

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทําวิจัยเรื่อง “การประเมินความคิดรวบยอดวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์” ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคแผนผังมโนทัศน์ ซึ่งนำเสนอตามรายละเอียดดังนี้

- ตอนที่ 1 ความหมายของความคิดรวบยอดและความหมายของความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์
- ตอนที่ 2 แผนผังมโนทัศน์ (concept mapping)
- ตอนที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- ตอนที่ 4 ทฤษฎีการสรุปอ้างอิง (Generalizability theory)
- ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แผนผังมโนทัศน์ และทฤษฎีการสรุปอ้างอิง

ตอนที่ 1 ความหมายและลักษณะของความคิดรวบยอด

จากการศึกษาเอกสารพบว่ามีการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความคิดรวบยอดไว้ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2532: 18) ได้ให้ความหมายของความคิดรวบยอดไว้ว่า “ความคิดรวบยอด หมายถึงภาพที่เกิดขึ้นในใจของบุคคลเกี่ยวกับกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีคุณสมบัติ คุณลักษณะร่วมกันกลุ่มของสิ่งเร้า อาจจะเป็นชนิด ประเภท วัตถุ ธรรมชาติ เหตุการณ์ หรือบุคคลก็ได้”

อร่าม วัฒนนะ (2536: 17) ให้ความหมายของความคิดรวบยอดไว้ว่า “ความคิดรวบยอด หมายถึงความเข้าใจทั้งหมดที่มีต่อสิ่งของหรือสถานการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น เมื่อพูดถึงโรงเรียนก็จะนึกได้ถึงสถานที่แห่งหนึ่งที่มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันไปจากสถานที่อื่นๆ เป็นเพราะว่ามีความคิดรวบยอดของโรงเรียนแล้วในความทรงจำ ความคิดรวบยอดนี้จะอยู่ในรูปของนามธรรมเกิดจากผลสรุปการรับรู้ลักษณะของสิ่งนั้น”

นาตยา ปิรันธนานนท์ (2542: 8) ได้ให้ความหมายของความคิดรวบยอดไว้ว่า “ความคิดรวบยอดหมายถึงความรู้ ความเข้าใจ ในองค์ความรู้ ซึ่งไม่ใช่ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ซึ่งอาจแสดงออกมาในรูปของคำหรือกลุ่มคำ”

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545: 174) ให้ความหมายของความคิดรวบยอดไว้ว่า “ความคิดรวบยอด หมายถึงความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับการจัดกลุ่มสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น แล้วใช้คุณลักษณะหรือคุณสมบัติที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน จัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดความเข้าใจสิ่งต่างๆ ได้ง่ายขึ้น”

กูด (Good, 1959: 124) ได้ให้ความหมายของความคิดรวบยอดไว้ 3 ลักษณะ

1. ความคิดหรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบ หรือลักษณะร่วมที่สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มเป็นพวกได้
2. สัญลักษณ์เชิงความคิดทั่วไป หรือเชิงนามธรรมเกี่ยวกับสถานการณ์ กิจการหรือวัตถุ
3. ความรู้สึกนึกคิด ความเห็น ความคิด หรือภาพความคิด

นอกจากนี้ (วิเศษ ชินวงศ์, 2544: 11; นวลจิตต์ ชาวเกียรติพงศ์, 2534: 55; รัตนะ บัวสนธ์, 2532: 28) ได้ให้ความหมายพอสรุปได้ว่า ความคิดรวบยอดตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า concept หมายถึงความรู้ ความเข้าใจ ที่เกิดจากการเรียนรู้ หรือจากประสบการณ์ที่พบเห็น ซึ่งอาจเขียนหรือถ่ายทอดออกมาในรูปของ คำ กลุ่มคำหรือประโยคสั้นๆ สื่อความหมายได้

สรุปความคิดรวบยอด หมายถึงความรู้ ความเข้าใจที่เกิดจากกระบวนการคิดที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งได้รับการเรียนรู้ หรือประสบการณ์ โดยสรุปออกมาเป็นถ้อยคำ กลุ่มคำ หรือประโยคสั้นๆ กะทัดรัด สามารถสื่อความหมายได้

ความหมายของความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์

สมจิต สวชนไพบูลย์ (2526: 3) กล่าวว่า ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความคิดหลักของคนเราที่มีต่อวัตถุ เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์นั้นๆ กล่าวคือ เมื่อเราดำเนินการแสวงหาความรู้เกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ จะก่อให้เกิดการรับรู้ สามารถแยกแยะความเหมือน ความแตกต่าง สรุปรวมลักษณะที่สำคัญ มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งนั้นๆ สร้างเป็นความคิดหลักในรูปที่แสดงถึงความเข้าใจ ทำให้สามารถนำไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย หรือพยากรณ์วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531: 4) ได้ให้ความหมายของความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งเหล่านี้ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของบุคคล

คลอปเฟอร์ (Klopper, (1971) ให้ความหมายของความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึงสิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่ามีแนวโน้มที่พบว่ามีประโยชน์ในการศึกษา

โดยสรุปความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงข้อสรุปของความรู้ ความเข้าใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ได้จากการเรียนรู้ หรือประสบการณ์ ซึ่งสามารถถ่ายทอดออกมาได้อย่างมีเหตุผล และเข้าใจได้ง่าย

ลักษณะความคิดรวบยอด พอสรุปได้ 3 ประการ (วิไลวรรณ ตรี ศรีชนะมา, 2532) คือ

1. ประเภทที่แบ่งตามธรรมชาติ ได้แก่ ความเป็นนามธรรม จำนวนสมาชิกในกลุ่ม และการสรุปเกี่ยวกับความแคบกว้าง
2. ประเภทที่แบ่งตามโครงสร้าง ได้แก่ ลักษณะเดิมที่ปรากฏ หรือการแสดงความสัมพันธ์เกี่ยวกับขนาดที่ตั้งและทิศทาง

3. ประเภทที่แบ่งตามหน้าที่ ได้แก่ การตอบสนองต่อสิ่งของหรือเหตุการณ์ หรือพฤติกรรมที่เกิดจากเหตุการณ์นั้นๆ

ความคิดรวบยอดเกิดจากประสบการณ์ที่ได้รับการฝึกฝนให้เกิดทักษะในสิ่งต่อไปนี้ การรู้จักสังเกต พิจารณา การรู้จักเปรียบเทียบความแตกต่างและคล้ายคลึง การรู้จักคัดเลือกเฉพาะสิ่งที่สำคัญและเป็นประโยชน์ การรู้จักจัด รวบรวมสิ่งที่คัดเลือกได้เป็นประเภท หรือหมวดหมู่ ความสามารถในการสร้างความหมายเพื่อให้เกิดความเข้าใจและประโยชน์ที่จะนำไปใช้ต่อไป

รัตนะ บัวสนธ์ (2532: 28) ได้กล่าวถึงความคิดรวบยอดว่ามืองค์ประกอบดังนี้ 1) มีชื่อ 2) มีตัวอย่าง 3) มีลักษณะคำพูด 4) มีค่าของลักษณะกำหนด 5) มีลักษณะทั่วไปไม่เฉพาะเจาะจง เพื่อประกอบการอธิบาย

ความคิดรวบยอดแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ความคิดรวบยอดแบบรูปธรรม และความคิดรวบยอดแบบนามธรรม

ความคิดรวบยอดแบบรูปธรรม หมายถึงความคิดรวบยอดที่หาตัวอย่างได้โดยตรง และตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นเป็นสิ่งที่จับต้องสุดตม มองเห็น ได้ยิน ได้รู้สึกชัดเจน เช่น ต้นไม้ ได้แก่ ต้นไม้อะไรก็ได้ ผู้หญิง ตัวอย่าง ได้แก่ ใครก็ได้ที่เป็นผู้หญิง หรือแมว ตัวอย่าง ได้แก่ จะเป็นแมวตัวใดก็ได้

ความคิดรวบยอดแบบนามธรรม หมายถึงความคิดรวบยอดที่ไม่สามารถหาตัวอย่างได้โดยตรง เช่นคำว่า ความดี ความเลว ความจริง ประชาธิปไตย ตัวอย่างของคำเหล่านี้อาจหาได้ไม่ยากทางอ้อมซึ่งอาจจะแปรเปลี่ยนไปตามการรับรู้การตีความของแต่ละบุคคล ซึ่งแตกต่างจากความคิดรวบยอดรูปธรรมที่แต่ละคนมีความรับรู้ได้ตรงกัน เช่น ถ้าผู้เขียนถามนาย ก. กับนาย ข. ว่าแมวคืออะไร คำตอบทั้งสองคนจะเหมือนกันว่าเป็นสัตว์เลี้ยง มีหลายสี ชอบกินหนู ฯลฯ แต่ถ้าถามนาย ก. กับนาย ข. ว่าความดีคืออะไรคำตอบจะไม่เหมือนกันซึ่งถ้านาย ก. อยู่เวียดนาม นาย ข. อยู่ประเทศไทยด้วยแล้วคำตอบยิ่งแตกต่างกันมากขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างความคิดรวบยอด

ปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ความคิดรวบยอดอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่

1. สิ่งเร้า ถ้าสิ่งเร้ามีความชัดเจนสมบูรณ์ จะช่วยให้บุคคลสามารถแยกแยะความคล้ายคลึง และแตกต่างของวัตถุสิ่งของที่พบใหม่ เพื่อจัดให้อยู่รวมหมวดหมู่ หรือแยกออกจากกันได้สะดวกขึ้น

2. ความสามารถในการรับรู้ ตีความหมายและการบันทึกความจำ บุคคลที่สามารถรับรู้และตีความหมายได้รวดเร็ว จำได้แม่นยำ จะสามารถสร้างความคิดรวบยอดได้เร็ว ลักษณะของบุคคลที่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับประเด็นนี้ได้ ดังนี้

2.1 อายุเด็กมีความไวต่อการรับรู้ และจดจำได้ดีกว่าผู้ใหญ่ เพราะเซลล์ประสาทอยู่ในระยะที่กำลังเจริญเติบโต

2.2 ประสบการณ์ ผู้ใหญ่มีประสบการณ์มากกว่าเด็กสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ให้เกิดความคิดรวบยอดได้ง่ายกว่าเด็ก

3. ความสามารถในการจำแนกแยกแยะเหตุการณ์หรือสิ่งเร้า บุคคลที่มีระดับสติปัญญาสูง มีความเฉลียวฉลาดย่อมมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ได้รวดเร็วกว่า

4. ความสามารถในการสร้างจินตนาการ บุคคลที่มีความสามารถในการสร้างจินตนาการได้ดีจะสามารถสร้างความคิดรวบยอดได้ง่าย เพราะของบางสิ่งเป็นนามธรรมไม่อาจมองเห็นได้

5. ความสามารถในการใช้ภาษา บุคคลที่มีความสามารถทางภาษาดี จะสามารถสื่อสารความคิดรวบยอดได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

ตอนที่ 2 แผนผังมโนทัศน์ (concept mapping)

2.1 ความหมายของแผนผังมโนทัศน์

แผนผังมโนทัศน์ไม่ใช่เรื่องใหม่ของวงการศึกษาเพราะมีผู้ริเริ่มใช้มานานกว่า 25 ปี (Zeilik, 2000) คำว่าแผนผังมโนทัศน์ตรงกับคำอื่นๆ ในภาษาอังกฤษอีกหลายคำ เช่น Concepts Maps หรือ C-Maps, Conceptual Framework, Semantic Mapping, Semantic Maps, Plot Maps, Concept webs เป็นต้น

บุคคลที่คิดเรื่องนี้ขึ้น คือ โจเซฟ ดี โนวาค (Joseph D. Novak) โดยการประยุกต์แนวความคิดทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของออสซูเบล (David Ausubel) ซึ่งเชื่อว่าโครงสร้างการรู้คิด (cognitive) ของบุคคลนั้นมีลักษณะเป็นลำดับชั้นลดหลั่นกันลงมา (hierarchy) เมื่อประสบการณ์ใหม่สัมพันธ์กับมโนทัศน์เดิมที่เคยทราบมาแล้วก็จะทำให้การเรียนรู้ใหม่มีความหมายแก่บุคคลนั้นทันที โนวาคเป็นผู้ที่ทำให้แนวคิดของออสซูเบลได้มองเห็นเป็นแผนภูมิที่เป็นรูปธรรมได้ และท่านได้วิจัยบุกเบิกอย่างจริงจังต่อเนื่องมาตั้งแต่ ค.ศ. 1973 จากการศึกษาพบว่ามีนักการศึกษาหลายท่านที่สนใจเกี่ยวกับแผนผังมโนทัศน์และให้ความหมายไว้ต่างๆ กันออกไป (Gowin and Johensen, 1983; Novak, 1984; Novak, 1993; Zeilik, 2000; and Hin-wai, n.d.) ได้ให้ความหมายคล้ายคลึงกันว่า แผนผังมโนทัศน์เป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลายมโนทัศน์โดยมีคำหรือข้อความเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ ซึ่งจะเริ่มเขียนมโนทัศน์หลักให้อยู่ด้านบนสุด จากนั้นเขียนมโนทัศน์รองลดหลั่นกันลงมา และมีการลากเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์และเขียนคำหรือข้อความเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ไว้ที่เส้น นอกจากนี้มีนักการศึกษาอีกหลายท่านที่ให้นิยามและความหมายของแผนผังมโนทัศน์ไว้ดังนี้

Hart (1994: 49) and Fraser (1996: 10) ได้ให้ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ไว้คล้ายกันว่า "เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบความเข้าใจและส่งเสริมกระบวนการคิดและการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งลักษณะของแผนผังมโนทัศน์ เป็นกลุ่มคำหรือข้อมูลสารสนเทศโดยนักเรียนเป็นผู้สร้างขึ้น เพื่อนำเสนอความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดและความสัมพันธ์ของความคิด"

