชนิดที่จะต้องให้แสงเป็นตัวกระตุ้นความงอก เช่น ผักกาดหอม พริก มะเขือเทศ เป็นต้น ดังนั้นในการทดสอบความงอกจะต้องให้เมล็ดได้รับแสง ซึ่งอาจจะเป็นแสงจากหลอดไฟในตู้เพาะหรือแสงอาทิตย์ตามธรรมชาติก็ได้ อย่างไรก็ตามเราสามารถใช้อาหารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

(Plant Growth Regulator) เช่น Gibberellin เพื่อทดแทนความต้องการแสงก็สามารถช่วยให้เมล็ดงอกได้ (Boesewinkel & Bouman, 1995)

วิธีการทดสอบความงอก

ในการปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานสากล เมล็ดที่นำมาทดสอบความงอกจะเป็นเมล็ดที่ผ่านการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ (Purity Analysis) ในส่วนที่เป็น Pure Seed หรือเมล็ดพันธุ์สุทธิ ดังนั้น เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพการงอกที่แท้จริงของตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ทำการทดสอบ จะต้องมีการสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ทำการทดสอบ จะต้องมีการสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์และนำมาแบ่งตัวอย่างตามหลักวิชาการก่อนการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ และถ้าตัวอย่างเมล็ดพันธุ์สุทธิตั้งแต่ได้มาจากวิธีการดังกล่าวแล้วมีเมล็ดลีบ เสียหาย เมล็ดขนาดเล็กหรือเป็นโรคปะปนอยู่ ก็ต้องนำมาทดสอบความงอกด้วย โดยผู้ปฏิบัติจะต้องไม่คัดเลือกเฉพาะเมล็ดที่สมบูรณ์หรือเมล็ดที่มีขนาดใหญ่เท่านั้น

วิธีการทดสอบความงอกที่นิยมใช้ส่วนใหญ่เป็นการจำแนกตามวัสดุที่ใช้เพาะ (Substrates) โดยแบ่งได้ดังนี้

1. การทดสอบความงอกโดยใช้กระดาษเพาะ (Paper)

กระดาษเพาะที่ดีควรจะอุ้มน้ำได้ดี สะอาด ไม่เป็นกรดหรือเป็นด่างมากจนทำให้เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน เนื้อกระดาษไม่อ่อนยุ่ยเมื่อถูกน้ำ จนกระทั่งรากของต้นอ่อนงอกจนไขเข้าในเนื้อกระดาษ การเพาะความงอกในห้องปฏิบัติการไม่นิยมใช้กระดาษฟางเนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำ เนื้อกระดาษเมื่อถูกน้ำจะเป็นเมือก และกระดาษจะขึ้นราง่าย ควรใช้กระดาษเพาะที่มีคุณภาพที่นิยมใช้กันในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบความงอกโดยใช้กระดาษเพาะ สามารถปฏิบัติได้ 3 วิธีคือ

1.1 TP (Top of Paper) คือการเพาะเมล็ดบนกระดาษที่มีความชุ่มชื้น โดยเริ่มจากการวางกระดาษที่พับซ้อนกันลงในภาชนะที่มีฝาปิด เรียงเมล็ดบนกระดาษแล้วปิดฝาภาชนะเพื่อรักษาความชื้น วิธีการนี้นิยมใช้กับเมล็ดที่มีขนาดเล็ก เช่น เมล็ดผัก เมล็ดหญ้า เมล็ดดอกไม้ เป็นต้น

1.2 BP (Between Paper) คือ การเพาะเมล็ดโดยวางเมล็ดระหว่างชั้นของกระดาษ โดยนำกระดาษที่แช่น้ำให้มีความชุ่มชื้นมาวางซ้อนกัน 2 แผ่นแล้วเรียงเมล็ดจำนวน 50 หรือ 100 เมล็ดลงบนกระดาษปิดทับด้วยกระดาษที่มีความชื้นอีกแผ่นหนึ่ง พับกระดาษจากขอบกระดาษส่วนล่างขึ้นประมาณ 1 นิ้ว แล้วม้วนกระดาษจากขอบซ้ายไปขวา วางม้วนกระดาษตั้งขึ้น จากนั้นนำไปใส่ถุงพลาสติกหรือกล่องพลาสติกเพื่อรักษาความชื้น วิธีการนี้เรียกว่า rolled paper ก็ได้ นิยมใช้เพาะเมล็ดพันธุ์พืชไร่ เช่น ข้าว ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ข้าวโพด ฝ้าย เป็นต้น

1.3 PP (Pleated Paper) คือ การเพาะในกระดาดที่มีรอยพับจีบเหมือนกระดาดอัดพลีท โดยวางเมล็ดลงในร่องพลีท นิยมใช้กับเมล็ดที่มีต้นอ่อน 2–3 ต้นใน 1 เมล็ด เช่น เมล็ดผักชี การเพาะโดยวิธีนี้จะช่วยให้การประเมินผลต้นอ่อนสะดวกขึ้น เนื่องจากต้นอ่อนไม่พันกันหรือปะปนกัน (จวงจันทร ควงพัฒนา, 2529)

2. การทดสอบการงอกโดยใช้ทราย (Sand)

ทรายที่ใช้ในการทดสอบความงอกควรเป็นทรายที่สะอาด ซึ่งสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ หรือ International Seed Testing Association (ISTA) ได้กำหนดขนาดของทรายที่เหมาะสมคือ ขนาดระหว่าง 0.05–0.8 มิลลิเมตร ค่า pH อยู่ระหว่าง 6–7.5 การเพาะด้วยทราย นิยมใช้กับเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ ต้องการความชื้นในการงอกมาก ทรายที่ใช้เพาะเมล็ดธัญพืชควรมีความชื้นประมาณ 50% ของความสามารถในการดูดซับน้ำของทราย (Water-Holding Capacity) สำหรับพืชตระกูลถั่วที่มีเมล็ดขนาดใหญ่ควรใช้ทรายที่มีความชื้นประมาณ 60%
คำอธิบายศัพท์

TP	หมายถึง	Top of Paper	BP	หมายถึง	Between Paper
PP	หมายถึง	Pleated Paper	S	หมายถึง	Sand

KNO_3 หมายถึง ใช้สารละลายโปแตสเซียมไนเตรท 0.2% แทนน้ำ วิธีการเตรียมสารละลาย ให้ใช้โปแตสเซียมไนเตรท 1 กรัม ละลายในน้ำ 500 ซี.ซี. การเพาะเมล็ดให้แช่กระดาดเพาะลงในสารละลายที่เตรียมไว้แทนน้ำ หากเมล็ดงอกแล้วกระดาดเพาะแห้ง สามารถใช้น้ำแทนสารละลายโปแตสเซียมไนเตรทเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับวัสดุเพาะได้

GA_3 หมายถึง ใช้ Gibberellic Acid ความเข้มข้น 0.05% แทนน้ำวิธีการเตรียมสารละลาย ใช้ GA_3 0.5 กรัม ค่อน้ำ 1000 ซี.ซี. นิยมใช้แก้การพักตัวของธัญพืช เช่น ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น ถ้าเมล็ดมีการพักตัวเล็กน้อย อาจจะใช้ความเข้มข้นเพียง 0.02% แต่ถ้าเมล็ด มีการพักตัวมากก็ให้เพิ่มความเข้มข้นเป็น 0.1% อย่างไรก็ตามหากใช้ความเข้มข้นของสารละลายมากกว่า 0.08% มีข้อเสนอแนะว่าควรเตรียมสารละลายโดยการละลาย GA_3 ลงใน Phosphate Buffer Solution ซึ่งเตรียมได้โดยละลาย 1.7999 กรัม ของ $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 1.3799 กรัม ของ $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ลงในน้ำกลั่น 1,000 ซี.ซี.

H_2SO_4 หมายถึง แห่เมล็ดลงในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (ประมาณ 98%) ก่อนเพาะ นิยมใช้กับเมล็ดพืชอาหารสัตว์ซึ่งมีเปลือกหุ้มเมล็ดแข็ง น้ำซึมผ่านได้ยาก การแห่เมล็ดลงในกรดเข้มข้นต้องใช้ภาชนะแห้งหรือกระเบื้องที่มีความคงทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี วิธีการแห่เมล็ดที่ปลอดภัย คือ ใช้ภาชนะที่ใช้กันในห้องปฏิบัติการเคมี ซึ่งเป็นภาชนะที่มีลักษณะเหมือนกับถ้วยกระเบื้องมีรูเล็ก ๆ อยู่ที่ยกด้วยหรือที่เรียกว่า Crucible ถูมนับเมล็ดที่ต้องการเพาะลงในถ้วยนี้

จากนั้นนำถ้วยนี้ไปวางซ้อนในบีกเกอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย เทกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไปให้ท่วมเมล็ด ระยะเวลาที่แช่เมล็ดขึ้นอยู่กับเมล็ดพืชนั้น ๆ แล้วใช้ปากคีบถ้วยที่มีเมล็ดนี้ขึ้นมา โดยให้กรดหยดลงบีกเกอร์จนหมด จากนั้นนำถ้วยนี้ไปแกว่งในน้ำจนสะอาด ข้อควรระวังคืออย่าเทน้ำลงในกรดเข้มข้น จะต้องเทกรดลงน้ำและระวังไม่ให้กรดถูกร่างกาย

การให้เมล็ดผ่านความเย็น (Prechill) หมายถึง การนำเมล็ดที่เพาะลงในวัสดุเพาะเรียบร้อยแล้วไปวางไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิประมาณ 5 – 10 องศาเซลเซียส หรือไว้ในตู้เย็นที่ตั้งอุณหภูมิให้เย็นจัด (ไม่ให้ใส่ในช่องน้ำแข็ง) ประมาณ 3-7 วัน ระยะเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับระยะพักตัวและชนิดของเมล็ด จากนั้นจึงนำออกมาวางในตู้เพาะตามปกติ

การอบความร้อน (Preheat) หมายถึง การนำเมล็ดไปอบด้วยความร้อนในตู้อบ (Oven) เช่น ข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆ อยู่ในระยะพักตัว ก่อนเพาะให้นำเมล็ดไปอบที่อุณหภูมิ 50°C นานประมาณ 5 วัน แล้วจึงนำมาเพาะด้วยวิธีการตามปกติต่อไปสำหรับถั่วลิสงที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆ อาจจะมีการพักตัว ซึ่งสามารถอบด้วยความร้อนอุณหภูมิ 40°C เพื่อแก้การพักตัวได้

แสง หมายถึง การให้เมล็ดได้รับแสงขณะเพาะอย่างน้อย 8 ชั่วโมงต่อวัน ถ้าใช้อุณหภูมิสลับควรให้แสงในช่วงอุณหภูมิสูง ความเข้มของแสงที่เหมาะสมคือ 750–1,250 Lux

การหุ้มเมล็ด หมายถึง ใช้ในกรณีเมล็ดผักซึ่งมีเปลือกหนา ก่อนเพาะให้สัมนับเมล็ดตามจำนวนที่ต้องเพาะ แช่น้ำประมาณ 1 ชั่วโมงแล้วนำมาห่อด้วยผ้าที่แช่น้ำให้ชุ่มชื้น นำไปใส่กล่องพลาสติก ปิดฝากล่อง ตั้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 1 คืน แล้วจึงนำมาทดสอบความงอกต่อไป

