บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะนำเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ 1. หลักการประเมินผลการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ 2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 3. การประเมินตามสภาพจริง 4. ความลึกในการเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์ 5. การจัดการเรียนรู้แบบ Concept Attainment Model 6. การจัดการเรียนรู้แบบ Cognitive Guided Instruction และ 7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. หลักการประเมินผลการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์

ในทางคณิตศาสตร์มีหลักในการประเมินผลหลากหลายวิธี การประเมินผลด้านความคิดรวบยอดมีหลักในการประเมินผลดังที่สมาคมครูคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (NCTM, 1989, 223) กล่าวถึงการประเมินผลความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ว่าครูควรให้แน่ใจว่านักเรียนสามารถทำสิ่งต่อไปนี้ได้ 1. อธิบายและให้นิยามความคิดรวบยอดได้ 2. ยกตัวอย่างที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับความคิดรวบยอดนั้นได้ 3. ใช้แบบรูป แผนภาพ และสัญลักษณ์เพื่อนำเสนอความคิดรวบยอดได้ 4. แปลงการนำเสนอความคิดรวบยอดจากแบบหนึ่งไปยังอีกแบบหนึ่งได้ 5. จดจำความหมายและรูปแบบที่หลากหลายของความคิดรวบยอดได้ 6. บอกลักษณะโดยทั่วไปของความคิดรวบยอดนั้นได้และจดจำเงื่อนไขที่ทำให้ความคิดรวบยอดนั้นมีลักษณะเฉพาะได้ 7. บอกความเหมือนและความต่างของแต่ละความคิดรวบยอดได้

นอกจากนี้ในการประเมินผลทางด้านคณิตศาสตร์ควรมีหลักการ ดังที่สมาคมครูคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000, 22-24) กล่าวว่า 1. การประเมินผลควรจะเป็นการสนับสนุนการเรียนรู้ในเนื้อหาสำคัญทางคณิตศาสตร์และให้ข้อมูลที่สำคัญและมีประโยชน์สำหรับนักเรียนและครู 2. การประเมินผลควรเป็นการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน 3. การประเมินผลเป็นเครื่องมือที่มีคุณค่าในการตัดสินใจของครูเพื่อเลือกวิธีสอน 4. การประเมินผลควรเป็นกิจกรรมต่อเนื่องในชั้นเรียนมากกว่าการทำให้กิจกรรมในชั้นเรียนหยุดชะงัก 5. การประเมินผลไม่เพียงถูกทำขึ้นเพื่อใช้กับนักเรียนแต่ควรจะทำขึ้นสำหรับพัฒนานักเรียน นอกจากนี้สมาคมครูคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดมาตรฐานในการประเมินผลด้านคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้ 1. สะท้อนแนวคิดทางด้านคณิตศาสตร์ที่นักเรียนควรรู้และสามารถทำได้ 2. พัฒนาการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ 3. มีความเสมอภาค 4. เป็นกระบวนการที่เปิดเผย 5. แสดงให้เห็นข้อสรุปที่น่าเชื่อถือ 6. เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่อง

Billstein (1998, 282-286) กล่าวถึงโครงการ STEM (The Six Throught Eight Mathematics) ของสถาบันวิทยาศาสตร์ชาติ (National Science Foundation) ของมหาวิทยาลัยมอนตานา ในสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นหลักสูตรสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกล่าวถึงการประเมินผลเพื่อยกระดับความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของหลักสูตรโดยมีหลักในการประเมินผลดังนี้

1. การประเมินผลควรเป็นการพัฒนาการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายเดิม ผลของการประเมินควรเป็นข้อมูลสำหรับครูเพื่อการสอนในลำดับต่อไป

2. การประเมินผลควรเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสอนไม่ใช่ประเมินหลังจากจบการเรียนการสอน

3. ข้อมูลจากการประเมินผลควรมาจากงานที่มอบหมายให้นักเรียนทำในกระบวนการสอนและข้อมูลการประเมินผลควรส่งผลต่อการสอนในครั้งต่อไป

4. การประเมินผลควรรวมอยู่ในกิจกรรมการแก้ปัญหาแบบเปิด (Open-ened problem)ของนักเรียน

5. การประเมินผลควรสะท้อนให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้เนื้อหาในชีวิตจริงแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถประยุกต์ใช้เนื้อหาในชีวิตจริงได้ในหลาย ๆบริบท แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแยกแยะปัญหา รวบรวมและจัดการกับข้อมูลได้อย่างเหมาะสม ตั้งสมมุติฐานจากข้อมูล สร้างแบบรูปที่เหมาะสม ประเมินค่าและปรับปรุงแบบรูป และถ่ายทอดผลโดยการเขียนและการใช้ภาษาพูด

6. การประเมินผลควรยินยอมให้ใช้เทคโนโลยีอย่างสมบูรณ์แบบ การประเมินผลความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ใช่ทักษะการคำนวณควรยอมให้นักเรียนใช้เครื่องมือหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสม

7. การประเมินผลควรใช้วิธีการที่หลากหลาย

STEMใช้เทคนิคที่หลากหลายในการประเมินผล เช่น กิจกรรมการสรุปเนื้อหา บันทึกของนักเรียน การสำรวจจากการทำกิจกรรม การแก้ปัญหา และการทำรายงานผลงานของนักเรียน (portfolio)

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค

ในการประเมินผลเพื่อให้คะแนนกรณีที่ข้อสอบเป็นแบบอัตนัยสามารถให้คะแนนโดยแบ่งเป็นระดับคะแนนดังที่ภาควิชาการศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐแคลิฟอร์เนีย(California State Department of Education, 1989 : Online) พัฒนาการให้คะแนนแบบรูบริคสำหรับคณิต ศาสตร์(Rubric for Math) โดยแบ่งระดับคะแนนเป็น 6 ระดับ คือ 6 5 4 3 2 1 มีรายละเอียดดังนี้

ระดับ 6 *ตอบแบบน่ายกย่อง* (Examplary response) โดยให้คำตอบสมบูรณ์ ชัดเจน มีเหตุมีผล ไม่คลุมเคลือและอธิบายได้ดีเยี่ยม ซึ่งรวมถึงการใช้แผนผังประกอบการอธิบายชัดเจน อ่านง่าย สามารถสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เพื่อตอบคำถาม จำแนกส่วนประกอบสำคัญทั้งหมดของปัญหา ยกตัวอย่างที่ใช่ และไม่ใช่ มีข้อมูลสนับสนุนชัดเจนและหนักแน่น

ระดับ 5 *ตอบโดยมีข้อมูลเพียงพอ* (Competent response) อธิบายชัดเจน มีเหตุมีผลและสมบูรณ์ ใช้แผนผังประกอบการอธิบายได้เหมาะสม สื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับ

แนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เพื่อตอบคำถาม จำแนกส่วนประกอบที่สำคัญโดยส่วนใหญ่ของปัญหามีข้อมูลสนับสนุนเพียงพอ

ระดับ 4 *ตอบโดยมีข้อบกพร่องเล็กน้อย* แต่มีข้อมูลน่าพอใจ (Minor Flaws But Satisfactory) ตอบคำถามถูกต้อง ครบถ้วน แต่อธิบายสับสน ข้ออ้างหรือข้อสนับสนุนไม่สมบูรณ์ แผนผังประกอบการอธิบายไม่เหมาะสม หรือไม่ชัดเจน แสดงความเข้าใจแนวคิดทางด้านคณิตศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานในการตอบคำถาม ใช้แนวคิดทางด้านคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระดับ 3 *ตอบโดยมีข้อบกพร่องมากแต่ค่อนข้างพอใช้* (Serious Flaws But Nearly Satisfactory) เริ่มต้นในการตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่ตอบคำถามบางคำถาม แสดงออกถึงความไม่เข้าใจแนวคิดหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คำนวณผิด นำความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ไปใช้ผิด แก้ปัญหาผิดวิธี

ระดับ 2 *เริ่มต้นได้แต่แก้ปัญหาไม่ได้* (Begins, But Fails to Complete Problem) อธิบายไม่เข้าใจ ใช้แผนผังประกอบการอธิบายไม่ชัดเจน แสดงถึงการไม่เข้าใจคำถาม คำนวณผิด

ระดับ 1 *ไม่สามารถเริ่มต้นแก้ปัญหาได้* (Unable to Begin Effectively) คำตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม นำเสนอข้อมูลที่ไม่เกี่ยวกับคำถามหรือไม่ตอบคำถาม

3. การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment)

การประเมินผลตามสภาพจริงเป็นการประเมินผลอีกลักษณะหนึ่งที่เหมาะสมกับการสอนตามสภาพจริงและการสอนที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาและสำหรับการประเมินผลทางด้านคณิตศาสตร์ ลักษณะของการประเมินผลตามสภาพจริงกล่าวโดย Wiggins (1989, 141-147) นักวิจัยและผู้ให้คำปรึกษา ผู้ที่สนใจเรื่องการประเมินผลตามสภาพจริง และ Mueller (2003, Online) ศาสตราจารย์ทางด้านจิตวิทยาที่วิทยาลัยนอร์ทเซ็นทรัล (North Central College) มีรายละเอียดเกี่ยวกับการประเมินผลตามสภาพจริงว่ามีลักษณะที่สำคัญอยู่ 4 ลักษณะ คือ1. เป็นการประเมินผลที่ดูจากความสามารถที่แสดงออกของนักเรียนอย่างแท้จริง 2. เป็นการประเมินผลที่ดูจากการประยุกต์ใช้เนื้อหา 3. เปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินตนเอง 4. นักเรียนมีโอกาสที่จะแสดงความสามารถต่อสาธารณะชนโดยใช้ภาษาพูด ซึ่งสอดคล้องกับอุทุมพร จามรมาน(2540, 2) ที่ให้รายละเอียดเรื่องการประเมินตามสภาพจริงแต่ใช้คำว่าการตีค่าที่แท้จริงซึ่งมาจากคำว่า Authentic Assessment ไว้ว่า การประเมินตามสภาพจริง หมายถึง การวัดและประเมินกระบวนการทำงานของสมองและจิตใจของผู้เรียนอย่างตรงไปตรงมาตามสิ่งที่เขาทำ โดยพยายามตอบคำถามว่าเขาทำอย่างไรและทำไมจึงทำอย่างนั้น การได้ข้อมูลว่า " เขาทำอย่างไร " (How) และ " ทำไม "(Why) จะช่วยให้ผู้สอนช่วยผู้เรียนพัฒนาการเรียนของผู้เรียนและการสอนของผู้สอน ทำให้การเรียนการสอนมีความหมายและทำให้ผู้เรียนเกิดการอยากเรียนรู้ต่อไป อุทุมพรกล่าวถึงลักษณะการประเมินตามสภาพจริงดังนี้ 1. มีการออกแบบการประเมินความสามารถ (Performance) ที่แทนความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้ เช่น ประเมินการเขียนของผู้เรียนจากที่เขียนจริง ประเมินการทดลองทาง

