บทที่ 4
การออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่าย ที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

การออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม วิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ในการศึกษาครั้งนี้อาศัยพื้นฐานของ การวิจัยเชิงพัฒนา (Developmental research) แบบ Type II (Richey & Klein, 2007) ซึ่งประกอบด้วย 3 ระยะดังนี้ ระยะที่ 1 การพัฒนาโมเดล (Model development) ระยะที่ 2 การตรวจสอบความตรงของโมเดล (Model validation) และ ระยะที่ 3 การใช้โมเดล (Model use) ซึ่งจะนำเสนอตามลำดับดังนี้

1. ระยะที่ 1 การพัฒนาโมเดล (Model development)
   - 1.1 การศึกษาหลักการ ทฤษฎี
   - 1.2 การศึกษาบริบทการเรียนการสอนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม
   - 1.3 การสังเคราะห์กรอบแนวคิดในการออกแบบโมเดลฯ
   - 1.4 การออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม
   - 1.5 การศึกษาบริบทการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ
   - 1.6 การประเมินโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ
   - 1.7 การศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม
2. ระยะที่ 2 การตรวจสอบความตรงของโมเดล (Model validation)
   - 2.1 การตรวจสอบความตรงภายใน
     - 2.1.1 การประเมินโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ
     - 2.1.2 การประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม
   - 2.2 การตรวจสอบความตรงภายนอก
     - 2.2.1 การประเมินความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนที่เรียนด้วยโมเดลฯ
     - 2.2.2 การประเมินบริบทการเรียนด้วยโมเดลฯของผู้เรียน
     - 2.2.3 การประเมินบริบทการจัดการเรียนรู้ด้วยโมเดลฯของผู้สอน

2.2.4 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

3. ระยะที่ 3 การใช้โมเดล (Model use)

3.1 การศึกษากระบวนการใช้โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

3.2 การศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมในการใช้โมเดลฯที่ประสบความสำเร็จ

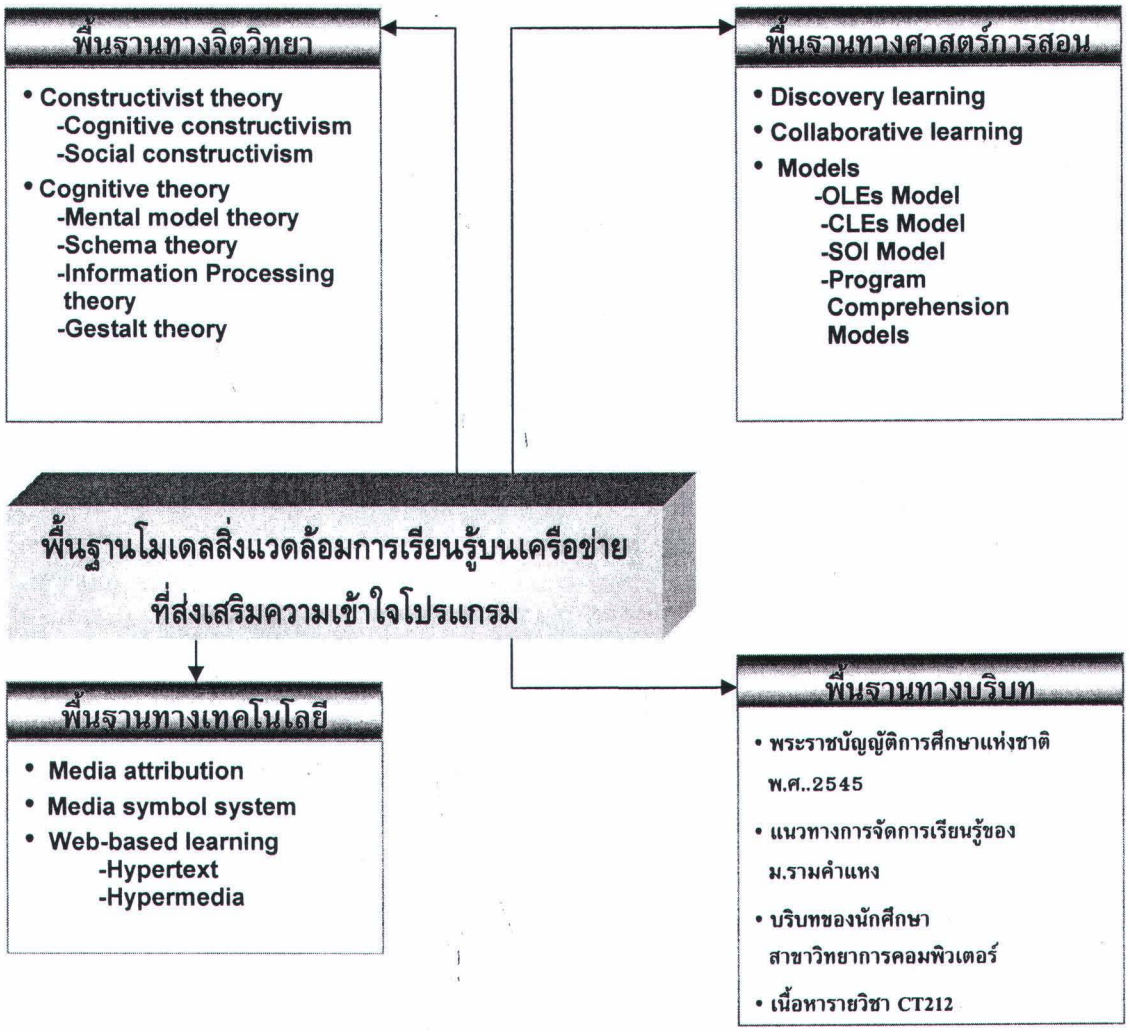
3.3 การศึกษาผลสำเร็จของการใช้โมเดลฯ ได้แก่ ความเข้าใจโปรแกรม ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ระยะที่ 1 การพัฒนาโมเดล(Model development)

การพัฒนาโมเดลมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม และศึกษากระบวนการพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม เป็นระยะที่ผู้วิจัยทำการศึกษาโดยวิเคราะห์เอกสาร(Document Analysis) เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี ศึกษาสภาพบริบทเกี่ยวกับการจัดเรียนการสอนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรมของนักศึกษาภาคปกติ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง สังเคราะห์งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review) ศึกษาความสามารถในการออกแบบและพัฒนาของนักออกแบบหรือนักพัฒนา และศึกษาผลการทดลองใช้โมเดลฯของผู้เรียนที่เรียนด้วยโมเดลฯ มีรายละเอียดในการดำเนินการศึกษาดังนี้

1.1 การศึกษาหลักการ ทฤษฎี

ขั้นตอนนี้เป็นส่วนของการศึกษาหลักการ ทฤษฎี และวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ การสร้างความรู้ การใช้เทคโนโลยี ความเข้าใจโปรแกรม บริบทการเรียนการสอน เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทฤษฎีและงานวิจัยที่ศึกษาครั้งนี้ โดยอาศัยพื้นฐานทางจิตวิทยาการเรียนรู้ (Psychological base) พื้นฐานทางศาสตร์การสอน(Pedagogies base) พื้นฐานทางเทคโนโลยี (Technological base) และพื้นฐานทางบริบท (Contextual base) ดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงพื้นฐานเชิงทฤษฎีของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่าย ที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

จากภาพที่ 4.1 แสดงพื้นฐานเชิงทฤษฎีของโมเดลสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ทั้ง 4 พื้นฐานนั้นได้สังเคราะห์ขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลของแต่ละพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจโปรแกรมแต่ละพื้นฐานดังนี้

1.1.1 พื้นฐานทางจิตวิทยาการเรียนรู้ (Psychological base)

โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมมีพื้นฐานทางจิตวิทยาการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานสำคัญ 2 กลุ่มทฤษฎี คือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และทฤษฎีพุทธิปัญญานิยม

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์(Constructivist theory) เป็นทฤษฎีที่มีหลักสำคัญเกี่ยวกับการเรียนรู้คือผู้เรียนจะต้องสร้างความรู้ขึ้นเอง ผู้สอนเป็นเพียงผู้ช่วยโดยหาวิธีการจัดการข้อมูลข่าวสารให้มีความหมายแก่ผู้เรียนหรือให้โอกาสให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ได้ด้วยตนเองโดยการลงมือกระทำ พื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่สำคัญ คือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา (Cognitive Constructivism) และทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social Constructivism) แนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา มีพื้นฐานมาจากแนวคิดของเพียเจต์(Piaget) แนวคิดของทฤษฎีนี้ เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ ผู้เรียนถูกกระตุ้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา(Cognitive conflict) หรือเรียกว่าเกิดการเสียสมดุลทางปัญญา (Disequilibrium) ผู้เรียนต้องพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structuring)ให้เข้าสู่ภาวะสมดุล(Equilibrium) โดยวิธีการดูดซึม (Assimilation) ได้แก่การรับข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปไว้ในโครงสร้างทางปัญญา และ การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) คือการเชื่อมโยงโครงสร้างทางปัญญาเดิม หรือความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับข้อมูลข่าวสารใหม่ จนกระทั่งผู้เรียนสามารถปรับโครงสร้างทางปัญญาเข้าสู่สภาพสมดุล หรือสามารถที่จะสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้หรือเกิดการเรียนรู้นั่นเอง สอดคล้องกับการได้มาซึ่งความเข้าใจโปรแกรมที่ผู้เรียนได้จากการพัฒนากระบวนการคิดระดับสูงผ่านกระบวนการแก้ปัญหา ดังนั้นทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ในองค์ประกอบของสถานการณ์ปัญหาเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้โดยพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญาให้เข้าสู่ภาวะสมดุล สำหรับแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social Constructivism) เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจากวิก๊อทสกี(Vygotsky) เน้นการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ผู้เรียนที่อยู่ต่ำกว่า Zone of Proximal Development จำเป็นที่จะต้องได้รับการช่วยเหลือในการเรียนรู้ ที่เรียกว่าฐานความช่วยเหลือ(Scaffolding) และสร้างความรู้โดยผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น การสนทนาระหว่างผู้เรียนด้วยกัน หรือระหว่างผู้เรียนกับผู้เชี่ยวชาญ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดมุมมองที่หลากหลายเปิดโอกาสในการแลกเปลี่ยนประสบการณ์แนวคิด เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการสร้างความรู้ ดังนั้นทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมจึงเป็นส่วนสำคัญและสอดคล้องกับการได้มาซึ่งความเข้าใจโปรแกรมที่จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ในองค์ประกอบของฐานความช่วยเหลือ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้เป็นการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม เพื่อช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้

ทฤษฎีพุทธิปัญญานิยม(Cognitive theory) เป็นทฤษฎีที่อธิบายเกี่ยวกับการเรียนรู้โดยเน้นที่การเปลี่ยนแปลงทางกระบวนการคิดที่มนุษย์ใช้ในทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ บนโลก ความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนนั้นเกี่ยวข้องกับแนวคิดของทฤษฎีพุทธิปัญญาอย่างมาก เพราะความเข้าใจโปรแกรมจะเกิดขึ้นได้นั้น ผู้เรียนจะต้องมีการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอกในที่นี้คือโปรแกรม เมื่อผู้เรียนเริ่มเพ็งพินิจ(Scan)คำสั่งโปรแกรมทีละคำสั่งผู้เรียนจะเข้ารหัสคำสั่งต่าง ๆเหล่านั้นเป็นสิ่งที่แทนความเข้าใจในสมอง มีการดูดซึมความรู้ใหม่ ๆตาม

ประสบการณ์ที่ได้พิจารณาคำสั่งโปรแกรมเป็นลำดับ กระบวนการนี้ผู้เรียนต้องใช้ความคิดเป็นอย่างมากเพราะความหมายที่สร้างขึ้นจากคำสั่งโปรแกรมที่ผู้เรียนพิจารณานั้นได้รับอิทธิพลอย่างมากจากกระบวนการทางสมองที่ผู้เรียนทุ่มเทให้กับกระบวนการพิจารณา การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนสามารถเพิ่มเติมมโนมติและความคิดเข้ากับโครงสร้างทางปัญญา โดยเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่รู้อยู่เดิมกับสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ได้อย่างถูกต้อง ความเข้าใจโปรแกรมจะสมบูรณ์เมื่อผู้เรียนสามารถสร้างสิ่งแทนความเข้าใจโปรแกรม(Program model) และสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์(Situation model)เพื่อสรุปวัตถุประสงค์ของการทำงานของโปรแกรมได้ ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยนำทฤษฎีพุทธิปัญญามาใช้ในการสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญาและส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาการสร้างความเข้าใจโปรแกรม โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถดึงความรู้เดิมที่มีอยู่มาใช้ในการทำความเข้าใจโปรแกรมที่ได้รับจากการอ่านโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยพื้นฐานทฤษฎีพุทธิปัญญานิยม 4 ทฤษฎี ประกอบด้วย ทฤษฎีเกสตัล (Gestalt Theory) ทฤษฎีสกีมา (Schema theory) ทฤษฎีเมนทอลโมเดล (Mental model theory) ทฤษฎีประมวลผลข้อมูล (Information processing theory)

ทฤษฎีเกสตัล (Gestalt Theory) มีหลักสำคัญพื้นฐานเกี่ยวข้องกับการรับรู้ (Perception)และการแก้ปัญหา(Problem solving)โดยวิธีการหยั่งรู้(Insight) ทฤษฎีเกสตัลท์สามารถนำมาใช้ในการออกแบบการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นเกี่ยวกับการรับรู้ (Perception) และความสัมพันธ์ของการรับรู้ที่มีต่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับ การออกแบบสี รูป-พื้น(Figure-ground contrast) ความง่าย(Simplicity) ความสมมาตร(Proximity similarity Symmetry) และความใกล้ชิด(Closure) โดยจัดมโนมติล่วงหน้า (Advance Organizers) และการวางโครงเรื่อง (Outline) เพื่อเป็นแผนที่ทางปัญญา (Cognitive map) ที่ทำให้ผู้เรียนสร้างกรอบแนวคิดหรือโครงสร้างทางปัญญา (Schema) ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเรื่องราวต่าง ๆได้โดยง่าย ในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการได้มาซึ่งความเข้าใจโปรแกรมที่จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบการรับรู้เพื่อสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญาให้แก่ผู้เรียน โดยออกแบบหน้าจอที่สนับสนุนให้ผู้เรียนได้รับแนวคิดรวบยอด (Concept attainment activities) จัดมโนมติล่วงหน้าและโครงเรื่อง อีกทั้งนำเสนอสารสนเทศต่าง ๆในรูปของภาพ กราฟิก และเสียงเพื่อกระตุ้นแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดเป็นการสนับสนุนและส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน

ทฤษฎีสกีมา (Schema theory) เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงโครงสร้างทางปัญญาในสมองของมนุษย์ซึ่งใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลข่าวสารหรือความรู้เข้าไว้โดยการเชื่อมโยงสิ่งที่เราได้ยิน ได้เห็น ได้สัมผัสและทดลองจากสิ่งที่เรียนรู้ภายนอก ถ้ามีจัดเก็บหรือมีการเชื่อมโยงที่ดีเข้าไว้ในความทรงจำระยะยาว มนุษย์จะสามารถเรียกใช้ข้อมูลและตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว โครงสร้างทางปัญญาเป็นสิ่งแทนความรู้ในสมอง(Mental Representation) ที่ประกอบด้วย วัตถุ(Objects) และเหตุการณ์(Event) มีลักษณะเป็นโครงสร้างความจำ (Schema as Memory Structure) เป็นนามธรรม(Schema as Abstraction) เป็นเครือข่าย(Schema as Network) มีโครงสร้างเป็นพลวัตร(Schema as Dynamic Structure) และ เปลี่ยนไปตามบริบท (Schema as Context เป็นสิ่ง

แทนความรู้ที่เป็นความคิดรวบยอดในสมองประกอบด้วยชุดความรู้หลาย ๆชุดที่เอื้ออำนวยต่อการใช้ความรู้นั้น ๆในลักษณะที่แตกต่าง สกีมาเป็นสิ่งที่ผู้เรียนรายวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรมต้องการพัฒนาเป็นอย่างมากในการทำความเข้าใจโปรแกรม กระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนนั้นเริ่มจากผู้เรียนเพ็งพินิจ(Scan)คำสั่งโปรแกรม คำสั่งโปรแกรมเหล่านี้ถูกแทนเป็นวัตถุ(Object)ในสกีมาและเมื่อผู้เรียนทำความเข้าใจความหมายของคำสั่งโปรแกรมเหล่านี้ ความรู้ความหมายของคำสั่งเป็นเหตุการณ์(Event)ที่ถูกจัดเก็บในสกีมาของผู้เรียน ผู้เรียนแทนความรู้ของวัตถุและเหตุการณ์ที่กำลังเผชิญนี้ในรูปนามธรรม(Abstraction)นำไปจัดเก็บในโครงสร้างความจำ(Memory)ในสมองที่ผู้เรียนสามารถระลึกถึงหรือนำมาใช้ได้เมื่อต้องการ เมื่อผู้เรียนเพ็งพินิจ(Scan)คำสั่งโปรแกรมต่อ ๆไป โครงสร้างความจำที่เก็บความเข้าใจคำสั่งโปรแกรมจะเกิดการเปลี่ยนแปลง(Dynamic) เกิดกระบวนการดูดซึมทางปัญญาหรือปรับโครงสร้างทางปัญญาโดยเชื่อมโยงความเข้าใจคำสั่งโปรแกรมใหม่ที่กำลังเผชิญอยู่ผนวกเข้ากับความเข้าใจคำสั่งโปรแกรมเดิมที่มีอยู่ในโครงสร้างความจำ ซึ่งความเข้าใจคำสั่งโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกันจะถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเป็นเครือข่าย(Network) และมีการปรับเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องเมื่อเผชิญกับคำสั่งโปรแกรมใหม่ ๆตามบริบท(Context)ที่พิจารณา ผู้เรียนสามารถตีความและคาดการณ์ล่วงหน้าได้ ความเข้าใจโปรแกรมจะสมบูรณ์เมื่อผู้เรียนสามารถแทนความคิดรวบยอดของคำสั่งโปรแกรมทั้งหมดในโครงสร้างความจำ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์การทำงานของโปรแกรมนั่นเอง สอดคล้องกับการได้มาซึ่งความเข้าใจโปรแกรมที่จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ในการออกแบบสาร (Message design) ด้วยรูปแบบสัญลักษณ์ ข้อความ รูปภาพและกราฟิก(Graphics) เพื่อช่วยให้ผู้เรียนลดการจดจำคำสั่งโปรแกรมต่าง ๆ สนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญาของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนสร้างความรู้โดยสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ได้อย่างมีความหมายเกิดเป็นความเข้าใจโปรแกรมในที่สุด

ทฤษฎีเมนทอลโมเดล (Mental model theory)เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงรูปแบบการทำความเข้าใจหรือสิ่งแทนความรู้ ใช้อธิบายความเข้าใจของมนุษย์เกี่ยวกับวัตถุและเหตุการณ์เป็นการสร้างสิ่งขึ้นแทนความรู้ภายในสมองที่ตรงกันกับความคิดรวบยอดของภารกิจหรือเหตุการณ์ที่ค่อย ๆ สร้างขึ้นในกระบวนภายในสมอง(Mind) ของผู้เรียน จากการที่ผู้เรียนเรียนรู้และมีปฏิสัมพันธ์กับสถานการณ์การเรียนรู้ เมนทอลโมเดลในการศึกษาครั้งนี้เป็นรูปแบบการทำความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนที่ค่อย ๆก่อรูปจากการเพ็งพินิจ(Scan)คำสั่งโปรแกรม ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆของคำและประโยคต่าง ๆที่ปรากฏในโปรแกรมทั้งหมด เช่น ชื่อตัวแปร ชื่อฟังก์ชัน รูปแบบการทำงานของคำสั่ง ความหมายของคำสั่ง ความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลของตัวแปรและกลุ่มคำสั่งซึ่งเป็นความหมายของการทำงานตามสถานการณ์ต่าง ๆ ลำดับขั้นตอนของของคำสั่งเป็นความเข้าใจทั้งโปรแกรม สอดคล้องกับการได้มาซึ่งความเข้าใจโปรแกรมที่จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯเพื่อช่วยปรับสมดุลทางปัญญาของผู้เรียนโดยการออกแบบสาร (Message design) ใช้ข้อความและภาพกราฟิกทำให้

ผู้เรียนสามารถเห็นภาพรวมและความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆของโปรแกรม มีคำแนะนำในการช่วยเหลือการแก้ปัญหา มีการจัดหมวดหมู่สารสนเทศเพื่อลดภาระในการจดจำ และผู้เรียนสามารถเรียกใช้ข้อมูลต่าง ๆในเวลาที่ต้องการได้ พัฒนาระบบมัลติมีเดียเพื่อให้ผู้เรียนเห็นวัตถุและเหตุการณ์ที่เป็นเหตุเป็นผล ทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทฤษฎีประมวลผลสารสนเทศ (Information processing theory) เป็นแนวคิดทางการเรียนรู้ของจิตวิทยาพุทธิปัญญาที่เปรียบเทียบความคิดของมนุษย์กับกระบวนการประมวลผลข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดเก็บข้อมูลในหน่วยความจำที่เกิดจากประสาทสัมผัส(Sensory memory) ความจำที่เกิดจากการปฏิบัติ(Working memory) ความจำระยะยาว(Long-term memory) และการเคลื่อนย้ายข้อมูลจากที่จัดเก็บหนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยกระบวนการใส่ใจ(Attention) การรับรู้(Perception) การทำซ้ำ(Rehearsal) และการเข้ารหัส(Encoding) โดยใช้กระบวนการทางสติปัญญาและโดยการควบคุมของเมตาคอกนิชัน สอดคล้องกับการได้มาซึ่งความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนเกิดจากผู้เรียนใช้ประสาทสัมผัสในที่นี้คือตาในการเพ็งพินิจ(Scan)คำสั่งโปรแกรม คำสั่งต่าง ๆที่อ่านจะถูกเก็บในหน่วยความจำระยะสั้นซึ่งจะเก็บได้เพียงชั่วคราวเท่านั้น ถ้าผู้เรียนใส่ใจในการเพ็งพินิจ(Scan)ซ้ำ ๆอีกทั้งถ้ามีการนำเสนอคำสั่งโปรแกรมอยู่ในรูปแบบที่ดี ผู้เรียนสามารถเข้ารหัสคำสั่งต่าง ๆเหล่านั้นได้ง่ายจะทำให้ผู้เรียนสามารถจดจำคำสั่งโปรแกรมได้มากขึ้นและเคลื่อนย้ายข้อมูลมาเก็บที่หน่วยความจำระยะยาวได้มากขึ้น เกิดเป็นความรู้ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างกันและกันอย่างซับซ้อนเรียกว่าสกีมาตา (Schemata) ผู้เรียนทราบว่ามีอะไรที่อยู่ในโปรแกรมบ้าง(What) และรู้ถึงขั้นตอนของการปฏิบัติการในโปรแกรม(How) ดังนั้นการพัฒนาสกีมาตาของผู้เรียนนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการสนับสนุนการเรียนรู้การทำความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน

ดังนั้นการนำทฤษฎีประมวลผลสารสนเทศมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯเพื่อช่วยปรับสมดุลทางปัญญาของผู้เรียน อันเป็นการส่งเสริมการปรับสมดุลทางปัญญาและส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.1.2 พื้นฐานทางศาสตร์การสอน (Pedagogies base)

พื้นฐานทางศาสตร์การสอน(Pedagogies base) เป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับการสอน และการเรียนรู้ที่ได้จากการคิด วิเคราะห์ ประกอบด้วย ปรัชญาการศึกษา บริบททางการสอน ทฤษฎี หลักการ แนวคิด ระบบ รูปแบบ วิธีการ เทคนิค และจิตวิทยาทางการเรียนรู้และการสอน การวางแผนและออกแบบการจัดการเรียนการสอน การดำเนินการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล สื่อและเทคโนโลยีทางการสอน นวัตกรรมและการวิจัยการเรียนการสอน เป็นต้น ซึ่งพื้นฐานทางศาสตร์การสอนที่ผู้วิจัยนำมาเป็นพื้นฐานในครั้งนี้ประกอบด้วย Discovery learning, Collaborative learning, OLEs Model, CLEs Model, SOI Model, Software Comprehension Models

การออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมสืบเนื่องมาจากแนวทางการศึกษาในปัจจุบันได้เปลี่ยนกระบวนทัศน์จากการสอนโดยครูผู้สอนหรือสื่อการสอนมาสู่การเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางที่ให้ความสำคัญต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผ่านการปฏิบัติลงมือกระทำ การเรียนรู้สามารถเกิดจากการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้เรียนและผู้สอน หรือระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน ทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้(Collaborative environment) ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนได้ด้วยตนเองทำให้เกิดสิ่งแวดล้อมที่ยืดหยุ่นแก่ผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญและเสาะแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเองอย่างหลากหลาย(Discovery learning) มีความสอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ซึ่งเน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ด้วยการลงมือกระทำหรือปฏิบัติที่ผ่านกระบวนการคิด โดยอาศัยประสบการณ์เดิม หรือความรู้เดิมที่มีอยู่แล้วเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่หรือความรู้ใหม่ เพื่อขยายโครงสร้างทางปัญญา การออกแบบสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้หรือสร้างความรู้ของผู้เรียนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ได้ออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมเพื่อเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง สามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยการลงมือกระทำ ได้นำโมเดลการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ได้แก่ Open Learning Environments: OLEs ที่เน้นเกี่ยวกับการคิดแบบอเนกนัย(Divergent thinking) ซึ่งเป็นความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียนที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่สามารถแสดงออกได้หลายแบบ และหลายวิธีเป็นแนวคิดที่หลากหลาย(Multiple perspective) เหมาะกับการเรียนรู้ที่เป็นการแก้ปัญหา โดยเฉพาะเป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อน หลักการสำคัญของOpen Learning Environment(OLEs) ที่นำมาใช้ในการออกแบบได้แก่ การเข้าสู่บริบท(Enabling context) แหล่งการเรียนรู้(Resource) เครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ฐานการช่วยเหลือ(Scaffolding) นอกจากนี้สอดคล้องกับการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามหลักการสำคัญของ Constructivist Learning Environments(CLEs) ที่มุ่งส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและพัฒนาความคิดรวบยอดที่เกิดจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากซับซ้อนเน้นสภาพจริง หลักการที่สำคัญที่นำมาใช้ในการออกแบบได้แก่ กรณีใกล้เคียง เพื่อสนับสนุนและส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนให้สามารถเข้าถึงและเข้าใจประเด็นของปัญหาได้อย่างชัดเจน สามารถติดตามคำสั่งต่าง ๆเพื่อทำความเข้าใจการทำงานของโปรแกรมซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความยืดหยุ่นทางปัญญาผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงนำประสบการณ์ความเข้าใจโปรแกรมที่เกี่ยวข้องมาใช้อ้างอิงกับสถานการณ์ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้ ในด้านการนำเสนอเนื้อหาโดยนำ SOI model มาใช้ในการออกแบบสาร(Message design)ของสถานการณ์ปัญหา แหล่งการเรียนรู้ ฐานความช่วยเหลือ กรณีใกล้เคียง เพื่อช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดการสร้างความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำเสนอข้อความประกอบด้วยคำบรรยาย และแผนภาพ ที่มีการจัดระเบียบสารสนเทศ ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นสามารถจดจำรวมทั้งการระลึกได้ง่าย ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่มีอยู่เชื่อมโยงกับแผนภาพหรือข้อความภายในสมอง เพื่อสร้างความรู้ใหม่ได้ง่ายขึ้น

ดังนั้นศาสตร์การสอนจึงเป็นพื้นฐานสำคัญของการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา

1.1.3 พื้นฐานทางเทคโนโลยี (Technologies base)

สื่อที่ใช้ในการเรียนการสอนมีหลายประเภท แต่ละประเภทจะมีระบบสัญลักษณ์ที่ใช้ส่งผ่านความรู้(Symbol system) แตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อการรู้คิด(Cognition) ของผู้เรียน Salomon(1977) ระบบสัญลักษณ์ของสื่อที่แตกต่างกัน จะมีผลต่อวิธีการที่แตกต่างกันในการประมวลสารสนเทศ (Processing) ที่ผู้เรียนต้องการ ดังนั้นการเลือกใช้สื่อที่มีความเหมาะสมกับผู้เรียน บริบท(Context) และภารกิจการเรียน(Task) สามารถที่จะก่อให้เกิดการกระตุ้นให้เกิดทักษะซึ่งจะมีความเกี่ยวพันธ์กับความต้องการในภารกิจการเรียนรู้(Learning task) มีผลต่อการรู้คิด(Cognition) ของผู้เรียน ช่วยในการสร้างโครงสร้างทางปัญญาใหม่ ซึ่งจะมีผลต่อกระบวนการรู้คิดของมนุษย์(Cognitive Processing) เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการสนับสนุนการสร้างความรู้และความเข้าใจโปรแกรม สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีการเรียนบนเครือข่าย(Web-Based Learning)เป็นเครื่องมือที่ทำให้เกิดกระบวนการทางปัญญา ทำให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้พัฒนาความคิดในระดับสูง กิจกรรมสำหรับผู้เรียนนั้นจะมีการเตรียมโปรแกรมภาษาC++ และมีสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดงาน(Task) ให้ผู้เรียนกระทำ ผู้เรียนจะเกิดกระบวนการคิดว่าจะต้องทำอย่างไรถึงจะให้งานสำเร็จลงได้ตามที่กำหนด การจะใช้วิธีใดนั้นผู้เรียนจะเรียนรู้ไปวางแผนไปคิดไปทำไป เป็นการกระตุ้นการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญาที่ซับซ้อนซึ่งไม่ได้ขยายสติปัญญาเท่านั้นยังช่วยปรับโครงสร้างทางความคิด สามารถประมวลผลสารสนเทศได้ในระดับสูง ในการแปลหรือสร้างเป็นสารสนเทศใหม่ เกิดการสร้างความรู้ (Knowledge construct)ใหม่ สอดคล้องกับการได้มาซึ่งความเข้าใจโปรแกรมที่นำเทคโนโลยีการเรียนบนเครือข่ายเป็นเครื่องมือเพื่อช่วยลดข้อจำกัดในกระบวนการทางปัญญา ส่งเสริมความจำ การคิด และการแก้ปัญหา ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองจากสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่กำหนดให้โดยมีลักษณะการเรียนที่ตื่นตัว(Active learner) เป็นการฝึกฝนปัญญาเพื่อให้เกิดกระบวนการคิดในระดับสูง เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

1.1.4 พื้นฐานทางบริบท (Contextual base)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาในรายวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรมสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง วิชานี้เป็นรายวิชาบังคับในหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ อีกทั้งเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเชื่อมโยงไปสู่วิชาอื่น ๆในหลักสูตร โดยเน้นเนื้อหาในเรื่องของการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง(Recursive) รายวิชานี้เชื่อมโยงมาจากรายวิชา CT211 การออกแบบโปรแกรม โดยนักศึกษาต้องมีพื้นฐานความรู้ในการออกแบบโปรแกรมมาก่อน สามารถออกแบบแนวคิดในการแก้ปัญหาโปรแกรมเบื้องต้นได้ โดยนำความรู้ที่มีมาก่อนเชื่อมโยงกับความรู้ในเนื้อหารายวิชานี้ เพื่อมุ่งเน้นให้นักศึกษาสามารถพัฒนาโปรแกรมเพื่อ

แก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยผู้เรียนต้องมีความรู้คำสั่งภาษาโปรแกรม สามารถจัดการข้อมูลเช่นการอ่าน การเก็บ การแก้ไขข้อมูลเบื้องต้นได้ สามารถทดสอบและแก้ไขความผิดพลาดของโปรแกรมได้ สำหรับบริบทในการเรียนการสอนนั้นอาจารย์ผู้สอนบรรยายในชั้นเรียนเป็นจำนวน 12 ครั้งๆละ 2 ชั่วโมง โดยเริ่มจากการอธิบายถึงโครงสร้างทั่วไปของภาษา C++ รูปแบบไวยากรณ์ภาษา ความหมายของคำสั่งโปรแกรม ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม ตัวอย่างโปรแกรมและกรณีศึกษาในการพัฒนาโปรแกรมในบริบทต่างๆ เนื้อหาในการเรียนการสอนนั้นจะต่อเนื่องกันไปโดยผู้สอนนำเสนอโครงสร้างการแก้ปัญหาโปรแกรมจากเบื้องต้นไปยังการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ปัจจัยที่สำคัญของการเรียนรู้นั้นนักศึกษาต้องสามารถนำความรู้ที่มีอยู่เดิมจากการเรียนที่ผ่านมานำมาผนวกกับความรู้ที่ได้รับใหม่ได้ นักศึกษาต้องมีความรู้รูปแบบไวยากรณ์ของภาษาโปรแกรม ความหมายของคำสั่งภาษาโปรแกรม จุดประสงค์ของฟังก์ชัน สามารถเชื่อมโยงฟังก์ชันหรือเรียกใช้ฟังก์ชันได้อย่างถูกต้อง เข้าใจการทำงานของคำสั่งและโมดูลต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมสามารถทำงานและแก้ไขปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ การเรียนรู้ภาษาโปรแกรมเป็นสิ่งที่ยากสำหรับนักศึกษาที่ไม่มีประสบการณ์(Novice) เนื้อหาวิชานั้นยากต่อการทำความเข้าใจ เห็นได้จากนักศึกษามีเปอร์เซ็นต์การสอบผ่านไม่ถึง 10 % ในแต่ละภาคการศึกษา จากที่กล่าวมาข้างต้นเห็นได้ว่าวิชานี้มีความสำคัญเป็นอย่างมากเพราะวิชานี้เป็นการเรียนรู้ภาษาโปรแกรมตัวแรกของนักศึกษาในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ลักษณะของเนื้อหารายวิชาจะมีความยากและซับซ้อนตามบริบทของปัญหา การเรียนรู้ของนักศึกษาในแต่ละคาบจะต้องมีการนำความรู้เดิมที่มีอยู่ผนวกกับความรู้ใหม่ที่ได้รับดังนั้นถ้าความรู้ที่มีอยู่เดิมไม่เพียงพอจะส่งผลให้เกิดความไม่เข้าใจโปรแกรมในสถานการณ์ใหม่ๆที่เผชิญอยู่ ดังนั้นในการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพนักศึกษาต้องการความรู้รูปแบบไวยากรณ์คำสั่งภาษาโปรแกรม ความรู้ความหมายของคำสั่งโปรแกรม ความรู้ในการจัดการข้อมูล ความรู้จุดประสงค์ของฟังก์ชัน ความรู้ของการเชื่อมโยงฟังก์ชันต่างๆ ความรู้ในการแก้ไขความผิดพลาดของโปรแกรม สามารถสร้างความรู้ใหม่ที่เกิดจากการนำความรู้เดิมที่มีอยู่ผนวกกับประสบการณ์ใหม่ได้ อีกทั้งต้องการความเข้าใจการทำงานของคำสั่งและฟังก์ชันต่างๆเพื่อให้โปรแกรมสามารถทำงานและแก้ไขปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ ความรู้ต่างๆที่นักศึกษาต้องการทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้คือความต้องการความเข้าใจโปรแกรมนั่นเอง ซึ่งความเข้าใจโปรแกรมเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับนักศึกษาที่เรียนรายวิชานี้ อย่างไรก็ตามจากสภาพบริบทการจัดการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัยรามคำแหงที่เป็นมหาวิทยาลัยเปิดพบว่านักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชานี้มีเป็นจำนวนมากบริบทในการเรียนรู้ไม่เอื้ออำนวย เช่นแหล่งทรัพยากรในการเรียนรู้มีน้อย การปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักศึกษากับอาจารย์อยู่ในเกณฑ์ต่ำขาดโอกาสที่จะได้รับคำแนะนำหรือขอคำปรึกษาเมื่อเกิดปัญหาซึ่งแตกต่างจากมหาวิทยาลัยปิด สอดคล้องกับการได้มาซึ่งความเข้าใจโปรแกรมที่ต้องจัดกระบวนการเรียนรู้โดยเตรียมสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ให้แก่นักศึกษาอย่างเหมาะสม เพื่อให้นักศึกษาสามารถเป็นผู้กระทำสามารถสร้างหรือแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเองได้ สามารถเข้าใจเนื้อหา หลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสามารถนำความรู้ที่ได้ลงสู่การปฏิบัติโดยแก้ไขความ

ผิดพลาดของโปรแกรมให้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ได้ ตลอดจนสามารถถ่ายโยงความรู้ไปใช้ในการปฏิบัติงานจริงในการพัฒนาโปรแกรมในบริบทอื่น ๆได้ สอดรับกับนโยบายระดับชาติ และยุทธศาสตร์การพัฒนาของรัฐบาลในเรื่องการเติมปัญญาให้สังคมและการปฏิรูปการศึกษา สร้างความรู้ใหม่รวมถึงการพัฒนาทักษะที่จำเป็นให้นักศึกษาสามารถแข่งขันและดำรงชีวิตในสังคมยุคใหม่ได้

1.2 การศึกษาบริบทการเรียนการสอนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม

ผู้วิจัยได้ศึกษาบริบทการเรียนการสอนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม โดยการสำรวจความคิดเห็นและการสัมภาษณ์ผู้เรียน ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีภาคปกติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ลงทะเบียนวิชา CT212 ภาค 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 31 คน สามารถสรุปได้ดังนี้

1.2.1 ข้อมูลทั่วไป พบว่า ผู้เรียนส่วนมากสำเร็จการศึกษาสายประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงไม่มีพื้นฐานความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และลงทะเบียนเรียนมากกว่า 1 ครั้ง ผู้เรียนส่วนมากเข้าเรียนสม่ำเสมอ เพราะต้องการศึกษาหาความรู้จากอาจารย์ผู้สอนให้ได้มากที่สุดเพื่อนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการทำงานได้ ผู้เรียนที่ไม่สามารถเข้าเรียนได้สม่ำเสมอเนื่องจากทำงานประจำ ผู้เรียนส่วนมากมีคอมพิวเตอร์เป็นของตนเองและใช้คอมพิวเตอร์ในการค้นหาข้อมูลสำหรับการทำงานและทำการบ้านส่งอาจารย์ผู้สอน

1.2.2 วิธีการเรียนของผู้เรียน สามารถสรุปได้ดังนี้

1.2.2.1 วิธีการเรียนของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนส่วนมากชอบวิธีการเรียนแบบมีส่วนร่วม ให้เหตุผลว่าชอบเรียนในชั้นเรียนเพื่อรับรู้เนื้อหาในชั้นเรียนให้ได้มากที่สุด รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายจากชั้นเรียน

1.2.2.2 แหล่งการเรียนรู้ พบว่า แหล่งการเรียนรู้ที่สำคัญในการสร้างความรู้ของผู้เรียน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ ผู้สอน ติวเตอร์ เพื่อนๆ รุ่นพี่ คำบรรยาย ตำรา หนังสือ แนวข้อสอบเก่า การฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรมจากเครื่องคอมพิวเตอร์ และข้อมูลหรือสารสนเทศต่าง ๆที่เกี่ยวข้องที่สามารถสืบค้นได้บนอินเทอร์เน็ต

1.2.2.3 การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ฝึกปฏิบัติโปรแกรม พบว่า ผู้เรียนส่วนมากกระทำไม่สม่ำเสมอ เพราะติดภารกิจการทำงานทำให้ไม่มีเวลาทบทวน ขาดผู้ชี้แนะ และไม่มีความรู้เพียงพอ

1.2.2.4 การปรึกษาอาจารย์ผู้สอนและเพื่อน ๆ พบว่า ผู้เรียนส่วนมากชอบศึกษาด้วยตนเอง ผู้เรียนบางส่วนชอบแลกเปลี่ยนแนวคิดในการแก้ไขปัญหาจากงานที่ได้รับมอบหมายกับอาจารย์ผู้สอนและเพื่อน ๆทำให้ได้แนวคิดแปลก ๆใหม่ ๆทำให้สามารถแก้ปัญหาโปรแกรมได้

1.2.2.5 การใช้ศักยภาพหรือความสามารถอย่างเต็มที่ในการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนส่วนมากใช้ศักยภาพไม่เต็มที่ เพราะเข้าเรียนไม่สม่ำเสมอ ขาดพื้นฐานความรู้ความเข้าใจในเนื้อหารายวิชา การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ฝึกปฏิบัติโปรแกรมไม่สม่ำเสมอ

1.2.3 ความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนบางคนสามารถเข้าใจโปรแกรมได้ตามกรอบของ Pennington(1987) โดยผู้เรียนเริ่มเพ็งพินิจคำสั่ง(Scan)หรือพิจารณาคำสั่งส่วนที่เห็นว่าสำคัญ เช่น คำว่า “main” ผู้เรียนบางคนเริ่มพิจารณาจากบรรทัดแรกที่เห็นหรือพิจารณาจากชื่อฟังก์ชันที่ปรากฏในโปรแกรม นักศึกษาสร้างสิ่งแทนความเข้าใจโปรแกรม (Program model) โดยใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่ในเรื่องของไลบลารี(Library) เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ การเรียกใช้ฟังก์ชันย่อย การใช้คำสั่งเงื่อนไข ซึ่งเป็นความรู้รูปแบบไวยากรณ์ภาษา (Syntactic knowledge)เพื่อทำความเข้าใจทุก ๆคำสั่งที่ปรากฏในโปรแกรม ผู้เรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมได้อย่างถูกต้อง สามารถติดตามการทำงานของคำสั่งต่าง ๆจนสามารถสรุปวัตถุประสงค์การทำงานของโปรแกรมได้ แต่ผู้เรียนส่วนมากไม่สามารถเข้าใจโปรแกรมได้เพราะไม่เข้าใจความหมายของคำต่าง ๆที่ปรากฏในโปรแกรม กระบวนการทำงานในส่วนของการใช้ฟังก์ชัน ตรรกะของโปรแกรม และอัลกอริทึมโดยเฉพาะการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง จากผลการศึกษาดังกล่าว สอดคล้องกับการได้มาซึ่งความเข้าใจโปรแกรมที่จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ในองค์ประกอบของแหล่งการเรียนรู้ที่ช่วยสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญาให้แก่ผู้เรียนต่อไป