อุณหภูมิสลับ เช่น อุณหภูมิ 20–30 องศาเซลเซียส หมายถึง การตั้งตู้ทดสอบความงอก (Germinator) ให้มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 16 ชั่วโมง แล้วตั้งอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง (ปริญดา ศรีวิเศษ, 2539)

การงอกและพัฒนาการของต้นอ่อน

เมล็ดที่มีชีวิตเมื่อได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ออกซิเจน และแสง (ในพืชบางชนิด) ก็จะสามารถงอกได้ โดยเริ่มคุดน้ำก่อน เมื่อเนื้อเยื่อของเมล็ดพองตัวเปลือกหุ้มเมล็ดก็จะอ่อนนุ่มและมีความยืดหยุ่น รากแก้วจะแทงโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดและงอกยาวออกมาอย่างรวดเร็วพร้อมทั้งมีรากอื่น ๆ เกิดขึ้นด้วย ต่อจากนั้นส่วนของยอดก็จะพัฒนาตามมา ต้นอ่อนที่งอกโดยมีใบเลี้ยงโผล่พ้นดินขึ้นมาด้วยเรียกการงอกแบบนี้ว่า Epigeal Germination แต่ถ้างอกโดยส่วนของใบเลี้ยงยังคงอยู่ใต้ดินเรียกว่า Hypogeal Germination

พืชใบเลี้ยงคู่หลายชนิดมีการงอกแบบ Epigeal Germination การงอกประเภทนี้ เมื่อรากแก้วงอกออกมา ส่วนลำต้นจะงอกบิดตัวออกดึงเอาใบเลี้ยงและยอดอ่อนให้โผล่พ้นดินขึ้นมาด้วย ใบเลี้ยงจะเจริญเติบโตเปลี่ยนสีเขียว ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงเป็นส่วนแรกให้ต้นอ่อน

แล้วส่วนของ Epicotyl และตาชอดจะพัฒนาต่อไป พืชในกลุ่มนี้ ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วเขียว แครอท ผักกาดหอม ผักกาดหัว พริก กระเทียม เป็นต้น

การงอกแบบ Hypogeal มักจะพบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเป็นส่วนใหญ่ เช่น ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด และพืชใบเลี้ยงคู่บางชนิด เช่น ถั่วลิสง แตงโม หน่อไม้ฝรั่ง ก็มีการงอกแบบ Hypogeal เช่นกัน การงอกแบบนี้ ส่วนของลำต้นอ่อน (Hypogeal) จะเจริญเพียงเล็กน้อยและส่วนของใบเลี้ยงจะยังคงอยู่ภายใต้เปลือกหุ้มเมล็ดภายใต้ผิวดิน การงอกของหน่อไม้ฝรั่ง Epicotyl เป็นส่วนที่ยืดยาวโค้งตัวออกจากเปลือกหุ้มเมล็ดแล้วดึงให้ ส่วนยอดโผล่พ้นดินโดยใบเลี้ยงยังคงอยู่ใต้ผิวดิน แต่ถ้าเป็นพืชตระกูลหญ้าและพวงรัญพืช ส่วนของ Epicotyl จะไม่ยืดยาวออก ส่วนของลำต้นทำหน้าที่สังเคราะห์แสงเป็นส่วนแรก คือ ใบจริงซึ่งพัฒนาขึ้นมาจาก Plumule (Bewley & Black, 1994)

ในการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ เราจำเป็นต้องทราบถึงโครงสร้างของต้นอ่อนว่าประกอบด้วยส่วนใดบ้าง และแต่ละส่วนมีหน้าที่อย่างไร ซึ่งควรจะทำความเข้าใจกับคำนิยามศัพท์ต่อไปนี้ (จวงจันทร์ คงพัตรา, 2529)

Adventitious Root	หมายถึง รากที่งอกออกมาจากส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่รากแก้ว เช่น รากที่งอกจากส่วนของลำต้นใต้ดิน
Coleoptile	หมายถึง ปลอกหุ้มยอดอ่อนของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จะเห็นได้ในส่วนของคัพภะและเมื่องอกออกเป็นต้นอ่อน
Coleorhiza	หมายถึง ปลอกหุ้มรากอ่อน จะเห็นได้ในระยะที่เป็นคัพภะ
Embryo	หมายถึง ต้นอ่อนเล็ก ๆ ที่อยู่ในเมล็ดหรือเรียกว่า คัพภะ เมื่อเมล็ดงอกคัพภะจะเป็นส่วนที่เจริญเติบโตเป็นต้นพืช
Epicotyl	หมายถึง ส่วนของต้นอ่อนที่อยู่ระหว่างใบเลี้ยงกับใบจริง
Hypocotyl	หมายถึง ส่วนของลำต้นอ่อนของพืชที่อยู่ใต้ใบเลี้ยงลงมา ก่อนถึงราก
Lateral Root	หมายถึง รากแขนง หรือรากที่งอกหรือแตกแขนงออกมาจากรากอื่น
Mesocotyl	หมายถึง ส่วนที่อยู่ระหว่าง Scutellum และ Shoot Apex ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น พืชในตระกูล Graminae เมื่อเมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนส่วนของ Mesocotyl คือส่วนที่อยู่ระหว่างโคน ปล้องของใบถึงส่วนที่อยู่เหนือราก

Plumule	หมายถึง	ยอดอ่อนของต้นอ่อน
Radicle	หมายถึง	ส่วนรากของคัพภะ เมื่อเมล็ดงอกจะเจริญเติบโตเป็นรากแก้ว
Secondary Root	หมายถึง	รากทุกชนิดที่ไม่ใช่รากแก้ว เช่น Adventitious Root และ Lateral Root (เป็นศัพท์ที่ใช้เรียกในการทดสอบความงอก)
Seminal Roots	หมายถึง	ระบบรากที่รวมรากแก้วและในขณะที่ยอดงอกความงอกโดยเฉพาะในธัญพืช
Secondary Infection	หมายถึง	การติดเชื้อจากเมล็ดอื่นหรือต้นอ่อนต้นอื่นที่ไม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากเมล็ดนั้น ๆ เอง

โครงสร้างที่สำคัญของต้นอ่อน

พืชใบเลี้ยงคู่ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

ราก ทำหน้าที่ยึดต้นพืชให้ติดกับดิน คุมน้ำและธาตุอาหารจากดินเพื่อส่งไปยังใบเลี้ยง และส่วนยอดรากอันแรกที่ยงออกมาจากเมล็ดคือ รากแก้ว (Primary Root) ส่วนใหญ่จะมีสีขาวเรียวยาว รากจะยืดยาวอย่างรวดเร็วพร้อมทั้งมีรากขนอ่อนเกิดขึ้นด้วย เพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับน้ำให้มากขึ้น หลังจากนั้นรากแขนงอาจจะงอกออกจากรากแก้วหรือมีรากอื่น ๆ งอกขึ้นมาด้วย

ลำต้นอ่อน (Hypocotyl) คือส่วนของโครงสร้างต้นอ่อนที่อยู่ระหว่างรากกับใบเลี้ยง พืชที่มีการงอกแบบ Hypogeal เรามักจะไม่เห็นส่วนของลำต้นอ่อนได้ชัดเจนดังเช่นพืชที่มีการงอกแบบ Epigeal ในส่วนของลำต้นอ่อนนี้จะมีท่อลำเลียงน้ำและอาหารเพื่อไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของต้นอ่อน

ใบเลี้ยง (Cotyledon) ในพืชที่มีการงอกแบบ Epigeal ใบเลี้ยงคืออวัยวะส่วนแรกที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ให้ต้นอ่อน เมื่อเมล็ดงอกโผล่พ้นดินขึ้นมาแล้ว ใบเลี้ยงจะขยายตัวอย่างรวดเร็วซึ่งจะช่วยในการเจริญเติบโตของต้นอ่อนในระยะแรกเมื่อต้นอ่อนงอกขึ้นมาและจะหมดหน้าที่ไปเมื่อต้นอ่อนมีใบจริง

อีพิคอตทิล (Epicotyl) คือส่วนของต้นอ่อนที่อยู่ระหว่างใบเลี้ยงกับใบจริง ในพืชที่มีการงอกแบบ Hypogeal เราจะเห็นส่วนนี้ได้ชัดเจน แต่พืชที่มีการงอกแบบ Epigeal จะเห็นไม่ชัดเจน

ดาบอด (Shoot Apex) เป็นส่วนที่อยู่บนสุดของต้นอ่อน ซึ่งจะเจริญเติบโตต่อไป พืชใบเลี้ยงเดี่ยว ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างต้นอ่อนของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะไม่ค่อยเป็นรูปแบบเดียวเหมือนเช่นพืชใบเลี้ยงคู่ มักจะมีส่วนที่พิเศษแตกต่างไปบ้าง

รากแก้วของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด เช่น หอม (Allium) จะมีชีวิตอยู่ได้ไม่นาน แต่จะมีระบบรากอื่น ๆ ที่ไม่ใช่รากแก้ว (Secondary Root) ขึ้นมาทดแทนซึ่งจะยังไม่เห็นในขณะนี้

ทดสอบความงอก ดังนั้นจึงไม่มีการผลิตรากแขนง แต่ในพืชบางชนิด เช่น ข้าวสาลี จะไม่เห็นความแตกต่างของรากแก้วกับ Secondary Root เพราะรากเหล่านี้จะงอกและเจริญเติบโตพร้อมกัน ซึ่งเรียกรวมว่า Seminal Roots

โดยทั่วไปในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะไม่เห็นส่วนของลำต้นอ่อนได้ชัดเจนเหมือนพืชใบเลี้ยงคู่ ยกเว้นจะเห็น Epicotyl ได้ชัดเจนในพืชบางชนิด เช่น หน่อไม้ฝรั่ง แต่ในพืชพวกข้างฟ้า ข้าวโพดจะเห็น Mesocotyl ได้อย่างชัดเจน

ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น พืชตระกูลหญ้า ส่วนของใบเลี้ยงจะแยกเป็น 2 ส่วนที่อยู่แยกกันและทำหน้าที่แตกต่างกันคือ ส่วนแรกเรียกว่า Scutellum ทำหน้าที่ดูดซับอาหารที่สะสมไว้ และอีกส่วนหนึ่งคือ Coleoptile ทำหน้าที่ห่อหุ้มตายอดหรือยอดอ่อน ขณะที่ต้นอ่อนโผล่งอกพ้นดิน

ใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวก็พบว่าการงอกทั้งชนิด Epigeal Germination เช่น หอม และ Hypogeal Germination เช่น หน่อไม้ฝรั่ง หนุ่ย และธัญพืชชนิดต่าง ๆ

การประเมินผลต้นอ่อน (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2538; พิระยศ แจ่มจัน, 2546)