วิทยาศาสตร์จากที่ทำจริงมิใช่การดูวีดีโอ หรือ สมมุติสถานการณ์ขึ้น 2. เกณฑ์ในการตัดสินได้มาจากการกำหนดร่วมกันระหว่าง ผู้เรียน ผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องอื่น 3. การประเมินโดยผู้เรียนเองเป็นสำคัญ 4. ผู้เรียนจะต้องนำเสนอผลงานของตนต่อสาธารณชน และนำเสนอด้วยตนเอง 5.ใช้เวลานานในการได้ข้อมูลเพื่อประมวลผล

จากความหมายของการประเมินตามสภาพจริงพอจะสรุปลักษณะสำคัญของการประเมินตามสภาพจริงได้ว่า 1. เป็นการประเมินผลที่ดูจากความสามารถจริงของนักเรียนจากการลงมือทำระหว่างเรียน จากการเขียนของนักเรียน เป็นต้น 2. เป็นการประเมินผลที่ดูจากพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกโดยไม่ได้เสแสร้ง 3. ให้นักเรียนประเมินตนเอง 4. ให้นักเรียนมีโอกาสแสดงความสามารถต่อสาธารณะ 5. เป็นการประเมินผลที่ดูจากการประยุกต์ใช้เนื้อหา

ในการนำการประเมินตามสภาพจริงมาปรับใช้ในโรงเรียนนั้น มีมาตรฐานในการดำเนินการดังที่ Newman; & Wehlage (1995, Online) กล่าวถึงมาตรฐานของการประเมินตามสภาพจริงซึ่งมีทั้งหมด 7 มาตรฐานดังนี้

1. สร้างข้อมูล (Organization of Information) เป็นงานที่ให้นักเรียน สร้าง สังเคราะห์ ทำความเข้าใจ อธิบาย หรือตีค่าข้อมูลที่ซับซ้อนในแง่ความคิดรวบยอด ปัญหาหรือประเด็น

2. การพิจารณาทางเลือก (Consideration of Alternatives) เป็นงานที่ให้นักเรียนพิจารณาเพื่อเลือกคำตอบ วิธีการในการหาคำตอบ มุมมองที่เกี่ยวกับความคิดรวบยอด ปัญหา หรือประเด็น

3. ด้านเนื้อหา (Disciplinary Content) เป็นงานเพื่อให้นักเรียนแสดงความเข้าใจ หรือการนำไปใช้ในด้าน แนวคิด ทฤษฎีหรือมุมมองที่มีต่อเนื้อหาในเชิงลึก

4. จุดเน้นของวิชา (Disciplinary Focus) เป็นงานเพื่อให้นักเรียนใช้วิธีการในการได้มาซึ่งคำตอบ การวิจัยหรือลักษณะการสื่อสารที่บ่งบอกถึงความถนัดและเชี่ยวชาญ

5. ความละเอียดละออในการเขียน (Elaborated Written Communication) เป็นงานเพื่อทดสอบความเข้าใจ การอธิบายหรือการเขียนบทสรุป

6. ปัญหาที่เชื่อมโยงกับโลกจริงนอกห้องเรียน (Problem Connected to The World Beyond the Classroom) เป็นงานที่ให้นักเรียนเขียนความคิดรวบยอด ปัญหาหรือประเด็นที่เกี่ยวกับชีวิตจริงที่นักเรียนเคยพบ

7. ผู้รับฟังนอกโรงเรียน (Audience Beyond the School) เป็นงานที่ให้นักเรียนเผยแพร่ความรู้ การนำเสนอผลงานหรือความสามารถ หรือ การทำกิจกรรมต่อผู้อื่น นอกเหนือจาก ครู เพื่อนร่วมชั้น หรือกิจกรรมของโรงเรียน

นอกจากนี้กรมวิชาการ (2543, 4) กล่าวถึงการประเมินตามสภาพจริงว่าการประเมินผลในลักษณะนี้ต้องประเมินให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนตามสภาพจริง เป็นการประเมินที่ต้องต่อเนื่องและเป็นธรรมชาติ โดยกรมวิชาการได้กล่าวถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลตามสภาพจริงไว้ดังนี้ 1. ผู้ประเมินผล

คือ ผู้เรียน ครู เพื่อน ผู้ปกครอง ผู้เกี่ยวข้อง 2. วิธีการประเมินผลใช้ การสังเกต สัมภาษณ์ ตรวจงาน ทดสอบ 3. สิ่งที่ประเมิน คือ คุณลักษณะของผู้เรียน เช่น ความรู้ ความคิด กระบวนการเรียนรู้ การทำงาน เจตคติ ความสามารถ ทักษะ 4. ระยะเวลาที่ประเมินผล คือ ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน 5. ประเมินผลจากผลงาน เช่น โครงงาน รายงาน แบบทดสอบ แฟ้มสะสมงาน หลักฐาน ร่องรอย

การประเมินตามสภาพจริงเป็นการประเมินที่ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมมาก ทำให้นักเรียนพอใจกับวิธีการประเมินผลเพราะเห็นว่ามีความเป็นธรรม ดังงานวิจัยของ Pfeifer (2002, Abstract) ศึกษาผลการใช้การประเมินตามสภาพจริงและการสอนตามสภาพจริงในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 6 และศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการสอนตามปกติกับการสอนและการประเมินตามสภาพจริง ผลการศึกษาปรากฏว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการประเมินตามสภาพจริงมากกว่าการประเมินผลโดยวิธีปกติ และมีผลการเรียนในห้องเรียนที่มีการสอนตามสภาพจริงดีกว่าห้องที่สอนโดยวิธีปกติ อีกทั้งอรพินท์ คันธาเวช (2544, บทคัดย่อ) ศึกษาเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากการประเมินตามสภาพจริงพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในการประเมินตามสภาพจริงอยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกับรุ่งนภา สดสะอาด (2546, บทคัดย่อ) ศึกษาเรื่องการประเมินตามสภาพจริงในรายวิชาการปลูกพืชผักสวนครัวในช่วงชั้นที่ 3 พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อวิธีการนี้เพราะเห็นว่าทำให้เกิดความชัดเจนในการประเมินผล นอกจากนี้ Pandy(1990, Online) กล่าวว่าในทางคณิตศาสตร์การประเมินตามสภาพจริงทำให้สามารถทำนายความสามารถของผู้เรียนได้ดีขึ้น โดยสามารถทำได้ดังนี้ การสังเกตในขณะที่พวกเขาเรียน การให้นักเรียนทำงาน การให้นักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น การสำรวจความสัมพันธ์ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ การสำรวจจากการทำงาน และการสำรวจว่าพวกเขาเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้งหรือไม่โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง ในขณะเดียวกันเมื่อผู้เรียนถูกประเมินโดยดูจากกิจกรรมในชั้นเรียน การทำงานกลุ่ม การสำรวจจากชิ้นงาน การเขียน การสอบแบบไม่เป็นรูปแบบ หรือการทดสอบใดก็ตามที่มีลักษณะเหมือนที่กล่าวในข้างต้น จะทำให้เห็นความสามารถของนักเรียนชัดเจนมากขึ้น และมีลักษณะเป็นกระบวนการเรียนรู้มากกว่าการทดสอบตามปกติ

การประเมินตามสภาพจริงสามารถนำไปใช้ได้กับนักเรียนทุกระดับ และเหมาะอย่างยิ่งกับการใช้การประเมินผลลักษณะนี้ควบคู่กับการสอนตามสภาพจริง ซึ่งเป็นผลมาจากงานวิจัยของ Drugo(1998, Abstract) ศึกษาเรื่องการวางแผนและการใช้เครื่องมือเพื่อประเมินตามสภาพจริง เป็นการศึกษาเพื่อขยายขอบข่ายของการประเมินตามสภาพจริงเพื่อทดสอบความเหมาะสมในการใช้การประเมินในลักษณะนี้จากที่นิวแมนเคยวิจัยไว้ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ ครู และนักเรียนที่ใช้การประเมินตามสภาพจริงและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ผลปรากฏว่าการประเมินตามสภาพจริงมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการประเมินนักเรียนในระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งขยายจากที่นิวแมนเคยวิจัยไว้คือในระดับเด็กเล็ก ผลการวิจัยนี้ยังสรุปได้อีกว่า การใช้การประเมินตามสภาพจริงตามมาตรฐานของนิวแมนเป็นวิธีการประเมินที่เหมาะสมสำหรับการสอนตามสภาพจริง

4. ความลึกในการเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์ (Mathematics Depth of Knowledge)

ในการสร้างแบบทดสอบทางคณิตศาสตร์การจัดลำดับความยากของปัญหาจะทำให้ ทราบระดับความเข้าใจของนักเรียนมากขึ้น ดังที่องค์การเครือข่ายผลิตเครื่องมือซึ่งเป็นองค์การในมหาวิทยาลัยวิสคอนซิล (Web Alignment Tool. 1999 : Online; Norman L Webb, 2002 : 4-6; Unit of student Assessment, 2006 : Online) กล่าวถึงระดับความลึกของความเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์เป็น 4 ระดับคือ

ระดับที่ 1 ระลึกได้ (Recall) เป็นระดับความเข้าใจในระดับ การจำนิยาม สูตร กฎ สมบัติต่างๆ รูปแบบ ข้อความจริง หรือการแสดงกระบวนการง่ายๆ หรือ การประยุกต์ใช้สูตรอย่างง่าย นั่นคือในทางคณิตศาสตร์ การอธิบายความหมาย การทำตามขั้นตอนที่มีอยู่แล้วเป็นลักษณะการปฏิบัติที่อยู่ในระดับนี้ คำสำคัญในระดับที่ 1 คือ ระบุ จำได้ ระลึกได้