Trochim (1997) ได้ให้ความหมายว่า "แผนผังมโนทัศน์เป็นโครงสร้างของการสร้างแนวคิด (conceptualization) โดยกลุ่มคนที่ต้องการพัฒนากรอบมโนทัศน์สำหรับเป็นแนวทางในการวางแผนหรือการประเมินผล ซึ่งแผนผังมโนทัศน์จะเอื้อให้กลุ่มตีความในกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากแสดงออกมาเป็นกราฟฟิคหรือรูปภาพโดยแสดงกลุ่มมโนทัศน์ทั้งหมดและความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เหล่านั้นได้พร้อมๆ กันหรือในเวลาเดียวกัน"

Ruiz-Primo et al (2001) กล่าวว่า "แผนผังมโนทัศน์ หมายถึงแผนภาพที่มีส่วนที่แสดงมโนทัศน์ เส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์เพื่อแสดงว่ามโนทัศน์มีความสัมพันธ์กัน และคำเชื่อมโยงบนเส้นเป็นการแสดงว่ามโนทัศน์นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร"

Lanzing (2000) ได้ให้ความหมายว่า "แผนผังมโนทัศน์เป็นเทคนิคการเป็นตัวแทนองค์ความรู้ในรูปภาพ ซึ่งเป็นเครือข่าย (networks) ของมโนทัศน์ เครือข่ายนั้นแสดงออกมาในรูปของกลุ่มคำ (nodes) และการเชื่อมโยง (links) ซึ่งอาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง โดยกลุ่มคำจะเป็นตัวแทนของมโนทัศน์ และการเชื่อมโยงจะเป็นตัวแทนของความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เหล่านั้น แผนผังมโนทัศน์จะแตกต่างจากแผนภูมิความคิด (mind mapping) คือแผนภูมิมโนทัศน์สามารถมีมโนทัศน์หลักได้หลายๆ ตัว แต่แผนภูมิความคิดมีมโนทัศน์หลักเพียง 1 คำ เท่านั้นซึ่งเปรียบแผนภูมิความคิดเป็นตัวแทนต้นไม้ แต่แผนผังมโนทัศน์เป็นตัวแทนของเครือข่าย"

นักการศึกษาไทยหลายท่าน (กำพล ดำรงวงศ์, 2540; มนัส บุญประกอบ, 2542; และสาธิตา เมธนาวิณ, 2545) ได้ให้ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ไว้ว่าเป็นแผนภูมิที่แสดงถึงความสัมพันธ์อย่างมีความหมายของมโนทัศน์อย่างมีลำดับขั้นตอน และระหว่างมโนทัศน์มีการเชื่อมโยงด้วยเส้นตรงหรือเส้นโค้ง และบางครั้งมีการระบุค่าหรือประพจน์กำกับไว้บนเส้นโยงระหว่างคำมโนทัศน์นั้นด้วย

จากการศึกษาสามารถสรุปความหมายของแผนผังมโนทัศน์ได้ว่า เป็นเครื่องมือประเมินประเภทหนึ่ง ที่ช่วยในการตรวจสอบกระบวนการคิดและเสนอความคิดอย่างมีลำดับขั้นตอน โดยมีลักษณะเป็นแผนภาพหรือแผนภูมิที่แสดงถึงมโนทัศน์ต่างๆ หลายนมโนทัศน์ ซึ่งเริ่มเขียนมโนทัศน์หลักไว้ด้านบนแล้วเขียนมโนทัศน์รองและมโนทัศน์ย่อยลดหลั่นลงมา ระหว่างมโนทัศน์มีการลากเส้นเชื่อมโยงและเขียนคำหรือวลี ไว้บนเส้นเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์

2.2 ส่วนประกอบและลักษณะของแผนผังมโนทัศน์

สำหรับส่วนประกอบของแผนผังมโนทัศน์นั้น นักการศึกษากล่าวถึงดังนี้ โนวาค (Novak, 1991: 45 - 46) กล่าวว่าแผนผังมโนทัศน์ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่

1. มโนทัศน์ (concept) หมายถึง คำที่ใช้แทนชื่อของมโนทัศน์ เป็นคำ หรือวลีสั้นๆ
2. ความสัมพันธ์ (relationships) หรือการเชื่อมโยงระหว่างประพจน์ (propositional linkages) เป็นการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างคำมโนทัศน์
3. ลำดับชั้น (hierarchy) เป็นชั้นหรือลำดับชั้นของความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลัก ไปยังมโนทัศน์รอง หรือมโนทัศน์ย่อย
4. การเชื่อมโยงข้ามมโนทัศน์ (cross-links) ซึ่งเป็นการแสดงถึงความสัมพันธ์เชื่อมโยงข้ามชั้นหรือข้ามชั้นระหว่างมโนทัศน์ จากมโนทัศน์หนึ่งไปอีกมโนทัศน์หนึ่ง

พลอทนิค (Plotnick, 1997: 2-3) บารูดี และบาร์เทล (Baroody and Bartels, 2000: 605) และ Cassidy, Griffiths, and Nakoechny (2001) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์ไว้ว่าแผนผังมโนทัศน์จะต้องมีส่วนประกอบ 3 ส่วนที่สำคัญดังนี้

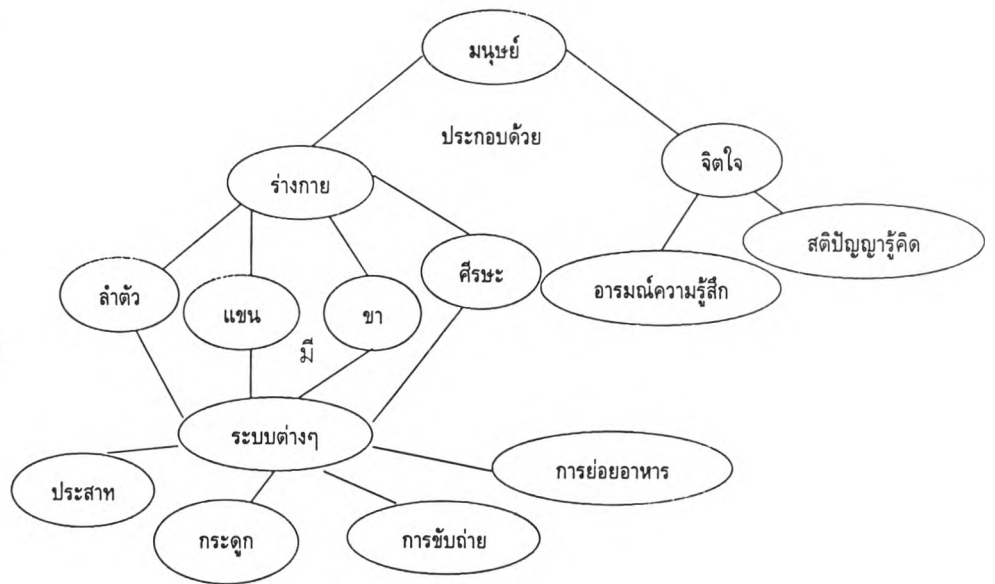
1. คำมโนทัศน์ (concept) เป็นชื่อมโนทัศน์ของเรื่องที่น่ามาสร้างแผนผังมโนทัศน์ซึ่งอาจจะเป็น คำ วลี หรือประโยคสั้นๆ โดยจะเขียนไว้ในกรอบ ซึ่งอาจเป็นรูปวงกลม วงรี หรือสี่เหลี่ยมก็ได้
2. เส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ (linking lines) เป็นเส้นที่ลากเชื่อมโยงระหว่างคำมโนทัศน์สองมโนทัศน์ โดยเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์นี้ อาจจะเป็นเส้นตรง เส้นโค้ง บางครั้งอาจแสดงทิศทางความสัมพันธ์ด้วยหัวลูกศรทางเดียว หรือสองทิศทางกำกับไว้ด้วย
3. คำเชื่อมโยง (linking phrases) เป็นคำที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์สองมโนทัศน์ โดยคำเชื่อมโยงนั้นจะต้องเป็นคำที่ทำให้เกิดประพจน์ที่มีความหมาย อาจเป็น ถ้อยคำ วลี หรือประโยค ซึ่งต้องเป็นคำที่สั้น กระชับรัด ทำให้ผู้อ่านเข้าใจง่าย

จากส่วนประกอบของแผนผังมโนทัศน์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปส่วนประกอบที่สำคัญของแผนผังมโนทัศน์ได้ดังนี้ คือคำมโนทัศน์ (concept) คำเชื่อม (linking words) และเส้นเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ (linking lines) นอกจากนั้นสามารถเพิ่มเติมการเชื่อมโยงข้ามสาย (cross links) ได้ เพื่อเป็นการแสดงถึงความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์

ลักษณะของแผนผังมโนทัศน์

ลักษณะของแผนผังมโนทัศน์มีองค์ประกอบหลายองค์ประกอบ โนวาค (1990) ได้เสนอลักษณะของแผนผังอย่างง่ายที่มุ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ระดับต่าง ๆ ไว้ดังแผนภาพที่ 1

1. มโนทัศน์หลัก
2. มโนทัศน์รอง
3. มโนทัศน์ย่อย
4. มโนทัศน์เจาะจง
5. ตัวอย่าง



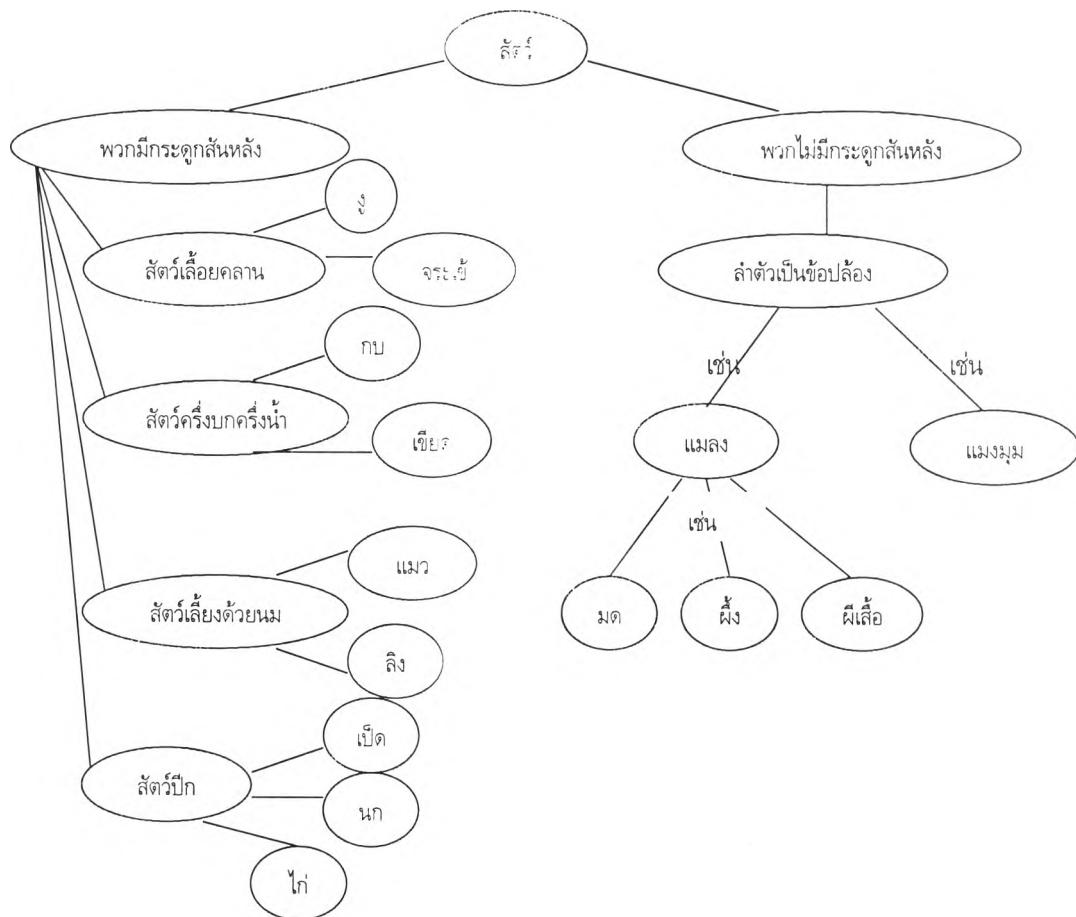
แผนภาพที่ 1 แผนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับมนุษย์ และองค์ประกอบ (Novak, 1984 อ้างถึงใน มนัส บุญประกอบ, 2542)

ประเภทของแผนผังมโนทัศน์ มีหลายรูปแบบซึ่งมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไป สำหรับการนำแผนผังมโนทัศน์มาใช้ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลหรือวัตถุประสงค์ของการศึกษา นักการศึกษาหลายท่านได้จัดแบ่งประเภทของแผนผังมโนทัศน์โดยใช้เกณฑ์ต่างกันไปหลายแนวคิด โดยมีลักษณะที่ลากหลายดังนี้

มินท์เซล วอนเดอร์ซี และโนแวก (Mintzes, Wandersee, and Novak, 1998 อ้างถึงใน มนัส บุญประกอบ, 2542) ได้แบ่งแผนผังมโนทัศน์ออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. แผนผังหลัก (Macro map) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่สำคัญๆ เท่านั้น
2. แผนผังย่อย (Micro map) แสดงรายละเอียดเพิ่มเติม เฉพาะมโนทัศน์องค์ประกอบ