เมื่อเมล็ดงอกออกมาเป็นต้นอ่อน (Seedling) การตรวจนับต้นอ่อนโดยปกติจะตรวจนับ 2 ครั้ง คือ การนับครั้งแรก (First Count) ซึ่งจะตรวจนับต้นอ่อนที่เจริญเติบโตสมบูรณ์ดีเท่านั้น และจะเหลือต้นอ่อนที่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่หรือต้นอ่อนปกติไว้ตรวจนับครั้งสุดท้าย (Final Count) อย่างไรก็ตามบางครั้งเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาของการทดสอบแล้ว ยังมีต้นอ่อนที่งอกช้าและไม่แน่ใจว่าควรจะนับเป็นต้นปกติหรือไม่ ก็ให้ใช้ระยะเวลาการทดสอบออกไปเล็กน้อย หากเมล็ดงอกช้าเมื่อถึงระยะเวลาประเมินผลต้นอ่อนแล้วยังมีขนาดเล็กให้ใช้ระยะเวลาออกไปได้อีกประมาณ 7 วัน หรือประมาณครึ่งหนึ่งของระยะเวลาที่ตรวจนับต้นอ่อนครั้งสุดท้ายของพืชชนิดนั้น ๆ เพื่อรอคุณลักษณะของต้นอ่อนให้ชัดเจน ในกรณีที่เพาะโดยใช้ทรายเป็นวัสดุเพาะ การตรวจนับต้นอ่อนครั้งสุดท้ายโดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 7-10 วัน ก็สามารถนับครั้งสุดท้ายครั้งเดียวโดยไม่ต้องนับครั้งแรก เนื่องจากในการประเมินผลต้นอ่อนจะต้องถอนต้นอ่อนขึ้นมาทั้งต้นเพื่อตรวจสอบรากด้วย

ในการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ เมื่อเมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนแล้วจะมีการประเมินผลความงอก โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. ต้นอ่อนปกติ (Normal Seedling)
2. ต้นอ่อนผิดปกติ (Abnormal Seedling)
3. เมล็ดสดไม่งอกหรือ เมล็ดแข็ง (Fresh Ungerminated or Hard Seed)
4. เมล็ดตาย (Dead Seed)

การประเมินผลต้นอ่อนโดยการจำแนกเป็นกลุ่มพืช

1. พืชในกลุ่มข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง
2. พืชในกลุ่มข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรย์
3. พืชในกลุ่มผักกาดขาว ผักกาดหัว ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม แครอท มะเขือเทศ
4. พืชในกลุ่มแตงกวา ฝ้าย ปอ พักทอง กระเจี๊ยบ
5. พืชในกลุ่มถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม
6. พืชในตระกูลถั่วลันเตา
7. พืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น หอมหัวใหญ่
8. พืชที่มีต้นอ่อนมากกว่า 1 ต้น เช่น ผักชี

การรายงานผลการทดสอบความงอก (จวงจันท์ ดวงพัตรา, 2529; พีระยศ แจ่มจัน, 2546)

การรายงานผลการทดสอบความงอก นิยมรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยรายงานเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนปกติ เมื่อตรวจนับต้นอ่อนในการนับครั้งสุดท้ายแล้วให้รวมต้นอ่อนแต่ละประเภท แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย ถ้าค่าเฉลี่ยมีเศษให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็ม ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

ทะเบียนตัวอย่าง	:		ชนิดพืช	:	
วิธีการทดสอบความงอก	:		จำนวนเมล็ดที่ทดสอบ	:	
วัน เดือน ปีที่ทดสอบ	:		วันที่นับครั้งแรก	:	
ชื่อผู้ทดสอบ	:		วันที่นับครั้งสุดท้าย	:	

รายการ	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5	ซ้ำที่ 6
1. ต้นอ่อนปกติ	90	86	84	88	348	87
2. ต้นอ่อนผิดปกติ	6	8	10	8	32	8
3. เมล็ดแข็ง	2	3	3	1	9	2
4. เมล็ดตาย	2	3	3	3	11	3

ในกรณีที่ทดสอบความงอกจำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด ให้รวมซ้ำที่วางอยู่ใกล้กันให้เป็น 100 ดังนั้นจะเหลือเพียง 2 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด

ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยมีจุดทศนิยม ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มโดยใช้หลักการดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง กรณีที่ทุกค่ามีจุดทศนิยม ให้ปัดจากค่าทศนิยมที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ให้เป็นจำนวนเต็ม

	ถ้าค่าเฉลี่ย (%)	ให้รายงาน(%)
1. ต้นอ่อนปกติ	83.25	83
2. ต้นอ่อนผิดปกติ	10.75	11
3. เมล็ดแข็ง	3.25	3
4. เมล็ดตาย	2.75	3

การใช้ตาราง Tolerance (วันชัย จันทรประเสริฐ, 2538)

ในการทดสอบความงอก มักจะพบเสมอว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนปกติในแต่ละซ้ำมีความแตกต่างกัน การรายงานผลการทดสอบความงอกที่ถูกต้องแล้วจะไม่ใช้ค่าเฉลี่ยแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากมีความแตกต่างระหว่างซ้ำเกิดขึ้นจะต้องดูว่าความแตกต่างระหว่างซ้ำที่เกิดขึ้นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่

การทดสอบใหม่ (Retest) (วันชัย จันทรประเสริฐ, 2538)

ในกรณีที่ทดสอบความงอกแล้วผลการทดสอบความงอกนั้นเชื่อถือไม่ได้ ซึ่งอาจจะเกิดจากมีเชื้อโรคติดมากับเมล็ดพันธุ์มาก กระดาษที่ใช้เพาะมีเส้นใยเชื้อราเจริญเติบโตเต็มไปหมด มีสารพิษตกค้างบนวัสดุเพาะ สภาพแวดล้อมที่ทดสอบความงอกไม่เหมาะสม มีความผิดพลาดเกิดขึ้น หรือผลการทดสอบความงอกมีความแตกต่างระหว่างซ้ำเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ตามตารางที่ 2 ที่ได้กล่าวมาแล้วจะต้องทำการทดสอบใหม่

เมื่อผลการทดสอบความงอกเกิดความแตกต่างระหว่างซ้ำเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ดังตารางที่ 2 ได้กล่าวมาแล้ว ควรทำการทดสอบใหม่โดยใช้วิธีเดิม เมื่อผลการทดสอบความงอกครั้งที่ 2 แล้วนำไปเปรียบเทียบผลการทดสอบความงอกจากการทดสอบทั้ง 2 ครั้งนี้เชื่อถือได้หรือไม่ โดยการเปรียบเทียบจากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความงอกที่ได้จากตัวอย่างเดียวกันหรือต่างกันได้
เมื่อดำเนินการทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการเดียวกันหรือไม่ก็ตาม โดยการทดสอบ
ความงอกเมล็ดพันธุ์จำนวน 400 เมล็ด (ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95%)

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอก จากการทดสอบ 2 ครั้ง	ค่าความแตกต่างที่ยอมรับได้
(ก)	(ข)
98 – 99	2
95 – 97	3
91 – 94	4
85 – 90	5
77 – 84	6
60 – 76	7
51 – 59	8
42 – 50	8
25 – 41	7
17 – 24	6
11 – 16	5
7 – 10	4
4 – 6	3
2 – 3	2

วิธีใช้ตาราง

- นำค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกจากการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มาหาค่าเฉลี่ย เช่น

$$\frac{78 + 82}{2} \text{ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ } 80$$

- นำค่า 80 ไปเทียบจากตารางในคอลัมน์ ก พบว่า ค่าแตกต่างระหว่างผลการทดสอบที่ยอมรับได้ในคอลัมน์ ข ต้องไม่เกิน 6 ซึ่งการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง มีความแตกต่างเท่ากับ 4 เท่านั้น ดังนั้นการรายงานผลการทดสอบความงอกให้ใช้ค่าเฉลี่ยความงอก 80%

3. ในกรณีที่ผลการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีความแตกต่างกันกว่าค่าที่ยอมรับได้ ให้ทำการทดสอบใหม่เป็นครั้งที่ 3 แล้ว นำผลการทดสอบความงอกแต่ละครั้งมาเปรียบเทียบกับว่า ผลการทดสอบครั้งใดมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ให้ใช้ค่าเฉลี่ยจากผลการทดสอบความงอกครั้งนั้น

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้
 ณอมพร เลาหจรัสแสง (2541) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในชื่อของ CAI (อ่านว่า ซี-เอ-ไอ) ซึ่งย่อมาจากคำในภาษาอังกฤษว่า Computer - Assisted หรือ -Assisted Instruction คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) หมายถึง สื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่งซึ่งใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอสื่อประสมอันได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก แผนภูมิ กราฟ ภาพเคลื่อนไหว วิดีทัศน์และเสียง เพื่อดำเนินการสอนเนื้อหาบทเรียนหรือองค์ความรู้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงในห้องเรียนมากที่สุด

ทักษิณา สนวนานนท์ (2530, หน้า 212) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนการทบทวน การทำแบบฝึกหัด หรือการวัดผล โดยให้นักเรียนแต่ละคนนั่งอยู่หน้าไมโครคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง แล้วเรียกโปรแกรมที่จัดเตรียมไว้เป็นพิเศษสำหรับการสอนวิชานั้นขึ้นมาบนจอภาพ โดยปกติจอภาพจะแสดงเรื่องราวเป็นคำอธิบาย เป็นบทเรียน หรือเป็นรูปภาพที่ผู้เรียนจะต้องอ่านดู แต่ละคนจะใช้เวลาทำความเข้าใจไม่เท่ากัน รอจนคิดว่าพร้อมแล้วจึงสั่งคอมพิวเตอร์ว่าต้องการทำงานต่อ คอมพิวเตอร์อาจให้ทำต่อหรือทดสอบความรู้ด้วยการป้อนคำถามซึ่งอาจเป็นแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบให้เลือกตอบหรือปรนัยเมื่อทำเสร็จแล้วคอมพิวเตอร์จะตรวจและชมเชยถ้าทำถูก หรือตำหนิเมื่อทำผิดและสั่งไปกลับไปอ่านใหม่ จากนั้นจะแจ้งให้ทราบว่าทำถูกกี่ข้อ ทำผิดกี่ข้อจำเป็นหรือไม่ที่จะต้องกลับไปศึกษาในบทเรียนนั้นใหม่ หรือจะให้ศึกษาในบทใหม่ต่อไป

ฉลอง ทับศรี (2536, หน้า 5) กล่าวไว้ว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นบทเรียนที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวนำเสนอเนื้อหา และกิจกรรมการเรียนการสอน ส่วนใหญ่มุ่งที่จะให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเองเป็นหลัก บทเรียนอาจจะบันทึกเป็นแผ่นดิสก์แผ่นเดียวหรือหลายแผ่นหรืออาจบรรจุอยู่ในฮาร์ดดิสก์ก็ได้ เวลาเรียนจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวนำเสนอ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำเสนอบทเรียนอาจเป็นเครื่องที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป หรือ อาจเป็นเครื่องมือที่เพิ่มอุปกรณ์ต่าง ๆ เท่าที่จำเป็นในการนำเสนอบทเรียนนั้น ๆ เช่น อาจมีการ์ดเสียง หรือเครื่องเล่น วิดีโอคิส (CD-ROM) ประกอบก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสามารถของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2543) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาจากคำว่า CAI (Computer-Assisted Instruction) หมายถึง วิธีทางของการสอนรายบุคคลโดยอาศัยความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะจัดหาประสบการณ์ที่มีความสัมพันธ์กันมีการแสดงเนื้อหาตามลำดับที่ต่างกันด้วยบทเรียนโปรแกรมที่เตรียมไว้อย่างเหมาะสม คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเป็นเครื่องมือช่วยสอนอย่างหนึ่งที่ผู้เรียนด้วยตนเองเป็นผู้ที่จะต้องปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่ส่งมาทางจอภาพผู้เรียนจะตอบคำถาม ทางแป้นพิมพ์ แสดงออกมาทางจอภาพ มีทั้งรูปภาพและตัวหนังสือหรือบางทีอาจใช้ร่วมกันกับ อุปกรณ์อย่างอื่นด้วย