ระดับที่ 2 ทักษะ หรือ ความคิดรวบยอด (Skill/Concept) เป็นระดับการใช้กระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมอง ในระดับนี้มีความต้องการให้นักเรียนตัดสินใจด้วยตนเองว่าจะแก้ปัญหาอย่างไร ในขณะที่ระดับที่ 1 ให้นักเรียนดำเนินการตามขั้นตอนที่มีอยู่แล้ว คำสำคัญเกี่ยวกับระดับที่ 2 คือ แยกประเภท สร้างประมาณ เก็บรวบรวมข้อมูล นำเสนอข้อมูล การเปรียบเทียบข้อมูล กระบวนการเหล่านี้มีมากกว่าหนึ่งขั้นตอน เช่นการตีความข้อมูลจากกราฟอย่างง่ายโดยการอ่านข้อมูลจากกราฟ แต่ถ้าเป็นการตีความหมายข้อมูลจากกราฟที่ซับซ้อนโดยอ่านข้อมูลและต้องทราบว่าจะนำข้อมูลที่ได้มาสรุปอย่างไรลักษณะเช่นนี้จะอยู่ในระดับ 3 ถึงแม้ว่าในระดับ 2 จะเกี่ยวกับทักษะแต่เป็นทักษะที่ไม่ยุ่งยากมากนัก แต่ถ้าทักษะบางอย่างเช่น ทักษะเกี่ยวกับความน่าจะเป็น อาจเป็นทักษะที่ยุ่งยากมากไปไม่อยู่ในระดับนี้ ลักษณะอื่นที่เกี่ยวกับระดับที่ 2 คือ การอธิบายเป้าหมาย การใช้กระบวนการเชิงทดลอง การสร้างข้อสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูล แยกประเภท สร้างและนำเสนอข้อมูลในรูป ตาราง กราฟเส้น หรือ แผนภาพ

ระดับที่ 3 มียุทธวิธีในการคิด (Strategic Thinking) เป็นระดับที่ต้องการให้นักเรียนให้เหตุผล การวางแผน การใช้หลักฐานเพื่อตัดสินใจ ในระดับนี้มีระดับการคิดสูงกว่าสองระดับแรก กิจกรรมที่ต้องการให้นักเรียนสร้างข้อคาดเดาอยู่ในระดับนี้ ระดับความรู้ที่ต้องการในระดับนี้จะซับซ้อนและเป็นนามธรรม กิจกรรมที่มีคำตอบที่เป็นไปได้มากกว่า 1 คำตอบและต้องการให้นักเรียนพิสูจน์ กิจกรรมลักษณะอื่นๆที่อยู่ในระดับ 3 คือ ให้นักเรียนหาข้อสรุปจากการสังเกตหลักฐานและอ้างเหตุผลอย่างสมเหตุสมผล อธิบายข้อเท็จจริงในรูปความคิดรวบยอด และใช้ความคิดรวบยอดเพื่อแก้ปัญหา

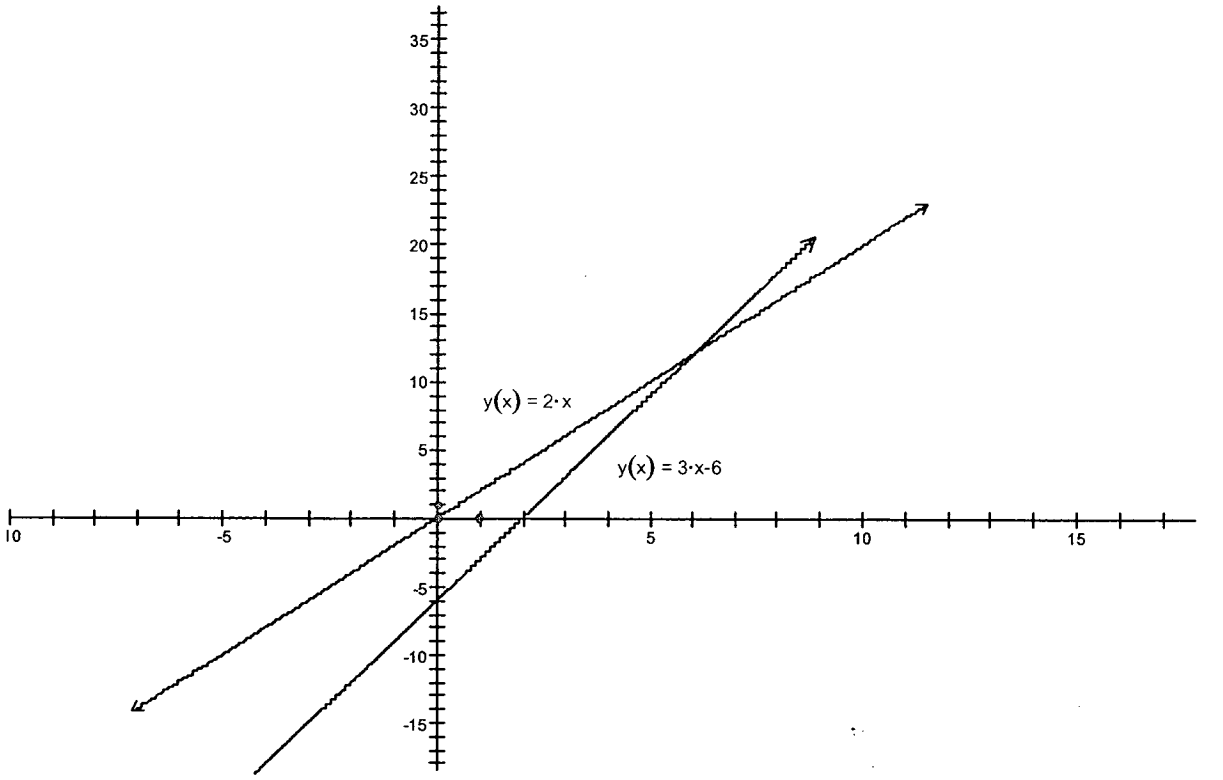
ระดับที่ 4 ขยายการคิด (Extended Thinking) เป็นขั้นที่ต้องการเหตุผลที่ซับซ้อนมากขึ้น การวางแผน การพัฒนา และการคิดส่วนใหญ่เป็นลักษณะการคิดที่ต้องใช้เวลา แต่การใช้เวลาไม่ใช่เงื่อนไขที่สำคัญถ้าการทำงานเป็นเพียงการทำงานซ้ำๆ และไม่เป็นการประยุกต์ใช้ความคิดรวบยอด และใช้การคิดในระดับสูง ตัวอย่างเช่น ถ้านักเรียนคนหนึ่งแค่วัดอุณหภูมิของน้ำและบันทึกทุกวันเป็นเวลาหนึ่งเดือนและสร้างกราฟ กิจกรรมลักษณะนี้จะอยู่ในระดับ 2 แต่ถ้านักเรียนศึกษาเรื่องแม่น้ำโดยเกี่ยวพันกับตัวแปรหลายตัวลักษณะเช่นนี้

อยู่ในระดับ 4 ในระดับ 4 การทำงานต้องใช้ลักษณะการคิดในขั้นสูงและงานต้องซับซ้อนมาก นักเรียนจำเป็นต้องสร้างความเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ของแนวคิดภายในเนื้อหา และระหว่างรายวิชา และต้องเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งจากหลายๆวิธีว่าจะแก้ปัญหาอย่างไรกิจกรรมในระดับ 4 เป็นกิจกรรมการออกแบบและการปฏิบัติการทดลอง การสร้างการเชื่อมโยงระหว่างความคิดรวบยอดและข้อเท็จจริง รวบรวมและสังเคราะห์แนวคิดไปสู่ความคิดรวบยอดใหม่ วิจารณ์รูปแบบการทดลอง

ตัวอย่างแบบทดสอบ ที่สอดคล้องระดับความลึกในการเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์

ตัวอย่าง 1 เรื่องสมการเชิงเส้นสองตัวแปร

กำหนดกราฟของสมการ $y = 2x$ และ $y = 3x-6$ ดังรูป จงตอบคำถามต่อไปนี้



<u>ระดับที่ 1 ระลึกได้</u> จากสมการ $y = 2x$ x มีค่าเป็นค่าใดจึงทำให้ ค่า y มีค่าเป็น 0 (1 คะแนน)

.....

.....

ระดับที่ 2 ทักษะ/กระบวนการ จากสมการ y = 3x - 6 เมื่อค่า x เพิ่มขึ้นค่า y มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรจงอธิบายวิธีคิด(3 คะแนน)

.....

.....

.....

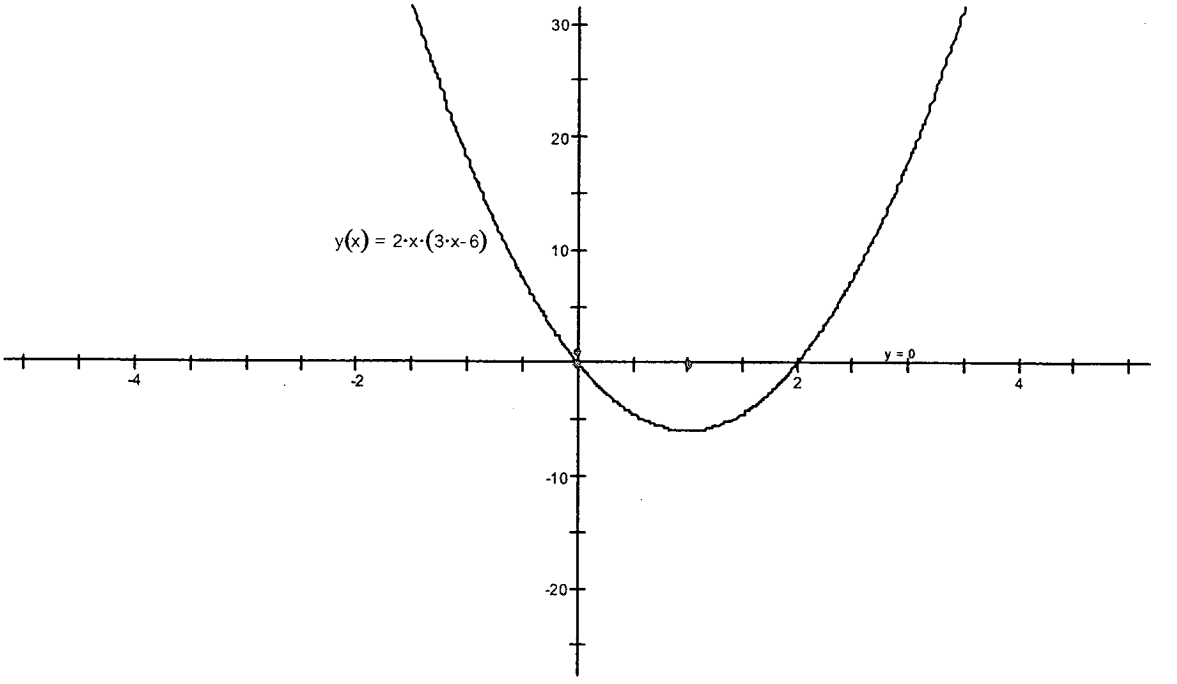
ระดับที่ 3 มียุทธวิธีในการคิด จากสมการ y = 2x ถ้า y แทนปริมาณของน้ำที่ควรใช้ ค่า x แทนค่าของอะไรได้บ้างในสถานการณ์จริงเพื่อให้สอดคล้องกับสมการ จงอธิบายเหตุผลที่เลือกสถานการณ์นั้นว่าสอดคล้องกับสมการอย่างไร (3 คะแนน)

.....