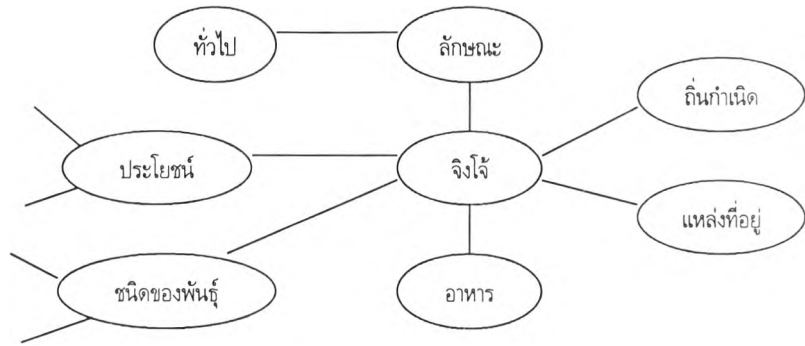
ของแผนผังหลัก ดังรูป



แผนภาพที่ 2 แผนผังมโนทัศน์ย่อยเรื่องสัตว์

เมอร์ล ตัน (Merle Tan, 2532 อ้างถึงใน มนัส บุญประกอบ, 2542) แห่งมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์ ได้แบ่งแผนผังมโนทัศน์ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. ชนิดกระจายออก กำหนดให้คำมโนทัศน์หลักอยู่ตรงกลาง แสดงการเชื่อมโยงออกไปรอบทิศทางสู่มโนทัศน์อื่นๆ บางแห่งเรียกว่า Spidergram และบางแห่งเรียกว่า Mind Mapping ดังรูป



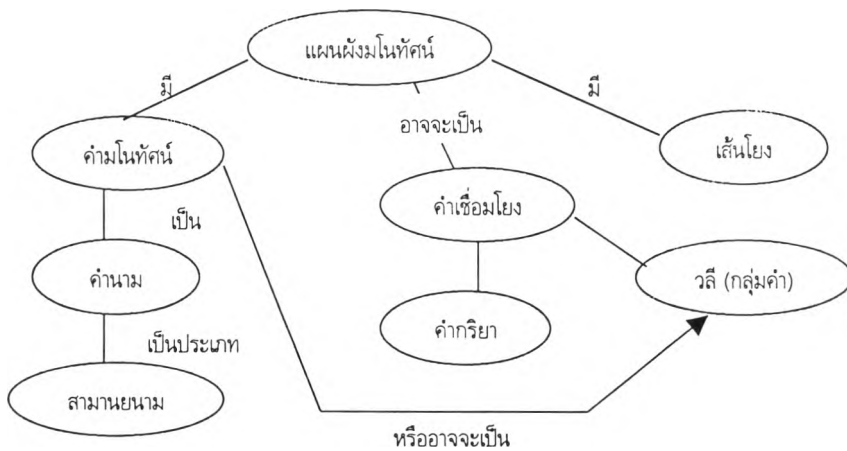
แผนภาพที่ 3 แผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก

- 2. ชนิดปลายเปิด มีลักษณะเหมือนภาพประกอบภาพแรกที่แสดงระดับมโนทัศน์ตามแนวคิดของ โนแวนด์ กล่าวคือ จากมโนทัศน์หลักจะเชื่อมไปสู่มโนทัศน์อื่นๆ ลงไปทางด้านล่างเรื่อยๆ ไปตามลำดับ
- 3. ชนิดปลายปิด หรือปิดล้อมเป็นวง แสดงการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์เป็นวงปิด ดังรูป



แผนภาพที่ 4 แผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายปิด

- 4. ชนิดเชื่อมโยงข้ามชุด แสดงลักษณะคล้ายชนิดปลายเปิดแต่มีการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ข้ามชุดกันได้ในหลายทิศทางโดยเขียนหัวลูกศรกำกับเพื่อบอกทิศทางที่เกี่ยวข้อง



แผนภาพที่ 5 แผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยงข้ามชุด

นอกจากนี้ Cassidy, Griffiths, and Nakoechny (2001) ได้จำแนกแผนผังมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. แผนผังต้นไม้ โดยมโนทัศน์จะถูกจัดเป็นหมวดหมู่ การเขียนมโนทัศน์จะเริ่มจากส่วนบนของกระดาษ และเขียนมโนทัศน์อื่นๆ ลดหลั่นลงไป
2. แผนผังที่มีลักษณะเป็นเว็บ เป็นแผนผังที่ไม่มีลำดับขั้นตอน ซึ่งสามารถเขียนประพจน์เชื่อมกันไว้ได้
3. แผนผังแบบวง แผนผังมโนทัศน์ประเภทนี้จะเขียนมโนทัศน์ไว้ตรงกลางแล้วเขียนประพจน์ออกจากจุดศูนย์กลางออกไปด้านข้าง

แผนผังมโนทัศน์ มีหลายประเภทซึ่งแต่ละประเภทจะมีการนำเสนอที่แตกต่างกันออกไป การใช้ขึ้นอยู่กับผู้เลือกว่าจะใช้ประเภทใดจึงจะเหมาะสมกับเรื่องที่ตนเองสนใจ ซึ่งสามารถสรุปประเภทของแผนผังมโนทัศน์ได้ 3 ประเภทคือ (1) แผนผังที่มีลำดับขั้นตอน (2) แผนผังที่ไม่มีลำดับขั้นตอน และ (3) แผนผังที่มีลักษณะเป็นแบบวง

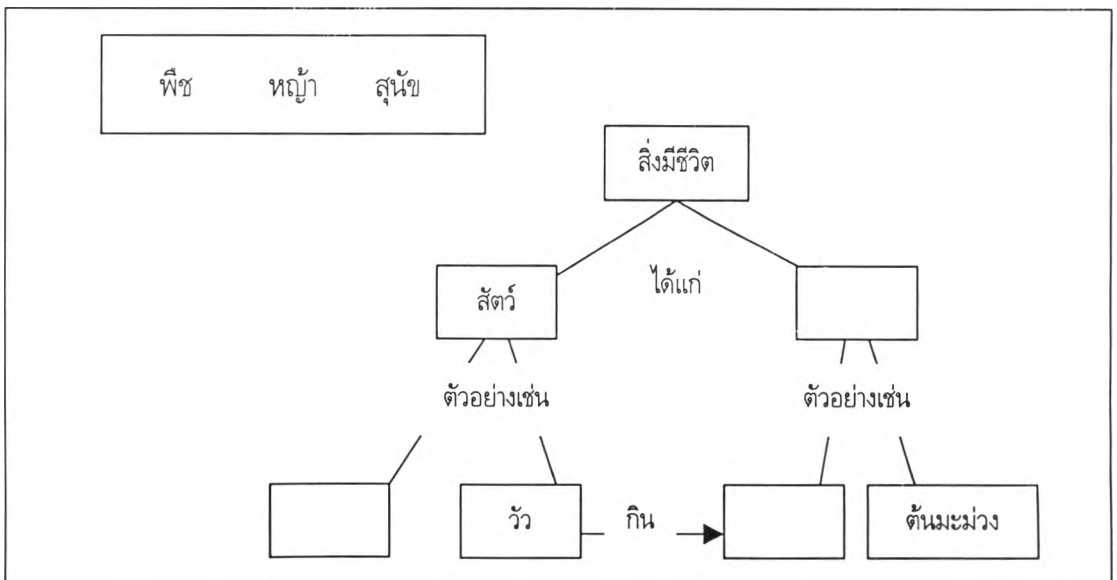
เทคนิคแผนผังมโนทัศน์

เทคนิคแผนผังมโนทัศน์มีอยู่หลากหลายประเภท ในการนำมาใช้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้นำเสนอไว้ดังนี้

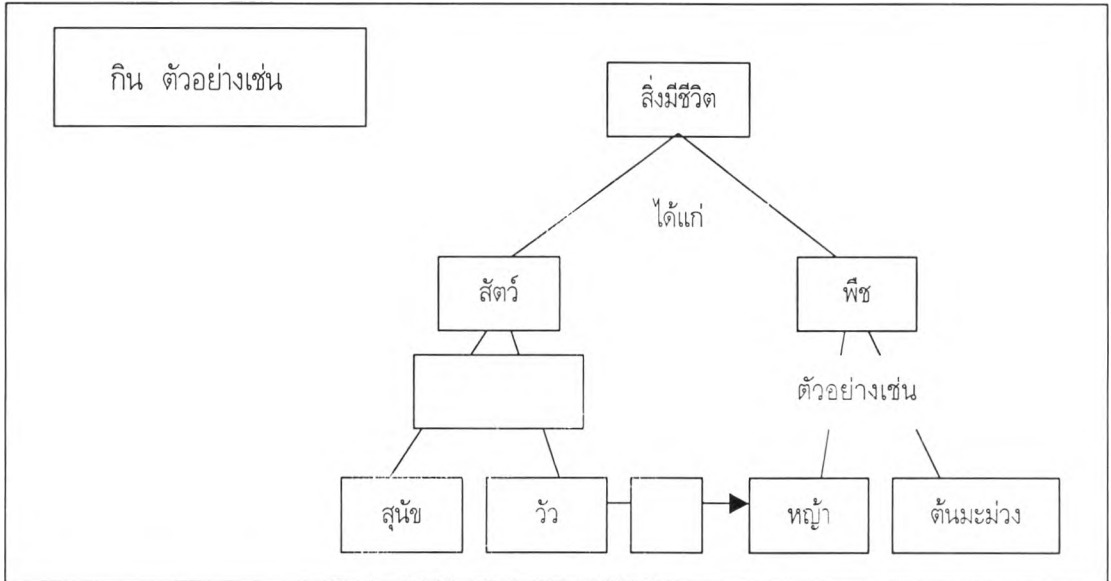
Ruiz-Primo et al (2001) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประเภทของเทคนิคแผนผังมโนทัศน์ไว้ 2 ประเภทคือ

1. เทคนิคแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในผัง (fill-in-the-map) เป็นเทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ที่มีการกำหนดมโนทัศน์ทั้งหมดมาให้ โดยกำหนดเป็นแผนผังโครงสร้างที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้นักเรียนนำมโนทัศน์ที่กำหนดให้ทั้งหมดมาเติมลงในช่องว่างให้สมบูรณ์ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1.1 แบบเติมคำมโนทัศน์ (fill-in-the-nodes) เป็นการจัดแผนผังมโนทัศน์ โดยเติมมโนทัศน์ในช่องว่างของแผนผังโครงสร้างให้สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง



1.2 แบบเติมคำเชื่อมบนเส้น (fill-in-the-lines) เป็นการจัดแผนผังมโนทัศน์ โดยการเติมคำเชื่อมลงบนเส้นโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่ว่างให้สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง

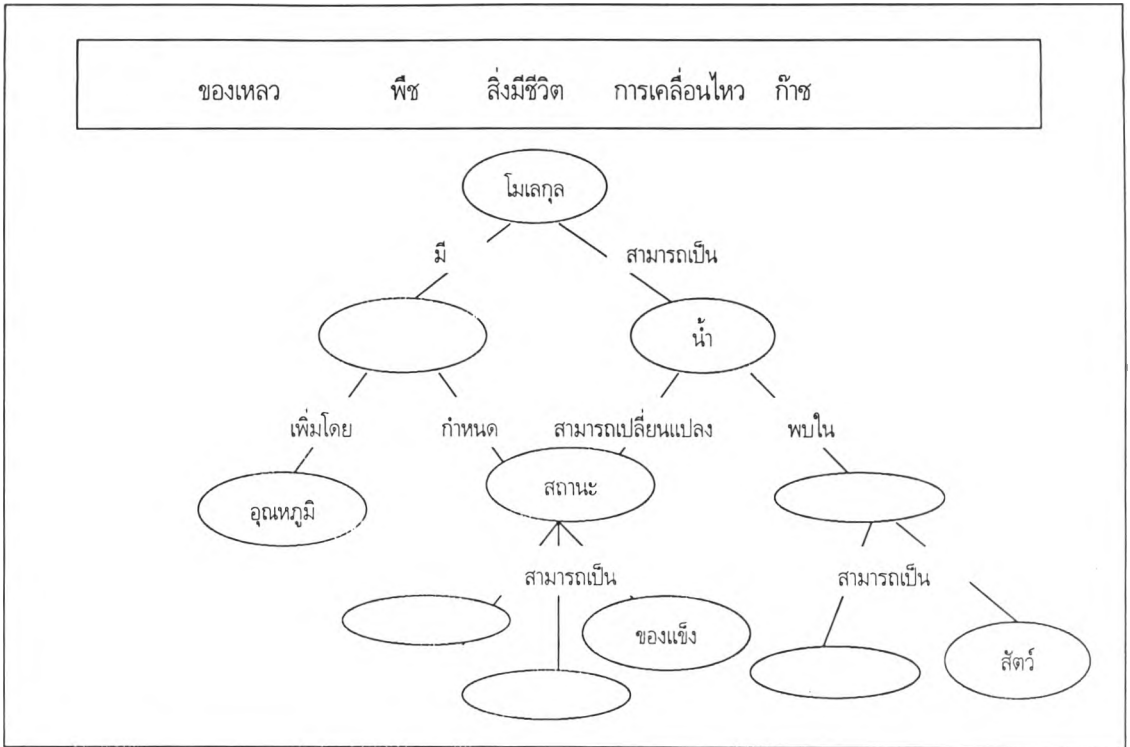


2. เทคนิคแผนผังมโนทัศน์แบบสร้างผังจากคำ (construct-a-map) เป็นการจัดแผนผังมโนทัศน์ โดยการกำหนดรายการของมโนทัศน์บางส่วนมาให้ โดยให้นักเรียนนำมโนทัศน์เหล่านั้นมาสร้างเป็นแผนผังมโนทัศน์ให้สมบูรณ์ ตัวอย่างมโนทัศน์