ฮานาฟิน และเพค (Hanafin & Peck, 1988) ให้ความหมายว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีชื่อเรียกอื่น ๆ ที่มีความหมายคล้ายคลึงกัน ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้คำว่า CAI (Computer Assisted Instruction)

จากความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่นักวิชาการได้ให้ความหมายไว้ ผู้วิจัยสรุปความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเรียนการสอน โดยบทเรียนที่ทำเป็นกระบวนการ มีการนำเสนอ ภาพ ข้อความ เสียง และมีการโต้ตอบกับผู้เรียน ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามความสามารถของตนเองได้

คุณลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ฉลอง ทับศรี, 2536) ในทัศนะของนักจิตวิทยาเห็นว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีองค์ประกอบ 3 ประการที่ทำให้มันทำงานถูกใช้ได้ อย่างมีประสิทธิภาพดังนี้

1. การมีส่วนร่วมโดยตรง (Active Participation) ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงอย่างต่อเนื่องกับเนื้อหาวิชาที่เรียน โดยการตอบปัญหา การฝึกปฏิบัติ การทำข้อสอบในการเรียนแต่ละขั้น คำกล่าวดั้งเดิมที่ว่า "เรียนรู้จากการกระทำ" ถูกนำมาใช้อย่างมากในการเรียนในลักษณะ CAL ซึ่งแตกต่างจากการเรียนแบบอ้อม (Passive Learning) เช่น ในการฟังบรรยาย
2. การใช้ข้อมูลป้อนกลับ (Information Feedback) ผู้เรียนที่ใช้ CAL จะได้รับข้อมูลจากการเรียน การฝึกปฏิบัติ การทำข้อสอบของตนได้ภายในเวลารวดเร็วมาก หรืออาจจะพูดได้ว่าทันทีทันใด ดังนั้นถ้ามีการตอบผิด ผู้เรียนก็สามารถแก้ไขคำตอบหรือรู้ว่าตนตอบผิดอะไรได้ทันที การรู้ผลของการกระทำนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก จะเห็นได้จากการทดลองในห้องทดลองในยุคของการเรียนรู้แบบ Operant Conditioning ซึ่งทำกับสัตว์เป็นส่วนใหญ่ว่าในการทดลองพบว่า การใช้การเสริมแรงทันทีทันใดทำให้เกิดการเรียนรู้ได้มากกว่า สำหรับกับมนุษย์นั้นเราก็พบว่าการใช้ทราบผลของการกระทำ ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้มากกว่าเช่นกัน
3. การสอนอย่างเป็นรายบุคคล (Individualization of Instruction) ผู้เรียนจะเรียนก้าวหน้าไปตามความสามารถของตนเอง ผู้ที่เรียนเร็วสามารถที่จะเรียนผ่านเนื้อหาวิชาได้อย่าง

รวดเร็วในขณะที่ผู้เรียนสามารถศึกษาไปอย่างช้า ๆ ทั้งผู้เรียนเร็วและเรียนช้า จะต้องสามารถรอบรู้สิ่งต่าง ๆ จนหมดสิ้น การพัฒนาโปรแกรมย่อย (Branching) จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนผ่านเนื้อหาต่าง ๆ ได้ตามความถนัดและความสามารถ

คุณลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คุณลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ถนอมพร เลหาจรัสแสง, 2541)

4 ประการดังนี้

1. สารสนเทศ (Information) หมายถึง เนื้อหาสาระ (Content) ที่ได้รับการเรียบเรียงแล้วเป็นอย่างดีซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือได้รับทักษะอย่างหนึ่งอย่างใดตามที่ผู้สร้างได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ โดยการนำเสนอเนื้อหานี้อาจจะเป็นการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเป็นในลักษณะทางตรงหรือทางอ้อมก็ได้ ตัวอย่างการนำเสนอเนื้อหาทางตรงได้แก่ การนำเสนอเนื้อหาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเสนอเนื้อหา ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้ผู้ได้รับเนื้อหาสาระและทักษะต่าง ๆ อย่างตรงไปตรงมาจากการอ่าน จำ ทำการเข้าใจและฝึกฝน ตัวอย่างการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะทางอ้อมได้แก่ การนำเสนอเนื้อหาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกมและการจำลองสถานการณ์ ซึ่งเนื้อหาสาระหรือทักษะที่ผู้เรียนได้รับจะถูกแฝงไว้ในรูปแบบของเกมต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ผู้ได้ฝึกทักษะทางความคิด การจำ การสำรวจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว และเพื่อสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนานเพลิดเพลินและจูงใจให้ผู้เรียนมีความต้องการที่จะเรียนมากขึ้น
2. ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individualization) บุคคลแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันทางการเรียนรู้ซึ่งเกิดจากบุคลิกภาพ สติปัญญา ความสนใจ พื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกันออกไป (Individualization) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อการเรียนการสอนเป็นรายบุคคลประเภทหนึ่ง ซึ่งต้องได้รับการออกแบบให้มีลักษณะที่ตอบสนองต่อความแตกต่างส่วนบุคคลให้มากที่สุดกล่าวคือคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องมีความยืดหยุ่นมากพอที่ผู้เรียนจะมีอิสระในการควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งการเลือกรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับตนเอง
3. การโต้ตอบ (Interaction) คือมีการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การเรียนการสอนในรูปแบบที่ดีที่สุดคือ การเรียนการสอนในลักษณะที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มี ปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนให้ได้มากที่สุด นอกจากนี้การที่มนุษย์สามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นหาได้เกิดขึ้นเพียงจากการสังเกตเท่านั้น หากจะต้องมีการโต้ตอบหรือปฏิสัมพันธ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการได้มีการปฏิสัมพันธ์กับผู้สอน ดังนั้นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับการออกแบบมาอย่างดียิ่งจะต้องเอื้ออำนวยให้เกิดการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างต่อเนื่องและตลอดทั้งบทเรียน การอนุญาตให้ผู้เรียนได้แต่การใช้เมาส์คลิกเปลี่ยนหน้าจอไปเรื่อย ๆ ที่ละหน้าไม่ถือว่าเป็นปฏิสัมพันธ์ที่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้การโต้ตอบ (Interaction)

4. การให้ผลป้อนกลับโดยทันที (Immediate Feedback) ลักษณะที่ขาดไม่ได้ อีกประการหนึ่งของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็คือ การให้ผลป้อนกลับโดยทันที ตามแนวคิดของ สกินเนอร์ (Skinner, 1987) ผลป้อนกลับหรือการให้คำตอบนี้ถือเป็นการเสริมแรง (Reinforcement) อย่างหนึ่ง การให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียนในทันทีหมายรวมไปถึงการที่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ สมบูรณ์จะต้องมีการทดสอบหรือประเมินความเข้าใจของผู้เรียนในเนื้อหาหรือทักษะต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งการให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียนเป็นวิธีอนุญาตให้ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง

ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูปแบบโปรแกรมแบ่งออกเป็น ประเภทต่าง ๆ ดังนี้ (ฉลอง ทับศรี, 2536, หน้า 6; ขนิษฐา ชานนท์, 2532, หน้า 9-11; กิดานันท์ มลิทอง, 2536, หน้า 187-191; ทักษิณา สวานานนท์, 2530, หน้า 216-220)

1. บทเรียนเพื่อการเสนอเนื้อหา (Tutorials) โดยอาศัยธรรมชาติของการตอบสนอง และการแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ บทเรียนนี้มีการตั้งคำถามแบบถาม-ตอบ จำนวนมาก มีการเสริมแรงตลอดเวลา สามารถใช้สอนสิ่งใหม่ในลักษณะบทเรียนโปรแกรมเป็น บทเรียนที่ใช้กันมาก รูปแบบโดยทั่วไปจะมีการแสดงกรอบเนื้อหากรอบคำถาม มีการตรวจ คำตอบ และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ถ้าผู้เรียนตอบถูกก็จะมีกรอบเนื้อหาต่อไป แต่ถ้าตอบผิด จะมีการช่วยเหลือหรือสอนเสริมเสียก่อนแล้วจึงกลับไปถามคำถามเดิม

2. แบบฝึกปฏิบัติ (Drill and Practice) เป็นบทเรียนที่ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดหลังจากได้ เรียนเนื้อหาแล้ว ๆ หรือมีการฝึกซ้ำให้เกิดทักษะ อาจจะเป็นทักษะด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาอังกฤษ เช่น การอ่าน การสะกดตัวอักษร เป็นต้น จุดสำคัญของการฝึกทักษะก็เพื่อเสริม การสอนของครู และช่วยให้นักเรียนหาทักษะเพิ่มเติม จากการฝึกซ้ำ ๆ นั้น

3. แบบจำลองสถานการณ์ (Simulations) เป็นการนำเสนอปรากฏการณ์ที่จำลองมาจาก ของจริง เพราะบางครั้งประสบการณ์จริงเสี่ยงเกินไปหรือแพงเกินไป เช่นการเรียนรู้ขับเครื่องบิน ด้วยเครื่องจำลองการบิน การสอนวิธีนี้จะช่วยให้ผู้เรียน มีความรู้ความชำนาญอย่างแท้จริง แต่ความสำเร็จจริง ๆ อยู่ที่ว่าสามารถจำลองสภาพได้เหมือนจริงมากน้อยเพียงใด โปรแกรม การเรียนแบบจำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียง กับสถานการณ์จริงให้นักเรียนศึกษาอย่างใกล้ชิด เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ ทักษะในการตัดสินใจในแบบต่าง ๆ และเห็นผลการตัดสินใจนั้นทันที โปรแกรมประเภทนี้มักใช้ในการฝึกปฏิบัติกับสิ่งที่ไม่สามารถฝึกกับของจริงได้ หรือการทดลอง ที่อันตรายหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ไม่เกิดขึ้นบ่อยนัก

4. แบบเกมการเรียนรู้การสอน (Instructional Games) เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ฝึกให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการเล่นเกมเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ พัฒนาความคิดความอ่านต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้นช่วยให้นักเรียนเรียนรู้จากหลักวิชาการที่นักเรียนยังไม่เคยเรียนมาก่อน ทำให้นักเรียนได้ความรู้และสนุกสนานเพลิดเพลินไปพร้อมกัน

5. แบบทดสอบ (Test) โปรแกรมชนิดนี้ใช้เพื่อทดสอบนักเรียนโดยตรงหลังจากที่ได้เรียนเนื้อหาหรือฝึกปฏิบัติแล้ว ผู้เรียนก็จะทำแบบทดสอบโดยผ่านคอมพิวเตอร์ ซึ่งคอมพิวเตอร์รับคำตอบและจะทำการบันทึกผล ประมวลผลตรวจให้คะแนน และเสนอผลให้นักเรียนทราบทันทีที่ทำข้อสอบเสร็จ

6. แบบปัญหา (Problem Solving) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้จะเน้นการฝึกคิด การตัดสินใจโดยมีการกำหนดเกณฑ์ให้แล้วให้ผู้เรียนพิจารณาไปตามเกณฑ์ มีการให้คะแนนหรือนำหนักกับเกณฑ์แต่ละข้อ