.....

.....

ระดับที่ 4 ขยายการคิด กำหนดกราฟของสมการ y = 2x(3x-6) ดังรูป จงแก้ระบบสมการ y = 2x(3x-6) และ y = 0 พร้อมทั้งอธิบายวิธีคิด (3 คะแนน)



.....

.....

.....

.....

ตัวอย่าง 2 เรื่องค่ากลางของข้อมูล

ผู้สมัครผู้ใหญ่บ้านสามคนออกหาเสียงเพื่อเป็นผู้ใหญ่บ้านของหมู่บ้านแห่งหนึ่ง แต่ละคนหารายได้ต่อครัวเรือนในแต่ละสัปดาห์และใช้ข้อมูลที่ได้สำหรับหาเสียง

นายสมหมายผู้สมัครหมายเลขหนึ่งกล่าวว่า "หมู่บ้านของเราเป็นหมู่บ้านที่ยอดเยี่ยมมากรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนในแต่ละสัปดาห์มีมากถึง 20,000 บาท"

นายสมพรผู้สมัครหมายเลขสองกล่าวว่า "หมู่บ้านของเราพัฒนาดีแล้ว แต่ยังต้องการความช่วยเหลือของผม เพราะรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนในแต่ละสัปดาห์มีเพียง 525 บาท"

นายสมศักดิ์ผู้สมัครหมายเลขสามกล่าวว่า "หมู่บ้านของเราแย่แล้ว น่ากลัวมาก เพราะรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนในแต่ละสัปดาห์มีแค่ 50 บาทต่อสัปดาห์"

ไม่มีผู้สมัครคนใดพูดโกหก หมู่บ้านแห่งนี้มีเพียง 16 ครัวเรือน และมีรายได้แต่ละครัวเรือนต่อสัปดาห์เป็นดังนี้

50 50 50 50 50 50 50 50 1,000

1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 312,600

จงตอบคำถามต่อไปนี้

<u>ระดับที่ 1 ระลึกได้</u> นายสมพรหาค่าเฉลี่ยรายได้ต่อครัวเรือนในแต่ละสัปดาห์โดยใช้ค่ากลางตัวใด

.....

.....

<u>ระดับที่ 2 ทักษะ /กระบวนการ</u> ถ้ามีครัวเรือนจำนวน 1 ครัวเรือนย้ายเข้ามาอยู่ในหมู่บ้านแห่งนี้โดยมีรายได้ในแต่ละสัปดาห์ 400,000 บาท ค่ากลางแต่ละตัวมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

<u>ระดับที่ 3 มียุทธวิธีในการคิด</u> ถ้านักเรียนเป็นผู้สมัครผู้ใหญ่บ้านคนหนึ่งของหมู่บ้านนี้นักเรียนจะใช้ค่ากลางตัวใดเพื่อเป็นตัวแทนรายได้ต่อครัวเรือนในแต่ละสัปดาห์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูลทั้งหมดเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

ระดับที่ 4 ขยายการคิด จากข้อมูลค่าเฉลี่ยรายได้ต่อครัวเรือนในแต่ละสัปดาห์ในข้อ 3.3 ถ้าเทียบกับสถานการณ์ในปัจจุบันนักเรียนคิดว่า**หมู่บ้าน**นี้มีรายได้เพียงพอหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

5. การจัดการเรียนรู้แบบเรียนรู้มโนทัศน์ (Concept Attainment Model)

ทฤษฎีหลักการและแนวคิดของรูปแบบ

เป็นการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการพัฒนาพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นรูปแบบการสอนที่มุ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระต่างๆ ซึ่งเนื้อหาสาระนั้นอาจอยู่ในรูปข้อมูล ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หรือความคิดรวบยอด ดังที่ ทิศนา แขมมณี (2551) กล่าวว่าจอยส์และวีล (Joyce & Weil, 1996: 161-178) พัฒนารูปแบบนี้ขึ้นโดยใช้แนวคิดของบรูเนอร์ กู๊ดนาว และออสติน (Bruner, Goodnow, and Austin) เกี่ยวกับการเรียนรู้มโนทัศน์ที่ว่า "Concept attainment is the search for and listing of attributes that can be used to distinguish examplars from nonexemplars of various categories" (Bruner et al, 1967 :233) ซึ่งหมายความว่า การเรียนรู้มโนทัศน์ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งนั้นสามารถทำได้โดยการค้นหาสมบัติเฉพาะที่สำคัญของสิ่งนั้นเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่ใช่และไม่ใช่สิ่งนั้นออกจากกันได้

วัตถุประสงค์ของรูปแบบ

เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มโนทัศน์ของเนื้อหาสาระต่างๆ อย่างเข้าใจและสามารถให้คำนิยามของมโนทัศน์ด้วยตนเอง

กระบวนการเรียนการสอน

ขั้นที่ 1 ผู้สอนเตรียมข้อมูลสำหรับให้ผู้เรียนฝึกหัดจำแนก

1) ผู้สอนเตรียมข้อมูล 2 ชุด ชุดหนึ่งเป็นตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอน อีกชุดหนึ่งไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอน

2) ในการเลือกตัวอย่างของข้อมูล 2 ชุด ข้างต้น ผู้สอนจะต้องเลือกหาตัวอย่างที่มีจำนวนมากพอที่จะครอบคลุมลักษณะของมโนทัศน์ที่ต้องการนั้น

3) ถ้ามโนทัศน์ที่ต้องการสอนเป็นเรื่องยากและซับซ้อนหรือเป็นนามธรรม อาจใช้วิธีการยกเป็นตัวอย่างเรื่องสั้นๆ ที่ผู้สอนแต่งขึ้นเองนำเสนอแก่ผู้เรียน

4) ผู้สอนเตรียมสื่อการสอนที่เหมาะสมจะใช้ประกอบการนำเสนอตัวอย่างมโนทัศน์เพื่อแสดงให้เห็นลักษณะต่างๆ ของมโนทัศน์ที่ต้องการสอนอย่างชัดเจน

ขั้นที่ 2 ผู้สอนอธิบายกติกาในการเรียนให้ผู้เรียนเข้าใจตรงกัน

ผู้สอนชี้แจงวิธีการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเข้าใจก่อนเริ่มกิจกรรมโดยอาจสาธิตวิธีการและให้ผู้เรียนลองทำตามที่ผู้สอนบอกจนกระทั่งผู้เรียนเกิดความเข้าใจพอสมควร

ขั้นที่ 3 ผู้สอนเสนอข้อมูลตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอนและข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างและมโนทัศน์ที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอน

การนำเสนอข้อมูลตัวอย่างนี้ทำได้หลายแบบ แต่ละแบบมีจุดเด่น จุดด้อย ดังนี้

1) นำเสนอข้อมูลที่เป็นตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนทีละข้อมูลจนหมดทั้งชุด โดยบอกให้ผู้เรียนรู้ว่าเป็นตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนแล้วตามด้วยการเสนอข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนทีละข้อมูล จนครบหมดทั้งชุดเช่นกัน โดยบอกให้ผู้เรียนรู้ว่าตัวอย่างชุดหลังนี้ไม่ใช่ตัวอย่างที่ใช่ ผู้เรียนจะต้องสังเกตตัวอย่างทั้ง 2 ชุด และคิดหาคุณสมบัติร่วมและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เทคนิควิธีนี้สามารถช่วยให้ผู้เรียนสร้างมโนทัศน์ได้เร็ว แต่ใช้กระบวนการคิดน้อย

2) เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนสลับกันไปจนครบ เทคนิควิธีนี้ช่วยสร้างมโนทัศน์ได้ช้ากว่าเทคนิคแรก แต่ได้ใช้กระบวนการคิดมากกว่า

3) เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนอย่างละ 1 ข้อมูล แล้วเสนอข้อมูลที่เหลือทั้งหมดทีละข้อมูลโดยให้ผู้เรียนตอบว่าข้อมูลแต่ละข้อมูลที่เหลือนั้นใช่หรือไม่ใช่ตัวอย่างที่จะสอน เมื่อผู้เรียนตอบผู้สอนจะเฉลยว่าผู้เรียนตอบถูกหรือผิดวิธีนี้ผู้เรียนจะได้ใช้กระบวนการคิดในการทดสอบสมมติฐานของตนไปทีละขั้นตอน

4) เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างสิ่งที่จะสอนอย่างละ 1 ข้อมูล แล้วให้ผู้เรียนช่วยกันยกตัวอย่างข้อมูลที่ผู้เรียนคิดว่าใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนโดยผู้สอนจะเป็นผู้ตอบว่าใช่หรือไม่ใช่ วิธีนี้ผู้เรียนจะมีโอกาสคิดมากขึ้นอีก

ขั้นที่ 4 ให้ผู้เรียนบอกคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งที่ต้องการสอน

จากกิจกรรมที่ผ่านมาในขั้นต้นๆ ผู้เรียนจะต้องพยายามหาคุณสมบัติเฉพาะของตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่สิ่งที่ผู้สอนต้องการสอน และทดสอบคำตอบของตน หากคำตอบของตนผิด ผู้เรียนจะต้องหาคำตอบใหม่ ซึ่งก็หมายความว่าต้องเปลี่ยนสมมติฐานที่เป็นฐานของคำตอบเดิม ด้วยวิธีนี้ผู้เรียนจะค่อยๆ สร้างความคิดรวบยอดของสิ่งนั้นขึ้นมา ซึ่งก็จะมาจากคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งนั้นนั่นเอง