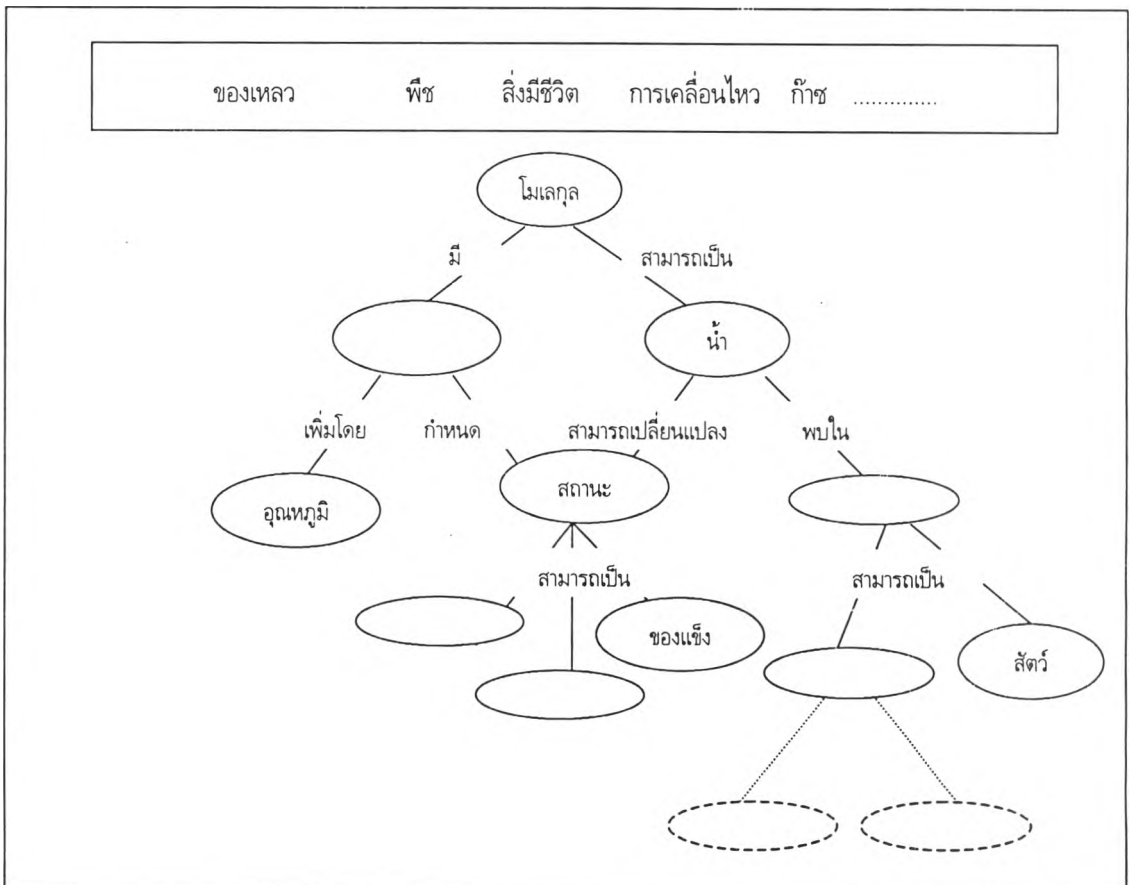


Baroody and Bartels (2000) ได้แบ่งประเภทของแผนผังมโนทัศน์ ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. แบบเติมมโนทัศน์ (fill-in task) เป็นการจัดแผนผังมโนทัศน์โดยมีการกำหนดมโนทัศน์ทั้งหมดมาให้ และมีการจัดแผนผังโครงสร้างที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ แล้วให้นักเรียนนำมโนทัศน์ที่กำหนดให้มาเติมในแผนผังมโนทัศน์ให้สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง



2. แบบเพิ่มมโนทัศน์ (add-on task) เป็นการจัดแผนผังมโนทัศน์โดยมีมโนทัศน์มาให้ และจัดแผนผังโครงสร้างที่ยังไม่สมบูรณ์มาให้ แล้วให้นักเรียนนำมโนทัศน์ที่กำหนดมาเติมลงในช่องว่างของแผนผังโครงสร้าง โดยนักเรียนสามารถคิดมโนทัศน์ขึ้นมาเพิ่มได้ตามความเข้าใจและเพื่อให้แผนผังมโนทัศน์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังตัวอย่าง



3. แบบปลายปิด (close-ended list task) เป็นการจัดแผนผังมโนทัศน์โดยกำหนดมโนทัศน์ให้ให้นักเรียนจัดแผนผังมโนทัศน์โดยใช้มโนทัศน์ทั้งหมดที่กำหนดมาให้และเขียนความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ซึ่งทำให้การจัดแผนผังมโนทัศน์สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง

ของเหลว	พืช	สิ่งมีชีวิต	การเคลื่อนไหว	ก๊าซ	สถานะ	อุณหภูมิ
ของแข็ง	ของเหลว	สัตว์	น้ำ			

โมเลกุล

4. แบบปลายเปิด (open-ended list task) เป็นการจัดแผนผังมโนทัศน์โดยกำหนดมโนทัศน์บางส่วนมาให้ แล้วให้นักเรียนจัดแผนผังมโนทัศน์ โดยใช้มโนทัศน์ที่กำหนดให้และสามารถเพิ่มมโนทัศน์และเขียนความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ซึ่งทำให้แผนผังมโนทัศน์นั้นสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังตัวอย่าง

ของเหลว	พืช	สิ่งมีชีวิต	การเคลื่อนไหว	ก๊าซ	สถานะ	อุณหภูมิ
ของแข็ง	ของเหลว	สัตว์	น้ำ		

ลักษณะของเทคนิคแผนผังมโนทัศน์ของ Ruiz-Primo et al (2001) มีลักษณะคล้ายกับแผนผังของ บาร์รูดี และบาร์เทล (Baroody and Bartels, 2000) แต่ต่างกันตรงที่แนวคิดของ บาร์รูดีและบาร์เทล มีลักษณะการเพิ่มคำมโนทัศน์เข้าไปในแผนผังได้ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้บูรณาการนำเทคนิคแผนผังดังกล่าวมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยพัฒนาแผนผังมโนทัศน์แบบ 2 ประเภท คือแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในผัง (fill-in-the-map) และแผนผังมโนทัศน์แบบสร้างผังจากคำ (construct-a-map)

2.4 การสร้างแผนผังมโนทัศน์

การสร้างแผนผังมโนทัศน์สามารถสร้างได้หลายวิธี ในแต่ละวิธีจะเริ่มต้นด้วยการแนะนำแนวคิดเกี่ยวกับแนวคิดมโนทัศน์ อาจทำในรูปของกิจกรรมการเรียนรู้หรือการแนะนำโดยตรงโดยการให้คำจำกัดความของมโนทัศน์ และวัตถุประสงค์ในการสร้างผังมโนทัศน์ จะเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ (Novak, Gowin, and Johansen, 1983) จากการศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่านสามารถแยกวิธีการสร้างแผนผังมโนทัศน์ออกเป็น 4 ลักษณะดังนี้

ลักษณะที่ 1 (Ault, 1985; and Hin-wai, n.d.) ได้เสนอวิธีการสร้างแผนผังมโนทัศน์ออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 คัดเลือกเรื่องที่จะสร้างแผนผังมโนทัศน์ อาจนำมาจากหนังสือเรียน หนังสืออ่านประกอบ สมุดจดคำบรรยาย เป็นต้น แล้วระบุมโนทัศน์ที่สำคัญหรือมโนทัศน์หลัก โดยขีดเส้นใต้คำหรือประโยคที่สำคัญ ซึ่งอาจเป็นคำ วลี หรือเหตุการณ์ แล้วเขียนมโนทัศน์เหล่านั้นลงในกระดาษแผ่นเล็กๆ หรือการ์ดที่เตรียมไว้ เพื่อความสะดวกในการจัดความสัมพันธ์

ขั้นที่ 2 จัดลำดับ นำคำมโนทัศน์สำคัญหรือมโนทัศน์หลักที่ได้เขียนลงบนแผ่นกระดาษเล็กๆ มาจัดลำดับจากมโนทัศน์ที่สำคัญไปสู่มโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจง

ขั้นที่ 3 จัดกลุ่ม นำมโนทัศน์มาจัดกลุ่มเข้าด้วยกันโดยมีเกณฑ์ 2 ข้อ คือ

3.1 จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่อยู่ในระดับเดียวกัน

3.2 จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องกันหรือคล้ายคลึงกัน

ขั้นที่ 4 จัดระบบ เมื่อจัดกลุ่มมโนทัศน์แล้ว นำมโนทัศน์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมาจัดระบบตามลำดับความเกี่ยวข้องในรูปแผนภูมิหรือแผนภาพ โดยสามารถลากวงกลม วงรี สี่เหลี่ยม หรือรูปอื่นๆ ล้อมรอบคำมโนทัศน์ ซึ่งในขั้นนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้ หรืออาจหามโนทัศน์อื่นๆ มาเพิ่มเติมได้อีก

ขั้นที่ 5 เชื่อมโยงมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กัน เมื่อจัดระบบมโนทัศน์ที่สำคัญเรียบร้อยแล้ว ให้นำมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงกัน โดยการลากลูกศรเชื่อมโยงและมีคำเชื่อมระบุความสัมพันธ์กำกับไว้ทุกเส้น หลังจากใส่คำเชื่อมแล้วสามารถอ่านเป็นประโยคได้ เส้นที่ลากเชื่อมโยงนี้อาจจะเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ชุดเดียวกันหรือเชื่อมโยงระหว่างชุดของมโนทัศน์ที่ต่างกันได้

ลักษณะที่ 2 Novak, 1984; White & Gunstone, 1992; และสุนีย์ สอนตระกูล, 2535 ได้เสนอวิธีการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่มีลักษณะคล้ายกัน มีขั้นตอนดังนี้

1. คัดเลือกบทเรียนจากหนังสือเรียนที่มีเนื้อหาไม่ยากจนเกินไป ควรเป็นเนื้อหาสั้นๆ และประกอบด้วยมโนทัศน์ที่ไม่มากเกินไป เช่น เรื่องสิ่งมีชีวิต มโนทัศน์ที่ได้ อาจเป็น สัตว์ พืช หรือหญ้า

2. วิเคราะห์หามโนทัศน์ที่มีความสำคัญ ด้วยการเขียนมโนทัศน์ลงบนกระดาษ หรือการ์ด ขนาด 3×5 นิ้ว

3. จัดเรียงลำดับและแยกแยะมโนทัศน์ โดยดูว่ามโนทัศน์ที่กว้างมโนทัศน์ใดเป็นมโนทัศน์รองมโนทัศน์ใดเป็นมโนทัศน์เฉพาะเจาะจง

4. เรียงลำดับมโนทัศน์ ให้มโนทัศน์ที่กว้างอยู่บนสุด และลดหลั่นลงมาด้วยมโนทัศน์รองจนถึงมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจง

5. ลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ต่างๆ จากนั้นหาคำหรือข้อความมาเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ เพื่อให้มโนทัศน์เหล่านั้นสัมพันธ์กัน

6. ตรวจสอบหรือปรับปรุงแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นให้ถูกต้องตามเนื้อหา

ลักษณะที่ 3 Grayson (2000) ได้อธิบายขั้นตอนการสร้างแผนผังมโนทัศน์ดังนี้

1. เขียนมโนทัศน์หรือคำหลักเกี่ยวกับเรื่องที่สนใจลงไป

2. ระบุ มโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ที่เฉพาะ
3. เริ่มเขียนแผนผังมโนทัศน์โดย
 - 3.1 มโนทัศน์ต้องอยู่ในรูปกรอบวงกลมหรือวงรี
 - 3.2 วางมโนทัศน์หลักไว้ข้างบนสุด
 - 3.3 วางมโนทัศน์รองไว้ถัดลงมา และ
 - 3.4 วางมโนทัศน์ที่เฉพาะไว้ล่างสุด
4. ขีดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เหล่านั้น
5. ตั้งชื่อเส้นตรงเหล่านั้นด้วยคำที่มีความหมายแสดงถึงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์
6. แก้ไขปรับปรุงแผนผังมโนทัศน์

ลักษณะที่ 4 Trochim (1997) ได้อธิบายขั้นตอนการสร้างแผนผังมโนทัศน์เพื่อการวางแผนและการประเมินผลดังนี้

ขั้นที่ 1 การเตรียมการ (preparation) ประกอบด้วย

- 1.1 การคัดเลือกผู้ให้ความร่วมมือ (กลุ่มตัวอย่าง) ในการพัฒนาประเด็นที่สนใจ
- 1.2 การใช้วิธีระดมสมอง (brain storming) และมุ่งการจัดอันดับความสำคัญ(rating)

ขั้นที่ 2 การผลิตเนื้อหาสาระที่สำคัญ (generation of statements)

- 2.1 การใช้ความร่วมมือของกลุ่มตัวอย่าง ช่วยกันออกความคิดเห็นต่างๆโดยวิธี

ระดมสมอง

ขั้นที่ 3 การจัดโครงสร้างเนื้อหาสาระที่ได้จากการระดมสมอง (structuring of statement)

- 3.1 การจัดประเภทของเนื้อหาสาระ (sorting)
- 3.2 การจัดอันดับเนื้อหาสาระ (rating)

ขั้นที่ 4 การเลือกตัวแทนของเนื้อหาสาระ (representation of maps)

- 4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 5 การแปลความหมายของแผนภูมิ (interpretation of maps)