1.2.4 ปัญหาของผู้เรียน สามารถสรุปได้ดังนี้

1.2.4.1 เนื้อหารายวิชาเรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง พบว่า เนื้อหายากต่อการทำความเข้าใจ ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถพัฒนาโปรแกรมเรียกตัวเองได้เพราะไม่เข้าใจกระบวนการทำงาน(Plan)หรืออัลกอริทึม(Algorithm)ของโปรแกรม ผู้เรียนบางส่วนไม่เข้าใจรูปแบบ(Syntax) ความหมาย(Semantic)ไวยากรณ์ภาษา C++ ไม่ทราบความผิดพลาดของโปรแกรมทำให้แก้ไขข้อผิดพลาดโปรแกรมไม่ได้

1.2.4.2 พื้นฐานความรู้ พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจในปัญหาเกี่ยวกับการ คำนวณทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำและไม่ทราบแนวทางในการพัฒนาความรู้ของตนเองอย่างเป็นระบบ

1.2.4.3 แหล่งการเรียนรู้ พบว่า แหล่งการเรียนรู้ในเรื่องโปรแกรมเรียกตัวเองมีไม่เพียงพอ ควรมีห้องสมุดภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการสืบค้นสารสนเทศ

1.2.4.4 การฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรม พบว่า ผู้เรียนบางส่วนไม่มีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติการเขียนโปรแกรม ไม่สามารถแก้ไขความผิดพลาดของโปรแกรมได้

1.2.4.5 อาจารย์ผู้สอน พบว่า ผู้เรียนบางส่วนเห็นว่าอาจารย์สอนเร็วเกินไป ทำให้ไม่เข้าใจการทำงานของโปรแกรมและไม่สามารถแก้ไขปัญหาโปรแกรมได้

1.2.4.6 การปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น พบว่า ผู้เรียนบางส่วนไม่มีเพื่อนร่วมชั้นเรียนหรือมีเพื่อนน้อย

1.2.4.7 สภาพแวดล้อมการเรียนการสอน พบว่า ระยะเวลาในการเรียนการสอนไม่เหมาะสมควรเพิ่มเวลาเรียนให้มากขึ้น อีกทั้งควรมีคะแนนเก็บเพื่อจูงในในการเรียนและควรมอบหมายงานเป็นกลุ่ม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

1.2.5 ความต้องการของผู้เรียน พบว่า

1.2.5.1 ผู้เรียนส่วนมากต้องการเรียนวิชานี้จากสื่อบนเครือข่าย เพื่อสามารถศึกษาและ ทบทวนบทเรียนได้อย่างสะดวกและสามารถติดต่อกับอาจารย์และเพื่อน ๆทางเครือข่ายได้ เป็นแหล่งข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลาและไม่เป็นการให้ความรู้เฉพาะกลุ่มแต่สามารถให้ความรู้แก่ผู้อื่นที่ต้องการได้ความรู้และต้องการรู้ในสาขาอื่นด้วย

1.2.5.2 ผู้เรียนส่วนมากต้องการเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหา เพื่อทำให้ผู้เรียนรู้จักวิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างสรรค์และแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธี เป็นการฝึกฝนทักษะความสามารถในแก้ปัญหาต่าง ๆในลักษณะซับซ้อนได้ด้วยตนเอง สามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆที่เกิดขึ้นในสภาพความเป็นจริงได้

1.2.5.3 ผู้เรียนส่วนมากต้องการควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเอง คิดและดำเนินการเรียนรู้ กำหนดวัตถุประสงค์ ค้นหาแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง เน้นการแก้ปัญหามากกว่าการจำเนื้อหา

1.2.5.4 ผู้เรียนต้องการแหล่งการเรียนรู้บนเครือข่ายที่เอื้อต่อการเรียนรู้ที่สามารถสืบค้นแสวงหาความรู้ได้อย่างไร้ขีดจำกัด

1.2.5.5 ผู้เรียนส่วนมากต้องการการปฏิสัมพันธ์กันทางสังคมผ่านเครือข่าย เพื่อสามารถติดต่อกับผู้เชี่ยวชาญหรืออาจารย์ผู้สอนได้ง่ายขึ้น เป็นแหล่งความรู้โดยมีการแลกเปลี่ยนความรู้ผ่านการใช้เทคโนโลยี เป็นการเพิ่มโอกาสหรือช่องทางการเรียนรู้เพื่อทำให้สามารถแก้ไขปัญหาข้อสงสัยในการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

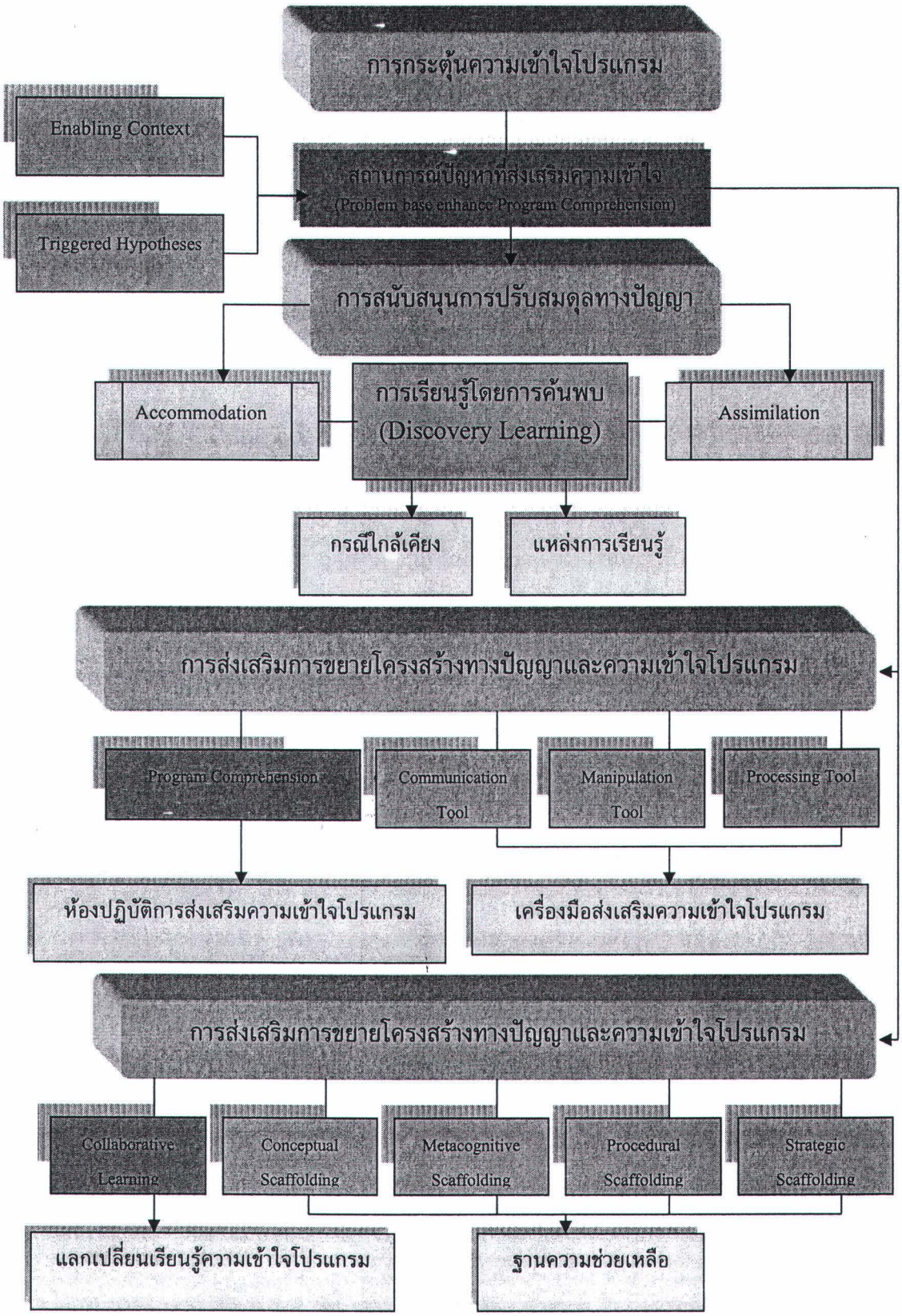
1.2.5.6 ผู้เรียนส่วนมากต้องการสื่อประสมที่แสดงให้เห็นลำดับขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมเพื่อใช้สำหรับศึกษาและสร้างความรู้ เช่น E-tutorial ที่มีการอธิบายภาพและมีเสียงประกอบ รวมทั้งแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบต่าง ๆที่ผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์โต้ตอบได้ในขณะเรียนรู้

1.2.5.7 ผู้เรียนส่วนมากต้องการเครื่องมือทางปัญญาที่สามารถช่วยเหลือในการแก้ปัญหา เช่น การค้นหาข้อมูลโดยให้เหตุผลว่าเครื่องมือเหล่านี้สามารถช่วยให้ผู้เรียนรู้ได้รวดเร็วขึ้น

จากผลการศึกษาดังกล่าว ผู้วิจัยจะได้นำพื้นฐานจากการศึกษาบริบทการเรียนการสอนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม ของนักศึกษาภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง พัฒนาเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนาโมเดลต้นแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

1.3 การสังเคราะห์กรอบแนวคิดในการออกแบบโมเดลฯ

จากการวิจัยเอกสาร เพื่อศึกษารูปแบบการสร้างโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม โดยการวิเคราะห์จากหลักการ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วทำการสังเคราะห์หลักการที่สำคัญ(Key concepts)ที่จะนำมาใช้ในการพัฒนา โดยนำหลักการออกแบบตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ พุทธิปัญญานิยม และคุณลักษณะของสื่อ รวมทั้งระบบสัญลักษณ์ของสื่อ และการศึกษาบริบทเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันในบริบทการเรียนการสอนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม ของนักศึกษาภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง สรุปเป็น 3 องค์ประกอบหลักได้แก่ การกระตุ้นความเข้าใจโปรแกรม การสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา และการส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญา ดังแสดงกรอบแนวคิดในการออกแบบ(Designing framework) ดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แสดงกรอบแนวคิดในการออกแบบของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

กรอบแนวคิดในการออกแบบ(Designing framework) ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ การกระตุ้นความเข้าใจโปรแกรม การสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา และการส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญา มีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 การกระตุ้นความเข้าใจโปรแกรม

การกระตุ้นความเข้าใจโปรแกรม โดยนำพื้นฐานแนวคิด Cognitive constructivism ของ Piaget ที่เชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นจะต้องกระตุ้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือที่เรียกว่า การเสียสมดุลทางปัญญา(Disequilibrium) ซึ่งผู้วิจัยทำการออกแบบเป็นสถานการณ์ปัญหา(Problem base) ตามหลักการของOpen Learning Environment (Hannafin, 1999) เป็นการสร้างแนวคิดที่ใช้ในการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นบริบทนำมาจากภายนอก โดยกำหนดปัญหาเฉพาะสำหรับผู้เรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจโปรแกรม โดยนำเนื้อหาสาระสำคัญ(Concept) ในวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม เรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง มาสร้างเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ให้ผู้เรียนเรียนรู้

1.3.2 การสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา

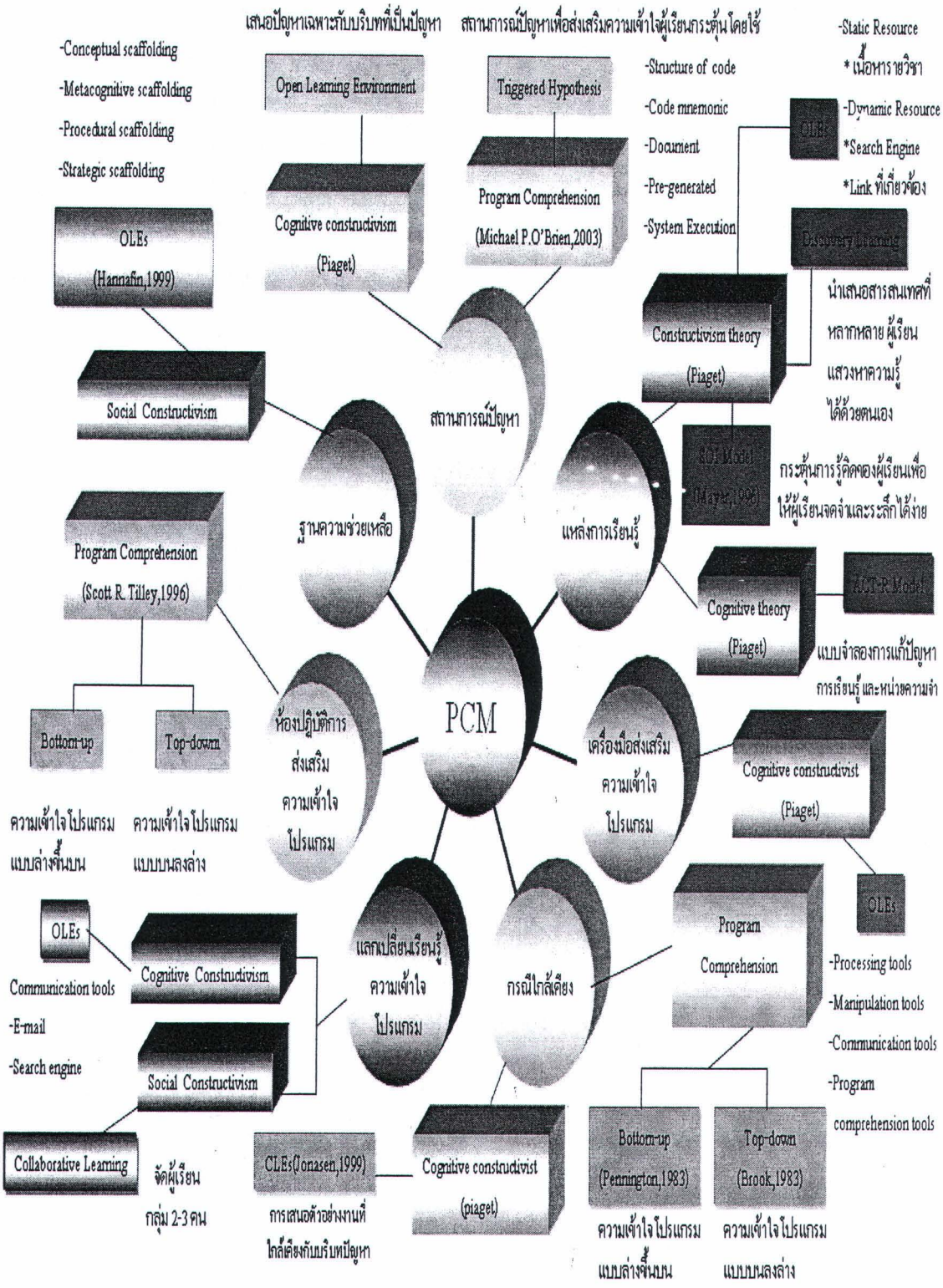
การสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา โดยนำพื้นฐานแนวคิด Cognitive constructivism มีพื้นฐานมาจากแนวคิดของเพียเจต์(Piaget) เมื่อผู้เรียนถูกกระตุ้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา(Cognitive conflict) หรือเรียกว่าเกิดการเสียสมดุลทางปัญญา (Disequilibrium) ผู้เรียนต้องพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญา(Cognitive structuring)ให้เข้าสู่ภาวะสมดุล(Equilibrium) โดยวิธีการดูดซึม(Assimilation) ได้แก่การรับข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปไว้ในโครงสร้างทางปัญญา และการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) คือการเชื่อมโยงโครงสร้างทางปัญญาเดิม หรือความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับข้อมูลข่าวสารใหม่ จนกระทั่งผู้เรียนสามารถปรับโครงสร้างทางปัญญาเข้าสู่สภาพสมดุล หรือสามารถที่จะสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้หรือเกิดการเรียนรู้ จากพื้นฐานดังกล่าวได้ออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบด้วยการค้นพบ ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีแหล่งการเรียนรู้ และกรณีใกล้เคียง เพื่อสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญาให้แก่ผู้เรียน

1.3.3 การส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาและความเข้าใจโปรแกรม

การส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาและความเข้าใจโปรแกรม โดยนำพื้นฐานแนวคิดของ Social Constructivism เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจากวิก๊อทสกี(Vygotsky) ที่เน้นการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญา ผู้วิจัยได้ออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยจัดเครื่องมือสื่อสาร เช่น กระดานสนทนาบนเครือข่าย(Web board) และจดหมายอิเลคโทรนิกส์ ที่ผู้เรียนสามารถติดต่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้เรียนหรือผู้เชี่ยวชาญได้ นอกจากนี้นำหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามหลักการของ Open Learning Environment(Hannafin, 1999) ที่เน้นการเรียนรู้ที่เป็นการแก้ปัญหา โดยเฉพาะเป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อน จากหลักการดังกล่าวผู้วิจัยได้ออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ให้มีแหล่งการเรียนรู้ ทั้งแหล่งการเรียนที่คงที่ และแหล่ง

การเรียนรู้พลวัตร ฐานความช่วยเหลือ ประกอบด้วย ฐานการช่วยเหลือการสร้างความคิดรวบยอด(Conceptual scaffolding) ฐานการช่วยเหลือด้านความคิด(Metacognitive scaffolding) ฐานการช่วยเหลือด้านกระบวนการ(Procedural scaffolding) และฐานความช่วยเหลือด้านกลยุทธ์ (Strategic scaffolding) เครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ประกอบด้วย เครื่องมือกระบวนการ เครื่องมือจัดกระทำ เครื่องมือช่วยสืบค้น เครื่องมือความเข้าใจโปรแกรม การพัฒนากระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน ผู้วิจัยได้ออกแบบห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมโดยใช้หลักการ Bottom-up comprehension models ของ Pennington(1979) และ Top-down comprehension models ของ Brooks(1983) สำหรับผู้เรียนที่มีประสบการณ์และไม่มีประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาและความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน

องค์ประกอบของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ได้แก่ การกระตุ้นความเข้าใจโปรแกรม การการสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญาและการส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญา ผู้วิจัยได้นำพื้นฐานแนวคิดจากหลักการ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปเป็นภาพรวมองค์ประกอบของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 องค์ประกอบของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

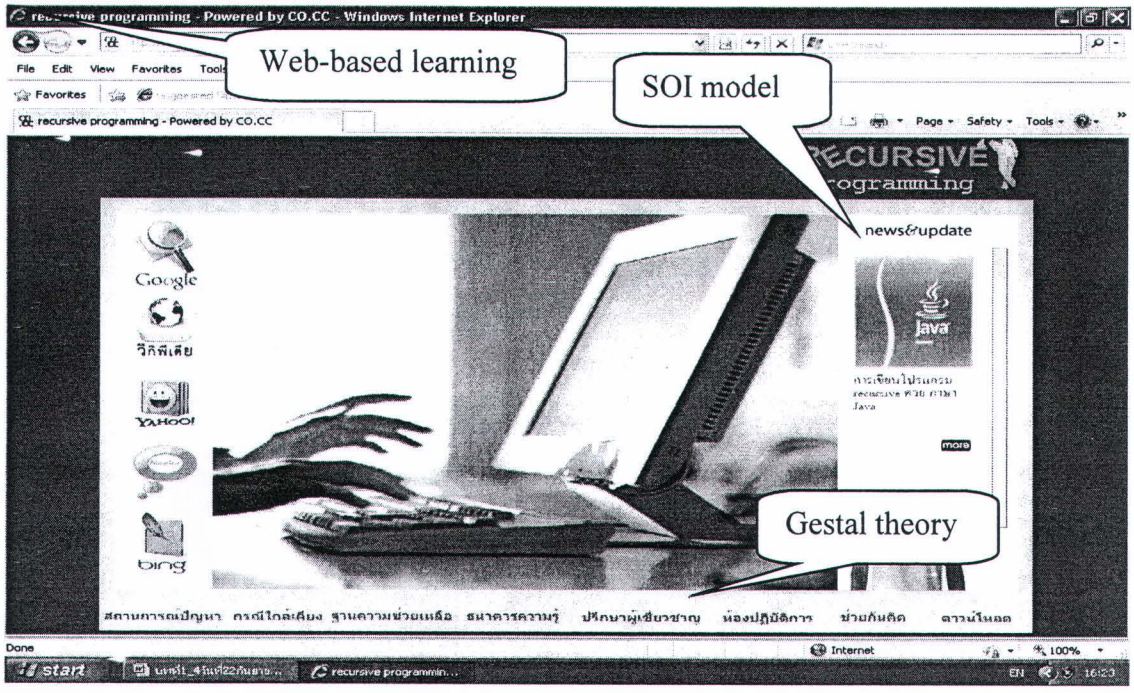
1.4 การออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ

การออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯจากกรอบแนวคิดข้างต้น โดยการวิเคราะห์เอกสาร(Document Analysis) จาก หลักการ ทฤษฎี วิเคราะห์ผลการศึกษาบริบทการเรียนการสอนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม ของนักศึกษาภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง รวบรวมข้อมูลและสังเคราะห์งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง(Literature review) นำข้อมูลที่ได้มาออกแบบและสร้างโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาตามลำดับการสร้างความรู้ดังนี้

1.4.1 การออกแบบโมเดลฯและการออกแบบสาร
1.4.2 องค์ประกอบที่ 1 สถานการณ์ปัญหา
1.4.3 องค์ประกอบที่ 2 กรณีใกล้เคียง
1.4.4 องค์ประกอบที่ 3 ฐานความช่วยเหลือ
1.4.5 องค์ประกอบที่ 4 แหล่งการเรียนรู้
1.4.6 องค์ประกอบที่ 5 ห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม
1.4.7 องค์ประกอบที่ 6 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ความเข้าใจโปรแกรม
1.4.8 องค์ประกอบที่ 7 เครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

1.4.1 การออกแบบโมเดลฯและการออกแบบสาร

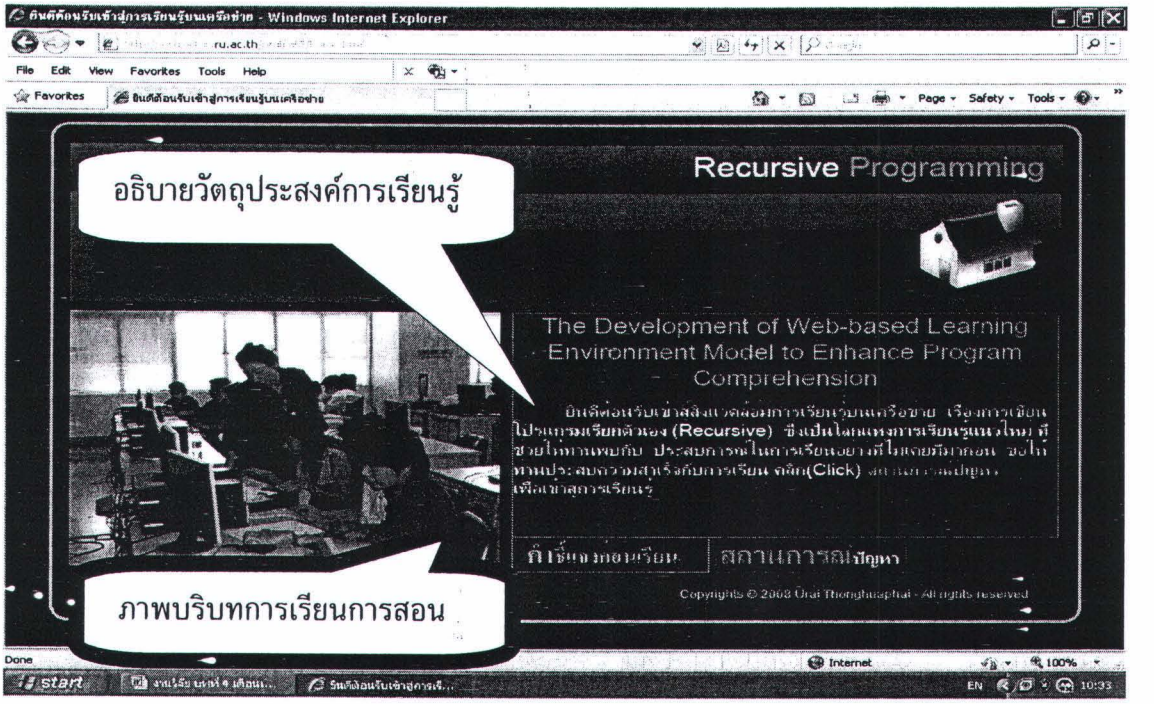
ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโมเดลฯโดยใช้หลักการการเรียนรู้บนเครือข่าย(Web-based learning) เป็นการเรียนรู้ที่แก้ปัญหาในเรื่องข้อจำกัดทางด้านสถานที่และเวลา ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนได้ด้วยตนเอง และเข้าถึงแหล่งข้อมูลโดยอาศัยคุณลักษณะของการเชื่อมโยงหลายมิติผ่านเครือข่าย การออกแบบระบบสัญลักษณ์ใช้หลักการคุณลักษณะของสื่อและระบบสัญลักษณ์ของสื่อ(Media attribution & Media symbol system) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถขยายความคิดได้ดี การออกแบบสารใช้หลักการ SOI model เพื่อกระตุ้นกระบวนการรู้คิดต่าง ๆ ของผู้เรียนในระหว่างการเรียนรู้ โดยนำเสนอข้อความประกอบคำบรรยายและแผนภาพที่มีการจัดระเบียบสารสนเทศทำให้ผู้เรียนมองเห็น จดจำและระลึกได้ง่าย การออกแบบการสอนใช้ทฤษฎีประมวลผลสารสนเทศ (Information Processing)โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐานในการเรียนเพื่อให้ผู้เรียนจดจำได้มากขึ้น ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีการในการทำเรียนรู้ได้หลากหลายวิธีตามศักยภาพของตนเอง ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนด้วยตนเองเพื่อพัฒนาสกีมาตาของตนเองได้อย่างสะดวก การออกแบบหน้าจอใช้ทฤษฎีเกสตัล(Gestalt theory) โดยวางโครงเรื่อง(Outline)เป็นแผนที่ทางปัญญาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถรับรู้และเข้าใจเรื่องราวต่าง ๆได้ง่าย ดังโมเดลฯต้นแบบ แสดงดังในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 แสดงหน้าจอการออกแบบโมเดลฯและการออกแบบสาร

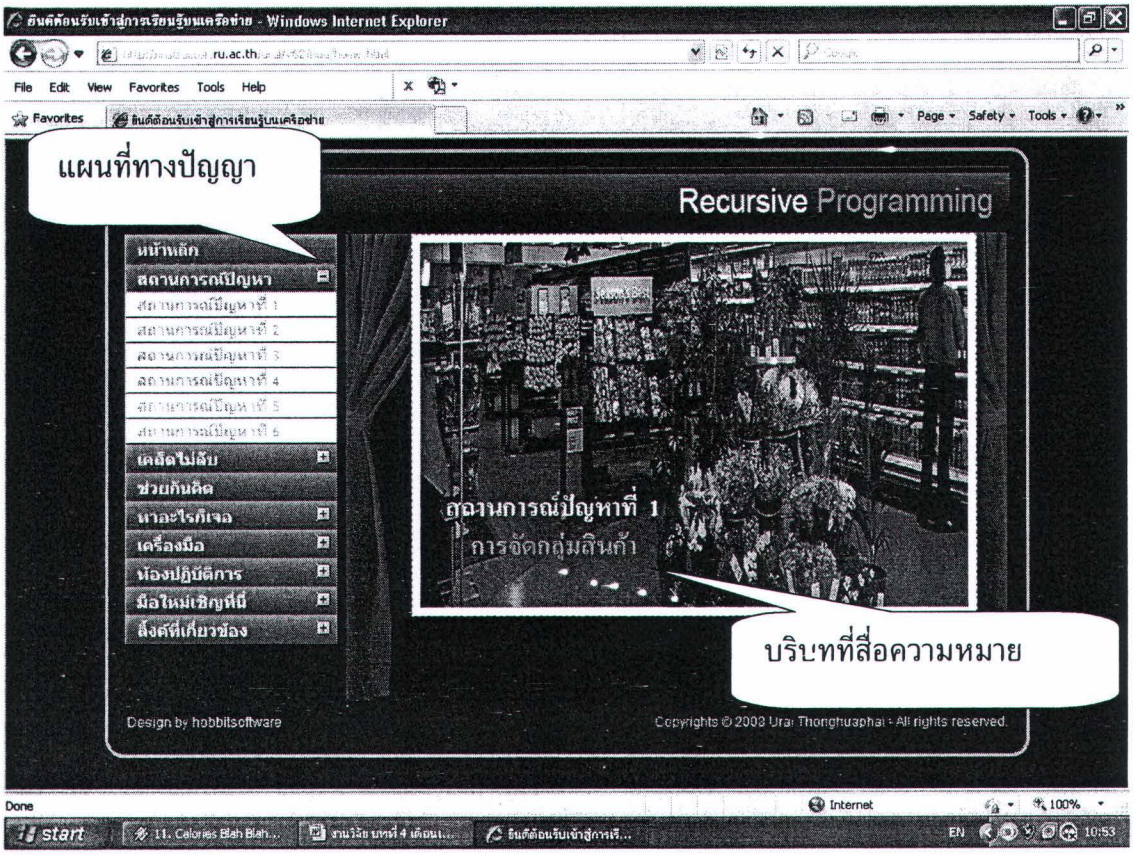
ผู้วิจัยได้นำเสนอโมเดลฯต้นแบบเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านสื่อและด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้และได้นำข้อเสนอแนะมาแก้ไขปรับปรุงโมเดลฯโดยออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) พัฒนาโมเดลฯโดยนำเสนอภาพการเรียนการสอนในชั้นเรียนตามสภาพจริงวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม เรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง แทนภาพที่ไม่สอดคล้อง และออกแบบหน้าจอส่วนของคำอธิบายเพื่อแนะนำผู้เรียนถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ดังแสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แสดงหน้าจอโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

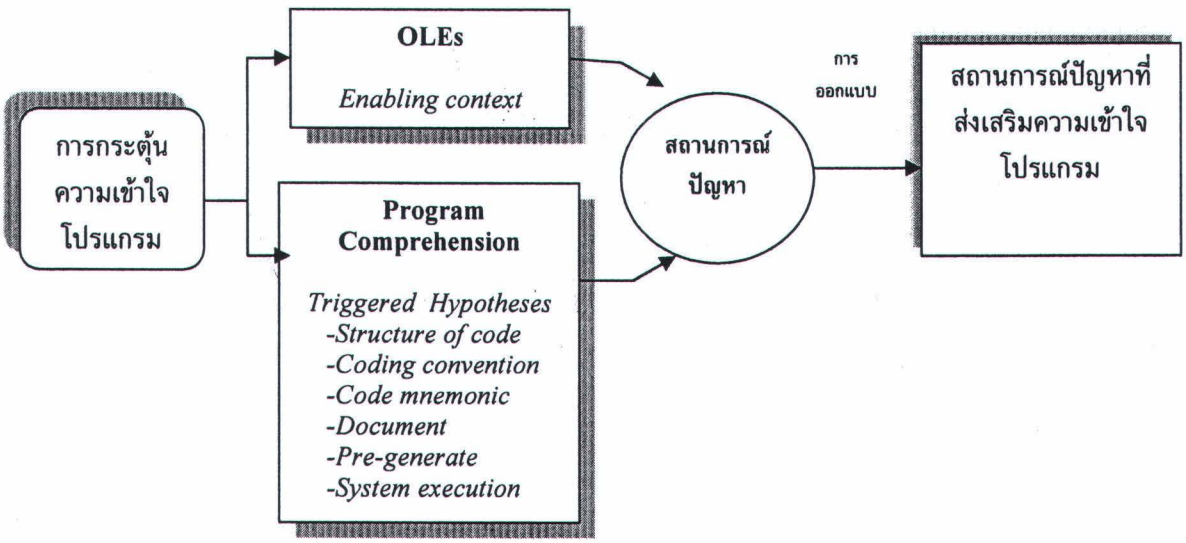
(2) การออกแบบหน้าจอโดยวางโครงเรื่อง(Outline)เพื่อเป็นแผนที่ทางปัญญา ให้ผู้เรียนสามารถรับรู้และเข้าใจเรื่องราวต่าง ๆได้ง่าย ตั้งชื่อเป็นเรื่องราวที่เกิดขึ้นในบริบทจริงพร้อมมีรูปแบบที่สื่อความหมาย องค์ประกอบที่มีความเกี่ยวข้องหรือมีความสัมพันธ์กันให้รวมกันเป็นเมนูย่อยที่สามารถให้ผู้เรียนเลือกได้อย่างสะดวก มีการแสดงภาพที่สื่อความหมายกับเรื่องนั้น ๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แสดงหน้าจอสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีการวางโครงเรื่องเป็นแผนที่ทางปัญญา

สำหรับในรายละเอียดขององค์ประกอบต่าง ๆได้แก่ สถานการณ์ปัญหา กรณีใกล้เคียง ธนาคารความรู้ ฐานการช่วยเหลือ ห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม และเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ผู้วิจัยมีการออกแบบและพัฒนาโดยใช้กรอบแนวคิดในการออกแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.4.2 องค์ประกอบที่ 1 สถานการณ์ปัญหา



ภาพที่ 4.7 แสดงพื้นฐานการออกแบบสถานการณ์ปัญหา

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบสถานการณ์ปัญหาโดยนำพื้นฐานแนวคิดของ Cognitive constructivism ของ Piaget ที่เชื่อว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจะต้องมีการกระตุ้นด้วยปัญหา ที่ทำให้เกิดการขัดแย้งทางปัญญาหรือการเสียสมดุลทางปัญญา(Disequilibrium) ทำให้ผู้เรียนพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญาให้เข้าสู่สภาวะสมดุล หรือเกิดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบเป็นสถานการณ์ปัญหา(Problem base) โดยอาศัยหลักการของ Open learning environment(Hannafin, 1999) ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยจัดให้ผู้เรียนเข้าไปเผชิญกับปัญหาในบริบทที่กำหนด ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองและควบคุมการเรียนรู้กับประสบการณ์จริง(Realistic) นอกจากนี้การจัดสถานการณ์ปัญหาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนนั้น มีการกระตุ้นใช้ทฤษฎีความเข้าใจโปรแกรมของ Brook(1983) ได้แก่ การให้รหัสที่เป็นระเบียบแบบแผน(Coding conventions) คำสั่งสัญลักษณ์(Code mnemonics) โครงสร้างของคำสั่ง(Structure of code) การอธิบาย(Documentation) การสร้างสมมุติฐานก่อน(Pre-generated) อีกทั้งการประมวลผลระบบ(System execution) เพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน

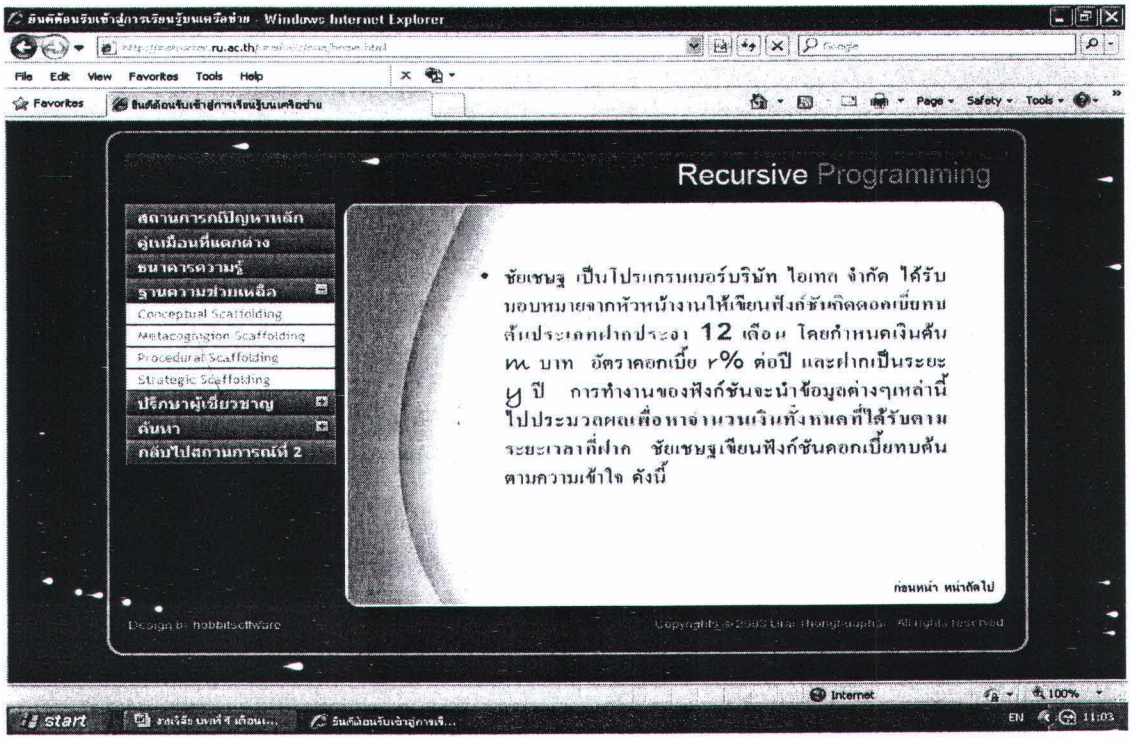
สถานการณ์ปัญหานั้นมุ่งเน้นให้ผู้เรียนศึกษาความเข้าใจโปรแกรมแบบบนลงล่าง(Top-down comprehension) และความเข้าใจแบบล่างขึ้นบน(Bottom-up comprehension) การออกแบบสถานการณ์ปัญหาจึงเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เป็นบริบทที่เป็นปัญหาเฉพาะเจาะจง โดยกระตุ้นผู้เรียนจากการนำเสนอคำสั่งสัญลักษณ์ของภาษา C++ ที่มีการอธิบายการทำงานภายในโปรแกรม(Comment) คำสั่งภาษาโปรแกรมมีลักษณะที่เป็นโครงสร้างที่ดีโดยเขียนเป็น

กลุ่มที่มีการเยื้องที่เหมาะสม มีการกำหนดรหัสความรู้(Beacon)ภายในโปรแกรม และแสดงผลลัพธ์ที่เกิดจากการทำงานของโปรแกรมนี้ให้แก่ผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนต้องใช้ความสามารถทางสติปัญญาในการทำความเข้าใจโปรแกรมด้วยตนเองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ซึ่งหาได้จากองค์ประกอบอื่น ๆที่ได้จัดเตรียมไว้ให้ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนกับการออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ดังแสดงในตารางที่ 4.1

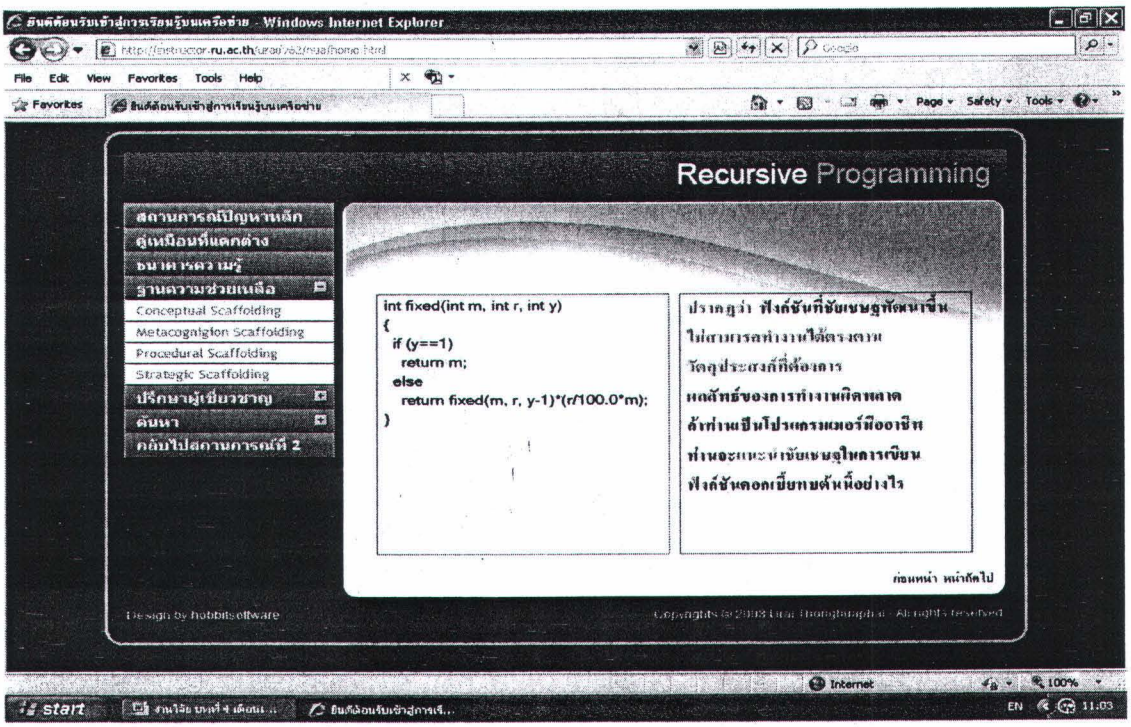
ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนกับการออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

ความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน	**รายละเอียด**	**การออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม**
Bottom-up Comprehension	คำสั่งโปรแกรมจะถูกเพ็งพินิจ (Scan)จากผู้เรียน โดยจะนิยามแนวคิดและก่อรูปเป็นกลุ่มของคำสั่งกลายเป็นความเข้าใจในระดับต่ำและอ่านคำสั่งโปรแกรมต่อมาก่อให้ เกิดเป็นความเข้าใจในระดับสูงขึ้นจนกระทั่งเข้าใจทั้งโปรแกรม	กำหนดภารกิจให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และอธิบายความผิดพลาดโปรแกรม และกระบวนการทำงานของโปรแกรมได้
Top-down Comprehension	ผู้เรียนมีความรู้ในสถานการณ์ของปัญหามาก่อนและสามารถใช้ความรู้ที่มีอยู่คาดเดาหรือตั้งสมมุติฐานเพื่อจับคู่กับคำสั่งโปรแกรมที่กำหนดมาให้เพื่อทำความเข้าใจโปรแกรมทั้งหมดได้	กำหนดภารกิจให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และอธิบายการทำงานของโปรแกรม แก้ไขความผิดพลาดของโปรแกรม ปรับเปลี่ยนคำสั่งโปรแกรม

ในรายวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม เรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง ผู้เรียนที่ไม่เข้าใจโปรแกรมจะไม่สามารถพัฒนาโปรแกรมให้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ ดังนั้นการส่งเสริมผู้เรียนเกี่ยวกับการคิดในระดับสูง(Higher-order thinking)เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาโปรแกรมได้นั้น ผู้วิจัยได้ออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกความเป็นจริงนำมาสร้างเป็นสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 แสดงหน้าจอการออกแบบสถานการณ์ปัญหา



ภาพที่ 4.9 แสดงหน้าจอสถานการณ์ปัญหาที่กระตุ้นโครงสร้างทางปัญญาให้แก่ผู้เรียน

จากภาพที่ 4.9 เป็นตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ 2 เรื่อง ฟังก์ชันการคิดดอกเบี้ยทบต้น ในการสร้างสถานการณ์ปัญหานี้ ผู้วิจัยได้นำหลักการของ OLEs Model และทฤษฎีความเข้าใจโปรแกรม ใช้ในการสร้างสถานการณ์ปัญหา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.4.2.1 วิเคราะห์ประเด็นสำคัญหลัก(Key concept)ของเนื้อหาที่จะจัดการเรียนรู้ตัวอย่าง เช่น เนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชันคิดดอกเบี้ยทบต้น ประกอบไปด้วยประเด็นสำคัญย่อยดังนี้ 1) ขั้นตอนการคิดดอกเบี้ยทบต้น(Algorithm หรือ Plan) 2) รูปแบบการเขียนฟังก์ชันเรียกตัวเอง 3) คำสั่งโปรแกรมในการคิดดอกเบี้ยทบต้น(Syntactic knowledge)

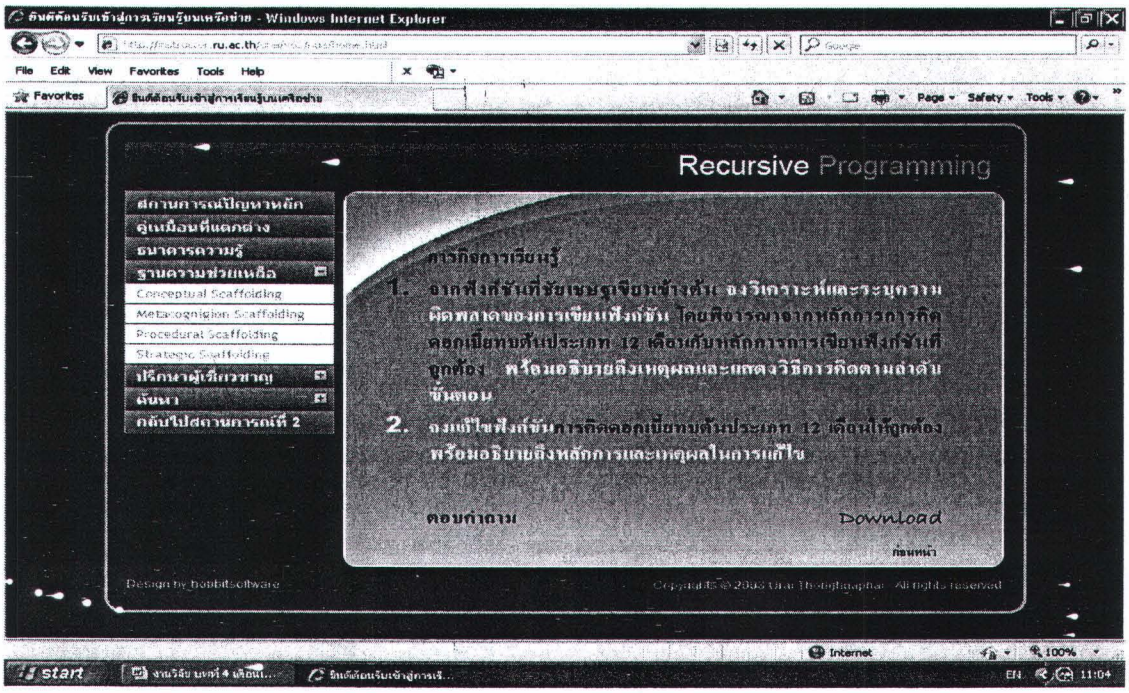
1.4.2.2 นำความคิดรวบยอดหลัก(Key concept) มาสร้างเป็นสถานการณ์ที่เป็นปัญหาของเนื้อหาที่จะจัดการเรียนรู้มาสร้างเป็นเรื่องราวที่เป็นปัญหาให้ผู้เรียนเผชิญและหาทางแก้ไข โดยนำความคิดรวบยอดหลักมาผูกเป็นเรื่องราวและปรากฏอยู่ในลักษณะที่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในสภาพชีวิตจริง ตัวอย่างเช่น ฟังก์ชันคิดดอกเบี้ยทบต้น สภาพจริงที่ผู้เรียนเผชิญคือการเขียนฟังก์ชันคิดดอกเบี้ยทบต้น ซึ่งผู้เรียนสามารถให้คำแนะนำและแก้ไขฟังก์ชันดอกเบี้ยทบต้นแบบเรียกตัวเองกับผู้อื่นได้อย่างถูกต้อง จากหลักการดังกล่าวนำมาสร้างเป็นเรื่องราวปัญหาดังแสดงต่อไปนี้

"ชัยเชษฐ เป็นโปรแกรมเมอร์บริษัท ไอเทล จำกัด ได้รับมอบหมายจากหัวหน้างานให้เขียนฟังก์ชันคิดดอกเบี้ยทบต้นประเภทฝากประจำ 12 เดือน โดยกำหนดเงินต้น m บาท อัตราดอกเบี้ย r% ต่อปี และฝากเป็นระยะ y ปี การทำงานของฟังก์ชันจะนำข้อมูลต่าง ๆเหล่านี้ไปประมวลผลเพื่อหาจำนวนเงินทั้งหมดที่ได้รับตามระยะเวลาที่ฝาก ชัยเชษฐเขียนฟังก์ชันดอกเบี้ยทบต้น ตามความเข้าใจดังนี้

```
int  fixedmonths(int m, int r, int y)
{
    if (y==1)
        return m;
    else
        return fixedmonths(m ,r ,y-1) * (r/100.0*m);
}
```

ปรากฏว่าฟังก์ชันที่ชัยเชษฐพัฒนาขึ้นไม่สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ผลลัพธ์ของการทำงานผิดพลาด ถ้าท่านเป็นโปรแกรมเมอร์มืออาชีพ ท่านจะแนะนำชัยเชษฐในการเขียนฟังก์ชันดอกเบี้ยทบต้นนี้อย่างไร"

จากข้อความข้างต้นจะเห็นได้ว่าสภาพบริบทจริงในการนำเนื้อเรื่องฟังก์ชันเรียกตัวเองไปใช้ เมื่อผู้เรียนทำงานเป็นโปรแกรมเมอร์ในบริษัทหรือหน่วยงานต่าง ๆและได้รับมอบหมายงานให้พัฒนาโปรแกรม ผู้เรียนต้องสามารถเข้าใจฟังก์ชันเรียกตัวเองและแก้ไขความผิดพลาดของฟังก์ชันเรียกตัวเองได้อย่างถูกต้อง ซึ่งการเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหานี้ผู้เรียนสามารถถ่ายโยงไปใช้ได้ในชีวิตจริงได้



ภาพที่ 4.10 แสดงหน้าจอภารกิจการเรียนรู้

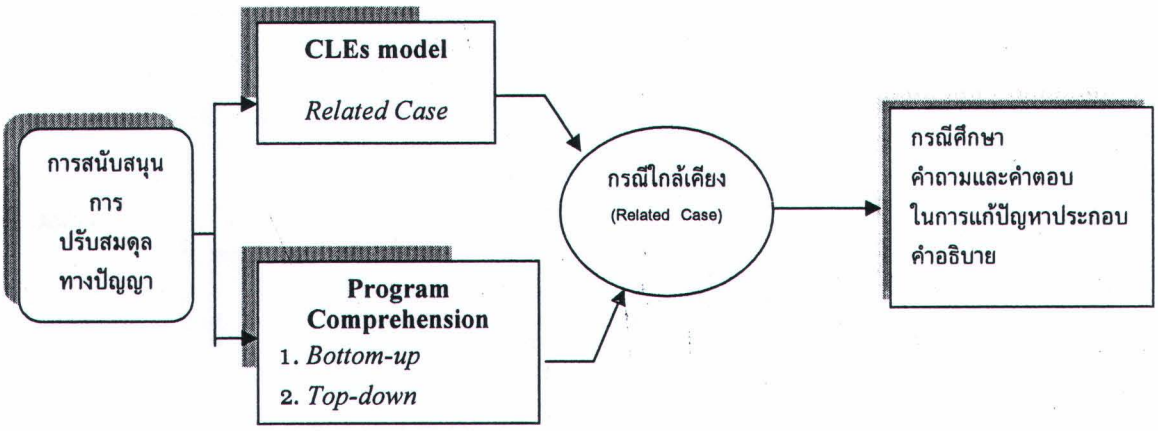
1.4.2.3 ผูกปมปัญหาเพื่อสร้างภารกิจการเรียนรู้(Learning task) ให้ผู้เรียนต้องลงไปแก้ปัญหา มุ่งเน้นปัญหาที่ต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดในระดับสูง จากตัวอย่างในภาพที่ได้กำหนดภารกิจให้ท่านหรือนักศึกษาจะต้องปฏิบัติภารกิจที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จมีรายละเอียดดังนี้

1. จากฟังก์ชันที่ชัยเชษฐเขียนข้างต้น จงวิเคราะห์และระบุความผิดพลาดของการเขียนฟังก์ชัน โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างหลักการการคิดดอกเบี้ยทบต้นประเภท 12 เดือนกับหลักการการเขียนฟังก์ชันที่ถูกต้อง พร้อมอธิบายถึงเหตุผลพร้อมแสดงวิธีการคิดตามลำดับขั้นตอน

2. จงแก้ไขฟังก์ชันคิดดอกเบี้ยทบต้นประเภท 12 เดือนให้ถูกต้อง พร้อมอธิบายถึงหลักการและเหตุผลในการแก้ไข

จากภารกิจทั้งสองข้อ สามารถอธิบายได้ดังนี้ ในข้อที่ 1) กระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และระบุความผิดพลาดของการเขียนฟังก์ชันเรียกตัวเองได้ โดยใช้ความรู้จากหลักการการคิดดอกเบี้ยทบต้นประเภท 12 เดือนกับความรู้ของการเขียนฟังก์ชันเรียกตัวเอง เพื่อทำความเข้าใจการทำงานของฟังก์ชันคิดดอกเบี้ยทบต้นที่ชัยเชษฐเขียนเป็นลำดับขั้นตอน ทำให้ทราบว่าผิดที่คำสั่งใดและเหตุผลของความผิดพลาด ส่วนข้อ 2) เป็นการแก้ไขฟังก์ชันคิดดอกเบี้ยทบต้นประเภท 12 เดือนให้ถูกต้อง โดยผู้เรียนจะแก้ไขฟังก์ชันนี้ได้ต้องเข้าใจการทำงานของคำสั่งโปรแกรมทุกคำสั่ง ทราบถึงความสัมพันธ์ของคำสั่งต่าง ๆที่กระทำเป็นขั้นตอน รวมเป็นการคิดดอกเบี้ยทบต้นประเภท 12 เดือน ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของฟังก์ชันนั่นเอง

1.4.3 องค์ประกอบที่ 2 กรณีใกล้เคียง



ภาพที่ 4.11 แสดงพื้นฐานการออกแบบกรณีใกล้เคียง

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบกรณีใกล้เคียงโดยนำองค์ประกอบกรณีใกล้เคียงของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ CLEs มาใช้เพื่อส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาในการสร้างความเข้าใจโปรแกรมและพัฒนาความคิดรวบยอดที่เกิดจากสถานการณ์ปัญหา องค์ประกอบนี้สำหรับผู้เรียนที่ขาดประสบการณ์ ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงประสบการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัญหา ผู้เรียนสามารถศึกษาและนำมาใช้โดยเชื่อมโยงนำประสบการณ์ที่ใกล้เคียงมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ จุดประสงค์เริ่มต้นขององค์ประกอบนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจประเด็นของปัญหาได้ชัดเจน สนับสนุนให้ผู้เรียนจดจำได้ดี และกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความยืดหยุ่นทางปัญญา โดยจัดแหล่งการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัญหาที่กำลังเผชิญได้เพื่อนำมาปรับใช้ให้เข้ากับภารกิจในปัจจุบันได้

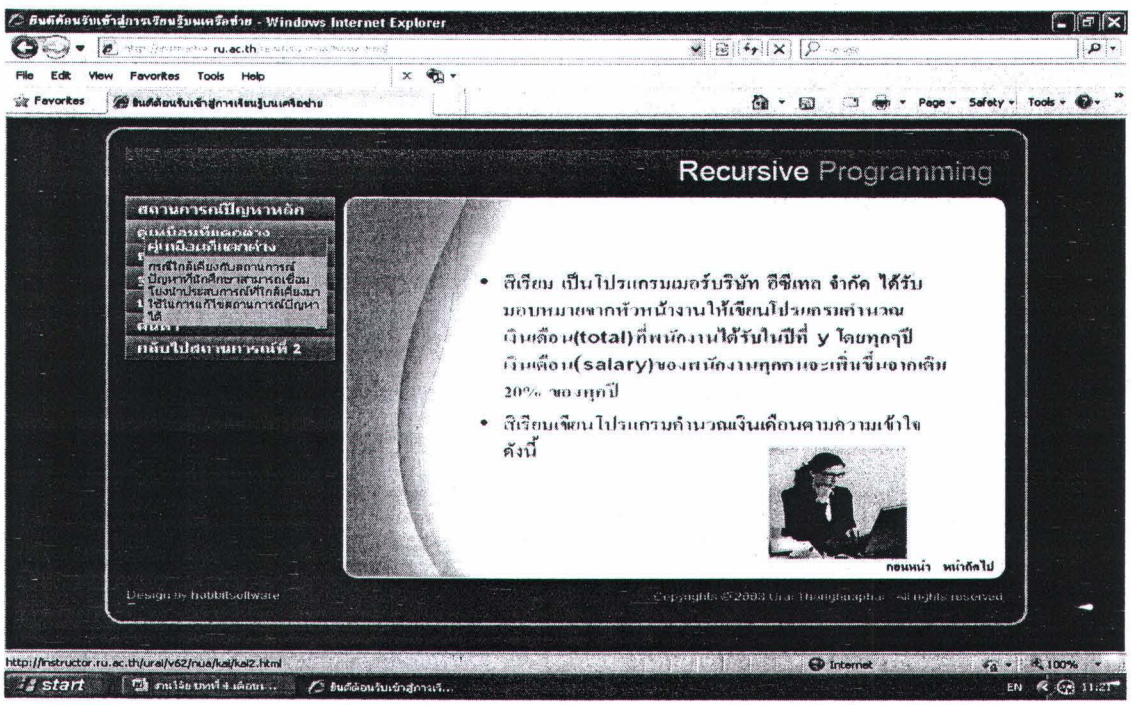
การออกแบบสาร(Message design) กรณีใกล้เคียง(Related case) นี้ ใช้ทฤษฎีสกีมาโดยออกแบบสารใช้รูปภาพและกราฟิก(Graphics)ประกอบการอธิบาย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้ารหัสสารสนเทศในสกีมาได้โดยตรง ทำให้ผู้เรียนสามารถจินตนาการสารสนเทศโดยครอบคลุมถึงเนื้อหาที่ไม่มีในหนังสือได้ ถ้าหากว่าสารสนเทศในหน่วยความจำถูกรวบรวมไว้เป็นอย่างดีจะทำให้จำได้ดีขึ้นและเชื่อมต่อกับสารสนเทศใหม่ได้ง่ายขึ้น ใช้ทฤษฎีเกสตัล(Gestalt theory) สำหรับออกแบบหน้าจอโดยวางโครงเรื่อง(Outline)เพื่อเป็นแผนที่ทางปัญญา ให้ผู้เรียนสามารถรับรู้และเข้าใจเรื่องราวต่าง ๆได้ง่าย ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบ(Discovery learning) ผู้เรียนสามารถค้นพบและสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

ความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและกรณีใกล้เคียงที่ส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาการสร้างความเข้าใจโปรแกรม สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและกรณีใกล้เคียงที่ส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาการสร้างความเข้าใจโปรแกรม

ทฤษฎี	หลักการ	กรณีใกล้เคียงที่ส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาการสร้างความเข้าใจโปรแกรม
Constructivist theory	CLEs	กรณีศึกษา คำถามและคำตอบในการแก้ปัญหา
Program Comprehension	Bottom-up Comprehension Top-down Comprehension	อธิบายกระบวนการแก้ไขปัญหาตามภารกิจตามหลักการทฤษฎี ความเข้าใจโปรแกรม

ในกรณีที่ผู้เรียนไม่สามารถตอบภารกิจในสถานการณ์ปัญหาได้ กรณีใกล้เคียงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ผู้เรียนสามารถค้นพบและสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการออกแบบกรณีใกล้เคียงจะเป็นกรณีศึกษาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัญหาซึ่งผู้เรียนสามารถนำมาอ้างอิงได้ โดยสามารถเชื่อมโยงนำประสบการณ์ที่ใกล้เคียงมาใช้ในการแก้ปัญหา

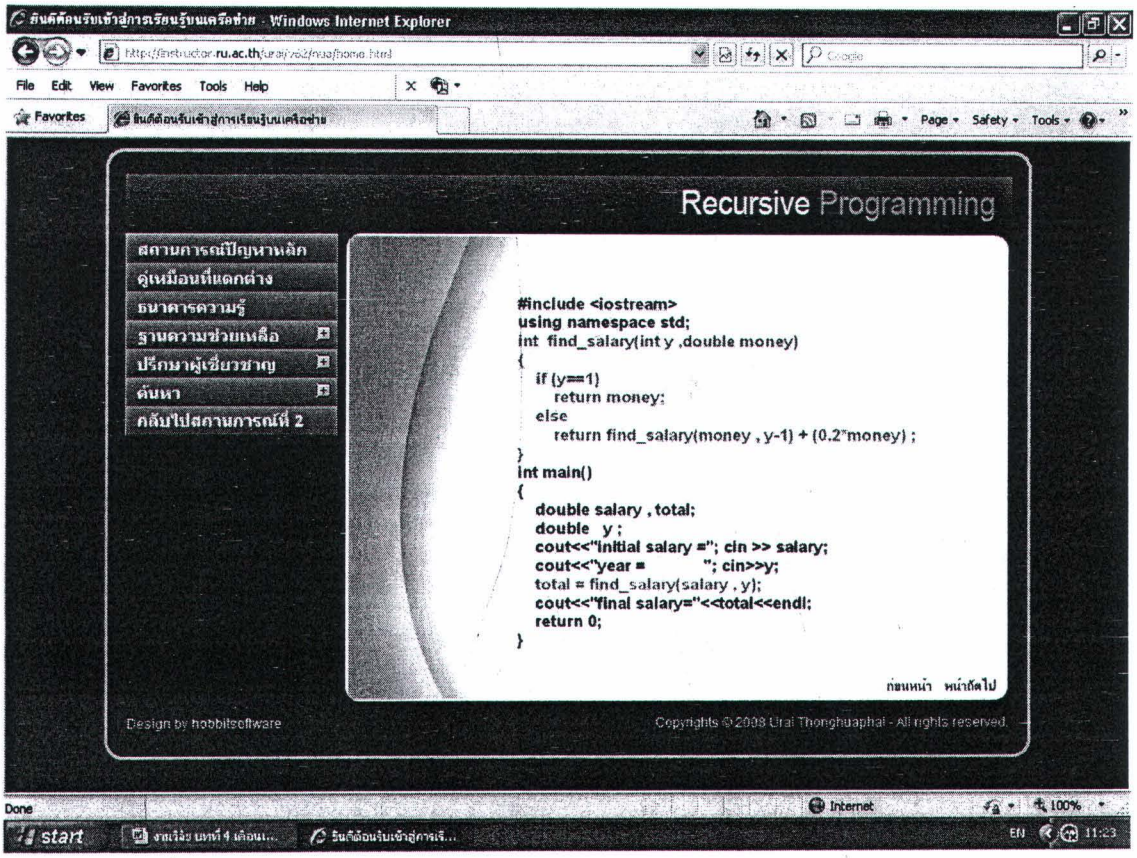


ภาพที่ 4.12 แสดงหน้าจอการออกแบบกรณีใกล้เคียง

จากภาพที่ 4.12 เป็นตัวอย่างกรณีใกล้เคียง เรื่อง ฟังก์ชันการคำนวณเงินเดือน ซึ่งใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 เรื่อง ฟังก์ชันคิดดอกเบี้ยทบต้น สามารถเปรียบเทียบได้ดังนี้

1.4.3.1 วิเคราะห์ประเด็นสำคัญหลัก(Key concept)ของกรณีใกล้เคียงที่จะจัดการเรียนรู้ ตัวอย่าง เนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชันการคำนวณเงินเดือน จะให้รายละเอียดการทำงานของโปรแกรมคำนวณเงินเดือน(total) ดังนี้ *"คำนวณเงินเดือนที่พนักงานได้รับในปีที่ y โดยทุก ๆปีเงินเดือนจะเพิ่มขึ้น 20 % "* ซึ่งประกอบไปด้วยประเด็นสำคัญย่อย ดังนี้ ขั้นตอนการคำนวณ(Algorithm หรือ Plan) รูปแบบการเขียนฟังก์ชันเรียกตัวเอง และ คำสั่งโปรแกรมในการคำนวณเงินเดือน(Syntactic knowledge)

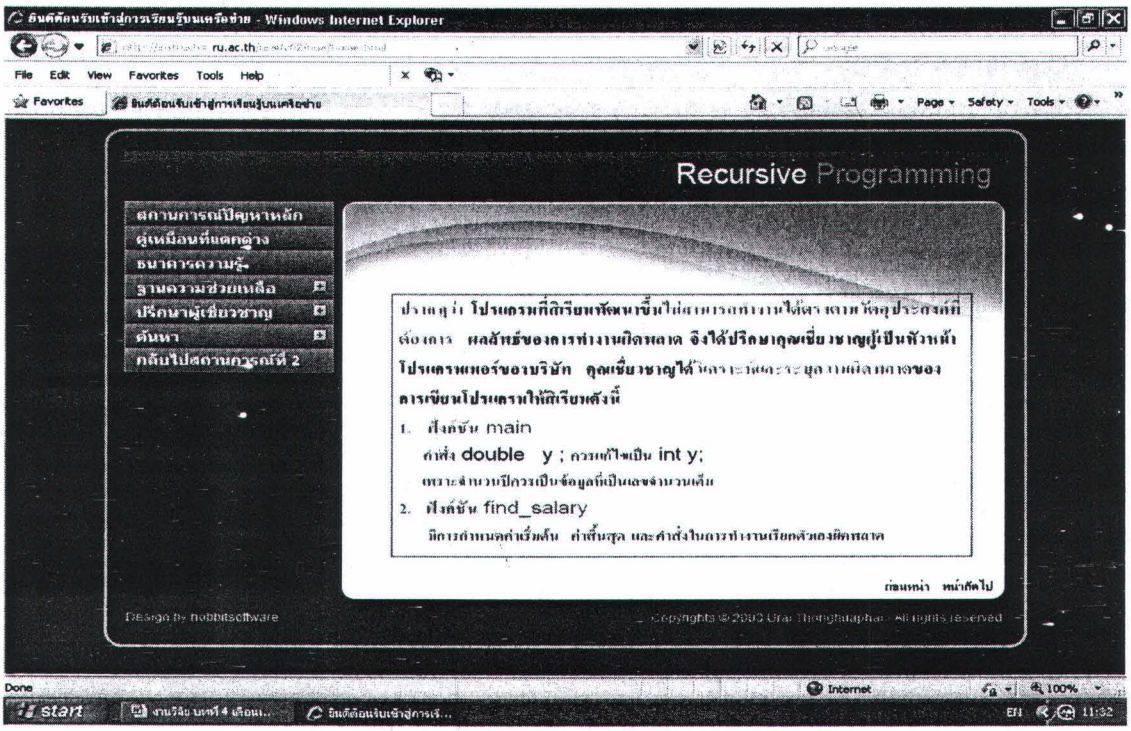
1.4.3.2 นำความคิดรวบยอดหลัก(Key concept) มาสร้างเป็นกรณีใกล้เคียงที่เป็นปัญหาของเนื้อหาที่จะจัดการเรียนรู้มาสร้างเป็นคำสั่งโปรแกรม(Source code)ให้ผู้เรียนเผชิญและหาทางแก้ไข ตัวอย่างโปรแกรมคำนวณเงินเดือนดังแสดงในภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 แสดงหน้าจอโปรแกรมที่ผู้เรียนต้องแก้ไขปัญหา

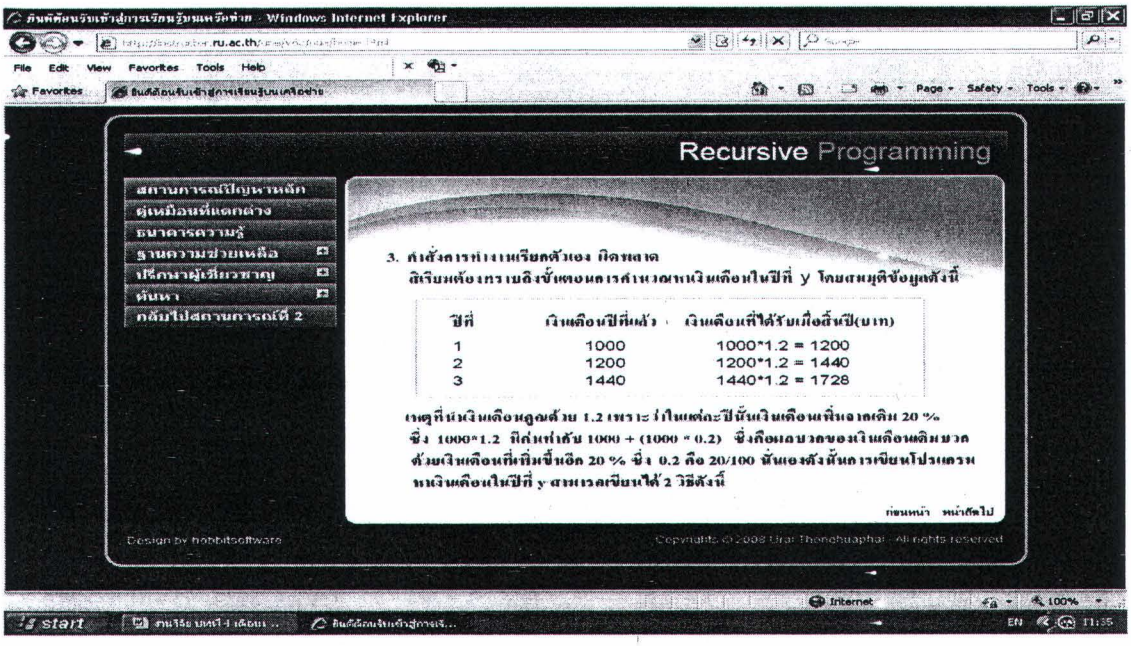
1.4.3.3 ผูกปมปัญหาให้ผู้เรียนสร้างความรู้ โดยบอกถึงปัญหาที่เกิดขึ้นดังนี้ *"โปรแกรมที่สิเริยมพัฒนาขึ้นไม่สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ผลลัพธ์ของการทำงานผิดพลาด"*

1.4.3.4 แนะนำการแก้ไขปัญหาโดยแสดงเป็น คำอธิบายโดยวิเคราะห์และระบุของความผิดพลาดเป็นลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.14



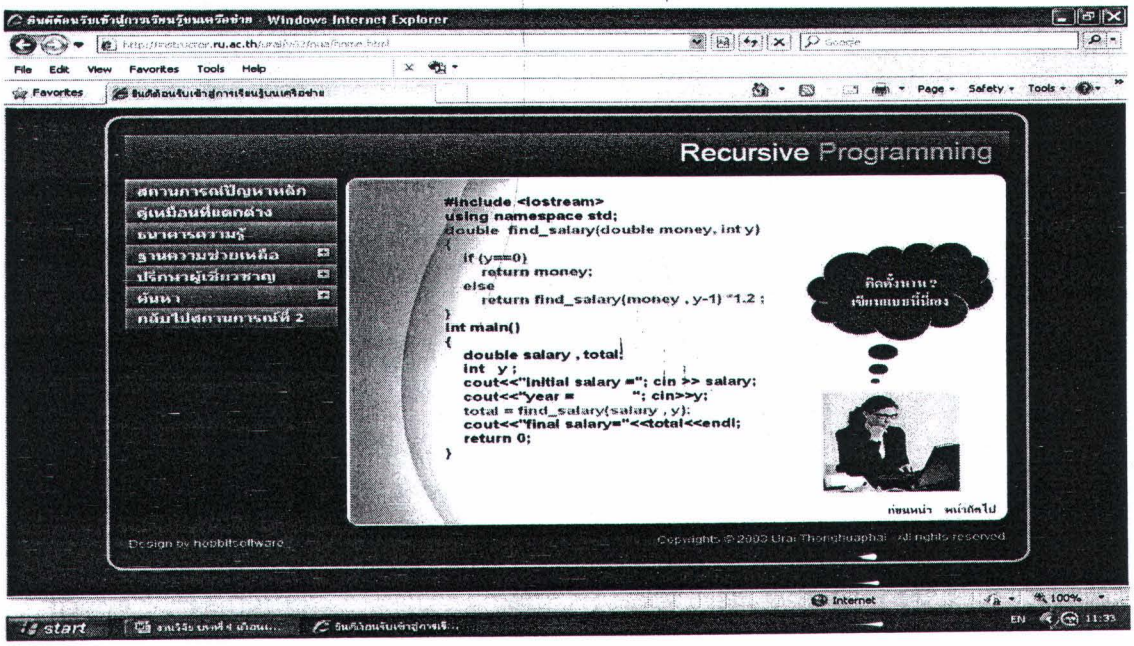
ภาพที่ 4.14 แสดงหน้าจอแนะนำการแก้ปัญหา

นอกจากนี้การออกแบบมีการเชื่อมโยงไปยังหน้าอื่น ๆที่เกี่ยวข้อง มีการอธิบายถึงขั้นตอนในการคำนวณคิดเงินเดือนในความเป็นจริงของโลก ดังแสดงในภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 แสดงหน้าจอการอธิบายแนวคิดการคำนวณเงินเดือน

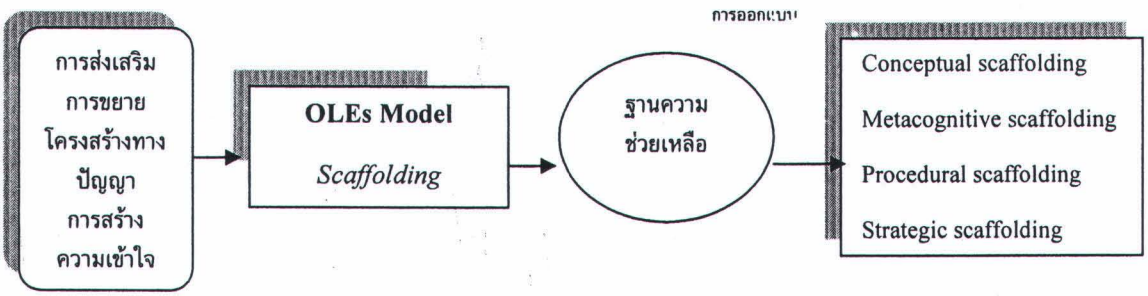
ภาพที่ 4.16 แสดงการออกแบบที่แสดงคำสั่งโปรแกรมที่มีการแก้ไขโปรแกรมให้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ โดยเน้นสีที่แตกต่างในกลุ่มคำสั่งที่มีการแก้ไขเปลี่ยนแปลง ซึ่งคำสั่งที่มีสีเหมือนกันเป็นคำสั่งที่เกี่ยวข้องกันเป็นการแสดงถึงการจับคู่(Match) คำสั่งโปรแกรมที่ผิดพลาดกับกระบวนการคิดคำนวณเงินเดือน



ภาพที่ 4.16 แสดงหน้าจอที่เน้นคำสั่งโปรแกรมที่มีการแก้ไขความผิดพลาด

จากการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯในองค์ประกอบ กรณีใกล้เคียง เรื่อง ฟังก์ชันคำนวณเงินเดือน ทำให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงประเด็นของปัญหาและทราบถึงตำแหน่งและกลุ่มคำสั่งโปรแกรมที่สำคัญในการคำนวณเงินเดือนที่มีการปรับเปลี่ยนไปเมื่อความต้องการเปลี่ยน ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจการทำงานของโปรแกรมคำนวณเงินเดือน โดยศึกษากระบวนการทำงานของโปรแกรมนี้แล้วนำมาอ้างอิงใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เรื่องฟังก์ชันคิดดอกเบี้ยทบต้น ดังนั้นกรณีใกล้เคียงเรื่อง ฟังก์ชันคำนวณเงินเดือนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความยืดหยุ่นทางปัญญาและช่วยในการสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญาให้แก่ผู้เรียน

1.4.4 องค์ประกอบที่ 3 ฐานความช่วยเหลือ



ภาพที่ 4.17 แสดงพื้นฐานการออกแบบฐานความช่วยเหลือ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบองค์ประกอบฐานความช่วยเหลือ สำหรับผู้เรียนที่อยู่ต่ำกว่า Zone of Proximal Development ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับการช่วยเหลือในการเรียนรู้ การออกแบบองค์ประกอบฐานความช่วยเหลือของโมเดลฯนี้ใช้ หลักการโมเดลสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ตามแนวทางคอนสตรัคติวิสต์ OLEs ซึ่งออกแบบและพัฒนาโดย Michael Hannafin(1999) และกลยุทธ์ในการทำความเข้าใจโปรแกรมของ Littman(1986) เพื่อให้ผู้เรียนสืบเสาะแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเองและควบคุมการเรียนรู้โดยผู้เรียนโดยใช้เมตาคอกนิชั่น(Metacognition) องค์ประกอบฐานความช่วยเหลือ(Scaffolding) เป็นการออกแบบโดยจัดเตรียมสิ่งแวดล้อมเพื่อแนะนำแนวทางและสนับสนุนความพยายามในการเรียนรู้ของผู้เรียน ประกอบด้วย

1) ฐานการช่วยเหลือการสร้างความคิดรวบยอด(Conceptual scaffolding) เป็นฐานความช่วยเหลือที่ออกแบบมาเพื่อช่วยเหลือผู้เรียนในการใช้เหตุผลโดยผ่านทางปัญหา เป็นการแนะนำให้ผู้เรียนเข้าสู่แหล่งข้อมูลหรือแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้อื่น ๆให้เกิดความคิดรวบยอด

2) ฐานการช่วยเหลือด้านความคิด(Metacognitive scaffolding) เป็นฐานความช่วยเหลือ ที่สนับสนุนเกี่ยวกับกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเกี่ยวกับการเรียนรู้แต่ละคน แนะนำวิธีการคิดระหว่างการเรียนรู้ วิธีการคิดในการแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ปัญหา

3) ฐานการช่วยเหลือด้านกระบวนการ(Procedural scaffolding) เป็นการแนะแนวทางวิธีการใช้แหล่งการเรียนและเครื่องมือ ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะของระบบและการทำงาน

4) ฐานความช่วยเหลือด้านกลยุทธ์(Strategic scaffolding) เป็นฐานความช่วยเหลือที่แนะนำวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา สนับสนุนการคิดวิเคราะห์ กลยุทธ์การตัดสินใจระหว่างการเรียนรู้

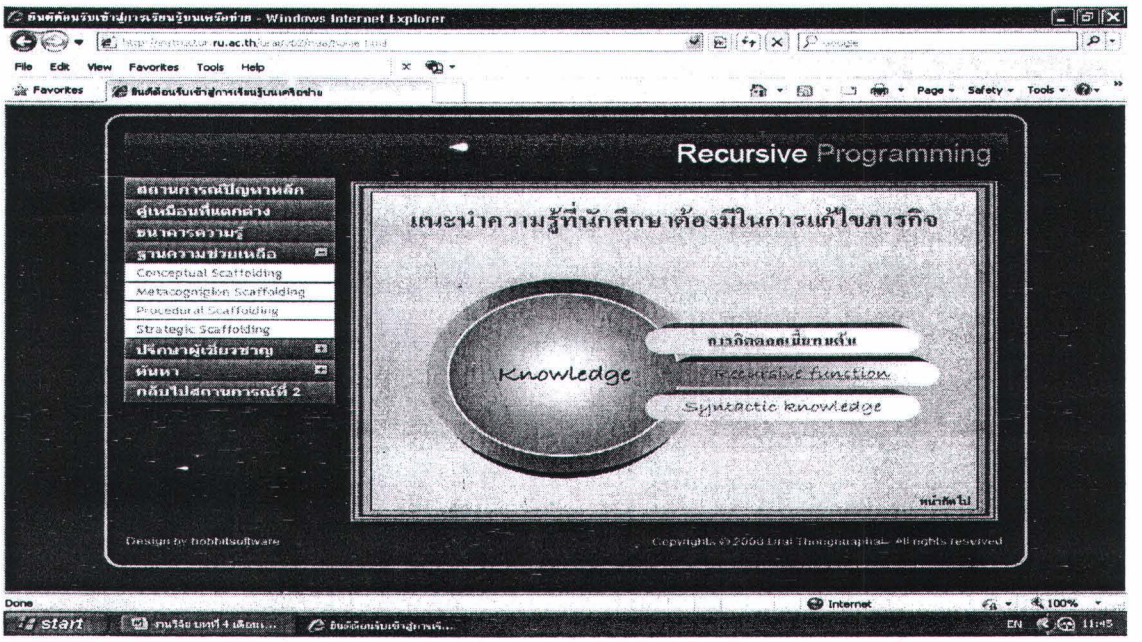
ความสัมพันธ์ระหว่าง หลักการ ทฤษฎีและการออกแบบฐานความช่วยเหลือดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและการออกแบบฐานความช่วยเหลือ

Scaffolding	**หลักการ**	**การออกแบบ ฐานความช่วยเหลือ**
Conceptual scaffolding	ช่วยเหลือผู้เรียนในการใช้เหตุผลโดยผ่านทางปัญหากลายเป็นความคิดรวบยอด	แนะนำ ความรู้ที่เป็นความคิดรวบยอดที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
Metacognitive scaffolding	สนับสนุนเกี่ยวกับกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเกี่ยวกับการเรียนรู้แต่ละคน	แนะนำ วิธีการคิดระหว่างเรียนรู้ให้ผู้เรียนติดตาม ตรวจสอบและประเมินเกี่ยวกับการคิดในการแก้ปัญหา
Procedural scaffolding	วิธีการใช้แหล่งการเรียนและเครื่องมือ ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะของระบบและการทำงาน	แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือต่าง ๆในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่จัดเตรียมไว้ให้
Strategic scaffolding	แนะนำเกี่ยวกับวิธีการที่เป็นทางเลือกที่ใช้ในการแก้ปัญหา	แนะนำกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา

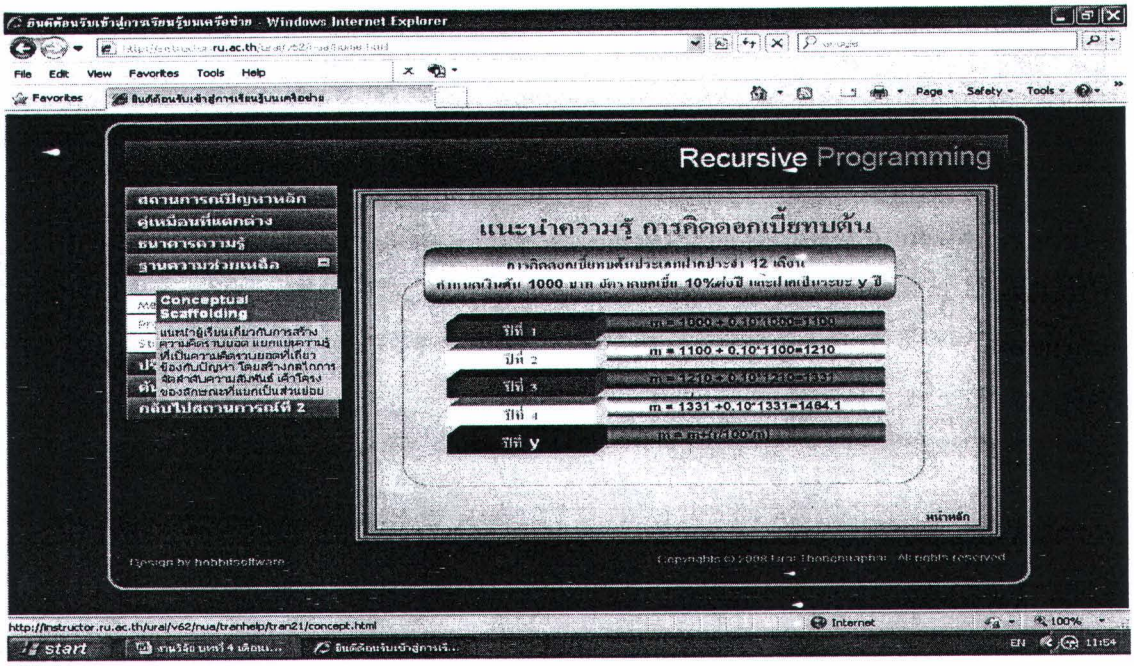
การออกแบบฐานความช่วยเหลือเพื่อช่วยเหลือผู้เรียนเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ 2 เรื่องฟังก์ชันคิดดอกเบี้ย ผู้วิจัยมีวิธีในการออกแบบดังนี้

1.4.4.1 ฐานการช่วยเหลือการสร้างความคิดรวบยอด(Conceptual scaffolding) ออกแบบโดยแยกแยะความรู้ที่เป็นความคิดรวบยอดที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยใช้ภาพกราฟิกและแสดงเป็นเค้าโครงที่แยกเป็นส่วนย่อย ซึ่งเป็นการแนะนำให้ผู้เรียนสามารถสืบค้นและเสาะแสวงหาความรู้ที่นักศึกษาต้องมีในการแก้ไขภารกิจ ประกอบด้วย การคิดดอกเบี้ยทบต้น การเขียนฟังก์ชันเรียกตัวเอง ความรู้ความหมายของคำสั่ง ดังแสดงในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 แสดงหน้าจอการออกแบบฐานการช่วยเหลือการสร้างความคิดรวบยอด

ผู้เรียนสามารถเลือกที่ข้อความหรือความรู้ที่นักศึกษายังขาดอยู่ จะปรากฏคำแนะนำความรู้เพิ่มมากขึ้นเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด ดังแสดงในภาพที่ 4.19



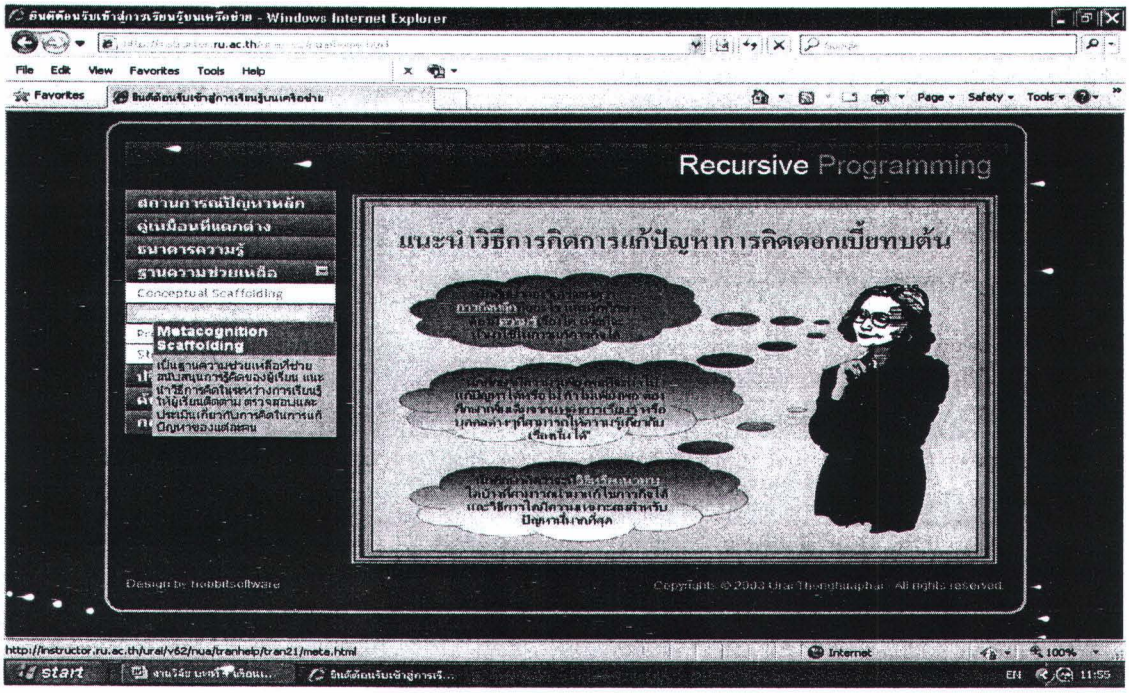
ภาพที่ 4.19 แสดงหน้าจอแนะนำความรู้การคิดดอกเบี้ยทบต้น

1.4.4.2 ฐานการช่วยเหลือด้านความคิด(Metacognitive scaffolding) ออกแบบโดยสนับสนุนการรู้คิดของผู้เรียน แนะนำวิธีการคิดในระหว่างเรียนรู้ให้ผู้เรียนติดตาม ตรวจสอบและประเมินเกี่ยวกับการคิดในการแก้ปัญหาของแต่ละคน

ตัวอย่างฐานการช่วยเหลือด้านความคิด เรื่อง ฟังก์ชันการคิดดอกเบี้ยทบต้น

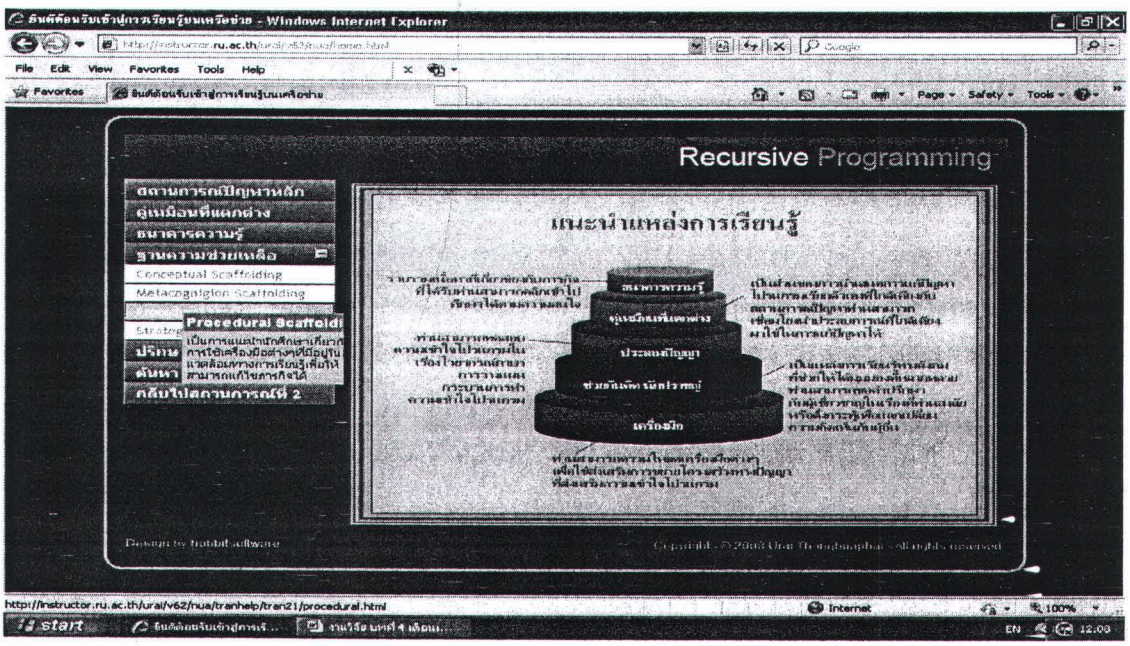
- *นักศึกษาลองวิเคราะห์ดูว่า ภารกิจหลักคืออะไร และนักศึกษาต้องมีความรู้เรื่องใด เพื่อที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาภารกิจได้*
- *นักศึกษามีความรู้เพียงพอที่จะนำไปแก้ปัญหาได้หรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอ ต้องศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งการเรียนรู้ หรือ บุคคลต่าง ๆที่สามารถให้ความรู้ที่เกี่ยวกับเรื่องนั้นได้*
- *นักศึกษาคิดว่าจะมีวิธีหรือแนวทางใดบ้างที่สามารถนำมาแก้ไขภารกิจได้ และวิธีการใดมีความเหมาะสมสำหรับปัญหานี้มากที่สุด*

ดังแสดงในภาพที่ 4.20 แสดงการออกแบบและพัฒนาฐานการช่วยเหลือด้านความคิด



ภาพที่ 4.20 แสดงการออกแบบฐานการช่วยเหลือด้านความคิด

1.4.3.3 ฐานการช่วยเหลือด้านกระบวนการ (Procedural scaffolding) แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือต่าง ๆที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง ดังแสดงในภาพที่ 4.21



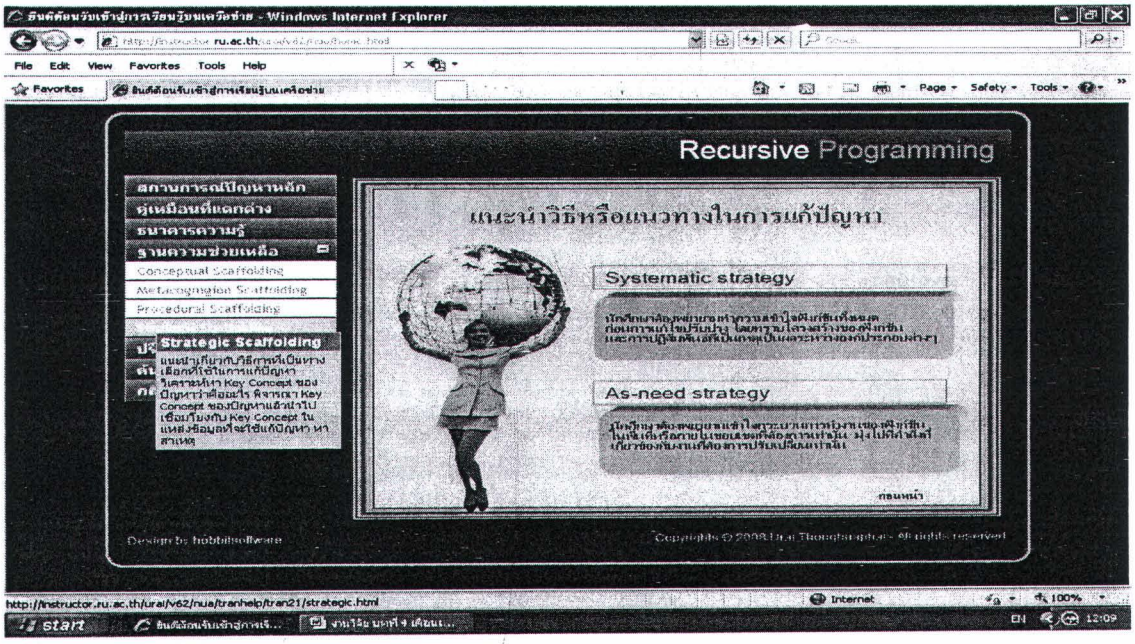
ภาพที่ 4.21 แสดงหน้าจอการออกแบบฐานการช่วยเหลือด้านกระบวนการ

1.4.3.4. ฐานความช่วยเหลือด้านกลยุทธ์(Strategic scaffolding) แนะนำกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

(1) Systematic strategic เป็นวิธีการที่ผู้เรียนพยายามทำความเข้าใจโปรแกรมทั้งหมดก่อนการแก้ไขปรับปรุงโดยทำการทดสอบโปรแกรมทั้งหมด โดยทำความเข้าใจทีละคำสั่งตามลำดับขั้นตอนเพื่อให้ได้ความเข้าใจโปรแกรมโดยสมบูรณ์

(2) As-need strategy เป็นวิธีการที่ผู้เรียนพยายามทำความเข้าใจการทำงานของโปรแกรมภายในขอบเขตที่ต้องการเท่านั้น

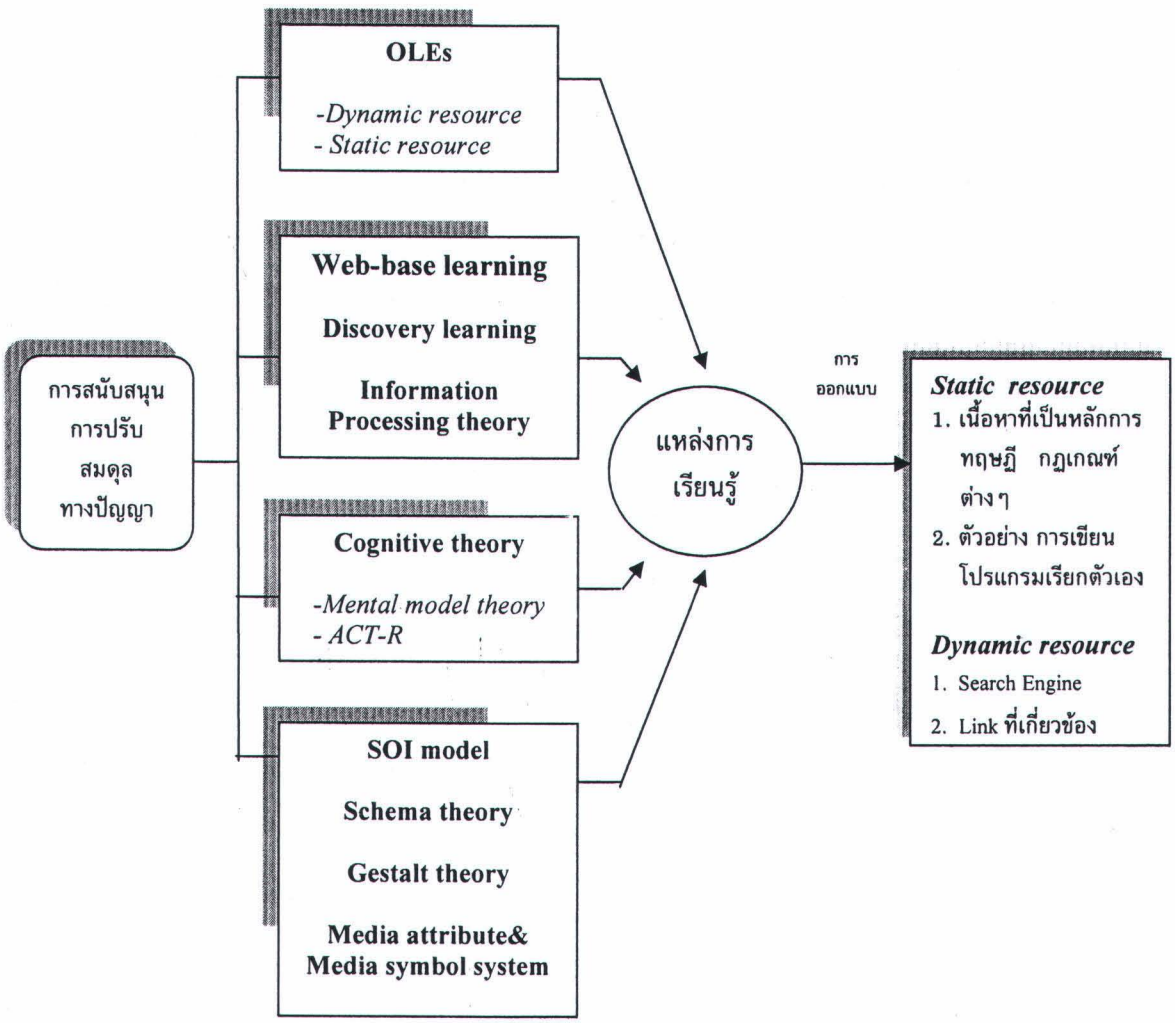
โดยแนะนำให้ผู้เรียนวิเคราะห์ประเด็นหลักของปัญหา และพยายามพิจารณาถึงคำสำคัญในปัญหาเพื่อศึกษาความเข้าใจโปรแกรม การออกแบบฐานการช่วยเหลือด้านกลยุทธ์ ดังแสดงตามภาพที่ 4.22



ภาพที่ 4.22 แสดงหน้าจอการออกแบบฐานการช่วยเหลือด้านกลยุทธ์

การออกแบบองค์ประกอบฐานความช่วยเหลือ เป็นการแนะนำแนวทางและสนับสนุนความพยายามในการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนที่ขาดประสบการณ์ ซึ่งสามารถช่วยส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาให้แก่ผู้เรียน

1.4.5 องค์ประกอบที่ 4 แหล่งการเรียนรู้



ภาพที่ 4.23 แสดงพื้นฐานการออกแบบแหล่งการเรียนรู้

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบองค์ประกอบแหล่งการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถใช้สำหรับปรับสมดุลทางปัญญา การออกแบบองค์ประกอบนี้ใช้หลักการโมเดล Open Learning Environments เป็นรูปแบบการจัดสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ตามแนวทางคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งออกแบบและพัฒนาโดย Michael Hannafin ซึ่งการเรียนรู้จะผ่านประสบการณ์ของแต่ละบุคคล เป็นประสบการณ์ตรง เชิงรูปธรรมที่เกี่ยวข้องกับความเป็นจริง(Realistic) แบ่งเป็น แหล่งการเรียนรู้คงที่(Static Resource) และแหล่งการเรียนรู้พลวัตร(Dynamic Resource) เป็นแหล่งการเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงสารสนเทศอยู่ตลอดเวลา ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้จากการเสาะแสวงหาจากแหล่งการเรียนรู้ที่ได้จัดเตรียมไว้ให้ภายในโมเดลฯ ประกอบด้วย 1)

ธนาคารความรู้เป็นที่รวบรวมความรู้ของรูปแบบ ไวยากรณ์ภาษา C++ การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง และตัวอย่างฟังก์ชันเรียกตัวเอง 2) เคล็ดไม่ลับ เป็นคำอธิบายจากผู้เชี่ยวชาญถึงกระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมเรียกตัวเอง 3) มือใหม่เชิญที่นี่ เป็นคำอธิบายและแสดงถึงกระบวนการทดสอบและทวนสอบความถูกต้องของโปรแกรมเรียกตัวเอง 4) ลิงค์ที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นที่รวบรวมลิงค์ต่าง ๆ เป็นแหล่งการเรียนที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา 5) เครื่องมือสืบค้น (Search engine)สำหรับใช้ในการค้นหาแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมที่ต้องการและสามารถนำมาใช้ในการสร้างความรู้นอกเหนือจากที่จัดไว้ภายในสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่าย

ความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและการออกแบบแหล่งการเรียนรู้ที่สนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและการออกแบบแหล่งการเรียนรู้ที่สนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา

ทฤษฎี	หลักการ	การออกแบบแหล่งการเรียนรู้ที่สนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา
OLEs	แหล่งการเรียนรู้คงที่ (Static resource)	1. เนื้อหาที่เป็นหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ต่าง ๆ 2. รูปแบบไวยากรณ์ภาษา C++ 3. การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง
	แหล่งการเรียนรู้พลวัตร (Dynamic resource)	1. Search engine 2. Link ที่เกี่ยวข้อง
Web-base learning	เสาะแสวงหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้บนเครือข่าย	1. เข้าถึงแหล่งข้อมูลโดยอาศัยคุณลักษณะของWWW 2. การเชื่อมโยงหลายมิติ Hyperlink เชื่อมโยงแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องไว้ด้วยกัน
Discovery learning	เรียนรู้ด้วยการค้นพบ	1. Multiple windows 2. Hyperlink
Information Processing theory	การประมวลผลสารสนเทศ	ตัวอักษรเคลื่อนไหวกระตุ้นความใส่ใจของผู้เรียน

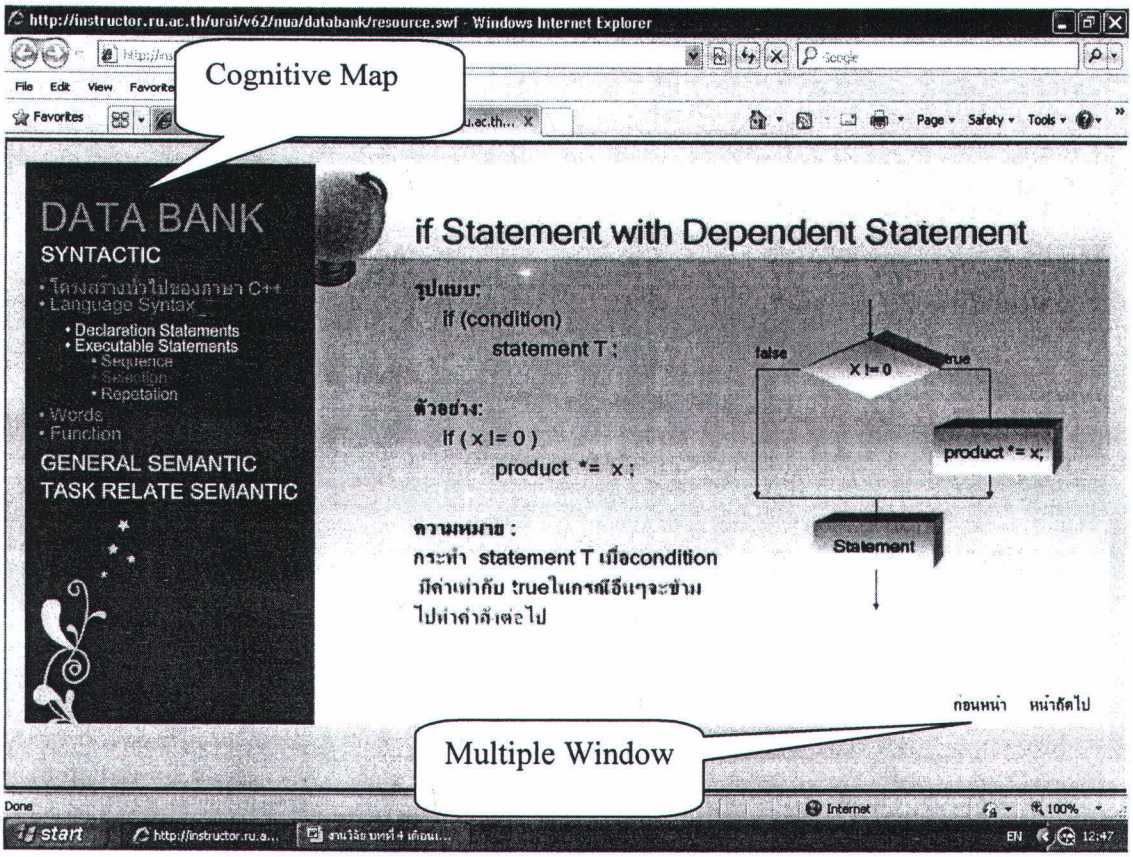
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ตารางที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและการออกแบบแหล่งการเรียนรู้ที่สนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา(ต่อ)

ทฤษฎี	หลักการ	การออกแบบแหล่งการเรียนรู้ที่สนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา
Mental model theory	รูปแบบการทำความเข้าใจที่เป็นเหตุเป็นผล	การอธิบายแนะนำ(cue)กระบวน การทำความเข้าใจที่เป็นเหตุเป็นผล ในรูปกราฟิกข้อความ และเสียง
ACT-R	แบบจำลองการประมวลผลของทักษะการเรียนรู้เป็นการถ่ายโยงจาก Declarative knowledge ไปยังProcedural	แนะนำกระบวนการเรียนรู้ (Learning process)โปรแกรมเรียกตัวเอง ในรูปของ E-Tutorial
SOI	- S การเลือก (Selection) - O การจัดหมวดหมู่ (Organization) - I การบูรณาการ เพื่อให้ผู้เรียนจดจำและระลึกได้ง่าย	1. S -ส่งเสริมการเลือกข้อมูล โดยเน้นสีข้อความที่แตกต่างกัน 2. O -แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน ตามหมวดหมู่ของความรู้ ได้แก่ Syntactic, General Semantic และ Tasked related semantic 3. I -บูรณาการเนื้อหาของแต่ละส่วน มีแผนผังของเนื้อหาส่งเสริมให้ผู้อ่านเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ง่าย 4. จัดระเบียบสารสนเทศในรูปของหลายหน้าต่าง
Gestalt theory	ลดการจำ	จัดโครงเรื่องเพื่อเป็นแผนที่ทางปัญญา เป็นโครงสร้างแบบต้นไม้ จากเนื้อเรื่องหลักไปสู่เนื้อเรื่องย่อยที่เกี่ยวพันธ์กัน ให้สามารถรับรู้และเข้าใจเรื่องราวต่าง ๆได้ง่าย
Media attribute &Media symbol system	คุณลักษณะของสื่อและระบบสัญลักษณ์ของสื่อ	สื่อบนเครือข่าย
Schema theory	ความคิดรวบยอด	ออกแบบสาร และรูปภาพของเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียนเข้ารหัสได้โดยตรง

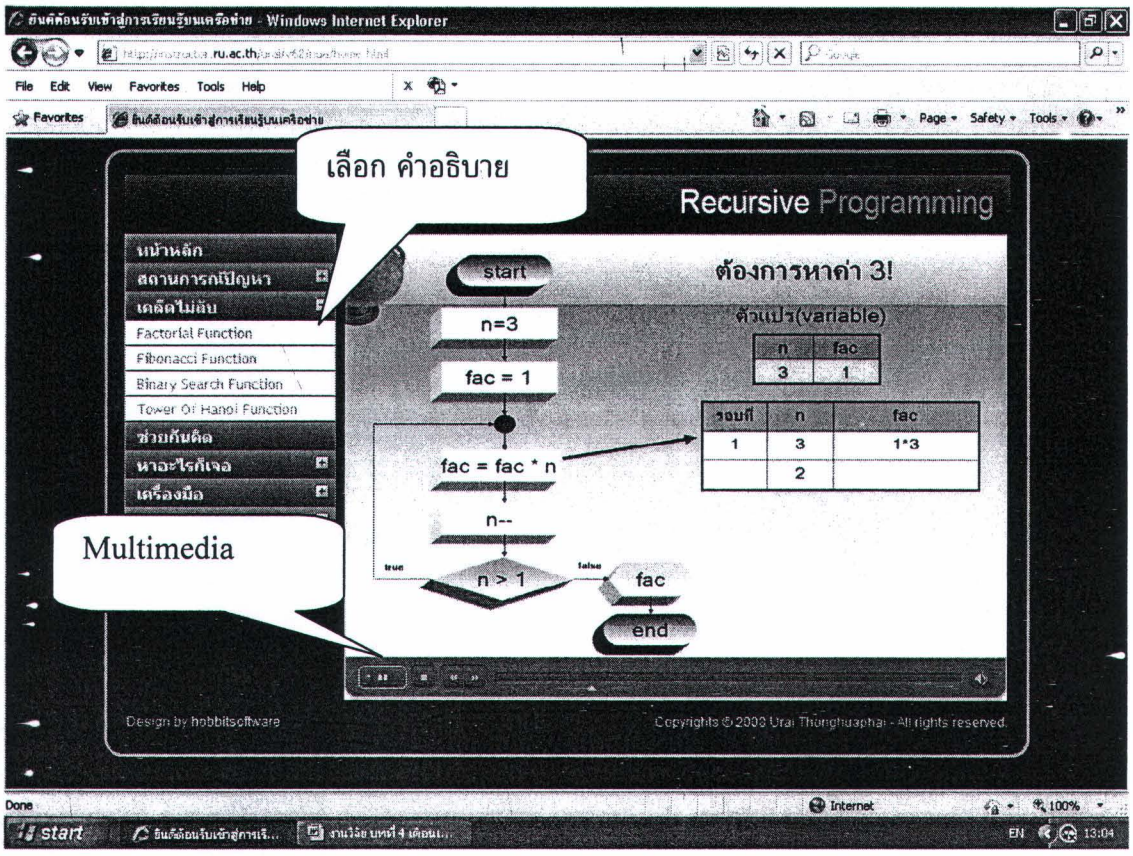
การนำเสนอเนื้อหาขององค์ประกอบนี้ เป็นการผสมผสานกันระหว่างเทคโนโลยีปัจจุบันกับกระบวนการออกแบบการเรียนการสอน ผู้เรียนสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่มีอยู่มากมายโดยอาศัยคุณลักษณะของเวิลด์ไวด์เว็บ(WWW) เป็นการบริการบนอินเทอร์เน็ตในรูปของสื่อผสมในรูปของตัวอักษร ภาพนิ่ง การเคลื่อนไหว และเสียง โดยอาศัยคุณลักษณะของการเชื่อมโยงหลายมิติ(Hyperlink) ทั้งในรูปแบบของข้อความหลายมิติ(Hypertext) และสื่อหลายมิติ(Hypermedia) เพื่อเชื่อมโยงแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องไว้ด้วยกัน ผู้เรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลในการเรียนรู้ด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลายและเกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ ซึ่งแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆเหล่านี้สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเรียนรู้และแก้ปัญหาได้อย่างอิสระ

ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการค้นพบ(Discovery learning) การออกแบบหน้าจอใช้ทฤษฎีเกสตัล (Gestalt theory) โดยวางโครงเรื่องเพื่อเป็นแผนที่ทางปัญญา (Cognitive map)ที่แสดงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดรวบยอดต่าง ๆของเนื้อหาทั้งหมดให้กับผู้เรียน ออกแบบหลายหน้าต่าง(Multiple window)ช่วยลดการจดจำ ผู้เรียนสามารถนำความรู้เดิมที่มีอยู่เชื่อมโยงกับแผนภาพหรือข้อความที่ปรากฏเห็นเพื่อสร้างความรู้ใหม่ได้ง่ายขึ้นด้วยตนเองอย่างกระตือรือร้น สำหรับการออกแบบสารผู้วิจัยใช้หลักการ SOI Model เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือก(Select)เนื้อหาที่ต้องการได้ง่ายโดยจัดหมวดหมู่(Organization)และบูรณาการ(Integrating)สารสนเทศโดยเน้นข้อความที่สำคัญ มีส่วนของคำบรรยายเพื่ออธิบายการทำงานของคำสั่งหรือส่วนของโปรแกรม มีส่วนของคำอธิบายแผนผังของการทำงาน อีกทั้งมีการสรุปที่เน้นขั้นตอนหลัก ๆที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเลือกสารสนเทศที่เกี่ยวข้องได้ง่าย ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.24



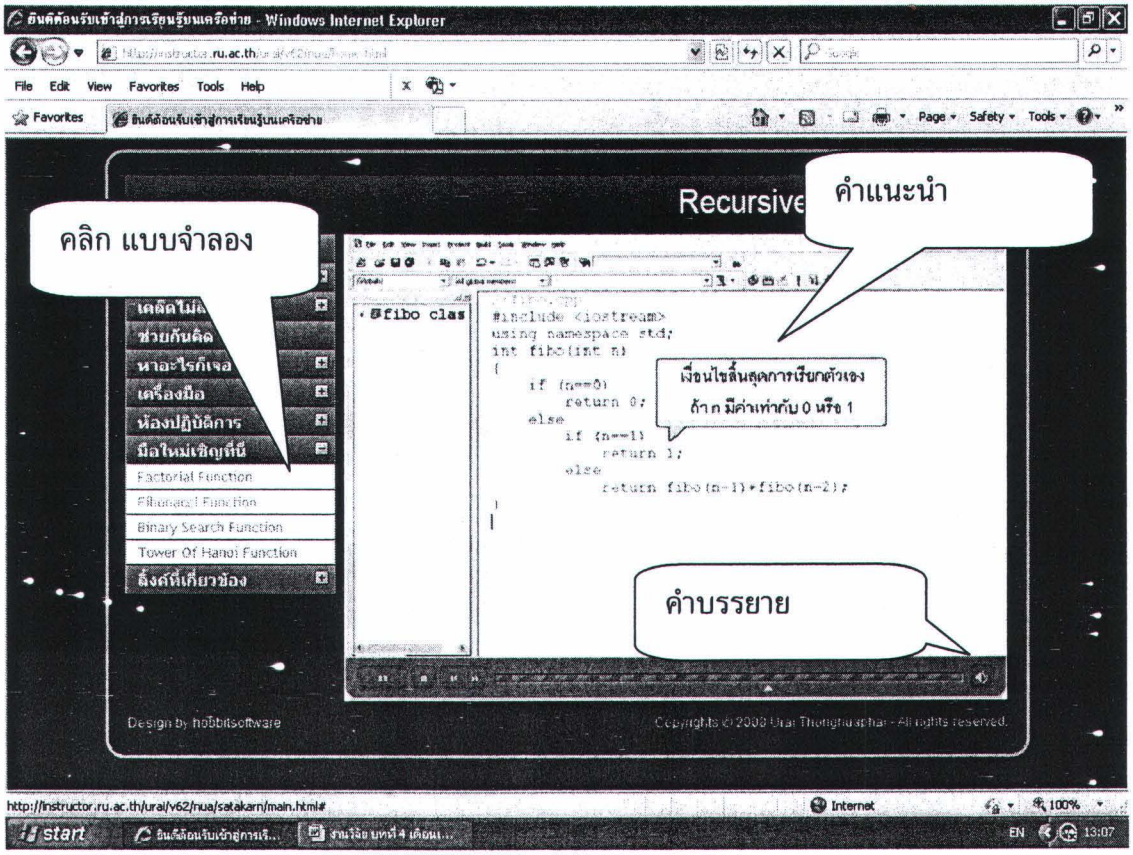
ภาพที่ 4.24 แสดงหน้าจอการออกแบบธนาคารความรู้

การออกแบบสารใช้ทฤษฎีสกีมา(Schema theory) แสดงสารสนเทศเป็นรูปภาพ และกราฟิกเพื่อให้ผู้เรียนเข้ารหัสความรู้ได้โดยตรง ผู้เรียนสามารถจดจำและระลึกได้ง่าย สำหรับคำอธิบายโปรแกรมเรียกตัวเองได้ออกแบบระบบมัลติมีเดียดังแสดงในภาพที่ 4.25 โดยผนวกข้อความ กราฟิก และคำอธิบายเข้าด้วยกันเป็นการถอดความเข้าใจโปรแกรมมาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาโปรแกรม ทำให้ผู้เรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผล(Mental model) ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจโปรแกรมเรียกตัวเอง ลดภาระการจดจำที่จำกัด ผู้เรียนสามารถเลือกตัวอย่างโปรแกรมเพื่อทำความเข้าใจโปรแกรมได้เมื่อต้องการ ผู้เรียนสามารถถอดแบบความเข้าใจโปรแกรมของผู้เชี่ยวชาญเพื่อช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ของคำสั่งต่าง ๆที่ปรากฏในฟังก์ชันเรียกตัวเองทั้งหมด เช่นตัวแปร รูปแบบของฟังก์ชันเรียกตัวเอง ความหมายของคำสั่งโปรแกรม ความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลของตัวแปรและกลุ่มคำสั่ง รวมทั้งวัตถุประสงค์การทำงานของฟังก์ชัน สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้นี้ได้ออกแบบให้มีลักษณะยืดหยุ่น (Flexibility) สามารถสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญาให้แก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 4.25 แสดงหน้าจอระบบมัลติมีเดีย

การออกแบบแบบจำลองกระบวนการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมเรียกตัวเอง ใช้หลักการของโมเดล ACT-R(The Adaptive Control of Thought-Rational) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้(Learning) และนำไปประยุกต์กับการแก้ปัญหาโปรแกรมเรียกตัวเองได้ แบบจำลองนี้เหมาะสำหรับผู้เรียนที่ไม่มีประสบการณ์ในการทดสอบและแก้ไขความผิดพลาดของโปรแกรม ผู้เรียนสามารถฟังคำบรรยาย(Descriptive) ขั้นตอนการเขียนคำสั่งโปรแกรม การแปลโปรแกรม และการทดสอบโปรแกรม คำแนะนำ(Prescriptive) ในการแก้ไขความผิดพลาดของโปรแกรมให้ถูกต้อง ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนรู้เพื่อสามารถทำนาย(Predictive)ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการเขียนโปรแกรมได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.26

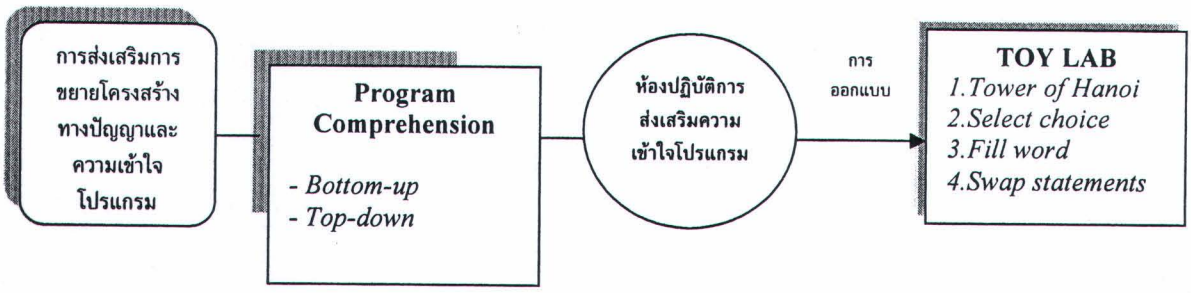


ภาพที่ 4.26 แสดงหน้าจอ E-tutorial กระบวนการทดสอบโปรแกรม

จากภาพที่ 4.26 แสดงหน้าจอ E-tutorial กระบวนการทดสอบโปรแกรม เป็นการออกแบบแหล่งการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนที่ไม่มีประสบการณ์ในการฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรม ซึ่งจะบรรยายและแนะนำถึงขั้นตอนการเรียกใช้ตัวแปลภาษา การป้อนคำสั่งโปรแกรม การแปลโปรแกรม การแก้ไขความผิดพลาดโปรแกรม การทดสอบโปรแกรม ซึ่งการออกแบบ E-tutorial นี้สามารถสร้างความรู้ความเข้าใจของรูปแบบการสร้างโปรแกรม การปฏิบัติการซอฟต์แวร์ เป็นการเพิ่มประสบการณ์แก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

การออกแบบแหล่งการเรียนรู้ช่วยสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญาให้แก่ผู้เรียน โดยผู้เรียนรับสารสนเทศจากสิ่งแวดล้อมเข้าไปไว้ในโครงสร้างทางปัญญาและปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาโดยเชื่อมโยงโครงสร้างทางปัญญาเดิมหรือความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับสารสนเทศใหม่ ให้เข้าสู่สภาวะสมดุลเป็นการสร้างความรู้ใหม่ซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้นั่นเอง

1.4.5 องค์ประกอบที่ 5 ห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม



ภาพที่ 4.27 แสดงพื้นฐานการออกแบบห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบองค์ประกอบห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมจากการสังเคราะห์กลไกกระบวนการทำความเข้าใจของ Bottom-up Comprehension Model (Pennington, 1987) และ Top-down Comprehension Model (Brook, 1983) เพื่อนำมาออกแบบห้องปฏิบัติการเพื่อส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาการสร้างความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถพัฒนากระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมเรียกตัวเองในสถานการณ์ต่าง ๆที่เกิดขึ้นในบริบทจริง ผู้วิจัยจัดเตรียมกรณีศึกษาแบ่งเป็น 3 ระดับจากระดับต่ำ ไปจนถึงระดับสูงตามความยากง่ายของกระบวนการทำความเข้าใจเพื่อพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูงกระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน ความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและการออกแบบห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมดังแสดงในตารางที่ 4.5

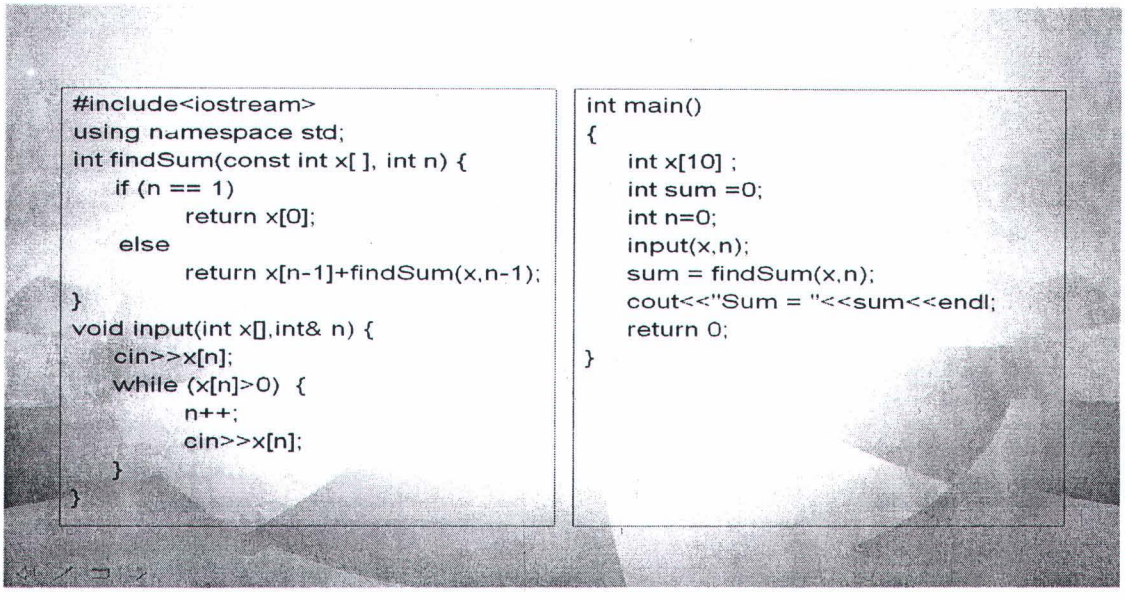
ตารางที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและการออกแบบห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

ความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน	หลักการ	การออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม
Bottom-up Comprehension	คำสั่งโปรแกรมจะถูกเพ็งพินิจ (Scan)จากผู้เรียน โดยผู้เรียนสร้างสิ่งแทนความรู้โปรแกรมโดยค่อย ๆก่อรูปจาก1 คำสั่งกลายเป็นกลุ่มของคำสั่ง ในขณะเดียวกันสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์ทำให้เข้าใจถึงกระบวนการทำงานของคำสั่งเป็นลำดับ จนกระทั่งเข้าใจทั้งโปรแกรม	1.ห้องปฏิบัติการ ระดับที่ 1 ผูกเรื่องราวให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจการทำงานของคำสั่งต่าง ๆในโปรแกรม และสามารถวิเคราะห์และอธิบายการทำงานของคำสั่งโปรแกรมและสามารถสรุปวัตถุประสงค์ของการทำงานได้ถูกต้อง 2.ห้องปฏิบัติการ ระดับที่ 2 ผูกเรื่องราวให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจการทำงานของคำสั่งต่าง ๆในโปรแกรม สามารถวิเคราะห์ อธิบายและแก้ไขการทำงานได้อย่างถูกต้อง
Top-down Comprehension	ผู้เรียนมีความรู้ในสถานการณ์ของปัญหามาก่อนและสามารถใช้ความรู้ที่มีอยู่คาดเดาหรือตั้งสมมุติฐานเพื่อจับคู่กับคำสั่งโปรแกรมที่กำหนดมาให้เพื่อทำความเข้าใจโปรแกรมทั้งหมดได้	ห้องปฏิบัติการ ระดับที่ 3 ผูกเรื่องราวให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจการทำงานของคำสั่งต่าง ๆในโปรแกรม สามารถวิเคราะห์ อธิบายและแก้ไขการทำงานได้อย่างถูกต้อง และสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบคำสั่งให้เขียนแบบเรียกตัวเองได้อย่างถูกต้อง

ตัวอย่างการออกแบบ ห้องปฏิบัติการ ระดับที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการผูกเรื่องราวที่เกิดขึ้นในบริบทจริงของบริษัทแห่งหนึ่งดังนี้

"วีรวัช เป็นโปรแกรมเมอร์ประจำบริษัท Hobbit Software ทำหน้าที่เขียนโปรแกรมประยุกต์ เมื่อวานนี้วีรวัชเข้าไปสืบค้นข้อมูลในอินเทอร์เน็ตและพบโปรแกรมที่น่าสนใจโปรแกรมหนึ่ง วีรวัชไม่เข้าใจวัตถุประสงค์การทำงานของโปรแกรมนี้ "

ในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ผู้วิจัยจัดเตรียมคำสั่งโปรแกรมซึ่งเป็นสิ่งแทนภายนอก(External representation)ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนทำความเข้าใจโปรแกรมและสามารถสรุปวัตถุประสงค์การทำงานของโปรแกรมนี้ให้ได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.28