ขั้นที่ 5 ให้ผู้เรียนสรุปและให้คำจำกัดความของสิ่งที่ต้องการสอน

เมื่อผู้เรียนได้รายการของคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งที่ต้องการสอนแล้ว ผู้สอนให้ผู้เรียนช่วยกันเรียบเรียงให้เป็นคำนิยามหรือคำจำกัดความ

ขั้นที่ 6 ผู้สอนและผู้เรียนอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการที่ผู้เรียนใช้ในการหาคำตอบให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิดของตัวเอง

<u>ผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนตามรูปแบบ</u>

เนื่องจากผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มโนทัศน์จากการคิด วิเคราะห์ และตัวอย่างที่หลากหลาย ดังนั้นผลที่ผู้เรียนจะได้รับโดยตรงคือ จะเกิดความเข้าใจในมโนทัศน์นั้น และได้เรียนรู้ทักษะการสร้างมโนทัศน์ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการทำความเข้าใจมโนทัศน์อื่นๆ ต่อไปได้ รวมทั้งช่วยพัฒนาทักษะการใช้เหตุผลโดยการอุปนัยอีกด้วย

แลสลี่และคณะ (Thomas J. lasley II., Thomas J. Matczynski ., & James B. Rowley, 2002 : 110-126) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบนี้เป็นวิธีการเรียนรู้แบบอุปนัยที่จะช่วยให้นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผ่านการเรียนรู้ความหมายของความคิดรวบยอดต่างๆ ตัวอย่างเช่น การสมมาตร ฟังก์ชัน แรงโน้มถ่วง การจัดการเรียนรู้แบบนี้จะช่วยเพิ่มความสามารถของนักเรียนแต่ละคนในการสร้างและตัดสินใจเกี่ยวกับคำถามต่างๆ ครูเริ่มที่จะใช้คำถามเพื่อที่จะสร้างความคิดของนักเรียนโดยการเพิ่มข้อมูลไปเรื่อยๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้เป็นพื้นฐานในการทำให้รู้ว่านักเรียนเรียนรู้โลกและสร้างความคิดรวบยอดได้อย่างไร การสอนวิธีนี้ยังเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ด้วยตนเองด้วยเพราะนักเรียนจำเป็นต้องค้นหาแนวความคิดที่เป็นไปได้ และประเมินความคิดด้วยตัวเอง

<u>ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง</u>

แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบนี้อยู่บนพื้นฐานงานวิจัยของ Bruner Goodnew และ Austin (1967) และเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่โด่งดังขึ้นโดยนักเขียนหลายคน อย่างเช่น Eggen and Kauchak (2001) Joyce and Weil (1972, 1992, 1996) และ Joyce Weil and Calhoun (2000)

การจัดการเรียนรู้แบบนี้สามารถใช้สอนเนื้อหาที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม และสามารถสอนได้ทั้งในระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา โดยทั่วไปแล้ววิธีการนี้สามารถนำไปสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพกับเนื้อหาที่เป็นรูปธรรม แต่ถ้าครูคนใดมีความชำนาญในการสอนก็สามารถนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้สอนได้ในเนื้อหาที่ยากและซับซ้อนขึ้น

<u>ขั้นตอนการเรียนรู้</u>

ระยะที่ 1 : ขั้นค้นหาลักษณะเฉพาะของความคิดรวบยอด(Concept Identification) ไม่ใช่ทุกเนื้อหาที่สามารถสอนโดยใช้วิธีการนี้ ลักษณะความคิดรวบยอดนั้นต้องมีลักษณะเฉพาะจึงจะสอนโดยใช้การสอนแบบเรียนรู้มโนทัศน์ได้ ครูควรเริ่มโดยการให้นักเรียนสังเกตสิ่งที่ง่ายๆ ให้เห็นรูปร่าง รูปธรรมก่อนจากนั้นจึงค่อยนำไปสู่อะไรที่ซับซ้อนมากขึ้น การให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมควรเกิดขึ้นหลังจากที่นักเรียนเข้าใจนิยามของสิ่งนั้นบ้างแล้ว

ระยะที่ 2 : การหาลักษณะเฉพาะของตัวอย่าง (Exemplar Identification) ความสวยงามของการสอนแบบนี้คือถึงแม้ว่าครูจะเข้าใจแนวคิดหรือความคิดรวบยอดนั้นอย่างชัดเจน นักเรียนจะต้องค้นหาลักษณะเฉพาะของตัวอย่างนั้นด้วยตนเองจากตัวอย่างที่ครูนำเสนอ นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างมากในการเรียนรู้ความคิดรวบยอด โครงสร้างความคิดจะเกิดขึ้นได้ดีถ้ามีการนำเสนอนิยามในหลายๆ บริบท เพราะจะทำให้นักเรียนขยายแนวคิดเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้องได้ การนำเสนอตัวอย่างข้อมูลเป็นหัวใจของการจัดการเรียนรู้แบบเรียนรู้มโนทัศน์ ตัวอย่างควรประกอบด้วยตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่ ตัวอย่างที่ใช่เป็นการกล่าวถึงลักษณะเฉพาะของแนวคิด ส่วนตัวอย่างที่ไม่ใช่เป็นการจำกัดขอบเขตความคิดที่ไม่สอดคล้องกับนิยาม ตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่ควรนำเสนอให้นักเรียนพิจารณาหลายๆ รูปแบบ

ระยะที่ 2 : การตั้งสมมติฐาน (Hypothesizing) หลังจากให้นักเรียนสังเกตตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่แล้ว นักเรียนจะถูกตั้งคำถามเพื่อระบุลักษณะหรือชื่อของตัวอย่าง จากนั้นครูควรนำเสนอตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่เพิ่มเติม ขั้น 2 และ 3 เป็นขั้นตอนที่ย้อนกลับไปกลับมาได้ จากนั้นควรอภิปรายกันจนกระทั่งมาถึงจุดที่นักเรียน สามารถตัดสมมติฐานที่ไม่ใช่ออกไปจนเหลือเฉพาะสมมติฐานที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุด

ระยะที่ 3 : ขั้นสรุป (Closure) เป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาค่อนข้างน้อย เป็นขั้นตอนที่ครูนำเสนอสมมติฐานที่เหลืออยู่หลังจากตัดสมมติฐานที่ไม่ใช่ออกไปหมดแล้วหลังจากที่ตัวอย่างทั้งหมดถูกนำเสนอ และครูและนักเรียนช่วยกันสรุปแนวคิดหรือความคิดรวบยอด

ระยะที่ 4 : ขั้นนำไปใช้ (Application) การนำแนวคิดที่ได้ไปใช้เป็นการเพิ่มความเข้าใจของนักเรียนมากขึ้น นักเรียนสามารถนำเสนอความเข้าใจของตนเองผ่านการนำเสนอตัวอย่างที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน หรืออาจจะนำเสนอตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่เพิ่มเติมเพื่อเป็นการขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น ขั้นนี้เป็นขั้นที่ต้องการให้ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

กันเตอร์และคณะ (Mary, Alice Gunter., Thomas H. Estes., & Jan Schwab, 2003 : 81-88) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบเรียนรู้มโนทัศน์จะช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้แนวคิดโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย ผ่านกระบวนการเปรียบเทียบตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่จนกว่าจะได้แนวคิดที่ถูกต้อง และในระหว่างการพูดคุยเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนเป็นกระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนค้นพบความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 1 : เลือกและให้นิยามแนวคิด (Select and Define a Concept) การจัดการเรียนรู้นี้เหมาะสำหรับใช้สอนเนื้อหาที่มีลักษณะเฉพาะ ในการเลือกเนื้อหาครูควรพิจารณาแนวคิดที่เกี่ยวข้องด้วย มันเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้นักเรียนจดจำลักษณะเฉพาะของความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดที่ต่างกัน เพราะในการสอนแบบนี้ไม่ใช่เพียงการคัดเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมในการใช้สอนแต่รวมไปถึงการคัดเลือกตัวอย่างที่น่าสนใจ เหมาะสมแตกต่างและหลากหลายด้วย

ขั้นตอนที่ 2 : คัดเลือกลักษณะเฉพาะของนิยาม (Select the Attributes) เป็นขั้นตอนสำคัญในการนิยามแนวคิดต่างๆ ซึ่งรวมไปถึงการหาอุปกรณ์ สิ่งของที่สอดคล้องกับนิยาม เช่นความคิดรวบยอดของสี่เหลี่ยมมุมฉากคือ เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่มีสี่ด้าน มุมทุกมุมเป็นมุมฉาก ที่มีด้านตรงข้ามขนานกันและมีความยาวเท่ากัน เพราะฉะนั้นลักษณะเฉพาะของนิยามคือ

เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต
มีสี่ด้าน
มุมทุกมุมเป็นมุมฉาก
ด้านตรงข้ามขนานกันและมีขนาดเท่ากัน