- 5.1 การจัดรายการของเนื้อหาสาระ (the statement list)
- 5.2 การจัดรายการของเนื้อหาสาระให้เป็นกลุ่ม (the cluster list)
- 5.3 การตั้งชื่อกลุ่มต่างๆ ที่จัดขึ้น (naming the clusters)
- 5.4 การเขียนแผนผังจากกลุ่มต่างๆ (the cluster map) ด้วยการใช้การจัดอันดับ

ความสำคัญ

ขั้นที่ 6 การใช้ประโยชน์ของแผนผัง

- 6.1 สำหรับการวางแผนงาน สามารถใช้ได้อย่างหลากหลาย ได้แก่ แผนปฏิบัติการ (action plans) ใช้สำหรับวางแผนโครงสร้างของกลุ่ม (planning group structure) ใช้ในการประเมินความต้องการจำเป็น (needs assessment) และใช้ในการพัฒนาโปรแกรมต่างๆ

6.2 สำหรับการประเมินผล สามารถใช้อย่างหลากหลายเช่นเดียวกันโดยใช้ในการพัฒนาโปรแกรมต่างๆ (program development) ใช้ในการวัดผล (measurement) การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (sampling) และการประเมินผลลัพธ์ (outcome assessment)

ในการวิจัยครั้งนี้มีวิธีการสร้างแผนผังมโนทัศน์ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ ให้นักเรียนสำรวจและคัดเลือกคำมโนทัศน์จากหนังสือเรียน ตำราต่างๆ หรือจากประสบการณ์ต่างๆ โดยเขียนเป็นคำ วลี หรือประโยคสั้นๆ ลงในกระดาษหรือการ์ดที่เตรียมไว้ แยกคำมโนทัศน์เดียวกันหรือที่คล้ายกันจัดกลุ่มไว้ด้วยกัน หลังจากนั้นนำมโนทัศน์ที่คัดเลือกแล้วมาวางกระจายบนกระดาษหรือกระดานดำ โดยเลือกคำมโนทัศน์หลักหรือมโนทัศน์ที่สำคัญที่สุดวางไว้บนสุด จากนั้นวางมโนทัศน์ย่อยหรือมโนทัศน์รองลงมาเรื่อยๆ จากนั้นลากลูกศรเพื่อแสดงทิศทางระหว่างมโนทัศน์ และเขียนคำเชื่อมหรือวลีกำกับไว้บนเส้นเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์

2.5 เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์

ในการสร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์มีนักการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านได้สร้างแนวทางไว้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

โนแวกและโกวิน (Novak & Gowin, 1984) ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแผนผังมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. ประพจน์ (propositions) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มโนทัศน์ที่เชื่อมกันโดยคำเชื่อมมีความหมายที่สมเหตุสมผลและตรงกับความสัมพันธ์หรือไม่ ถ้ามีความหมายแต่ละข้อความที่แสดงความสัมพันธ์จะได้คะแนน 1 คะแนน

2. การจัดลำดับชั้นตอน (hierarchy) ในแผนผังมโนทัศน์มีการจัดลำดับหรือไม่ แต่ละมโนทัศน์ที่อยู่รองลงมาเป็นมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจง และมีความกว้างน้อยกว่ามโนทัศน์ที่อยู่ลำดับแรกๆ ให้คะแนน 5 คะแนน ของทุกระดับที่จัดลำดับได้สมเหตุสมผล

3. การเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ (cross link) มีการเชื่อมโยงกันระหว่างสายของมโนทัศน์หรือไม่ ถ้ามีการเชื่อมโยงอย่างสมเหตุสมผลและมีนัยสำคัญ ให้คะแนน 10 คะแนน และให้คะแนน 2 คะแนน ถ้าเชื่อมคำสมเหตุสมผลแต่ไม่ได้แสดงการสังเคราะห์ระหว่างชุดของมโนทัศน์หรือข้อความที่เกี่ยวข้องกัน การเชื่อมโยงระหว่างสายของมโนทัศน์สามารถชี้ให้เห็นความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และต้องระมัดระวังเป็นพิเศษในการให้คะแนน การใช้คำเชื่อมที่เกิดความคิดสร้างสรรค์ควรจะได้คะแนนพิเศษ

4. ตัวอย่าง (examples) นักเรียนยกตัวอย่างของเหตุการณ์หรือวัตถุที่เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นได้ถูกต้องจะได้คะแนนตัวอย่าง 1 คะแนน

บอลท์ (Bolte, 1999) ได้เสนอเกณฑ์การให้คะแนนแบบฮอลิสติก (holistic scoring) โดยแต่ละแผนผังมโนทัศน์มีคะแนนเต็ม 10 คะแนน โดยให้คะแนนของการจัดแผนผังมโนทัศน์ (organization) 6 คะแนน และคะแนนความถูกต้อง (accuracy) 4 คะแนน ดังนี้

การจัดแผนผังมโนทัศน์ (organization) เป็นการตรวจสอบการจัดกลุ่มมโนทัศน์และการเชื่อมโยงให้คะแนนคือ

6 คะแนน แสดงได้ถึงคุณสมบัติของแผนผัง มีการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่สื่อความหมายถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้ลึกซึ้ง สร้างความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของมโนทัศน์ได้อย่างชัดเจน ใช้คำเชื่อมได้อย่างเหมาะสม และเพิ่มมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กับแผนผังเข้าไปได้อย่างถูกต้อง

5 คะแนน แสดงความเข้าใจของการเชื่อมโยงได้ลึกซึ้ง สร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้ชัดเจน ใช้มโนทัศน์ที่กำหนดให้ทุกมโนทัศน์

4 คะแนน แสดงถึงความเข้าใจของการเชื่อมโยงได้แต่ไม่ลึกซึ้ง สร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้ไม่ค่อยชัดเจน มีบางมโนทัศน์ที่กำหนดให้แต่ไม่มีในแผนผังมโนทัศน์

3 คะแนน แสดงถึงความเข้าใจเพียงบางส่วนเท่านั้น เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ไม่ชัดเจน มีมโนทัศน์หลายมโนทัศน์ที่กำหนดให้แต่ไม่มีในแผนผังมโนทัศน์

2 คะแนน แสดงความเข้าใจได้เล็กน้อย เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ไม่ชัดเจนมาก จัดกลุ่มมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง ขาดมโนทัศน์หลักหลายมโนทัศน์

1 คะแนน แสดงความเข้าใจได้น้อยมาก ใช้คำเชื่อมไม่ถูกต้อง ไม่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ ขาดมโนทัศน์หลักหลายคำ

0 คะแนน ไม่แสดงถึงความเข้าใจ แสดงความสัมพันธ์ไม่ได้เลย ใช้คำเชื่อมไม่ถูกต้องเลย

ความถูกต้อง (accuracy) เป็นการตรวจสอบความชัดเจนและความผิดพลาดหรือความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ให้คะแนนดังนี้

4 คะแนน ไม่มีผิดพลาดเลย

3 คะแนน ผิดในรายละเอียดเล็กน้อย

2 คะแนน คลาดเคลื่อนเล็กน้อยและเป็นการคลาดเคลื่อนในมโนทัศน์รอง

1 คะแนน คลาดเคลื่อนในมโนทัศน์หลัก

0 คะแนน ไม่ถูกต้องเลย หรือคลาดเคลื่อนในมโนทัศน์หลักหลายมโนทัศน์

การตรวจให้คะแนนของแผนผังมโนทัศน์มีหลายวิธี ซึ่งในการนำไปใช้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของแผนผังมโนทัศน์ที่ใช้ โดยผู้ประเมินสามารถประยุกต์หรือสร้างเกณฑ์การให้คะแนนได้ด้วยตนเอง โดยสรุปเกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแผนผังมโนทัศน์ในการวิจัยในครั้งนี้จะพิจารณาจาก ความถูกต้องและความเข้าใจของการจัดแผนผัง และการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์

2.6 ประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์

การนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้ในการศึกษามีอย่างกว้างขวาง นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

มนัส บุญประกอบ (2542) กล่าวว่า การนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้สามารถใช้ได้อย่างกว้างขวางหลายประการ เช่น

1. การระดมสมอง เหมาะแก่การใช้แผนผังมโนทัศน์ประเภทกระจายออกอย่างยิ่ง เพราะเมื่อคิดถึงเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้เขียนเรื่องนั้นลงไปก่อน แล้วเขียนเส้นล้อมกรอบไว้ จากนั้นให้คิดต่อว่ามีอะไรบ้างที่เกี่ยวข้อง คิดได้เท่าไรเขียนลงไปทั้งหมดจึงเขียนเส้นโยงไปยังเรื่องหลัก เมื่อได้มากๆ ขึ้น ก็อาจจำเป็นต้องการจัดกลุ่มในภายหลัง การเขียนเช่นนี้เป็นลักษณะธรรมชาติและเป็นอิสระมา ใช้ได้ทั้งการระดมสมองคนเดียว หรือเป็นกลุ่มย่อย และกลุ่มใหญ่

2. การวางแผนงาน เช่น การเตรียมตัวสอบแข่งขัน การเตรียมทำกิจกรรมชุมนุม การเตรียมฝึกนักกีฬา การวางแผนการวิจัย เป็นต้น การเขียนถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นแผนผังมโนทัศน์ช่วยให้มองเป็นรูปธรรมชัดเจนภายในกระดาษเพียงหน้าเดียว ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ในการสื่อสารความเข้าใจแก่กันดูแผนผังพิมพ์เขียวของสถาปนิกทีเดียว

3. การออกแบบ การออกแบบพัฒนาหลักสูตร การออกแบบการเชื่อมโยงข้อสนเทศบนโฮมเพจของตนเอง ลักษณะของแผนผังมโนทัศน์เอื้อประโยชน์ในแง่นี้ได้เป็นอย่างดี เพราะแผนผังมโนทัศน์เน้นถึงความสัมพันธ์ระหว่างจุดต่างๆ มากมายได้เสมอทุกรูปแบบ

4. การเขียนเรื่องราว ก่อนที่จะเขียนบทความ เรียงความ รายงาน หรือเอกสาร ตำรา ต้องคิดโครงเรื่องหลัก เพื่อแจกแจงไปสู่รายละเอียดในภายหลัง ลักษณะพิเศษของแผนผังมโนทัศน์ที่แสดงความสัมพันธ์ได้หลายรูปแบบดังกล่าวมาแล้ว จะช่วยในเชิงความสัมพันธ์ของภาพรวมและส่วนขยาย ไปจนถึงรายละเอียดที่ต้องการและมีความซับซ้อนมากๆ ได้

5. เครื่องมือการเรียนรู้ การเขียนสรุปเรื่องราวแต่ละบทแต่ละตอนด้วยแผนผังมโนทัศน์ อาจช่วยทำให้จดจำได้เป็นอย่างดี เพียงใช้คำศัพท์เฉพาะต่างๆ มาจัดเรียงความสัมพันธ์

6. เครื่องมือการประเมิน ครูอาจใช้แผนผังมโนทัศน์ ประเมินผู้เรียนแทนการเติมคำลงในช่องว่างหรือแทนการเขียนตอบแบบอัตนัย เช่น ในเบื้องต้นของแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนท่านอาจเขียนเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่เว้นว่างเป็นบางกรอบสำหรับให้เติมข้อความ กรณีที่ผู้เรียนเขียนแผนผังมโนทัศน์ด้วยตนเองแล้ว ครูอาจถามให้ตอบอย่างอิสระและเปิดกว้างโดยกำหนดให้เขียนเป็นแผนผังรูปแบบใดๆ โดยมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่คำนึงถึงความถูกต้องแง่เนื้อหา หลักการ จำนวนคำมโนทัศน์ หรือคำศัพท์เฉพาะที่ใช้ระดับความซับซ้อนหรือชนิดของแผนผัง และความแปลกใหม่ในเชิงความคิดสร้างสรรค์

7. เครื่องมือในการนำเสนอเรื่องราว หรือการถ่ายทอดความรู้

8. การทำวิจัยเพื่อขยายองค์ความรู้ หรือเพื่อทำผลงานขอเลื่อนตำแหน่งวิชาการ

Lanzing (2000) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้แผนผังมโนทัศน์ ดังนี้

1. การสร้างแนวคิด เช่น การระดมสมอง

2. การออกแบบสิ่งที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน เช่น สื่อขนาดใหญ่ (hypermedia)

ตำรา (long text) เว็บไซต์ขนาดใหญ่ (large web sites)

3. การสื่อสารในแนวคิดที่ซับซ้อน

4. การช่วยให้เกิดการเรียนรู้ด้วยการผสมผสานองค์ความรู้ที่มีอยู่และองค์ความรู้ใหม่

เข้าด้วยกัน โดยแสดงให้เห็นชัดเจน

5. การช่วยประเมินความเข้าใจที่ถูกต้องหรือวินิจฉัยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน McCabe (1995) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ที่นำไปใช้ในการเรียนการสอน ดังนี้

1. เป็นเครื่องมือสำหรับ นักเรียน นักศึกษา เพื่อ
 - 1.1 เพื่อจัดการกับเนื้อหาสาระในวิชาต่างๆ
 - 1.2 เพื่อเขียนแผนผังโครงสร้างองค์ความรู้ของวิชาต่างๆ ที่เรียนอยู่
 - 1.3 เพื่อสอดแทรกมโนทัศน์ใหม่ๆ เข้าไปในโครงสร้างองค์ความรู้ที่มีอยู่เดิม
 - 1.4 เพื่อเตือนความจำในสิ่งที่ต้องใช้เวลายาวนาน
 - 1.5 เพื่อปรับปรุงการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ
2. เป็นเครื่องมือ ในการวางแผนงานและการสอนของครู
 - 2.1 เพื่อประเมินความรู้ของนักเรียนที่มีอยู่อย่างรวดเร็ว
 - 2.2 เพื่อวางแผนและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอน
 - 2.3 เพื่อประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน
 - 2.4 เพื่อทบทวนประเด็นต่างๆ
 - 2.5 สำหรับสำรวจกิจกรรมการสอนที่เฉพาะเจาะจง