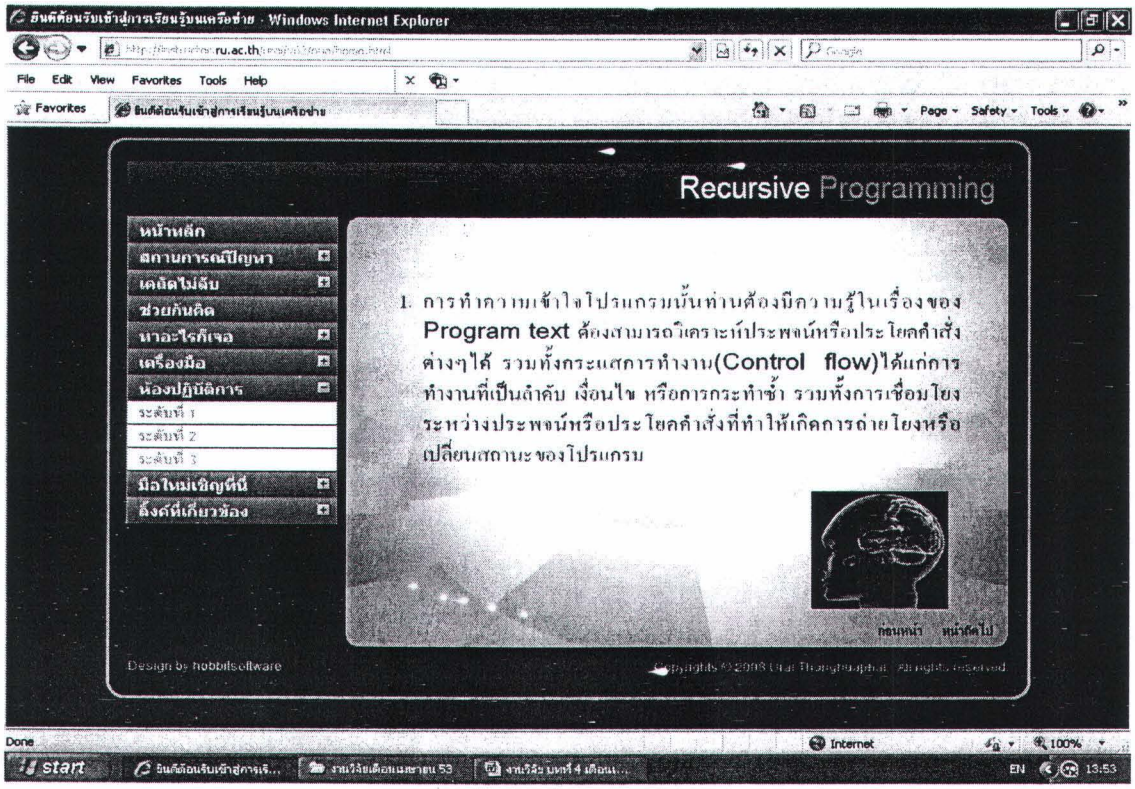


```
#include<iostream>
using namespace std;
int findSum(const int x[ ], int n) {
    if (n == 1)
        return x[0];
    else
        return x[n-1]+findSum(x,n-1);
}
void input(int x[],int& n) {
    cin>>x[n];
    while (x[n]>0) {
        n++;
        cin>>x[n];
    }
}
```

```
int main()
{
    int x[10] ;
    int sum =0;
    int n=0;
    input(x,n);
    sum = findSum(x,n);
    cout<<"Sum = "<<sum<<endl;
    return 0;
}
```

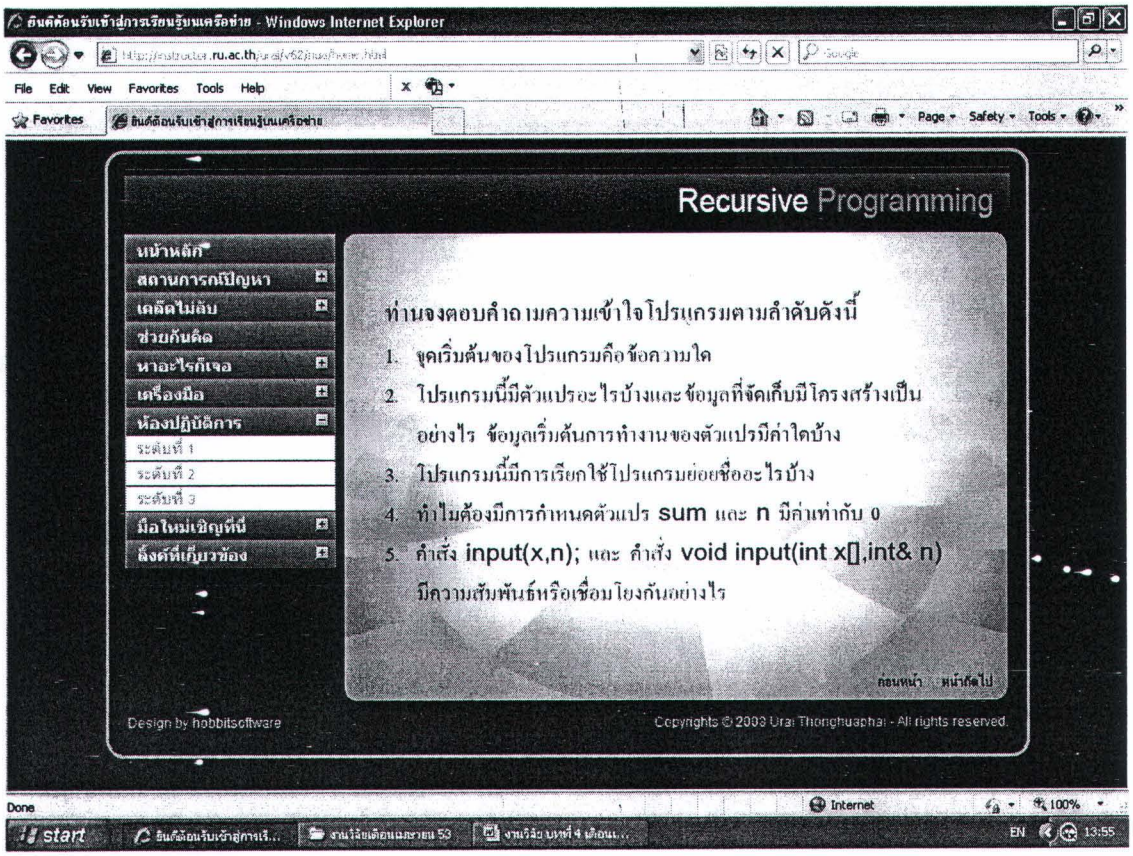
ภาพที่ 4.28 แสดง External representation

ผู้วิจัยได้ศึกษากลไกการทำความเข้าใจของ Pennington(1987) เพื่อแนะนำถึงกระบวนการทำความเข้าใจให้แก่ผู้เรียนเป็นลำดับขั้นตอนโดยเริ่มจาก ความรู้พื้นฐานที่ผู้เรียนต้องใช้ในการทำความเข้าใจ ในที่นี้คือความรู้ของโครงสร้างข้อความ(Text Structure Knowledge) และความรู้แผนงาน(Plan Knowledge) ดังแสดงในภาพที่ 4.29



ภาพที่ 4.29 แสดงหน้าจอการออกแบบห้องปฏิบัติการที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

การออกแบบห้องปฏิบัติการเพื่อส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ผู้วิจัยได้เสนอคำถามให้ผู้เรียนตอบเป็นลำดับ เพื่อให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และตอบคำถามเป็นการติดตามกระบวนการทำงานของโปรแกรมจากหนึ่งคำสั่งรวมกันหลาย ๆคำสั่งเป็นกลุ่มของคำสั่ง ค่อย ๆ ขยายกระบวนการทำความเข้าใจคำสั่งโปรแกรมมากขึ้น ๆ ค่อย ๆสร้างสิ่งแทนความเข้าใจโปรแกรมและสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์ จนกระทั่งเข้าใจคำสั่งโปรแกรมทั้งหมด และสามารถคิดรวบยอดเป็นวัตถุประสงค์ของโปรแกรมได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.30



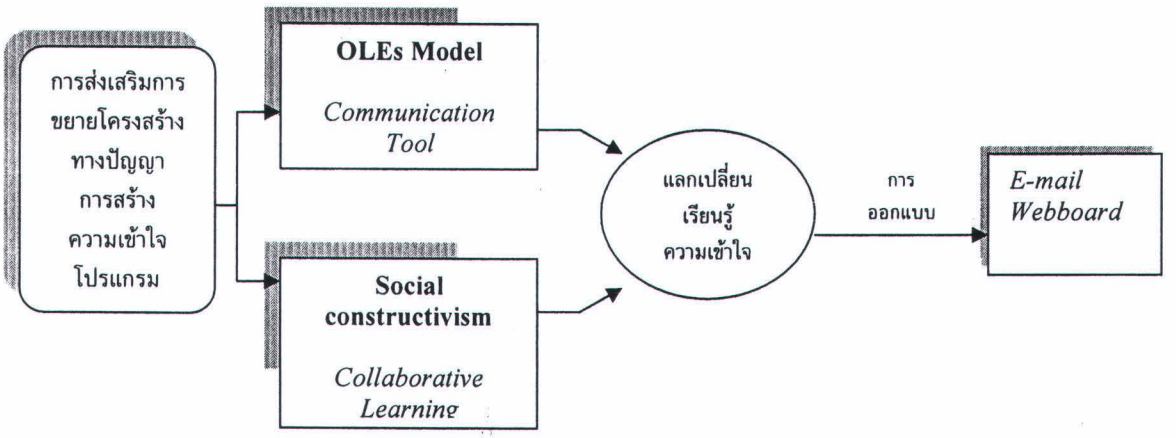
ภาพที่ 4.30 แสดงหน้าจอการแนะนำกระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรม

ห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมสิ่งแวดล้อมบนเครือข่ายเพื่อให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติความเข้าใจโปรแกรมแบ่งเป็น 3 ระดับตามความยากง่าย ผู้เรียนสามารถปฏิบัติการซ้ำ ๆในแต่ละระดับเพื่อพัฒนาทักษะการทำความเข้าใจโปรแกรมได้ตามความต้องการ สำหรับห้องปฏิบัติการระดับที่ 2 นั้น เป็นระดับที่ยากขึ้นโดยผู้วิจัยได้ออกแบบผูกเรื่องราวที่เกิดขึ้นในบริบทจริงของบริษัทแห่งหนึ่งที่โปรแกรมเมอร์ได้รับมอบหมายให้แก้ไขโปรแกรมให้ถูกต้อง ซึ่งผู้เรียนนอกจากเข้าใจการทำงานของโปรแกรมแล้วต้องสามารถแก้ไขความผิดพลาดของโปรแกรมให้ถูกต้องได้ การออกแบบห้องปฏิบัติการระดับที่ 2 จะแนะนำผู้เรียนให้คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนตามกลไกของการทำความเข้าใจของ Pennington(1987) จนกระทั่งผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาโปรแกรมได้อย่างถูกต้อง สำหรับห้องปฏิบัติการระดับที่ 3 ผู้วิจัยได้ออกแบบผูกเรื่องราวที่เกิดขึ้นในบริบทจริงของบริษัทแห่งหนึ่งที่โปรแกรมเมอร์ได้รับมอบหมายให้ปรับเปลี่ยนคำสั่งโปรแกรมให้เขียนแบบเรียกตัวเอง การออกแบบห้องปฏิบัติการระดับที่ 3 จะแนะนำผู้เรียนให้คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนตามกลไกของการทำความเข้าใจของ Brook(1983) เริ่มจากแนะนำให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์วิธีการการแปลงเลขฐาน 10 เป็นเลขฐานสอง ต่อจากนั้นแนะนำให้ผู้เรียนเดาหรือคาดหมายกลุ่มของคำสั่งในโปรแกรมที่เป็นสิ่งแทนภายนอก(External representation) ที่เป็นกลุ่ม

ของคำสั่งที่ต้องมีการปรับเปลี่ยน ผู้เรียนทดลองสร้างคำสั่งเรียกตัวเองเพื่อทำงานในโปรแกรม โดยทำการปรับปรุงแก้ไขจนกระทั่งโปรแกรมสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ในการออกแบบห้องปฏิบัติการระดับที่ 3 นี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ผู้เรียนใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่เพื่อเดากลุ่มคำสั่งที่ต้องแก้ไข ซึ่งการคาดเดาเริ่มต้นนั้นอาจไม่ถูกต้องแต่จะถูกแก้ไขให้สละสลวยและมีการขยายเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผู้เรียนสามารถปรับเปลี่ยนโปรแกรมได้อย่างถูกต้อง

การออกแบบห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมนี้ เห็นได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สามารถการส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาและความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนได้ ผู้เรียนที่ยังขาดความรู้ความเข้าใจสามารถเลือกองค์ประกอบนี้เพื่อประเมินความรู้ ความสามารถของตนเองเป็นการพัฒนากระบวนการคิดในระดับสูง(Cognitive process) ที่ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง

1.4.6 องค์ประกอบที่ 6 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ความเข้าใจโปรแกรม



ภาพที่ 4.31 พื้นฐานการออกแบบแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความเข้าใจโปรแกรม

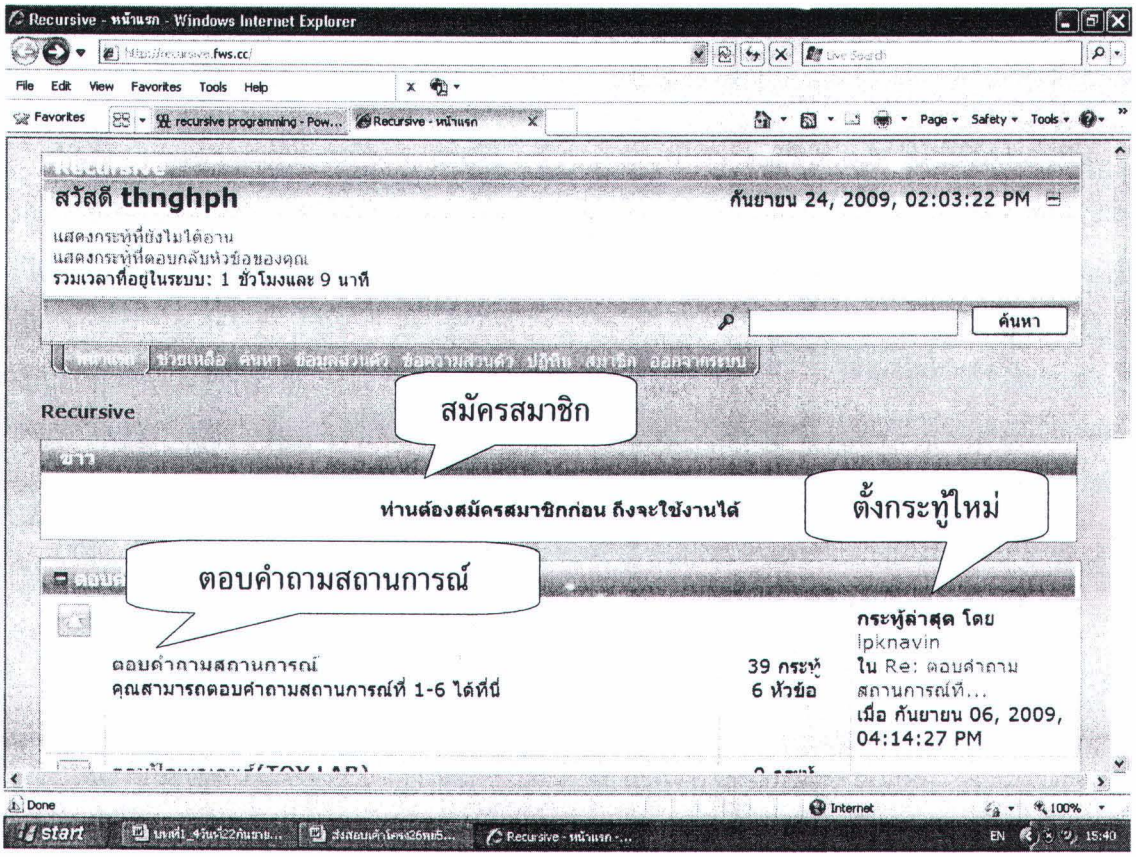
ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบองค์ประกอบ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ความเข้าใจโปรแกรมเพื่อส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนโดยนำพื้นฐานแนวคิดมาจาก Social constructivism ใช้หลักการของการร่วมมือกันเรียนรู้(Collaborative learning) เพื่อเน้นการร่วมมือกันแก้ปัญหา สนับสนุนให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์กับผู้อื่นเพื่อขยายมุมมองของความคิดทำให้เกิดความเข้าใจโปรแกรม นอกจากนี้ใช้หลักการของ OLEs model โดยจัดเตรียมเครื่องมือสื่อสาร (Communication tool) เพื่อสนับสนุนการสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้เชี่ยวชาญ ในการออกแบบด้านการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนนั้นกำหนดสถานการณ์ให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่ต้องมีการประสานงานกัน (Collaborative environment) ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนได้ด้วยตนเองทำให้เกิดสิ่งแวดล้อมที่ยืดหยุ่นแก่

ผู้เรียน มีการใช้การบริการทางอินเทอร์เน็ตในการติดต่อสื่อสาร แลกเปลี่ยนข้อมูล อ่านข่าวสารของกลุ่มสนทนา ประกอบด้วย 1) ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronics mail: E-mail) ใช้สำหรับให้ผู้เรียนติดต่อปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ 2) กระดานสนทนา(Web board) ใช้กำหนดประเด็นหรือกระทู้ตามที่ผู้เรียนกำหนด เพื่อช่วยกันอภิปรายตอบประเด็น หรือกระทู้ ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้จัดการเรียนการสอนให้เกิดการพัฒนาของสกีมาโดยการให้ผู้เรียนเรียนเป็นกลุ่มเล็ก ๆกลุ่มละ 3 คนให้สมาชิกกลุ่มแก้ปัญหาร่วมกัน อีกทั้งสามารถอธิบายถึงเหตุผลในการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการดังกล่าว โดยกำหนดกิจกรรมการเรียนเป็นกิจกรรมแก้ปัญหา(Problem based activity)เพื่อช่วยพัฒนาสกีมา ความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและการออกแบบการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและการออกแบบการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

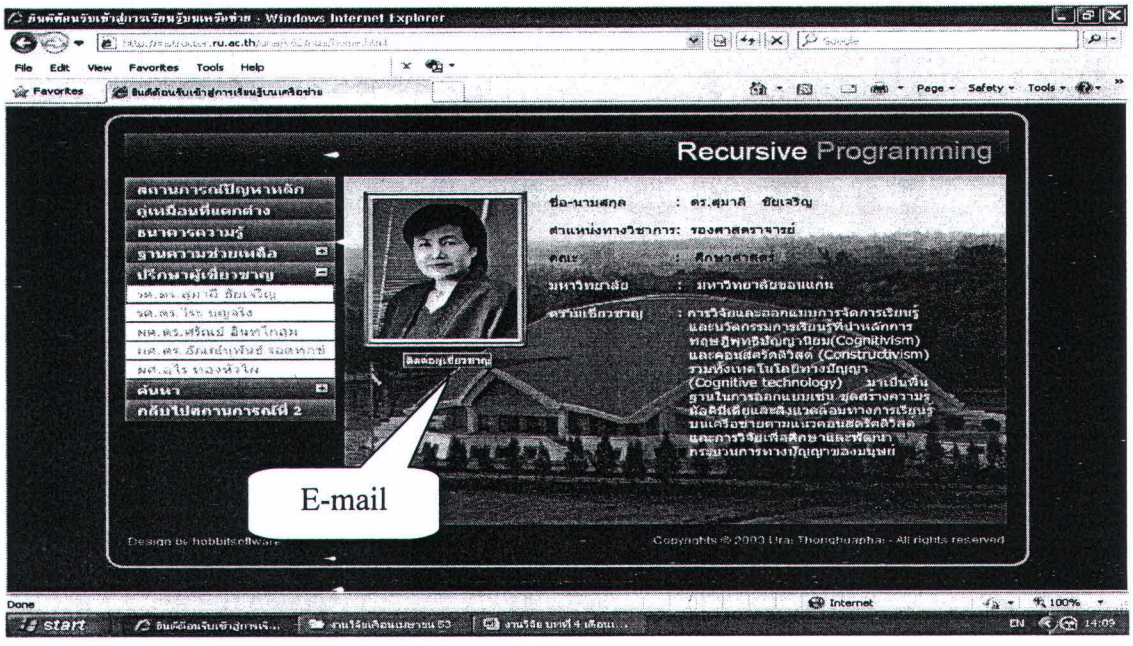
ทฤษฎี	หลักการ	การออกแบบการแลกเปลี่ยนเรียนรู้
OLEs	เครื่องมือสื่อสาร (Communication tool) เพื่อสื่อสารระหว่าง - ผู้เรียนกับผู้เรียน - ผู้เรียนกับผู้เชี่ยวชาญ	1. E-mail 2.กระดานสนทนา(Web board)ใช้กำหนดประเด็น หรือกระทู้ตามที่ผู้เรียนกำหนด เพื่อช่วยกันอภิปรายตอบประเด็นหรือกระทู้
	Collaborative learning กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกลุ่ม	การสนทนาภายในกลุ่ม กลุ่มละ 2-3 คน

การออกแบบกระดานสนทนา(Web board) ดังแสดงในภาพที่ 4.32



ภาพที่ 4.32 แสดงหน้าจอกระดานสนทนา

จากภาพที่ 4.32 แสดงกระดานสนทนา ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ผู้เรียนที่เป็นสมาชิกเท่านั้น สามารถตอบคำถามทั้ง 6 สถานการณ์ได้ อีกทั้งสามารถตั้งกระทู้เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกันในเรื่องความเข้าใจโปรแกรมเป็นการขยายแนวความคิดให้กว้างขึ้น การออกแบบกระดานสนทนานี้ไม่ได้จำกัดเฉพาะผู้เรียนที่ลงทะเบียนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรมเท่านั้น แต่บุคคลอื่นที่สนใจสามารถเลือกเข้าไปศึกษาได้เช่นเดียวกัน นอกจากนี้มีการกำหนดช่วงเวลาให้คำปรึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ผู้เรียนสามารถติดต่อกับผู้เชี่ยวชาญได้โดยตรง

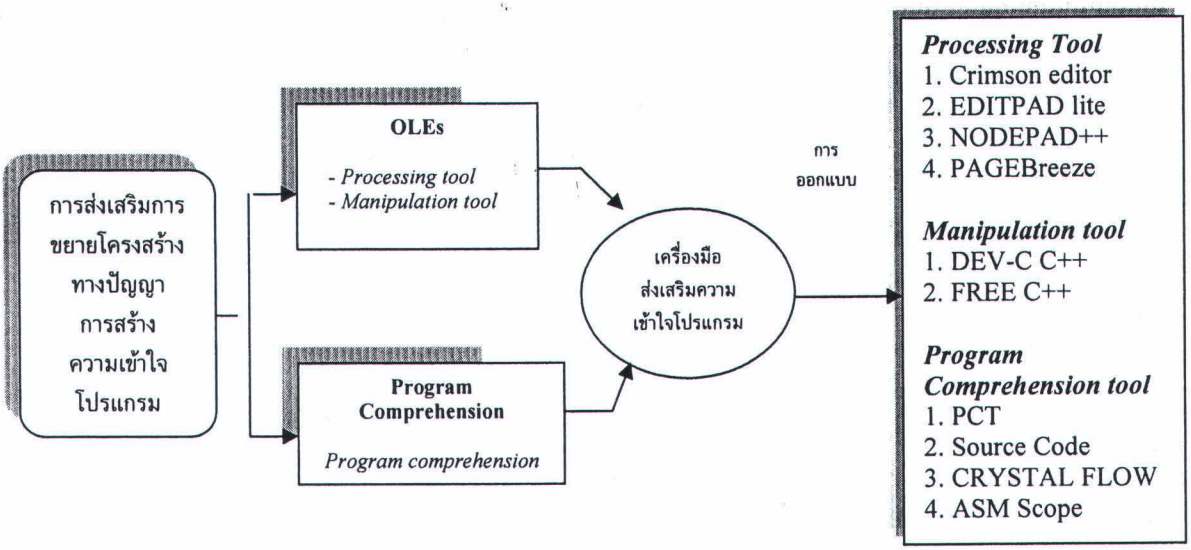


ภาพที่ 4.33 แสดงหน้าจอปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้ออกแบบองค์ประกอบปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ โดยนำไปรษณีย์อิเลคโทรนิกส์(E-mail) เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เชี่ยวชาญกับผู้เรียน ผู้เรียนสามารถสอบถามปัญหาต่าง ๆได้กับผู้เชี่ยวชาญได้โดยไม่จำกัดเรื่องเวลาและสถานที่ เมื่อผู้เชี่ยวชาญได้รับจดหมายอิเลคโทรนิกส์จะตอบกลับเป็นข้อเสนอแนะ พร้อมทั้งแนะนำแหล่งข้อมูลต่าง ๆที่เกี่ยวข้องให้แก่ผู้เรียน ได้ทำให้ผู้เรียนสามารถสอบถามปัญหาต่าง ๆได้อย่างสะดวก

การออกแบบองค์ประกอบ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความเข้าใจโปรแกรม ทำให้ผู้เรียนพัฒนาประสบการณ์และขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่แทนความรู้ในสมองระหว่างที่มีการโต้ตอบ แลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นกัน ทำให้เกิดมุมมองที่หลากหลาย ดังนั้นการออกแบบแลกเปลี่ยนเรียนรู้จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญในโมเดลฯที่ส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาให้แก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

1.4.8 องค์ประกอบที่ 7 เครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

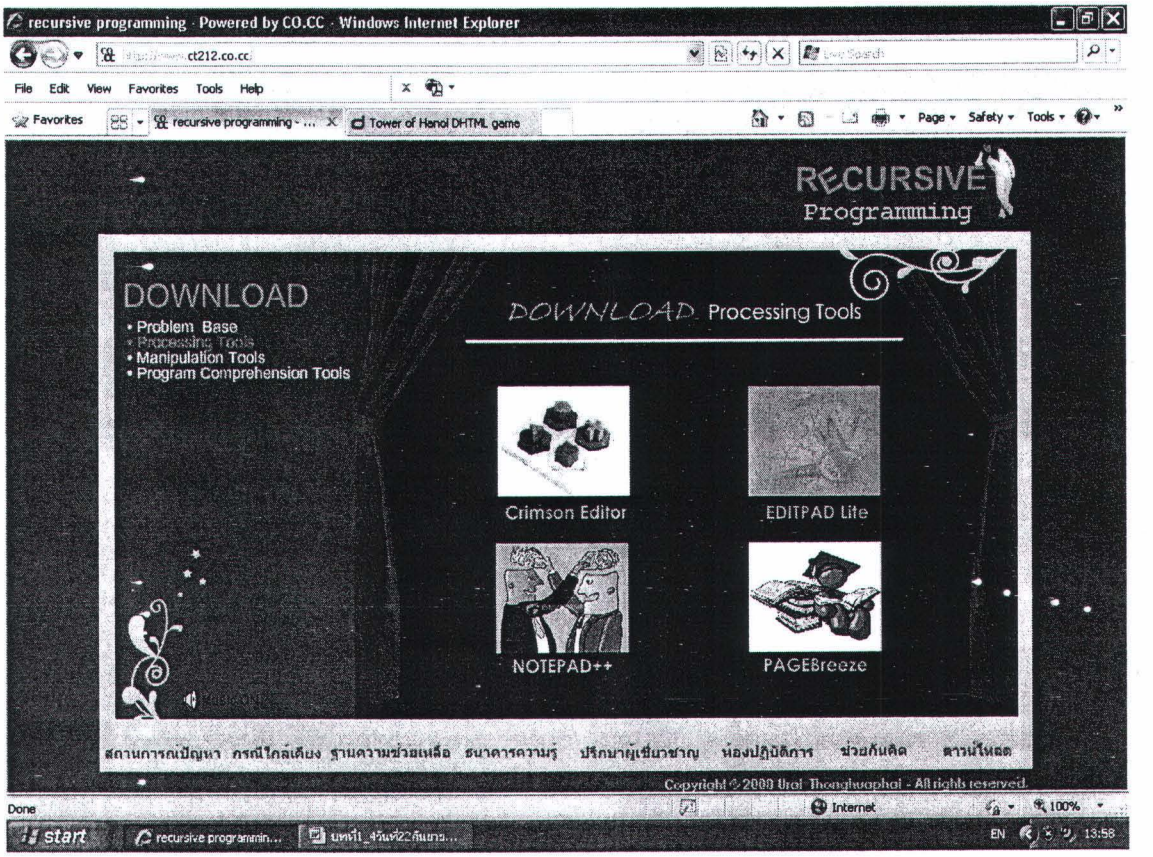


ภาพที่ 4.34 พื้นฐานการออกแบบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบ เครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม โดยนำโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ Open Learning Environments ซึ่งออกแบบและพัฒนาโดย Hannafin(1999) และทฤษฎีความเข้าใจโปรแกรม มาใช้ส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาการสร้างความเข้าใจโปรแกรม ผู้เรียนสามารถสืบเสาะแสวงหาความรู้ (Inquiry) และดาวน์โหลดโปรแกรมที่ต้องการได้ด้วยตนเอง โดยผู้วิจัยได้จัดเตรียมลิงค์เพื่อเชื่อมโยงไปยังเว็บไซต์ของเครื่องมือ(Tool)ต่างๆ ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดมาใช้เพื่อสนับสนุนการทำความเข้าใจโปรแกรม แบ่งเป็น 1) เครื่องมือกระบวนการ (Processing tool) ซึ่งสนับสนุนกระบวนการรู้คิดของผู้เรียน 2) เครื่องมือจัดกระทำ(Manipulation tool) เพื่อตรวจสอบความตรงหรือหรือความเชื่อหรือสำรวจ 3) เครื่องมือความเข้าใจโปรแกรม(Program comprehension tool) ความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้และการออกแบบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและการออกแบบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

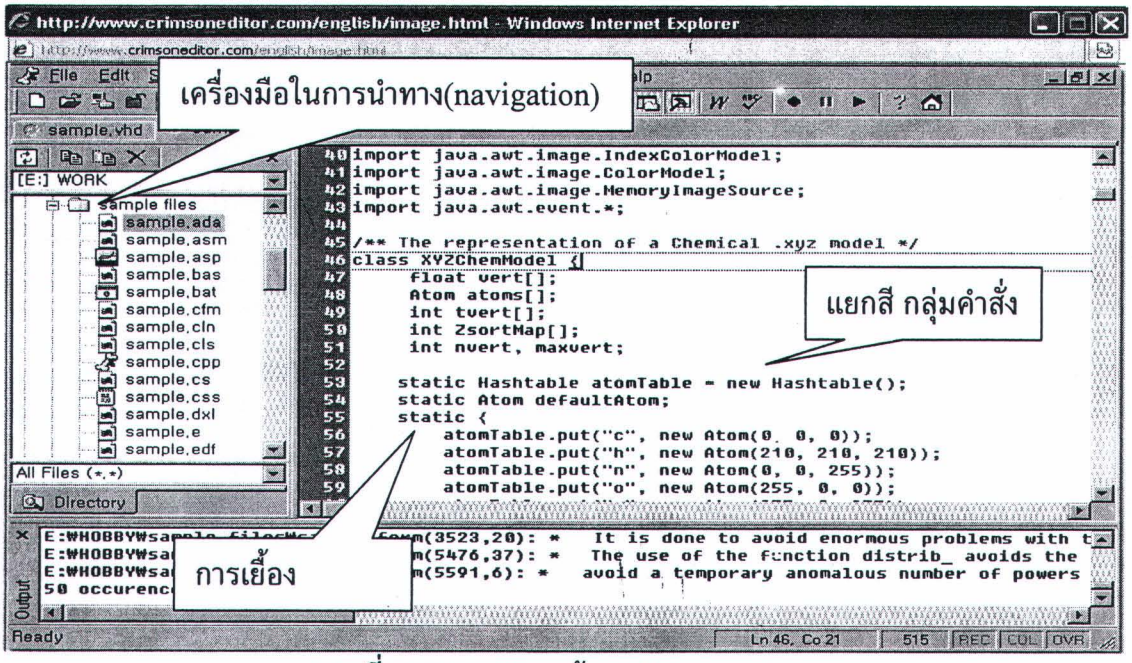
โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้	**หลักการ**	**การออกแบบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม**
OLEs	เครื่องมือกระบวนการ (Processing tool) สนับสนุนกระบวนการรู้คิดของผู้เรียน	จัดเตรียมลิงค์เชื่อมโยงเพื่อให้ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเครื่องมือกระบวนการประกอบด้วย 1. Crimson editor 2. EDITPAD lite 3. NODEPAD++ 4. PAGEBreeze
	เครื่องมือจัดกระทำ(Manipulation tool) 1.ตรวจสอบความตรงหรือสำรวจ ได้แก่ตัวแปลภาษาทำหน้าที่วิเคราะห์คำในไวยากรณ์, วิเคราะห์รูปแบบ 2.โปรแกรมตรวจสอบจุดบกพร่อง ผู้เรียนสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบความถูกต้องของการทำงานโปรแกรมได้	จัดเตรียมลิงค์เชื่อมโยงเพื่อให้ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเครื่องมือจัดกระทำประกอบด้วย 1. DEV-C C++ 2. FREE C++
Program Comprehension Model	เครื่องมือความเข้าใจโปรแกรม (Program comprehension tool)	จัดเตรียมลิงค์เชื่อมโยงเพื่อให้ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเครื่องมือความเข้าใจโปรแกรมประกอบด้วย 1. PCT 2. Source Code 3. CRYSTAL FLOW 4. ASM Scope



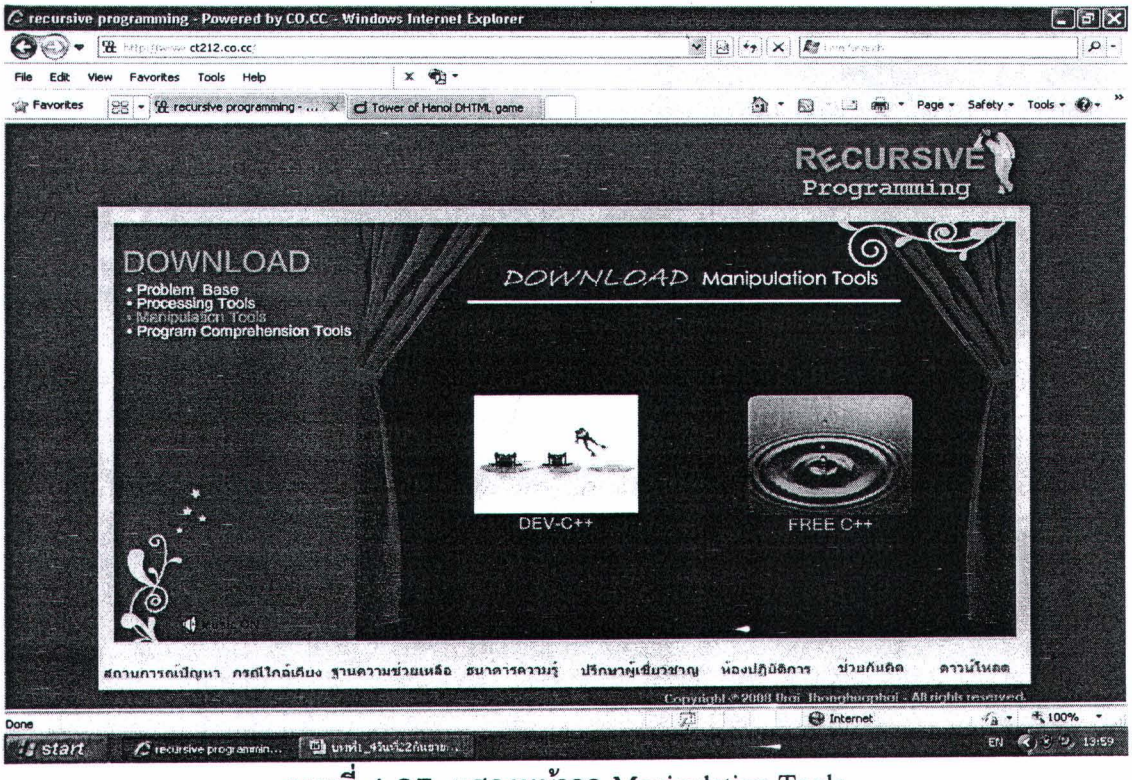
ภาพที่ 4.35 แสดงหน้าจอการออกแบบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

ภาพที่ 4.35 แสดงหน้าจอการออกแบบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเครื่องมือกระบวนการที่ผู้เรียนต้องการนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การออกแบบองค์ประกอบนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมโปรแกรมในกลุ่มของ Editor ได้แก่ 1) Crimson editor ใช้สำหรับเขียนคำสั่งโปรแกรมภาษา C/C++, Perl, Java, Matlab LaTeX โปรแกรมเหล่านี้สามารถเน้นคำชนิดต่าง ๆ ของไวยากรณ์ออกเป็นกลุ่มคำที่มีสีแตกต่างกัน ทำให้ผู้เรียนเข้าใจโปรแกรมได้ดีขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.36 2) EDITPAD lite เป็น text editor ที่มีขนาดเล็กกะทัดรัด สามารถทำงานได้ดีกว่า Text editor ทั่วไปสามารถทำงานบน Window NT4, 98, 2000, ME, XP และ Vista สามารถอ่านและบันทึกแฟ้มบนระบบ Unix และ Mac ได้ 3) NODEPAD++ เป็น Text editor ที่สนับสนุนหลายภาษา มีการเน้นไวยากรณ์เป็นตัวหนา ตัวเน้น การย่อหน้ากลุ่มของคำสั่ง สามารถเขียนบนระบบ Win32 API และ STL สามารถทำงานได้หลายหน้าต่าง สนับสนุนการค้นหาและแทนที่คำสั่ง สนับสนุนสภาพแวดล้อมที่มีหลายภาษา 4) PAGEBreeze เป็น HTML Editor ที่สามารถใช้งานบนเครือข่ายได้ ซึ่งเครื่องมือในกลุ่มนี้สามารถส่งเสริมกระบวนการรู้คิดให้แก่ผู้เรียนเป็นอย่างดี สามารถช่วยผู้เรียนวิเคราะห์เนื้อหา เช่น คำ ประโยคของคำสั่งโปรแกรม หมายเหตุของโปรแกรม และกลุ่มของคำสั่งโปรแกรม ซึ่งมีการแยกเป็นหลายสี ทำให้ผู้เรียนจดจำ

ระลึก และเข้าใจโปรแกรมได้ง่ายขึ้น มีเครื่องมือในการนำทาง เป็นกลไกในเดินทางให้แก่ผู้เรียน เพื่อช่วยในการจดจำและสามารถจับคู่เพื่ออ้างอิงกับโครงสร้างความคิดได้ง่าย

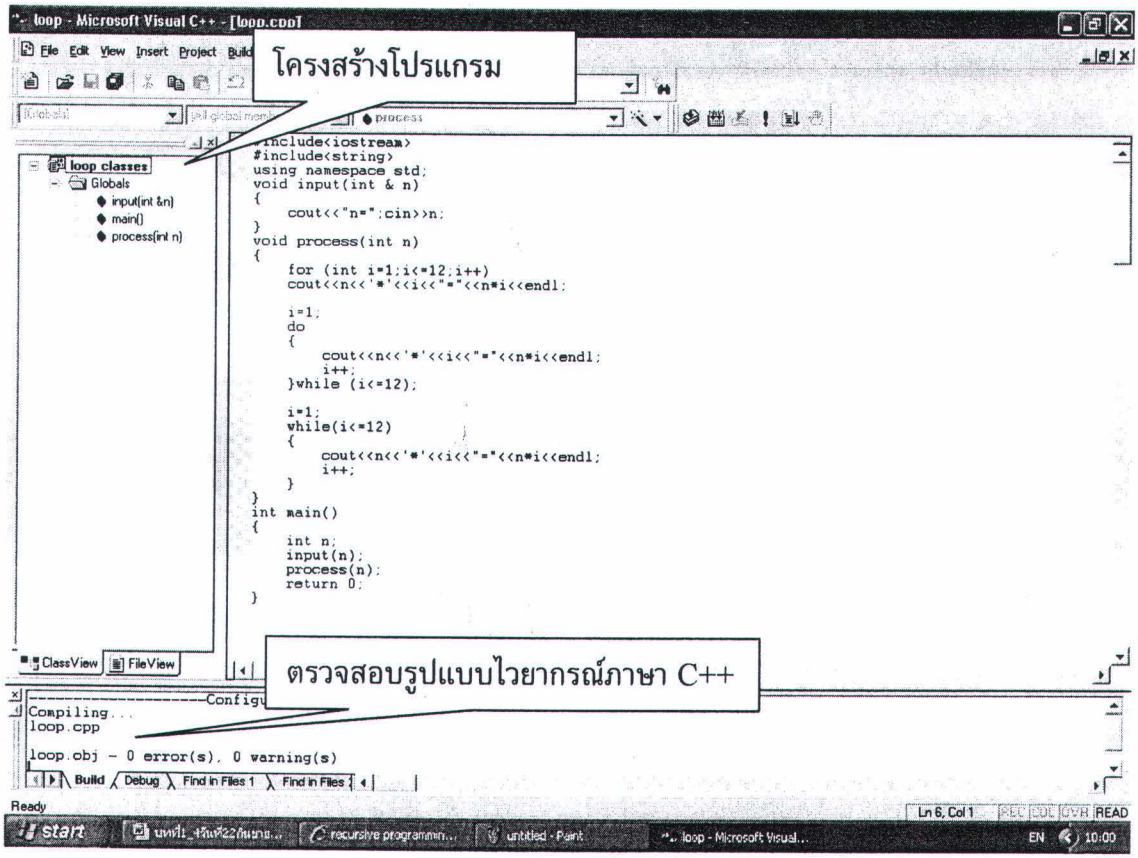


ภาพที่ 4.36 แสดงหน้าจอ Crimson editor

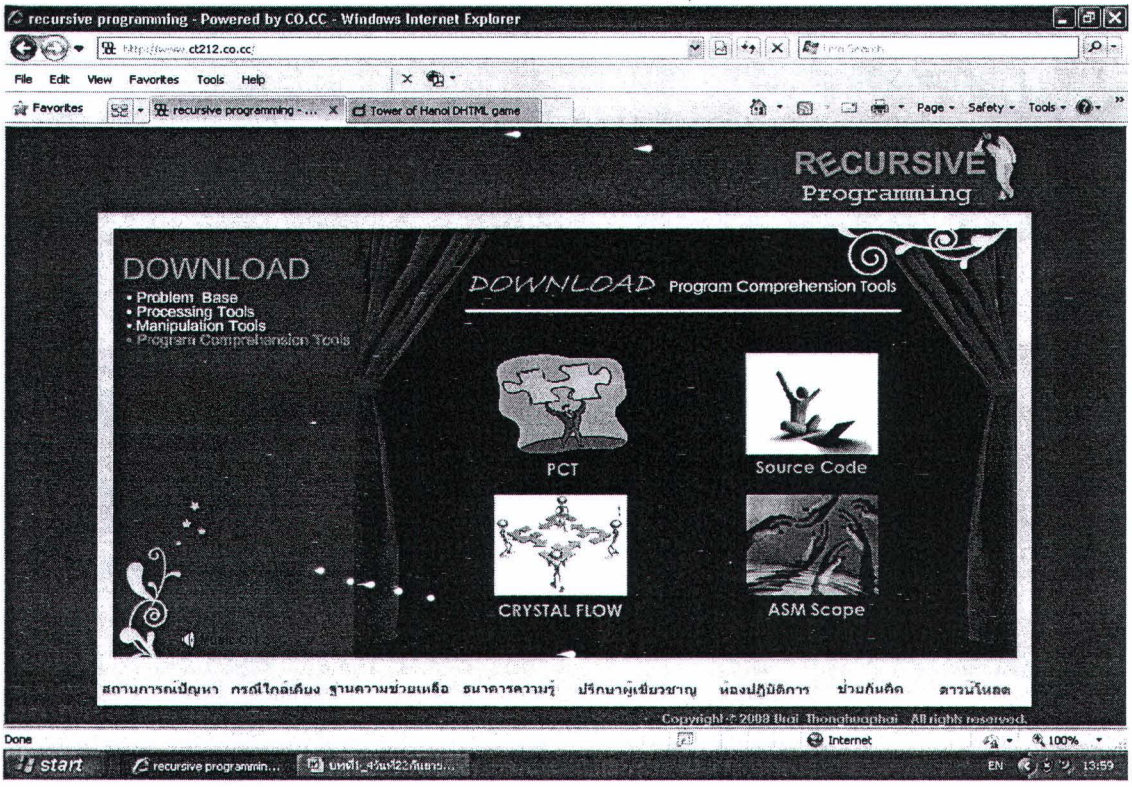


ภาพที่ 4.37 แสดงหน้าจอ Manipulation Tools

ภาพที่ 4.37 แสดงหน้าจอ Manipulation Tools ซึ่งเป็นเครื่องมือจัดกระทำที่ผู้เรียนสามารถนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ผู้วิจัยได้จัดเตรียมเครื่องมือที่เป็นตัวแปลภาษา(Compiler) ดังภาพแสดงที่ 4.38 สำหรับวิเคราะห์คำในไวยากรณ์ วิเคราะห์รูปแบบ การสร้างส่วนอ้างอิง เครื่องมือเหล่านี้เป็นโปรแกรมที่ผู้เรียนสามารถนำมาใช้ตรวจสอบและทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม ทำให้ผู้เรียนทราบถึงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น ตัวแปลภาษาจะมีส่วนวิเคราะห์ตำแหน่งและความผิดพลาดของรูปแบบไวยากรณ์ หรือความหมายของคำสั่งที่ผิดพลาด มีส่วนของการแสดงโครงสร้างโปรแกรมที่เป็นลำดับชั้น(Hierarchical) ที่สามารถจัดโครงสร้างความรู้ให้แก่ผู้เรียนเป็นเครื่องมือในการนำทาง(Navigation)ทำให้ผู้เรียนสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการคิดการทำความเข้าใจโปรแกรมได้โดยง่าย สามารถนำความรู้ที่มีอยู่มาใช้เชื่อมโยงสิ่งที่รู้และสิ่งใหม่ที่ได้รับเพื่อเกิดเป็นความเข้าใจโปรแกรมได้ในที่สุด