ขั้นตอนที่ 3 : หาตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่ (Develop Positive and Negative Examples) ขั้นนี้ครูควรสร้างตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ และควรนำเสนอตัวอย่างในหลายๆ ลักษณะ เช่น การนำเสนอตัวอย่างของสี่เหลี่ยมจัตุรัส บางตัวอย่างอาจเขียนบนกระดานดำ บางตัวอย่างอาจทำเป็นบัตรคำ หรือบางตัวอย่างอาจให้ Projector หรือเป็นกระดาษที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 : นำเสนอกระบวนการเรียนรู้แก่นักเรียน(Introduce the Process to the Student) เป็นขั้นตอนที่ครูอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของกิจกรรมการเรียนเพื่อการนิยามความคิดรวบยอดโดยการอธิบายว่าอะไรควรเป็นลักษณะที่จำเป็นสำหรับนิยาม จุดประสงค์หลักคือการให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนและนิยามความคิดรวบยอดโดยใช้ภาษาของตนเอง ครูอาจนำเสนอตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่บนกระดานดำโดยแบ่งกระดานดำเป็นสองฝั่ง ฝั่งนึงเป็นตัวอย่างที่ใช่อีกฝั่งนึงเป็นตัวอย่างที่ไม่ใช่จากนั้นจึงให้นักเรียนช่วยกันสังเกตและพิจารณาเพื่อหาลักษณะเฉพาะของตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 5 นำเสนอตัวอย่าง (Present the Examples and List the Attribute) ครูควรเริ่มโดยการนำเสนอตัวอย่างที่ใช่ จากนั้นจึงให้นักเรียนสังเกตและพิจารณาลักษณะเฉพาะของตัวอย่างและให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดของตนเองที่สังเกตได้ จากนั้นครูอาจนำเสนอตัวอย่างต่อไปเรื่อยๆ เพื่อให้นักเรียนพิจารณาความแตกต่างของตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่ การคัดเลือกสื่อ รูปภาพ รูปทรงสามมิติ อย่างเหมาะสมจะทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 6 การพัฒนานิยามของความคิดรวบยอด (Develop a Concept Definition) เป็นขั้นที่ครูควรใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสังเกต พิจารณาและหาข้อสรุปเกี่ยวกับความคิดรวบยอดของสิ่งที่เรียน กระบวนการนี้เป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนค้นพบแนวคิดต่างๆ ด้วยตนเอง โดยครูจะคอยเป็นผู้ส่งเสริม สนับสนุน ขั้นนี้ครูอาจค้นพบแนวคิดที่น่าสนใจจากนักเรียน

ขั้นตอนที่ 7 นำเสนอตัวอย่างเพิ่มเติม (Give Additional Examples) เมื่อนักเรียนมีแนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับความคิดรวบยอดแล้ว ครูควรนำเสนอตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่เพิ่มเติมอีกเล็กน้อยเพื่อตรวจสอบความเข้าใจให้นักเรียนยกตัวอย่างตัวอย่างที่สอดคล้องกับแนวคิดเพิ่มเติม และให้นักเรียนอธิบายเหตุผลเกี่ยวกับตัวอย่างที่นักเรียนนำเสนอ

ขั้นตอนที่ 8 อภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน (Discuss the Process with the Class) ขั้นการอภิปรายเป็นขั้นตอนสำคัญในการจะทำให้นักเรียนได้เข้าใจว่าพวกเขาได้ทราบที่มาของความคิดรวบยอด และเป็นการเชื่อมโยงกระบวนการนี้กับกระบวนการทางการคิดอื่นๆ

ขั้นตอนที่ 9 การประเมิน (Evaluate) เพื่อเป็นการตรวจสอบว่านักเรียนเข้าใจแนวคิดที่เรียนหรือมั้ย อาจใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนยกตัวอย่างเพิ่มเติมที่สอดคล้องกับแนวคิด หรืออาจให้ยกตัวอย่างทั้งที่ใช่และไม่ใช่ ครูอาจขยายแนวคิดของนักเรียนออกไปยังนิยามที่มีลักษณะทั่วไปมากกว่า

Instructional Strategies Online (2555 : Online) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนรู้มโนทัศน์ เป็นรูปแบบที่เป็นการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน ซึ่งมีพื้นฐานความเชื่อจาก บรูเนอร์ (Jerome Bruner) นักเรียนเรียนรู้ผ่านการทำงานกลุ่มนักเรียนเปรียบเทียบความเหมือนความแตกต่างของสิ่งที่ครูนำเสนอ จากนั้นแยกข้อมูลออกเป็นสองกลุ่ม

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. เพื่อช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่นักเรียนรู้กับสิ่งที่กำลังเรียนรู้
2. เพื่อเรียนรู้ที่จะให้ตัวอย่างจากสิ่งที่ตนเองศึกษา
3. เพื่อเรียนรู้แหล่งข้อมูลที่จำเป็นในการศึกษา
4. เพื่อขยายแนวคิดของนักเรียนโดยการยกตัวอย่างมากกว่าหนึ่งตัวอย่างที่สัมพันธ์กับความคิดรวบยอด
5. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นสำคัญของสิ่งที่เรียนรู้ซึ่งเป็นการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งและคงทน

<u>ขั้นตอนการเรียนรู้</u>

1. เลือกและให้นิยามความคิดรวบยอด
2. เลือกวิธีการนำเสนอด้วยตนเอง
3. ระบุตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่

4. นำเสนอการได้มาซึ่งคำตอบกับเพื่อนในชั้นเรียน
5. นำเสนอตัวอย่างและระบุวิธีการ
6. ระบุนิยามของความคิดรวบยอด
7. นำเสนอตัวอย่างที่สอดคล้องกับความคิดรวบยอด
8. อภิปรายแนวคิด กระบวนการกับเพื่อนในชั้นเรียน
9. ประเมินผลและสรุป

<u>การประเมินผล</u>

ในการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนสามารถใช้วิธีการดังนี้

1. ให้นักเรียนเขียนความหมายจากความทรงจำ
2. ให้นักเรียนระบุตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่จากข้อมูล
3. นำเสนอตัวอย่างของแนวคิดที่ศึกษาจากความคิดของตนเอง
4. คิดดังๆ
5. เขียนรูปแบบการเรียนรู้
6. นำเสนอปากเปล่าในชั้นเรียน
7. ให้สรุปความคิดรวบยอดโดยวิธีการที่หลากหลายเช่น สร้างความเชื่อมโยง ใช้ผังมโนทัศน์ (concept map) ผังงาน (flow chat) แผนภูมิ (Chart) ผังกราฟฟิก (T chart)

จากความหมายและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้รูปแบบการเรียนรู้มโนทัศน์ (Concept Attainment Model) ข้างต้น พอจะสรุปเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้ดังนี้

1. ขั้นนำเสนอตัวอย่าง เป็นขั้นที่ครูนำเสนอตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่ เนื้อหาที่นำเสนอ เพื่อให้นักเรียนพิจารณาลักษณะ เปรียบเทียบข้อแตกต่าง

2. ขั้นสร้างข้อสมมติฐาน เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอความคิดเห็น หรือข้อสรุปของตนเองจากการที่ได้สังเกตตัวอย่างที่ครูนำเสนอ

3. ขั้นร่วมกันวิเคราะห์ เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น ให้เหตุผล เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในความหมายของสาระที่ครูนำเสนอ

4. ขั้นสรุป เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนสรุปแนวคิด โดยอาจให้เขียนเป็น concept map เกี่ยวกับความหมายหรือสาระที่ได้เรียนรู้

5. ขั้นประยุกต์ใช้ความคิดรวบยอด เป็นขั้นตอนที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนนำแนวคิดที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงาน แก้โจทย์ปัญหา

6.การจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction)

ความหมายและลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

คาร์เพ็นเตอร์และคณะ (Thomas P. Carpenter et all, 1999 : 60-85) กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction) หรือ ใช้ตัวย่อว่า CGI ว่าเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาโดยอยู่บนความเชื่อที่ว่าความรู้และความเชื่อของครูที่เกิดจากการทำความเข้าใจการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ของนักเรียน แล้วนำมาพิจารณาเพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผล และต่อยอดความคิดของผู้เรียน โดยนำเสนอว่าการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction) มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. นำเสนอปัญหา (Identify the problem) เป็นขั้นที่ครูหรือนักเรียนนำเสนอปัญหาให้แต่ละกลุ่มพิจารณา

2. ทำความเข้าใจปัญหา (Represent the problem) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาที่นำเสนอ โดยให้อธิบายถึงปัญหาโดยใช้ภาษาของตนเอง โดยในขั้นนี้ครูอาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดเพื่อเชื่อมโยงลักษณะปัญหากับความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิม

3. ลงมือแก้ปัญหา(Carrying out the strategy) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาตามที่ตนเองเข้าใจโดยครูคอยตรวจสอบและชี้แนะตามความจำเป็น

4. นำเสนอผลงาน (present the strategy) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำเสนอผลงานของตนเองหรือกลุ่มเพื่อให้คนอื่นพิจารณา ช่วยกันวิเคราะห์ พิจารณา อภิปรายและแสดงเหตุผล เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาของคนอื่น หรือของตนเอง

5. ประเมินและวิเคราะห์ผลงาน (Evaluate and Analyze the process) เป็นขั้นตอนที่ครูและนักเรียนช่วยกันวิเคราะห์ พิจารณา อภิปรายและแสดงเหตุผล เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาของคนอื่น หรือของตนเอง เพื่อพิจารณาถึงจุดเด่น จุดด้อย และเพื่อตัดสินว่าวิธีการใดดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนแนะให้รู้คิด

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนแนะให้รู้คิด ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้ปัญญานิยม (Cognitive Theory) ซึ่งมีนักจิตวิทยาในกลุ่มนี้ ได้แก่ จอง เพียเจต์ (Jean Piaget) เจอรูม บรูเนอร์ (Jerome S. Bruner) และออซูเบล (David P. Ausubel) ซึ่งให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ของผู้เรียนว่าต้องเกิดจากตัวผู้เรียนเอง กล่าวคือ จะเน้นความสัมพันธ์ของส่วนย่อยโดยเชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงของส่วนย่อยส่วนใดส่วนหนึ่งจะมีผลต่อส่วนรวม และการรับรู้ของคนส่วนมากจะเป็นอัตวิสัย (Subjective) ซึ่งเน้นความสำคัญของผู้เรียนว่าต้องเป็นผู้ลงมือกระทำหรือเป็นผู้ริเริ่มและกระตือรือร้น เรียนรู้ด้วยการหยั่งรู้ ซึ่งเป็นการอธิบายถึงกระบวนการรู้คิด (Cognitive Process) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเรียนรู้ ผู้เรียนได้มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าที่เป็นสิ่งแวดล้อมของปัญหาที่ตนกำลังเผชิญอยู่ นักจิตวิทยากลุ่มนี้จะเน้นการศึกษาเกี่ยวกับการรู้คิดเป็นผลของการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

เพียเจต์เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการที่ผู้เรียนรู้เป็นผู้ริเริ่ม เป็นผู้กระทำที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งเร้าหรือสิ่งที่จะต้องเรียนรู้ ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือกระทำให้เกิดขึ้น (Active) ซึ่งสอดคล้องกับดิวอี้ (Dewey) ที่กล่าวว่า "Learning by Doing)" ซึ่งเพียเจต์กล่าวว่า เมื่อเกิดการเรียนรู้ขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างสติปัญญา (Cognitive Structure) ของผู้เรียน ซึ่งการนำทฤษฎีของเพียเจต์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนจะเน้นหลักการต่างๆ ดังนี้