7. แบบการค้นพบ (Investigation) ประสบการณ์เป็นครูที่ดีการให้โอกาสผู้เรียนมีประสบการณ์ในด้านต่าง ๆ ผู้เรียนจะเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเองเช่น การศึกษาสัญลักษณ์ (Logo) ทำให้ผู้เรียนที่มีอายุน้อยสามารถเข้าใจได้ง่ายเพราะโลโกเป็นภาษาอังกฤษขณะที่ผู้เรียนเรียนการใช้ภาษาต่าง ๆ ของสัญลักษณ์แล้วลองใช้คำสั่งต่าง ๆ จะทำให้มีภาพเกิดขึ้น ผู้เรียนก็จะเรียนรู้ไปด้วยตั้งแต่คำศัพท์ หลักการพื้นฐานของวิชาคณิตศาสตร์ เป็นต้น

ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีลักษณะแบบโปรแกรม (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2526) การสอนแบบโปรแกรมมีรูปแบบแตกต่างกันหลายลักษณะ นับตั้งแต่วิธีสอนธรรมดาที่ใช้หลักการของโปรแกรมไปจนถึงการใช้สื่อต่าง ๆ เช่น บทเรียนโปรแกรม เครื่องสอน คอมพิวเตอร์ ภาพยนตร์ สไลด์ ฟิล์มสตริป ประกอบเสียงและสื่อประสมต่าง ๆ การสอนแบบโปรแกรมที่รู้จักกันดีคือ บทเรียนโปรแกรม (Programmed Lesson)

บทเรียนโปรแกรม คือบทเรียนที่ออกแบบจัดลำดับเนื้อหาในรูปของ “กรอบ” หรือ “เฟรม” โดยแต่ละกรอบจะเสนอเนื้อหาเป็นขั้นตอนทีละน้อย มีคำถามท้าทายผู้เรียนให้คิดและตอบ ทุกขั้นตอนของการเรียนมีคำตอบข้อมูลย้อนกลับโดยทันที บทเรียนโปรแกรมส่วนใหญ่จะเป็นหนังสือหรือสิ่งพิมพ์ บทเรียนโปรแกรมที่เสนอเพียงมโนคติเดียว เรียกว่า “โมดูล” บทเรียนโปรแกรมบางชนิดใช้กับเครื่องสอน (Teaching Machine) จึงจะทำให้เกิดกระบวนการเรียน

1. บทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง (Linear Programming) มีลักษณะที่สำคัญ 3 ประการ ดังนี้

1.1 เป็นบทเรียนโปรแกรมที่ตั้งอยู่บนรากฐานของทฤษฎีการเรียนรู้และการเสริมแรง (Based on a Theory of Learning and Reinforcement) และเน้นในความสัมพันธ์ระหว่างขั้น (Steps)

1.2 เป็นบทเรียนโปรแกรมที่ตั้งอยู่บนรากฐานของทฤษฎีการเรียนรู้และการเสริมแรง (Based on a Theory of Learning and Reinforcement) และเน้นในความสัมพันธ์ระหว่างขั้น (Steps) ต่อขั้น

1.3 รูปแบบของการเรียนจากบทเรียนนี้ จะเรียงตรงต่อเนื่องกัน (Straight Path) ซึ่งผู้เรียนจะต้องคิดตามทุกขั้นตอน และทุก ๆ เฟรม

2. บทเรียนโปรแกรมแบบสาขา (Intrinsic หรือ Branching Programming) บทเรียนโปรแกรมแบบนี้ มีลักษณะที่สำคัญอยู่ 3 ประการคือ

2.1 ลักษณะขั้นตอนในการนำเสนอต่อผู้เรียน จะเป็นความสัมพันธ์ของขั้นตอนใหญ่ ๆ (เมื่อเปรียบเทียบกับ Linear Programming) ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของตัวโปรแกรมแบบสาขา มิได้ตั้งอยู่บนรากฐานของทฤษฎีการเรียนรู้และทฤษฎีเกี่ยวกับการเสริมแรงโดยตรง

2.2 นิยมทำแบบเลือกตอบ (Multiple-Choice Response) แต่ก็มียู่ง้างที่ใช้แบบของการสนองตอบแบบอื่น ๆ

2.3 รูปแบบการสอนโปรแกรมแบบสาขา (Branching Pattern) บทเรียนโปรแกรมตามสาขานี้เป็นวิธีการสลับลำดับ ซึ่งตรงกันข้ามกับการเรียงตามอันดับหรือแบบเส้นตรง ดังได้กล่าวมาแล้ว การสร้างบทเรียนแบบสาขานี้ กำลังเป็นที่นิยมใช้กันมาก โดยทั่วไปผู้เรียนพากันเห็นว่า เป็นเทคนิคของการสร้างบทเรียนโปรแกรมที่ทำหายกว่าดั่งนั้นจึงน่าสนใจมากกว่า

3. Adaptive Programming เป็นการยากมากที่จะอธิบายลักษณะของ Adaptive Programming ทั้งนี้เพราะบทเรียนโปรแกรมนี้ ส่วนใหญ่ใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งระยะแรกของการนำมาใช้เป็นแบบ Gordon Pask ใช้กับเครื่อง SAKI เป็นโปรแกรมที่มีความซับซ้อนมากกว่าแบบสาขาและแบบเส้นตรง ซึ่งทั้ง 2 แบบนี้ผู้เรียนด้วยตนเองตามความสามารถของเขา (Paces Himself) แต่ Adaptive Programming เครื่องจะกำหนดและควบคุมการเรียนตลอด

4. Mathetics Programming ลักษณะของ Mathetics Programming จะแสดงบทเรียนทั้งหมดไปเรื่อย ๆ แก่ผู้เรียน หรือให้ทักษะขั้นสุดท้าย แล้วจึงเริ่มดำเนินการสอนตามขั้นตอนการจัดบทเรียนเน้นหนักการเสริมแรง การนำเสนอคล้ายกับแบบเส้นตรงและแบบสาขา จะแตกต่างกันตรงการนำเสนอเนื้อหาเรื่องราวทั้งหมดเป็นแบบบรรยายก่อนแล้วจึงเสนอปัญหาในลักษณะของบทเรียนโปรแกรม ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้ในรูปแบบของหนังสือ และใช้กับเครื่องสอน

ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

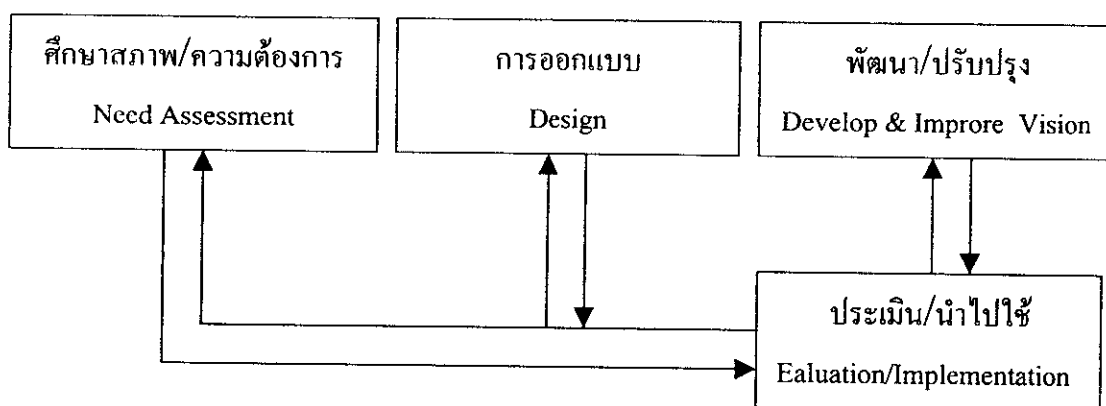
สุกรี รอดโพธิ์ทอง (2532) ได้กล่าวถึงข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับตำราเรียนไว้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ด้านสีสัน สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ดีกว่าโดยเฉพาะผู้เรียนที่เป็นเด็ก นอกจากนี้ด้านความคงทนในการจำ บทเรียนที่มีสีสันมีผลทำให้ผู้เรียนมีความคงทนในการจำได้ดีกว่า ถึงแม้ในตำราเรียนจะสามารถใส่สีสันลงไปได้แต่ทางด้านต้นทุน ความยุ่งยากในการผลิต และเทคนิคในการนำเสนอ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีข้อได้เปรียบกว่าตำราเรียน
2. ด้านเสียง เป็นสิ่งเร้าที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ดี และการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ผู้เขียนโปรแกรมสามารถสร้างเสียงได้ในรูปแบบต่าง ๆ ตั้งแต่เสียงแบบง่าย ๆ ไปจนถึงเสียงที่สลับซับซ้อน
3. ด้านกราฟฟิก ผู้เขียนโปรแกรมสามารถสร้างภาพประกอบบทเรียนและทำให้ภาพเคลื่อนไหวได้ ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเมื่อเทียบกับตำราเรียน จะไม่สามารถทำภาพเคลื่อนไหวเพื่อสร้างความสนใจได้
4. ด้านการศึกษารายบุคคล คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นบทเรียนที่ให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจของตนเอง ทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงสุด ถึงแม้การใช้บทเรียนและชุดการสอนรายบุคคลจะช่วยการศึกษารายบุคคลได้แต่การลงทุนค่อนข้างสูง ความคงทนถาวรมีน้อย ตรงกันข้ามกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอาจใช้เวลานานในการสร้างโปรแกรม แต่สามารถทำสำเนาได้ตามจำนวนที่ต้องการ นอกจากนี้ด้วยบทเรียนที่ออกแบบมีความง่ายตามความถนัดและความสามารถของผู้เรียน รวมทั้งผู้สอนเองก็ไม่ต้องประสบปัญหาในเรื่องของอุปกรณ์ที่ผู้เรียนใช้เรียนจะชำรุดเสียหาย เพราะสามารถทำสำเนาขึ้นมาใหม่ได้
5. ด้านการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี เพราะลักษณะของบทเรียนจะเป็นการให้ผู้เรียนเกิดการปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนมีโอกาสตัดสินใจแสดงความคิดเห็นได้ด้วยการป้อนข้อมูลผ่านทางแป้นพิมพ์หรืออุปกรณ์ช่วยอื่น ๆ
6. ด้านความรู้สึก จากการทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์มีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน จนทำให้เกิดความอยากรู้จะเรียนต่อ อยากรู้ว่ารอบต่อไปจะเป็นอะไร จะถามว่าอย่างไร มีการติชมอย่างไร
7. ด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับคอมพิวเตอร์สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้อย่างรวดเร็ว ทั้งภาพและเสียง มีการสร้างบทเรียนโดยใช้เทคนิควิธีการต่าง ๆ ที่จะสร้างแรงจูงใจให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน นอกจากนี้ คอมพิวเตอร์สามารถที่จะคำนวณให้ผู้เรียนได้ทราบถึงผลการเรียนว่าได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร และสามารถที่จะทราบได้ทันที ซึ่งความสามารถพิเศษดังกล่าวตำราเรียนไม่สามารถทำได้

8. ด้านการกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งบนบทเรียนคอมพิวเตอร์ผู้เรียนไม่สามารถรู้ได้ว่าบทเรียนต่อไปจะเป็นอย่างไร ซึ่งถ้าเป็นตำรา หนังสือแบบเรียน ถ้าผู้เรียนอยากรู่ว่าบทต่อไป หน้าต่อไป จะเป็นเรื่องอะไร จบอย่างไร ผู้เรียนสามารถเปิดดูและสามารถเดาได้

วารินทร์ รัศมีพรหม (2531, หน้า 192-193) กล่าวถึงประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้พอสรุปได้ดังนี้

1. ผู้เรียนเรียนรู้ได้ตามความเข้าใจของตนเอง ทำให้สามารถควบคุมความเร็วได้ในการเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง
 2. การโต้ตอบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างทันที ทำให้ผู้เรียนเกิดการได้รับการเสริมแรงอย่างรวดเร็ว
 3. สามารถทำให้ตัวโปรแกรมมีความน่าสนใจซึ่งจะช่วยสำหรับผู้ที่ยากที่จะเข้าใจเกิดความสนใจ
 4. สามารถรวม ภาพ เสียง สี สัน เข้าด้วยกันทำให้เกิดความน่าสนใจทำให้การฝึกปฏิบัติเป็นไปได้อย่างดี
 5. ความสามารถในการเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ทำให้การเรียนแบบเอกัตบุคคลเป็นไปได้เป็นอย่างดี ซึ่งผู้สอนสามารถออกแบบให้เรียนได้ตามลำพัง
 6. ผู้สอนสามารถตรวจสอบการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ เพราะคอมพิวเตอร์จะบันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียนไว้ได้
 7. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังเป็นของแปลกใหม่อยู่ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และการตั้งใจเรียนมากขึ้น
 8. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นและผ่านการตรวจสอบแล้วจะให้การสอนที่เชื่อถือได้แก่ผู้เรียน
 9. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นจะสามารถช่วยการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่าย ทำให้ผู้เรียนสามารถบรรลุตามจุดหมายได้
- การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน**
- ขั้นตอนในการออกแบบ และพัฒนาคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียช่วยสอนในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเอาแนวความคิดของ ฉลอง ทับศรี เป็นหลักในการออกแบบพัฒนาซึ่งมีกระบวนการดังนี้ (ฉลอง ทับศรี, 2538)



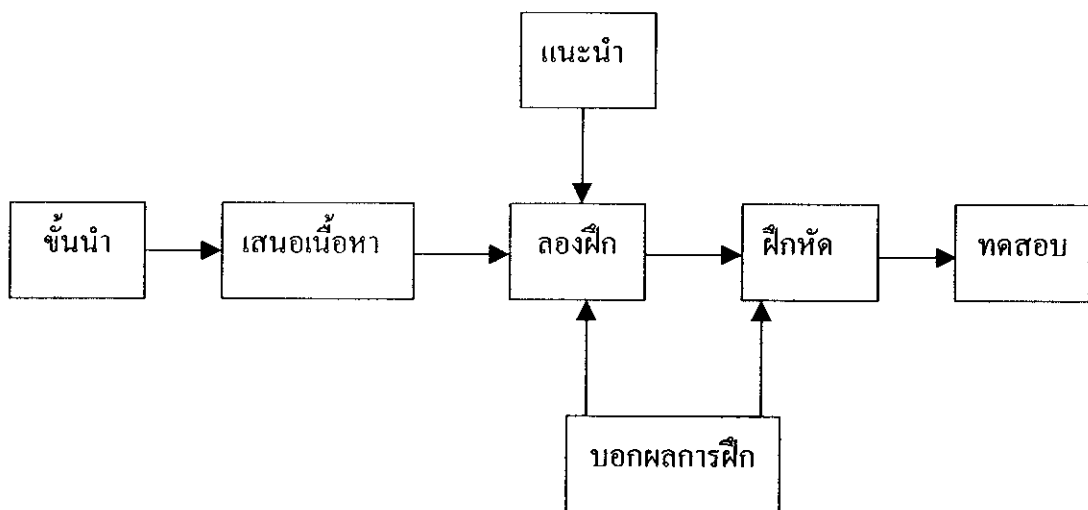
ภาพที่ 1 ขั้นตอนในการออกแบบและพัฒนาคอมพิวเตอร์

1. ขั้นศึกษาสภาพความต้องการ (Need Assessment) ผู้ออกแบบบทเรียนจะต้องทำความเข้าใจบทเรียนที่จะสร้าง ได้แก่

- 1.1 ทำความรู้จักผู้เรียน หรือวิเคราะห์ผู้เรียน
- 1.2 การวิเคราะห์งาน/ การวิเคราะห์เนื้อหา
- 1.3 ศึกษาสภาพแวดล้อมของบทเรียนที่จะสร้างขึ้น
- 1.4 บอกเงื่อนไข และข้อจำกัดต่างๆ
- 1.5 ศึกษาและกำหนดจุดมุ่งหมายของบทเรียนที่จะสร้างขึ้น

2. ขั้นการออกแบบ (Design) เป็นการศึกษาออกแบบเพื่อให้ได้วิธีการที่ดีที่สุดในการสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

- 2.1 คัดสนใจใช้รูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.2 กำหนดลักษณะการสอน
- 2.3 กำหนดเป็นกิจกรรมการเรียนการสอน
- 2.4 ใช้จิตวิทยาการเรียนการสอนสำหรับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.5 เลือกการนำเสนอเนื้อหาของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.6 กำหนดยุทธศาสตร์การสอน (Instructional Strategies)



ภาพที่ 2 การกำหนดยุทธศาสตร์การสอน

2.7 กำหนดการวัดผล ประเมินผล

2.8 ออกแบบบทเรียนให้กระตุ้นความสนใจผู้เรียน

2.9 ออกแบบกรอบ/จอคอมพิวเตอร์

2.10 การเขียนสตอรี่บอร์ด (Storyboard)

3. ขั้นพัฒนาและปรับปรุง (Development & Revision) เป็นการนำเอาแผนที่วางไว้ในขั้นการวางแผน โดยนำสตอรี่บอร์ดมาจัดทำเป็นบทเรียนกิจกรรมประกอบด้วย

3.1 การเขียนผัง (Flowcharting)

3.2 การลงมือสร้างบทเรียน

3.3 การตรวจสอบโปรแกรม

3.4 นำบทเรียนไปทดลองใช้จริงกับผู้เรียนเป็นรายบุคคล

3.5 สร้างส่วนอื่น ๆ ต่อไป

3.6 เขียนเอกสารกำกับบทเรียน

4. ขั้นประเมินโปรแกรม (Evaluation) ประเมินว่าบทเรียนที่สร้างขึ้นนั้นช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ ผู้เรียนพึงพอใจ เกิดความสนใจ เกิดความอยากเรียนเพียงใด หรือบทเรียนใช้ยากง่ายเพียงใด รวมทั้งประเมินเอกสารประกอบบทเรียน

จากรูว์จน์ สองเมือง (ม.ป.ป.) กล่าวว่าขั้นตอนที่จะช่วยให้ผู้ที่คิดสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ สามารถสร้างบทเรียนให้ประสบผลสำเร็จ มีดังนี้

1. ขั้นการศึกษาและรวบรวมข้อมูล

การพิจารณาถึงความจำเป็นและเนื้อหาที่จะสร้าง ซึ่งการพิจารณาความจำเป็นนี้เป็นการพิจารณาถึงความคุ้มค่าในความพยายามที่จะมีต่อไปในการสร้าง ถ้าหากเราทำไปโดยไม่ได้นำความจำเป็นมาพิจารณาประกอบ เมื่อชิ้นงานที่เกิดจากความพยายามไม่ได้มีประโยชน์ตามที่คาดหวังไว้อาจจะทำให้หมดกำลังใจได้

2. ขั้นการวางแผน

การนำเนื้อหาวิชามาออกแบบโดยแบ่งออกเป็นเฟรม ๆ เพื่อให้ง่ายในการนำไปประยุกต์ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากนั้นก็ร่างลักษณะการเชื่อมโยงของข้อมูลในแต่ละเฟรม ซึ่งขึ้นอยู่กับความตั้งใจของผู้ออกแบบว่าต้องการสร้างบทเรียนในรูปแบบใดเพราะบทเรียนคอมพิวเตอร์มีหลายแบบ และแต่ละรูปแบบก็ตอบสนองจากวัตถุประสงค์ได้ต่างกัน อีกทั้งยังมีลักษณะโครงสร้างของบทเรียนแตกต่างกันด้วย

ทฤษฎี (จิตวิทยา) เกี่ยวกับการเรียนรู้ของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ทฤษฎีการเรียนรู้ของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้างของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทฤษฎีหลัก ๆ ที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ของมนุษย์และส่งผลกระทบต่อแนวคิดในการออกแบบโครงสร้างของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แก่ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม ทฤษฎีปัญญานิยม ทฤษฎีโครงสร้างความรู้ และทฤษฎีความยืดหยุ่นทางปัญญา (ถนอมพร เลาหจรัสแสง, 2541)

ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าจิตวิทยาเป็นเสมือนการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ของพฤติกรรมมนุษย์ และการเรียนรู้ของมนุษย์เป็นสิ่งที่สามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมภายนอก นอกจากนี้ยังมีแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง ซึ่งเชื่อว่าการตอบสนองกับสิ่งเร้าของมนุษย์จะเกิดขึ้นควบคู่กันในช่วงเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังเชื่อว่าการเรียนรู้ของมนุษย์เป็นพฤติกรรมแบบแสดงการกระทำ ซึ่งมีการเสริมแรงเป็นตัวการโดยทฤษฎีพฤติกรรมนิยมนี้จะไม่พูดถึงความนึกคิดภายในของมนุษย์ ความทรงจำ ภาพ ความรู้สึก โดยถือว่าคำเหล่านี้เป็นคำต้องห้าม

ทฤษฎีปัญญานิยม เกิดขึ้นจากแนวคิดของชอมสกีที่ไม่เห็นด้วยกับสกินเนอร์บิดาของทฤษฎีพฤติกรรมนิยม ในการมองพฤติกรรมมนุษย์ไว้ว่าเป็นเสมือนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ชอมสกีเชื่อว่าพฤติกรรมมนุษย์นั้นเป็นเรื่องของภายในจิตใจ มนุษย์ไม่ใช่ผ้าขาวที่เมื่อใส่สีอะไรลงไปก็จะกลายเป็นสีนั้น มนุษย์มีความนึกคิด มีอารมณ์จิตใจและความรู้สึกภายในที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการออกแบบการเรียนการสอนก็ควรที่จะคำนึงถึงความแตกต่างภายในของมนุษย์