Baroody and Bartels (2001) ได้กล่าวว่า แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือประเมินกระบวนการคิดประเภทหนึ่ง และได้กล่าวถึงมีประโยชน์ของการใช้แผนผังมโนทัศน์ในการประเมินไว้ดังนี้

1. แผนผังมโนทัศน์สามารถใช้ในการวินิจฉัยและเป็นข้อมูลย้อนกลับในการจัดการเรียนการสอนได้เช่นเดียวกับการตัดเกรด นอกจากนี้การสร้างแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนสามารถทำให้ครูได้ทราบถึงระดับความเข้าใจในความคิดรวบยอด และสารสนเทศที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนหรือปรับปรุงการเรียนการสอนได้

2. ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน การสังเกตพฤติกรรมการสร้างแผนผังมโนทัศน์ทำให้ทราบจุดบกพร่องของนักเรียน และเป็นเครื่องมือที่ทำให้ทราบการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3. แผนผังมโนทัศน์สามารถใช้ประเมินการทำงานกลุ่มและพัฒนาการรายบุคคลได้

4. แผนผังมโนทัศน์สามารถใช้เป็นแบบทดสอบทางการเขียนและเป็นวิธีการประเมินทางเลือกใหม่สำหรับครู กิจกรรมการทดสอบโดยใช้แผนผังมโนทัศน์โดยการฟังการอภิปรายเกี่ยวกับการสร้างแผนผังทำให้ครูผู้สอนเข้าใจความคิดของนักเรียนได้ชัดเจนขึ้น

ก่าพล ดำรงค์วงศ์ (2540) ได้สรุปผลการใช้แผนผังมโนทัศน์ในการเรียนการสอน ได้ดังนี้

1. การสร้างแผนผังมโนทัศน์เป็นเทคนิคการสอนที่สามารถนำมาใช้สอนในวิชาต่างๆ ได้หลายวิชา ได้แก่ วิชาชีววิทยา วิทยาศาสตร์ทั่วไป การอ่าน สิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์ สังคมวิทยา เคมี ฟิสิกส์ เป็นต้น ทำให้นักเรียนเข้าใจอย่างสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

2. แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือประเมินผลได้เป็นอย่างดี สามารถใช้วัดความรู้ ความ

สามารถในการใช้เหตุผลของนักเรียน และวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ ทำให้ครูทราบโครงสร้างความรู้ของนักเรียน

3. นักเรียนที่ได้รับการฝึกฝนให้สร้างแผนผังมโนทัศน์ขึ้นได้ด้วยตนเองทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย เกิดความคงทนในการเรียนรู้
4. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีปกติ
5. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์
6. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ สามารถเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้มากกว่าการสอนด้วยวิธีปกติ

จากการศึกษาสามารถสรุปประโยชน์ของการนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้ในการศึกษาได้ดังนี้

1. ใช้เป็นเครื่องมือในการเตรียมการสอนของครู ครูสามารถกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ เพื่อสำรวจความรู้ของนักเรียนแล้วนำไปวางแผนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียน และใช้ในการจัดลำดับเนื้อหาสาระที่จะสอน
2. ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลการเรียนรู้ และประเมินความคิดรวบยอดของนักเรียน โดยการให้นักเรียนสรุปสิ่งที่เรียนเป็นแผนผังมโนทัศน์ หรือตอบข้อสอบโดยใช้แผนผังมโนทัศน์เพื่อแสดงความเข้าใจในการเขียนตอบและเพื่อวินิจฉัยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน
3. ใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สำหรับนักเรียน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยการใช้กรอบมโนทัศน์เพื่อสร้างความหมายจากสิ่งที่เรียน จะทำให้นักเรียนจดจำไปได้บ้างและมีความคงทน เพราะจะทำให้เห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนไปทั้งหมด

ตอนที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระการเรียนรู้และองค์ความรู้ สาระที่เป็นองค์ความรู้ของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 8 สาระ ดังนี้

สาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

สาระที่ 2: ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

สาระที่ 4: แรงและการเคลื่อนที่

สาระที่ 5: พลังงาน

สาระที่ 6: กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

สาระที่ 7: ดาราศาสตร์และอวกาศ

สาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาระดับพื้นฐาน

สาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2: ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก นำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4: แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5: พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6: กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7: ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะและกาแล็กซี ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการเกษตรและการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตอนที่ 4 ทฤษฎีการสรุปอ้างอิง (Generalizability Theory)

ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) หรือเรียกว่า G-Theory เป็นทฤษฎีทางสถิติของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการวัดในสถานการณ์ของการวัดลักษณะต่างๆ ที่เป็นเป้าหมายของการนำเครื่องมือไปใช้ ซึ่ง G-Theory เป็นทั้งวิธีประเมินความน่าเชื่อถือหรือความเที่ยงของเครื่องมือวัดผล และกลยุทธ์ของการออกแบบการวัดให้ได้ผลของการวัดที่มีความน่าเชื่อถือ หรือมีความเที่ยงสูงถึงระดับที่ต้องการ เพื่อนำผลไปใช้เป็นสารสนเทศสำหรับการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวคิดพื้นฐานของ G-theory

ครอนบาค และคณะ (1972) ได้เสนอทฤษฎีสำหรับวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการวัดพฤติกรรม (The Dependability of behavioral Measurements) สำหรับสถานการณ์ของการวัดผลลักษณะต่างๆ ซึ่งต่อมาเป็นที่รู้จักกันชื่อของทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ทฤษฎีนี้ได้ขยายแนวคิดของความเที่ยง ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ให้สามารถสรุปผลความเที่ยงในสถานการณ์หรือเงื่อนไขการทดสอบลักษณะต่างๆ ได้

ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมมิได้ให้ความสนใจต่อสถานการณ์หรือเงื่อนไขของการวัด และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ผู้สอบ กับเงื่อนไขของการวัดที่สามารถส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของผลการวัด แต่ G-Theory ได้ในแนวคิดที่แยกส่วนความคลาดเคลื่อน (error) จากหลายแหล่ง (multiple error sources) ประกอบด้วยแหล่งความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ (systematic source) และความคลาดเคลื่อนสุ่ม (random source) มิใช่เป็นความคลาดเคลื่อนรวมเพียงแหล่งเดียวเหมือนอย่างทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างของการศึกษาทฤษฎีการสรุปอ้างอิง ได้เสนอคำศัพท์ที่ใช้เฉพาะในทฤษฎีการสรุปอ้างอิง ไว้ดังนี้

1. ประชากร (population) หมายถึงสิ่งที่เป็นเป้าหมายของการวัดหรือสิ่งที่มุ่งวัดทั้งหมด (object of measurement) ในสถานการณ์ของการทดสอบโดยทั่วไป สิ่งที่มีมุ่งวัดมักได้แก่ เช่น ผู้สอบบุคคล นักเรียน หรือนักเรียนทั้งชั้น

2. องค์ประกอบ (facet) หมายถึงชุดของเงื่อนไขของการวัดที่มีลักษณะคล้ายกัน หรือกลุ่มเงื่อนไขของการวัด ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่คาดว่าจะมีผลต่อการวัดความคลาดเคลื่อน เช่น องค์ประกอบของข้อสอบ (item facet) องค์ประกอบของจำนวนครั้งของการสอบ (occasion facet) องค์ประกอบของผู้ตรวจข้อสอบ (rater facet)

3. เงื่อนไขของการวัด (condition of measurement) หมายถึงระดับขององค์ประกอบที่ทำให้ได้ค่าสังเกตแต่ละค่าขึ้นมาในการวัดครั้งหนึ่งๆ เช่น ฟาเซทของจำนวนผู้ตรวจ อาจกำหนดจำนวนระดับเป็น 1, 2 และ 3 คน ฟาเซทความยาวของแบบสอบ อาจกำหนดความยาวของแบบสอบ เป็น 10, 20 และ 30 ข้อ เป็นต้น

4. รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ หมายถึงองค์ประกอบที่เป็นสิ่งที่ชี้ถึงแหล่งความแปรปรวนของรูปแบบการวัด ในแบบจำลองการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งรูปแบบความสัมพันธ์นี้แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

4.1 ความสัมพันธ์แบบไขว้ (Crossed) หมายถึงความสัมพันธ์แต่ละลักษณะที่มีแต่ละระดับของสิ่งที่ถูกวัด ถูกวัดภายใต้เงื่อนไขเดียวกันทั้งหมด สัญลักษณ์คือ "X" อ่านว่า "crossed with" เช่น กำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ เป็น $p \times i \times r$ หมายถึง นักเรียน (p) ทำข้อสอบ (i) ทุกข้อ และผู้ตรวจ (r) ตรวจข้อสอบของนักเรียนทุกคน ทุกๆ ข้อ

4.2 ความสัมพันธ์แบบแฝง (Nested) หมายถึงความสัมพันธ์ในลักษณะที่แต่ละระดับของสิ่งที่ถูกวัด ถูกวัดภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน สัญลักษณ์คือ ":" อ่านว่า "nested within" เช่น รูปแบบความสัมพันธ์องค์ประกอบเป็น $i : r$ หมายถึงผู้ตรวจข้อสอบ (r) ตรวจข้อสอบ (i) ต่างข้อกัน

4.3 ความสัมพันธ์แบบผสม (Confounded) หมายถึงความสัมพันธ์ที่มีทั้งความสัมพันธ์แบบไขว้และความสัมพันธ์แบบแฝงปนกันอยู่ เช่น $p \times (i : t)$ หมายถึง นักเรียน (P) ทำข้อสอบ (i) บางข้อที่อยู่ในแบบทดสอบ (t)

5. เอกภพ (Universe) หมายถึงเงื่อนไขของการวัด (condition of measurement) ทั้งหมด กลุ่มเงื่อนไขของการวัดหรือเรียกว่า ฟาเซท ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่คาดว่าจะมีผลต่อความคลาดเคลื่อนของการวัด เช่น ความยาวของแบบสอบ รูปแบบของข้อสอบ จำนวนครั้งของการทดสอบ จำนวนผู้ตรวจทั้งหมด เป็นต้น

คะแนนเอกภพ (Universe Score) หมายถึงคะแนนของเงื่อนไขการวัดทั้งหมดแต่ละองค์ประกอบซึ่งคล้ายกับคะแนนจริง (Ideal Score) ของสิ่งที่วัดในทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม

6. เอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ (Universe of Admissible Observation) หมายถึงกลุ่มเงื่อนไขของการวัดที่เป็นไปได้ ซึ่งสามารถวัดหรือสังเกตได้ในแต่ละฟาสเซท เช่น ประกอบด้วยฟาสเซทข้อสอบและฟาสเซทของผู้ตรวจให้คะแนน

7. เอกภพของการสรุปอ้างอิง (Universe of Generalization) หมายถึงสถานการณ์หรือเงื่อนไขการวัดอันเป็นเป้าหมายของการสรุปอ้างอิง กล่าวได้ว่า เป็นการวัดที่ครอบคลุมเงื่อนไขที่สนใจทั้งหมด หรือเงื่อนไขในเอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ทั้งหมด ซึ่งอาจประกอบด้วยเซตย่อยของเงื่อนไขในเอกภพของการสังเกตได้

8. การศึกษาเพื่อการสรุปอ้างอิง (Generalizability Study: G Study) หมายถึงการวิเคราะห์การสรุปอ้างอิง เพื่อประมาณค่าความแปรปรวนจากแหล่งต่างๆ ของรูปแบบการวัด โดยเริ่มจากการกำหนดองค์ประกอบต่างๆ กำหนดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ และกำหนด เอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ และมีการวิเคราะห์ความแปรปรวน การประมาณค่าความแปรปรวนจากแหล่งต่างๆ

9. การศึกษาเพื่อการตัดสินใจ (Decision Study: D Study) หมายถึงการศึกษาเพื่อประเมินวิธีการวัดที่เหมาะสม เพื่อการตัดสินใจหรือลงข้อสรุป เป็นขั้นสุดท้ายของการวิเคราะห์การสรุปอ้างอิง โดยเริ่มจากผู้วิจัยต้องระบุสิ่งที่ต้องการวัด เอกภพของการอ้างอิง จำนวนเงื่อนไขของการวัด หรือขนาดของกลุ่มตัวอย่างของแต่ละองค์ประกอบ และรูปแบบของการวัด แล้วหาค่าความแปรปรวนจากการศึกษา ประมาณค่าความแปรปรวน หาค่าสัมประสิทธิ์หรือความเที่ยงของแบบทดสอบ และสุดท้ายปรับรูปแบบการวัดเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ในการศึกษาเพื่อการตัดสินใจ ไม่จำเป็นต้องมีขนาดเหมือนกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการศึกษาเพื่อการสรุปอ้างอิง แต่ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่จะวัดจริงๆ ซึ่งจะถูกกำหนดขึ้นโดยมีขนาดของกลุ่มตัวอย่างใน การศึกษาเพื่อการสรุปอ้างอิงเป็นพื้นฐาน

10. ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Error Variance: σ^2_{Abs} หรือ σ^2_{Δ}) หมายถึงความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคะแนนสังเกตได้กับคะแนนเอกภพ ($\mu_p - X_p$) ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจากแหล่งต่างๆ ยกเว้นความแปรปรวนของแหล่งบุคคล ($\sigma^2_{\mu_p}$ หรือ σ^2_p)

11. ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ (Relative Error Variance: σ^2_{Rel} หรือ σ^2_{δ}) หมายถึงความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคะแนนสังเกตได้ และคะแนนเอกภพ ($\mu_p - X_p$) ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจากแหล่งต่างๆ ที่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้สอบ (p)

12. สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (Generalizability Coefficient: ρ^2) หมายถึงอัตราส่วนของความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ และความแปรปรวนของคะแนนสังเกตที่คาดหวังซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่ประมาณค่าได้จาก กำลังสองของค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเอกภพและคะแนนสังเกตได้

12.1 สัมประสิทธิ์การสุปรอ้างอิง สำหรับการวัดที่มีการตัดสินใจในเชิงสัมพัทธ์หรือการวัดแบบอิงกลุ่ม เป็นความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ ค่าสัมประสิทธิ์การสุปรอ้างอิงประมาณค่าได้จาก อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพและผลบวกของความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ กับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

12.2 สัมประสิทธิ์การสุปรอ้างอิง สำหรับการวัดที่มีการตัดสินใจแบบสัมบูรณ์หรือการวัดแบบอิงเกณฑ์ เป็นความคลาดเคลื่อนในการวัดแบบสัมบูรณ์ ค่าสัมประสิทธิ์การสุปรอ้างอิง ประมาณค่าได้จาก อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพและผลบวกของความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ กับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การสุปรอ้างอิง

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การสุปรอ้างอิง (Cronbach & other, 1972; Brennan, 1983) ได้เสนอขั้นตอน การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การสุปรอ้างอิง ออกเป็น 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาเพื่อการสุปรอ้างอิง หรือการศึกษา G (Generalizability Study: G-Study) และขั้นตอนที่สองเป็นการศึกษาเพื่อการตัดสินใจ หรือการศึกษา D (Decision Study: D-Study) สำหรับหลักการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน มีดังต่อไปนี้

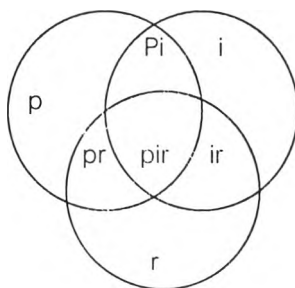
ขั้นที่ 1 การศึกษาเพื่อการสุปรอ้างอิง

การศึกษาเพื่อการสุปรอ้างอิง เป็นกระบวนการที่มุ่งประมาณความแปรปรวนจากแหล่งต่างๆ ภายใต้เอกภพของคะแนนสังเกตที่ยอมรับได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดสิ่งที่จะวัด เช่น กำหนดสิ่งที่ต้องการวัด คือ ความสามารถด้านการเรียนของนักเรียน
2. กำหนดฟาเซทของการวัด เช่น กำหนดให้มี 2 ฟาเซท คือข้อสอบ (i) และผู้ตรวจให้คะแนน (r)
3. กำหนดเอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ ในที่นี้ประกอบด้วยฟาเซทข้อสอบ ฟาเซทของผู้ตรวจให้คะแนน

4. กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างฟาเซท ว่าจะเป็นแบบ crossed ซึ่งแทนด้วย "X" หรือ nested แทนด้วย ":" ถ้าต้องการศึกษาให้ผู้ตรวจทุกคนข้อสอบทุกข้อก็เป็นแบบ crossed คือ $i \times r$ แต่ถ้าให้ผู้ตรวจแต่ละคนตรวจข้อสอบต่างกันก็ถือว่าเป็นแบบ nested คือ $i : r$ ทั้งนี้แล้วแต่แล้วแต่ความสนใจของผู้ศึกษา ซึ่งโดยหลักการแล้วถ้าเป็นแบบ crossed design จะทำให้ได้จำนวนแหล่งความแปรปรวนมากกว่าแบบ nested design ซึ่งมีประโยชน์ที่จะทำให้ทราบว่า ความแปรปรวนแหล่งใดมีผลต่อสัมประสิทธิ์การสุปรอ้างอิง และช่วยให้สามารถเลือกรูปแบบที่เหมาะสมในขั้น D-Study ตลอดจนได้ค่าสัมประสิทธิ์การสุปรอ้างอิงที่มีค่ามากกว่า nested design ในกรณี ของ 1-facet design แต่ในแง่ปฏิบัติ นั้น nested design จะสามารถใช้ได้ง่ายกว่า กล่าวคือ การให้ผู้ตรวจแต่ละคนตรวจข้อสอบต่างข้อกัน โดยสุปรแล้วในขั้น G-Study นั้น ควรใช้ crossed design เพราะขั้นนี้มุ่งประมาณค่าความแปรปรวนจากแหล่งต่างๆ อย่างเต็มที่ สำหรับในขั้น D-Study การเลือกใช้รูปแบบใดขึ้นอยู่กับความสนใจที่ต้องการศึกษา

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสุ่มตัวอย่างมาศึกษา เช่น ในที่นี้สุ่มตัวอย่างนักเรียน n_0 คน ตัวอย่างข้อสอบมา n_1 และตัวอย่างผู้ตรวจ n_2 คน จะเป็นการศึกษาแบบ G-Study $p \times i \times r$ design ในกรณีนี้จะประกอบด้วย แหล่งความแปรปรวน 7 แหล่ง เป็นผลหลัก (main effect) 3 แหล่ง คือ ผลจากนักเรียน ผลจากข้อสอบและผลจากผู้ตรวจข้อสอบและเป็นผลของปฏิสัมพันธ์อีก 4 แหล่ง ได้แก่ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับข้อสอบ นักเรียนกับผู้ตรวจข้อสอบ ข้อสอบกับข้อสอบและนักเรียนกับข้อสอบและผู้ตรวจ



แผนภาพ 6 แผนภูมิแสดงองค์ประกอบความแปรปรวนของรูปแบบ $p \times i \times r$ เมื่อตัวประกอบที่ศึกษาทั้งหมดเป็นตัวประกอบสุ่ม

จากแผนภาพ 6 จะเห็นว่า มีผลหลัก (Main Effects) อยู่ 3 ค่า คือ 1) ผลของผู้สอบ (p) 2) ผลของข้อสอบ (i) และ 3) ผลของผู้ตรวจ (r) ส่วนผลร่วมหรือปฏิสัมพันธ์สองระดับมี 3 ค่า คือ 1) ผลร่วมของผู้สอบและข้อสอบ (pi) 2) ผลร่วมของผู้สอบและผู้ตรวจ (pr) 3) ผลร่วมของข้อสอบและผู้ตรวจ (ir) และผลร่วมทั้งหมดของผู้สอบ ข้อสอบและผู้ตรวจ (pir)

ค่าความแปรปรวนของแหล่งต่างๆ เหล่านี้ คำนวณมาจากค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square) โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Factorial Design $p \times i \times r$ ในการประมาณค่าความแปรปรวนจากค่าเฉลี่ยกำลังสองนั้น ใช้สูตรเฉพาะที่สอดคล้องกับรูปแบบ

สูตรคำนวณค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความเบี่ยงเบน (Mean Square of Deviation) หรือ $MS(\alpha)$ หาได้จาก

$$MS(\alpha) = SS(\alpha) / df(\alpha)$$

เมื่อ $df(\alpha)$	แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระที่สอดคล้องกับผลขององค์ประกอบ
$Effect(\alpha)$	แทน ผลขององค์ประกอบที่ต้องการศึกษา
$SS(\alpha)$	แทน ผลรวมกำลังสองของค่าความเบี่ยงเบน
$MS(\alpha)$	แทน ค่าเฉลี่ยกำลังสองของค่าความเบี่ยงเบน
$\sigma^2(\alpha)$	แทน ค่าประมาณความแปรปรวน

6. การวิเคราะห์ข้อมูล หลังจากผ่านขั้นตอนในการพิจารณารูปแบบการวัดและนำไปสู่การเก็บรวบรวมข้อมูลจากรูปแบบที่กำหนดแล้ว ข้อมูลที่ได้จะนำไปสู่การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประมาณขนาดของความคลาดเคลื่อนในการวัดจากแหล่งต่างๆ กระบวนการทางสถิติที่ใช้ในทฤษฎีการสุ่มอ้างอิงก็คือกระบวนการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance Procedure) โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังจากที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ก็จะทำกรวิเคราะห์ผ่านกระบวนการ ANOVA ในขั้นตอนของการวิเคราะห์ในการศึกษา G-Study

ขั้นที่ 2 การศึกษาเพื่อการตัดสินใจ

การศึกษาเพื่อการตัดสินใจ (D-Study) เป็นขั้นตอนของการนำผลที่ได้จากการประมาณความแปรปรวนใน G-Study มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดเอกภพของการสุ่มอ้างอิงที่ผู้ตัดสินใจต้องการสุ่มอ้างอิง ใน D Study ซึ่งเอกภพของการสุ่มอ้างอิงอาจประกอบด้วยเงื่อนไขทั้งหมดหรือเป็นเพียงเงื่อนไขย่อยในเอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ ในขั้นนี้ผู้วิจัยต้องเลือกว่า จะใช้โมเดลใด เป็นโมเดลสุ่ม (random model) โมเดลกำหนด (fixed model) หรือโมเดลผสม (mixed model) ซึ่งโดยหลักการแล้วควรใช้โมเดลแบบสุ่มดีที่สุด เพราะจะทำให้การสุ่มอ้างอิงได้กว้างขวางกว่าโมเดลแบบผสม และโมเดลแบบกำหนดตามลำดับ

2. การกำหนดขนาดตัวอย่าง (simple size) จำนวนเงื่อนไขของตัวอย่างพาเซทใน G Study ไม่จำเป็นต้องเป็นตัวอย่างใน D-Study ทั้งนี้การกำหนดขนาดตัวอย่างขึ้นอยู่กับความสนใจของผู้วิจัย

3. โครงสร้างของแบบที่ศึกษา (design structure) ใน D-Study อาจใช้โครงสร้างของแบบที่ศึกษาเหมือนหรือต่างจากใน G-Study ก็ได้ อาทิเช่น ถ้าใน D-Study ตัดสินใจให้นักเรียนทุกคนทำข้อสอบ n ข้อ เหมือนกันจะมีโครงสร้างเป็น D-Study ในลักษณะ $p \times i \times r$ design เหมือนโครงสร้างใน G-Study ที่กล่าวมาแล้ว แต่ถ้าตัดสินใจให้นักเรียนทุกคนทำข้อสอบทุกข้อ โดยผู้ตรวจแต่ละคนทำการตรวจชุดของข้อสอบต่างกัน ในกรณีนี้จะได้โครงสร้างเป็น $p \times (i: r)$

4. การประมาณค่าความแปรปรวน (estimated D-Study variance component) ในขั้นการศึกษาเพื่อการตัดสินใจ ขึ้นอยู่กับนักวัดผลหรือนักวิจัย ดังนั้นต้องมีการประมาณค่าความแปรปรวนขึ้นมาใหม่อีกครั้ง โดยอาศัยผลจากการประมาณค่าในขั้นการศึกษาเพื่อการสุ่มอ้างอิงหลักฐาน และให้สอดคล้องกับแบบแผนและขนาดของตัวอย่างที่ต้องการตัดสินใจ

5. ประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน นอกจากการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวน (variance component) ตามรูปแบบและขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการแล้ว ต้องประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

5.1 การประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ (Absolute Error Variance: σ^2_{Abs} หรือ σ^2_{Δ}) เป็นความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคะแนนสังเกตได้กับคะแนนเอกภพ ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจากแหล่งต่างๆ ยกเว้นความแปรปรวนของแหล่งบุคคล ($\sigma^2_{\mu_p}$ หรือ σ^2_p) เช่น การออกแบบ $p \times i \times r$ design โดยมีสูตรดังนี้

$$\sigma^2_{\Delta} = \sigma^2_i + \sigma^2_r + \sigma^2_{pi} + \sigma^2_{pr} + \sigma^2_{ir} + \sigma^2_{pr,e}$$

5.2 การประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ (Relative Error Variance: σ^2_{Rel} หรือ σ^2_{δ}) เป็นความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคะแนนสังเกตได้และคะแนนเอกภพ ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจากแหล่งต่างๆ ที่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้สอบ (p) กับ ฟาเซทอื่นๆ โดยมีสูตรดังนี้

$$\sigma^2_{\delta} = \sigma^2_{pr} + \sigma^2_{pr} + \sigma^2_{pr,e}$$

6. ประเมินค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (Generalizability Coefficient) เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการศึกษา เพื่อการตัดสินใจ ซึ่งเป็นดัชนีชี้บ่งความน่าเชื่อถือของการวัด ซึ่งคำนวณได้จาก อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ และความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตที่คาดหวัง ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง G-Coefficient สำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (ρ^2_{Rel}) และการตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์ (ρ^2_{Abs}) สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\rho^2_{Rel} = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_{Rel}^2} \quad \text{และ}$$

$$\rho^2_{Abs} = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_{Abs}^2}$$

ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้แผนผังมโนทัศน์ และทฤษฎีการสรุปอ้างอิง

งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวกับการใช้แผนผังมโนทัศน์

Feldsine (1988) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีวิจัยแบบกรณีศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 4 คน จากวิทยาลัยบูรุม ในนิวยอร์ก การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้เพื่อพัฒนาการเชื่อมความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่เรียน การวิจัยเริ่มโดยการให้แนวทางในการสร้างแผนผังมโนทัศน์แก่นักเรียน แล้วจึงให้นักเรียนสร้างแผนผังจากเนื้อหาในบทเรียนโดยการเพิ่มความซับซ้อนมากขึ้น จนกระทั่งให้นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์ด้วยตนเอง วิเคราะห์ข้อมูลโดยพิจารณาจากแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นโดยการสัมภาษณ์นักเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน พบว่านักเรียนสามารถสร้างแผนผังมโนทัศน์ได้ดี และแสดงความเข้าใจในเนื้อหาเป็นอย่างดี ซึ่งแสดงว่าแผนผังมโนทัศน์สามารถนำมาใช้ในการจัดกิจกรรม

เรียนการสอนวิชาเคมีได้ และช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจบทเรียนอย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือประเมินผลได้เป็นอย่างดี

Wholeben (1995) ได้ศึกษาการใช้แผนผังมโนทัศน์ในการประเมินผลการเปลี่ยนมโนทัศน์ของนักเรียน โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างสร้างแผนผังมโนทัศน์ตามแบบแนวคิดของ Novak และ Gowin (1984) หลังจากที่เราเรียนเนื้อหาแล้ว พบว่า นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการใช้กรอบมโนทัศน์ คือ 1) ต้องการที่จะเรียนเกี่ยวกับแผนผังมโนทัศน์อย่างมาก 2) ต้องการนำเทคนิคการสร้างแผนผังมโนทัศน์ไปใช้เพื่อการเรียนในอนาคต 3) เหมาะสมที่จะเป็นเครื่องมือในการประเมินผลและเครื่องมือในการเรียนรู้ แผนผังมโนทัศน์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการศึกษานำมาใช้เป็นเครื่องมือวัดผลที่ทำให้เกิดความเข้าใจถึงการพัฒนาความคิดรวบยอดของนักเรียนที่จะเข้าใจเนื้อหาที่เรียน

Williams (1998) ได้ศึกษาการใช้แผนผังมโนทัศน์ในการประเมินความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับมโนทัศน์ในเรื่องฟังก์ชัน เพื่อศึกษาเปรียบเทียบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างโดยนักศึกษา และแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัย ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาแคลคูลัสจำนวน 28 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มแรกเป็นนักศึกษาที่เรียนแคลคูลัสหลักสูตรฉบับเก่า จำนวน 14 คน และกลุ่มที่สองเป็นนักศึกษาที่เรียนแคลคูลัสหลักสูตรปรับปรุงจำนวน 14 คน และอาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 8 ท่าน จากการศึกษาพบว่าแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างโดยนักศึกษาทั้งสองกลุ่มและอาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์มีความแตกต่างกัน และพบว่าแผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือที่สามารถประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ในเนื้อหาบทเรียนของนักศึกษาได้ดี

Bolte (1999) ได้ศึกษาการใช้แผนผังมโนทัศน์และการเขียนอธิบายในแผนผังมโนทัศน์ในการประเมินผลในวิชาคณิตศาสตร์ โดยกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษามหาวิทยาลัยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มได้รับการสอนวิธีการสร้างแผนผังมโนทัศน์แล้วประเมินผลการสร้างแผนผังมโนทัศน์ของนักศึกษาและให้นักศึกษาเขียนอธิบายเนื้อหาในแผนผังมโนทัศน์ด้วย การศึกษาครั้งนี้ดูจากผลของแผนผังมโนทัศน์, การออกแบบการวิจัย, การประเมินเกี่ยวกับความรู้วิชาคณิตศาสตร์, ความสัมพันธ์ของวิธีการประเมินแบบดั้งเดิม แผนผังมโนทัศน์และการเขียนอธิบายเป็นการช่วยเพิ่มความรู้ของผู้เรียน ผลการวิจัยพบว่าแผนผังมโนทัศน์และการเขียนอธิบายความในแผนผังมโนทัศน์มาใช้ในการประเมินผลได้ดีและสามารถทำให้วิธีการช่วยสร้างองค์ความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียน และนอกจากนี้การใช้แผนผังมโนทัศน์และการเขียนอธิบายความเรียงในแผนผังมโนทัศน์ในการประเมินผลมีความสัมพันธ์กับคะแนนจากการทดสอบในชั้นเรียน (course exam) และผลการเรียน (final grade) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .0005

McClure et al (1999) ได้ศึกษาถึงการนำแผนผังมโนทัศน์มาใช้ในการประเมินในชั้นเรียน ด้านความเที่ยง ความตรง และความน่าเชื่อถือในทางปฏิบัติ ได้ทำการศึกษาวิจัยกับนักศึกษาที่เพิ่งเข้าใหม่ในปี 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาทางจิตวิทยา โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ผู้วิจัยได้ให้ความรู้แก่กลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับเทคนิคแผนผังมโนทัศน์ กลุ่มละ 90 นาที ผลการศึกษาพบว่าด้านความเที่ยงใช้เปรียบเทียบวิธีการใช้คะแนน 6 วิธี พบว่า

มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .23 - .76 วิธีการตรวจให้คะแนนที่ให้ความเที่ยงสูงสุด คือวิธีการตรวจให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์โดยดูจากการเชื่อมคำมโนทัศน์และคำเชื่อม ส่วนในด้านความตรงตามสภาพพบว่า แผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นสอดคล้องกับแผนผังมโนทัศน์เกณฑ์ของผู้วิจัย และมีความเป็นไปได้ที่จะนำแผนผังมโนทัศน์มาใช้ในการประเมินผลในห้องเรียน

Ruiz-Primo et al (2001) ได้ศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคแผนผังมโนทัศน์ 2 แบบ โดยรูปแบบแผนผังมโนทัศน์กำหนดทิศทางให้สูง คือแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในผัง และแผนผังมโนทัศน์ที่กำหนดทิศทางให้ต่ำ คือแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังจากคำ ซึ่งผู้วิจัยทำการทดสอบคุณภาพในด้าน 1) คะแนนของแผนผังมโนทัศน์โครงสร้างมีความไวต่อการเลือกเติมคำมโนทัศน์หรือเติมคำเชื่อมบนเส้น 2) แผนผังโครงสร้างของทั้งสองแบบมีลักษณะคู่ขนานกัน 3) เทคนิคแผนผังทั้งสองแบบให้ข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับความเข้าใจในการเชื่อมโยงของนักเรียนคล้ายๆ กัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 152 คน และครูผู้สอนวิชาเคมี 2 คน โดยกลุ่มตัวอย่างถูกฝึกให้สร้างแผนผังมโนทัศน์ทั้งสองรูปแบบ โดยใช้เวลา 50 นาที ผลการวิจัยพบว่านักเรียนไม่มีความไวต่อการเลือกเติมคำมโนทัศน์หรือคำเชื่อมบนเส้น ถึงแม้ว่าเทคนิคแผนผังมโนทัศน์แบบการเติมคำลงในผังและการเติมคำเชื่อมบนเส้นจะมีลักษณะไม่เป็นคู่ขนานกับรูปแบบการเติมคำในแผนผัง และแผนผังมโนทัศน์ที่มีกำหนดทิศทางสูงและแผนผังที่กำหนดทิศทางต่ำมีความแตกต่างกันเกี่ยวกับการอธิบายองค์ความรู้ของนักเรียน อย่างไรก็ตามคะแนนที่ได้รับจากเทคนิคที่มีการกำหนดทิศทางสูงมีความเป็นไปได้สูงในการปฏิบัติงานของนักเรียน ส่วนคะแนนที่ได้จากเทคนิคที่มีทิศทางให้ต่ำ พบว่าองค์ความรู้ของนักเรียนไม่สมบูรณ์เมื่อเทียบกับแผนผังเกณฑ์ สรุปได้ว่าเทคนิคแผนผังมโนทัศน์แบบสร้างผังจากคำส่งผลต่อโครงสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนได้ดีกว่าแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในผัง

งานวิจัยในประเทศ

อดิสรีย์ ทุมวงษา (2531) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตการศึกษา 6 และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตการศึกษา 6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 887 คน ผลการวิจัย พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้คะแนนความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์วิทยาศาสตร์คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 87.25 และมีความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์รวมพฤติกรรมทุกด้าน และมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ วิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และวิธีการวิทยาศาสตร์ไปใช้ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศุภลักษณ์ ทองสนธิ (2536) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องผลของการใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ในการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาเคมี และเพื่อเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาเคมี โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดเขมาภิรตาราม จำนวน 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดย

กลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบบรรยาย ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง 7 มโนทัศน์ จากมโนทัศน์ทั้งหมด 10 มโนทัศน์ ส่วนนักเรียนในกลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องในทุกมโนทัศน์ นอกจากนี้พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนทดสอบหลังเรียนในวิชาเคมีสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศิริลักษณ์ แก้วสมบุรณ์ (2543) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลการใช้เทคนิคผังกราฟฟิกในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการนำเสนอข้อความรู้ด้วยผังกราฟฟิก และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนวมินทราชูทิศ กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2543 จำนวน 80 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นกลุ่มที่ดำเนินการสอนโดยใช้เทคนิคผังกราฟฟิก และกลุ่มควบคุมที่สอนตามปกติ ผลการวิจัย พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เทคนิคผังกราฟฟิกแบบต่างๆ ในวิชาวิทยาศาสตร์ ได้คะแนนการนำเสนอข้อความรู้ด้วยผังกราฟฟิกต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือต่ำกว่าร้อยละ 70 แต่ได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือสูงกว่าร้อยละ 70 นอกจากนี้พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้เทคนิคผังกราฟฟิกสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รุ่งนภา ทศภานนท์ (2544) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลของการใช้เทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแผนผังมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนตระกูลประเทืองวิทยาคม จำนวน 33 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยใช้เทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ที่กำหนดไว้และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยใช้เทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์มีความสามารถในการสร้างแผนผังมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ที่กำหนดไว้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการสร้างแผนผังมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้เทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นพบว่า งานวิจัยของต่างประเทศมีการทำวิจัยโดยนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้อย่างหลากหลาย ทั้งในด้านการนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน เครื่องมือในการประเมินการเรียนรู้และประเมินความเข้าใจในองค์ความรู้ และศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของเทคนิคแผนผังมโนทัศน์หลายประเภท สำหรับประเทศไทยงานวิจัยที่พบส่วนใหญ่เป็นลักษณะการนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน หลังจากนั้นทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และวัดความสามารถในการสร้าง

แผนผังมโนทัศน์ ซึ่งไม่พบงานวิจัยในลักษณะที่ศึกษาโดยนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความคิดรวบยอดหรือการประเมินการเรียนรู้

งานวิจัยที่เกี่ยวกับทฤษฎีการสรุปอ้างอิง

Kristies et al (1998) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากการใช้วิธีการให้คะแนนที่แตกต่างกันที่มีต่อความเที่ยงของคะแนนจากการประเมินผลการปฏิบัติงาน โดยศึกษาจากนักเรียนทั้งหมด 6 โรงเรียน จำนวน 100 ถึง 200 คน ซึ่งใช้ผลการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์ วิธีการดำเนินจะประเมินโดยใช้วิธีการให้คะแนนที่แตกต่างกันสองวิธี ดังนี้ คือ วิธีที่หนึ่งเป็นการให้คะแนนแบบรวม และวิธีที่สอง แบบแยกองค์ประกอบ ผลการศึกษพบว่าไม่มีความแตกต่างของทั้งสองในการตัดสินนักเรียนแต่ละคนหรือกลุ่ม อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันผู้ประเมินได้ลงความเห็นว่ วิธีการแบบแยกจะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพัฒนาการเรียนการสอนได้ดี

จิราพร อัครสมพงศ์ (2536) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสอดคล้องของคะแนนแบบทดสอบความเรียงจากผู้ตรวจให้คะแนน และวิธีการตรวจต่างกัน วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสอดคล้องในการให้คะแนนของผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน ที่ตรวจแบบสอบความเรียงโดยใช้วิธีการเดียวกัน และความสอดคล้องในการให้คะแนนระหว่างวิธีการตรวจที่แตกต่างกัน พบว่าความสัมพันธ์ในการให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนด้วยวิธีเดียวกันมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน ในทิศทางเดียวกันและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการตรวจแบบวิธีวิเคราะห์ให้เสร็จรายข้อ กับการตรวจแบบวิธีการประเมินรวมให้เสร็จเป็นรายข้อมีค่า สุต คือ .8116

ปวีณา ปีอาทิตย (2545) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความเที่ยงซึ่งแทนด้วยค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของคะแนนการประเมินงานเขียนและเพื่อหาจำนวนผู้ประเมินและจำนวนงานเขียนที่เหมาะสม เมื่อใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม (holistic scoring rubric) และเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (analytic scoring rubric) กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย ผลงานการเขียนวิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 117 ผลงาน และผู้ประเมินจำนวน 8 คน ที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม และเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงจากค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป GENOVA ผลการวิจัยพบว่า ภายใต้งานจำนวน 117 ชิ้น ผู้ประเมินจำนวน 4 คน เมื่อใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวมมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเท่ากับ .71484 และเมื่อใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเท่ากับ .81410 ถ้าต้องการผู้ประเมิน 1 คน และกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของเกณฑ์การให้คะแนนภาพรวมเป็น 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ใช้จำนวนชิ้นงานอย่างน้อย 4, 8, 16 และ 28 ชิ้น ตามลำดับ ส่วนเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบเมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเป็น 0.2 และ 0.4 ใช้จำนวนชิ้นงานอย่างน้อย 4 ชิ้น เมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเป็น 0.6 ใช้จำนวนชิ้นงานอย่างน้อย 8 ชิ้น และเมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเป็น 0.8 ใช้จำนวนชิ้นงานอย่างน้อย 12 ชิ้น