1. **กระบวนความคิดของเด็กแตกต่างจากของผู้ใหญ่ ผู้เรียนแต่ละวัยจะมีลักษณะการคิดที่แตกต่างกัน ผู้สอนจะต้องมีความเข้าใจผู้เรียนแต่ละวัยว่ามีการรู้คิดอย่างไร**
2. **เน้นความสำคัญของผู้เรียน ผู้เรียนจะสามารถควบคุมกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเองได้ (Self-Regulation) และเป็นผู้ที่จะริเริ่มลงมือกระทำ ผู้สอนมีหน้าที่อบรมและจัดสิ่งแวดล้อมให้เอื้อต่อการเรียนรู้โดยการค้นพบ ให้โอกาสผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม**

3. ในการสอนควรเริ่มจากประสบการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยหรือเริ่มจากประสบการณ์ที่ใกล้ตัวไปหาประสบการณ์ที่ไกลตัวเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ และเชื่อมโยงประสบการณ์ใกล้ตัวและไกลตัวได้

บรูเนอร์ เชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้ประมวลข้อมูลข่าวสารจากการที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมการรับรู้ของมนุษย์เป็นสิ่งที่ขึ้นอยู่กับความสนใจของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งนั้นๆ การเรียนรู้จะเกิดจากการค้นพบ เนื่องจากผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็น บรูเนอร์กล่าวว่า วิธีการที่ผู้เรียนใช้เป็นเครื่องมือในการค้นพบความรู้มี 3 ขั้น คือ วิธีการที่ใช้รูปธรรม (Enactive Mode) วิธีการที่ใช้กึ่งสัญลักษณ์ (Iconic Mode) และวิธีการที่ใช้สัญลักษณ์ (Symbolic Mode) และเชื่อว่าถ้าผู้สอนเข้าใจพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของผู้เรียนและจัดสภาพแวดล้อมของห้องเรียนให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ตามขั้นพัฒนาการของตน

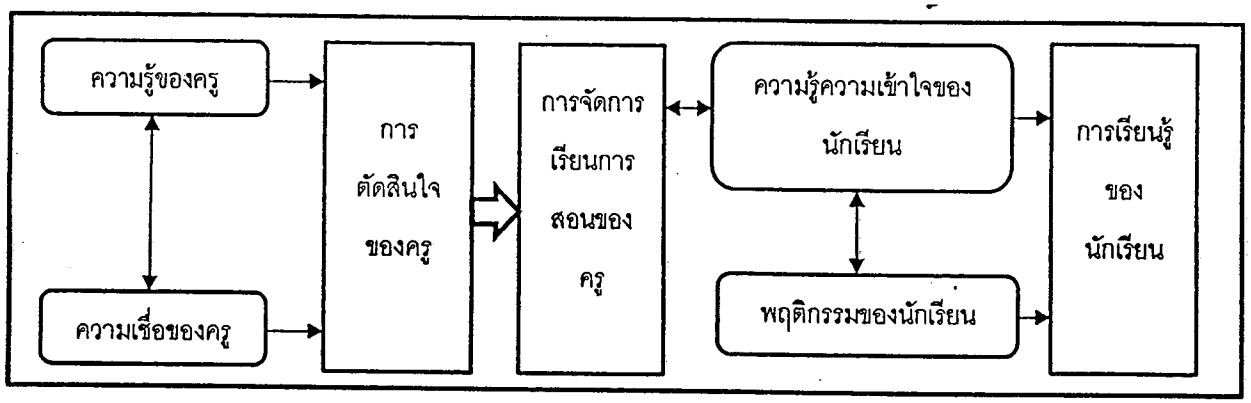
ออซูเบล เน้นความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้รวมหรือเชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่เรียนรู้ใหม่ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอดหรือความรู้ที่ได้รับใหม่ไว้ในโครงสร้างของสติปัญญาหรือความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียนซึ่ง ออซูเบล ได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 4 ประเภท คือ การเรียนรู้โดยการรับอย่างมีความหมาย (Meaning Reception Learning) การเรียนรู้โดยการรับแบบท่องจำโดยไม่คิด (Rote Reception Learning) การเรียนรู้โดยการค้นพบอย่างมีความหมาย (Meaningful Discovery Learning) การเรียนรู้โดยการค้นพบแบบท่องจำโดยไม่คิด (Rote Discovery Learning)

หลักการและรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด (CGI)

การจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิดมีหลักการดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอน ต้องอยู่บนพื้นฐานว่าอะไรที่นักเรียนแต่ละคนควรรู้
2. การจัดการเรียนการสอนควรพิจารณาว่าจะสามารถพัฒนาแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างไร
3. ต้องมีกิจกรรมในใจในการเรียนคณิตศาสตร์

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด แสดงดังภาพประกอบ 1 (Fennema, Carpenter and Peterson, 1989: 204)



แนวการจัดการเรียนรู้เพื่อสอนแนะให้รู้คิด

การจัดการเรียนรู้เพื่อสอนแนะให้รู้คิดจะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง อาศัยความรู้ของผู้เรียนแต่ละคนเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ เป็นความรู้ความเข้าใจที่ผู้สอนต้องวินิจฉัยผู้เรียนเกี่ยวกับการคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนว่าผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาและมีความสนใจในขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างไร

ผู้เรียนในห้องเรียนลักษณะนี้จะใช้เวลาส่วนใหญ่ใช้วิธีการและรูปแบบที่หลากหลายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่มีความแตกต่างกันได้ตามศักยภาพของตน รวมทั้งการพูดคุย นำเสนอความคิดของตอนเอง อภิปรายความคิดเห็นของผู้อื่น การให้ความสำคัญ และการยอมรับความคิดเห็นของกันและกัน สิ่งสำคัญที่ผู้สอนต้องคำนึงถึงคือ ผู้สอนไม่ควรสอนวิธีการแก้ปัญหาใดๆ แก่ผู้เรียน แต่จะสนับสนุนให้ผู้เรียนได้พิจารณาแนวทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง ช่วยเหลือให้ผู้เรียนได้ค้นพบข้อผิดพลาดด้วยตัวของผู้เรียนเอง การจัดการเรียนการสอนจะขึ้นอยู่กับลักษณะของผู้เรียนแต่ละคน ทำให้ผู้เรียนรู้สึกง่ายและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้รับรู้รูปแบบการแก้ปัญหาที่หลากหลายจากการได้ร่วมพูดคุย อภิปรายกับเพื่อนในชั้นเรียน ซึ่งเป็นลักษณะการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Frank and Weishaupt, 1998 : Online)

บทบาทของครูและบรรยากาศชั้นเรียน CGI

บทบาทครูในชั้นเรียน CGI มีดังนี้ (Carpenter et al, 1998 : 60-85; Hanks, 1998)

1. ครูควรใช้คำถามหรือการชี้แนะในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาได้
2. ครูควรมีความกระตือรือร้นและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในการทำความเข้าใจถึงความคิดของนักเรียนแต่ละคน
3. ครูควรเตรียมสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการแก้ปัญหาของนักเรียน
4. ครูควรสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมให้นักเรียนรู้สึกดีในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถสื่อสารแนวคิดและเหตุผลได้หลากหลาย ไม่ว่าเป็นการพูด การเขียน หรือการวาดภาพ ซึ่งเป็นแนวทางที่ให้นักเรียนเข้าใจตนเองว่ากำลังคิดอะไร และทำอะไร รวมทั้งครูก็สามารถประเมินความคิดและเหตุผลของนักเรียนได้ด้วย
5. ครูควรนำเสนอปัญหา สถานการณ์หรือกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียนทุกคน และสามารถพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้
6. ครูควรจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองแทนที่เป็นแต่ผู้ถ่ายทอดความรู้
7. ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนทำงานกลุ่ม และมีการอภิปรายแนวคิดของตนเองกับผู้อื่น ส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันในชั้นเรียน
8. ครูควรให้เวลาที่เหมาะสมแก้นักเรียนในการแก้ปัญหาต่างๆ
9. ครูไม่ควรเตรียมแนวทางการสอนที่ชัดเจนตายตัวหรือใช้สื่ออุปกรณ์การเรียนการสอนที่เฉพาะเจาะจง แต่ครูควรเตรียมการสอนอย่างกว้าง ๆ และปรับกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และสอดคล้องกับความต้องการหรือแนวคิดของผู้เรียน

การประเมินผลในชั้นเรียน CGI

สำหรับการประเมินผลของชั้นเรียน CGI นั้น ครูควรมีการประเมินความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนบ่อยๆ และใช้วิธีการที่หลากหลายในการประเมิน เช่น การสังเกต การใช้คำถาม การสัมภาษณ์รายบุคคล โดยการประเมินนั้นควรทำควบคู่ไปกับการเรียนการสอน (Hanks,1998)

ฯ.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฯ.1 งานวิจัยเกี่ยวกับระดับความลึกในการเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์

งานวิจัยเรื่องนี้ในเมืองไทยยังมีน้อย ส่วนต่างประเทศมีบทความเกี่ยวกับระดับความลึกในการเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ 4 ระดับ ซึ่งเรียบเรียงโดย องค์การเครือข่ายผลิตเครื่องมือของมหาวิทยาลัยวิสคอนซิล นอกจากนี้มหาวิทยาลัยวิสคอนซิลยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ความรู้ที่เด็กมีเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน โดยมีทีมงานคือ Elizabeth Fennema, Megan L.Franke และ Thomas P. Carpenter.