ทฤษฎีโครงสร้างความรู้ ทฤษฎีปัญญานิยมยังได้เกิดทฤษฎีโครงสร้างความรู้ขึ้น ซึ่งเป็นแนวคิดที่เชื่อว่าโครงสร้างภายในของความรู้ของมนุษย์มีอยู่แน่นอนจะมีลักษณะเป็นโหนดหรือกลุ่มที่มีความเชื่อมโยงกันอยู่ ในการที่มนุษย์เรียนรู้อะไรใหม่ ๆ นั้น มนุษย์จะนำความรู้ใหม่ ๆ ที่เพิ่งได้รับนั้นไปเชื่อมโยงกับกลุ่มความรู้ที่มีอยู่เดิม รุมลฮาร์ท และออร์ทอนี (Rumelhart & Ortony, 1977) ได้ให้นิยามความหมายของคำ โครงสร้างความรู้ ไว้ว่าเป็นโครงสร้างข้อมูลภายในสมองของมนุษย์ที่รวบรวมความรู้เกี่ยวกับวัตถุ ลำดับเหตุการณ์รายการกิจกรรมต่าง ๆ เอาไว้ หน้าที่ของโครงสร้างความรู้ก็คือ การนำไปสู่การรับรู้ข้อมูลการรับรู้ข้อมูลนั้นจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้หากขาดโครงสร้างความรู้ ทั้งนี้ก็เพราะการรับรู้ข้อมูลนั้นเป็นการสร้างความหมายโดยการถ่ายโอนความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิม ภายในกรอบความรู้เดิมที่มีอยู่และจากการกระตุ้นโดยเหตุการณ์หนึ่ง ๆ ที่ช่วยให้เกิดความเชื่อมโยงความรู้นั้น ๆ เข้าด้วยกัน

ทฤษฎีความยืดหยุ่นทางปัญญา นอกจากทฤษฎีโครงสร้างความรู้แล้ว เมื่อไม่นานมานี้ (ต้น ค.ศ. 1990) ยังได้เกิดทฤษฎีใหม่มีชื่อว่าความยืดหยุ่นทางปัญญา ซึ่งเป็นแนวคิดที่เชื่อว่าความรู้แต่ละองค์ความรู้นั้นมีโครงสร้างที่แน่นชัดและสลับซับซ้อนเพราะตรรกะและความเป็นเหตุเป็นผลที่แน่นอนของธรรมชาติขององค์ความรู้ ในขณะที่ยวกันองค์ความรู้บางประเภทสาขาวิชา เช่น จิตวิทยาถือว่าเป็นองค์ความรู้ประเภทที่ไม่มีโครงสร้างตายตัวและสลับซับซ้อน เพราะความไม่เป็นเหตุเป็นผลของธรรมชาติขององค์ความรู้

แนวคิดทางด้านจิตวิทยาพุทธิพิสัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นได้แก่ ความสนใจและการรับรู้ที่ถูกต้อง การจดจำ ความเข้าใจ ความกระตือรือร้นในการเรียน แรงจูงใจ การควบคุมการเรียน การถ่ายโอนการเรียนรู้ และการตอบสนองความแตกต่างรายบุคคล

ความสนใจและการรับรู้อย่างถูกต้อง การเรียนรู้ของมนุษย์นั้นเกิดจากการที่มนุษย์ให้ความสนใจกับสิ่งเร้า และรับรู้สิ่งเร้าต่าง ๆ นั้นอย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามสิ่งเร้าเข้ามาหลายตัวและมนุษย์ไม่ได้ให้ความสนใจกับตัวกระตุ้นที่ถูกต้องอย่างเต็มที่ ดังนั้นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีจะต้องออกแบบให้เกิดการเรียนรู้ที่ง่ายและเที่ยงตรงที่สุด

การจดจำ สิ่งที่มนุษย์เรารับรู้นั้นจะถูกเก็บเอาไว้และเรียกกลับมาใช้ในภายหลัง แม้ว่ามนุษย์สามารถจำเรื่องต่าง ๆ ได้มาก แต่การที่แน่ใจในสิ่งต่าง ๆ ที่เรารับรู้นั้นได้ถูกจัดเก็บไว้อย่างเป็นระเบียบและพร้อมที่จะนำมาใช้ในภายหลังนั้นเป็นสิ่งที่ยากที่จะควบคุมโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสิ่งที่รับรู้นั้นมีอยู่เป็นจำนวนมาก ผู้สร้างบทเรียนต้องออกแบบบทเรียนโดยคำนึงถึงหลักเกณฑ์สำคัญที่จะช่วยในการจดจำได้ดี 2 ประการคือ หลักในการจัดระเบียบหรือโครงสร้างเนื้อหา และหลักในการทำซ้ำ เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 วิธีแล้ว วิธีการจัดโครงสร้างเนื้อหาให้เป็นระเบียบ

และแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนคนนั้นเป็นสิ่งที่ง่ายและมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการให้ผู้เรียนทำซ้ำ ๆ เพราะการจัดโครงสร้างเนื้อหาให้เป็นระเบียบจะช่วยให้การดึงข้อมูลความรู้ที่เก็บมาไว้ใช้ภายหลังหรือที่เรียกว่าการระลึกได้ จากงานวิจัยต่าง ๆ เราสามารถแบ่งการวางระเบียบหรือการจัดระบบเนื้อหาออกเป็น 3 ลักษณะด้วยกันคือ ลักษณะเชิงเส้นตรง ลักษณะสาขา ลักษณะสื่อหลายมิติ ดังนี้

ลักษณะเชิงเส้นตรง การจัดโครงสร้างในลักษณะเชิงเส้นตรงนี้เป็นแนวคิดของทฤษฎีพฤติกรรมนิยมและเป็นการนำเสนอเนื้อหาในลำดับที่ตายตัว เช่น ก ไป ข ข ไป ค ตามลำดับ

ลักษณะสาขา การจัดโครงสร้างข้อมูลในลักษณะสาขาเป็นแนวคิดของทฤษฎีปัญญานิยมและเป็นการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะแตกกิ่ง กล่าวคือ เป็นการแตกกิ่งก้านสาขาออกไปจากจุดหนึ่งแตกกิ่งก้านสาขา ออกไปเป็นจุดย่อย

ลักษณะสื่อหลายมิติ การจัดโครงสร้างข้อมูลในลักษณะสื่อหลายมิติเป็นแนวคิดที่เกิดจากความเชื่อเกี่ยวกับทฤษฎีความยืดหยุ่นทางปัญญา ซึ่งเชื่อว่าความรู้แต่ละองค์ความรู้นั้นมีโครงสร้างที่แน่ชัดและสลับซับซ้อนมากขึ้นแตกต่างกันไปและทฤษฎีโครงสร้างความรู้ ซึ่งเชื่อว่าโครงสร้างภายในของความรู้ที่มนุษย์มีอยู่นั้นจะมีลักษณะเป็นโหนดหรือเป็นกลุ่มที่มีการเชื่อมโยงกันอยู่และโหนดข้อมูลความรู้จะนำไปสู่การรับรู้ข้อมูล

ความเข้าใจ การที่มนุษย์จะนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้นั้น มนุษย์จะต้องผ่านขั้นตอนในการนำสิ่งที่มนุษย์รับรู้มาตีความและบูรณาการให้เข้ากับประสบการณ์และความรู้ในโลกปัจจุบันของมนุษย์ โดยการเรียนรู้ที่ถูกต้องนั้นใช้แค่เพียงการจำและการเรียกสิ่งที่เรารู้กลับคืนมา หากอาจรวมไปถึงความสามารถที่จะอธิบาย เปรียบเทียบ แยกแยะและประยุกต์ใช้ความรู้ไว้ในสถานการณ์ที่เหมาะสม

ความกระตือรือร้นในการเรียน การเรียนรู้ของมนุษย์นั้นใช้แค่การสังเกตหากรวมไปถึงการปฏิบัติด้วย การมีปฏิสัมพันธ์ไม่เพียงแต่คงความสนใจได้เท่านั้น หากยังช่วยทำให้เกิดความรู้และทักษะใหม่ ๆ ในผู้เรียนหนึ่งในข้อได้เปรียบสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีเหนือสื่อการสอนอื่น ๆ ก็คือความสามารถในเชิงโต้ตอบกับผู้เรียน

แรงจูงใจ แรงจูงใจที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนรู้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลองและเกมเป็นบทเรียนที่มีประสิทธิภาพสูงในการสร้างแรงจูงใจเนื่องจากลักษณะของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทั้ง 2 ประเภทนั่นเอง

การควบคุมบทเรียน ตัวแปรสำคัญในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้แก่การออกแบบการควบคุมบทเรียน ซึ่งได้แก่การควบคุมลำดับการเรียนรู้เนื้อหา ประเภทของบทเรียน ฯลฯ การควบคุมบทเรียนมีอยู่ 3 ลักษณะด้วยกันคือ การให้โปรแกรมเป็นผู้ควบคุม การให้ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุม และการผสมผสานระหว่างโปรแกรมและผู้เรียน

การถ่ายโอนการเรียนรู้ โดยปกติแล้วการเรียนรู้จากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะเป็นการเรียนรู้ในขั้นแรกก่อนที่จะมีการนำไปประยุกต์ใช้จริง การนำความรู้ที่ได้จากการเรียนบทเรียนแล้วขัดเกลาแล้วนั้นไปประยุกต์ใช้ในโลกจริงก็คือ การถ่ายโอนการเรียนรู้นั่นเอง สิ่งที่มีอิทธิพลต่อความสามารถของมนุษย์ในการถ่ายโอนการเรียนรู้ ได้แก่ความเหมือนจริงของบทเรียน ประเภทปริมาณและความหลากหลายของปฏิสัมพันธ์และประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ความแตกต่างรายบุคคล ผู้เรียนแต่ละคนมีความเร็วช้าในการเรียนรู้แตกต่างกันไป ผู้เรียนบางคนจะเรียนได้ดีจากบางประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การออกแบบบทเรียนให้มีความยืดหยุ่นเพื่อที่จะตอบสนองความสามารถทางการเรียนของผู้เรียนแต่ละคนได้เป็นสิ่งสำคัญ แม้ว่าความตอบสนองความแตกต่างรายบุคคลถือเป็นข้อได้เปรียบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โปรแกรมที่ใช้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แบ่งตามลักษณะของภาษาและโปรแกรมในฐานะเครื่องมือที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ดังนี้ (นัญญา พลิตวานนท์, 2537)

ภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูง ผู้ใช้จะต้องมีความรู้และเข้าใจในภาษานั้นเป็นอย่างดี เหมาะสำหรับการพัฒนาบทเรียนที่มีความซับซ้อนหรือในรูปแบบของบทเรียนที่มีการออกแบบโดยเฉพาะ ภาษาที่นิยมนำมาใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้แก่ ภาษาเบสิก ภาษาปาสคาล ภาษาซี ภาษาโปรล็อก และภาษาโลโก้

ภาษาช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นภาษาที่พัฒนามาจากภาษาคอมพิวเตอร์การทำงานจะใช้คำสั่งเฉพาะเพื่อให้การทำงานเป็นไปตามที่ต้องการ ภาษาช่วยสร้างบทเรียนนี้ใช้ง่ายและสะดวกกว่าภาษาระดับสูง เพราะผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ภาษาในคอมพิวเตอร์ ก็สามารถใช้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพียงแต่ใช้คำสั่งในโปรแกรมเท่านั้น แต่มีข้อจำกัด และมีรูปแบบของโปรแกรมช่วยสอนไม่ดีเท่าการใช้ภาษาระดับสูง ตัวอย่างภาษาช่วยสร้างบทเรียนได้แก่ คอสแวร์ ไฟลิ่ง และคิวเตอร์

โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โปรแกรมประเภทนี้ส่วนใหญ่ใช้ชุดคำสั่งจากเมนูโดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องอาศัยความรู้ความสามารถทางภาษาคอมพิวเตอร์ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โปรแกรมสามารถติดต่อเชื่อมโยงกับภาษาคอมพิวเตอร์หรือสื่ออื่น ๆ เพื่อให้การทำงานมีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น ติดต่อเครื่องเล่นวิดีโอผ่านเครื่องเล่นเลเซอร์ หรือมีการบันทึกเสียงเพื่อเพิ่มสิ่งเร้าให้บทเรียนน่าสนใจมากขึ้น โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ ได้แก่ โปรแกรมไทยทัศน์ โปรแกรมโฟนิกส์ โปรแกรมออร์เธอแวร์สตาร์ เป็นต้น

โปรแกรมโครงสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นภาษาที่ใช้งานง่ายที่สุดในบรรดาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์แต่มีข้อจำกัดมากที่สุดเนื่องจากได้มีการออกแบบโปรแกรมให้ผู้ใช้ใช้เป็นรูปแบบ ในการสร้างบทเรียน ใช้คำสั่ง ขบวนการ และการปฏิสัมพันธ์ที่ได้ออกแบบไว้แล้ว ผู้ใช้เพียงออกแบบเนื้อหาให้สอดคล้องกับรูปแบบของโปรแกรม

โปรแกรมช่วยสร้างที่จะนำมาพัฒนานั้นมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อที่ผู้จะใช้ได้นำมาพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้อย่างสะดวก ผู้วิจัยจะกล่าวถึงโปรแกรมที่นิยมใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นคือโปรแกรมออร์เธอแวร์

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรมออร์เธอแวร์ โปรแกรมฟลัชชานอล (สมศักดิ์ ลิ้มเกิด, 2536) โปรแกรมออร์เธอแวร์ โปรแกรมฟลัชชานอล เป็นโปรแกรมประเภทออร์เธอริง ทูลใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีความสามารถด้านมัลติมีเดีย วิธีการพัฒนาโปรแกรมด้วยโปรแกรมออร์เธอแวร์ โปรแกรมฟลัชชานอล ไม่ต้องมีขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเหมือนกับภาษาโปรแกรมแต่จะเป็นการทำงานโดยการใช้สัญลักษณ์โดยการนำสัญลักษณ์ไปวางไว้บนเส้นผังงานเพื่อกำหนดการทำงานหรือการแสดงผล โปรแกรมออร์เธอแวร์ โปรแกรมฟลัชชานอล จะทำงานอยู่ภายใต้ระบบปฏิบัติการของไมโครซอฟท์ วินโดวส์ ดังนั้นองค์ประกอบของโปรแกรมที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาบทเรียน จึงทำงานอยู่บนวินโดวส์

คุณสมบัติ 3 ประการของโปรแกรมออร์เธอแวร์ โปรแกรมฟลัชชานอล

1. ใช้เทคนิค ออปเจก ออร์เธอริง เทคนิคนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้โปรแกรมโปรแกรมออร์เธอแวร์ เป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายกล่าวคือ เป็นการออกแบบคำสั่งที่อยู่ในรูปแบบของสัญลักษณ์ ในการสร้างงานทำได้โดยการนำสัญลักษณ์ ที่ใช้วางเรียงกันบนเส้นผังงาน ดังนั้นผู้ใช้โปรแกรมจึงไม่จำเป็นต้องมีความรู้การใช้คำสั่งที่อยู่ในรูปของภาษาโปรแกรม
2. มีมัลติมีเดีย ทูล เป็นเครื่องสนับสนุนการสร้างงานทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างงานที่ประกอบไปด้วย ข้อความ รูปภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว วิดีโอหรือสร้างเอฟเฟคต่าง ๆ ได้
3. เป็นโปรแกรมที่ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้หลายระบบไม่ว่าจะเป็นบนเครื่องแมคอินทอช หรือภายใต้ระบบไมโครซอฟท์วินโดวส์ที่อยู่บนเครื่อง พีซี

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยระบบมัลติมีเดีย มีผู้ทำการศึกษาไว้หลายคนในเรื่องต่าง ๆ แต่ไม่พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการทดสอบความงอก สำหรับเอกสารงานวิจัยที่แสดงถึงประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ดังนี้

ทิพย์ จำอยู่ (2543) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่องการพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ซ่อมเสริมวิชาภาษาอังกฤษ เรื่อง “Tenses” กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนระดับชั้น
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 โรงเรียนพญาพิชัยพร จำนวน 30 คน ที่ไม่ผ่าน
จุดประสงค์การเรียนรู้เรื่อง Tense ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างง่ายโดยวิธีการจับฉลาก ผลการวิจัยพบว่า
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาภาษาอังกฤษ เรื่อง Tense มีประสิทธิภาพ 84.95/83.33 ซึ่งสูงกว่า
เกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และจากการประเมินบทเรียนจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน
พบว่าโปรแกรมมีความเหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนวิชาภาษาอังกฤษ เรื่อง Tense อยู่ใน
ระดับเหมาะสม

ธีรพงศ์ อ่อนอก (2540) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาคอมพิวเตอร์
ช่วยสอนเพื่อสอนการใช้ฮาร์ดแวร์ โปรเฟสชันนอล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูผู้สอน
ระดับมัธยมศึกษาที่สนใจการพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
พัฒนาการ บางใหญ่ อำเภอมือง จังหวัดนนทบุรี จำนวน 15 คน ใช้วิธีสุ่มแบบเจาะจง ผลการวิจัย
พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อสอนระบบช่วยสร้างบทเรียนฮาร์ดแวร์ โปรเฟสชันนอล
มีประสิทธิภาพ 86/88.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

จิรดา บุญอารยะกุล (2541) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การนำเสนอลักษณะของบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญสาขา CAI และ
สาขาอินเทอร์เน็ตรวมทั้งหมด จำนวน 27 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลการใช้รูปแบบบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากการวิเคราะห์คะแนนก่อนและ หลังเรียนปรากฏผลดัง คะแนนหลังเรียน
ของกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถในการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ สูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่าง
มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถในการเรียนต่างกันที่คะแนนเฉลี่ย
หลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กลุ่มตัวอย่างที่เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์
ช่วยสอนมีความเห็นว่า การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนน่าสนใจ และพอใจการเรียน
ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เปี่ยมลาภ เหล็กเรืองฤทธิ์ (2540) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาคอมพิวเตอร์
ช่วยสอนด้วยระบบมัลติมีเดียเรื่องกลไกการคลอดปกติ สำหรับนักเรียนพยาบาล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้
ในการวิจัยคือนักเรียนพยาบาล ชั้นปีที่ 2 มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการใ้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเปรียบเทียบกับหลังการใ้บทเรียน
ผลของกลุ่มตัวอย่างสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลจากการประเมินความคิดเห็น
ของผู้เรียนต่อบทเรียนพบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง

รัตนา อภิรักษาวงศ์ (2543) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยระบบมัลติมีเดีย เรื่อง การช่วยคลอดปกติ สำหรับนักศึกษาพยาบาล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักศึกษาพยาบาลวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี จำนวน 30 คน จากการวิจัยทำให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเนื้อหา (Tutorial) ที่มีลักษณะมัลติมีเดีย ประกอบไปด้วย ข้อความ รูปภาพ เสียงประกอบ และภาพเคลื่อนไหวจาก วิดีทัศน์ในเหตุการณ์จริง ผู้เรียนสามารถควบคุมการนำเสนอเนื้อหาได้ด้วยตนเอง หรือเลือกเรียนย้อนกลับไปมาในเนื้อหา หรือเลือกศึกษาเฉพาะเนื้อหาที่ต้องการเรียนได้ เหมาะสำหรับผู้เรียนที่ต้องการทบทวนบทเรียนด้วยตนเอง มีความทันสมัยเหมาะสมต่อสภาพการณ์ปัจจุบัน สามารถนำไปเป็นแนวทางการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเนื้อหาอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถช่วยสอนให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีกว่าการสอนตามปกติ

วิโรจน์ สหพัฒน์สมบัติ (2543) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2542 วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 26 คน ใช้วิธีเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 11 คน ประเมินบทเรียนให้ความคิดเห็นที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.34 และนักศึกษาที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ได้คะแนนเฉลี่ยจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังใช้บทเรียนสูงกว่า ก่อนใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชัยรัตน์ สุวรรณรัตน์ (2540) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องกล้องถ่ายรูป กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนระดับปริญญาตรี วิชาเอกเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ยังไม่ได้เรียนวิชาถ่ายภาพเบื้องต้น จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องกล้องถ่ายรูปที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ คือ 80/80 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนได้เท่ากับ 88.00/85.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องกล้องถ่ายรูปที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจึงมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้

จักรพงษ์ เจือจันทร์ (2540) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้ตัวชี้นำต่างกัน โดยตัวชี้นำที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือตัวชี้นำแบบตัวอักษร สีน้ำเงินเพื่อเน้นสาระสำคัญและตัวชี้นำแบบแถบสว่างสีเหลืองเพื่อเน้นสาระสำคัญ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนราชวินิตบางแก้ว จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 60 คน โดยได้มาจากกลุ่มอย่างง่าย และจัดเป็นกลุ่มควบคุม 1 กลุ่มและกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มมีนักเรียน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน

จากงานวิจัยทั้งหมดที่ได้กล่าวมาพบว่า คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการศึกษ โดยเฉพาะการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเรียนการสอนในลักษณะของโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นหรือสูงขึ้น และผู้เรียนยังมีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอีกด้วย จึงเป็นเรื่องที่น่าศึกษาหรือพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีคุณภาพดี และตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพอีกด้วย

สุพรรณ เลื่อมใส (2538) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง โรคเอดส์สำหรับนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ ระดับชั้นปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ สำหรับนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ ระดับชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยบูรพา ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง “โรคเอดส์” ทั้ง 4 บทเรียนมีประสิทธิภาพ 90.67/93.27 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้และข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งนี้ คือ โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรจะได้นำไปใช้ในการเรียนการสอนในวิชาชีพอื่น ๆ และควรพัฒนาออกแบบเทคนิคบนจอภาพคอมพิวเตอร์ให้สร้างความสนใจมากยิ่งขึ้น

ลักการะ เลิศยะ โส (2543) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียช่วยสอนเรื่องความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์เบื้องต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 โรงเรียนพัทยาบวรบริหารธุรกิจ อ.บางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 30 คน ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างง่ายโดยวิธีการจับฉลาก จากการศึกษาทำให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียช่วยสอนเรื่องความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์เบื้องต้น มีประสิทธิภาพ 86.89/100.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 80/80 และจากการประเมินบทเรียนจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนพบว่าโปรแกรมมีความเหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนวิชาคอมพิวเตอร์เรื่องความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ในระดับมากที่สุด

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนพบว่า คอมพิวเตอร์ได้มาช่วยในการเรียนการสอนในลักษณะของโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนสามารถควบคุมการนำเสนอเนื้อหาได้ด้วยตนเอง หรือเลือกเรียนย้อนกลับไปตามเนื้อหา หรือเลือกศึกษาเฉพาะเนื้อหาที่ต้องการเรียนได้ เหมาะสำหรับผู้เรียนที่ต้องการทบทวนบทเรียนด้วยตนเอง มีความทันสมัยเหมาะสมต่อสภาพการณ์ปัจจุบัน ซึ่งมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นหรือสูงขึ้น และผู้เรียนยังมีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอีกด้วย จึงเป็นเรื่องที่น่าศึกษาหรือพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีคุณภาพดี และตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพอีกด้วย