ภาพที่ 4.38 แสดงหน้าจอตัวแปลภาษา



ภาพที่ 4.39 แสดงหน้าจอเครื่องมือความเข้าใจโปรแกรม

ภาพที่ 4.39 แสดงเครื่องมือความเข้าใจโปรแกรม ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเพื่อส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ผู้วิจัยได้จัดเตรียมเครื่องมือได้แก่ 1) PCTs(Program Comprehension Tools) เป็นเครื่องมือวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่ช่วยสนับสนุนกระบวนการทำความเข้าใจโครงสร้างและฟังก์ชันของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระหว่างกิจกรรมการบำรุงรักษาโปรแกรม(Maintenance) 2) Source Code เป็นแหล่งรวบรวมลิงค์ที่เชื่อมโยงไปยังเครื่องมือที่ช่วยงานผู้บำรุงรักษาโปรแกรมโดยเฉพาะโปรแกรมภาษาซี 3) CRYSTAL FLOW เป็นเครื่องมือทำความเข้าใจโปรแกรมภาษา C/C++ ที่แสดงคำสั่งโปรแกรมฟังก์ชันทั้งหมด การเรียกใช้ฟังก์ชัน ให้อยู่ในรูปของผังโปรแกรม(Flowchart) 4) ASM Scope เป็นเครื่องมือสำหรับเสาะแสวงหา(Query)คำตอบเกี่ยวกับการไหล(Control flow)ของโปรแกรมที่เกี่ยวพันธ์กับโครงสร้างและตรรกะของโปรแกรมโดยแสดงอยู่ในรูปของกราฟ

1.5 การศึกษาบริบทการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ

ผู้วิจัยได้ศึกษาบริบทการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ โดยการสำรวจบริบทการออกแบบและพัฒนาและการสัมภาษณ์นักออกแบบหรือนักพัฒนา จำนวน 2 คน สามารถสรุปได้ดังนี้

1.5.1 ข้อมูลโครงงาน สามารถสรุปได้ดังนี้

1.5.1.1 ข้อมูลทั่วไป พบว่า ทีมงานในการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ ประกอบด้วย 2 คน จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เป็นโปรแกรมเมอร์ และจบการศึกษาปริญญาโท ทำหน้าที่เป็นนักวิเคราะห์ระบบ มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในการออกแบบและพัฒนาระบบน้อยกว่า 3 ปี มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวิเคราะห์และออกแบบระบบแต่ขาดประสบการณ์เกี่ยวกับระบบงานทางด้านการศึกษา โครงงานที่พัฒนาส่วนมากเป็นระบบงานทางด้านธุรกิจซึ่งพัฒนาสำเร็จประมาณ 5 โครงการต่อปี วิธีการที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯนี้คือ ต้นแบบ(Prototyping) ซึ่งขั้นตอนในการพัฒนาโมเดลฯประกอบด้วย การวิเคราะห์ การออกแบบ การสร้างและการนำไปใช้จะกระทำไปพร้อมกัน เพื่อให้ได้ระบบที่มีความสามารถต่ำสุดระดับหนึ่งให้เพียงพอที่ผู้ใช้งานจะเข้าใจตัวระบบและมีการปรับเปลี่ยนโมเดลตามความต้องการของผู้ออกแบบโดยจะกระทำซ้ำหลายรอบจนกระทั่งโมเดลฯเสร็จสมบูรณ์ เหตุผลในการใช้วิธีการนี้เนื่องจากความต้องการ (Requirement) ไม่ชัดเจนต้องผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและมีการปรับเปลี่ยนโมเดลฯต้นแบบหลายรอบจนกระทั่งโมเดลฯต้นแบบมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมให้แก่ผู้เรียนได้ การทดสอบโมเดลฯใช้เทคนิค Modified Top-down Testing คือมีการทดสอบโมเดลฯในระดับชั้นที่สูงที่สุดก่อนต่อจากนั้นจะทดสอบในแต่ละฟังก์ชันในระดับชั้นที่ต่ำลงมา นำมาทดสอบรวมในแต่ละระดับ จนกระทั่งทดสอบทั้งโมเดลฯ

จากผลการศึกษาดังกล่าว จะพบว่า คุณสมบัติของนักออกแบบหรือนักพัฒนาช่วยเอื้อให้การออกแบบและพัฒนาโมเดลฯประสบความสำเร็จ เพราะนักออกแบบหรือนักพัฒนามีความรู้ ความสามารถในการออกแบบและพัฒนาระบบ และสามารถเลือกใช้เครื่องมือและเทคนิคในการออกแบบและพัฒนาที่เหมาะสมกับประสบการณ์ในการทำงาน

1.5.1.2 การวิเคราะห์ความต้องการของโมเดลฯ(Requirement analysis) สามารถสรุปได้ดังนี้

(1) สภาพแวดล้อมทางกายภาพของระบบ(Physical Environment) พบว่า โมเดลฯที่พัฒนาขึ้นนำไปใช้ที่มหาวิทยาลัยรามคำแหง เป็นโมเดลฯสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจโปรแกรม โดยติดตั้งไว้ที่ Server ของมหาวิทยาลัยรามคำแหง ซึ่งผู้เรียนสามารถเข้าไปเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา เหมาะสมกับสภาพบริบทของมหาวิทยาลัย เพราะมหาวิทยาลัยแห่งนี้เป็นมหาวิทยาลัยเปิด นักศึกษาสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองตามศักยภาพของตนอย่างยืดหยุ่น

(2) การปฏิสัมพันธ์(Interfaces) พบว่า ผู้เรียนสามารถติดต่อกับผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้เรียนกับผู้เรียนได้ ผ่านเครือข่ายได้ทุกที่ทุกเวลาที่ต้องการโดยประมวลผลแบบออนไลน์(Online Processing)

(3) ผู้ใช้โมเดลฯ(Users) พบว่า ผู้ใช้โมเดลฯเป็นนักศึกษาภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ลงทะเบียนวิชา CT212 ประมาณ 100 คนต่อภาคการศึกษา มีความสามารถใช้ระบบคอมพิวเตอร์อยู่ในเกณฑ์ดี มีความรู้ในเรื่องการออกแบบโปรแกรมหรือผ่านวิชา CT211 การออกแบบโปรแกรม

(4) หน้าที่(Functionality) พบว่า โมเดลฯต้องสามารถแสดงเนื้อหารายวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม เรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง ผู้เรียนสามารถเข้าไปในองค์ประกอบต่าง ๆเพื่อเรียนรู้และแก้ไขภารกิจในแต่ละสถานการณ์ได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนรู้ในแต่ละองค์ประกอบที่จัดเตรียมไว้ได้อย่างอิสระและสามารถใช้เครื่องมือที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมได้ตามความต้องการ เช่นการสืบค้นข้อมูล การติดต่อสื่อสารกับผู้อื่น และตอบคำถามภารกิจได้อย่างสะดวกและรวดเร็วผ่านเครือข่าย

(5) ทรัพยากรที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ(Resources) พบว่า เครื่องมือทางด้านฮาร์ดแวร์ เป็น CPU Pentium4 2.0 GMz ขึ้นไป, Hard disk 50 GB, RAM 256 MB, Monitor 17", Printer, Mouse and Keyboard เครื่องมือทางด้านซอฟต์แวร์ ได้แก่ Internet Browser, Flash, PHP, Camtasia, Dream Weaver, Captivate, Microsoft Visio อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ไมโครโฟน เครื่องมือบันทึกเสียงสัมภาษณ์ กล้องดิจิตอล เครื่องสแกนเนอร์ ขนาดของหน่วยความจำที่ต้องการอย่างต่ำ 400 MB เวลาในการพัฒนา 2 ปี งบประมาณในการพัฒนา 100,000 บาท

(6) ความปลอดภัย(Security) พบว่า โมเดลฯต้องการควบคุมการใช้งานของผู้เรียนเฉพาะผู้เรียนที่ลงทะเบียนรายวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรมเท่านั้น

(7) คุณภาพของโมเดลฯที่ต้องการ (Quality Assurance) พบว่า โมเดลฯสามารถทำงานตามที่ผู้ใช้ต้องการได้ ง่ายต่อการเรียนรู้ และง่ายต่อการใช้งาน ผู้ออกแบบและผู้พัฒนาโมเดลฯ สามารถออกแบบ พัฒนา ทดสอบ และบำรุงรักษาโมเดลฯได้ง่าย

1.5.2 การวางแผนการพัฒนาโมเดลฯ

การวางแผนการพัฒนาโมเดลฯใช้เทคนิคเรียกว่า Work breakdown structure มีการแบ่งกิจกรรมในการพัฒนาออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาโมเดลฯ

ระยะที่ 2 การตรวจสอบความตรงของโมเดลฯ

ระยะที่ 3 การใช้โมเดลฯ

ต่อจากนั้น สรุป อภิปรายผล เขียนรายงานการวิจัย และเผยแพร่รายงานวิจัย การวางแผนการพัฒนาโมเดลฯในแต่ระยะแบ่งเป็นกิจกรรมต่าง ๆ สรุปดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงการวางแผนการพัฒนาโมเดลฯ

ระยะ(Phase)	**กิจกรรม(Activity)**
1.การพัฒนาโมเดลฯ	1.วิเคราะห์เอกสารจากหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2.ศึกษาบริบทการเรียนการสอนวิชา CT212 มหาวิทยาลัยรามคำแหง 3.ศึกษาบริบทการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ 4.กำหนดเนื้อหา งาน และกระบวนการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ 5.นำเสนอต้นแบบกับอาจารย์ที่ปรึกษา 6.ออกแบบและพัฒนาองค์ประกอบของโมเดลฯ 7.ประเมินโมเดลฯจากอาจารย์ที่ปรึกษา 8.ประเมินโมเดลฯสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านสื่อ และด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ 9.ปรับปรุงโมเดลฯต้นแบบ 10.ทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย 11.สำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ
2.การตรวจสอบความตรงของโมเดลฯ	1.การตรวจสอบความตรงภายใน 2.การตรวจสอบความตรงภายนอก
3.การใช้โมเดลฯ	1.ศึกษากระบวนการใช้โมเดลฯ 2.ศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมในการใช้โมเดลฯที่ประสบความสำเร็จ 3.ศึกษาผลสำเร็จของการใช้โมเดลฯ

ในแต่ละกิจกรรมแบ่งเป็นภารกิจที่ต้องกระทำทั้งหมดดังนี้

กิจกรรม(Activity)	ภารกิจ(Tasks)	กิจกรรมที่เกิดก่อน	จำนวนเดือน
1. วิเคราะห์เอกสารจากหลักการทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	1.1 บันทึกการตรวจสอบและการวิเคราะห์เอกสาร 1.2 บันทึกการสังเคราะห์กรอบแนวคิดในการออกแบบ	-	9
2. ศึกษาบริบทการเรียนการสอนวิชา CT212 มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2.1 สำรวจบริบทการเรียนการสอนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม 2.2 สัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับบริบทการเรียนการสอนวิชา CT212 2.3 สัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับความเข้าใจโปรแกรม	1	3
3. ศึกษาบริบทการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ	3.1 สำรวจบริบทการออกแบบและพัฒนา 3.2 สัมภาษณ์นักออกแบบหรือนักพัฒนาเกี่ยวกับบริบทการออกแบบและพัฒนา	1	2
4. กำหนดเนื้อหา งาน และกระบวนการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ	4.1 ออกแบบโครงสร้างของต้นแบบ เป็นแผ่นเรื่องราว(Story board) ที่แสดงเป็น Power point	1,2,3	1
5. แสดงต้นแบบกับอาจารย์ที่ปรึกษา	5.1 พัฒนาโครงสร้างของต้นแบบ เป็น Power point แสดงต่ออาจารย์ที่ปรึกษา	4	2
6. ออกแบบและพัฒนาองค์ประกอบของโมเดลฯ	6.1 องค์ประกอบที่ 1 สถานการณ์ปัญหา 6.2 องค์ประกอบที่ 2 แหล่งการเรียนรู้ 6.3 องค์ประกอบที่ 3 กรณีใกล้เคียง 6.4 องค์ประกอบที่ 4 ฐานความช่วยเหลือ 6.5 องค์ประกอบที่ 5 ห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม 6.6 องค์ประกอบที่ 6 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ 6.7 องค์ประกอบที่ 7 เครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม	5	7

ในแต่ละกิจกรรมแบ่งเป็นภารกิจที่ต้องกระทำทั้งหมดดังนี้(ต่อ)

กิจกรรม(Activity)	ภารกิจ(Tasks)	กิจกรรมที่เกิดก่อน	จำนวนเดือน
7. ประเมินโมเดลฯจาก อาจารย์ที่ปรึกษา	7.1 ประเมินโมเดลฯด้านการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ จากอาจารย์ที่ปรึกษา	6	14
8. ประเมินโมเดลฯสำหรับ ผู้เชี่ยวชาญ	8.1 ประเมินโมเดลฯสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ และ ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้	6	1
9. ปรับปรุงโมเดลฯต้นแบบ	9.1 ปรับปรุงโมเดลฯต้นแบบ	8	14
10.ทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย	10.1 ทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย 10.2 สำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ ด้านการใช้โมเดลฯ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ	9	2
11.การตรวจสอบความตรงภายใน	11.1 ประเมินโมเดลฯสำหรับผู้เชี่ยวชาญ 11.2 สัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับการใช้โมเดลฯ 11.3 สังเกตและบันทึกการใช้โมเดลของผู้เรียน 11.4 สำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ ด้านการใช้โมเดลฯ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ	10	2
12.การตรวจสอบความตรงภายนอก	12.1 สัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับความเข้าใจโปรแกรม 12.2 สำรวจบริบทการเรียนด้วยโมเดลฯสำหรับผู้เรียน 12.3 สำรวจบริบทการจัดการเรียนรู้ด้วยโมเดลฯสำหรับผู้สอน 12.4 ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง	10	1

ในแต่ละกิจกรรมแบ่งเป็นภารกิจที่ต้องกระทำทั้งหมดดังนี้(ต่อ)

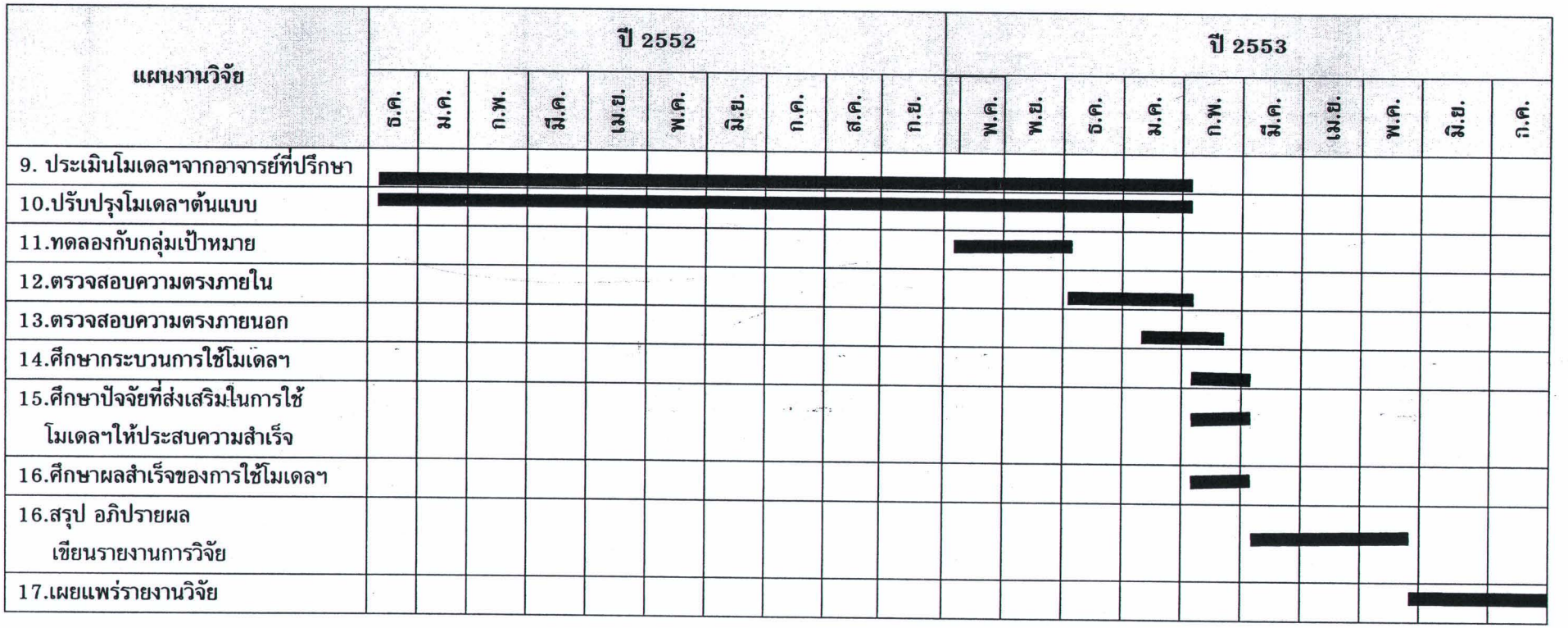
กิจกรรม(Activity)	ภารกิจ(Tasks)	กิจกรรมที่เกิดก่อน	จำนวนเดือน
13.การศึกษากระบวนการใช้โมเดลฯ	13.1 สัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับการใช้โมเดลฯ 13.2 บันทึกการใช้โมเดลของผู้เรียน	12	1
14. ศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมในการใช้โมเดลฯที่ประสบความสำเร็จ	14.1 สำรวจการใช้โมเดลฯสำหรับผู้เรียน 14.2 สำรวจการใช้โมเดลฯสำหรับผู้สอน	12	1
15. ศึกษาผลสำเร็จของการใช้โมเดลฯ	15.1 สัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับความเข้าใจโปรแกรม 15.2 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง 15.3 สำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ ด้านการใช้โมเดลฯ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ	13,14	
16. สรุป อภิปรายผล เขียนรายงานการวิจัย	16. สรุป อภิปรายผล เขียนรายงานการวิจัย	15	2
17. เผยแพร่รายงานวิจัย	17. เผยแพร่รายงานวิจัย	16	3

โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือ Microsoft Project Manager ในการบริหารจัดการเพื่อวัดความก้าวหน้า และควบคุมกิจกรรมต่าง ๆในการพัฒนาโมเดลฯให้สามารถเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด ตามแผนภาพ Gantt Chart ดังนี้

แผนการดำเนินงานการพัฒนาโมเดล

กิจกรรม(Activity)	ปี 2551										ปี 2552									
	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1. ศึกษาหลักการ ทฤษฎี บริบท และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																				
2. วิเคราะห์เอกสารจากหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																				
3. ศึกษาบริบทการเรียนการสอนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม																				
4. ศึกษาบริบทการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ																				
5. กำหนดเนื้อหา งาน และกระบวนการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ																				
6. พัฒนาโครงสร้างต้นแบบ																				
7. ออกแบบและพัฒนาองค์ประกอบของโมเดลฯ																				
8. ประเมินโมเดลฯสำหรับผู้เชี่ยวชาญ																				

แผนการดำเนินงานการพัฒนาโมเดลฯ (ต่อ)



รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 28 เดือน

1.5.3 ปัญหาและความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ

ปัญหาและความคิดเห็นในการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ รวบรวมจากผลการสำรวจและผลการสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาสำหรับผู้ออกแบบหรือนักพัฒนา สามารถสรุปได้ดังนี้

1.5.3.1 ความต้องการ(Requirement) พบว่า ความต้องการไม่คงที่ทำให้มีการปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมหลายครั้ง ทำให้เกิดความล่าช้าในการพัฒนา

1.5.3.2 ขนาดโมเดลฯ(Size) พบว่า โมเดลฯมีขนาดใหญ่ เนื่องจากโมเดลฯมีหลายองค์ประกอบ และแต่ละองค์ประกอบประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลมากมายที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโมเดลฯ

1.5.3.3 ขั้นตอนในการออกแบบและพัฒนา พบว่า ขั้นตอนในการออกแบบและพัฒนาแบ่งออกเป็นหลายระยะ ในแต่ระยะมีขั้นตอนหรือกิจกรรมในการพัฒนาหลายขั้นตอน ทำให้เกิดความสับสนและล่าช้า

1.5.3.4 การสร้างระบบมัลติมีเดีย พบว่า ผู้พัฒนาโมเดลฯไม่มีประสบการณ์เกี่ยวกับเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับสร้างระบบมัลติมีเดีย ทำให้ต้องเสียเวลาในการศึกษาเครื่องมือซอฟต์แวร์ต่าง ๆ

1.5.3.5 การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เกี่ยวข้องในการพัฒนาโมเดลฯ พบว่า เกิดปัญหาเกี่ยวกับภาษาที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ออกแบบและผู้พัฒนาโมเดลฯ เนื่องจากคำศัพท์ทางด้านการศึกษาและคำศัพท์ทางด้านวิทยาศาสตร์มีความหมายที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความเข้าใจที่ผิดความหมาย

1.5.3.6 การเดินทาง พบว่า การเดินทางเพื่อติดต่อประสานงานระหว่างผู้เกี่ยวข้องในการพัฒนาโมเดลฯไม่สะดวกเนื่องจากระยะทางไกลทำให้เสียเวลา

1.5.3.7 ระบบคอมพิวเตอร์ พบว่า ระบบคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีมากมายหลายระบบซึ่งบางระบบมีการใช้ซอฟต์แวร์ที่เป็น Freeware หรือเป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กมาก ทำให้มีปัญหาในการแสดงสารสนเทศบนหน้าจอ

1.5.3.8 การวางแผนงานการพัฒนาโมเดลฯ พบว่า การวางแผนการพัฒนาโมเดลฯไม่มีคุณภาพที่ดี ทำให้ไม่สามารถควบคุมหรือวัดความก้าวหน้าได้ตามแผนงานที่กำหนดไว้

จากผลการศึกษาดังกล่าว จะพบว่า ปัญหาในการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ เกิดจากการขาดประสบการณ์เกี่ยวกับงานทางด้านการศึกษา ทำให้การวางแผนงาน การออกแบบ การสร้าง การพัฒนา ล่าช้าไม่ตรงตามแผนงานที่กำหนดไว้

1.6 การประเมินโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินโมเดลฯโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำโมเดลฯต้นแบบที่ได้ผ่านการออกแบบและพัฒนา เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา ด้านสื่อ และด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา ด้านสื่อ และด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1.6.1 การประเมินผลด้านการออกแบบและพัฒนาโดยอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้วิจัยได้นำโมเดลฯที่ได้ออกแบบและพัฒนาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตลอดระยะเวลาประมาณ 2 ปีอย่างต่อเนื่องเพื่อแก้ไข ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงในส่วนขององค์ประกอบต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.9 แสดงการประเมินโมเดลฯโดยอาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่	องค์ประกอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบ	ผู้วิจัยดำเนินการแก้ไข
29/01/52	แหล่งการเรียนรู้เป็น Concept ที่เป็นไปตามหลักการโมเดล Open Learning Environments	ให้รวบรวมเนื้อหาโดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นข้อ ๆ และจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาตามลำดับดังนี้ 1. ความหมาย รูปแบบการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง 2. วิธีวัด ให้นักศึกษาสามารถอธิบายหรือทำข้อสอบที่อธิบายได้ 3. ความเข้าใจที่สามารถนำไปใช้ในบริบทจริงได้ 4. เปรียบเทียบความแตกต่างของการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเองกับวิธีการอื่น ๆ	โดยแบ่งเนื้อหาเป็น Concept ที่เป็นไปตามหลักการโมเดล Open Learning Environments ประกอบด้วยแหล่งการเรียนรู้คงที่ได้แก่ ความหมายของการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง คุณลักษณะของการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง การเปรียบเทียบการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเองกับการเขียนโปรแกรมแบบอื่น และ การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน
	สถานการณ์ปัญหา	1. แนะนำให้เชื่อมโยงความเข้าใจแนวคิด(Concept) เพื่อให้นักศึกษาทราบตามวัตถุประสงค์ ความเข้าใจโปรแกรมเป็นคุณลักษณะที่เติมเต็มเข้าไป การออกแบบโมเดลฯต้องเน้นวิธีการเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ 2. แนะนำให้นำ Concept เข้าไปในสถานการณ์โดยมีสิ่งที่ต้องการให้นักศึกษาทราบ(Keyword)ในภารกิจเน้นความเข้าใจโปรแกรม สถานการณ์ต้องพบในชีวิต ประจำวันสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานได้ทันที เน้น Authentic หรืออาจเป็นการมอบหมายภารกิจให้แก่ผู้เรียนก็ได้โดยนำประสบการณ์เดิมมาสร้างความรู้ใหม่	วิเคราะห์ทฤษฎี หลักการ งานวิจัย เพื่อออกแบบและพัฒนาสถานการณ์ปัญหาโดยมีแนวคิดดังนี้ สัมภาษณ์ความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน แก้ไขโปรแกรมที่ผิดให้นักศึกษาวิเคราะห์ว่าทำไมถึงเกิดข้อผิดพลาด เกิดขึ้นได้อย่างไร จงอธิบายให้เหตุผลประกอบโปรแกรมที่ถูกต้องเป็นอย่างไร เขียนโปรแกรมเรียกตัวเองจากตัวอย่างที่เขียนวนรอบเปรียบเทียบกับความรู้เดิม และออกแบบและเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดกลาง

ตารางที่ 4.9 แสดงการประเมินโมเดลฯโดยอาจารย์ที่ปรึกษา(ต่อ)

วันที่	องค์ประกอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบ	ผู้วิจัยดำเนินการแก้ไข
16/02/52	แหล่งการเรียนรู้	ให้ออกแบบเนื้อหาโดยพิจารณาถึง concept หลัก ๆดังนี้ Concept 1: ประกอบด้วย 1. ความหมาย 2. รูปแบบของการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเองและการเขียนโปรแกรมแบบไม่เรียกตัวเอง 3. ลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบเรียกตัวเองและแบบไม่เรียกตัวเอง 4. ความแตกต่างของลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบเรียกตัวเองและไม่เรียกตัวเอง Concept 2: วิธีการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง ประกอบด้วย 1. รู้ความหมาย รูปแบบของฟังก์ชัน 2. หลักการทั่วไป เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเองไปประยุกต์ใช้ในงาน 3. ปัญหาที่เกิดขึ้น แก้ไข อย่างไร 4. การประยุกต์ วิธีการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเองไปใช้ในงาน เป็น Concept ที่เป็นไปตามหลักการโมเดล Open Learning Environments	ศึกษาเนื้อหาเรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเองและแก้ไขลำดับของเนื้อหาตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบเป็น Concept ที่เป็นไปตามหลักการโมเดล Open Learning Environments ดังนี้ ความหมาย ลักษณะ ประเภท องค์ประกอบ หลักการเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมแบบเรียกตัวเอง แนวทางที่จะทำให้เข้าใจได้ง่าย ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเป็นลำดับ การปฏิบัติการเขียนโปรแกรม ปัญหาที่เกิดขึ้น ประโยชน์ และการประยุกต์ใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงการประเมินโมเดลฯโดยอาจารย์ที่ปรึกษา(ต่อ)

วันที่	องค์ประกอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบ	ผู้วิจัยดำเนินการแก้ไข
16/07/52	แหล่งการเรียนรู้	แก้ไขแหล่งการเรียนรู้ตามหลักการโมเดล Open Learning Environments ดังนี้ 1. Static Resource เป็นแหล่งการเรียนรู้ที่ไม่เปลี่ยนแปลง คงที่ ควรแบ่งโครงสร้างของเนื้อหา ใส่ best practice ของบุคคลที่เขียนโปรแกรมได้ดี สามารถถอดจากผู้เชี่ยวชาญจากคำสัมภาษณ์ นำมาออกแบบ 2. Dynamic Resource เป็นแหล่งการเรียนรู้ที่เปลี่ยนแปลงไม่คงที่ สามารถวิเคราะห์ได้จากการ post ของนักศึกษา ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ จะใช้ Concept เป็นตัวตั้งในการสร้างความรู้ของผู้เรียนเนื่องจากเน้นให้ผู้เรียนมี self Regulation หากผู้เรียนมีการควบคุมตนเองได้มากจะสามารถสร้างความรู้ได้มากขึ้น	จาก Concept ตามหลักการโมเดล Open Learning Environments ผู้วิจัยได้เพิ่มส่วนของ Static Resource โดยใส่ Best Practice ของผู้เชี่ยวชาญที่ไปถอดมาจากคำสัมภาษณ์ และออกแบบ Dynamic Resource โดยเพิ่มลิงค์ที่เกี่ยวข้อง และ Search Engine เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง
	สถานการณ์ปัญหา	แนะนำว่าการออกแบบสถานการณ์ปัญหาดังนี้ 1. ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีจาก Error ที่เป็น Authentic เช่นนักศึกษาเขียนคำสั่งผิด ให้ออกแบบสถานการณ์ปัญหาให้นักศึกษาวิเคราะห์ว่าคำสั่งใดถูกหรือคำสั่งใดผิด 2. กำหนดภารกิจให้นักศึกษาวิเคราะห์คำสั่งว่าถูกหรือผิดเพราะอะไร เพื่อให้ผู้เรียนอธิบายด้วยหลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	ผู้วิจัยทำการออกแบบและพัฒนาสถานการณ์ปัญหาตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา โดยแทรกทฤษฎีความเข้าใจโปรแกรมเข้าไปในภารกิจ โดยกำหนดถึง concept ให้ชัดเจนนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาต่อไป

ตารางที่ 4.9 แสดงการประเมินโมเดลฯโดยอาจารย์ที่ปรึกษา(ต่อ)

วันที่	องค์ประกอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบ	ผู้วิจัยดำเนินการแก้ไข
		3. ควรกำหนด concept แต่ละสถานการณ์ให้ชัดเจน เช่นไวยากรณ์ภาษา รูปแบบของฟังก์ชันนำ Concept ซึ่งอยู่ในชีวิตประจำวันเข้าไปในสถานการณ์ปัญหา โดยไม่บอกความหมาย แต่นำไปเชื่อมโยงใน สถานการณ์ปัญหาที่ผิดพลาด เพื่อให้ผู้เรียน learning how to learn เพื่อให้ผู้เรียนค้นพบ คำตอบได้ด้วยตนเอง 4. ภารกิจต้องแทรกทฤษฎีความเข้าใจโปรแกรมเช่น chunking เข้าไปในภารกิจด้วย	
	กรณีใกล้เคียง	ให้เปลี่ยนชื่อของกรณีใกล้เคียง ให้สื่อความหมาย ควรตั้งชื่อใหม่ ให้เจาะจงลงไป เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้	ผู้วิจัยเปลี่ยนชื่อของกรณีใกล้เคียงให้สื่อความหมาย เป็นคู่เหมือนที่แตกต่าง
	ห้องปฏิบัติการ	ควรออกแบบให้ผู้เรียนสามารถเลือกคำตอบได้ แต่ไม่มีการเฉลยคำตอบเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ แต่ Hint ให้คำแนะนำ	

ตารางที่ 4.9 แสดงการประเมินโมเดลฯโดยอาจารย์ที่ปรึกษา(ต่อ)

วันที่	องค์ประกอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบ	ผู้วิจัยดำเนินการแก้ไข
27/07/52	สถานการณ์ปัญหา	1. ควรเป็น Authentic โดยอธิบาย และยกตัวอย่างเช่น ร้าน 7-11 ให้ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหา เกิดจากสาเหตุอะไร เช่นเรียงลำดับผิด รหัสสินค้าสลับ จะแก้ไขปัญหาโดยวิธีใด ให้อธิบายหรือเสนอแนะแนวทาง 2. ปรับเปลี่ยนถ้อยคำในภารกิจการเรียนรู้ โดยอาศัยเหตุผล หลักการ แสดงวิธีการคิดตามลำดับขั้นตอน พร้อมแสดงวิธีการคิด กำหนดค่าเริ่มต้นของฟังก์ชันที่ผิดพลาด	ผู้วิจัยทำการออกแบบและพัฒนาสถานการณ์ปัญหาใหม่โดยออกแบบเป็น Authentic และปรับเปลี่ยนถ้อยคำในภารกิจการเรียนรู้โดยอาศัยเหตุผล หลักการ แสดงวิธีการคิดตาม ลำดับขั้นตอน ตามกลไกการทำความเข้าใจโปรแกรม
30/07/52	สถานการณ์ปัญหา	1. ปรับเปลี่ยนถ้อยคำในภารกิจการเรียนรู้ และแนะนำให้แทรกความเข้าใจโปรแกรมไปในภารกิจการเรียนรู้ 2. ปรับสถานการณ์ปัญหาที่ 3 โดยกำหนดลำดับของถ้อยคำใหม่ 3. ปรับสถานการณ์ปัญหาที่ 5 และ สถานการณ์ที่ 6 ในส่วนของภารกิจ	ผู้วิจัยทำการปรับถ้อยคำดังนี้ 1. แทรกข้อความ “โดยพิจารณาปัญหาของร้านสะดวกซื้อ พยายามคิดหาความรู้เดิม” เข้าไปในภารกิจการเรียนรู้ 2. ปรับสถานการณ์ปัญหาที่ 3 กำหนดลำดับของถ้อยคำใหม่ เปลี่ยนตำแหน่งของฟังก์ชัน 3. ปรับสถานการณ์ที่ 5 และ สถานการณ์ที่ 6ในส่วนของภารกิจ
04/08/52	สถานการณ์ปัญหา	ให้นำความเข้าใจโปรแกรมแทรกเข้าไปในภารกิจ โดยแก้ไขสถานการณ์ที่ 2	ผู้วิจัยได้มีการปรับเปลี่ยนข้อความในสถานการณ์ที่ 2 โดยนำความเข้าใจโปรแกรมในส่วนของหลักการการคิดดอกเบี้ยทบต้นเชื่อมโยงหลักการกับคำสั่งในฟังก์ชันดอกเบี้ยทบต้น

ตารางที่ 4.9 แสดงการประเมินโมเดลฯโดยอาจารย์ที่ปรึกษา(ต่อ)

วันที่	องค์ประกอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบ	ผู้วิจัยดำเนินการแก้ไข
08/08/52	สถานการณ์ปัญหา	1. เปลี่ยนคำภารกิจจาก“เข้าคู่กัน”เป็น“สอดคล้องกับ” 2. อาจารย์ที่ปรึกษาให้นำโมเดลฯให้ผู้เชี่ยวชาญท่านอื่นประเมิน	ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบ และนำโมเดลฯต้นแบบ และแบบประเมินส่งให้ผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆประเมินความคิดเห็น
24/11/52	แหล่งการเรียนรู้	ควรมีห้องปรึกษากูรู ซึ่งเป็นการถอดฐานคิดของผู้เชี่ยวชาญเพื่อทราบถึงกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาเรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง ซึ่งไม่สอนตามเนื้อหาเป็น How to learn ซึ่งใช้วิธีคิดในการแก้ปัญหา	ผู้วิจัยได้สร้างองค์ประกอบ “เคล็ดไม่ลับ” โดยออกแบบเป็นระบบ Multimedia ที่รวบรวมกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาของผู้เชี่ยวชาญในการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง
	โครงสร้างโมเดลฯ	แนะนำให้ออกแบบการเชื่อมโยง Web ใหม่ โดยให้มีหน้าที่อธิบายการใช้งาน และเมื่อเข้า Web ควรเข้าถึงสถานการณ์ปัญหาได้ทันที สถานการณ์ปัญหาควรเด่นกว่าเรื่องอื่น ๆ และเมื่อเข้าไปในแต่ละสถานการณ์ควรมีการเชื่อมโยงไปยังแหล่งการเรียนรู้หรือองค์ประกอบอื่น ๆที่เกี่ยวข้องได้ง่าย	ผู้วิจัยได้ทำการปรับเปลี่ยนโมเดลฯ โดยออกแบบและพัฒนาโครงสร้างใหม่ ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา
	ห้องปฏิบัติการ	แนะนำให้ออกแบบห้องปฏิบัติการใหม่ โดยเป็นห้องที่ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจโปรแกรมทีละขั้นตอนจากขั้นตอนแรกจนกระทั่งสามารถเข้าใจโปรแกรมได้ทั้งหมด	ผู้วิจัยทำการออกแบบ และเปลี่ยนแปลงห้องปฏิบัติการให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจโปรแกรมทีละขั้นตอนจนกระทั่งเข้าใจโปรแกรมได้ทั้งหมด จากกลไกความเข้าใจ
	ฐานความช่วยเหลือ	แนะนำในส่วนของฐานช่วยเหลือกลยุทธ์ควรมีคำถามที่ผู้เรียนถามบ่อย ๆอยู่ในส่วนนี้	ผู้วิจัยได้ศึกษากลยุทธ์ในการทำความเข้าใจ และนำมาบรรจุไว้ในส่วนของฐานช่วยเหลือกลยุทธ์

1.6.2 การประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 3 ท่านได้แก่ 1) รศ.ดร.เอื้อน ปิ่นเงิน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 2) รศ.ดร.ธงชัย สมบูรณ์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 3) รศ.ดร.มนตรี พิริยะกุล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง สามารถสรุปได้ดังนี้

1.6.2.1 ผลการประเมินแบบประเมินโมเดลฯสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นว่าเป็นแบบประเมินที่ดี ใช้ภาษาที่อ่านแล้วเข้าใจง่าย ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆของเนื้อหา อาจมีการปรับบ้างในข้อ 6 และข้อ 8 โดยข้อ 6 ปรับเป็น “เนื้อหากะทัดรัด การนำเสนอเป็นลำดับขั้น และง่ายต่อการทำความเข้าใจ” สำหรับข้อ 8 ปรับเป็น “รูปแบบการนำเสนอเนื้อหา มีความน่าสนใจ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่าย และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี”

1.6.2.2 ผลการประเมินแบบประเมินโมเดลฯสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ด้านสื่อ ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นว่า มีความสอดคล้องกับกรอบแนวคิด ดีและเข้าใจง่าย

1.6.2.3 ผลการประเมินแบบประเมินโมเดลฯสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่าย ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นว่า ดี มีความสอดคล้อง แต่ข้อที่ 13 อ่านแล้วไม่เข้าใจ ช่วยปรับภาษาให้เข้าใจได้ง่าย

1.6.2.4 ผลการประเมินแบบสำรวจบริบทการเรียนการสอน วิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นว่า ใช้ได้ มีความสอดคล้อง ครอบคลุม

1.6.2.5 ผลการประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับบริบทการเรียนการสอน วิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นว่า มีความสอดคล้อง คำถามที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นคำถามปลายเปิด ไม่แน่ใจว่าจะนำคำตอบมาประมวลผลในรูปแบบใด แต่คำถามครอบคลุมดี ใช้ได้

1.6.2.6 ผลการประเมินแบบสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นว่า มีความสอดคล้องใช้ได้

1.6.2.7 ผลการประเมินแบบสัมภาษณ์นักออกแบบหรือนักพัฒนาเกี่ยวกับบริบทในการออกแบบและพัฒนา ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นว่า มีความสอดคล้องดี

1.6.2.8 ผลการประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับความเข้าใจโปรแกรม ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นว่า มีความสอดคล้อง แต่ให้ข้อเสนอแนะว่า ควรปรับรูปแบบการใช้ภาษาที่เป็นแบบคำถาม หรือ ใช้ Rating scale 0-5 เป็นต้น แต่โดยทั่วไปสอดคล้อง

1.6.2.9 ผลการประเมินแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา CT212 ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นว่า มีความสอดคล้องดี แต่ควรเพิ่มฟังก์ชันพวกยกกำลัง (Power), ฟังก์ชัน Fibonacci และโครงสร้างต้นไม้(Tree)

ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา และทำการแก้ไข ปรับปรุง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตามคำแนะนำ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

1.6.3 การประเมินโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นการประเมินคุณภาพของโมเดลต้นแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมโดยผ่านผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ และด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ จำนวน 4 ท่านได้แก่ 1) ผศ.ดร.ศรัณย์ อินทโกสุม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2) ผศ.ดร.อภิรักษ์ จิรายุสกุล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 3) ผศ.ดร.อัณณ์นุพันธ์ รอดทุกข์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 4) ดร.ภาวลัย ไกรพีรพรรณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.6.3.1 ด้านเนื้อหา ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา สามารถสรุปผลดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) เนื้อหามีความถูกต้องสอดคล้องกับรายวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรมเรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง

(2) เนื้อหามีความน่าสนใจ ทันสมัย ทันต่อเหตุการณ์ปัจจุบัน

(3) เนื้อหาครอบคลุมสอดคล้องเรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง แต่ควรปรับปรุงการจัดลำดับเนื้อหาให้มีความต่อเนื่อง

(4) รูปแบบการนำเสนอเนื้อหามีความน่าสนใจ เนื้อหาและภาพประกอบมีความ สอดคล้อง ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี ช่วยให้ผู้เรียนจดจำได้ง่าย

1.6.3.2 ด้านสื่อ ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อ สามารถสรุปผลดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) การออกแบบเครื่องนำทาง(Navigator) เหมาะสม

(2) สัญลักษณ์ที่เป็นไอคอน(Icon) สามารถสื่อความหมายเกี่ยวกับแหล่งสารสนเทศต่าง ๆได้อย่างเหมาะสม

(3) การเชื่อมโยง(Link) เป็นลำดับขั้นช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสารสนเทศต่าง ๆได้อย่างเหมาะสม

(4) ประสิทธิภาพของรูปแบบการสนทนา(Post) ผ่านเครือข่าย(Web) มีความเหมาะสม แต่มีปัญหาในการติดต่อที่เสียเวลานาน

(5) การออกแบบองค์ประกอบทางศิลปะ(Architecture) บนเครือข่าย(Web) มีความเหมาะสม สะดุดตา น่าสนใจ

(6) ขนาดของตัวอักษรและการใช้สีมีความเหมาะสม ทำให้ผู้เรียนอ่านเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย มีความชัดเจน ดึงดูดและน่าสนใจ

(7) ภาพประกอบและภาพเคลื่อนไหวมีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหา มีความชัดเจนช่วยสนับสนุนผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้

(8) เสียง คำอธิบาย ชัดเจน ฟังเข้าใจง่าย มีความเหมาะสมดี

1.6.3.3 ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ สามารถสรุปผลดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้และควบคุมการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้และเลือกศึกษาค้นคว้าได้ตามความสนใจ ทุกเวลา ทุกสถานที่ ตามที่ผู้เรียนต้องการ

(2) การออกแบบสถานการณ์ปัญหา สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ ไตร่ตรองประเด็นปัญหาที่ต้องการค้นหาคำตอบ ผู้เรียนสามารถเสาะแสวงหาความรู้ค้นพบคำตอบได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ และศึกษาจากสิ่งแวดล้อมที่เตรียมไว้ให้ทำให้สามารถเข้าใจกระบวนการทำงานของโปรแกรมได้ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมให้แก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

(3) การออกแบบกรณีใกล้เคียง(Related case) สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องมาเทียบเคียง คิดวิเคราะห์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี

(4) การออกแบบฐานความช่วยเหลือ(Scaffolding) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความพยายามในการเรียนรู้ แนะนำให้ผู้เรียนเข้าสู่แหล่งข้อมูลให้เกิดความคิดรวบยอด แนะนำวิธีการคิดในการแก้ปัญหา แนะนำแนวทางวิธีการใช้แหล่งการเรียนรู้และเครื่องมือ แนะนำวิธีการที่เป็นทางเลือกที่ใช้ในการแก้ปัญหา ผู้เรียนสามารถนำสิ่งที่แนะนำคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหาได้

(5) การออกแบบธนาคารความรู้(Data bank) มีการออกแบบที่สนับสนุนข้อมูลให้ผู้เรียนสามารถค้นหาสารสนเทศเพื่อนำมาใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่กำหนดได้อย่างหลากหลาย เช่นความรู้รูปแบบ ไวยากรณ์ภาษา ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง การอธิบายกระบวนการทำงาน การอธิบายกระบวนการทดสอบความถูกต้อง ช่วยส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมให้แก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

(6) การออกแบบห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม สามารถพัฒนากระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม

(7) การออกแบบแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและตัดสินใจแก้ปัญหาร่วมกันได้อย่างเหมาะสม

(8) การออกแบบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะแสวงหาความรู้(Inquiry)ไปยังเว็บไซต์ของเครื่องมือ(Tool)ต่าง ๆได้อย่างสะดวกเป็นการออกแบบที่สนับสนุนการทำความเข้าใจโปรแกรมให้แก่ผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม

1.7 การศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

ผู้วิจัยได้นำโมเดลฯต้นแบบที่ผ่านการประเมินโมเดลฯจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านสื่อ และด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯด้านการใช้งานและด้านประโยชน์ที่ได้รับ สามารถสรุปได้ดังนี้

1.7.1 ด้านการใช้งาน พบว่า ผู้เรียนส่วนมากสามารถใช้งานโมเดลฯเพื่อแก้ไขภารกิจตามสถานการณ์ปัญหาตามที่ได้รับมอบหมายได้ถูกต้องสมบูรณ์ ผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น ฐานความช่วยเหลือ กรณีใกล้เคียง ธนาคารความรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเครื่องมือที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ได้อย่างอิสระและยืดหยุ่น การออกแบบโมเดลฯ พบว่า ผู้เรียนสามารถใช้งานได้ง่าย มีการออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆได้อย่างเหมาะสมและชัดเจน โมเดลฯมีความคงที่และเป็นมาตรฐานที่ดี ผู้เรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจคำศัพท์หรือวลีซึ่งเป็นคำศัพท์เทคนิค เช่นคำว่า “Control flow” หรือ คำว่า “Procedural” ทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานโมเดลฯ ผู้เรียนที่ไม่มีประสบการณ์การเรียนบนเครือข่ายจะใช้เวลาในการแก้ปัญหามากกว่าผู้เรียนที่มีประสบการณ์ ระบบการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ส่งผลให้ผู้เรียนเข้าไปตอบคำถามในกระดานสนทนา(Webboard)ไม่สะดวก

1.7.2 ด้านประโยชน์ที่ได้รับ พบว่า โมเดลฯมีความสมบูรณ์ในตนเอง เป็นเครื่องมือในการช่วยเหลือและเป็นแหล่งการเรียนรู้ที่สำคัญของผู้เรียน ซึ่งเปิดโอกาสให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผู้เรียนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนกับเนื้อหาบทเรียนที่นำเสนอในรูปแบบของสื่อประสม ผู้เรียนมีอิสระในการเข้าถึงข้อมูลได้ทั่วโลกโดยไม่มีข้อจำกัดทางสถานที่และเวลาของการเรียนรู้บนเครือข่าย ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ตามความพร้อมความถนัดและความสนใจของตน

จากการสังเกตการใช้โมเดลฯของผู้เรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้เป็นกลุ่ม ๆละ 2-3 คนและมอบหมายภารกิจ 2 สถานการณ์ปัญหาในระยะเวลา 2 ชั่วโมงจะมีความเหมาะสมที่สุด และควรมีคะแนนเก็บเพื่อจูงใจผู้เรียนให้เกิดความสนใจและใส่ใจในการเรียนรู้

2. การตรวจสอบความตรงของโมเดล (Model validation)

การตรวจสอบความตรงของโมเดล มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ตรวจสอบความตรงภายในโมเดล (Internal model validation) เพื่อยืนยันเกี่ยวกับการออกแบบองค์ประกอบของโมเดลฯและลำดับ (Sequence)ขั้นตอนในการพัฒนาเป็นวิธีทางที่ถูกต้อง โมเดลฯนี้สามารถนำไปใช้งานได้และสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจโปรแกรมได้ 2) ตรวจสอบความตรงภายนอกโมเดล(External model validation) เพื่อศึกษาถึงผลกระทบ(Impact)ที่มีต่อการใช้โมเดลฯ โดยศึกษาความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน ผลกระทบจากบริบทการเรียนการสอนด้วยโมเดลฯของผู้เรียน ผู้สอนและองค์กร และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยโมเดลฯ มีรายละเอียดในการดำเนินการศึกษาดังนี้

2.1 การตรวจสอบความตรงภายใน

ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงภายในโมเดล โดยประเมินคุณภาพของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมโดยผ่านผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ และด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ เพื่อยืนยันความตรงเชิงทฤษฎี และศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม โดยการสำรวจและการสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1.1 การประเมินโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นการประเมินคุณภาพของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมโดยผ่านผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ และด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1.1.1 ด้านเนื้อหา ผู้วิจัยเสนอแบบประเมินฯให้แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 4 ท่านได้แก่ 1) ผศ.ดร.อภิรักษ์ จิรายุสกุล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 2) ผศ.ดร.อัณณ์นุพันธ์ รอดทุกข์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 3) ดร.ภาวลัย ไกรพีรพรรณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 4) ผศ.ดร.ศรัณย์ อินทโกสุม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา สามารถสรุปผลดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) เนื้อหามีความถูกต้องสอดคล้องกับรายวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรมเรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง แต่มีข้อผิดพลาดได้แก่ ความไม่สมบูรณ์ของเนื้อหา เช่น ผังโปรแกรมในเมนูผ้าไหมไทยไม่สมบูรณ์ขาด T หรือ F ในกรณีการตัดสินใจ การใช้คำภาษาไทยไม่ถูกต้อง เช่น เมนูธนาคารความรู้ ในหน้า selection บรรทัดที่ 2 ควรแก้ “เป็นการให้แก่” แก้เป็น “เป็นการให้ค่าแก่” และเมนูฐานความช่วยเหลือ “ในรูปแบบนึ่ง” ควรแก้เป็น “ในรูปแบบหนึ่ง”

(2) เนื้อหามีความน่าสนใจ ทันสมัย ทันต่อเหตุการณ์ปัจจุบันแต่ควรมีการระบุวัตถุประสงค์ของเนื้อหา และเหตุผลในการเขียนโปรแกรมแบบเรียกตัวเองเพื่อให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ของเนื้อหา

(3) เนื้อหาครอบคลุมสอดคล้องเรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง มีความชัดเจน กะทัดรัด เป็นลำดับขั้นและง่ายต่อการทำความเข้าใจ และเอื้อต่อการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ตรงตามเนื้อหารายวิชา ผู้เรียนสามารถสามารถนำเนื้อหามาใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเองได้

(4) รูปแบบการนำเสนอเนื้อหามีความน่าสนใจ เนื้อหาและภาพประกอบมีความ สอดคล้อง ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีช่วยให้ผู้เรียนจดจำได้ง่าย

จากผลการประเมินดังกล่าว จะพบว่า เนื้อหามีความตรงภายใน ตามหลักการทฤษฎี ถูกต้อง น่าสนใจ ครอบคลุมสอดคล้องกับรายวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรมเรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง

2.1.1.2 ด้านสื่อ ผู้วิจัยเสนอแบบประเมินฯให้แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อ จำนวน 4 ท่านได้แก่ 1) ผศ.ดร.อภิรักษ์ จิรายุสกุล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 2) ผศ.ดร. อัณณ์นุพันธ์ รอดทุกข์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 3) ดร.ภาวลัย ไกรพีรพรรณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 4)ดร.อิศรา ก้านจักร คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อ สามารถสรุปผลดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) การออกแบบเครื่องนำทาง(Navigator) โดยทั่วไปมีความคงที่และเหมาะสม แต่ควรปรับปรุงสัญลักษณ์ “Next” และ “Previous” สำหรับนำทางไปหน้าถัดไปหรือย้อนหน้ากลับให้คงที่ในทุก ๆหน้าของเว็ป และควรมีส่วนของการช่วยเหลือ(Help) ที่ช่วยอธิบายความหมายของแต่ละเมนู

(2) สัญลักษณ์ที่เป็นไอคอน(Icon) สามารถสื่อความหมายเกี่ยวกับแหล่งสารสนเทศต่าง ๆได้เหมาะสม

(3) การเชื่อมโยง(Link) เป็นลำดับขั้นช่วยให้สามารถเข้าถึงสารสนเทศต่าง ๆได้เหมาะสม

(4) ประสิทธิภาพของรูปแบบการสนทนา(Post) ผ่านเครือข่าย(Web) มีความเหมาะสม

(5) การออกแบบองค์ประกอบทางศิลปะ(Architecture) บนเครือข่าย(Web) มีความเหมาะสม สะดุดตา น่าสนใจ แต่ควรปรับปรุงเมนูให้อยู่ในตำแหน่งที่โดดเด่นเพื่อง่ายต่อการใช้งานของผู้เรียน

(6) ขนาดของตัวอักษรและการใช้สีมีความเหมาะสม ทำให้ผู้เรียนอ่านเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย มีความชัดเจน ดึงดูดและน่าสนใจ แต่ควรปรับปรุงข้อความบางส่วนที่มีการวางชิดกันมากเกินไป

(7) ภาพประกอบและภาพเคลื่อนไหวมีความเหมาะสมกับเนื้อหา มีความชัดเจนช่วยสนับสนุนผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้

(8) เสียง คำอธิบาย ชัดเจน ฟังเข้าใจง่าย เหมาะสม

จากผลการประเมินดังกล่าว จะพบว่า สื่อมีความตรงภายใน ตามหลักการทฤษฎี มีความสอดคล้องในทุกประเด็นที่นำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบโมเดลฯ

2.1.1.3 ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ผู้วิจัยเสนอแบบประเมินฯ ให้แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้จำนวน 5 ท่านได้แก่ 1) ผศ.ดร. อภิรักษ์ จิรายุสกุล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 2) ผศ.ดร.อัณณ์นุพันธ์ รอดทุกข์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 3) ดร.ภาวลัย ไกรพีรพรรณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 4) ดร.อิศรา ก้านจักร คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น 5) ผศ.ดร.ศรัณย์ อินทโกสุม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ สามารถสรุปผลดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้และควบคุมการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้และเลือกศึกษาค้นคว้าได้ตามความสนใจ ทุกเวลา ทุกสถานที่ ตามที่ผู้เรียนต้องการ

(2) การออกแบบสถานการณ์ปัญหา สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ ไตร่ตรองประเด็นปัญหาที่ต้องการค้นหาคำตอบ ผู้เรียนสามารถเสาะแสวงหาความรู้ค้นพบคำตอบได้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทฤษฎี

(3) การออกแบบกรณีใกล้เคียง (Related case) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งสอดคล้องกับหลักการทฤษฎี แต่ควรเป็นตัวอย่างปัญหาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถถ่ายโยงความรู้ไปแก้ภารกิจปัญหาได้

(4) การออกแบบฐานความช่วยเหลือ (Scaffolding) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความพยายามในการเรียนรู้ แนะนำให้ผู้เรียนเข้าสู่แหล่งข้อมูลให้เกิดความคิดรวบยอด แนะนำวิธีการคิดในการแก้ปัญหา แนะนำแนวทางวิธีการใช้แหล่งการเรียนรู้และเครื่องมือ แนะนำวิธีการที่เป็นทางเลือกที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทฤษฎี

(5) การออกแบบธนาคารความรู้ (Data bank) มีการออกแบบที่สนับสนุนข้อมูลให้ผู้เรียนสามารถค้นหาสารสนเทศเพื่อนำมาใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่กำหนดได้อย่างเหมาะสมซึ่งสอดคล้องกับหลักการทฤษฎี

(6) การออกแบบห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม สามารถพัฒนากระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมซึ่งสอดคล้องกับหลักการทฤษฎี

(7) การออกแบบแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและตัดสินใจแก้ปัญหาร่วมกันได้อย่างเหมาะสมและซึ่งสอดคล้องกับหลักการทฤษฎี

(8) การออกแบบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะแสวงหาความรู้(Inquiry)ไปยังเว็บไซต์ของเครื่องมือ(Tool)ต่าง ๆได้อย่างสะดวกเป็นการออกแบบที่สนับสนุนการทำความเข้าใจโปรแกรมให้แก่ผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมซึ่งสอดคล้องกับหลักการทฤษฎี

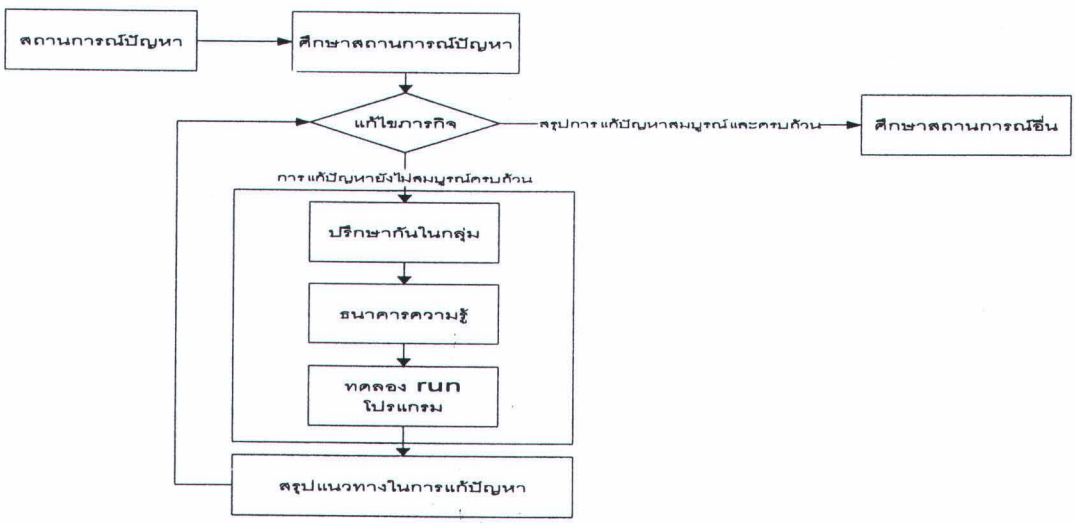
จากผลการประเมินดังกล่าว จะพบว่า การออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ มีความตรงภายใน ตามหลักการ ทฤษฎี มีความสอดคล้องในทุกประเด็นที่นำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบโมเดลฯ

2.1.2 การประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ด้านการใช้โมเดลฯและด้านประโยชน์ที่ได้รับ จากการใช้โมเดลของผู้เรียนในการแก้ปัญหา การสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับการใช้โมเดลฯ และความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1.2.1 ด้านการใช้โมเดลฯ พบว่า กลุ่มผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถใช้โมเดลฯเพื่อแก้ไขสถานการณ์ต่าง ๆได้อย่างถูกต้องภายในกำหนดเวลา 2.30 ชั่วโมงมีเพียงกลุ่มที่ 7, 9 และ 12 ที่สามารถแก้ไขภารกิจได้เพียง 2 สถานการณ์ปัญหา ผู้เรียนสามารถใช้โมเดลฯโดยเลือกศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆได้แก่ สถานการณ์ปัญหา กรณีใกล้เคียง ฐานความช่วยเหลือ ธนาคารความรู้ เครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปได้ตามความต้องการอย่างอิสระและยืดหยุ่น องค์ประกอบที่สำคัญที่ใช้ในการแก้ไขภารกิจส่วนมากผู้เรียนเลือกองค์ประกอบแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เป็นการปรึกษากันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนหรือผู้เรียนกับผู้เชี่ยวชาญ สำหรับองค์ประกอบห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมที่ไม่มีกลุ่มผู้เรียนใดเลือกนั้นทุกกลุ่มเห็นว่ามีความสำคัญสามารถใช้ในการเรียนรู้ได้ในภายหลัง ผู้เรียนทุกกลุ่มเห็นว่าการใช้โมเดลฯสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจโปรแกรมเรียกตัวเองได้ดีขึ้น การออกแบบโมเดลฯ พบว่า ผู้เรียนสามารถใช้งานได้ง่าย มีการออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆได้อย่างเหมาะสมและชัดเจน โมเดลฯมีความคงที่และเป็นมาตรฐานที่ดี

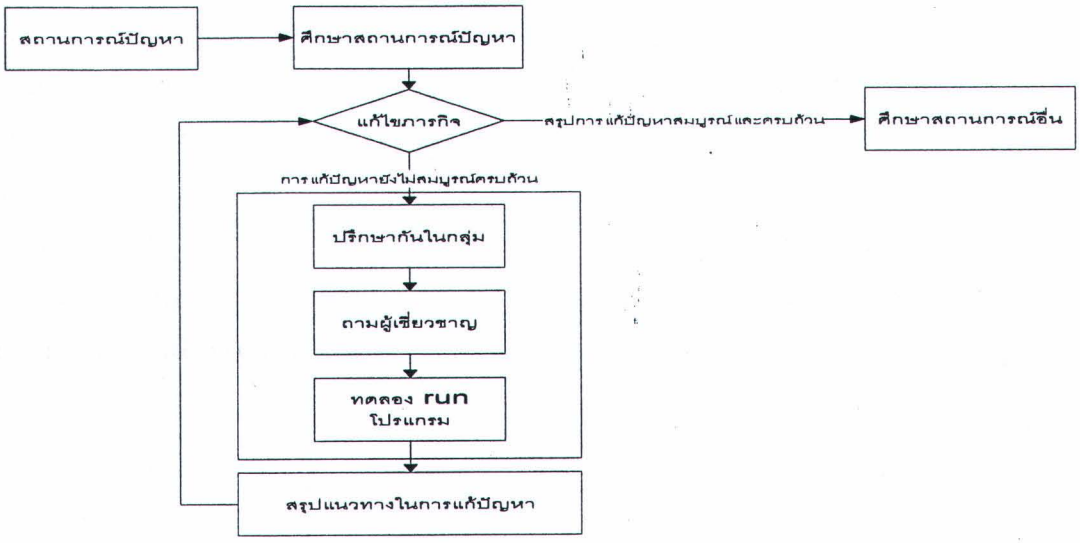
ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งกลุ่มของผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม ๆละ 3 คน รวม 12 กลุ่ม เพื่อศึกษาการใช้โมเดลฯของผู้เรียนในการกระทำภารกิจ เรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง จากแบบบันทึกการใช้โมเดลฯของผู้เรียน และจากการสัมภาษณ์การใช้โมเดลฯของผู้เรียน สามารถสรุปได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 KATaE INW พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆเป็นไปตามลำดับ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ธนาคารความรู้ และเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา สำหรับองค์ประกอบอื่น ๆที่ไม่ได้เลือกใช้เพราะองค์ประกอบธนาคารความรู้เป็นแหล่งการเรียนรู้ที่มีสารสนเทศเพียงพอที่ผู้เรียนสามารถนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.40



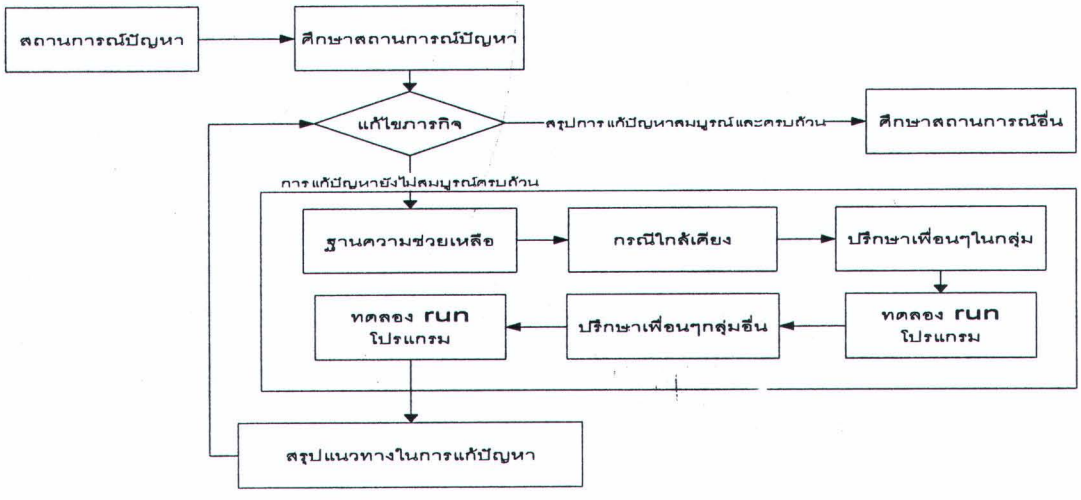
ภาพที่ 4.40 แสดงการใช้โมเดลฯของผู้เรียนกลุ่มที่ 1 KATaE INW

กลุ่มที่ 2 Sweetless Boy พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆเป็นไปตามลำดับ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา ผู้เรียนชอบการปรึกษาเพื่อน ๆในกลุ่มหรือปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเพราะทำให้วิเคราะห์ปัญหาได้ตรงประเด็นช่วยให้เข้าใจการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเองได้มากขึ้นกว่าการเรียนทฤษฎีเพียงอย่างเดียว ดังแสดงในภาพที่ 4.41



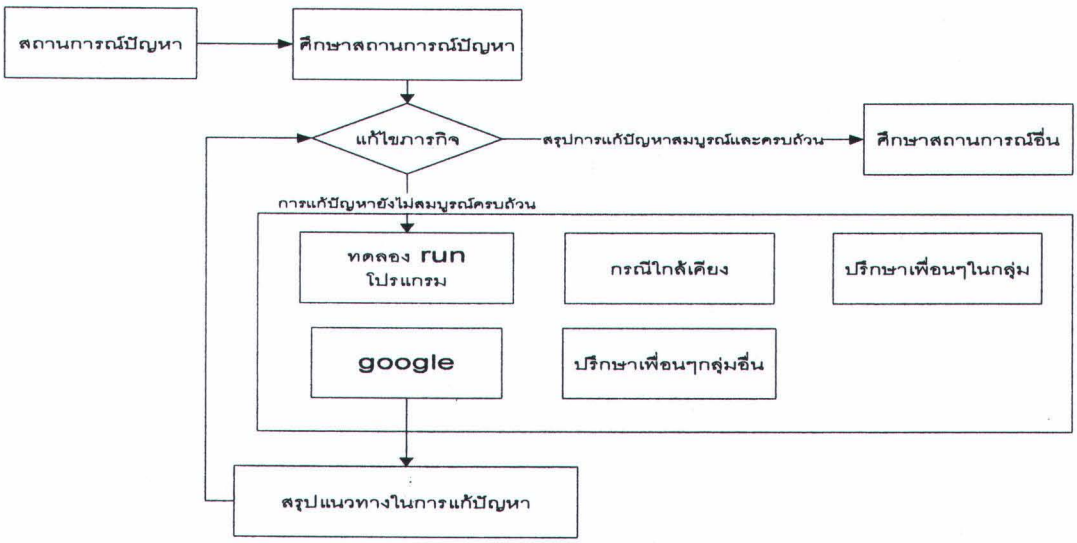
ภาพที่ 4.41 แสดงการใช้โมเดลฯของผู้เรียนกลุ่มที่ 2 Sweetless Boy

กลุ่มที่ 3 Adap^3 พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆเป็นไปตามลำดับ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบฐานความช่วยเหลือ กรณีใกล้เคียง แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม โดยบางองค์ประกอบจะมีการเลือกศึกษาซ้ำ เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา สำหรับองค์ประกอบอื่น ๆสามารถเลือกศึกษาได้ในภายหลังเพื่อช่วยผู้เรียนให้เข้าใจการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเองได้มากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.42



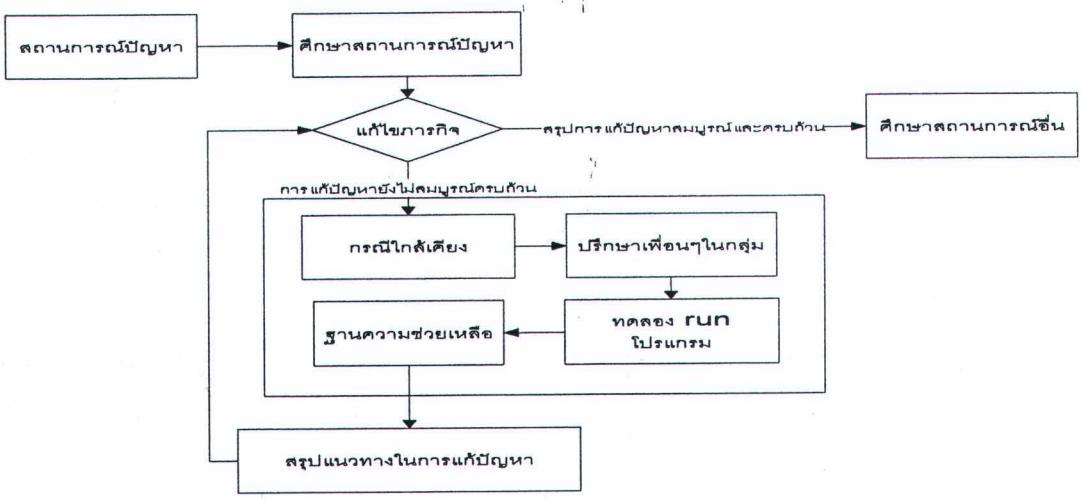
ภาพที่ 4.42 แสดงการใช้โมเดลฯของผู้เรียนกลุ่มที่ 3 Adap^3

กลุ่มที่ 4 Ring พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆไม่เป็นลำดับและเข้าไปในแต่ละองค์ประกอบหลายครั้ง บางครั้งเลือกสลับไปมาหลายรอบ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม กรณีใกล้เคียง แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา องค์ประกอบที่ใช้มากที่สุดคือ แลกเปลี่ยนเรียนรู้เพราะได้แลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อน ๆ สำหรับองค์ประกอบที่ไม่ได้เลือกสามารถใช้ในกรณีต้องการศึกษาเพิ่มเติม ดังแสดงในภาพที่ 4.43



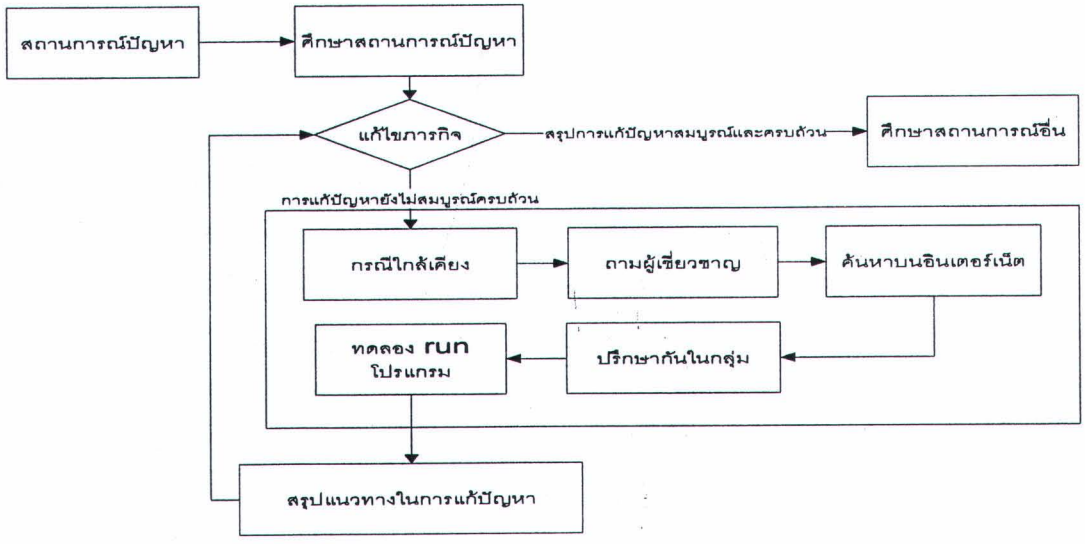
ภาพที่ 4.43 แสดงการใช้โมเดลฯของผู้เรียนกลุ่มที่ 4 Ring

กลุ่มที่ 5 Entertain 09 พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆเป็นไปตามลำดับ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบกรณีใกล้เคียง แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม และฐานความช่วยเหลือ เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา การเรียนรู้บนเครือข่ายช่วยให้เข้าใจการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเองได้มากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.44



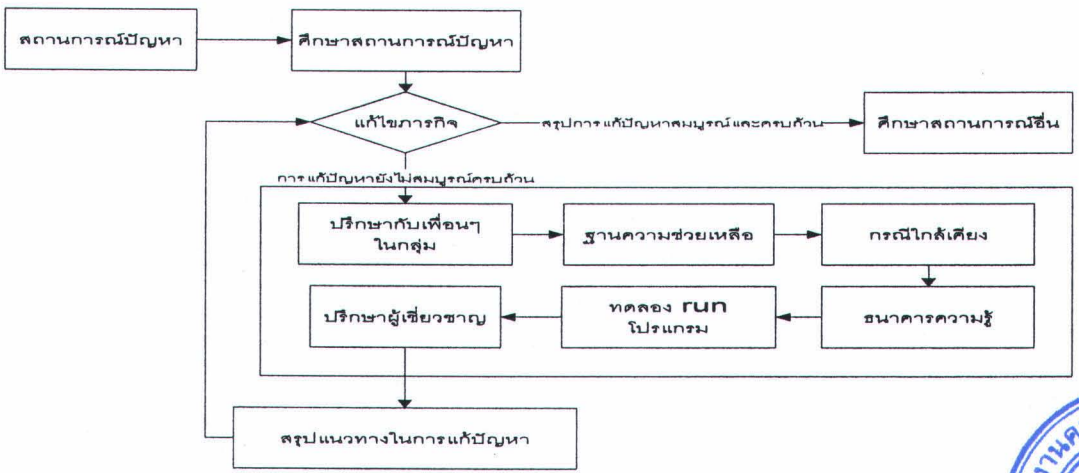
ภาพที่ 4.44 แสดงการใช้โมเดลฯของผู้เรียนกลุ่มที่ 5 Entertain 09

กลุ่มที่ 6 ศรีวิกรณ์ พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆเป็นไปตามลำดับ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบกรณีใกล้เคียง แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา ทุกองค์ประกอบมีประโยชน์แต่ชอบการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เป็นกลุ่มเพื่อปรึกษาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน การใช้งานของโมเดลฯช่วยให้เข้าใจโปรแกรมเรียกตัวเองได้มากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.45



ภาพที่ 4.45 แสดงการใช้โมเดล ของผู้เรียนกลุ่มที่ 6 ศรีวิกรณ์

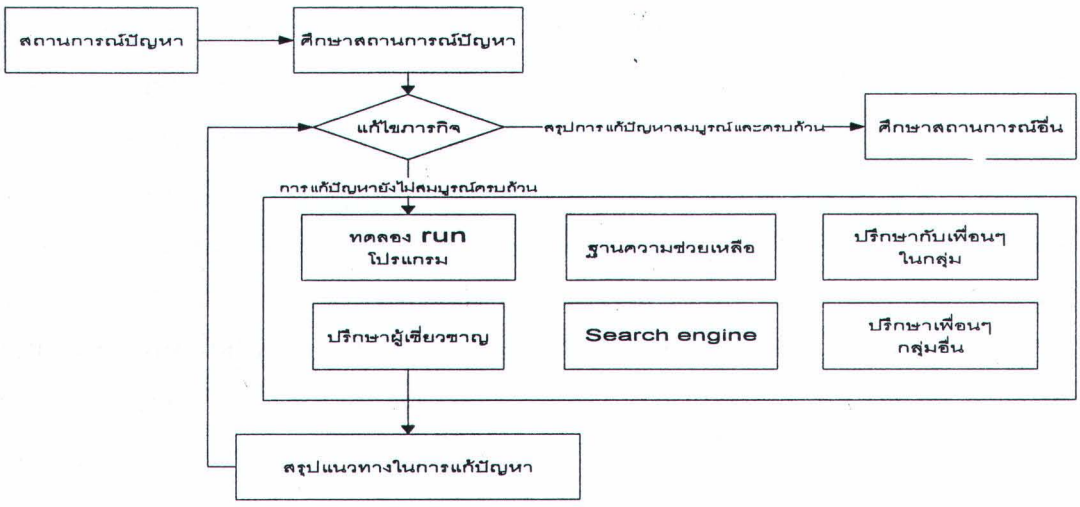
กลุ่มที่ 7 MARIO พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆเป็นไปตามลำดับ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ฐานความช่วยเหลือ กรณีใกล้เคียง ธนาคารความรู้ และเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา การใช้โมเดลฯช่วยให้เข้าใจโปรแกรมเรียกตัวเองได้มากขึ้นเพราะมีตัวอย่างให้ผู้เรียนศึกษา แนะนำแนวทางในการแก้ปัญหา แนะนำกระบวนการคิด อธิบายในส่วนต่าง ๆที่ไม่เข้าใจให้เข้าใจมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.46



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

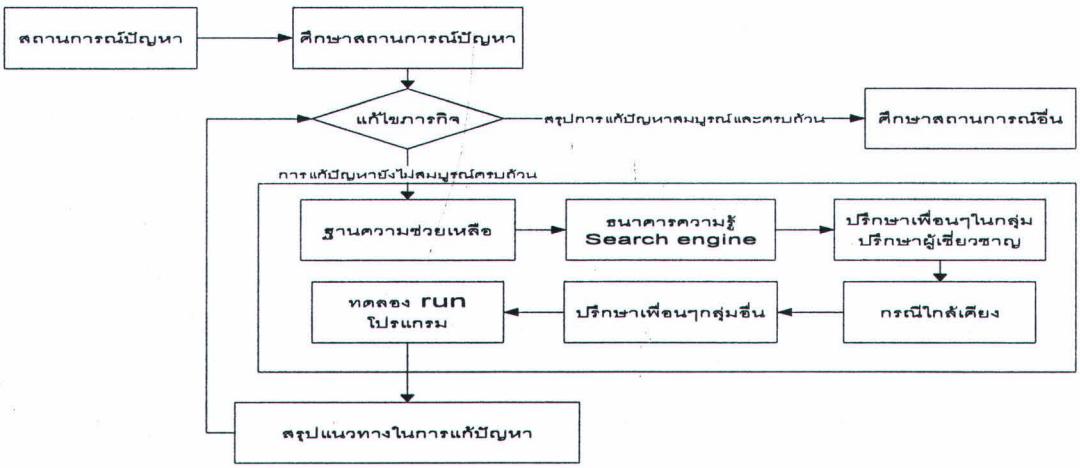
ภาพที่ 4.46 แสดงการใช้โมเดลฯของผู้เรียนกลุ่มที่ 7 MARIO

กลุ่มที่ 8 Patipat พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆไม่เป็นลำดับและเข้าไปในแต่ละองค์ประกอบหลายครั้ง บางครั้งเลือกสลับไปมาหลายรอบ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ฐานความช่วยเหลือ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา องค์ประกอบที่ใช้มากที่สุดคือ แลกเปลี่ยนเรียนรู้เพราะได้แลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อน ๆกับผู้เชี่ยวชาญซึ่งได้รับคำตอบหรือคำแนะนำได้ทันที สำหรับองค์ประกอบที่ไม่ได้เลือกเพราะเวลาไม่เพียงพอ ทุกองค์ประกอบมีความสำคัญผู้เรียนสามารถใช้สำหรับเรียนรู้ตามศักยภาพของตน ดังแสดงในภาพที่ 4.47



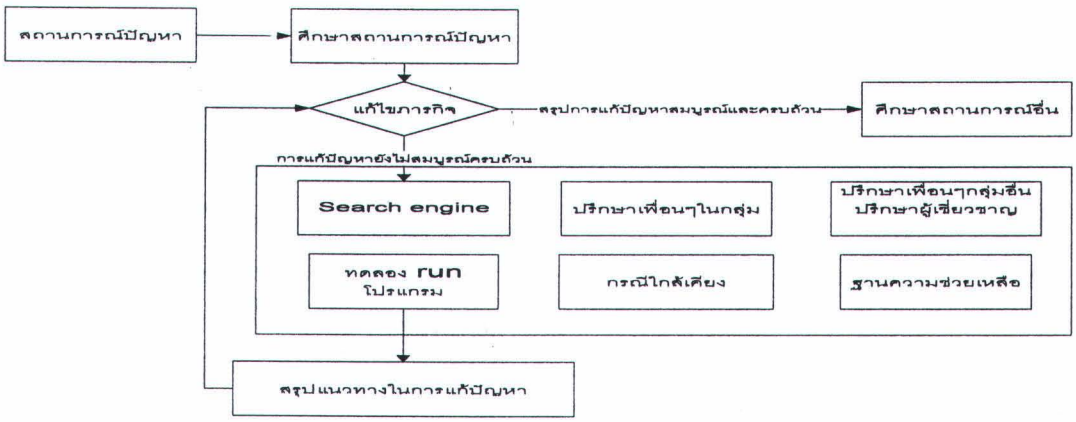
ภาพที่ 4.47 แสดงการใช้โมเดลฯของผู้เรียนกลุ่มที่ 8 Patipat

กลุ่มที่ 9 L.ก.ฮ. พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆเป็นไปตามลำดับ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบฐานความช่วยเหลือ ธนาคารความรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ กรณีใกล้เคียง และเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา การใช้โมเดลฯช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจโปรแกรมเรียกตัวเองได้มากขึ้น เพราะมีแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย ดังแสดงในภาพที่ 4.48



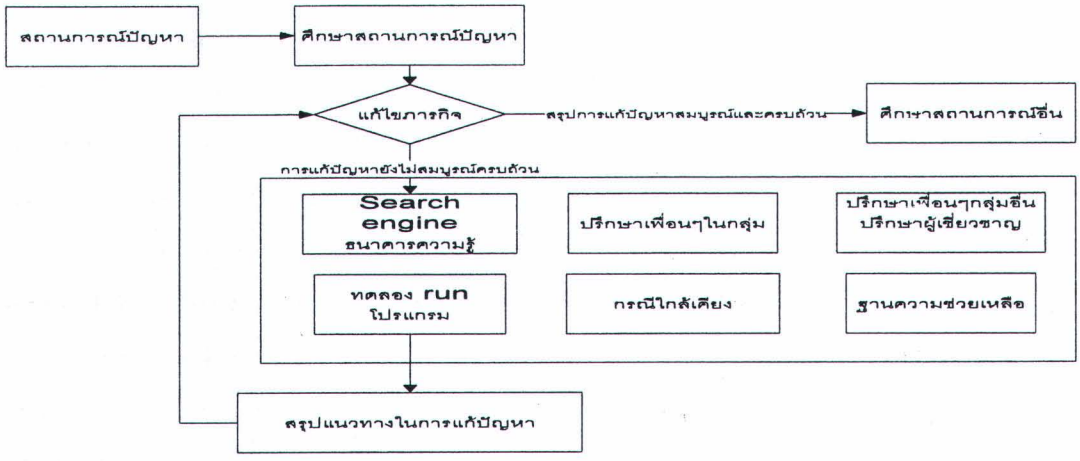
ภาพที่ 4.48 แสดงการใช้โมเดลฯของผู้เรียนกลุ่มที่ 9 L.ก.ฮ.

กลุ่มที่ 10 FREAX พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆไม่เป็นลำดับและเข้าไปในแต่ละองค์ประกอบหลายครั้ง บางครั้งเลือกสลับไปมาหลายรอบ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ฐานความช่วยเหลือ กรณีใกล้เคียง เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา องค์ประกอบกรณีใกล้เคียง มีความสำคัญในการแก้ปัญหามากที่สุด เพราะมีคำสั่งโปรแกรมและเหตุการณ์ที่ใกล้เคียงเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาและสามารถนำนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้ การใช้โมเดลฯทำให้เกิดความเข้าใจโปรแกรมมากขึ้นเพราะมีทั้งสถานการณ์ใกล้เคียงและมีแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย ดังแสดงในภาพที่ 4.49



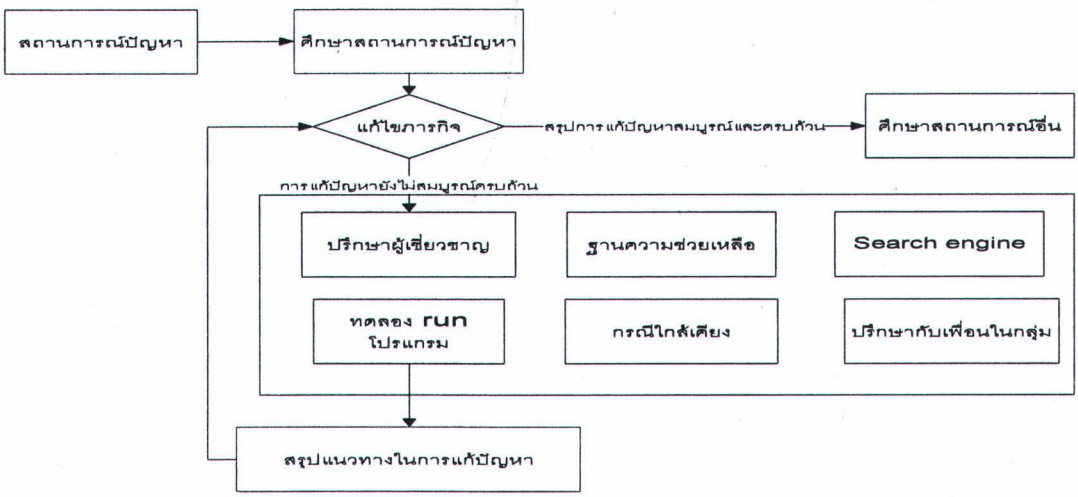
ภาพที่ 4.49 แสดงการใช้โมเดลฯของผู้เรียนกลุ่มที่ 10 FREAX

กลุ่มที่ 11 YUIII พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆไม่เป็นลำดับและเข้าไปในแต่ละองค์ประกอบหลายครั้ง บางครั้งเลือกสลับไปมาหลายรอบ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบธนาคารความรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ฐานความช่วยเหลือ กรณีใกล้เคียงและเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา การใช้โมเดลฯช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจโปรแกรมเรียกตัวเองได้มากขึ้นเพราะมีแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย องค์ประกอบที่ใช้มากที่สุดคือเครื่องมือในการสืบค้น สำหรับห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมมีประโยชน์มาก ผู้เรียนสามารถฝึกฝนกระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมได้ด้วยตนเองตามสภาพบริบทจริง ดังแสดงในภาพที่ 4.50



ภาพที่ 4.50 แสดงการใช้โมเดลฯของผู้เรียนกลุ่มที่ 11 YUIII

กลุ่มที่ 12 DONG พบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลฯโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การเลือกองค์ประกอบต่าง ๆไม่เป็นลำดับและเข้าไปในแต่ละองค์ประกอบหลายครั้ง บางครั้งเลือกสลับไปมาหลายรอบ เมื่อผู้เรียนทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนเลือกใช้องค์ประกอบแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ฐานความช่วยเหลือ กรณีใกล้เคียงและเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม เพื่อเติมเต็มความรู้ที่ขาดหายไปและตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการคิดแก้ปัญหา ผู้เรียนมีปัญหาในการใช้โมเดลฯจากตัวอักษรที่ปรากฏมีขนาดเล็ก การใช้งานโมเดลฯช่วยให้เข้าใจโปรแกรมเรียกตัวเองได้ดีขึ้นเพราะการเรียนผ่านเครือข่ายสามารถเห็นภาพการทำงานจริงทำให้เข้าใจได้ง่าย ดังแสดงในภาพที่ 4.51



ภาพที่ 4.51 แสดงการใช้โมเดลฯของผู้เรียนกลุ่มที่ 12 DONG

จากผลการประเมินดังกล่าว จะพบว่า การใช้โมเดลฯของผู้เรียนแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะที่ 1 พบว่า กลุ่มผู้เรียนที่มีความรู้เดิมอยู่ในระดับดี เกี่ยวกับหลักการทฤษฎี(Declarative knowledge) เช่น ความรู้รูปแบบไวยากรณ์ภาษา C++ แต่ขาดความรู้ที่เป็นกระบวนการ(Procedural Knowledge) เช่น ความรู้ที่มีลักษณะที่เป็นแผนงานหรือสคริปต์ แนวคิดในการเขียนโปรแกรม และความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จะพบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบได้แก่ ธนาคารความรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเครื่องมือทางปัญญา จะสังเกตเห็นว่า การเลือกองค์ประกอบเป็นไปตามลำดับ ลักษณะที่ 2 พบว่า ผู้เรียนกลุ่มที่มีความรู้เดิมเกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎีและความรู้ที่เป็นกระบวนการ อยู่ในระดับปานกลาง จะพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีการใช้โมเดลโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบได้แก่องค์ประกอบ ฐานความช่วยเหลือ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เครื่องมือทางปัญญา กรณีใกล้เคียง หรือ ธนาคารความรู้ จะสังเกตเห็นว่า การเลือกองค์ประกอบเป็นไปตามลำดับ ลักษณะที่ 3 พบว่า ผู้เรียนกลุ่มที่มีความรู้เดิมทั้งที่เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎีและความรู้ที่เป็นกระบวนการ อยู่ในระดับต่ำ จะพบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลโดยเลือกเข้าศึกษาทุก ๆองค์ประกอบ และเข้าไปศึกษาในแต่ละองค์ประกอบหลายครั้ง บางครั้งเลือกสลับไปมาหลายรอบ เพื่อทำความเข้าใจ จะสังเกตเห็นว่า การเลือกองค์ประกอบไม่เป็นไปตามลำดับที่คงที่

2.1.2.1 ด้านประโยชน์ที่ได้รับ พบว่า โมเดลฯมีความสมบูรณ์ในตนเอง เป็นเครื่องมือในการช่วยเหลือและเป็นแหล่งการเรียนรู้ที่สำคัญของผู้เรียน ซึ่งเปิดโอกาสให้เกิดการปฏิสัมพันธ์(Interactive) ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผู้เรียนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนกับเนื้อหาบทเรียนที่นำเสนอในรูปแบบของสื่อประสม ผู้เรียนมีอิสระในการเข้าถึงข้อมูลได้ทั่วโลกโดยไม่มีข้อจำกัดทางสถานที่และเวลาของการเรียนรู้บนเครือข่าย ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ตามความพร้อมความถนัดและความสนใจของตน

2.2 การตรวจสอบความตรงภายนอก

การตรวจสอบความตรงภายนอกโมเดล เป็นการศึกษาถึงผลกระทบ(Impact) ที่มีผลต่อการใช้โมเดลฯ โดยศึกษาความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนที่เรียนด้วยโมเดลฯ ศึกษาบริบทการเรียนด้วยโมเดลฯของผู้เรียน ศึกษาบริบทการจัดการเรียนรู้ด้วยโมเดลฯของผู้สอน และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม เรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง สามารถสรุปได้ดังนี้

2.2.1 การประเมินความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนที่เรียนด้วยโมเดลฯ เป็นการประเมินด้านความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียนเป็นความคิดในระดับสูง จากการสัมภาษณ์ผู้เรียนถึงกระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนขณะที่เรียนจากโมเดลฯ จำนวน 12 คน โดยอาศัยกรอบของ Pennington(1987) เป็นกระบวนการ Bottom-up โดยวิธี Protocol Analysis และการบรรยายเชิงวิเคราะห์ (Analytic Description) พบว่า กระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ 1 พบว่า ผู้เรียนจำนวน 5 คน สร้างความเข้าใจโปรแกรมแบบล่างขึ้นบนตามกรอบของ Pennington(1987) เริ่มจากสิ่งแทนภายนอก(External representation) ได้แก่คำสั่งโปรแกรม(Program code) ที่ผู้เรียนเพ่งพินิจ(Scan) และให้ความสนใจกับคำที่มีลักษณะเด่น(Beacon)ได้แก่ชื่อฟังก์ชัน ชื่อตัวแปร หรือคำเฉพาะ(Reserved word) ต่อจากนั้นผู้เรียนจะเริ่มสร้างสิ่งแทนความเข้าใจโปรแกรม(Program model) โดยนำชื่อหรือคำที่สนใจมาจับคู่ (Match)กับความรู้เดิมที่มีอยู่เป็นความรู้รูปแบบไวยากรณ์(Syntactic knowledge)เพื่อสร้างสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งเป็นโครงสร้างขนาดเล็ก(Microstructure) จากนั้นผู้เรียนพิจารณาคำสั่งต่อ ๆไปตามลำดับเพื่อสร้างสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งเป็นกลุ่ม(Chunk) เช่นกลุ่มของคำสั่งที่เป็นโครงสร้าง หรือกลุ่มของการประกาศตัวแปรที่มีหลาย ๆคำสั่งที่ปรากฏในเอกสารโปรแกรม ซึ่งเรียกว่าโครงสร้างขนาดใหญ่(Macrostructure) ในขณะเดียวกันการสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์เริ่มเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนพยายามนำความรู้เดิมที่มีลักษณะเป็นแผนงาน (Plan knowledge)หรือแนวคิดในการเขียนโปรแกรม(Programming concepts) มาจับคู่กับสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งที่สร้างขึ้นเพื่อสร้างแผนงานในระดับที่สูงขึ้น(Higher order plans) ได้แก่วัตถุประสงค์ย่อย(Subgoal)ของคำสั่งหรือสมมุติฐาน(Hypothesis) จะพบว่าผู้เรียนจะกระทำกระบวนการทำความเข้าใจ(Comprehension process)อย่างต่อเนื่องและท้ายสุดผู้เรียนสามารถสร้างสิ่งแทนความเข้าใจโปรแกรม(Program model)อยู่ในรูปของทิศทางหรือกระแสควบคุม(Control flow)ที่แสดงกระบวนการทำงานของคำสั่ง(Procedural) และสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์(Situation model)ที่มีลักษณะเป็นภาพกระแสของข้อมูล(Dataflow view)ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการทำงานของคำสั่ง จนกระทั่งผู้เรียนสามารถสรุปหน้าที่ของโปรแกรมได้(Functional)

ลักษณะที่ 2 พบว่า ผู้เรียนจำนวน 5 คน สร้างความเข้าใจโปรแกรมแตกต่างจากกรอบของ Pennington(1987) เริ่มจากสิ่งแทนภายนอก(External representation)ได้แก่คำสั่งโปรแกรม(Program code) ที่ผู้เรียนเพ่งพินิจ(Scan)และให้ความสนใจกับคำที่มีลักษณะเด่น(Beacon)ได้แก่ชื่อฟังก์ชัน ชื่อตัวแปร หรือคำเฉพาะ(Reserved word) ต่อจากนั้นผู้เรียนจะเริ่มสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์(Situation model)ก่อน โดยนำชื่อหรือคำที่สนใจไปเชื่อมโยง(Match)กับความรู้เดิมที่มีอยู่เป็นประสบการณ์ที่เกี่ยวกับปัญหา(Domain knowledge)ที่คุ้นเคย ผู้เรียนสามารถคาดเดาหรือตั้งสมมุติฐานถึงเหตุการณ์หรือวัตถุประสงค์ของกระบวนการทำงานของโปรแกรม(Functional)ได้โดยทันที ต่อจากนั้นผู้เรียนจะเริ่มตรวจสอบความถูกต้องของสมมุติฐาน(Hypothesis)ที่ได้คาดเดาไว้ โดยนำชื่อหรือคำที่สนใจมาจับคู่ (Match)กับความรู้เดิมที่มีอยู่เป็นความรู้รูปแบบไวยากรณ์(Syntactic knowledge)เพื่อสร้างสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งเป็นโครงสร้างขนาดเล็ก(Microstructure) จากนั้นผู้เรียนพิจารณาคำสั่งต่อ ๆไปตามลำดับเพื่อสร้างสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งเป็นกลุ่ม(Chunk) เช่นกลุ่มของคำสั่งที่เป็นโครงสร้าง หรือกลุ่มของการประกาศตัวแปรที่มีหลาย ๆคำสั่งที่ปรากฏในเอกสารโปรแกรม ซึ่งเรียกว่าโครงสร้างขนาดใหญ่ (Macrostructure) ในขณะเดียวกันการสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์เริ่มเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนพยายามนำความรู้เดิมที่มีลักษณะเป็นแผนงาน (Plan knowledge)หรือแนวคิดในการเขียน

โปรแกรม(Programming concepts) มาจับคู่กับสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งที่สร้างขึ้นเพื่อสร้างแผนงานในระดับที่สูงขึ้น(Higher order plans) ได้แก่วัตถุประสงค์ย่อย(Subgoal)ของคำสั่งหรือสมมุติฐาน(Hypothesis) จะพบว่าผู้เรียนจะกระทำกระบวนการทำความเข้าใจ(Comprehension process)อย่างต่อเนื่องและท้ายสุดผู้เรียนสามารถสร้างสิ่งแทนความเข้าใจโปรแกรม(Program model)อยู่ในรูปของทิศทางหรือกระแสควบคุม(Control flow)ที่แสดงกระบวนการทำงานของคำสั่ง(Procedural) และสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์(Situation model)ที่มีลักษณะเป็นภาพกระแสของข้อมูล(Dataflow view)ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการทำงานของคำสั่ง จนกระทั่งผู้เรียนสามารถสรุปหน้าที่ของโปรแกรมได้(Functional)

ลักษณะที่ 3 พบว่า ผู้เรียน 2 คน สร้างความเข้าใจโปรแกรมแตกต่างจากกรอบของ Pennington(1987) เริ่มจากสิ่งแทนภายนอก(External representation)ได้แก่คำสั่งโปรแกรม(Program code) ที่ผู้เรียนเพ่งพินิจ(Scan)และให้ความสนใจกับคำที่มีลักษณะเด่น(Beacon)ได้แก่ชื่อฟังก์ชัน ชื่อตัวแปร หรือคำเฉพาะ(Reserved word) ต่อจากนั้นผู้เรียนจะเริ่มสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์(Situation model)ก่อน โดยนำชื่อหรือคำที่สนใจไปเชื่อมโยง(Match)กับความรู้เดิมที่มีอยู่เป็นประสบการณ์ที่เกี่ยวกับปัญหา(Domain knowledge)ที่คุ้นเคย ผู้เรียนสามารถคาดเดาหรือตั้งสมมุติฐานถึงเหตุการณ์หรือวัตถุประสงค์ของกระบวนการทำงานของโปรแกรม(Functional)ได้โดยทันที ต่อจากนั้นผู้เรียนจะเริ่มตรวจสอบความถูกต้องของสมมุติฐาน(Hypothesis)ที่ได้คาดเดาไว้ โดยนำชื่อหรือคำที่สนใจมาจับคู่ (Match)กับความรู้เดิมที่มีอยู่เป็นความรู้รูปแบบไวยากรณ์(Syntactic knowledge)เพื่อสร้างสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งเป็นโครงสร้างขนาดเล็ก(Microstructure) จากนั้นผู้เรียนพิจารณาคำสั่งต่อ ๆไปตามลำดับเพื่อสร้างสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งเป็นกลุ่ม(Chunk) เช่นกลุ่มของคำสั่งที่เป็นโครงสร้าง หรือกลุ่มของการประกาศตัวแปรที่มีหลาย ๆคำสั่งที่ปรากฏในเอกสารโปรแกรม ซึ่งเรียกว่าโครงสร้างขนาดใหญ่(Macrostructure) ในขณะเดียวกันการสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์เริ่มเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนพยายามนำความรู้เดิมที่มีลักษณะเป็นแผนงาน (Plan knowledge)หรือแนวคิดในการเขียนโปรแกรม(Programming concepts) มาจับคู่กับสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งที่สร้างขึ้นเพื่อสร้างแผนงานในระดับที่สูงขึ้น(Higher order plans) ได้แก่วัตถุประสงค์ย่อย(Subgoal)ของคำสั่งหรือสมมุติฐาน(Hypothesis) จะพบว่าผู้เรียนจะกระทำกระบวนการทำความเข้าใจ(Comprehension process)อย่างต่อเนื่องและท้ายสุดผู้เรียนสามารถสร้างสิ่งแทนความเข้าใจโปรแกรม(Program model)อยู่ในรูปของทิศทางหรือกระแสควบคุม(Control flow)ที่แสดงกระบวนการทำงานของคำสั่ง(Procedural) และสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์(Situation model)ที่มีลักษณะเป็นภาพกระแสของข้อมูล(Dataflow view)ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการทำงานของคำสั่ง จนกระทั่งผู้เรียนสามารถสรุปหน้าที่ของโปรแกรมได้(Functional) ความแตกต่างระหว่างลักษณะที่ 2 และลักษณะที่ 3 นั้น กระบวนการทำความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะที่ 2 ผู้เรียนจะทำความเข้าใจโปรแกรมทั้งหมด แต่กระบวนการทำความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะที่ 3 ผู้เรียน

จะมุ่งเน้นไปยังกลุ่มข้อความหรือฟังก์ชันที่มีความสำคัญเท่านั้น ผู้เรียนไม่ทำความเข้าใจโปรแกรมทั้งหมด

2.2.2 การประเมินบริบทการเรียนด้วยโมเดลฯสำหรับผู้เรียน

ผู้วิจัยได้ศึกษาบริบทการเรียนด้วยโมเดลฯของนักศึกษาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาคพิเศษ ปีการศึกษา 2552 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 36 คน จากการสำรวจบริบทการเรียนด้วยโมเดลฯสำหรับผู้เรียน พบว่า ผลกระทบของการเรียนด้วยโมเดลฯของผู้เรียน ประกอบด้วย

2.2.2.1 คุณลักษณะผู้เรียนที่เหมาะสม พบว่า ผู้เรียนควรเข้าชั้นเรียนและฝึกปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ และตรงเวลา มีความตั้งใจเรียนและมีความพึงพอใจในการเรียนรู้ด้วยโมเดลฯ มีความรู้ทั้ง 2 ลักษณะคือความรู้ทางทฤษฎี ได้แก่ ความรู้รูปแบบไวยากรณ์ภาษา C++ แนวคิดในการพัฒนาโปรแกรม การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง และความรู้ทางปฏิบัติ ได้แก่ ทักษะและประสบการณ์ในการใช้คอมพิวเตอร์

2.2.2.2 ด้านบริบทการเรียน พบว่า ควรเตรียมสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนการเรียนด้วยโมเดลฯให้เหมาะสมกับผู้เรียน ได้แก่ ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงเพื่อรองรับการเรียนด้วยโมเดลฯห้องเรียน อุณหภูมิ แสงสว่าง คุณภาพของเสียง อุปกรณ์สำหรับการเรียนการสอน แผนการเรียนเวลาพักเรียน การจัดกลุ่มผู้เรียน และจำนวนผู้ช่วยสอนที่เหมาะสม

2.2.3 การประเมินบริบทการจัดการเรียนรู้ด้วยโมเดลฯสำหรับผู้สอน

ผู้วิจัยได้ศึกษาบริบทการจัดการเรียนรู้ด้วยโมเดลฯของผู้สอน จากการสำรวจบริบทการจัดการเรียนรู้ด้วยโมเดลฯสำหรับผู้สอน พบว่า ผลกระทบของการจัดการเรียนรู้ด้วยโมเดลฯของผู้สอน ประกอบด้วย

2.2.3.1 คุณลักษณะของผู้สอนที่เหมาะสม พบว่า ผู้สอนควรมีความรับผิดชอบในการเข้าสอน มีประสบการณ์ในการสอนเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษา C++ โดยเฉพาะเรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง มีความสามารถในการวางแผนการจัดการเรียนการสอน การเลือกกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อหรือแหล่งการเรียนรู้ที่เหมาะสมให้กับผู้เรียน

2.2.3.2 การสนับสนุนของผู้สอน พบว่า ผู้สอนต้องเสียสละอุทิศเวลาเพิ่มมากขึ้นกว่าการสอนปกติ เช่นการจัดเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ ได้แก่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม การวางแผนการจัดการเรียนการสอนที่ใช้โมเดลฯ การกำกับติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน การตรวจผลงาน ฯลฯ

2.2.3.3 บริบทการถ่ายโยง พบว่า ผู้บริหารและผู้ร่วมงานควรให้การสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ด้วยโมเดลฯ ในขณะเดียวกันผู้บริหารควรมีการสนับสนุนค่าใช้จ่ายหรืองบประมาณสำหรับการพัฒนาโมเดลฯรวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆโดยเฉพาะระบบคอมพิวเตอร์ให้ทันสมัยและมีประสิทธิภาพเพื่อรองรับการใช้โมเดลฯของผู้เรียน

2.1.4 การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม เรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง ผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาภาคพิเศษ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีการศึกษา 2552 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 36 คน ทำการทดสอบก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกัน เป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 10 ข้อ ๆละ 3 คะแนน รวม 30 คะแนน ได้ผลทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงคะแนนทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง ในระยะที่ 2

คนที่	คะแนนทดสอบก่อนเรียน	คะแนนทดสอบหลังเรียน
1	12	27
2	0	24
3	9	18
4	24	30
5	9	18
6	27	30
7	30	30
8	9	24
9	12	27
10	9	30
11	12	27
12	12	24
13	15	21
14	0	24
15	6	18
16	0	12
17	12	21
18	30	30
19	0	15
20	0	24
21	3	24
22	6	15

ตารางที่ 4.10 แสดงคะแนนทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เรื่อง การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง ในระยะที่ 2(ต่อ)

คนที่	คะแนนสอบก่อนเรียน	คะแนนสอบหลังเรียน
23	30	30
24	12	18
25	21	30
26	0	24
27	0	6
28	0	18
29	12	24
30	6	18
31	0	12
32	3	24
33	3	3
34	3	6
35	24	30
36	9	9
$\sum X$	360	765
$\overline{X}$	10.00	21.25
S.D.	1.57	1.25

จากตารางที่ 4.10 พบว่า คะแนนเฉลี่ยการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันโดยคะแนนเฉลี่ยการทดสอบก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 10.00 น้อยกว่าคะแนนเฉลี่ยการทดสอบหลังเรียนมีค่า 21.25 สำหรับนักศึกษาที่ได้คะแนนสอบก่อนเรียนเท่ากับ 0 จากการสังเกตเห็นได้ว่าเป็นนักศึกษาที่เข้าเรียนไม่ตรงเวลาส่งผลให้มีความรู้ในเรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเองในระดับต่ำมาก แต่เมื่อได้ศึกษาด้วยโมเดลฯส่งผลให้คะแนนสอบหลังเรียนมีค่าสูงขึ้น

3. การใช้โมเดล (Model use)

การใช้โมเดล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการใช้โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม ศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมในการใช้โมเดลที่ประสบความสำเร็จ และศึกษาผลสำเร็จของการใช้โมเดลฯ มีรายละเอียดในการดำเนินการศึกษาดังนี้

3.1 ศึกษากระบวนการใช้โมเดลฯ

ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการใช้โมเดลฯ จากการบันทึกการใช้โมเดลฯของผู้เรียน การถอดโปรโตคอลแบบสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับการใช้โมเดลฯ สามารถสรุปกระบวนการใช้โมเดลฯแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะได้แก่

ลักษณะที่ 1 พบว่า เป็นกลุ่มผู้เรียนที่มีความรู้เดิมอยู่ในระดับดี เกี่ยวกับหลักการทฤษฎี(Declarative knowledge)เช่น ความรู้รูปแบบไวยากรณ์ภาษา C++ แต่ขาดความรู้ที่เป็นกระบวนการ (Procedural Knowledge) เช่น ความรู้ที่มีลักษณะที่เป็นแผนงานหรือสคริปต์แนวคิดในการเขียนโปรแกรม ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จะพบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลโดยเลือกเข้าศึกษาบางองค์ประกอบ จะสังเกตเห็นว่าการเลือกองค์ประกอบเป็นตามลำดับโดยเลือกแต่ละองค์ประกอบเพียงหนึ่งครั้ง ดังตัวอย่างเช่น เมื่อทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนส่วนใหญ่ เลือกใช้องค์ประกอบ ฐานความช่วยเหลือ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เครื่องมือทางปัญญา เพื่อเติมเต็มความรู้ที่เป็นกระบวนการ ซึ่งช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาตามภารกิจการเรียนรู้ได้ สังเกตได้ว่าไม่ได้เข้าไปศึกษาธนาคารความรู้ กรณีใกล้เคียง และห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม

ลักษณะที่ 2 พบว่า เป็นกลุ่มผู้เรียนที่มีความรู้เดิมเกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎีและความรู้ที่เป็นกระบวน การอยู่ในระดับปานกลาง จะพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีการใช้โมเดลโดยเลือกเข้าศึกษาเกือบทุกองค์ประกอบ จะสังเกตเห็นว่าการเลือกองค์ประกอบเป็นตามลำดับ ดังตัวอย่างเช่น เมื่อทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนส่วนใหญ่เลือกใช้องค์ประกอบ ฐานความช่วยเหลือ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เครื่องมือทางปัญญา เพื่อเติมเต็มความรู้ที่เป็นกระบวนการ ซึ่งช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาตามภารกิจการเรียนรู้ได้ระดับหนึ่ง ผู้เรียนเลือกองค์ประกอบกรณีใกล้เคียง หรือ องค์ประกอบธนาคารความรู้ เพื่อเติมเต็มความรู้ที่เป็นหลักการ ทฤษฎี ซึ่งสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาตามภารกิจการเรียนรู้ได้

ลักษณะที่ 3 พบว่า เป็นกลุ่มผู้เรียนที่มีความรู้เดิมทั้งที่เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎีและความรู้ที่เป็นกระบวนการ อยู่ในระดับต่ำ จะพบว่า ผู้เรียนมีการใช้โมเดลโดยเลือกเข้าศึกษาเกือบทุก ๆองค์ประกอบ และเข้าไปศึกษาในแต่ละองค์ประกอบหลายครั้ง บางครั้งเลือกสลับไปมาหลายรอบ เพื่อทำความเข้าใจ จะสังเกตเห็นว่า การเลือกองค์ประกอบไม่เป็นไปตามลำดับที่คงที่ ดังตัวอย่างเช่น เมื่อทำการศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาตามภารกิจได้ ต่อมาผู้เรียนส่วนใหญ่ เลือกใช้องค์ประกอบ ฐานความช่วยเหลือ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เครื่องมือทางปัญญา กรณีใกล้เคียง และธนาคารความรู้ โดยเลือกแต่ละองค์ประกอบหลายรอบซ้ำ ๆหรือ

บางครั้งสลับไปมา เพื่อเติมเต็มความรู้ที่เป็นหลักการ ทฤษฎี และความรู้ที่เป็นกระบวนการ ซึ่งช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาตามภารกิจการเรียนรู้ได้

จากการสังเกตการใช้โมเดลฯของผู้เรียนเห็นได้ว่า ผู้เรียนเกือบทุกกลุ่มเลือกองค์ประกอบฐานความช่วยเหลือ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมในการแก้ปัญหาเพราะองค์ประกอบฐานความช่วยเหลือ แนะนำแนวความคิดและความรู้ในการแก้ไขปัญหาเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา(Problem domain) แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เป็นองค์ประกอบที่ช่วยผู้เรียนในการระดมสมองช่วยกันแก้ไขปัญหา แบ่งปันความรู้ในโจทย์ที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้หรือปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้รับคำแนะนำในการแก้ปัญหาที่ดี องค์ประกอบเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมนั้นผู้เรียนทุกกลุ่มจะเลือกใช้ตัวแปลภาษา C++เพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมเพื่อตรวจสอบกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาของผู้เรียน สำหรับองค์ประกอบอื่น ๆผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาตามความต้องการตามศักยภาพของตนได้อย่างอิสระและยืดหยุ่น

3.2 การศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมในการใช้โมเดลที่ประสบความสำเร็จ

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมในการใช้โมเดลที่ประสบความสำเร็จ จากการสำรวจบริบทการใช้โมเดลฯของผู้เรียน และบริบทการใช้โมเดลฯของผู้สอน สามารถสรุปได้ดังนี้

3.2.1 ด้านผู้เรียน พบว่า คุณลักษณะของผู้เรียนที่ช่วยเอื้อให้การใช้โมเดลที่ประสบความสำเร็จประกอบด้วย

3.2.1.1 คุณลักษณะผู้เรียนที่เหมาะสม ได้แก่ การเข้าชั้นเรียนและฝึกปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ และตรงเวลา มีความตั้งใจเรียนและมีความพึงพอใจในการเรียนรู้ด้วยโมเดลฯ

3.3.1.2 ความรู้ พบว่า ผู้เรียนควรมีความรู้ทั้ง 2 ลักษณะ คือ ความรู้เดิมเกี่ยวกับทฤษฎีหลักการโปรแกรม ได้แก่ การเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง การพัฒนาโปรแกรมภาษา C++ และความรู้ในการปฏิบัติกับระบบคอมพิวเตอร์

3.2.2 ด้านผู้สอน พบว่า คุณลักษณะของผู้สอนที่ช่วยส่งเสริมให้การใช้โมเดลที่ประสบความสำเร็จ ประกอบด้วย

3.2.2.1 คุณลักษณะทั่วไปผู้สอน ได้แก่ มีทักษะในการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ มีประสบการณ์ในการสอนเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม ในระดับดี โดยเฉพาะเรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง เขียนโปรแกรมภาษา C++ และมีความรับผิดชอบในการสอน

3.2.2.2 ความสามารถทางด้านการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ ความสามารถในการวางแผนการจัดการเรียนการสอน การเลือกกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อหรือแหล่งการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียน

3.2.2.3 การสนับสนุนของผู้สอน พบว่า การใช้โมเดลที่ประสบความสำเร็จผู้สอนต้องเสียสละอุทิศเวลาเพิ่มมากขึ้นกว่าการสอนปกติ เช่น การจัดเตรียมความพร้อมด้านต่าง ๆ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ ฯ การวางแผนการจัดการเรียนการสอนที่ใช้โมเดลฯ การกำกับติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน การตรวจผลงานฯลฯ

3.2.3 ด้านสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนการใช้โมเดลฯ ควรเตรียมสภาพแวดล้อมในการใช้โมเดลฯเช่น ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงเพื่อรองรับการใช้โมเดลฯ ห้องเรียน ที่นั่ง แสงสว่าง เสียง ให้เหมาะสม

3.2.4 ด้านบริบทการถ่ายโยง พบว่า

3.2.4.1 การสนับสนุนของผู้บริหารและผู้ร่วมงาน ผู้บริหารและผู้ร่วมงานควรให้การสนับสนุนการใช้โมเดลฯในการเรียนการสอน

3.2.4.2 การถ่ายโยง ผู้บริหารควรมีการสนับสนุนค่าใช้จ่ายหรืองบประมาณสำหรับการพัฒนาและการใช้โมเดลฯรวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆโดยเฉพาะระบบคอมพิวเตอร์ให้มีประสิทธิภาพ

3.3 การศึกษาผลสำเร็จของการใช้โมเดลฯ

ผู้วิจัยได้ศึกษาผลสำเร็จของการใช้โมเดลฯ จากการถอดโปรโตคอลแบบสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับความเข้าใจโปรแกรม การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา CT212 โครงสร้างโปรแกรม เรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง และสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ สามารถสรุปได้ดังนี้

3.3.1 ความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียน พบว่า กระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ 1 พบว่า ผู้เรียนสร้างความเข้าใจโปรแกรมแบบล่างขึ้นบนตามกรอบของ Pennington(1987) เริ่มจากสิ่งแทนภายนอก(External representation)ได้แก่คำสั่งโปรแกรม (Program code) ที่ผู้เรียนเพ่งพินิจ(Scan) และให้ความสนใจกับคำที่มีลักษณะเด่น (Beacon)ได้แก่ชื่อฟังก์ชัน ชื่อตัวแปร หรือคำเฉพาะ(Reserved word) ต่อจากนั้นผู้เรียนจะเริ่มสร้างสิ่งแทนความเข้าใจโปรแกรม(Program model) โดยนำชื่อหรือคำที่สนใจมาจับคู่ (Match)กับความรู้เดิมที่มีอยู่เป็นความรู้รูปแบบไวยากรณ์(Syntactic knowledge)เพื่อสร้างสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งเป็นโครงสร้างขนาดเล็ก(Microstructure) จากนั้นผู้เรียนพิจารณาคำสั่งต่อ ๆไปตามลำดับเพื่อสร้างสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งเป็นกลุ่ม(Chunk) เช่นกลุ่มของคำสั่งที่เป็นโครงสร้าง หรือกลุ่มของการประกาศตัวแปรที่มีหลาย ๆคำสั่งที่ปรากฏในเอกสารโปรแกรม ซึ่งเรียกว่าโครงสร้างขนาดใหญ่(Macrostructure) ในขณะเดียวกันการสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์เริ่มเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนพยายามนำความรู้เดิมที่มีลักษณะเป็นแผนงาน (Plan knowledge)หรือแนวคิดในการเขียนโปรแกรม(Programming concepts) มาจับคู่กับสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งที่สร้างขึ้นเพื่อสร้างแผนงานในระดับที่สูงขึ้น(Higher order plans) ได้แก่วัตถุประสงค์ย่อย(Subgoal)ของคำสั่งหรือสมมุติฐาน(Hypothesis) จะพบว่าผู้เรียนจะกระทำกระบวนการทำความเข้าใจ(Comprehension process)อย่างต่อเนื่องและท้ายสุดผู้เรียนสามารถสร้างสิ่งแทนความเข้าใจโปรแกรม(Program model)อยู่ในรูปของทิศทางหรือกระแสควบคุม(Control flow)ที่แสดงกระบวนการทำงานของคำสั่ง(Procedural) และสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์(Situation

model)ที่มีลักษณะเป็นภาพกระแสของข้อมูล(Dataflow view)ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการทำงานของคำสั่ง จนกระทั่งผู้เรียนสามารถสรุปหน้าที่ของโปรแกรมได้(Functional)

ลักษณะที่ 2 พบว่า ผู้เรียน สร้างความเข้าใจโปรแกรมแตกต่างจากกรอบของ Pennington(1987) เริ่มจากสิ่งแทนภายนอก(External representation)ได้แก่คำสั่งโปรแกรม (Program code) ที่ผู้เรียนเพ่งพินิจ(Scan)และให้ความสนใจกับคำที่มีลักษณะเด่น (Beacon)ได้แก่ชื่อฟังก์ชัน ชื่อตัวแปร หรือคำเฉพาะ(Reserved word) ต่อจากนั้นผู้เรียนจะเริ่มสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์(Situation model)ก่อน โดยนำชื่อหรือคำที่สนใจไปเชื่อมโยง (Match)กับความรู้เดิมที่มีอยู่เป็นประสบการณ์ที่เกี่ยวกับปัญหา(Domain knowledge)ที่คุ้นเคย ผู้เรียนสามารถคาดเดาหรือตั้งสมมุติฐานถึงเหตุการณ์หรือวัตถุประสงค์ของกระบวนการทำงานของโปรแกรม(Functional)ได้โดยทันที ต่อจากนั้นผู้เรียนจะเริ่มตรวจสอบความถูกต้องของสมมุติฐาน(Hypothesis)ที่ได้คาดเดาไว้ โดยนำชื่อหรือคำที่สนใจมาจับคู่ (Match)กับความรู้เดิมที่มีอยู่เป็นความรู้รูปแบบไวยากรณ์(Syntactic knowledge)เพื่อสร้างสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งเป็นโครงสร้างขนาดเล็ก(Microstructure) จากนั้นผู้เรียนพิจารณาคำสั่งต่อ ๆไปตามลำดับเพื่อสร้างสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งเป็นกลุ่ม(Chunk) เช่นกลุ่มของคำสั่งที่เป็นโครงสร้าง หรือกลุ่มของการประกาศตัวแปรที่มีหลาย ๆคำสั่งที่ปรากฏในเอกสารโปรแกรม ซึ่งเรียกว่าโครงสร้างขนาดใหญ่ (Macrostructure) ในขณะเดียวกันการสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์เริ่มเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนพยายามนำความรู้เดิมที่มีลักษณะเป็นแผนงาน (Plan knowledge)หรือแนวคิดในการเขียนโปรแกรม(Programming concepts) มาจับคู่กับสิ่งแทนความเข้าใจคำสั่งที่สร้างขึ้นเพื่อสร้างแผนงานในระดับที่สูงขึ้น(Higher order plans) ได้แก่วัตถุประสงค์ย่อย(Subgoal)ของคำสั่งหรือสมมุติฐาน(Hypothesis) จะพบว่าผู้เรียนจะกระทำกระบวนการทำความเข้าใจ(Comprehension process)อย่างต่อเนื่องและท้ายสุดผู้เรียนสามารถสร้างสิ่งแทนความเข้าใจโปรแกรม(Program model)อยู่ในรูปของทิศทางหรือกระแสควบคุม(Control flow)ที่แสดงกระบวนการทำงานของคำสั่ง(Procedural) และสร้างสิ่งแทนความเข้าใจสถานการณ์(Situation model)ที่มีลักษณะเป็นภาพกระแสของข้อมูล(Dataflow view)ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการทำงานของคำสั่ง จนกระทั่งผู้เรียนสามารถสรุปหน้าที่ของโปรแกรมได้(Functional)

กระบวนการทำความเข้าใจโปรแกรมของผู้เรียนที่มีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความรู้กระบวนการ(Procedural knowledge)ได้แก่ความรู้แผนงานหรือสคริปต์ แนวคิดในการพัฒนาโปรแกรม ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาซึ่งเป็นความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ ถ้าผู้เรียนมีความรู้กระบวนการในระดับที่ดีจะสามารถนำชื่อหรือคำที่สนใจในโปรแกรมจับคู่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถคาดเดาและสร้างสิ่งแทนความรู้สถานการณ์ได้ แตกต่างจากผู้เรียนที่ไม่มีความรู้กระบวนการที่ต้องสร้างสิ่งแทนความรู้โปรแกรมและสิ่งแทนความรู้สถานการณ์อย่างเป็นลำดับจนกระทั่งสามารถเข้าใจโปรแกรมได้ในที่สุด

3.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา CT212 เรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง

ผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาภาคปกติ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีการศึกษา 2552 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 23 คน ทำการทดสอบก่อนและหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกัน เป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 10 ข้อ ๆละ 3 คะแนน รวม 30 คะแนน ได้ผลทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงคะแนนทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง ในระยะที่ 3

คนที่	คะแนนทดสอบก่อนเรียน	คะแนนทดสอบหลังเรียน
1	6	21
2	15	27
3	6	6
4	9	12
5	9	9
6	9	21
7	9	27
8	15	27
9	12	21
10	9	12
11	9	24
12	12	27
13	9	27
14	12	27
15	15	21
16	0	15
17	9	15
18	9	18
19	24	30
20	24	30
21	15	27

ตารางที่ 4.11 แสดงคะแนนทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เรื่องการเขียนโปรแกรมเรียกตัวเอง ในระยะที่ 3(ต่อ)

คนที่	คะแนนทดสอบก่อนเรียน	คะแนนทดสอบหลังเรียน
22	15	30
23	9	27
$\sum X$	261	501
$\overline{X}$	11.35	21.78
S.D.	1.09	1.47

จากตารางที่ 4.11 พบว่า คะแนนเฉลี่ยการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันโดยคะแนนเฉลี่ยการทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 11.35 มีค่าน้อยกว่าคะแนนเฉลี่ยการทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 21.78

3.3.3 ความคิดเห็นของผู้เรียนที่เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ จากการรวบรวมความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยโมเดลฯ ด้านการใช้โมเดลฯ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ สามารถสรุปได้ดังนี้

3.3.3.1 ด้านการใช้โมเดลฯ พบว่า ผู้เรียนสามารถเลือกใช้องค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่สถานการณ์ปัญหา ฐานความช่วยเหลือ กรณีใกล้เคียง แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ธนาคารความรู้ ห้องปฏิบัติการส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม และเครื่องมือส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมได้ง่าย เพราะโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรมมีการออกแบบเป็นมาตรฐานที่ดี มีการจัดวางตำแหน่งการใช้งานที่เหมาะสมชัดเจนทำให้ผู้เรียนใช้งานได้สะดวก ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนรู้โดยใช้องค์ประกอบต่าง ๆของโมเดลฯได้อย่างอิสระ และช่วยส่งเสริมและสนับสนุนผู้เรียนให้เข้าใจโปรแกรมเรียกตัวเองได้เป็นอย่างดี

3.3.3.2 ด้านประโยชน์ที่ได้รับ พบว่า โมเดลฯมีความสมบูรณ์ในตนเอง เป็นเครื่องมือในการช่วยเหลือและเป็นแหล่งการเรียนรู้ที่สำคัญของผู้เรียน ซึ่งเปิดโอกาสให้เกิดการปฏิสัมพันธ์(Interactive) ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผู้เรียนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนกับเนื้อหาบทเรียนที่นำเสนอในรูปแบบของสื่อประสม ผู้เรียนมีอิสระในการเข้าถึงข้อมูลได้ทั่วโลกโดยไม่มีข้อจำกัดทางสถานที่และเวลาของการเรียนรู้บนเครือข่าย ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ตามความพร้อมความถนัดและความสนใจของตน