บุญญิสา แซ่หล่อ (2549) ศึกษาเรื่องการบูรณาการแบบเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ในเรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และพีชคณิตโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ ความมุ่งหมายของการวิจัย คือ 1.เพื่อบูรณาการแบบเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ในเรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และพีชคณิตโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 2.เพื่อศึกษาผลของการใช้การบูรณาการแบบเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ในเรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และพีชคณิตโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยศึกษาผลในด้าน ความสามารถในการเชื่อมโยง ความลึกในการเข้าใจเนื้อหา และการเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ต่อชีวิตจริง และ 3.เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงที่มีผลต่อความลึกในการเข้าใจเนื้อหา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนย่านตาขาวรัฐชนูปถัมภ์ จังหวัดตรัง จำนวน 30 คน โดยคัดเลือกจากนักเรียนที่ผ่านการเรียนวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ เรื่อง ค่ากลางของข้อมูลเรื่อง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยม การนำเสนอข้อมูลในรูปตาราง กราฟเส้น และแผนภูมิแท่ง และสมการเชิงเส้นสองตัวแปร (ax + by +c = 0 เมื่อ a,b,c เป็นจำนวนจริง) โดยให้นักเรียนสมัครเรียนจำนวน 30 คน และให้นักเรียนที่สมัครเป็นนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า 1. ผลของการใช้การบูรณาการด้านความสามารถในการเชื่อมโยงพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย 2.ผลของการใช้การบูรณาการด้านความลึกในการเข้าใจเนื้อหาในแต่ละระดับพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดความลึกในการเข้าใจเนื้อหาในแต่ละระดับภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย 3.ผลของการใช้การบูรณาการด้านการเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ต่อชีวิตจริงพบว่านักเรียนเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ต่อชีวิตจริงเป็นไปตามสมมติฐาน และ 4.ความสามารถในการเชื่อมโยงมีผลต่อความลึกในการเข้าใจเนื้อหาในรูปแบบความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้นโดยมีคุณภาพ 35 %

เวป (Norman L. Webb, 1999 : Online) ศึกษาระดับความลึกในการเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนใน 4 รัฐ ได้ผลดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงผลจากการศึกษาระดับความลึกในการเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนใน 4 รัฐ

รัฐ	สาระการเรียนรู้	เกรด	ระดับความลึกในการเข้าใจเนื้อหา			
			ระดับ 1 (%)	ระดับ 2 (%)	ระดับ 3 (%)	ระดับ 4 (%)
A	วิทยาศาสตร์	3	16	61	23	0
		8	9	56	33	2
	คณิตศาสตร์	3	15	45	26	13
		6	10	49	27	14
B	คณิตศาสตร์	4	2	56	34	8
		8	0	42	42	16
		10	0	35	65	0
C	วิทยาศาสตร์	4	8	72	20	0
		8	7	77	16	0
	คณิตศาสตร์	4	6	61	31	3
		8	14	42	32	12
D	วิทยาศาสตร์	3	14	57	20	9
		7	11	64	22	3
		10	1	56	33	10
	คณิตศาสตร์	4	0	21	41	38
		8	0	17	38	44

คาริน และคณะ (Karin K. Hess et al, 2009) ศึกษาเรื่อง ความเป็นเลิศทางสติปัญญา โดยการบูรณาการ ระดับสติปัญญาของบลูม (Bloom 's Taxonomy) และ ระดับความลึกในการเข้าใจเนื้อหาของเวป (Webb's Depth of Knowledge) เพื่อพัฒนากระบวนการการยกระดับคุณภาพชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถเพียงพอที่จะเข้าเรียนในระดับอุดมศึกษา และการทำงานให้มีประสิทธิภาพ กลุ่มตัวอย่างเป็นครูจากโรงเรียนรัฐบาลในรัฐเนวาดา (Nevada) จำนวน 200 คน และรัฐโอกลาโอมา (Oklahoma) จำนวน 200 คนซึ่งสอนนักเรียนทั้งหมดประมาณ 200,000 คน โดยการนำไปปรับใช้กับสาระการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ (English Language Arts) และสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนเกรด 3 เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบทดสอบ การทดสอบ การสอบถาม การทำการบ้าน การทำใบงาน เครื่องมือทั้งหมดจะวิเคราะห์ระดับสติปัญหาโดยใช้ระดับสติปัญหาที่บูรณาการระหว่างระดับสติปัญญาของบลูมและระดับความลึกในการเข้าใจเนื้อหาของเวป

ผลการศึกษาได้ผลดังตาราง 2

English Language Arts Grade 3

1	26%	3%		
2	9%	29%	2%	
3	13%	9%		
4		6%		
5				
6		2%		
	1	2	3	4

Depth of Knowledge

Mathematics Grade 3

1	54%			
2	18%	2%		
3	28%	8%		
4	2%	6%		
5				
6		1%		
	1	2	3	4

Depth of Knowledge

จากตารางพบว่า ระดับทางสติปัญญาของบลูมทั้งสองสาระการเรียนรู้มีผลคล้ายกันแต่ในส่วนของระดับความลึกในการเข้าใจเนื้อหาของเวป แต่จำนวนนักเรียนที่มีระดับความลึกในการเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำสุดจะมีมากกว่ากลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาอังกฤษนั่นแสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์น้อยกว่าภาษาอังกฤษ

๗.2งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบเรียนรู้มโนทัศน์

ยลนภา พลชัย (2548) ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดอุดรธานี โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์ 2) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนดดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปกติ 3) เพื่อเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวังสามหมอวิทยาคาร อำเภอสามหมอ จังหวัดอุดรธานี ปีการศึกษา 2548 จำนวน 2 กลุ่ม เป็นนักเรียนกลุ่มทดลอง 35 คน และกลุ่มควบคุม 36 คน ซึ่งนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์ และนักเรียนในกลุ่มควบคุมได้รับการสอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์ มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดโดยกระทรวงศึกษาธิการ คือ สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดย

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์ มีความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เฉลิมลาภ ทองอาจ (2551) ศึกษาเรื่องผลของการใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลักการใช้ภาษาไทยและความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลักการใช้ภาษาไทยและความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลักการใช้ภาษาไทยและความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เครื่องมือที่ใช้มี 2 อย่าง ประกอบด้วย 1. แบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลักการใช้ภาษาไทย ซึ่งกำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain)ไว้ 6 ด้าน คือ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างความรู้ใหม่ และ 2. แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลักการใช้ภาษาไทยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์มีความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์มีความสามารถในการคิดเชิงมโนทัศน์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มินิคัสติ (A. Minikutty, 2005) ศึกษาผลการใช้การจัดการเรียนรู้แบบเรียนรู้มโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้อยโอกาสทางการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาในรัฐคีราลา (Kerala) ผลการศึกษาพบว่า 1.นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเรียนรู้มโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเรียนรู้มโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ด้านความสามารถทางสติปัญญา (Cognitive Ability) สูงกว่ากลุ่มควบคุม

๙.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด

ชัยวัฒน์ อุ้ยปาอาจ (2551) ใช้แนวการจัดการเรียนรู้แบบรู้คิดกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยเปรียบเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติพบว่า นักเรียนในกลุ่มที่มีการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิดมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่มีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และมีความสามารถผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 50

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2551) ศึกษาเรื่องการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่ใช้ทักษะการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงโดยบูรณาการสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลกับสิ่งแวดล้อมศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่ใช้ทักษะการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงโดยบูรณาการสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลกับสิ่งแวดล้อมศึกษาและศึกษาผลของการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นในด้านความ

เข้าใจทางคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล ทักษะการให้เหตุผล ทักษะการเชื่อมโยง เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และการมีสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนแย้มวิทยาการ จังหวัดราชบุรี จำนวน 45 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ด้านความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ .01 2) ด้านทักษะการให้เหตุผล พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ .01 3) ด้านทักษะการเชื่อมโยงพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ .01 4) ด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ภายหลังการทดลองดีกว่าก่อนทดลอง 5) ด้านสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อม พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบวัดการมีสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อมภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ .01

งานวิจัยของคาร์เพ็นเตอร์และคณะ (Carpenter et al , 1989 :449-531) ศึกษาการใช้แนวการจัดการเรียนรู้แบบ CGI กลุ่มตัวอย่างคือครูระดับประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน จาก 24 โรงเรียน โดยสุ่มครู 20 คนจัดการเรียนรู้แบบ CGI อีก 20 คนจัดการเรียนรู้แบบปกติ นักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 ถูกเลือกอย่างสุ่มจากแต่ละชั้นเรียนเพื่อเป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิเคราะห์ผลจากแนวการจัดการเรียนรู้แบบ CGI การประเมินผลวัดจากความสามารถในการคำนวณ และการแก้ปัญหาซึ่งใช้แบบวัดทักษะพื้นฐานของรัฐไอโอวา (Iowa Test of Basic Scale : ITBS) ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ CGI มีคะแนนความสามารถทางการบวกและการลบสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ CGI เท่ากับ 8.6 คะแนนส่วนคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติเท่ากับ 7.8 คะแนน 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ CGI มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ CGI เท่ากับ 5.61 คะแนน ส่วนคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติเท่ากับ 5.38 คะแนน

นอกจากนี้ วิลเลสซีเนอร์และเคปเนอร์ (Villasenor and Keoner, 1993 : 62-69) ศึกษาการใช้แนวการจัดการเรียนรู้แบบ CGI ของโรงเรียนขนาดใหญ่ในแถบตะวันออกกลาง กลุ่มตัวอย่างมีสองกลุ่มคือ กลุ่มทดลอง เป็นนักเรียนจำนวน 144 คน จัดการเรียนรู้แบบ CGI และ กลุ่มควบคุมคือนักเรียนจำนวน 144 คน จัดการเรียนรู้แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคือ แบบทดสอบวัดความสามารถทางเลขคณิต และการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อประเมินขั้นตอนและยุทธวิธีที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาทั้งปัญหาที่เป็นตัวเลขและโจทย์ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนในชั้นเรียน CGI ได้คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีลักษณะเป็นโจทย์ปัญหาสูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนคือ 9.41 คะแนน ส่วนนักเรียนในกลุ่มควบคุมได้คะแนนเฉลี่ย 3.18 คะแนนจากคะแนนเต็ม 14 คะแนน 2) นักเรียนในชั้นเรียน CGI ได้คะแนนจากการสัมภาษณ์ถึงขั้นตอนและยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เป็นโจทย์ปัญหาสูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนคือ 5.44 คะแนน ส่วนกลุ่มควบคุมได้คะแนนเฉลี่ยคือ 2.93 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน 3) นักเรียนในชั้นเรียน CGI ได้คะแนนจากการสัมภาษณ์ถึงขั้นตอนและยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เป็นตัวเลขสูงกว่านักเรียนใน

กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนคือ 4.68 คะแนน ส่วนกลุ่มควบคุมได้คะแนนเฉลี่ยคือ 3.00 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน