



วรรณคดี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง "ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์ มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ กับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตการศึกษา 6 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าวรรณคดี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. มโนทัศน์
 - 1.1 ความหมายของมโนทัศน์
 - 1.2 ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์
2. ความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์
 - 2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Theory of Meaningful Learning)
 - 2.2 กรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping)
 - 2.3 ความหมาย และ การวัด ความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์ วิทยาศาสตร์
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มโนทัศน์

ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์ เป็นคำที่แปลมาจากคำในภาษาอังกฤษว่า Concept ซึ่งมีผู้ให้ คำแปลเป็นภาษาไทยไว้หลายคำเช่น สังกัป ความคิดรวบยอด และ มโนทัศน์ เป็นต้น ธวัชชัย ชัยจริยฉายากุล (2523:42) ได้กล่าวไว้ว่า " นักการศึกษาและนักภาษาของไทย ได้พยายามหาคำแปลให้กระชับ และมีความหมายตรงกับคำว่า Concept ให้มากที่สุด จึงมีคำว่า สังกัป และ มโนทัศน์ เกิดขึ้น ฉะนั้นคำว่า ความคิดรวบยอด สังกัป และ มโนทัศน์ จึงเป็นคำที่แปลมาจาก Concept ทั้งสิ้น "

ได้มีผู้ให้ความหมายของคำว่า มโนทัศน์ไว้ต่าง ๆ กันดังนี้

ฟิลลิป ลอเรนซ์ ฮารีแมน (Harriman 1947:80) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า " มโนทัศน์ คือ แนวความคิดในการสัมพันธ์สิ่งของ ประสบการณ์ หรือ สถานการณ์ โดยอาศัยประสบการณ์เดิม เพื่อใช้ในการรวมหรือแยกประเภทสิ่งของ ประสบการณ์ หรือ สถานการณ์นั้น "

เจ ที กิลฟอร์ด (Guilford 1952:427-430) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า " มโนทัศน์ เป็นสัญลักษณ์อย่างหนึ่งที่ได้รับมาจากประสบการณ์ในการที่โคพบเห็นสิ่งต่าง ๆ แล้วแยกออกเป็นจำพวก และในจำพวกหนึ่ง ๆ จะมีลักษณะร่วมกันอยู่ เช่น เมื่อเราเห็นแมวหลาย ๆ ตัว เราารู้ลักษณะร่วมของแมว ซึ่งแสดงว่าเรามีมโนทัศน์เกี่ยวกับแมวเกิดขึ้นแล้ว "

ฟรีเคอริค เจ แมคโดนัลด์ (Mc Donald 1959:134-135) ได้กล่าวเกี่ยวกับมโนทัศน์ไว้ว่า

...มโนทัศน์ คือ การจำแนกประเภท กลุ่มของสิ่งเรา ซึ่งมีลักษณะร่วมกัน มโนทัศน์ไม่ใช่ตัวของสิ่งเรา และไม่ใช้ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งเรานั้น แต่เป็นการจัดประเภทของสิ่งเราต่าง ๆ เหตุการณ์ต่าง ๆ หรือลักษณะต่าง ๆ ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ แลวนำมาแยกแยะ และสรุปรวบรวม...

จอห์น ที เคอ เซคโค (De Cecco 1968:388) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า " มโนทัศน์ คือ กลุ่มของสิ่งเราที่มีลักษณะร่วมกัน สิ่งเรานั้นอาจจะเป็นวัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคล ตามปกติเรากำหนดมโนทัศน์ด้วยชื่อ เช่น หนังสือ สงคราม ฯลฯ "

คาร์เตอร์ วี กูด (Good 1973:124) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 3 ประการ คือ

- ...1. ความคิดเห็น หรือ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนสิ่งต่าง ๆ ซึ่งสามารถแยกออกเป็นกลุ่ม เป็นประเภทได้
2. สัญลักษณ์ที่แสดงความรู้ ความเข้าใจขั้นธรรมดา หรือ ขั้นนามธรรม ต่อ เหตุการณ์ และ สถานภาพของสิ่งหนึ่งสิ่งใด
3. ความเห็น, ความคิด หรือ มโนภาพความรู้ลึก...

อาคม จันทรสุนทร (2522:47) ได้กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า

...มโนทัศน์ คือ ความคิด ความเข้าใจ ที่สรุปรวมเกี่ยวกับ
สิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือ เรื่องใด เรื่องหนึ่งอันเกิดจากการได้รับ
ประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น หรือ เรื่องนั้นหลาย ๆ อย่าง หลาย ๆ
แบบ แล้วได้ใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้น หรือ เรื่องนั้นมาจัดเป็นพวก
ให้เกิดความเข้าใจโดยสรุปรวมในสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้น...

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์ (2523:7) ได้กล่าวไว้ว่า

...แท้จริงแล้ว มโนทัศน์ (Concept) มิใช่เป็น
ของใหม่แต่อย่างใด เราทุกคนคงได้ใช้ สัมผัสกันมานานแล้ว
ตั้งแต่วัยเด็กจนปัจจุบันและจะต้องเป็นไปชั่วชีวิต มโนทัศน์
คือ การสรุปความคิดของคนเป็นผลมาจากการรับรู้ของคน
ที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ หรือ เรื่องราวที่เกิดขึ้นกับคนในธรรมชาติ
และ สังคม เป็นความคิดหลายชั้น หลายระดับ นับแต่เรื่อง
ง่าย ๆ ธรรมดา ไปสู่ความคิดที่ยุ่งยาก สลับซับซ้อน มีลักษณะ
เป็นนามธรรมที่คนเรารู้จากประสาทสัมผัส กลายเป็นประสบการณ์
ที่คนแปลความหมายแทนไว้อีกต่อหนึ่ง การสรุปความคิดนี้อาจหมายถึง
ถึง ความสามารถในการจำกัดความ อธิบายลักษณะ บอกความ
แตกต่าง จัดหมวดหมู่ หรือ แยกประเภท หรือ บอกลักษณะโดย
ทั่วไป เหล่านี้เป็นต้น...

ชัยพร วิชชาวุธ (2524:185) ได้ให้ความหมายไว้ว่า

...มโนทัศน์ (Concept) หมายถึง ความคิดรวบยอด
เกี่ยวกับประเภทสิ่งของต่าง ๆ ตามความเข้าใจของแต่ละคน
เช่น เข้าใจว่าสิ่งของลักษณะเช่นใดเรียกว่าของแข็ง สิ่งของ
ลักษณะเช่นใดเรียกว่าสิ่งมีชีวิต สิ่งของลักษณะเช่นใดเรียกว่า
แมว คนลักษณะเช่นใดเรียกว่าวีรชน การกระทำลักษณะเช่นใด
เรียกว่าหวานข้าว ตลอดจนความคิดลักษณะเช่นใดเรียกว่าวัตถุนิยม
จากตัวอย่างข้างต้น จะเห็นว่ามโนทัศน์เป็นประเภทสิ่งของ
ก็มี ประเภทการกระทำก็มี และประเภทความคิดก็มี มโนทัศน์
มีความแตกต่างกันในความเป็นรูปธรรมและนามธรรม โดยทั่วไป
เราถือว่ามโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งของหรือการกระทำที่สังเกตได้ชัด
และมีหลักการจัดประเภทอย่างชัดเจนเป็นมโนทัศน์รูปธรรม เช่น
โต๊ะ หน้าต่าง น้ำ ครูใหญ่ ตักทัญญา เล่นฟุตบอล ฯลฯ ส่วนมโนทัศน์
เกี่ยวกับความคิดของอาศัยการคิดและจินตนาการ เป็นมโนทัศน์
นามธรรม เช่น อนุภาคของอะตอม หลังงาน นิพพาน ฯลฯ...

ศิริโสภาคย์ บูรพาเดช (2528:223-225) ได้กล่าวเกี่ยวกับมโนทัศน์ไว้ว่า

...มโนทัศน์เกิดขึ้นเมื่อมีสัญลักษณ์อย่างหนึ่งแทนที่ของหรือ เหตุการณ์ต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะรวมเหมือนกัน เช่น คำว่า ความยาว ความสมดุล ความเรียบ จัดเป็นประเภทเดียวกัน ดังนั้นจากหลักการ เรื่องมโนทัศน์ เราสามารถที่จะนำไปใช้แยกประเภทสิ่งของและสิ่งเรา ซึ่งมีกระบวนการที่สำคัญคือ การวางนัยทั่วไป และการแยกความแตกต่าง มนุษย์มีความสามารถเหนือกว่าสัตว์อื่น ๆ ก็เนื่องมาจากภาษา และการเรียนรู้มโนทัศน์ แต่มโนทัศน์ไม่จำเป็นต้องใช้ภาษา เขาช่วยก็ได้ แต่สำหรับมนุษย์นั้น เนื่องจากความสามารถทางภาษา จึงเกิดมโนทัศน์ โค้ดทั้งรูปธรรมและนามธรรม เช่น เกิดมโนทัศน์เกี่ยวกับสุนัข แมว และ สิ่งที่มีตัวคนอื่น ๆ ไปจนถึงนามธรรม เช่น ความยุติธรรม พระเจ้า ศาสนา เป็นต้น

การที่บุคคลมีมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งใดนั้น เขาต้องมีประสบการณ์ เกี่ยวกับสิ่งนั้นพอสมควร เช่น เคยได้เห็น หรือ เคยได้ยินโค้ดทั้งมาก่อน ว่ามีลักษณะทั่วไปอย่างไร มีความแตกต่างจากสิ่งอื่นอย่างไร และ จะต้องรู้จักจำแนกประสบการณ์หรือสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับออก

ลักษณะมโนทัศน์นั้นอาจสรุปได้ดังนี้

1. ความเป็นนามธรรม (Abstraction)
2. ความซับซ้อน (Complexity)
3. ความสามารถในการจำแนก (Differentiation)
4. ความเด่น (Centrality of Discensions)

หลักบางประการที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ มีดังนี้

1. มโนทัศน์เป็นปัจจัยหนึ่งที่บุคคลจะต้องมีและนำไปใช้ในการคิด
2. มโนทัศน์ในมนุษย์จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ขึ้นอยู่กับการเรียนรู้

และภาพพจน์

3. พัฒนาการเชิงความคิดรวบยอดขึ้นอยู่กับพัฒนาการของภาษา และการใช้สัญลักษณ์

4. บุคคลจะเห็นความคล้าย ความเหมือนระหว่างสิ่งของหรือ เหตุการณ์ใด ๆ ด้ยการคิดแบบอุปมาน (Inductive) และการคิดแบบอนุมาน (Deductive)

5. โดยทั่วไปแล้วพัฒนาการของมโนทัศน์จะเริ่มในวัยเด็กก่อน เข้าโรงเรียน

6. พัฒนาการของมโนทัศน์จะค่อยเป็นค่อยไปจากมโนทัศน์ชนิด ธรรมดาไปสู่มโนทัศน์สลับซับซ้อน

กล่าวโดยสรุป มโนทัศน์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่สรุปรวม เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยอาศัยการสังเกต หรือประสบการณ์เดิม และ คุณลักษณะของเรื่องนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปของสิ่งนั้น

ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

แอนครู โอ ยูเรฟยู (Ureybu 1984:258) กล่าวว่า

...มโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ อาจจำแนกเป็น 2 ประเภทคือ มโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติ เป็นมโนทัศน์ในลักษณะรูปธรรม สังเกตได้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัส และสามารถวัดปริมาณได้ควยวิธีการเชิงสัมพัทธ์อย่างง่าย ๆ มโนทัศน์ประเภทนี้ได้แก่ มโนทัศน์เกี่ยวกับ โตะ ทีช และสารประกอบทางเคมี อีกประเภทหนึ่งคือมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นทางทฤษฎี เป็นมโนทัศน์ในลักษณะนามธรรม ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ตัวอย่างมโนทัศน์ประเภทนี้ได้แก่ มโนทัศน์เกี่ยวกับ ซีนส์ อะตอม อิเล็กตรอน การถ่ายเทคทางพันธุกรรม...

ลีโอโปลด์ อี คลอปเฟอร์(2525:10) ให้ความหมายว่า

...มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ หรือ ความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้มีประโยชน์ในการศึกษาโลกของธรรมชาติและได้ตกลงกันให้คำจำกัดความที่แน่นอน ของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ไว้ คำว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ในที่นี้รวมทั้งความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ค่อนข้างจำกัด (เช่น ความหนาแน่น ธาตุ การแพร่ การอยู่ร่วมกันแบบโคประโยชน์ทั้งสองฝ่าย การงอกของเมล็ด ฯลฯ) และความคิดที่กว้างขวางขึ้นไปด้วย (เช่น ความคิดในเรื่องวัฏจักรระบบ แรง สมดุล การปรับตัว ฯลฯ) แต่ยังไม่ครอบคลุมไปถึงความคิดรวบยอดที่ลึกซึ้งถึงขั้นทฤษฎี (Concept Scheme)

สวีซก์ นิยมค้ำ (2527:16-19) ได้กล่าวว่า

... มโนทัศน์ของสิ่งใดก็คือ ความคิดหลัก (Main Idea) ที่เรามีต่อสิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจินตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเราต่อสิ่งนั้น เป็นจุดสำคัญของสิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติ หรือ ลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นนั่นเอง ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น

1. ความคิดรวบยอดของแมลง แมลง คือ สัตว์ที่มี 6 ขา และลำตัวแบ่งเป็น 3 ส่วน

2. ความคิดรวบยอดของสสาร สสาร คือ สิ่งที่มีมวล และต้องการที่อยู่

3. ความคิดรวบยอดของแสง แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า...

มังกร ทองสุคติ (2522 ก:3-4) ได้กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

...มโนทัศน์ ตามความหมายของวิชาการแต่ละวิชาจะแตกต่างกันไป ตามความหมายทางวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์หมายถึงระบบสังเคราะห์ (Synthesis) หรือความสัมพันธ์ตามเหตุผล (Logical Relationship) หรือความคิดสำคัญ (Big Idea) ซึ่งรวมข้อเท็จจริง (Facts) และหลักเกณฑ์ (Principles) ของแต่ละคนว่าเขาใจความสัมพันธ์ในวัตถุ (Objects) หรือสัญลักษณ์ (Symbol) หรือสถานการณ์ (Situation) มากน้อยเพียงใด โดยนัยนี้ มโนทัศน์จึงเป็นสิ่งที่ปรุงแต่งขึ้นมาโดยอาศัยเหตุผลและทำให้ข้อเท็จจริงมีความหมายที่จะช่วยให้เกิดประโยชน์ในการคิดขั้นต่อไป...

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นเรื่องที่ค่อนข้างจะสลับซับซ้อน ยากต่อการทำความเข้าใจ แต่เป็นเรื่องที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอน ซึ่ง มังกร ทองสุคติ (2522 ข:7-8) ได้กล่าวว่า

...ในการที่จะเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจะต้องเข้าใจในเรื่องต่อไปนี้

1. มโนทัศน์ไม่ใช่ข้อเท็จจริง (Facts)
2. มโนทัศน์ไม่ใช่ทฤษฎี (Theories)
3. มโนทัศน์จะทำหน้าที่เหมือนตัวเชื่อมโยง หรือ เอาทั้งข้อเท็จจริงและทฤษฎีมาสร้างความหมายให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น
4. มโนทัศน์แบบง่ายที่สุดมักจะประกอบด้วย ข้อเท็จจริง (Facts) การสังเกต (Observations) อย่างน้อยที่สุด 2 ประการ รวมกับสิ่งอื่นอีก 1 ประการที่มีลักษณะการจัตระบบ ผิดแผกแตกต่างไปจากข้อเท็จจริงเหล่านั้น และจะต้องนำมาพิจารณาโดยจัดระบบเสียใหม่ หรือ แยกเอาบางส่วนบางตอนที่ไม่ต้องการออกไปเสียก่อน เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (Mammal) และสิ่งที่มีชีวิตจะต้องมีการปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ต่างก็เป็น

มโนทัศน์ที่จะต้องนำข้อเท็จจริงมากมายหลายประการมาพิจารณา
เข้าด้วยกัน ซึ่งมโนทัศน์ใดที่มีความยุ่งยากมาก ๆ ย่อมจะมีวิธีหรือ
หลักเกณฑ์ (Principle) ที่จะนำข้อมูลต่าง ๆ มาสร้างมโนทัศน์
นั้นโดยยากมากขึ้นอีกด้วย กล่าวโดยสรุป มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ นั้น
อาจจะหมายถึง

1. การสังเคราะห์ (Synthesis) หรือการนำข้อมูลที่มี
ความสัมพันธ์ต่อกันมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดความหมายที่
ผู้เรียนจะพึงเข้าใจได้

2. ผลผลิตของการใช้ความคิดอย่างมีเหตุผล มีจินตนาการ
อย่างรอบคอบจนบังเกิดความรอบรู้อย่างลึกซึ้งหรือรุนแรง (Insight)

ผดุงยศ ดวงมาลา (2523:5) ได้กล่าวเกี่ยวกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ว่า

...มโนทัศน์ เกิดจากการนำเอาข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้อง
มาผสมผสานให้คิดเป็นรูปแบบใหม่ มโนทัศน์ของสิ่งใดก็คือ
ความคิดหลักของสิ่งนั้น หรือเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่งนั้น...

...มโนทัศน์อาจจะไม่ใดเกิดจากการประกอบกันของ
ข้อเท็จจริง แต่อาจเกิดจากจินตนาการ หรือมโนภาพของ
นักวิทยาศาสตร์ก็ได้ เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งที่เรามองไม่
เห็น แต่รู้ว่ามันอยู่จริง เพราะมีหลักฐานยืนยันสนับสนุนเป็นจริง
แม้จะสังเกตไม่ได้โดยตรงก็ตาม เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับ
โมเลกุล อะตอม อิเล็กตรอน มวลสาร พลังงาน ล้วนแต่
ไม่ใช่ข้อเท็จจริง เพราะสังเกตไม่ได้โดยตรง...

ปรีชา วงศ์ศิริ (2525:247-248) กล่าวถึงมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ว่า

...มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดหลักที่คนเรามี
ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุ
หรือ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตก
ต่างไปตามประสบการณ์ของบุคคล มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภทตามลักษณะของการนำไปใช้ในทาง
วิทยาศาสตร์ได้แก่ การนำไปใช้ในการบรรยาย การพยากรณ์
และการอธิบาย มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่แบ่งออกเป็น 3 ประเภท
มีดังนี้

1. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับการแบ่งประเภท มโนทัศน์ประเภทนี้
เป็นการกำหนดสมบัติร่วมของสิ่งของต่าง ๆ ไว้เป็นพวก ๆ เพื่อ
ใช้ในการบรรยายถึงสิ่งนั้น ๆ ให้เข้าใจตรงกัน ตัวอย่างเช่น

- น้ำทะเลเป็นน้ำกระต้าง
 - แมลงคือสัตว์ที่มี 6 ขา และลำตัวแบ่งเป็น 3 ส่วน
 - กลองจุดทรงตัน คือ เครื่องมือที่ใช้ส่องขยายวัตถุขนาดเล็กที่ยากต่อการดูด้วยตาเปล่า
 - สสารคือสิ่งที่มีมวลและต้องการที่อยู่
 - ระบบย่อยอาหารเป็นกลุ่มของอวัยวะหลายอย่าง ซึ่งทำหน้าที่รวมกันอย่างหนึ่งคือเตรียมอาหารสำหรับย่อย
2. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ย่อยที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งช่วยให้สามารถพยากรณ์ หรือคาดคะเนล่วงหน้าในเหตุการณ์นั้น ตัวอย่างเช่น
- แรงแม่เหล็กที่ผลักกันหรือดึงวัตถุให้เคลื่อนที่
 - สสารอาจเปลี่ยนสถานะได้โดยการเพิ่มหรือลดพลังงาน
 - อัตราการเกิดและอัตราการตายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร

- กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะแปรผกผันกับความต้านทาน เพื่อความดันไฟฟ้าคงที่
- การเพิ่มหรือลดปริมาณของตัวถูกละลายทำให้จุดเดือดของสารละลายเพิ่มหรือลดด้วย

3. มโนทัศน์ทางทฤษฎี มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการกำหนดสิ่งที่มองไม่เห็นแต่รู้ว่าสิ่งนั้นมีอยู่จริง เพราะมีหลักฐานสนับสนุนว่าเป็นจริง มโนทัศน์ประเภทนี้ นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นโดยอาศัยจินตนาการหรือนึกคิดวาดภาพขึ้นในสมองเพื่อกำหนดลักษณะของสิ่งนั้นขึ้น ตัวอย่างเช่น
- แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
 - อะตอมคืออนุภาคที่เล็กที่สุดของวัตถุ ซึ่งประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน...

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525:28 และ 48) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไว้ว่า

...มโนทัศน์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง การที่บุคคลใดจะเกิดมโนทัศน์ใด บุคคลนั้นจะต้องมี

ประสบการณ์ในการเรียนรู้ข้อเท็จจริง การสรุปรวม
(Generalization) หรือหลักการเกี่ยวกับเรื่อง
นั้นมาก่อน...

...มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเชื่อมโยงต่อเนื่อง
กันไปอยู่ตลอดเวลา มโนทัศน์หนึ่งอาจจะเกิดมาจากการนำ
เอามโนทัศน์หลาย ๆ มโนทัศน์มาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล
นอกจากนั้นยังเป็นมโนทัศน์ที่เกิดมาจากข้อเท็จจริงทั้งระดับที่
เป็นรูปธรรมและนามธรรม และเน้นหนักในเชิงปริมาณเพื่อให้
ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกตอ้งแม่นยำที่สุด ดังนั้นข้อมูลต่าง ๆ จึงเน้น
ที่การทดลอง ซึ่งมีการใช้อุปกรณ์ มีการปรับปรุงอุปกรณ์เพื่อให้
ได้ข้อมูลที่ดียิ่งเพิ่มขึ้นมาเรื่อย ๆ นอกจากนั้นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบทเรียนและความรู้ในระดับสูง
ได้แจ่มแจ้ง...

กล่าวโดยสรุป มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อสรุป หรือสิ่งที่เป็นามธรรม
อันเป็นผลที่ได้มาจากการใช้ความคิดอย่างมีเหตุผล มีจินตนาการอย่างรอบคอบ ศึกษา
ปรากฏการณ์ หรือความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ

ความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์

วรรณคดีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์
นั้น แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Theory of Meaningful
Learning) ของ เดวิด ที ออซูเบล (Ausubel) ซึ่งเป็นทฤษฎีพื้นฐานในงานวิจัยนี้

ตอนที่ 2 กรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping) เป็นยุทธวิธีในการเรียน
การสอน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และ เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินผล
ความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนรู้ที่มีความหมาย

ตอนที่ 3 ความหมายและการวัดความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์
วิทยาศาสตร์ เป็นการอ้างอิงแนวคิด ทฤษฎี เพื่อสนับสนุนความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์
มโนทัศน์ภายในโครงสร้างความรู้ของบุคคลที่ส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมาย และ
เสนอตัวอย่างการใช้ กรอบมโนทัศน์วัดความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Theory of Meaningful Learning)

เดวิด พี ออซูเบล (Ausubel) เป็นนักจิตวิทยาชาวอเมริกัน ผู้นำเสนอทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย ได้เขียนทฤษฎีนี้ไว้ในหนังสือ 2 เล่ม มีชื่อว่า Educational Psychology: A Cognitive View (1968) และ School Learning: An Introduction to Educational Psychology (1969).

นอกจากนี้ โจเซฟ ดี โนวาค (Novak) ก็ยังได้อธิบายขยายความไว้ในหนังสือชื่อ A Theory of Education (1977) อีกด้วย จากหนังสือทั้งสามเล่มนี้ ผู้วิจัยได้นำมาเรียบเรียง และสรุปความในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์ มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ โดยเขียนจำแนกเป็นหัวข้อย่อย ๆ ดังนี้

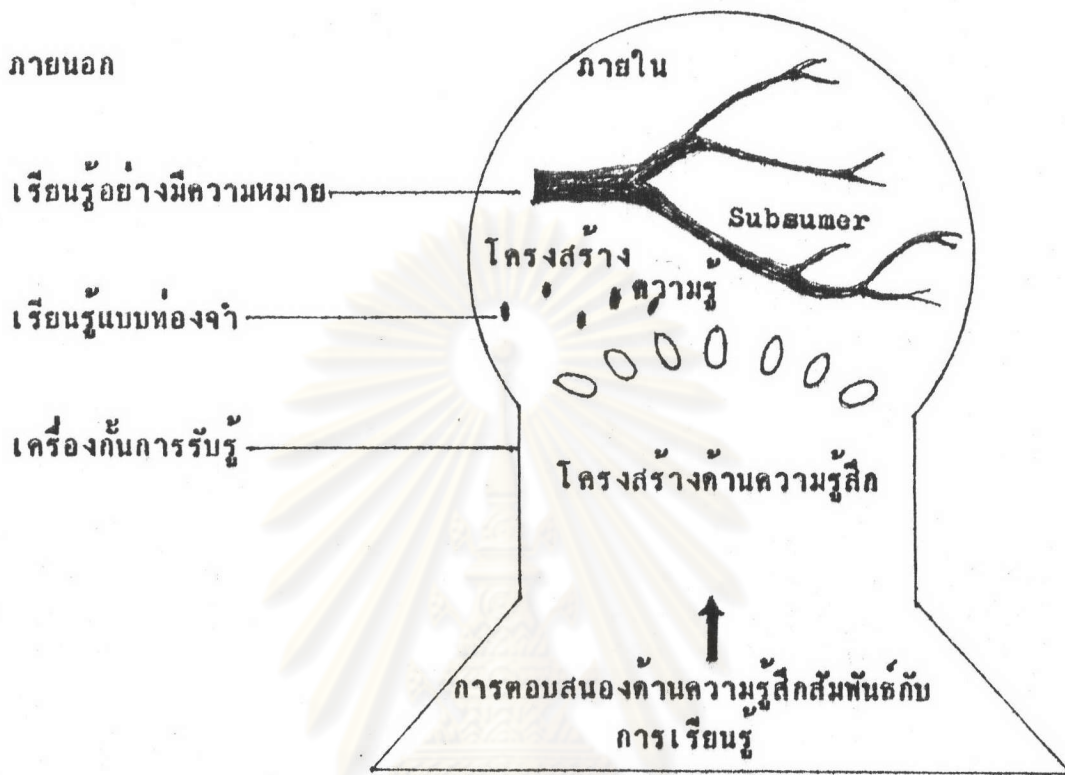
1. แนวความคิดเบื้องต้นของ เดวิด พี.ออซูเบล เกี่ยวกับจิตวิทยาการเรียนรู้
2. หลักการของการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning)
3. หลักการของการเรียนรู้แบบท่องจำ (Rote Learning)
4. สะพานเชื่อมความรู้ (Cognitive Bridging): แอดวานซ์ออร์แกนไนเซอร์ (Advance Organizers)
5. รูปแบบของความสัมพันธ์ (Type of Relationships)
6. การประสานสัมพันธ์เชิงบูรณาการ และการไม่ผสมผสานทางความรู้ (Integrative Reconciliation and Cognitive Dissonance)

1. แนวความคิดเบื้องต้นของ เดวิด พี ออซูเบล เกี่ยวกับจิตวิทยาการเรียนรู้

เดวิด พี ออซูเบล (Ausubel 1968:VI) ได้กล่าวไว้ในหนังสือของเขาว่า " ปัจจัยสำคัญซึ่งมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้มากที่สุด คือ ผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งใดมาบ้างแล้ว ครูควรค้นหาจากตัวเขา และ สอนเขาไปตามนั้น " ประโยคนี้แสดงถึงแนวความคิดของเขาที่น่าสนใจมาก การค้นหาว่านักเรียนเรียนรู้อะไรมาบ้างแล้ว น่าจะหมายถึงการหารายละเอียดเกี่ยวกับความรู้ที่มีอยู่ในตัวผู้เรียนซึ่งควรจะอยู่ในเรื่องเดียวกันกับสิ่งที่ครูคาดหวังจะสอนเขา เดวิด พี ออซูเบล ใช้คำอธิบายในเรื่องนี้อีกอย่างหนึ่งว่า เป็นการหารายละเอียดของ มโนทัศน์ที่เป็นกลุ่มสมาชิก (Subsuming Concepts) ซึ่งอยู่ในเรื่องเดียวกันกับที่มีอยู่ในโครงสร้างความรู้ (Cognitive Structure) ของผู้เรียน คำว่า โครงสร้างความรู้ (Cognitive Structure) นั้น เดวิด พี ออซูเบล (Ausubel 1968:506) หมายถึงส่วนที่เก็บข่าวสารความรู้ในสมองด้วยการเชื่อมสัมพันธ์ความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ในแบบ "ซึกเจน" (Sensible) ทำให้เกิดการเรียงลำดับทางมโนทัศน์ ซึ่งส่วนย่อยของความรู้ถูกเชื่อมโยงกันโดยมโนทัศน์ที่มีลักษณะใหญ่ขึ้น, มีรูปแบบทั่วไปและมีลักษณะกว้างขวางมากขึ้น ดังนั้นโครงสร้างความรู้ จึงเป็นเค้าโครงการเรียงลำดับเกี่ยวกับมโนทัศน์ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ และความรู้ลึกของแต่ละบุคคล

สำหรับการพิจารณาประโยคที่ว่า " สอนเขาไปตามนั้น " จะพบว่าแต่ละบุคคลสามารถเรียนรู้ข่าวสารต่าง ๆ ว่าเกี่ยวข้องกับหรือไม่เกี่ยวข้องกับความรู้ที่มีอยู่ในโครงสร้างความรู้ของเขา เช่น เขาสามารถที่จะเรียนรู้ความสัมพันธ์ของ LEU และ JEX ว่าเป็นหยางค์ที่ไม่มี ความหมาย การเรียนรู้แบบท่องจำนั้น ความรู้ใหม่ที่ไ้รับมาจะปราศจากความสัมพันธ์ กับ มโนทัศน์ที่มีอยู่ในโครงสร้างความรู้ ส่วนการเรียนรู้อย่างมีความหมายเกิดขึ้นเมื่อข่าวสารความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมในลักษณะเป็นกลุ่มสมาชิก (ซึ่ง เดวิด พี.ออซูเบล ใช้คำว่า "ซับซุมมิ่ง คอนเซปต์" (Subsuming Concept) หรือ "ซับซุมเมอร์" (Subsumers) แทนกัน) ข่าวสารความรู้ที่ไ้รับจากการเรียนรู้อย่างมีความหมายจะถูกเก็บไว้ในรูปแบบที่มีการเปลี่ยนแปลง และปรับปรุงให้เข้ากับมโนทัศน์ที่จะถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน

แผนภาพที่ 1 รูปแบบของการเรียนรู้ (แบบท่องจำและแบบอย่างมีความหมาย) ที่ได้รับจากแหล่ง
ภายนอกผ่านเครื่องกั้นการรับรู้และการเรียนรู้ด้านความรู้สึกจากแหล่งภายใน

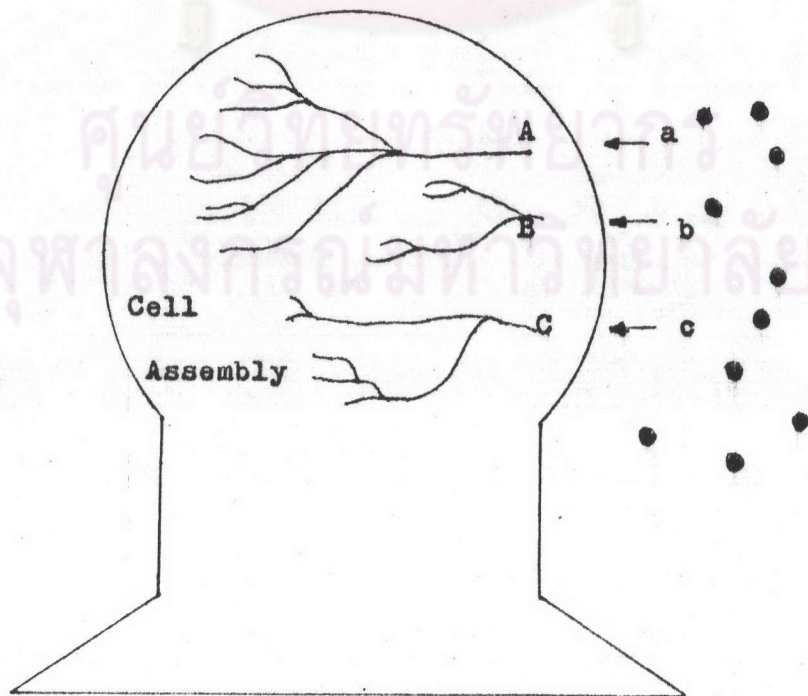


ข่าวสารความรู้ทั้งหมดมิได้รับมาจากสิ่งเร้าภายนอกเท่านั้น ข่าวสารความรู้
บางอย่างได้รับมาจากแหล่งภายในร่างกายของผู้เรียน ข่าวสารความรู้ประเภทนี้ เช่น
ความยินดี หรือ ความเจ็บปวด การเก็บและถูกซึมความรู้จากกล้ามเนื้อของผู้เรียนร่วม
กับข่าวสารความรู้ที่ได้รับจากภายนอกเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนด้านทักษะ เช่น เรียน
ว่ายน้ำ, เล่นดอล์ฟ หรือ การใช้หลอดดูดของเหลว ความยินดี และ ความเจ็บปวด
เป็นประเภทของสิ่งเร้าด้านความรู้สึก การเรียนรู้ด้านความรู้สึก (Affective
Learning) เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้อด้านทักษะ และ ด้านสติปัญญา

2. หลักการของการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning)

เดวิด ที ออซูเบลได้อธิบายเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่มีความหมายว่า เป็นกระบวนการที่ข่าวสารความรู้ใหม่ถูกทำให้สัมพันธ์กับความรู้ที่มีอยู่เดิมตามโครงสร้างความรู้ของแต่ละบุคคล ถึงแม้ว่าเรายังไม่ทราบเกี่ยวกับกลไกทางชีวภาพของความจำ(หรือการเก็บความรู้)ที่แท้จริง แต่เรารู้ว่าข่าวสารความรู้ถูกเก็บไว้ในส่วนของสมอง และเซลล์สมองหลาย ๆ เซลล์นั้นถูกนำไปใช้เก็บหน่วยความรู้ไว้ การเรียนรู้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเซลล์สมอง แต่บางเซลล์ที่เก็บข่าวสารความรู้ไว้แล้วจะเกิดความรู้สึกในขณะที่มีการเรียนรู้ที่มีความหมายกับความรู้ใหม่ที่คล้ายคลึงกับข่าวสารความรู้เดิม อาจกล่าวได้ว่า เซลล์ส่วนกลาง หรือ เซลล์แอสเซมบลี (Cell Assemblies) ทำการเก็บข่าวสารความรู้ระหว่างการเรียนรู้ที่มีความหมาย มีการเปลี่ยนแปลงและอาจจะสร้างรูปแบบขึ้นออกไปคล้าย ๆ กัน (Synapses) หรืออาจมีการสร้างรูปแบบความสัมพันธ์บางลักษณะกับเส้นประสาทใหม่ การเรียนรู้อย่างต่อเนื่องโดยที่นำข่าวสารความรู้ใหม่สัมพันธ์กับข่าวสารความรู้ที่เก็บไว้แล้วจะทำให้ลักษณะและขอบเขตของความสัมพันธ์ทางประสาทเพิ่มขึ้นด้วย

แผนภาพที่ 2 ในการเรียนรู้ที่มีความหมาย ข่าวสารความรู้ใหม่ a, b และ c ถูกเชื่อมกับข่าวสารความรู้ประเศันที่เกี่ยวข้องซึ่งมีอยู่ในโครงสร้างความรู้ A, B และ C ตามลำดับ



แผนภาพที่ 2 แสดงรูปแบบการอธิบาย เซลล์แอสเซมบลี (Cell Assembly) ในขณะที่ข่าวสารความรู้ใหม่เพิ่มเข้ามา พื้นฐานทางชีวภาพของการเรียนรู้ที่มีความหมายก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวน หรือ ลักษณะของการมีส่วนร่วมทางประสาท หรือ การเปลี่ยนแปลงความซับซ้อนของ เซลล์แอสเซมบลี ปรากฏการณ์ทางจิตวิทยาทำให้รู้เกี่ยวกับกระบวนการถูกซึมข่าวสารความรู้ใหม่ภายในโครงสร้างความรู้ของแต่ละบุคคล เดวิด ที ออซูเบล ได้ให้คำจำกัดความการมีคุณสมบัติทางจิตวิทยาแบบนี้ว่า เกิดมโนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นกลุ่มสมาชิก (Subsuming Concepts) ในโครงสร้างของความรู้ หรือที่เรียกว่า ซับซุมเมอร์ (Subsumers) ระหว่างการเรียนรู้ที่มีความหมาย ข่าวสารความรู้ใหม่ถูกถูกซึมเข้าไปสัมพันธ์กับ ซับซุมเมอร์ ในโครงสร้างของความรู้ การเรียนรู้ที่มีความหมายช่วยส่งเสริมการเติบโตและการปรับปรุง ซับซุมเมอร์ ที่มีอยู่เดิม ซับซุมเมอร์ สามารถใหญ่ขึ้นในเชิงเปรียบเทียบ และพัฒนาให้ดีกว่า หรือไม่มันก็อาจถูกจำกัดปริมาณและชนิดของ เซลล์แอสเซมบลี ที่มีบรรจุไว้ในภาพ 2 ซับซุมเมอร์ A แสดงว่ามีการแยกแยะความแตกต่างมากที่สุด และ ซับซุมเมอร์ B ซับซื่อนน้อยที่สุด

หัวใจของกระบวนการเรียนรู้ที่มีความหมายอยู่ที่การแสดงรูปแบบสัญลักษณ์ทางความคิดที่มีการสัมพันธ์กันในลักษณะมีหลักเกณฑ์ (Nonarbitrary) และการคู่ที่ใจความ (Substantiveness or Nonverbatim) กับสิ่งที่ผู้เรียนเรียนรู้มาแล้ว ในโครงสร้างของความรู้ (เช่น มโนภาพ, สัญลักษณ์ที่มีความหมาย, มโนทัศน์ หรือข้อความปัญหา)

คุณลักษณะของการคู่ที่ใจความ หมายถึงลักษณะความสัมพันธ์ที่ไม่เปลี่ยนแปลงในกรณีที่มีการสร้างรูปแบบของคำที่แตกต่างกันแต่มีความหมายเหมือนกัน ตัวอย่างเช่น ข้อความที่ว่า "สามเหลี่ยมเท่ากันทุกประการ คือ สามเหลี่ยมที่มีด้านทั้งสามเท่ากัน" จะเห็นได้ว่ามีคุณสมบัติของการคู่ที่ใจความ เพราะว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง "สามเหลี่ยมเท่ากันทุกประการ" กับ "สามเหลี่ยม" ไม่เปลี่ยนแปลงถึงแม้จะเปลี่ยนประโยคใหม่ว่า "สามเหลี่ยมเท่ากันทุกประการ คือ สามเหลี่ยมที่มีด้านเท่ากันทั้งหมด" อีกตัวอย่างหนึ่ง หยางค์ ที่ไม่มีความหมาย " Lud " ไม่มีความสัมพันธ์แบบคู่ที่ใจความ (Substantive or Nonverbatim) กับข่าวสารความรู้อื่น ๆ ที่มีอยู่เดิม

คุณลักษณะประการที่สอง ซึ่งจำเป็นต่อการเรียนรู้อย่างมีความหมาย คือ ความสัมพันธ์ระหว่างข่าวสารความรู้ใหม่ กับ ข่าวสารความรู้ที่เกี่ยวข้องกันที่มีอยู่ในโครงสร้างความรู้ในลักษณะมีหลักเกณฑ์ (Nonarbitrary) เพื่อให้เข้าใจ จะใช้ตัวอย่างเดิมเรื่อง สามเหลี่ยมเท่ากันทุกประการ อธิบายคุณลักษณะนี้ซึ่งจะเห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง "สามเหลี่ยมเท่ากันทุกประการ" กับ "สามเหลี่ยม" เป็นความสัมพันธ์ของตัวอย่างเฉพาะ สู่ กรณีทั่วไปและเป็นไปอย่างมีกฎเกณฑ์แน่นอน อีกตัวอย่างหนึ่ง ได้แก่ ข้อความที่ว่า "ผลรวมมุมภายในสามมุมของสามเหลี่ยมเท่ากับ 180° " แสดงคุณลักษณะมีหลักเกณฑ์ อย่างชัดเจนที่เคียว เนื่องจากว่าเป็นประโยคที่สามารถได้รับมาจากหลักการที่มีลักษณะทั่วไปมากกว่า(ซึ่งทำให้คงอยู่ในโครงสร้างความรู้ได้เป็นอย่างดี) ที่ว่า "ผลรวมของมุมในรูปสี่เหลี่ยม(สามเหลี่ยม 2 รูปประกบกัน)เท่ากับ 360° " แต่เป็นการยากมากที่จะรับรู้ความสัมพันธ์ในลักษณะมีหลักเกณฑ์ ที่เป็นไปได้ ระหว่างพจน์ที่ไม่มี ความหมาย "Luđ" กับ ข่าวสารความรู้อื่น ๆ ที่มีอยู่ในโครงสร้างความรู้

โดยสรุปแล้ว การเรียนรู้อย่างมีความหมายขึ้นอยู่กับเงื่อนไข 3 ประการ คือ

1. สิ่ง que เรียนจะเรียนรู้จะต้องมีศักยภาพของความหมายต่อเขาเพื่อที่จะสัมพันธ์กับโครงสร้างความรู้ของเขานบนพื้นฐานของความมีคุณลักษณะมีหลักเกณฑ์ (Nonarbitrary) และ การคู่ที่ใจความ (Substantiveness or Nonverbatim)

2. โครงสร้างความรู้เดิมของผู้เรียนต้องสัมพันธ์กับข่าวสารความรู้ใหม่

3. ผู้เรียนต้องสนใจ และมีเจตนาแน่วแน่ที่จะเรียนรู้อย่างมีความหมาย ต้อง การที่จะสัมพันธ์ความรู้ใหม่อย่างมีคุณลักษณะ มีหลักเกณฑ์ (Nonarbitrary) และ การคู่ที่ใจความ (Substantiveness or Nonverbatim)

การเรียนรู้อย่างมีความหมายมี 4 ชนิด คือ

1. การเรียนรู้ที่มีลักษณะตัวแทนความหมาย (Representative Learning) เป็นการเรียนความหมายของสัญลักษณ์เคียว(คำที่เป็นเครื่องหมาย) หรือการเรียนสิ่งที่มี การทำเครื่องหมายแทนได้ คำเคียว ๆ ในบางภาษาเป็นไปตามระเบียบแบบแผน และเป็น สัญลักษณ์ร่วมทางสังคม ซึ่งใช้แทนวัตถุ, เหตุการณ์, มโนทัศน์, หรือสัญลักษณ์อื่น ๆ ทาง กายภาพ, สังคม และโลกแห่งความคิด

2. การเรียนรู้ข้อความปัญหา (Propositional Learning)

3. การเรียนรู้มโนทัศน์ (Concept Learning)

4. การเรียนรู้แบบค้นพบ (Discovery Learning)

3. การเรียนรู้แบบท่องจำ (Rote Learning)

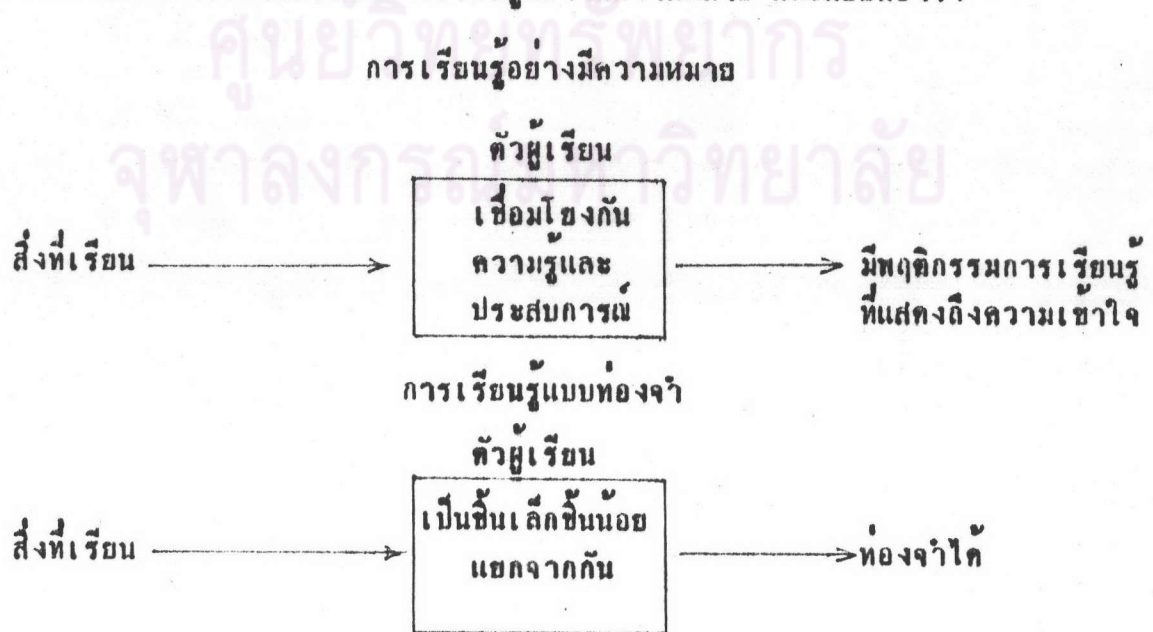
ข่าวสารความรู้ใหม่ที่ถูกรับรู้แบบท่องจำมักจะเกิดมโนทัศน์จากการเรียนแต่จะไม่คงอยู่ในโครงสร้างความรู้ของแต่ละบุคคล หน่วยความรู้จะถูกเก็บไว้ในโครงสร้างความรู้ที่ไม่มีแบบมีหลักเกณฑ์ ในการเรียนรู้แบบท่องจำจะได้ข่าวสารความรู้ใหม่ที่ไม่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมในโครงสร้างความรู้ และมีปะทะสัมพันธ์เพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลยระหว่างข่าวสารความรู้ที่รับเข้ามาใหม่กับข่าวสารความรู้ที่เก็บไว้แล้ว

การเรียนรู้แบบท่องจำ เป็นสิ่งที่จำเป็นเฉพาะกรณีที่บุคคลรับข่าวสารความรู้ใหม่โดยไม่มีความสัมพันธ์กับสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว ข่าวสารความรู้บางชนิดเป็นสิ่งที่ไม่มีความหมายในตัวเอง, เป็นเลขโทรศัพท์, เป็นพยางค์ที่ไม่มีความหมาย, และเป็นข่าวสารความรู้อื่น ๆ ที่ไม่สามารถถูกเชื่อมโยงในแบบ คู่มือใจความ กับเนื้อหาของโครงสร้างความรู้ที่มีอยู่ได้ และเนื่องด้วยเหตุนี้เองจึงเก็บข่าวสารความรู้ไว้ในโครงสร้างความรู้ที่ไม่มีแบบมีหลักเกณฑ์ เนื้อหาความรู้ที่ถูกรับรู้แบบท่องจำจึงถูกกระจายอย่างไม่มีระเบียบกฎเกณฑ์ ในโครงสร้างความรู้ และไม่มีการสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่น ๆ ในโครงสร้างความรู้

กล่าวโดยสรุปจะได้ลักษณะการเรียนรู้แบบท่องจำ ดังนี้

1. ข่าวสารความรู้ที่ถูกรับรู้ขาดความหมายเชิงเหตุและผล
2. ผู้เรียนขาดความคิดเชิงเชื่อมสัมพันธ์ในโครงสร้างความรู้ของตนเอง
3. ทั้งข่าวสารความรู้และผู้เรียนขาดคุณลักษณะของการเรียนรู้ที่มีความหมาย

แผนภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบการเรียนรู้ที่มีความหมาย และแบบท่องจำ

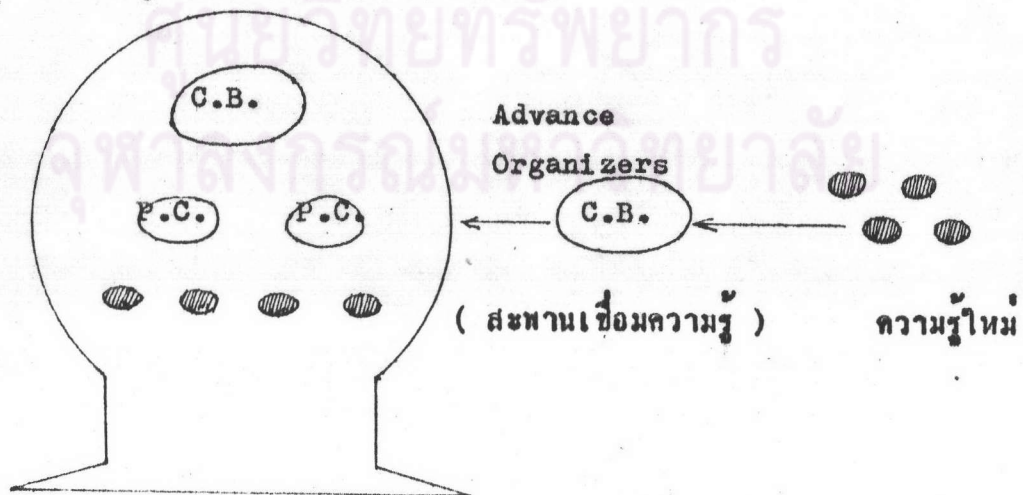


4. สะพานเชื่อมความรู้ (Cognitive Bridging): แอควานซ์ ออแกนไนเซอร์ (Advance Organizers)

ในทฤษฎีของ เดวิด พี ออซูเบล จะเน้นคำว่า แอควานซ์ ออแกนไนเซอร์ (Advance Organizers) เขาอธิบายว่า " เป็นคำที่ใช้เรียก กลุ่มของความคิด ที่มีความเป็นทั่วไป, ความเป็นนามธรรม, การสรุปครอบคลุม, และความซับซ้อนมากกว่า และได้รับการจัดเตรียมอย่างรอบคอบ ซึ่งถูกแสดงแก่ผู้เรียนเพื่อให้เกิดความก้าวหน้าในองค์ แห่งความรู้ "

แอควานซ์ ออแกนไนเซอร์ จะช่วยยึดเหนี่ยวความรู้ในโครงสร้างความรู้และ นำไปสู่การพัฒนา กลุ่มสมาชิกมโนทัศน์ (Subsuming Concept) ซึ่งทำให้เกิดความ ง่ายในการเรียนเรื่องราวที่เกี่ยวข้องต่อมา ถ้าเราเรียนรู้มโนทัศน์ไว้ในโครงสร้างความรู้ แล้ว แอควานซ์ ออแกนไนเซอร์ สามารถเชื่อมสัมพันธ์การเรียนรู้ใหม่ด้วย ซับซุมเมอร์ (Subsumers) เฉพาะที่ตรงประเด็นกับ แอควานซ์ ออแกนไนเซอร์ เปรียบเหมือน กับสะพานเชื่อมความรู้ (Cognitive Bridging) ซึ่งจะเชื่อมระหว่าง ซับซุมเมอร์ (Subsumers) ที่มีอยู่กับข้อความรู้ใหม่ที่ได้รับ ดังแสดงตาม แผนภาพที่ 4

แผนภาพที่ 4 สะพานเชื่อมความรู้ (Cognitive Bridging) ช่วยทำให้เกิดความง่าย ในการเชื่อมข่าวสารความรู้ใหม่ด้วยมโนทัศน์เดิมในโครงสร้างความรู้ หรือ เชื่อม มโนทัศน์จากการเรียนรู้เดิม ดังนั้นจึงง่ายที่จะเกิดการประสานสัมพันธ์เชิงบูรณาการ (Integrative Reconciliation)



C.B. = Cognitive Bridging

P.C. = Previously learning Concepts

5. รูปแบบของความสัมพันธ์ (Types of Relationships)

5.1 ความสัมพันธ์ระดับต่ำ (Subordinate Relationship)

เป็นความสัมพันธ์ชนิดธรรมดาที่สุดของความสัมพันธาระหว่างข่าวสารความรู้ใหม่ กับ ความคิดที่มีอยู่ ความสัมพันธ์ระดับต่ำนี้ยังแบ่งได้อีก 2 ชนิด ได้แก่ เจริเวทีฟ ซับซิมชัน (Derivative Subsumtion), คอริเลทีฟ ซับซิมชัน (Correlative Subsumtion)

เจริญเวทีฟ ซับซิมชัน (Derivative Subsumtion) เกิดขึ้นเมื่อข่าวสารความรู้ใหม่เป็นเพียงตัวอย่างหรือสิ่งที่แยกมาโดยตรงจากข้อความรู้พื้นฐาน และมีลักษณะสรุปรวมมากกว่า เช่น ถ้าเด็กเรียนรู้ความหมายของข้อความ " แมวโตคนไม้ " มาแล้ว เมื่อเด็กได้รับข้อความรู้ใหม่ว่า " แมวของเพื่อนบ้านกำลังโตคนไม้ของเรา " เด็กก็อาจจัดรวมเข้าเป็นข้อความรู้กลุ่มสมาชิกเดียวกันได้

คอริเลทีฟ ซับซิมชัน (Correlative Subsumtion) เกิดขึ้นเมื่อข่าวสารความรู้ที่ได้รับเป็นการขยาย, ต่อเติม, ปรับปรุง, หรือสร้างเสริมข่าวสารความรู้เดิม เช่น เด็กเข้าใจความหมายของ " สี่เหลี่ยมค้านขนาน " (สี่เหลี่ยมที่มีค้านตรงข้ามขนานกัน) มาแล้ว เราอาจจะให้คำจำกัดความแก่เด็กสำหรับ " สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน " (เด็กไม่เคยเรียนรู้มาก่อน) ว่า " สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนเป็นสี่เหลี่ยมค้านขนานที่มีค้านเท่ากันทุกค้าน " ในกรณีนี้เด็กจะรู้ว่า " สี่เหลี่ยมค้านขนาน " มีเงื่อนไขที่ทำให้ได้รับ " สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน "

5.2 ความสัมพันธ์ระดับสูง (Superordinate Relationship)

ข่าวสารความรู้ใหม่สนับสนุนความสัมพันธ์ระดับสูง (Superordinate Relationship) กับความคิดในโครงสร้างความรู้เมื่อการเรียนรู้มีการสรุปรวมข้อความรู้ใหม่ ๆ ภายใต้อันตรธานความคิดหลาย ๆ อัน ตัวอย่างเช่น ครูอาจต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้หลักการทั่วไปที่ว่า " ผลรวมของมุมของสี่เหลี่ยมค้านไม่เท่า เท่ากับ 360° " (สมมติว่านักเรียนได้เรียนรู้ว่าผลรวมของมุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมค้านขนานเท่า กับ 360° มาแล้ว) โดยการลงความเห็นจากกรณีเฉพาะของสี่เหลี่ยมค้านไม่เท่า ผู้เรียนอาจจะได้รับข้อความรู้ทั่วไปทางอ้อม

ความสัมพันธ์ระดับสูงเกิดขึ้นเมื่อมีโนทัศน์ต่าง ๆ ที่เรียนรู้มาแล้วแต่เดิม ถูกทำให้มีลักษณะใหญ่ขึ้น, สรุปครอบคลุมมากขึ้น เหมือนกับเด็กอาจจะเรียนรู้ว่า บิท, แครรอต ถั่วลิ้นเต่า และมะเขือเทศเป็นผัก และต่อมาเมื่อเขาเรียนรู้โนทัศน์เกี่ยวกับรากและผล เขาก็จะรู้ว่า บิท และแครรอตเป็นพืชที่ใช้ราก ส่วนถั่วลิ้นเต่าและมะเขือเทศเป็นผล

6. การประสานสัมพันธ์เชิงบูรณาการ และ การไม่ผสมผสานทางความรู้

(Integrative Reconciliation and Cognitive Dissonance)

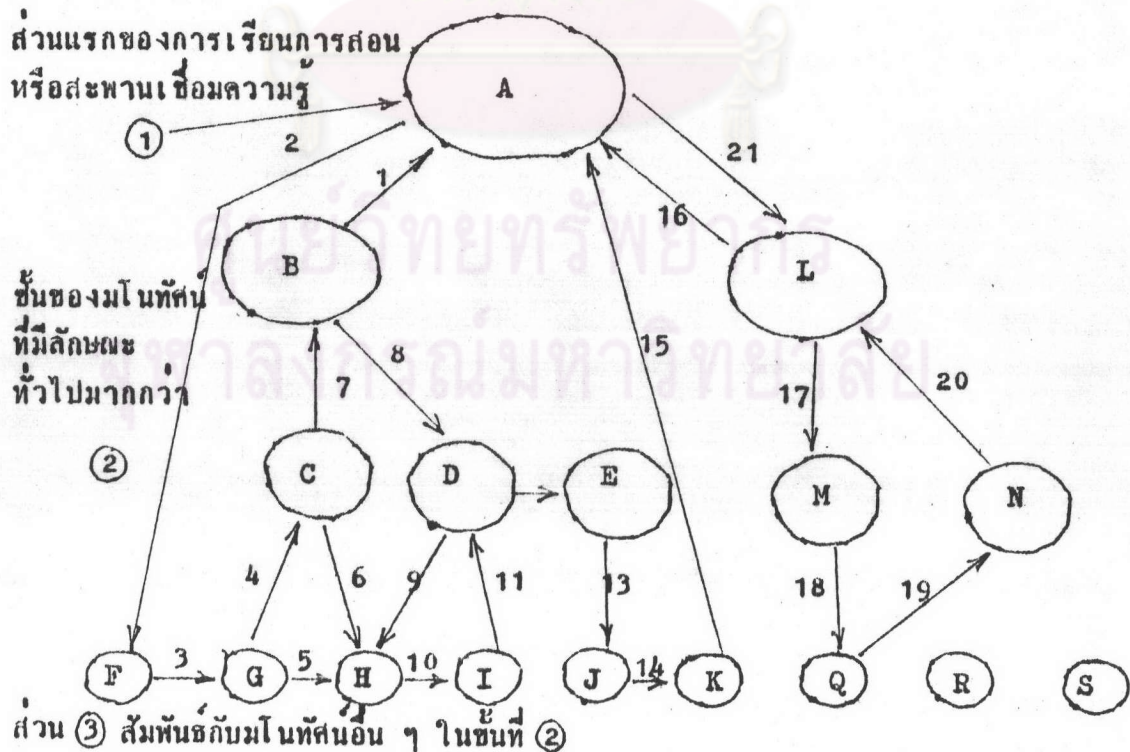
ความหมายใหม่จะได้รับจากการเรียนรู้โมทัศน์เดียวหรือหลายโมทัศน์ในขณะที่มีการแยกแยะความแตกต่างของมโนทัศน์ ตัวอย่างเช่น เรื่องที่ขบประเภผลไม้ นั้น เราจัดกล้วยเป็นทั้งประเภผลไม้และผัก เพราะผักกล้วยันเตาเหมือนกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากเกิดจากรังไข่ของดอกไม้ นักเรียนในวิชาพฤกษศาสตร์จะต้องประสานความหมายทั้งสองที่เกี่ยวข้องกับกล้วยันเตา

ในตอนแรกนักเรียนที่เรียนทางพฤกษศาสตร์จะประสบกับ การไม่ผสมผสานทางความรู้ (Cognitive Dissonance) เกิดความสงสัยว่ากล้วยันเตาเป็นทั้งผลไม้และผักในเวลาเดียวกันได้อย่างไร เม็ดข้าวโพดเป็นผลไม้ได้อย่างไรในเมื่อมันมวงดูเหมือนเมล็ดมากกว่า เมื่อใดก็ตามที่มโนทัศน์เดียวกันปรากฏความหมาย 2 อย่างที่มีความขัดแย้งกัน หรือตรงข้ามกัน ผู้เรียนจะมีประสบการณ์ตอบสนองความรู้สึกลงในเชิงลบ หรือเกิดผลที่ไม่ผสมผสาน (Dissonance) จากสิ่งที่เป็นความหมายขัดแย้งกัน การไม่ผสมผสานกันนี้แก้ไขได้เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ระดับต่ำ (Subordinate Concepts) กับมโนทัศน์ระดับสูง (Superordinate Concepts) ถูกทำให้มีความชัดเจนขึ้น ตัวอย่างเช่น สามารถแสดงให้เห็นนักเรียนเข้าใจได้ว่าในเรื่องเกี่ยวกับอาหารเราจัดกล้วยันเตาอยู่ในประเภทผัก ในขณะที่ทางด้านพฤกษศาสตร์ เราจัดกล้วยันเตาไว้ในประเภผลไม้ เราพบว่าการจัดลำดับมโนทัศน์ (Concept Hierarchies) สามารถทำได้หลายแบบ แต่การวิเคราะห์ความสัมพันธ์อย่างชัดเจนเกี่ยวกับการลำดับเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญในฐานะกระบวนการแยกแยะความแตกต่างเชิงก้าวหน้าของมโนทัศน์ (Progressive Differentiation of Concepts Proceeds)

เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลด การไม่ผสมผสานทางความรู้ การเรียนการสอนจะต้องจัดลำดับเนื้อหา ไม่เพียงแต่สำหรับการแยกแยะความแตกต่างเชิงก้าวหน้าเท่านั้น แต่จะต้องแสดงว่าความหมายมโนทัศน์ใหม่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ระดับสูงอย่างไรด้วย เราต้องอธิบายอย่างชัดเจนว่าความหมายใหม่เปรียบเทียบกับความหมายดั้งเดิมอย่างไร และมโนทัศน์ระดับสูงรับเอาความหมายใหม่อย่างไร การไม่ผสมผสานทางความรู้เกิดขึ้นเมื่อเชื่อมมโนทัศน์ 2 ชื่อหรือหลาย ๆ ชื่อถูกใช้สื่อความหมายของมโนทัศน์เดียวกัน หรือ เมื่อเชื่อมมโนทัศน์ชื่อเดียวกันถูกใช้แทนมโนทัศน์มากกว่า 1 มโนทัศน์

เพื่อให้การประสานสัมพันธ์เชิงบูรณาการ (Integrative Reconciliation) บรรลุความสำเร็จ เราต้องจัดเนื้อหาการเรียนการสอนในลักษณะที่มีการลำดับชั้นทางมโนทัศน์ที่สามารถเคลื่อนย้าย "ขึ้นและลง" ได้ เพื่อแสดงข่าวสารความรู้ใหม่ เราอาจจะเริ่มด้วยมโนทัศน์ที่มีลักษณะทั่วไปมากที่สุด แต่เราก็จะต้องอธิบายว่ามโนทัศน์ระดับต่ำ (Subordinate Concepts) ถูกสัมพันธ์อย่างไร แล้วก็มี การเคลื่อนย้ายกลับผ่านกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาความหมายใหม่ของมโนทัศน์ระดับสูงกว่า วัฏจักรการขึ้นลงของบันไดทางขึ้นของมโนทัศน์ถูกแสดงรูปแบบเชิงภาพ 5 ซึ่งแสดงเพียงตอนที่มิเหตุผลหนึ่งเท่านั้นและเป็นส่วนหนึ่งที่จะเกิดขึ้นช่วงหนึ่งของการเรียนที่กำหนดให้ การพัฒนาจุดมุ่งหมายการเรียนการสอนและแสดงจุดมุ่งหมายเหล่านั้นอย่างชัดเจนแก่นักเรียนเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อที่จะให้เขาบรรลุผลสำเร็จในการประสานสัมพันธ์เชิงบูรณาการ การใช้สะพานเชื่อมมโนทัศน์อย่างเหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเคลื่อนย้ายจากมโนทัศน์หนึ่งสู่มโนทัศน์อื่น

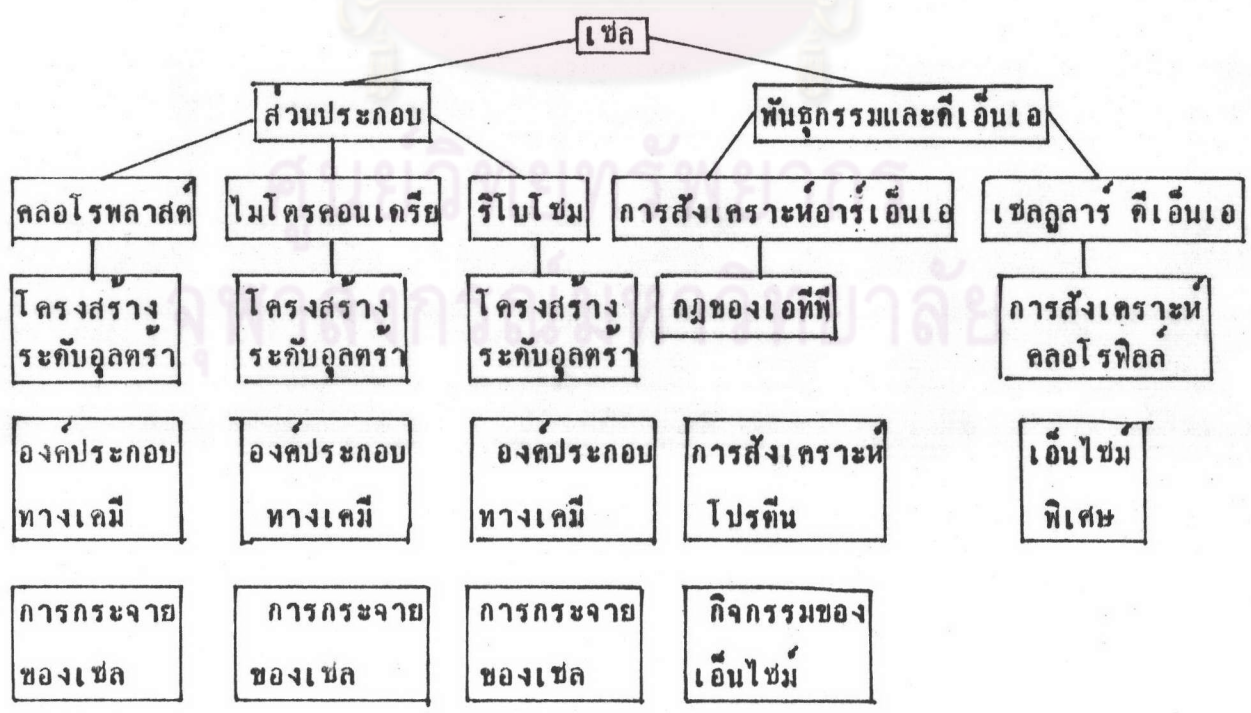
แผนภาพที่ 5 รูปแบบของการลำดับชั้นมโนทัศน์ (ตัวอักษร) การแสดงลำดับการเรียนการสอน (ตัวเลข) สำหรับผลสัมฤทธิ์ของกระบวนการแยกแยะความแตกต่างเชิงก้าวหน้า (Progressive Differentiation) มโนทัศน์ที่มีระดับสูงกว่า และผลสัมฤทธิ์ของการประสานสัมพันธ์เชิงบูรณาการ (Integrative Reconciliation) ของมโนทัศน์



แผนภาพที่ 5 ได้แสดงว่านักเรียนจะเรียนรู้ว่ามโนทัศน์ G และ H เป็นลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์ C และทำนองเดียวกัน มโนทัศน์ I และ H เป็นลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์ D นักเรียนจะเรียนรู้คว่ามโนทัศน์ G และ I มีความสัมพันธ์กันทางอ้อมผ่านมโนทัศน์ C และ D ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่อยู่ในขั้นทั่วไปมากกว่า แต่ก็ยังเป็นลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์ B ด้วย การสร้างลำดับชั้นของมโนทัศน์ทำได้ยากมากถึงแม้ว่าวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์มากกว่าในวิชาประวัติศาสตร์ และภาษาอังกฤษ

แผนภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างการลำดับชั้นทางมโนทัศน์ในเรื่องเซลล์ ผู้เรียนจะต้องได้รับการฝึกฝนในวิชาชีววิทยา จึงจะเห็นความสัมพันธ์ที่แสดงในรูปแบบ (Scheme) นี้ได้ รูปแบบที่แสดงนี้มีความสมบูรณ์โดยไม่กล่าวถึงเรื่องส่วนประกอบของเซลล์บางส่วน และกิจกรรมเกี่ยวกับเมตาโบลิซึมบางอย่างอื่น ไม่กล่าวถึงการแยกแยะความแตกต่างของเซลล์ถึงขั้นเนื้อเยื่อ การลำดับชั้นทางมโนทัศน์นี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการลำดับชั้นส่วนใหญ่ที่รวบรวมองค์ประกอบของรูปแบบสสารทั้งหมดในจักรวาล เป็นการสนับสนุนว่าความรู้ทั้งหมดถูกสัมพันธ์กัน และเค้าโครงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงส่วนเล็ก ๆ ของระบบทางปัญญาในวัฒนธรรมมนุษย์ ถ้าเราจัด "ความเป็นหน่วย" (Unity) ของความรู้ในลักษณะมีหลักฐานแน่นอน ดังนั้นเพื่อให้ให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ จึงควรพิจารณาอย่างมากต่อการออกแบบลำดับเนื้อหาทางการเรียนการสอน

แผนภาพที่ 6 การลำดับชั้นทางมโนทัศน์ สำหรับมโนทัศน์ในเรื่อง เซลล์



กรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping)

โจเซฟ ที โนวาค, คี บอว โกวิน และ เจอราร์ด ที โจฮานเซน (Novak, Gowin and Johansen 1983:625-627) ได้กล่าวเกี่ยวกับกรอบมโนทัศน์ โดยสรุปไว้ว่า ปัจจุบันนี้กรอบมโนทัศน์ได้ถูกนำมาใช้มากขึ้นในงานวิจัย และเป็นเทคนิคการเรียนการสอนที่ทำให้การเรียนรู้มีความหมายง่ายขึ้น ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ เดวิด ที. ออซูเบล นั้น เน้นถึงอิทธิพลของความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ความหมายใหม่ การเรียนรู้ที่มีความหมายจะเกิดผลดี ก็คือเมื่อผู้เรียนรู้จักคิด และผูกโยงความรู้ใหม่ให้สัมพันธ์กับมโนทัศน์ หรือข้อความปัญหา (Propositions) ที่เขารู้มาแล้ว ตรงกันข้ามการเรียนรู้อย่างท่องจำ จะเกิดเมื่อความรู้ใหม่รวมกันอย่างไม่มีการเชื่อมโยง ในโครงสร้างความรู้ จากพื้นฐานทางทฤษฎีการเรียนรู้ของ เดวิด ที ออซูเบล นั้น องค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ที่มีความหมายจะได้รับผลดี คือ คำโครงของความสัมพันธ์มโนทัศน์ หรือ ข้อความปัญหา ที่แต่ละบุคคลเรียนรู้ไว้

การสร้างกรอบมโนทัศน์นั้นกระทำได้หลายวิธี วิธีที่ง่าย คือ ให้รายชื่อมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กันแก่นักเรียน แล้วให้เขาสร้างแผนผังความสัมพันธ์ขึ้นเอง โดยวางมโนทัศน์ที่มีลักษณะสรุปรวบรวมมากที่สุด หรือลักษณะทั่วไปมากที่สุดไว้ส่วนบนสุดแล้วจึงจัดมโนทัศน์ที่มีลักษณะสรุปรวมน้อยกว่า หรือลักษณะทั่วไปน้อยกว่า ในตำแหน่งที่เป็นลำดับถัดลงมา นักเรียนจะต้องเลือกแนวทางที่ดีที่สุดในการแสดงลำดับมโนทัศน์ และสามารถใช้คำหรือข้อความเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ได้ ส่วนวิธีอื่น ๆ เช่น ให้ผู้เรียนค้นหาคำสำคัญที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ในหนังสือเรียน และใช้มโนทัศน์เหล่านั้นสร้างกรอบลำดับความสัมพันธ์ขึ้นเอง ความคิดสร้างสรรค์ที่ยิ่งใหญ่ที่สุดอาจเกิดจากการสร้างกรอบมโนทัศน์ที่ปราศจากการกำหนดใด ๆ เกี่ยวกับมโนทัศน์ ไม่มีหนังสือ คำราเรียน ทั้งนี้โดยให้นักเรียนเขียนออกมาเองด้วยความรู้ที่สะสมอยู่ในตัวของนักเรียนแต่ละคน

ลักษณะอื่น ๆ เกี่ยวกับกรอบมโนทัศน์ที่มีความสำคัญมากนั้น คือ "โครงสร้างลำดับขั้น" นั่นคือ กรอบมโนทัศน์ทั่วไปจะถูกประกอบด้วย ส่วนย่อยที่มีลักษณะทั่วไปมากที่สุด สรุปครอบคลุมมากที่สุด และ ต่อเนื่องเป็นลำดับลงมาด้วยมโนทัศน์ที่มีลักษณะทั่วไปน้อยกว่า สรุปครอบคลุมน้อยกว่า ในตำแหน่งที่เหมาะสม การจัดลำดับไม่ใช่เรื่องง่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพิจารณาหน่วยที่สำคัญของความรู้ มโนทัศน์เดียวกันสามารถจัดแสดงให้ปรากฏได้หลายระดับในกรอบมโนทัศน์ของความรู้ เรื่องที่แตกต่างกัน

อาจพิจารณากรอบมโนทัศน์ว่าเหมือนกับ "ขึ้นข้างลบ" ซึ่งสามารถที่จะ "ยกขึ้น" มโนทัศน์บางอันบนกระดาษได้ และสร้างลำดับชั้นความสัมพันธ์ใหม่ระหว่างมโนทัศน์ที่ถูกเชื่อมโยง ข้อความปัญหา ที่เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ จะเปลี่ยนแปลงได้เสมอ เมื่อมีทางเลือกอื่นในการสร้างโครงสร้างลำดับชั้น ดังนั้นจะเห็นมิตินานาน ๆ กันของรูปแบบในการสร้างโครงสร้างความรู้ ซึ่งถูกขนานไปกับความซับซ้อนในเนื้อหาของความรู้ โดยปกติแล้ว ความเป็นอัจฉริยะจะแสดงตัวของมันเองออกมาทางโครงสร้างของการประกอบมโนทัศน์ใหม่ มากกว่าในตัวของมโนทัศน์ใหม่เอง (เช่น สมการของไอน์สไตน์ $E = mc^2$) ถึงแม้ว่าตัวอักษรจะถูกเป็นของธรรมดา กรอบมโนทัศน์ที่ยอมให้นักเรียนได้มีการแสดงความหมายในด้าน "ความสัมพันธ์เชิงความคิดสร้างสรรค์" จะช่วยให้นักเรียนได้รู้ "ความรู้ผิด ๆ" (misconception) หรือช่วยให้ความคิดสร้างสรรค์มีความเที่ยงตรงกว่า

การให้คะแนนในกรอบมโนทัศน์ได้รับการพัฒนาเพื่อที่จะประเมินผลในเชิงปริมาณได้ มีการให้คะแนนหลาย ๆ วิธี วิธีธรรมดาจะให้ 1 คะแนนต่อเส้นโยงที่ถูกต้อง 1 เส้น 5 คะแนน ต่อการแสดงความสัมพันธ์ระดับชั้นแต่ละชั้นที่ถูกต้อง 5 หรือ 10 คะแนน ต่อการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่อยู่ในระดับต่างกัน

มาร์โต เอ โมริเรา (Moriera 1979:283-286) ได้กล่าวถึงกรอบมโนทัศน์ในฐานะที่เป็นเครื่องมือในการสอน สรุปความได้ว่า กรอบมโนทัศน์อาจถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการเรียนการสอน การร่างกรอบมโนทัศน์มีหลายแนวทาง มีแนวทางที่แตกต่างกันในการแสดงแผนผังการลำดับชั้นทางมโนทัศน์ นอกจากนี้กรอบมโนทัศน์ที่ร่างขึ้นโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาต่าง ๆ จะสะท้อนให้เห็นความเข้าใจที่แตกต่างกัน และการตีความหมายที่แตกต่างกันของความสัมพันธระหว่างมโนทัศน์สำคัญ จากจุดนี้ชี้ให้เห็นว่า กรอบมโนทัศน์ควรจะเป็น "a concept mapping" และไม่ควรเป็น "the concept mapping" ของกลุ่มมโนทัศน์ใดที่ถูกต้องแทนความหมาย ดังนั้นจะต้องเข้าใจว่ากรอบมโนทัศน์ใดที่ใดนั้นเป็นเพียงกรอบหนึ่งของหลาย ๆ กรอบ ที่เป็นไปได้ของโครงสร้างทางมโนทัศน์

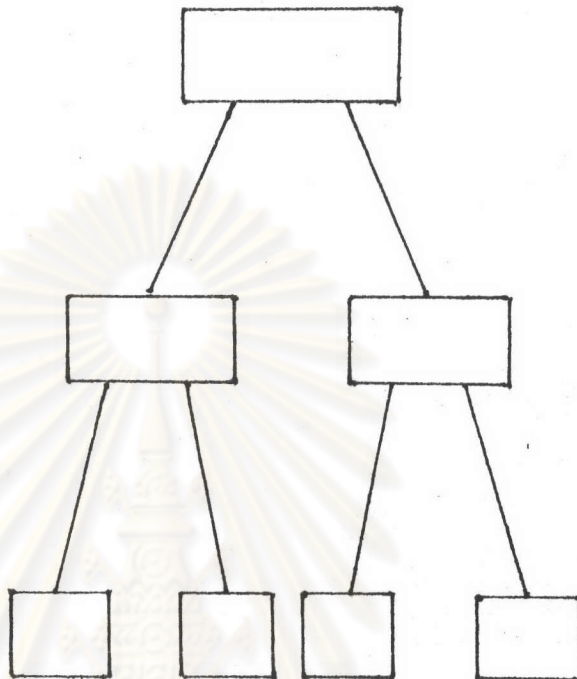
มาร์โค เอ โมรีรา ยังได้เสนอรูปแบบกรอมโนทัศน์ไว้ดังนี้

แผนภาพที่ 7 รูปแบบอย่างง่าย ๆ ของกรอมโนทัศน์

สรุปรวมมากที่สุด

ชั้นต่ำลงมา

ลักษณะเฉพาะมากที่สุด
สรุปรวมน้อยที่สุด



แผนภาพที่ 7 แสดงรูปแบบอย่างง่าย ๆ ของกรอมโนทัศน์ ในรูปจะปรากฏมโนทัศน์ที่มีลักษณะทั่วไปมากที่สุด และสรุปครอบคลุมมากที่สุดอยู่ส่วนนอกของกรอบ และจะมีการลำดับกันลงมาตามแนวตั้งตามลักษณะของมโนทัศน์จนถึงระดับต่ำสุด จะเป็นมโนทัศน์ที่มีลักษณะเฉพาะมากที่สุด เส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์จะบอกความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์

ส่วนการใช้อกรอมโนทัศน์นั้น มาร์โค เอ โมรีรา กล่าวว่า สามารถใช้อกรอมโนทัศน์แสดงลำดับความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เรียน หรือในการสรุปส่วนท้ายของบทเรียนก็ได้ เนื้อหาที่เรียนจะถูกรวบรัดเข้าทำให้ง่ายที่จะเรียนรู้

อย่างไรก็ตามกรอมโนทัศน์ไม่เหมือนหนังสือ ตำราเรียน หรือสื่อการเรียนอื่น ๆ การใช้อกรอมโนทัศน์นั้นไม่ได้มุ่งหวังให้นักเรียนใช้โดยปราศจากการแปลความหมายจากผู้สอน หรือโดยปราศจากการอธิบายจากผู้สร้างกรอมโนทัศน์ เป็นหน้าที่ของครูหรือผู้สร้างกรอมโนทัศน์ที่จะต้องให้คำแนะนำแก่ผู้เรียน ถึงแม้ว่ากรอมโนทัศน์จะให้ภาพกว้าง ๆ ของเนื้อหาวิชาที่เรียน แต่หลังจากที่นักเรียนมีความคุ้นเคยกับวิชาที่เรียนแล้ว กรอมโนทัศน์จะเป็นประโยชน์มากขึ้น เมื่อกรอมโนทัศน์ถูกใช้เพื่อบูรณาการและประสานความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์และเพื่อแยกแยะความแตกต่างทางมโนทัศน์

นอกจากนี้ยังใช้กรอบมโนทัศน์ในการสร้างคำถามเพื่อเป็นเครื่องมือประเมินผลที่เป็นไปตามแบบแผน และยังสามารถใช้ในการสร้างเครื่องมือประเมินผลที่ไม่เป็นไปตามแบบแผนได้อีกด้วย เพื่อที่จะตัดสินการเรียนรู้มโนทัศน์ที่ไม่ใช่ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่เป็นด้านความสามารถของนักเรียนซึ่งเป็นการหาความแตกต่างหรือเป็นการเปรียบเทียบความสามารถกัน การประเมินผลในลักษณะเช่นนี้ไม่เกี่ยวข้องกับคะแนน แต่เป็นการค้นหาชนิดของโครงสร้างความรู้ที่นักเรียนเห็นในกลุ่มมโนทัศน์ที่เขาได้รับเพื่อการทดสอบนั้น เพื่อค้นค้นหาในเรื่องดังกล่าว ครูอาจจะให้นักเรียนเขียนกรอบมโนทัศน์ให้ดูก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามกรอบมโนทัศน์ไม่เหมาะต่อการประเมินผลในเชิงปริมาณ

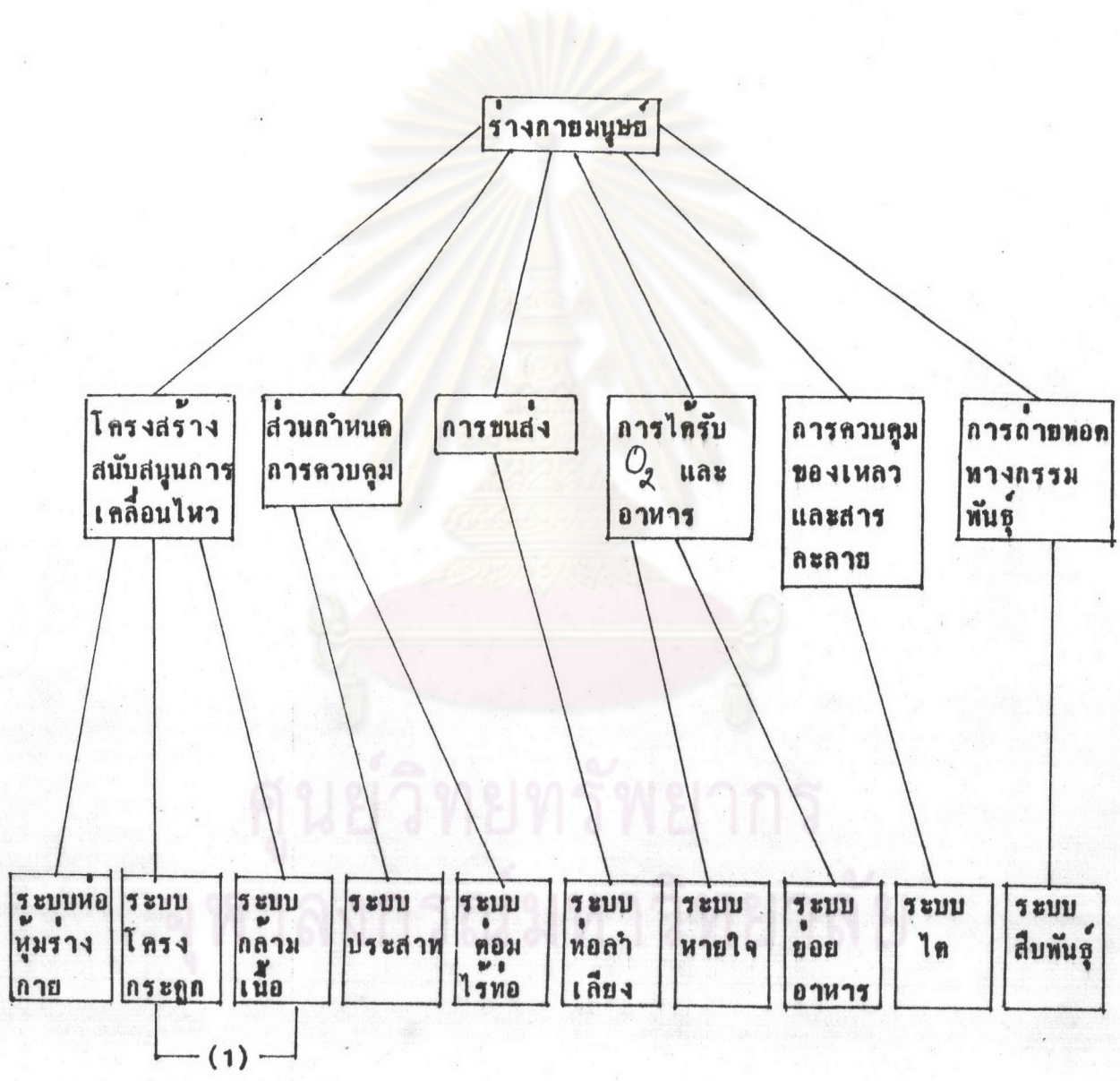
โจเซฟ คับบลิว คลิเบิร์น, เจอร์ (Cliburn, Jr. 1987; 426-427) ได้กล่าวถึงกรอบมโนทัศน์ว่า " กรอบมโนทัศน์เป็นการใช้ประสบการณ์ และผลจากการฝึกปฏิบัติเพื่อหาคำตอบ โดยมีการเขียนแผนผังแสดงลำดับขั้น และแสดงความสัมพันธ์ภายในระบบของมโนทัศน์ "

และ " กรอบมโนทัศน์เป็นเทคนิคที่มีศักยภาพ เป็นแนวความคิดที่มีการรวบรวม และมีการบูรณาการทางมโนทัศน์ "

นอกจากนี้ โจเซฟ คับบลิว คลิเบิร์น, เจอร์ ยังได้เสนอแนะกิจกรรมที่สำคัญอีกประการหนึ่งของกรอบมโนทัศน์ว่า สามารถใช้ในการสรุปบทเรียน (end - of - course summative review) ดังตัวอย่างที่ให้ในแผนภาพที่ 8 อย่างไรก็ตาม กรอบมโนทัศน์ที่เป็นส่วนย่อยมีลักษณะเฉพาะมากกว่า อาจจะใช้สำหรับประเมินผลระหว่างเรียน (within unite formative evaluation) หรือสำหรับการเชื่อมระหว่างบทเรียน (making transition between unites) ดังตัวอย่างในแผนภาพที่ 9

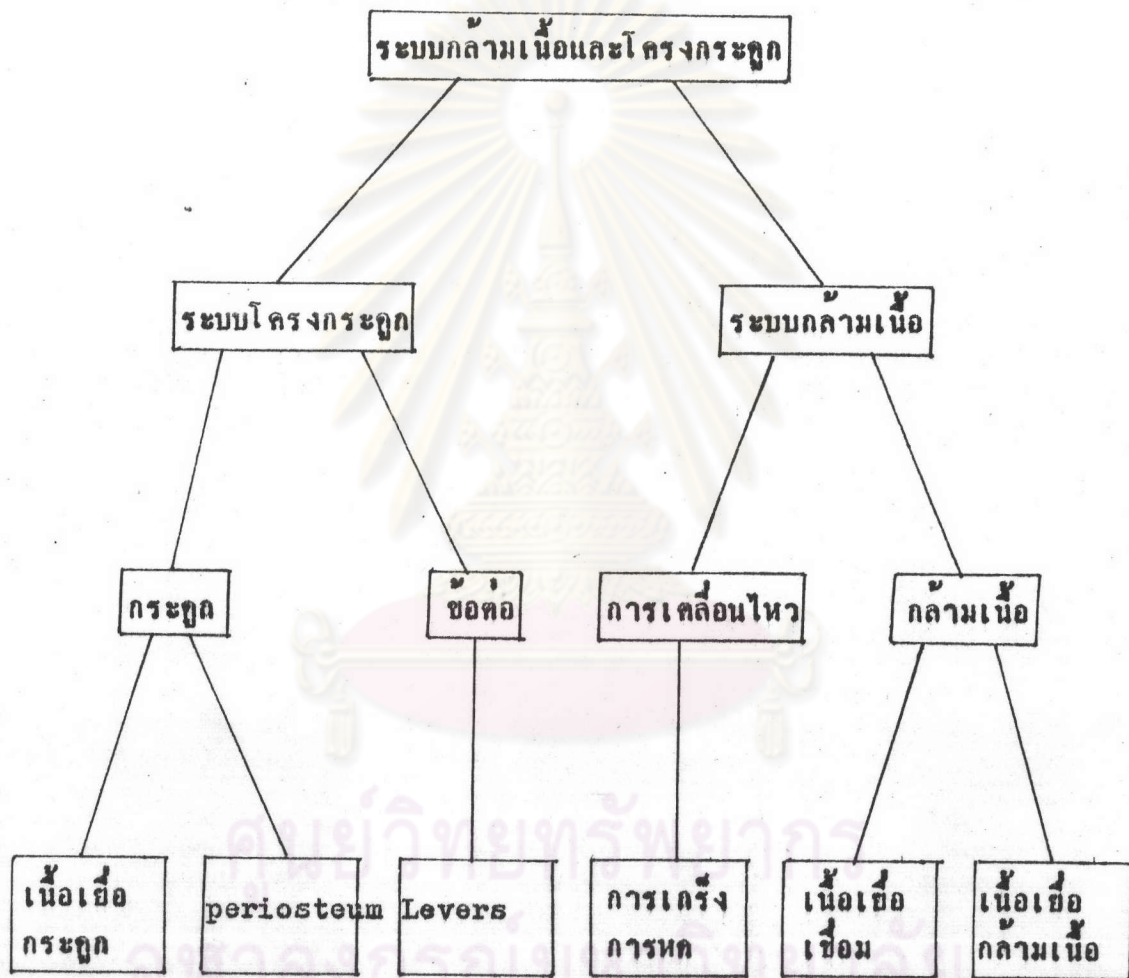
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 8 กรอบมโนทัศน์สำหรับสรุปบทวนบทเรียน ภายวิภาค และจิตวิทยา แสดงตัวอย่าง การเชื่อมโยงพร้อมทั้งรหัสตัวเลขและประโยคอธิบาย แล้วกำหนดให้นักเรียนเพิ่ม เส้นเชื่อมโยงและข้อความกำกับเส้นเชื่อมโยง



(1) กล้ามเนื้อเคลื่อนไหวกระดูกโดยกระทำผ่านข้อต่อของกระดูก

แผนภาพที่ 9 กรอบมโนทัศน์ในเรื่องที่เกี่ยวของกันระหว่างระบบโครงกระดูกกับระบบกล้ามเนื้อ



(1)

(1) อะพาไทต์ (apatite) ของกระดูกได้เก็บสะสมแคลเซียมที่จำเป็นต่อการเกร็ง การหดตัวของกล้ามเนื้อ

เจมส์ สจวต, จูคิธ แวน เคิร์ก และ ริชาร์ด โรเวลล์ (Stewart, Kirk and Rowell 1979:171-174) ให้ความเห็นเกี่ยวกับกรอบมโนทัศน์ ซึ่งสรุปได้ว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ของ เดวิด ที ออซูเบล อยู่บนพื้นฐานข้อสมมติฐานที่ว่า มนุษย์คิดด้วยมโนทัศน์ เดวิด ที ออซูเบล ยืนยันว่าโครงสร้างเกี่ยวกับมโนทัศน์(ซึ่งมีลักษณะเป็นลำดับขั้น) เป็นตัวแปรที่สำคัญในการเรียนรู้ของผู้เรียน และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ต่อผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดความชัดเจนขึ้นในการเรียนและการสอน ดังนั้นเครื่องมือที่ช่วยในการเรียน และการสอนมโนทัศน์ดังกล่าวได้ก็คือ กรอบมโนทัศน์

กรอบมโนทัศน์อาจจะใช้แสดงบทบาทได้ 2 อย่าง คือ (1) ใ้รายละเอียดเกี่ยวกับขอบเขตทางมโนทัศน์ส่วนใหญ่ที่ครอบคลุมเนื้อหาในหน่วยวิชาหรือบทเรียน (2) อธิบายอย่างรวบรัดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ทั้งหมดภายในขอบเขตทางมโนทัศน์ส่วนใหญ่

ชาร์ลส์ อาร์ อัลท์, เจอร์ (Ault, Jr. 1985:38-39) กล่าวว่า กรอบมโนทัศน์ช่วยให้เห็นลำดับขั้นและความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ ซึ่งมีความชัดเจนของความหมายและการบูรณาการในรายละเอียด กรอบมโนทัศน์ช่วยฝึกหัดการเรียนรู้ที่คิดค้นหลายทิศทาง เลี้ยวไป เลี้ยวมา และพุ่งออกไป ระหว่างระดับที่แตกต่างกันทางนามธรรม

กรอบมโนทัศน์เน้นเกี่ยวกับการบูรณาการของมโนทัศน์ และการยึดเหนี่ยวมโนทัศน์ กรอบมโนทัศน์เป็นเครื่องมือสำหรับนำไปสู่การเรียนรู้ที่มีความหมาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ค้นคว้า เนื้อหาเกี่ยวกับ กรอบมโนทัศน์ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การสร้างกรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping Construction)
2. ตัวอย่างกรอบมโนทัศน์ที่มีผู้สร้างไว้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ
3. แบบความเข้าใจสำหรับการประเมินกรอบมโนทัศน์ที่นักเรียนรู้สร้างขึ้น

(Comprehensive Form for Assessing Student-Constructed Concept Mapping)

4. การใช้ประโยชน์จากกรอบมโนทัศน์ (Applications)

1. การสร้างกรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping Construction)

ชาร์ล อาร์ อัลท์, เจอาร์ (Ault, Jr. 1985:41-42) ได้เสนอวิธีการสร้างกรอบมโนทัศน์ดังนี้

แนวทางในการสร้างกรอบมโนทัศน์เป็นเรื่องไม่ยาก ต้องพยายามทำความเข้าใจเทคนิควิธี ต้องออกหนในการสร้าง และต้องเข้าใจมโนทัศน์ในวิชานั้น ๆ อย่างถ่องแท้

วัตถุประสงค์สำหรับการสร้างกรอบมโนทัศน์ อาจได้มาจากหนังสือ ตำราเรียน สมุดบันทึกการเขียน ความรู้ที่มีอยู่ของแต่ละบุคคล หรือแหล่งอื่น ๆ

กระบวนการสร้างกรอบมโนทัศน์มี 5 ขั้นตอน คือ เลือก (Select) จัดชั้น (Rank) จัดกลุ่ม (Cluster) กำเนินการ (Arrange) และเชื่อมโยง (Link)

ขั้นที่ 1 เลือก (Select) เลือกบทเรียนสำหรับการสร้าง บทเรียนอาจจะเป็นส่วนสำคัญของตำราเรียน สมุดจกบันทึกการเขียน หรือ เรื่องราวพื้นฐานสำหรับปฏิบัติการทดลอง ใช้เนื้อหาสั้น ๆ สำหรับการสร้างครั้งแรก ๆ หลังจากอ่านเนื้อเรื่องแล้วให้พิจารณาจุดรวม หรือศูนย์กลางของมโนทัศน์

ต่อไป เลือกและขีดเส้นใต้คำสำคัญและวลีที่เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับวัตถุและเหตุการณ์เสร็จแล้วลอกชื่อมโนทัศน์เหล่านี้ลงในแผ่นกระดาษชิ้นเล็ก ๆ ชิ้นละ 1 มโนทัศน์

ขั้นที่ 2 จัดเข้าชั้น (Rank) จัดทำรายการมโนทัศน์เรียงลำดับจากบนลงมาล่าง ระดับบนจะเป็นมโนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมมากที่สุด เป็นการสรุปรวมมากที่สุด แล้วลดหลั่นลงมาเรื่อย ๆ จนถึงระดับล่างสุดจะเป็นมโนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นรูปธรรมมากที่สุด เป็นตัวอย่างเฉพาะมากที่สุด ทั้งนี้ไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอนตายตัวในการจัดชั้นของมโนทัศน์

ขั้นที่ 3 จัดกลุ่ม (Cluster) จัดกลุ่มมโนทัศน์ตามเกณฑ์ต่อไปนี้ คือ

- มโนทัศน์ที่อยู่ในระดับนามธรรมเหมือนกัน
- มโนทัศน์ที่สัมพันธ์ใกล้ชิดกัน

การจัดกลุ่มมโนทัศน์เหล่านี้แสดงให้เห็นถึงการพิจารณาความสัมพันธ์ใกล้ชิดกัน และจะช่วยแสดงตำแหน่งของมโนทัศน์บนกรอบมโนทัศน์ในขั้นสุดท้าย จัดการเรียงชั้นกระดาษชื่อมโนทัศน์ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ตามหลักเกณฑ์การจัดกลุ่มมโนทัศน์

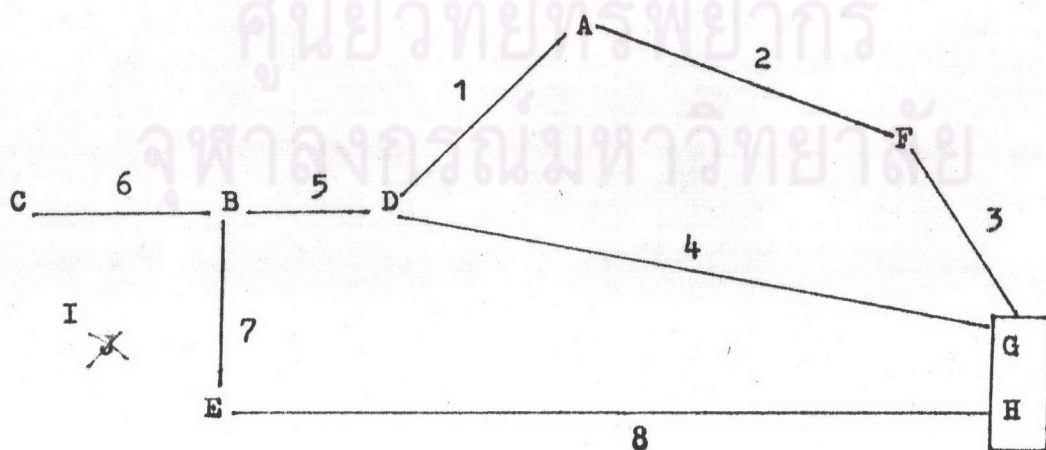
ขั้นที่ 4 คำเนื่การ (Arrange) จัดขึ้นกระตาศเชื่อมโน้ตศันในลักษณะ 2 มิติ คล้าย ๆ กับแผนที่แสดงเส้นทาง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำความเข้าใจแต่ละมโน้ตศัน เส้นทางของมันถูกกำหนดโดยมโน้ตศันอื่นในอภณเวทศาคล้เคียงกัน เป็นไปไ้ที่มีการจัดทางมโน้ตศันที่ไม่ถูกค้อง ไม่เหมาะสม ซึ่งค้องมีการแก้ไขปรับปรุงบ่อย ๆ เพื่อให้ความหมายเข้ามารวมกัน ในขั้นตอนนี้อาจจะค้องกลับไปเลือกเนื่อหามทเรียนเพื่อเพิ่มเคติมมโน้ตศัน อาจจะค้องมีการลาคับชั้น มีการจัดกลุ่มมโน้ตศันใหม่ อาจจะค้องมีการออกแบบระดับทางนามธรรมของมโน้ตศันใหม่ หรืออาจจะค้องวางจุดรวมมโน้ตศันใหม่

ขั้นที่ 5 เชื่อมโยง (Link) เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโน้ตศันด้วยเส้น และคากับเส้นด้วยข้อความที่มีความหมาย ในการทำให้ทำครั้งละ 1 คู่ เส้น และข้อความคากับแต่ละเส้นจะแตกแขนงจากมโน้ตศันและข้ามระดับทางนามธรรมเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

เจมส์ สจวต (Stewart 1980:224-225) ไ้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับฝึกหัดนักเรียน ให้เข้าใจกรอมมโน้ตศัน ดังนี้

ให้แผนการค้ที่ทำเป็นฉลากมีเชื่อมโน้ตศันเขียนไว้ด้วย โดยเขียนฉลากละ 1 ชื่อ (เช่น ระบบนิเวศัน, หลงงาน) แก่ผู้เรียน ให้เขาจัดฉลากเชื่อมโน้ตศันเหล่านั้นวางลงแผนกระตาศ แล้วลาดเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโน้ตศัน เขียนข้อความอธิบายความสัมพันธ์แต่ละเส้น ดังแสดงในแผนภพที่ 11

แผนภพที่ 11 ตัวอย่างการทากกรอมมโน้ตศัน



- การฝึกหัด คือ จัดมโนทัศน์บนแผ่นกระดาษด้วยวิธีการที่ผู้เรียนคิดว่ามีความหมาย ตำแหน่งของฉลากเชื่อมโนทัศน์นั้นไม่สำคัญ แต่อย่างไรก็ตามอาจจะต้องวางฉลากเชื่อมโนทัศน์ตรงที่ผู้เรียนคิดว่าจะเกิดความสัมพันธ์มากที่สุด กับมโนทัศน์อื่น ๆ แล้วสามารถที่จะลากเส้นโยงระหว่างมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กันได้

- ผู้เรียนควรลากเส้นโยงระหว่างมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กัน ด้วยโนทัศน์ 2 อัน วางใกล้กัน และอยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมเดียวกัน หมายความว่ามโนทัศน์นั้น ๆ มีลักษณะคล้ายกัน ตัวอย่างเช่น G กับ H

- ผู้เรียนควรวีxmโนทัศน์ทั้งหมดที่กำหนดให้ ถ้าผู้เรียนคิดว่ามโนทัศน์อันใดไม่มีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่น ๆ ก็ไม่ต้องลากเส้นโยงสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่น ๆ เลย ตัวอย่างเช่น I

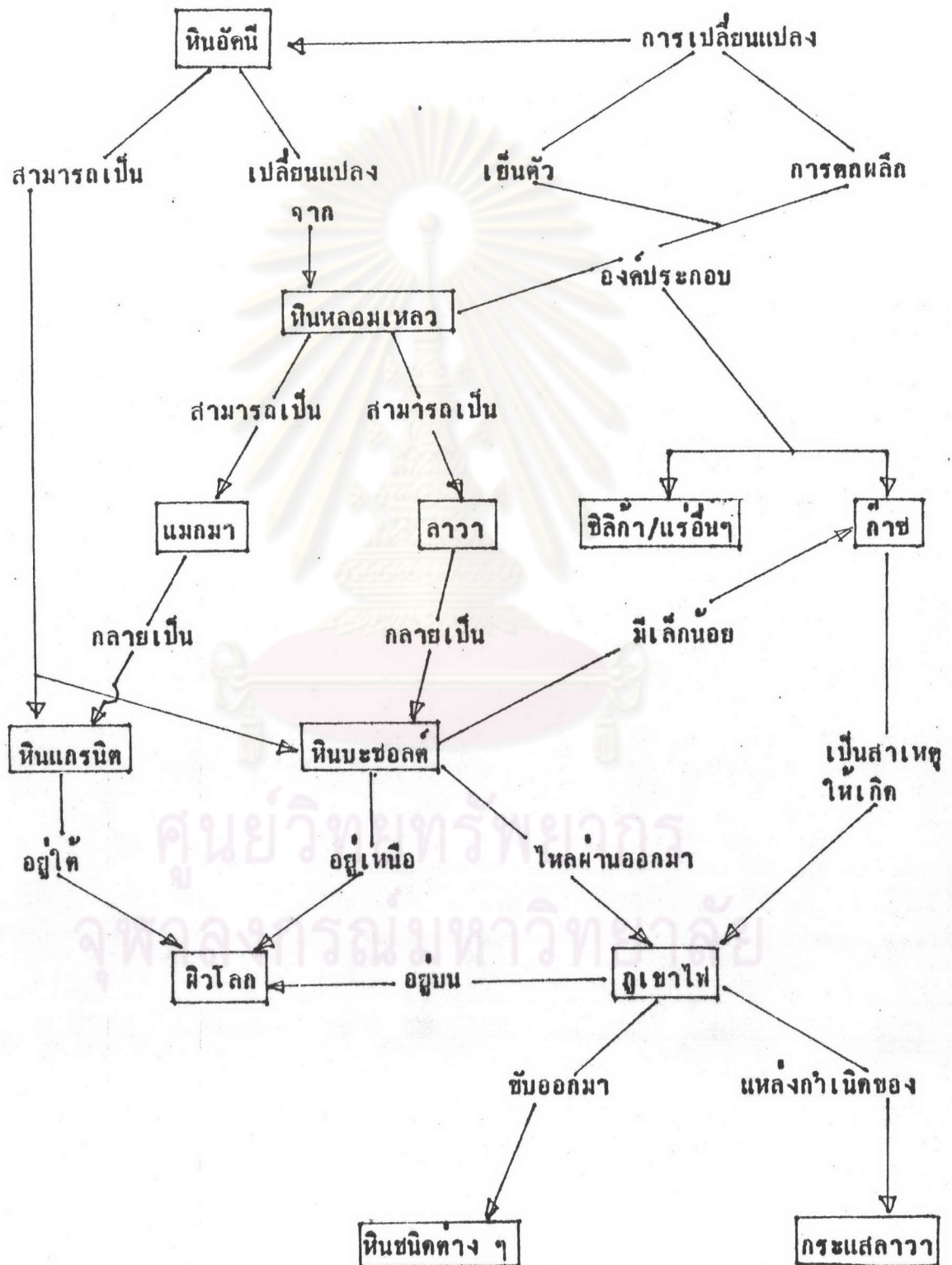
- ถ้าผู้เรียนไม่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับความหมายของมโนทัศน์ และไม่สามารถหาความสัมพันธ์กับมโนทัศน์ใด ๆ ให้แยกมโนทัศน์นั้นไว้โดด ๆ เช่น J พร้อมทั้งเขียนลากบาททับไว้ด้วย เช่น X

- หลังจากผู้เรียนจัดการเกี่ยวกับฉลากเชื่อมโนทัศน์เรียบร้อยแล้ว เส้นโยงที่ชี้ถึงความสัมพันธ์ ควรใส่หมายเลขกำกับไว้แต่ละเส้นด้วย แล้วเขียนข้อความอธิบายแต่ละหมายเลขแยกไว้ด้านล่างของกรอบมโนทัศน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

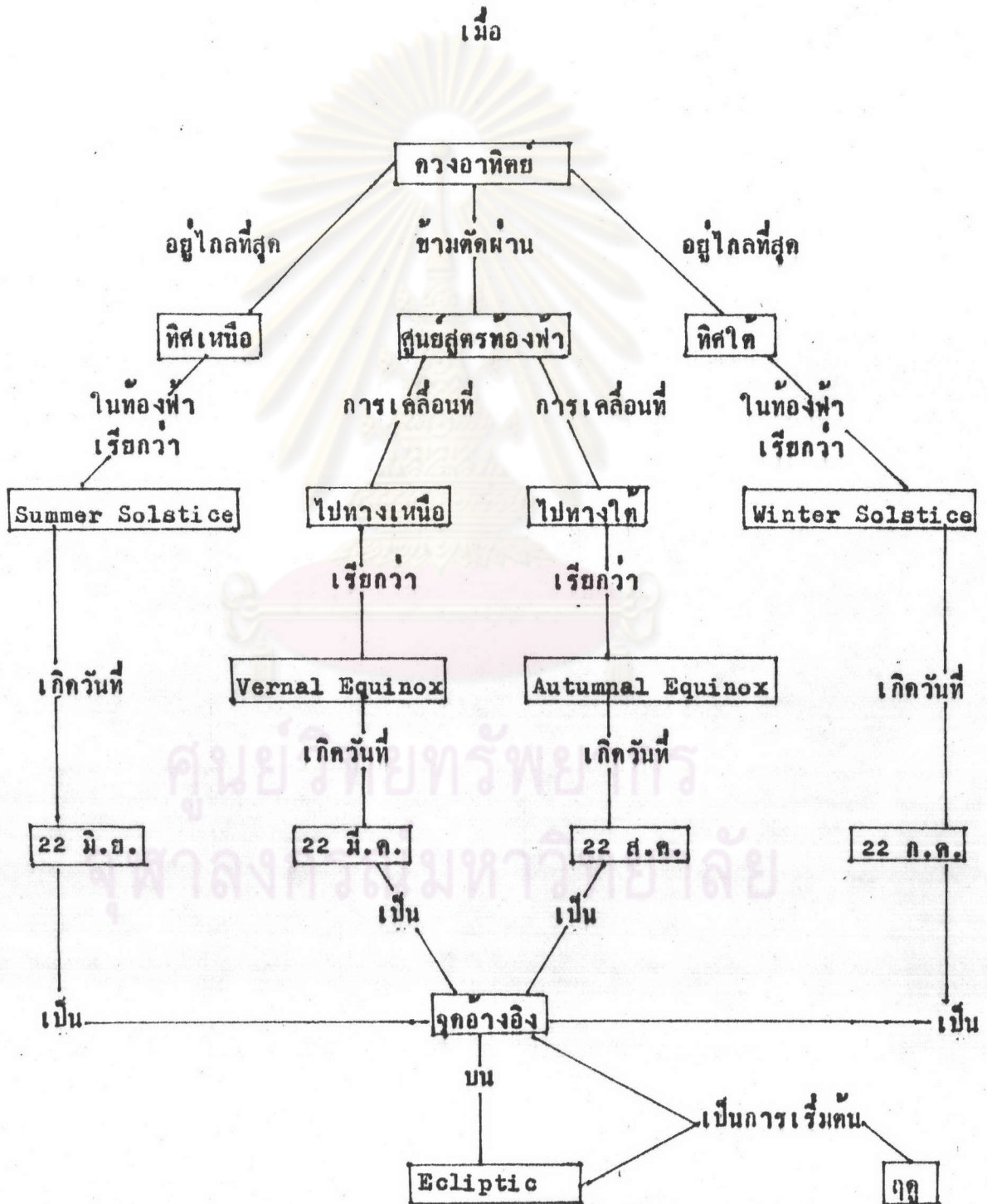
2. ตัวอย่างกรอบมโนทัศน์

แผนภาพที่ 12 กรอบมโนทัศน์เรื่อง หินอัคนี พร้อมด้วยการเชื่อมโยงกับองค์ประกอบของแมกมา



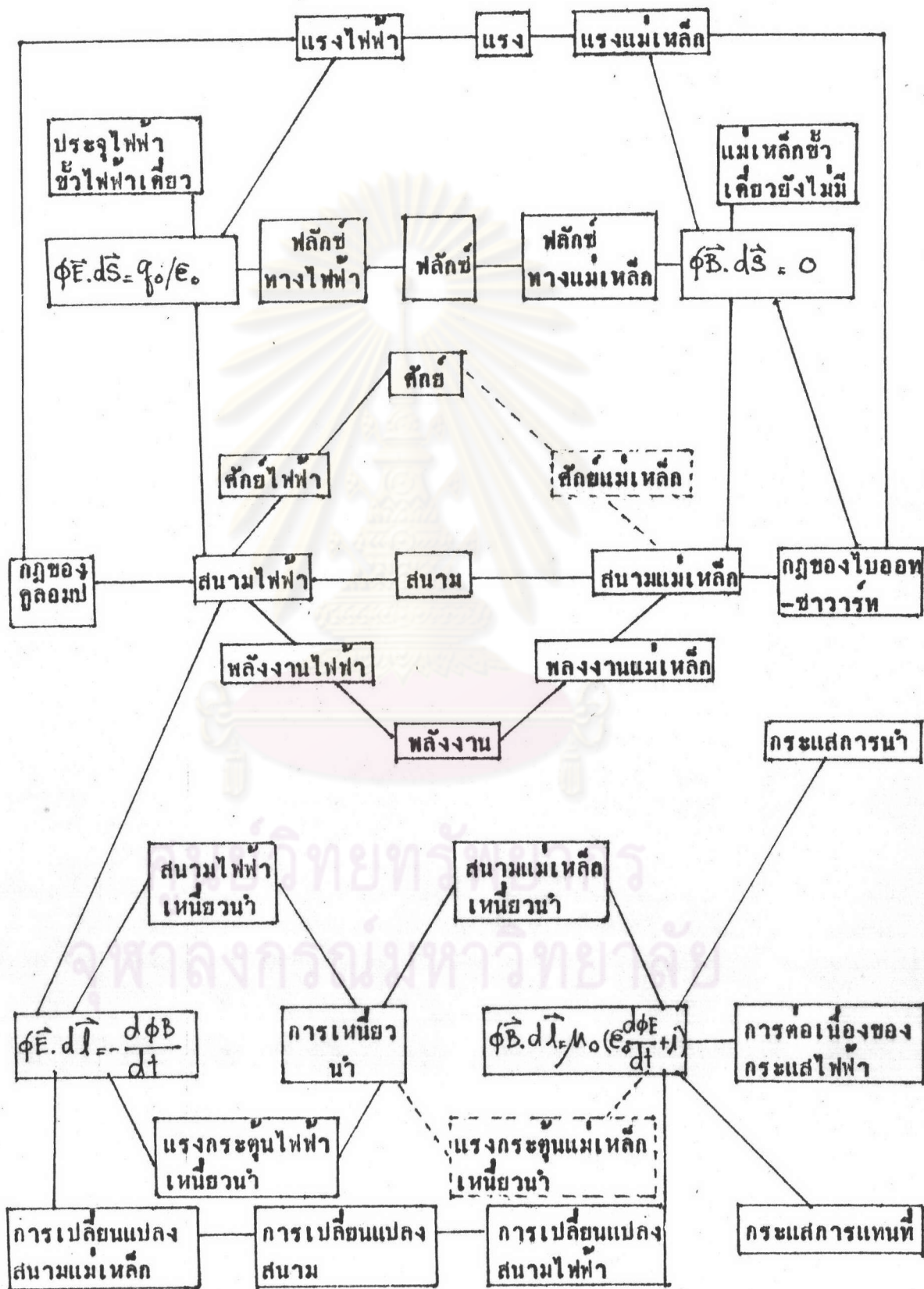
ที่มา จากบทความของ ชาร์ลส์ อาร์ อัลท์, เจอร์ (Ault, Jr. 1985:42)

แผนภาพที่ 13 กรอบมโนทัศน์เรื่อง ศูนย์สูตรท้องฟ้า ที่เกี่ยวกับความหมายของวันที่มีกลางวัน และ กลางคืนเท่ากัน (Equinoxes) และวันที่ดวงอาทิตย์ อยู่ไกลจากโลกมากที่สุด ที่สุด เกี่ยวกับวันตามสุริยคติ และตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในท้องฟ้า



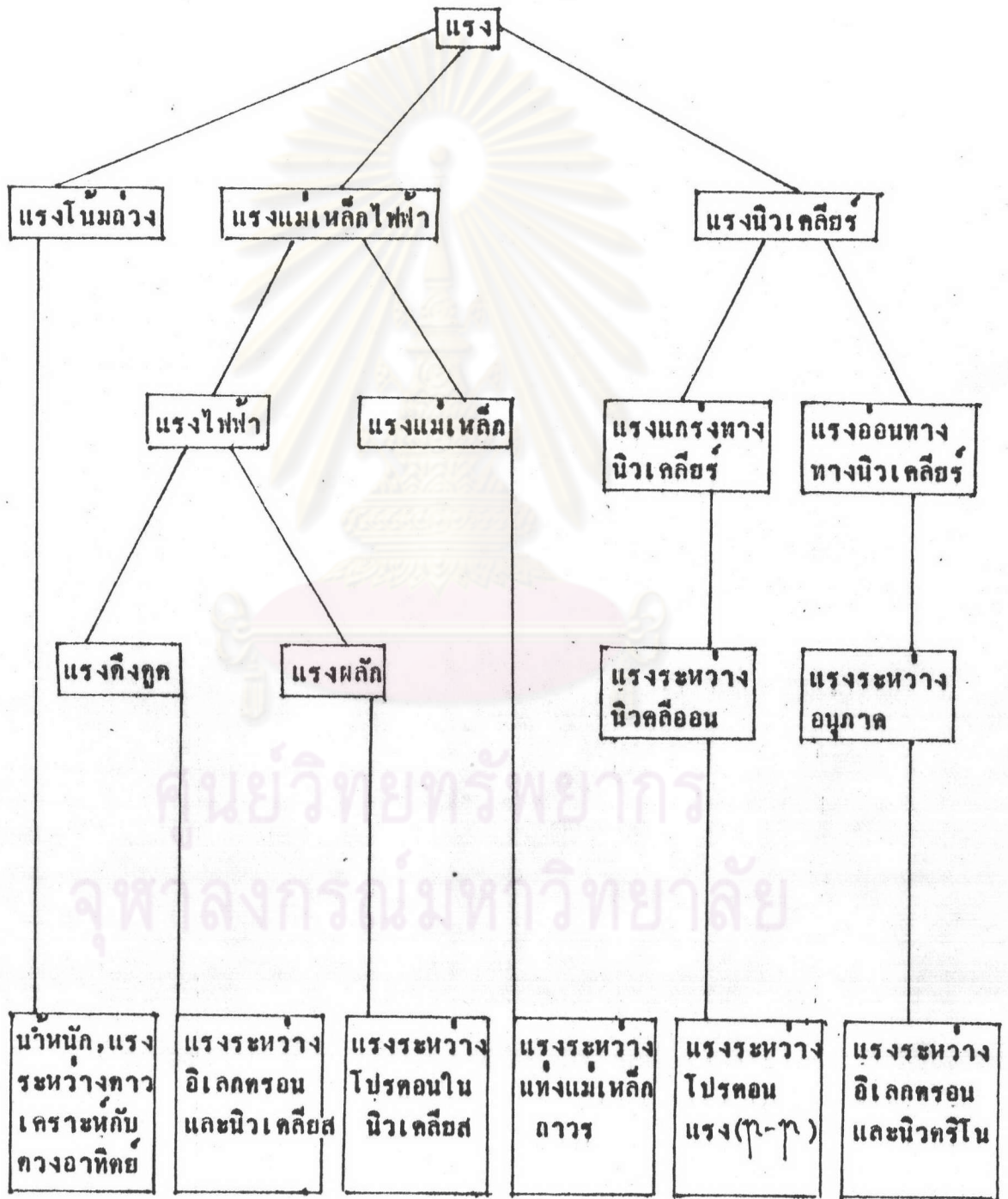
ที่มา จากบทความของ ชาร์ลส์ อาร์ อัลท์, เจอร์. (Ault, Jr. 1985:44)

แผนภาพที่ 14 กรอบมโนทัศน์เรื่อง ไฟฟ้าแม่เหล็ก



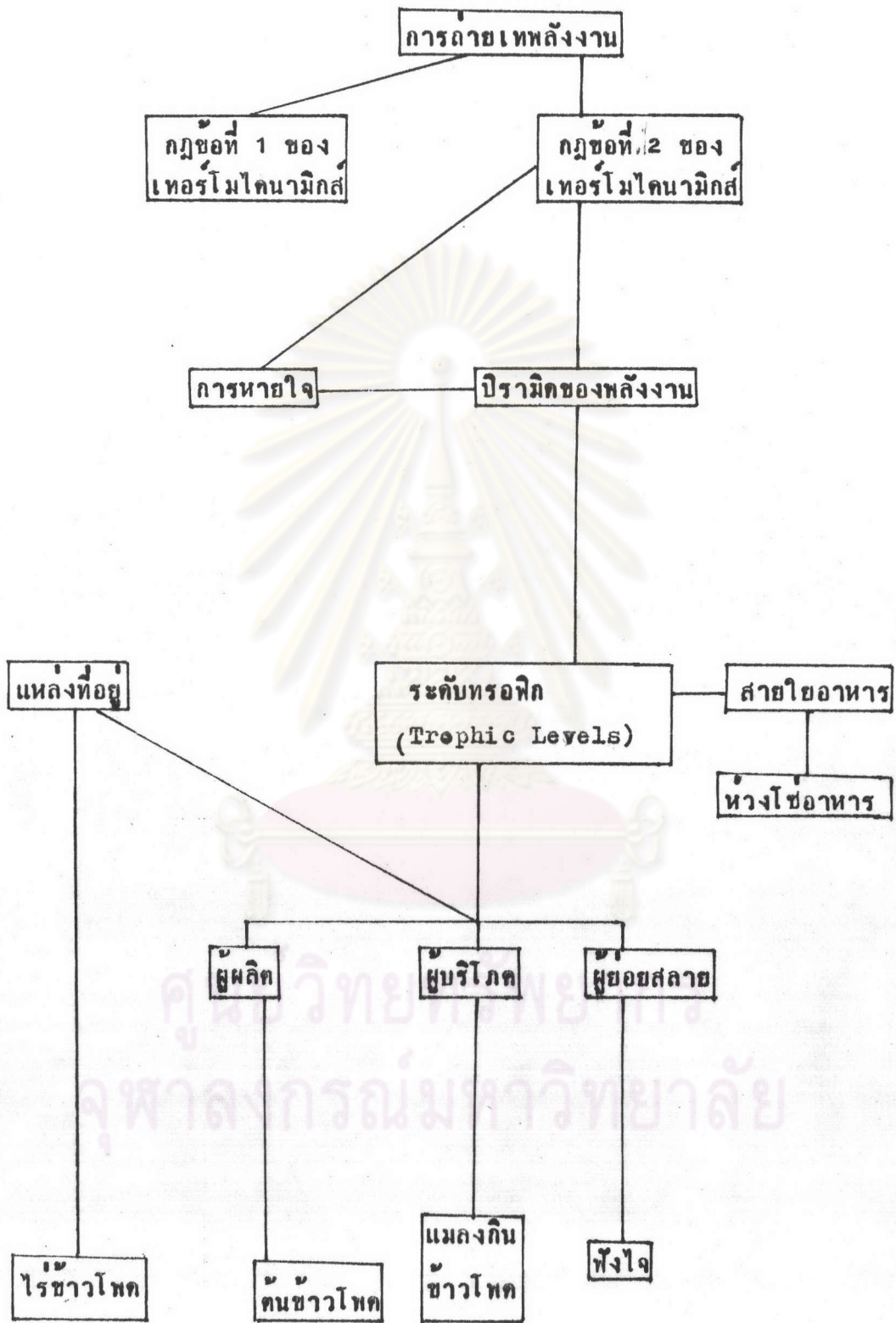
ที่มา จากบทความของ มาร์โต เอ โมริรา (Moreira 1979:284)

แผนภาพที่ 15 กรอบมโนทัศน์เรื่อง แรง



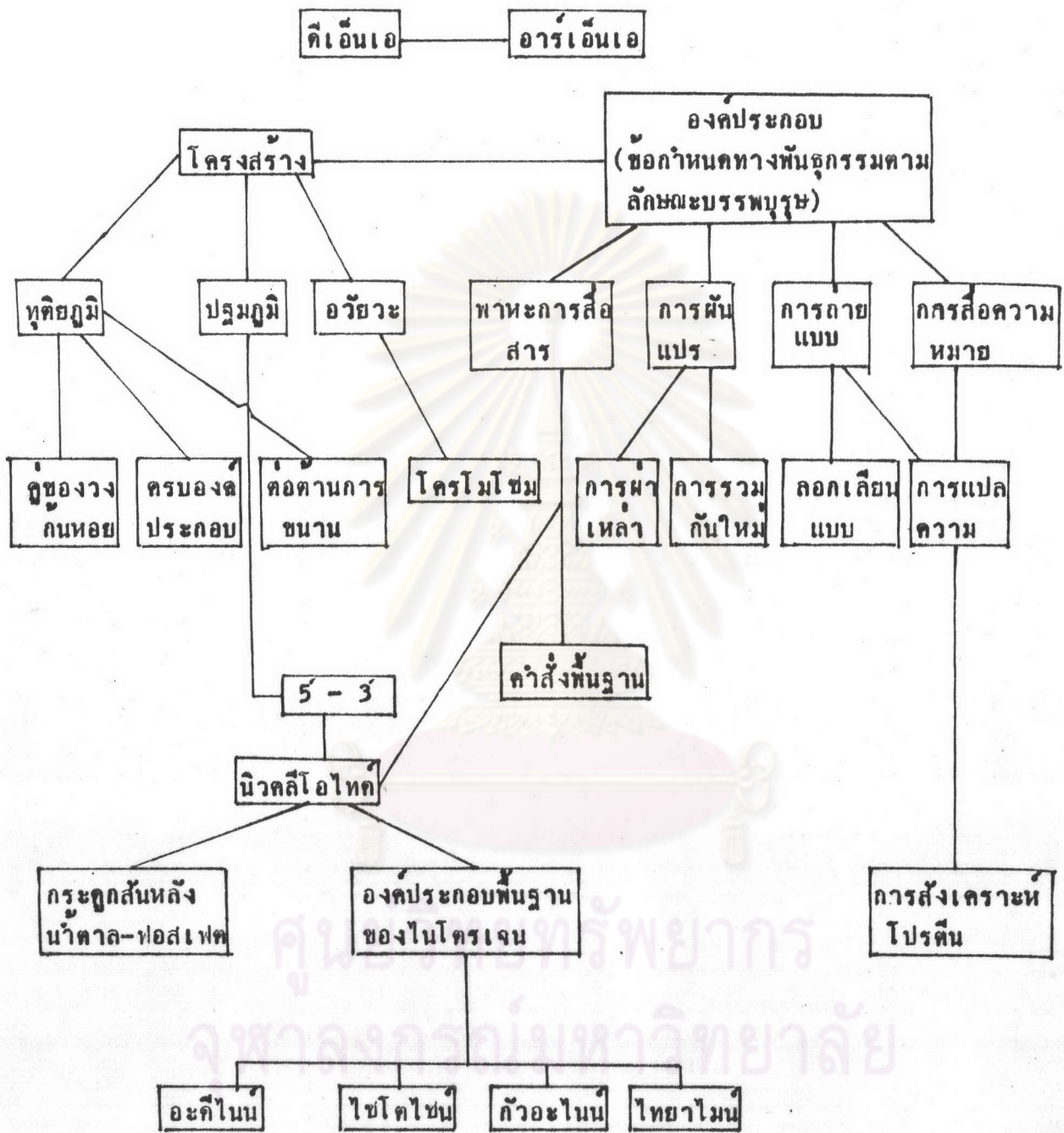
ที่มา จากบทความของ มาร์โค เอ โมรีรา (Moreira 1979:84)

แผนภาพที่ 17 กรอบมโนทัศน์เรื่อง ระบบนิเวศน์วิทยา



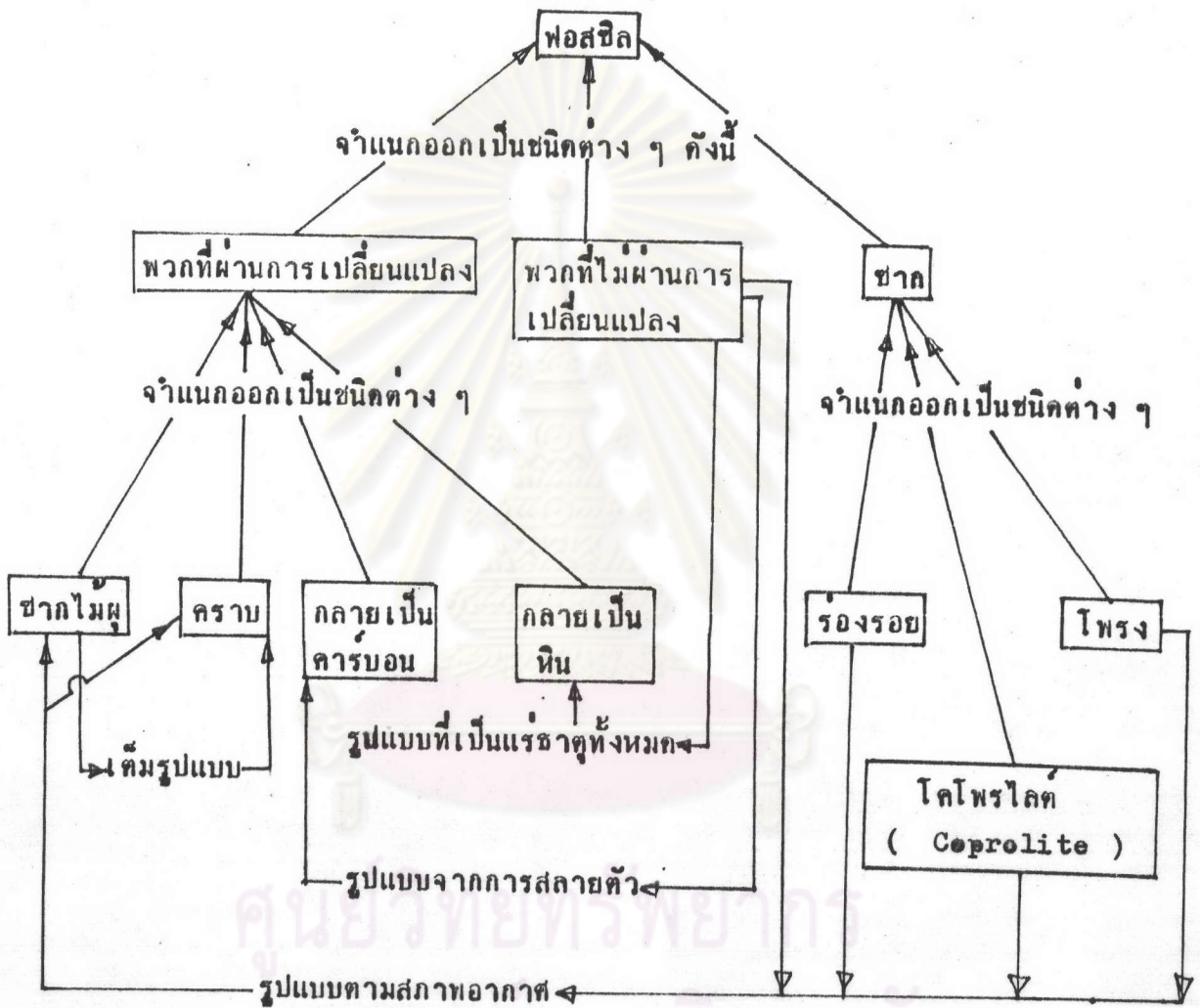
ที่มา จากบทความของ เจมส์ สจ๊วต, อูทิส แวน เคิร์ก และ ริชาร์ด โรเวลล์ (Stewart, Kirk and Rowell 1979:174-175)

แผนภาพที่ 18 กรอบมโนทัศน์เรื่อง การถ่ายทอดทางพันธุกรรม



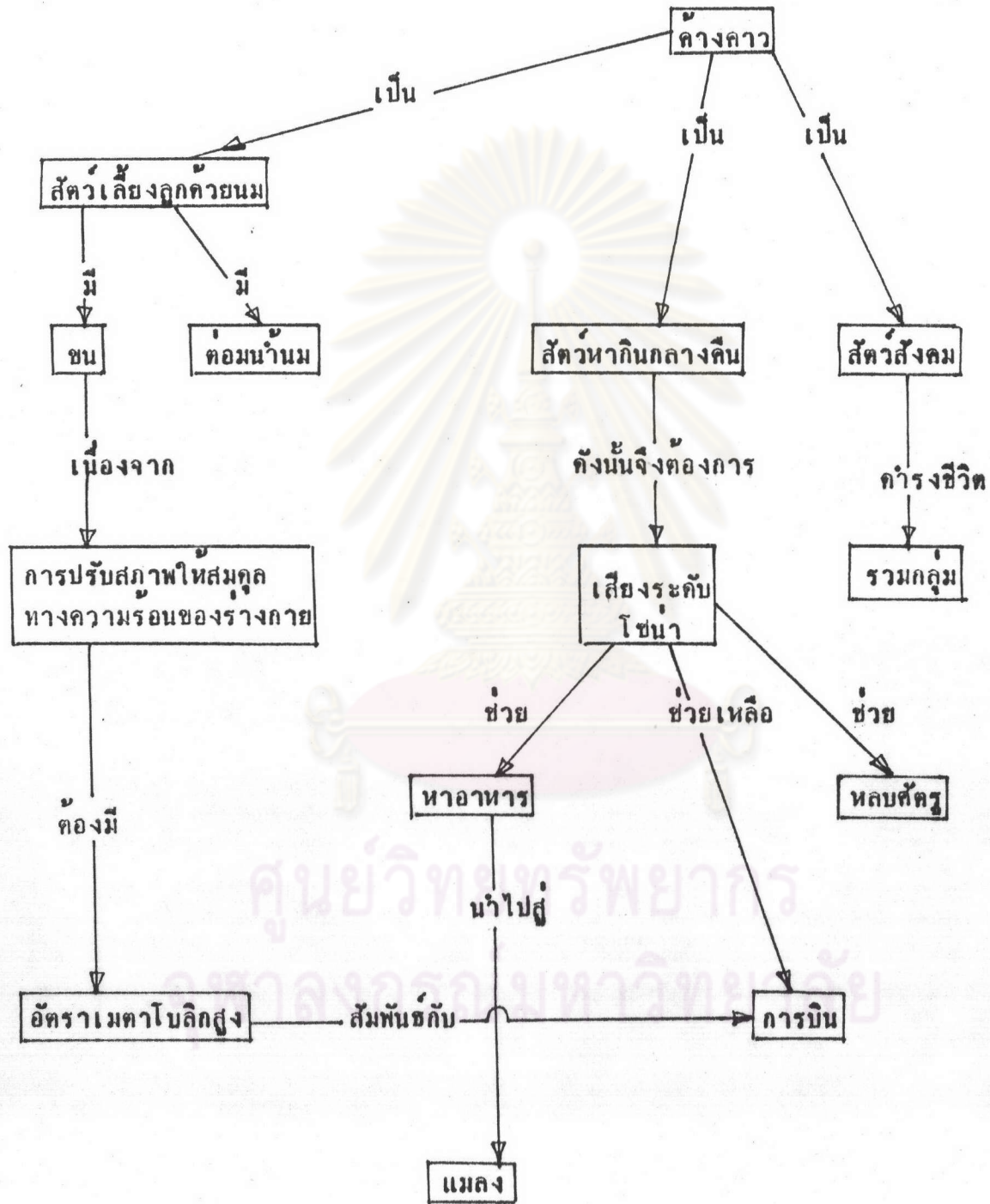
ที่มา จากบทความของ เจมส์ สจ๊วต, กูดิธ แวน เคิร์ก และ ริชาร์ด โรเวลล์
 (Stewart, Kirk and Rowell 1979 : 174-175)

แผนภาพที่ 19 กรอบมโนทัศน์เรื่อง ฟอสซิล เน้นการจำแนกประเภทและกระบวนการเปลี่ยนแปลง



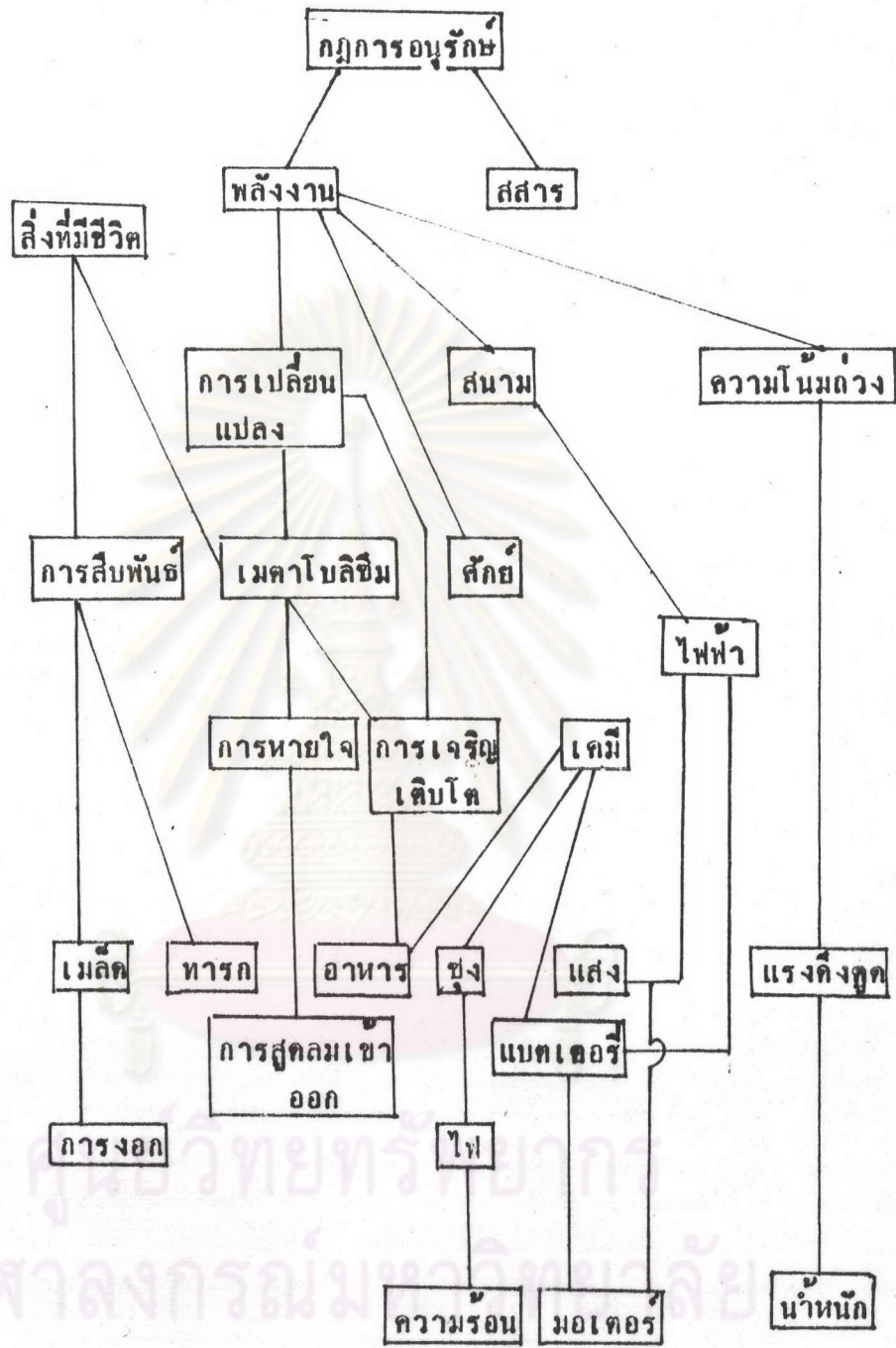
ที่มา จากบทความของ ชาร์ลส์ อาร์ อัลท์, เจอร์. (Ault, Jr. 1985 : 43)

แผนภาพที่ 20 กรอบมโนทัศน์เรื่องเกี่ยวกับการดำรงชีวิตของสัตว์บางชนิด



ที่มา จากรายงานวิจัยของ แจคเคอริน ที เชอริส และ เจน บัทเลอร์ คาทัน
 (Sherris and Kahle 1984:85)

แผนภาพที่ 22 กรอบมโนทัศน์เรื่อง มวล, พลังงาน และสิ่งที่มีชีวิต



ที่มา จากระายงานวิจัยของ เอ ลีออน โพน์ และ โจเซฟ ที โนวาค
 (Pines and Novak 1985 : 223)

3. แบบความเข้าใจสำหรับการประเมินกรอบมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้าง

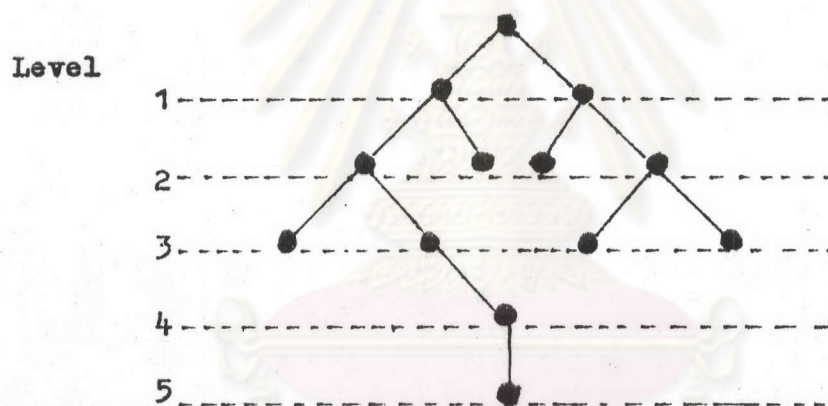
(Comprehensive Form for Assessing Student-Constructed
Concept Mapping)

โจเซฟ ดี โนวาค (Novak 1981:20) ได้ให้เกณฑ์การประเมิน หรือ
การให้คะแนนกรอบมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นดังนี้

3.1 เกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ (Relationships) ให้ 1 คะแนน ต่อ
การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ 2 มโนทัศน์ได้ถูกต้อง

3.2 เกี่ยวกับการจัดลำดับชั้น (Hierarchy) พิจารณาตามรูปข้างล่างนี้

แผนภาพที่ 23 แสดงแนวทางในการให้คะแนนการสร้างกรอบมโนทัศน์ในด้านการจัดลำดับชั้น



การตัดสินใจให้คะแนนยึดถือขนาดของการลำดับชั้นในกรอบมโนทัศน์เป็นหลัก
จำนวนคะแนนที่ให้ขึ้นอยู่กับจำนวนของชั้นที่แสดงให้เห็นในกรอบโครงสร้าง เพื่อให้เข้าใจ
จะใช้กรอบมโนทัศน์ข้างบนเป็นตัวอย่างอธิบาย โดยจะให้คะแนนอย่างน้อยที่สุด 1 คะแนน
สำหรับ ความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง 1 คู่ต่อระดับชั้น ขึ้นไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง 2 ระดับชั้นถัดขึ้น
ไปถึงแขนงสุดท้าย ถ้ากรอบมโนทัศน์ยังคงเป็นลักษณะเชิงเส้นอยู่

3.3 เกี่ยวกับการแตกแขนง (Branching) การแตกแขนงของกรอบ
มโนทัศน์ เกี่ยวข้องกับระดับขนาดของการแยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ที่ถูกอธิบาย
ในลำดับชั้น ดังนั้นจึงพยายามกำหนดคะแนนที่มโนทัศน์ลักษณะเฉพาะถูกเชื่อมสัมพันธ์กับมโนทัศน์
ลักษณะทั่วไปหรือมโนทัศน์ลักษณะสรุปครอบคลุม การกำหนดคะแนนดังกล่าวเป็นดังนี้

1 คะแนนสำหรับแขนงแรกที่มีมโนทัศน์ 2 หรือหลาามโนทัศน์ถูกเชื่อม
กับมโนทัศน์ที่อยู่เหนือขึ้นไป

3 คะแนน สำหรับแขนงลำดับถัดไปที่มีโมทิตัน 2 หรือหลายโมทิตัน เชื่อมกับโมทิตันที่อยู่เหนือขึ้นไป ตาม แผนภาพที่ 23 ที่ให้ จะได้รับคะแนนทั้งหมด 7 คะแนน โดยให้ 1 คะแนนสำหรับระดับที่ 1 และให้ 3 คะแนนในระดับที่ 2 และ 3 ไม่มีการแตกแขนงในระดับที่ 4 และ 5 ดังนั้นจึงไม่มีคะแนนให้

3.4 เกี่ยวกับ ลักษณะทั่วไป ถึง ลักษณะเฉพาะ (General to Specific) กรอบมโนทัศน์ได้รับคะแนนเพิ่มขึ้นสำหรับการอธิบายจากรูปแบบทั่วไปสู่รูปแบบเฉพาะ มโนทัศน์อันหนึ่งมีลักษณะทั่วไปมากกว่ามโนทัศน์อันอื่นข้างล่างหรือไม่ ขึ้นอยู่กับเส้นซึ่งเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ 2 มโนทัศน์ ถ้าไม่มีความสัมพันธ์จากทั่วไปสู่เฉพาะ หรือมีน้อยกว่า 10 % กรอบมโนทัศน์จะได้คะแนนในข้อนี้ 0 คะแนน

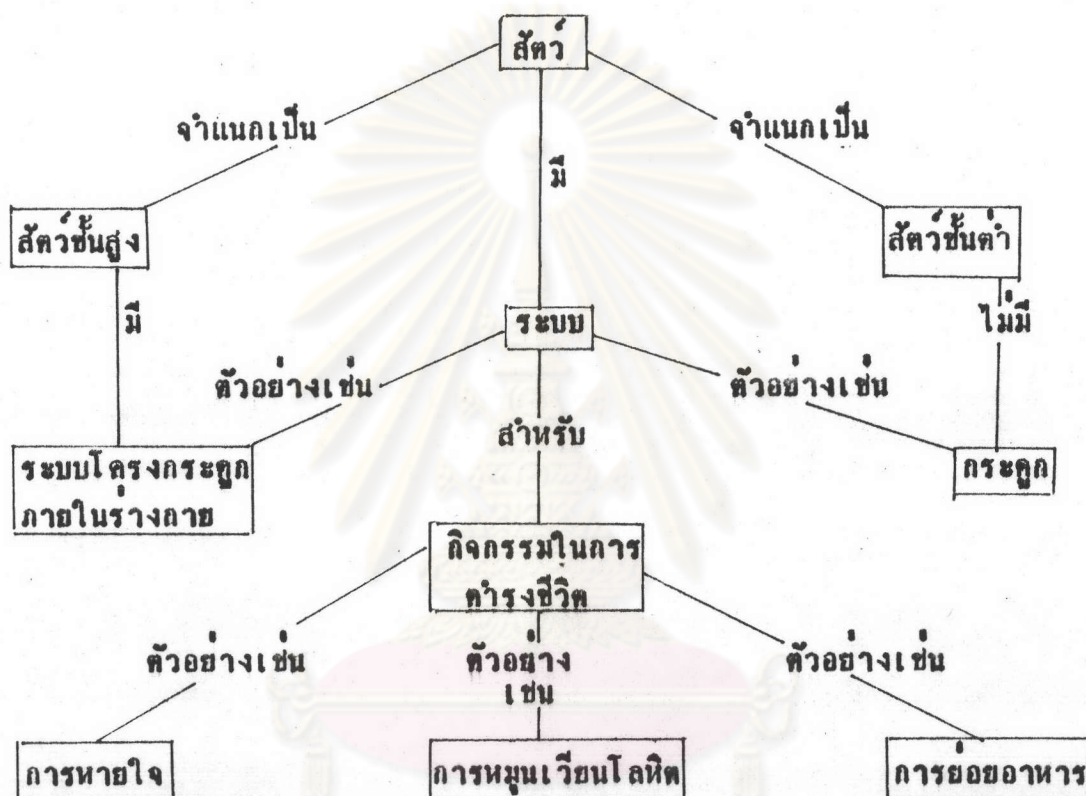
| | | |
|-------|-----------|-------------|
| ถ้ามี | 10 - 29 % | ให้ 1 คะแนน |
| | 30 - 49 % | ให้ 2 คะแนน |
| | 50 - 69 % | ให้ 3 คะแนน |
| | 70 - 89 % | ให้ 4 คะแนน |
| | 90 - 100% | ให้ 5 คะแนน |

3.5 เกี่ยวกับการเชื่อมโยงข้าม (Cross Links) ความสัมพันธ์ภายในกรอบมโนทัศน์ของผู้เรียน จะแสดงการบูรณาการของมโนทัศน์ และทำให้เห็นภาพการเชื่อมข้ามกลุ่มมโนทัศน์ ในกรอบมโนทัศน์

การเชื่อมข้าม แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ บนแขนงหนึ่งของลำดับชั้น กับ มโนทัศน์บนอีกแขนงหนึ่ง จากแผนภาพที่ 23 มีการเชื่อมข้าม 2 ที่ การให้คะแนนกำหนดว่า ให้ 1 คะแนนสำหรับการเชื่อมข้ามแต่ละที่ ซึ่งแสดงการบูรณาการระหว่างมโนทัศน์

สำหรับตัวอย่างในการให้คะแนนจากกรอบมโนทัศน์ที่สร้างจริง ๆ นั้น แสดงไว้ในหน้าถัดไป โดยกำหนดเนื้อเรื่องว่า "สัตว์ทุกชนิดต่างก็มีระบบ สัตว์ชั้นสูงและสัตว์ชั้นต่ำ ใช้ระบบสำหรับแสดงกิจกรรมการดำรงชีวิต กิจกรรมการดำรงชีวิตที่หึ่งสัตว์ชั้นสูงและสัตว์ชั้นต่ำมี คือ กิจกรรมในอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ, การหมุนเวียนโลหิต และการย่อยอาหาร ระบบโครงกระดูกภายในร่างกายพบในสัตว์ชั้นสูงเท่านั้น สัตว์ชั้นต่ำไม่มีกระดูก" แล้วให้นักเรียนสร้างกรอบมโนทัศน์ด้วยตัวเอง ดังตัวอย่างในแผนภาพที่ 24

แผนภาพที่ 24 กรอบมโนทัศน์สำหรับเนื้อเรื่อง เรื่องสัตว์ ที่นักเรียนสร้างขึ้น แล้วมีการให้คะแนนไว้ด้านล่างของกรอบมโนทัศน์



การให้คะแนน

| | | | |
|-----------------|------|------------------------------|------|
| ความสัมพันธ์ | - 11 | ลักษณะทั่วไป ถึง ลักษณะเฉพาะ | - 5 |
| การจัดลำดับชั้น | - 3 | การเชื่อมโยงข้าม | - 2 |
| การแตกแขนง | - 7 | รวมทั้งหมด | - 28 |

4. การใช้ประโยชน์จากกรอบมโนทัศน์ (Applications)

ชาร์ลส์ อาร์ อัลท์, เจอาร์ (Ault, Jr. 1985:42) ได้กล่าวถึงการใช้ประโยชน์จากกรอบมโนทัศน์ หอสรุปได้ดังนี้

การสร้าง, การปรับปรุง และการศึกษากรอบมโนทัศน์ช่วยให้เข้าใจความลึกที่ไม่คุ้นเคยซึ่กเงินขึ้น การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกรอบมโนทัศน์ของแต่ละคนที่ใช้เป็นกิจกรรมในห้องเรียน หรือการหาความแตกต่างระหว่างกรอบมโนทัศน์ที่ถูกร่างขึ้นโดยบุคคลเดียวกัน แสดงความรู้ดั้งเดิมปะทะสัมพันธ์กับข่าวสารความรู้ใหม่อย่างไร ออกมาในเวลาต่างกัน การสร้างกรอบมโนทัศน์มีประโยชน์ต่อครูผู้สอนมาก การเตรียมการสอนส่วนมากเป็นการเลียนแบบกรอบมโนทัศน์นั่นเอง การวางแผนหลักสูตรและการประเมินผลตำราเรียนได้รับความคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับรูปแบบสำหรับการจัดองค์ประกอบมโนทัศน์

กรอบมโนทัศน์ไม่ใช่ยาครอบจักรวาล และถึงแม้ว่ากรอบมโนทัศน์ไม่มีข้อจำกัดในการใช้ก็ตาม การใช้กรอบมโนทัศน์ต่อไปนี้ เป็นข้อเสนอแนะสำหรับผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียน นักวิจัยทางการศึกษา และนักการศึกษาทั่วไป

- การเตรียมการสอน การใช้กรอบมโนทัศน์เตรียมการสอน หรือบูรณาการเนื้อหาวิชาทั้งหลายเข้าด้วยกัน ทำให้มีคุณสมบัติช่วยให้สามารถมองภาพของความรู้ได้ง่ายในชั้นเรียน แต่ควรให้ผู้สอนคนอื่น ๆ ได้พิจารณาพร้อมกับผู้จัดทำกรอบมโนทัศน์ จะทำให้กรอบมโนทัศน์ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น

- การวางแผนและประเมินผลหลักสูตร การใช้กรอบมโนทัศน์หลาย ๆ ระดับของหลักสูตร-โปรแกรมการเรียน, หน่วยการเรียน, หนังสือ, บทเรียน, หัวข้อสำคัญ จะทำให้แน่ใจว่ากระบวนการสร้างทำให้เกิดความเข้าใจแก่ผู้เรียน

- รายงานการปฏิบัติการทดลอง ควรให้นักเรียนสร้างกรอบมโนทัศน์ข่าวสารความรู้พื้นฐานดั้งเดิม สำหรับการฝึกหัดการทดลอง เชื่อมมโนทัศน์กับกระบวนการทดลองใช้กรอบมโนทัศน์สรุปผลการทดลอง และสังเคราะห์กรอบมโนทัศน์เหล่านี้เข้ากับกรอบมโนทัศน์พื้นฐานในการเตรียมการทดลอง

- ศึกษาตำราเรียน ควรให้นักเรียนจัดทำกรอบมโนทัศน์หลาย ๆ ขนาดของหน่วยในตำราเรียน แนะนำตอนที่สนใจความสำคัญที่สุดแก่นักเรียน ควรให้นักเรียนจัดทำกรอบมโนทัศน์สรุปจุดบันทึกของเขาด้วย

- การสอบ เปลี่ยนข้อสอบเรียงความบางเรื่องมาเป็นแบบฝึกหัดที่ใช้กรอบ
มโนทัศน์แทน โดยแสดงกลุ่มมโนทัศน์ที่จำเป็นให้แล้วกำหนดให้นักเรียนเลือกวิธีรวบรวม และ
สร้างกรอบมโนทัศน์ขึ้นเอง อาจจะสามารถวินิจฉัยความรู้ในตัวนักเรียนในบางคำบ้าง

- คอมพิวเตอร์ช่วยการเรียน ใช้กรอบมโนทัศน์ช่วยเปลี่ยนรูปองค์แห่งความรู้
ไปสู่โครงสร้างทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์

- สัญลักษณ์ พยายามสร้างกรอบมโนทัศน์ ในรูปแบบความหมายของความคิด
ในเรื่องแคบ ๆ

- การสัมภาษณ์แบบวิเคราะห์ แสดงวิธีการเรียนรู้ด้วยกรอบมโนทัศน์แก่นักเรียน
หรือใช้กรอบมโนทัศน์เพื่อวินิจฉัยความรู้ที่ผิดพลาด

- วางแผนบทเรียน นักการศึกษาระดับประถมศึกษา ควรใช้กรอบมโนทัศน์
เพื่อแสดงความเข้าใจของเขาเกี่ยวกับพื้นฐานความรู้สำหรับบทเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
ระดับประถมศึกษา

กรอบมโนทัศน์เป็นยุทธวิธีอื่นหนึ่งเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับว่า ทำไมนักเรียนจึงมัก
เรียนรู้ได้น้อย ด้วยความสุ่มรอบคอบ ทั้งการใช้ในการวางแผนการสอน หรือการที่นัก
เรียนใช้เตรียมตัวสอบ กรอบมโนทัศน์จะเหมาะสมต่อการเรียนรู้ที่มีความหมาย

นอกจากนี้ เจมส์ สจ๊วต, จูคิส แวน เคิร์ด และ ริชาร์ด โรเวลล์
(Stewart, Kirk and Rowell 1979:174-175) ยังได้ให้ข้อเสนอแนะในการใช้
กรอบมโนทัศน์พอสรุปได้ดังนี้

เนื่องจากกรอบมโนทัศน์มีการเปลี่ยนแปลงยึดหยุ่นได้ตามความเหมาะสม กรอบ
มโนทัศน์จึงสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ตามจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกันได้คือ กรอบ
มโนทัศน์มักถูกนำไปใช้ในคำใหญ่ ๆ 3 คำ คือ

1. เป็นเครื่องมือเกี่ยวกับหลักสูตร
2. เป็นเครื่องมือเกี่ยวกับการเรียนการสอน
3. เป็นเครื่องมือในการประเมินผล

ประการแรก กรอบมโนทัศน์สามารถใช้เป็นเครื่องมือที่สำคัญเพื่อรวบรวมข้อพิจารณาของผู้ออกแบบหลักสูตรเกี่ยวกับการสอนมโนทัศน์ และเกี่ยวกับการแยกแยะความแตกต่างระหว่างเนื้อหาหลักสูตร และเนื้อหาการเรียนการสอน

ประการที่สอง เมื่อกรอบมโนทัศน์สรุปรวมตัวอย่างทางรูปธรรมเพื่อใช้อธิบายมโนทัศน์ ดังนั้นกรอบมโนทัศน์จะเป็นข้อเสนอแนะการเรียนการสอนที่ดีเท่ากับตัวของหลักสูตรเอง ในการเรียนการสอนที่ใช้กรอบมโนทัศน์โดยให้นักเรียนสร้างกรอบมโนทัศน์นั้น จะทำให้รู้ว่า เขามีความรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาที่เรียน

ประการที่สาม กระบวนการประเมินผลความรู้เป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้เพื่อการจัดระดับชั้นเรียนของนักเรียน และช่วยเหลือในการตัดสินใจรับรองสถานภาพของนักเรียนให้สามารถเรียนในระดับที่สูงขึ้น หรือตัดสินใจ สอบได้/ตก โดยขึ้นอยู่กับความรอบรู้ตามข้อกำหนดของจุดประสงค์การเรียน มีการประเมินผลดังกล่าวหลายวิธี และการใช้การประเมินผลด้วยกรอบมโนทัศน์อาจมีความเหมาะสมเท่ากับวิธีอื่น ๆ ในแง่ของจุดมุ่งหมายเพื่อจัดชั้นเรียน อย่างไรก็ตาม ในความรู้สึกของผู้สอนโดยทั่วไปนั้น จุดมุ่งหมายในการประเมินผลที่ตรงกัน อย่างน้อยที่สุดควรจะเป็นเพื่อประเมินความรู้ของนักเรียน หรือหาข้อบกพร่องในความรู้ของนักเรียน ทั้งนี้เพื่อจะช่วยเหลือทางการเรียน ดังนั้นตัวนักเรียนจะเป็นระบบสะท้อนต่อการจัดหลักสูตร และต่อการสอนของครู

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความหมาย และ การวัด ความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์

วิทยาศาสตร์

ในหัวข้อนี้จะแบ่งเป็นเรื่องย่อย ๆ 2 เรื่องด้วยกัน เรื่องแรกจะเป็นการอธิบายความหมายของความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์ของผู้เรียน ซึ่งเป็นการค้นคว้าทางจิตวิทยาเกี่ยวกับ "โครงสร้างความรู้" ของมนุษย์ที่มีทฤษฎีพื้นฐานสนับสนุนมากมาย ส่วนเรื่องที่สองจะเป็นตัวอย่างการสร้างเครื่องมือเพื่อวัดความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์

1. ความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์

ชัยพร วิชชาวุธ (2524:337-338) ได้กล่าวถึงความคิดเชื่อมโยงว่า

...ความคิดของคนเรานั้นมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน นักปราชญ์สำนักประจักษ์นิยมของอังกฤษ เช่น โทมัส ฮอบส์ และ จอห์น ล็อก ถือว่า ความรู้ทั้งปวงของมนุษย์เกิดจากการเชื่อมโยง เราเชื่อมโยงความรู้สึกสัมผัสต่าง ๆ เข้าเป็นความคิดเชื่อมโยงความคิดต่าง ๆ เข้าเป็นความคิดซับซ้อนยิ่งขึ้น เมื่อเกิดการเชื่อมโยงความคิดแล้ว ในโอกาสต่อไป หากเกิดความคิดหนึ่งจะทำให้เกิดอีกความคิดหนึ่งเกิดตามมาเนื่องจากมีความเชื่อมโยงกัน เช่น เมื่อนึกถึงโลหิต ความคิด"โลหิต"ก็จะทำให้คิดถึง"สีแดง" "กาซาค" ความคิด"สีแดง" "กาซาค" ก็จะทำให้คิดถึง"โรงพยาบาล" "สงคราม" ฯลฯ เชื่อมโยงต่อไปเรื่อย ๆ...

ไสว เลี่ยมแก้ว (2528:5-7) ได้กล่าวถึงความเชื่อพื้นฐานเกี่ยวกับจิตของมนุษย์และการเรียนรู้ว่า

...การเรียนรู้เกิดขึ้นเพราะกระบวนการเชื่อมโยง (Connection) โดยทฤษฎีกรรมที่ได้รับการเสริมแรงค่อย ๆ เพิ่มความเข้มข้น...

...มนุษย์ได้ความรู้ (Knowledge) มาโดยประสาทสัมผัส โดยสิ่งที่เข้ามาทางประสาทสัมผัสจะโยงสัมพันธ์ (Associate) กับการตอบสนองความรู้ที่ได้ ...

พลาโต (อ้างใน ไสว เลี่ยมแก้ว 2528:7) ก็ได้กล่าวว่า " ความจำของมนุษย์คือ "รอย" (Trace) ที่เกิดขึ้นในสมองหลังจากที่บางสิ่งบางอย่างได้เข้าไปทางประสาทสัมผัสแล้ว และรอยเดิมอาจจะคงทนอยู่ต่อไปได้นานถ้าได้ "โยงสัมพันธ์" (Associate) กับรอยอื่น ๆ ที่เกิดเป็นรอยอยู่ก่อนแล้ว "

นั่นก็แสดงว่า ความคิดเชื่อมโยง หรือ ความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์ มโนทัศน์นั้นมีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบบางอย่างในตัวผู้เรียนที่เรียกว่า "โครงสร้างความรู้ " คำว่า "โครงสร้างความรู้" นั้นเป็นกระบวนการปฏิบัติเกี่ยวกับข่าวสารความรู้ โดยมีการประกอบข้องานในการเก็บหรือจำในช่วงเวลานาน ๆ ข่าวงานในเรื่องนี้ได้รับความสนใจในการศึกษาวิจัยอย่างมากทีเดียว เช่น อาร์ จี โบเวอร์ (Bower 1975) และ คินทซ์ (Kintsch 1974) ได้ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างการจำของมนุษย์ เจ จี กรีนโน (Greeno 1978) อาร์ จี ชเวลสัน และ จี ซี สแตนตัน (Shavelson and Stanton 1975) ได้สำรวจกฎของโครงสร้างความรู้ในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา

จากการศึกษาดังกล่าวได้มีการสร้างรูปแบบที่อธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติและลักษณะของโครงสร้างความรู้ ซึ่งต่อมานักวิจัยได้พยายามที่จะพัฒนาเครื่องวัดโครงสร้างความรู้เพื่อที่จะค้นหาการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างที่เกิดจากการเรียนและเพื่อที่จะสำรวจความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างความรู้กับการแก้ปัญหา

เพื่อให้มองเห็นภาพของ "โครงสร้างความรู้" ชัดเจนขึ้น จะต้องพิจารณาแนวความคิดของ ปิเอเจต์ (Piaget) (อ้างใน วรรณทิศา รอดแรงค์ 2531) ที่สรุปได้ว่า ปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาสติปัญญาและความคิด คือ การที่คนเรามีปะทะสัมพันธ์ (Interaction) กับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด และการปะทะสัมพันธ์ที่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง (Continuous Interaction) ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมนี้มีผลทำให้ระดับสติปัญญาและความคิดมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

ปิเอเจต์กล่าวอีกว่า การปะทะสัมพันธ์เป็นกระบวนการปรับตัวของอินทรีย์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก และการจัดการภายในสมองโดยวิธีการรวมกระบวนการต่าง ๆ ให้เป็นระบบ เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม

ปิเอเจต์ จำแนกกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางสติปัญญาและความคิดไว้

2 กระบวนการ คือ

1. การปรับตัว (Adaptation)
2. การจัดระบบโครงสร้าง (Organization)

การปรับตัวเป็นกระบวนการที่บุคคลหาหนทางที่จะปรับสภาพความไม่สมดุลทางความคิดให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ตัว และเมื่อบุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว โครงสร้างทางสมองจะถูกจัดระบบให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม คือ มีรูปแบบความคิดเกิดขึ้นในสมอง

กระบวนการปรับตัวประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ คือ

1. กระบวนการดูดซึม (Assimilation) หมายถึงกระบวนการซึมซาบประสบการณ์ใหม่เข้าสู่ประสบการณ์เดิมที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกัน แล้วสมองก็รวบรวมปรับเหตุการณ์ใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างของความคิดอันเกิดจากการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิม เปรียบเหมือนการดูดซึมของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารซึ่งจะถูกซึมอาหารแต่เพียงที่ร่างกายจะรับไว้ได้

2. กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accommodation) เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมาจากกระบวนการดูดซึม คือ ภายหลังจากที่ซึมซาบเอาเหตุการณ์ใหม่เข้ามา และปรับเข้าสู่โครงสร้างเดิมแล้ว ถ้าปรากฏว่าประสบการณ์ใหม่ที่รับเข้ามา มีสมบัติเหมือนประสบการณ์เดิม ประสบการณ์ใหม่จะถูกดูดซึมและปรับเข้าหาประสบการณ์เดิม คือ ทำให้ประสบการณ์เดิมมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น แต่ถ้าไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับการซึมซาบเข้ามาให้เข้ากับประสบการณ์เดิมได้ สมองก็จะสร้างโครงสร้างใหม่ขึ้นมาแทนเพื่อปรับให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่นั้น

จากทฤษฎีของ ปิเอเจต์ ดังที่ได้อธิบายมาแล้วจะเห็นได้ว่า การพัฒนาสติปัญญาและความคิดของมนุษย์นั้น ส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับรูปแบบความคิด เกิดขึ้นในสมองของมนุษย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาด้วยกระบวนการดูดซึมและกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง หรือจะกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าใน "โครงสร้างความรู้" มีรูปแบบของความสามารถทางสมองที่จะเชื่อมสัมพันธ์กันโน้ตสนั เข้าด้วยกัน ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ

อาร์ ไคร์เวอร์ และ เจ เอ อีสลีย์ (Driver and Easley 1978:61-84) ที่ว่า ลักษณะสำคัญของเค้าโครงความรู้ ความคิดของบุคคล คือ โครงสร้างความรู้ที่อันประกอบด้วยข่าวสารความรู้หรือมโนทัศน์ และวิธีการปรับข่าวสารความรู้หรือมโนทัศน์ เข้าด้วยกัน

ออเครย์ บี แคมเพน, ลีโอโปลด์ อี คลอปเฟอร์, อัลฟอนส์ ที เทเซนา และ เควิต เอ สไควร์ (Champagne, Klopfer, Desena and Squires 1981:97-111) เสนอว่า จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องประเมินความสามารถในการหาความสัมพันธ์โครงสร้างความรู้ในตัวผู้เรียน และพิจารณาโครงสร้างความรู้ที่แตกต่างกันระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พวกเขาเสนอต่อไปว่าเราควรค้นหาว่าผู้เรียนมีความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ และสร้างมโนทัศน์ให้เป็นโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้นได้อย่างไร

มีแนวความคิดเกี่ยวกับทฤษฎีเชื่อมโยงมานานมาแล้วและมีอิทธิพลอย่างมากต่อวิชา จิตวิทยา อริสโตเติล(อ้างใน วูดิซีย์ จำนวนที่ 2521:22) ได้กล่าวเป็นกฎเกณฑ์เกี่ยวกับการเชื่อมโยงขึ้น โดยกำหนดกระบวนการดังกล่าวนี้ออกเป็นสามประการ คือ การเชื่อมโยงด้วยความคล้ายคลึงกัน (Similarity) การเชื่อมโยงด้วยความแตกต่างกัน อย่างตรงกันข้าม (Contrast) และการเชื่อมโยงด้วยการปะติดปะต่อ (Contiguity) นักจิตวิทยาชาวอังกฤษสมัยปลายคริสต์ศตวรรษที่ 18 และต้นคริสต์ศตวรรษที่ 19 (อ้างใน วูดิซีย์ จำนวนที่ 2521:22) ได้พิจารณาลักษณะการเชื่อมโยงนี้ในฐานะกฎเกณฑ์สำคัญที่จะไขไปสู่ความลึกซึ้งของจิต เขาใช้การเชื่อมโยงอธิบายความจำ ความเข้าใจ และการใช้เหตุผลตามหลักการ (Doctrine) ของการเชื่อมโยงนี้ก็หมายความว่า เมื่อกระบวนการทางจิต ตั้งแต่สองอย่างขึ้นไปเกิดขึ้นพร้อมกัน กระบวนการเหล่านั้นจะเชื่อมโยงผูกพันกันในลักษณะที่เมื่อเวลาผ่านไป หากกระบวนการอย่างหนึ่งถูกระงับเข้าแล้วก็มีแนวโน้มที่จะกระตุ้นกระบวนการอีกอันหนึ่งหรืออื่น ๆ ด้วย อย่างเช่น ถ้าหากว่าเราเคยเห็นเด็ก ๆ ยืนอยู่บนสะพานแห่งหนึ่งความหมายในกระบวนการทางจิตทำให้เราเห็นว่าเด็ก ๆ กับสะพานมีส่วนเกี่ยวพันเชื่อมโยงกัน ต่อมาเมื่อเราเห็นเด็ก ๆ จิตใจก็อาจนึกถึงสะพาน หรือหากว่าเราสนทนากับใคร ๆ เรื่องสะพานแห่งใดแห่งหนึ่งก็จะทำให้นึกถึงเด็ก ๆ ขึ้นมา ดังนั้นลำดับขั้นตอนของความคิดถึงเป็นที่เชื่อกันว่าได้รับอิทธิพลจากการเชื่อมโยงของประสบการณ์แต่เดิมาก่อน

ส่วนแนวความคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์โมทัศน์
 นั้นมีผู้เสนอไว้หลายคน เช่น อาร์เทอร์ อาร์ เจนเสน(Arther R. Jensen)
 แนวความคิดของอาร์เทอร์ อาร์ เจนเสน(Jensen) อ้างใน นิยะคา
 ศรีจันทร์ 2521)สรุปได้ว่า ความสำเร็จ หรือ ความล้มเหลวทางการเรียนนั้นนอกจากจะ
 เป็นปัญหาระหว่างบุคคลแล้ว ยังเป็นปัญหาระหว่างกลุ่มด้วย เขากล่าวว่า เด็กที่ประสบความ
 ล้มเหลวทางการเรียน มักจะอยู่ในกลุ่มที่มีสถานภาพทางเศรษฐกิจสังคมระดับต่ำหรือเป็นกลุ่ม
 เด็กที่เราเรียกว่า "เด็กด้อยทางสภาพแวดล้อม" (Disadvantaged Children)
 ในขณะที่เด็กซึ่งประสบความสำเร็จมักจะอยู่ในกลุ่มที่มีสถานภาพทางเศรษฐกิจสังคมระดับปาน
 กลางหรือสูง เขาเชื่อว่าสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เด็ก 2 กลุ่มนี้แตกต่างกันในแง่ของผลสัมฤทธิ์
 ทางการเรียน คือ ทั้ง 2 กลุ่มมีรูปแบบความสามารถแตกต่างกัน จากความเชื่อดังกล่าว
 ทำให้เขาค้นหารูปแบบความสามารถที่ทั้ง 2 กลุ่มนั้นมีแตกต่างกัน ซึ่งความสามารถนั้นอาจ
 มีปฏิสัมพันธ์(Interaction)กับวิธีการสอนโดยที่ทำให้ผู้เรียนแต่ละคนมีผลสัมฤทธิ์
 ทางการเรียนได้สูงสุด และขณะเดียวกันก็ลดความแตกต่างด้านผลสัมฤทธิ์ระหว่างกลุ่มลงให้
 เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

อาร์เทอร์ อาร์ เจนเสน(Jensen)จึงเสนอแนวคิดในลักษณะของ
 ข้อสมมติฐานทางทฤษฎี ในชื่อที่ว่า ทฤษฎีความสามารถทางสมองสองระดับ(A Two - Level
 Theory of Mental Abilities) สาระสำคัญของทฤษฎีอาจสรุปได้ดังนี้

1. ความสามารถทางสมองของมนุษย์ แบ่งได้ 2 ระดับ
2. ระดับที่ 1 ความสามารถในการเรียนรู้แบบพื้นฐาน(Basic Learning Ability or Associative Ability) เป็นความสามารถที่จำเป็นต้องใช้ในการรับรู้(Percieve) หรือบันทึก(Register) หรือเก็บ(Store) สิ่งเร้าไว้ และสามารถที่จะจำ(Recognize) และระลึก(Recall) สิ่งเร้า นั้นได้อย่างถูกต้องแม่นยำ คุณลักษณะเฉพาะของความสามารถระดับนี้คือ ไม่มีการต่อเติม (Elaborate) หรือแปลงรูป(Transform) หรือจัดการกระทำ (Manipulate) กับสิ่งเร้าที่รับเข้าไป(In - put) เพื่อที่จะให้ได้ผลลัพธ์ (Out - put) ออกมา
3. ระดับที่ 2 ความสามารถเชิงโมทัศน์(Cognitive Ability or Conceptual Ability) เป็นความสามารถที่ซับซ้อนกว่าระดับที่ 1

มีคุณลักษณะเหมือนกับองค์ประกอบของเชาวน์ปัญญาทั่วไป (General Intelligence Factor) ได้แก่ ความสามารถในการสร้างมโนทัศน์ การคิดให้เหตุผล และ การคิดแก้ปัญหา เป็นต้น คุณลักษณะเฉพาะของความสามารถระดับนี้ คือ ความสามารถในการแปลงรูป และการจัดกระทำสิ่งเร้าก่อนที่จะตอบสนอง ตัวอย่างการใช้ความสามารถระดับนี้ได้แก่ การสรุปครอบคลุม (Generalization) การสร้างมโนทัศน์ (Concept Formation) การรับ (Encoding) หรือการถ่ายทอด (Decoding) สิ่งเร้าโดยอาศัย ประสบการณ์เดิม การเชื่อมโยงการเรียนรู้ใหม่เข้ากับการเรียนรู้เก่า และการถ่ายโยง (Transfer) ความรู้ในลักษณะของมโนทัศน์หรือหลักการ เป็นต้น

4. ความสามารถทั้งสองแบบ ถ้าเป็นในระดับ พันธุกรรม (Genotype) เป็นกระบวนการทางสมอง (Mental Process) ที่มีรูปแบบเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และแสดงออกในระดับปรากฏให้วัดได้หรือระดับที่โนไทป์ (Phenotype) ในลักษณะเป็นกระบวนการทางสมองที่ทำงานขึ้นตรงต่อกัน (Functional Dependence)

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์เป็นความสามารถทางสมองที่มีการเก็บความรู้ไว้ใน "โครงสร้างความรู้" ของแต่ละบุคคล ซึ่งอาจจะเก็บไว้ในรูปของรหัสต่าง ๆ ระบบเก็บความรู้ในโครงสร้างความรู้ นั้นซับซ้อนและเป็นนามธรรม ไม่เคยมีใครมองเห็นระบบโครงสร้างความรู้ด้วยตาเปล่า แต่ก็มีผู้จินตนาการลักษณะของโครงสร้างความรู้ไว้ เช่น เจ อาร์แอนเดอร์สัน และ จี เอช เบาเวอร์ (Anderson and Bower) (อังใน ไสว เลี่ยมแก้ว 2528:111-115) ได้เสนอไว้และสรุปได้ว่า เขามีความเชื่อว่ามีมนุษย์เรียนรู้การโยงสัมพันธ์ (Association) เช่น ๑ - 1, ๑๑ - 2, ๑๑ - บ้าน, ♀ - คน, ☀ - ดวงอาทิตย์ เป็นต้น ดังนั้นสิ่งที่มนุษย์จำไว้จึงเป็นการจำการโยงสัมพันธ์ เมื่อเขาเชื่อเช่นนั้นเขาจึงสร้างโครงแบบ (Model) ขึ้นมาชื่อว่า โครงแบบความจำการโยงสัมพันธ์ของมนุษย์ (Human Associative Memory) และย่อว่า โครงแบบ HAM หรือทฤษฎี HAM ซึ่งกำหนดว่าโครงสร้างความรู้มีส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนการโยงสัมพันธ์ (Association) และส่วนประพจน์ (Proposition)

2. การวัดความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์

จากแนวความคิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว จะได้ว่า ความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์ เป็นรูปแบบความคิดหรือรูปแบบความสามารถทางสมองที่ช่วยในการเรียนรู้มโนทัศน์อย่างมีความหมาย ซึ่งสามารถที่จะใช้กรอบมโนทัศน์ในการส่งเสริมความสามารถทางค่านี้นี้ หรือ ใช้ในการทดสอบความสามารถทางค่านี้นี้ของผู้เรียน

สำหรับการวัดความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์นั้น มีผู้สร้างขึ้นใช้ในต่างประเทศบ้างแล้ว เช่น ฮาร์โรลด์ ฮาร์ที, ลินคา แฮมริค และ เควี แฮมมวล (Harty, Hamrick and Samuel 1985:183) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์ (Concept Structure Interrelatedness Competence) โดยการเขียนคำสำคัญที่ใช้แทนมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ลงในบัตรเล็ก ๆ จำนวน 32 มโนทัศน์ บัตรละ 1 มโนทัศน์ มโนทัศน์ดังกล่าวเลือกมาจากสาขาวิทยาศาสตร์ 4 สาขา คือ สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical Science), สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Life Science) สาขาวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก (Earth Science) และสาขาวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับอวกาศ (Space Science)

บัตรทั้งหมดจะถูกสับเหมือนสับไพ่ แล้ววางกองบนโต๊ะ จากนั้นให้นักเรียนที่ถูกทดสอบจัดการนำบัตรทั้งหมดวางแผ่ออกบนโต๊ะ โดยให้พิจารณาว่ามโนทัศน์ในบัตรใดที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันก็เอาวางไว้ใกล้กัน

นักเรียนจะถูกสัมภาษณ์พร้อมทั้งบันทึกเหตุผลไว้เป็นหลักฐาน นักเรียนจะต้องอธิบายว่ามโนทัศน์ที่วางไว้ใกล้กันนั้นเกี่ยวข้องกับกันอย่างไร และเมื่อนักเรียนวางบัตรต่าง ๆ ครบทุกบัตรแล้ว รูปแบบการวางบัตรมโนทัศน์ดังกล่าวจะถูกถ่ายภาพไว้ เพื่อนำไปประเมินความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนผู้นั้น

การประเมินความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์นั้น จะพิจารณา 3 ประเด็น คือ

1. ความละเอียดรอบคอบ ในแต่ละสาขาวิทยาศาสตร์ พิจารณาให้คะแนนโดยนับจำนวนมโนทัศน์ที่จัดเข้าตามกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 สาขาได้ถูกต้อง แล้วให้คะแนนตามความถูกต้อง มโนทัศน์ละ 1 คะแนน

2. ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ภายในสาขาวิทยาศาสตร์ พิจารณาจากความเหมาะสมของมโนทัศน์ที่วางใกล้กัน ถ้ามีความสัมพันธ์กันก็ให้คะแนนถูกต้องคู่ละ 1 คะแนน

3. ความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ระหว่างสาขาวิทยาศาสตร์ พิจารณาความมโนทัศน์ที่วางอยู่ระหว่างสาขาวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมหรือไม่ ถ้าเหมาะสมให้คะแนนมโนทัศน์คู่ละ 1 คะแนน เช่น วางมโนทัศน์ สารประกอบอินทรีย์ ไว้ระหว่างสาขาวิทยาศาสตร์กายภาพกับสาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ก็ให้ 1 คะแนน

แบบวัดความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ชุดนี้ ปรากฏว่าผู้ทำคะแนนสูงสุดได้ 68 คะแนน ความเที่ยงภายในหาโดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์ตามแบบของสก็อต สำหรับนักเรียนระดับชั้น 5 ได้ 0.97 นักเรียนระดับชั้น 6 ได้ 0.95 นักเรียนระดับชั้น 7 ได้ 0.96 และนักเรียนระดับชั้น 8 ได้ 0.95

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฮาร์โรลด์ ฮาร์ที, ลินคา ฮามริค และ เด วิ แซมมวล (Harty, Hamrick and Samuel 1985:179-191) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ กับตัวแปรทำนาย 10 ตัวแปร ซึ่งประกอบด้วย กลุ่มตัวแปรด้านพุทธิพิสัย 6 ตัวแปร และกลุ่มตัวแปรด้านจิตพิสัย 4 ตัวแปร ใช้ตัวอย่างประชากรที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 105 คน และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยวิธีสเต็ปไวส์ มัลติเพิล รีเกรสชัน (Stepwise multiple regression), วิธีลิเนียร์ มัลติเพิล รีเกรสชัน (Linear multiple regression) และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ โพรดักต์ โมเมนต์ (Product moment) จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพเดิมเกี่ยวกับการเชื่อมสัมพันธ์โครงสร้างทางมโนทัศน์ และความถนัดด้านภาษาด้อยค่า ให้ค่าความแปรปรวนมากที่สุดในการทำนายความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ของนักเรียน พบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่าง ความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ กับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์, ความถนัดด้านภาษาด้อยค่า, ความถนัดด้านการคำนวณตัวเลข, ประสิทธิภาพเดิม และอัตรามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่ามี ความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรด้านจิตพิสัย (เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์, ความสนใจต่อวิทยาศาสตร์, ความกระตือรือร้นทางวิทยาศาสตร์ และอัตรามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์)

ถัดมาอีก 2 ปี ลินดา ฮามริค และ ฮาร์โรลด์ ฮาร์ที (Hamrick and Harty 1987:15-25) ได้ทำการวิจัยเรื่อง อิทธิพลของการจัดลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาวิชา วิทยาศาสตร์ทั่วไป ต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์, เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ และความสนใจต่อวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นระดับ 6 การวิจัยเรื่องนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง โดยมีการปรับปรุงและจัดลำดับเนื้อหาบทเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปในการเรียนการสอนของนักเรียนกลุ่มทดลอง เพื่อให้โครงสร้างของบทเรียนมีความชัดเจนและสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์สำคัญ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นระดับ 6 จำนวน 203 คน ถูกสุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม ใ้แก่กลุ่มทดลองที่มีการเรียนการสอนโดยมีการจัดลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาวิชา และกลุ่มควบคุมที่มีการเรียนการสอนโดยไม่มีการจัดลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาวิชา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ในทางบวกมากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีความสนใจต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ออเครย์ บี แคมเพน, ลีโอโปลด์ อี คลอปเฟอร์, อัลฟอนส์ ที เคเซนา และ เดวิด เอ สไควร์ (Champagne, Klopfer, Desena, and Squires 1981:97-111) ได้ทำการวิจัยโดยมีจุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อ (1) ตรวจสอบความเหมาะสมระหว่าง โครงสร้างเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์กับโครงสร้างการแสดงสัญลักษณ์ทางความรู้ของนักเรียนต่อ เนื้อหานั้น และ (2) เปรียบเทียบโครงสร้างการแสดงสัญลักษณ์ทางความรู้ของนักเรียน ก่อนและหลังการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นระดับ 8 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยในระหว่างการวิจัยมีกิจกรรมให้นักเรียนทำในขณะที่เรียนเกี่ยวกับการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ ทำให้ได้รู้เกี่ยวกับแนวทางที่นักเรียนใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ และการจัดรวบรวมมโนทัศน์เป็นโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งเกี่ยวกับโครงสร้างการแสดงสัญลักษณ์ทางความรู้ของนักเรียน ในการวิจัยนั้นนักเรียนถูกทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หลังจากนั้นจัดให้นักเรียนได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ (Concept Structure Analysis Technique, ConSAT) เป็นยุทธวิธีในการฝึกหัดเกี่ยวกับมโนทัศน์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แล้วจึงสอบหลังการเรียน (Post-test) ผลการวิจัยพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และ คอนแซท (ConSAT) เป็นยุทธวิธีที่ช่วย

เพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ได้

ในปีเดียวกัน ออเครย์ บี แคมเพน และ ลีโอโปลด์ อี คลอปเฟอร์

(Champagne and Klopfer 1981:493-511) ได้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ของนักเรียน กับ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับภาษาโดยคำที่ทำให้เกิดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ วิธีการแก้ปัญหาคำภาษาโดยคำ ได้แก่ การอุปมาอุปมัย และ ชุดกลุ่มปัญหา ที่เลือกสองวิธีนี้ก็เพราะว่า มีความสำคัญต่อทักษะกระบวนการในการสร้างโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ นักเรียนจะถูกทดสอบก่อนการทดลอง โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ (ConSAT) การอุปมาอุปมัย, ชุดกลุ่มปัญหา และข้อสอบวัดความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ใช้เวลา 4 สัปดาห์สำหรับ โมดูลการสอนที่สอนโดยใช้เทคนิคการเชื่อมโยงที่เน้นกระบวนการโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ และปัญหาทางคำภาษาโดยคำ ผลจากการทดสอบหลังการทดลองชี้ให้เห็นว่า นักเรียนที่มีทักษะกระบวนการโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ในระดับสูง มีการแสดงบทบาทการแก้ไขปัญหาคำวิธีอุปมาอุปมัยสูงกว่านักเรียนที่มีทักษะกระบวนการโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ในระดับต่ำ อย่างไรก็ตามมีนัยสำคัญ และนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ในระดับสูง จะแสดงบทบาทการแก้ปัญหาด้วยชุดกลุ่มปัญหามากกว่านักเรียนที่มีทักษะกระบวนการโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ในระดับต่ำ อย่างมีนัยสำคัญ

เฮม จี ฮิวสัน และ ที คัมบลิว ฮิวสัน (Hewson and Hewson 1983: 731-743) ได้พัฒนาเทคนิคการสอนมโนทัศน์ที่เน้นความสำคัญความรู้เดิมของนักเรียน และใช้ความรู้ที่มีอยู่เดิมของนักเรียนมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภายหลัง กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนชาวอัฟริกาใต้จำนวน 46 คน ถูกสอนด้วยมโนทัศน์วิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความรู้ในเรื่อง มวล ปริมาตร และความหนาแน่น โดยใช้ยุทธวิธีการสอน และอุปกรณ์การสอนแบบกรอบมโนทัศน์ ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีความรู้เพิ่มขึ้นมากกว่า กลุ่มควบคุมที่นักเรียนถูกสอนด้วยวิธีสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โจเซฟ ที โนวาค, ที บอว โกวิน และ เจอรัลด์ ที โจนเซน (Novak, Gowin and Johansen 1983:625-645) ได้สำรวจการใช้ กรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping) และ กรอบแบบ วี (Vee Mapping) ของนักเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ระดับ 7 และ 8) เพื่อจะหาคำตอบของคำถามที่ว่า

(1) นักเรียนทั้งสองระดับสามารถใช้ กรอบมโนทัศน์, กรอบแบบ วี เป็นยุทธวิธีในการเรียน การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ และ (2) การได้รับความรู้ และการแสดงวิธีแก้ปัญหา ของนักเรียนเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร หลังจากใช้ยุทธวิธีดังกล่าวในการเรียนการสอน วิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับวิธีการในการวิจัยนั้น มีการแนะนำเกี่ยวกับการใช้ กรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping) และ กรอบแบบ วี (Vee Mapping) แก่นักเรียน และกำหนด ให้นักเรียนใช้กรอบทั้งสองในการเรียนวิทยาศาสตร์ต่อเนื่องไปตลอดปีการศึกษา กรอบต่าง ๆ ที่นักเรียนสร้างขึ้นได้รับการตรวจและให้คะแนนโดยผู้วิจัย เพื่อใช้สำหรับการพิจารณาผลของ ยุทธวิธีดังกล่าวต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการแก้ไขปัญหานักเรียน จากการ วิจัยพบว่า ระดับความสามารถในการแก้ไขปัญหานักเรียนมีความสำคัญ ต่อ ความสำเร็จ ในการสร้าง กรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping) และพบว่า นักเรียนทั้งชั้นระดับ 7 และชั้นระดับ 8 มีความเข้าใจ และสามารถสร้าง กรอบแบบ วี (Vee Mapping) ได้ และสามารถนำมาประยุกต์เป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ได้ จากข้อมูล ในการวิจัยได้ขอแนะนำว่า กรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping) และกรอบแบบ วี (Vee Mapping) ช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น

ในปีเดียวกัน มาร์กาเรท บรัมบี้ (Brumby 1983:9-17) ได้สร้างกรอบ มโนทัศน์ด้วยความคิดพิถีพิถันในเรื่องเกี่ยวกับภูมิทัศน์ทางโรค แล้วให้นักเรียนทางสาขาเภสัชกรรม ชั้นปีที่ 1 จำนวน 32 คน วิจัย เมื่อสรุปความคิดเห็นแล้วพบว่า กรอบมโนทัศน์มีความซับซ้อน, ยากต่อการตีความหมาย, ไม่สามารถแสดงการเปรียบเทียบได้ และไม่มีประโยชน์ กรอบมโนทัศน์ไม่สามารถแสดงลักษณะธรรมชาติที่ไม่หยุดนิ่งของการเรียนรู้ได้ แต่อย่างไรก็ตามพบความเห็นที่สำคัญว่า คุณค่าที่ยิ่งใหญ่ของกรอบมโนทัศน์อย่างหนึ่งคือ กรอบมโนทัศน์มี บทบาทในการเป็นเครื่องมือการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดความชัดเจนแก่นักเรียนเกี่ยวกับ การเชื่อมสัมพันธ์ระหว่างความรู้ใหม่ กับความรู้เดิมที่มีอยู่ของบุคคล

เจมส์ ดี เลห์มาน, ชาร์ลอตต์ คาร์เตอร์ และ เจน บัทเลอร์ คานัน (Lehman, Carter, and Kahn 1985:663-673) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้อินทรีย์ ทางชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาโดยใช้ กรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping) และ กรอบแบบ วี (Vee mapping) ช่วยในการเรียนการสอน เพื่อที่จะศึกษาว่า

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ในการวิจัยนี้มีการเปรียบเทียบผลของ การเรียนการสอนระหว่าง การใช้กรอบมโนทัศน์ และ กรอบแบบ วี กับ การใช้วิธีสรุ่ยย่อ บทเรียน โดยให้นักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยา 10 ห้องเรียนเป็นตัวอย่างประชากร แบ่ง 5 ห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลอง ที่มีการใช้กรอบมโนทัศน์ และกรอบแบบ วี เป็นยุทธวิธีในการเรียน การสอน อีก 5 ห้องเรียนเป็นกลุ่มควบคุม ที่มีการใช้วิธีสรุ่ยย่อบทเรียนเป็นเครื่องช่วยในการ เรียนการสอน มีการตั้งสมมติฐานในการวิจัยว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ กรอบมโนทัศน์ และ กรอบแบบ วี เป็นยุทธวิธีในการเรียนการสอน จะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีสรุ่ยย่อบทเรียนเป็นเครื่องช่วยในการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับเนื้อหาวิชาที่ใช้ในการเรียนนั้นใช้บทเรียนเดียวกันทุกห้องเรียน คือบทเรียนเรื่อง องค์ประกอบของชีวิต, โครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ และพลังงานสำหรับชีวิตและ การแบ่งเซลล์ นักเรียนในกลุ่มทดลองใช้กรอบมโนทัศน์ ในการเรียนบทเรียนที่เป็นภาคบรรยาย และใช้กรอบแบบ วี ในบทเรียนที่เป็นภาคปฏิบัติการทดลอง ส่วนนักเรียนในกลุ่มควบคุมใช้วิธี สรุ่ยย่อบทเรียนในการเรียนทั้งภาคบรรยาย และภาคปฏิบัติการทดลอง เมื่อนักเรียนแต่ละ กลุ่มเรียนจบบทเรียนจะมีกิจกรรมทบทวนบทเรียนตามเทคนิคของแต่ละกลุ่ม โดยมีการพิจารณา ใ้คะแนนด้วย สำหรับการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นได้ใช้ข้อทดสอบที่วัดพฤติกรรม ด้านความรู้ ความจำ, ด้านความเข้าใจ และด้านนำไปใช้ การทดสอบกระทำ 3 ช่วง คือ ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test), ทดสอบหลังเรียน (Post-test) และทดสอบ ทบทวนการเรียน (Retention-test) หลังจากเรียนจบไปแล้ว 6 สัปดาห์ ผลการวิจัย พบว่า จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนใน กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ผลปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05 แต่อย่างไรก็ตามมีสิ่งบ่งชี้ว่าผลที่เกิดกับกลุ่มทดลองมีแนวโน้มว่าจะเกิด ผลดีต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

โจเซฟ วิลเลียม คลิเบอร์น์, เจอร์ (Cliburn, Jr 1985:145) ได้ทำการ วิจัยเพื่อเปรียบเทียบวิธีการลำดับเนื้อหาวิชา 2 วิธี คือ วิธีการลำดับเนื้อหาวิชาที่ทำให้เกิด ความกลมกลืนตามแบบแผนเดิม กับ วิธีตามแบบ ออซูเบล โดยการใช้กรอบมโนทัศน์ในการ ลำดับเนื้อหาวิชา และเป็น แอควานซ์ ออแกนไนเซอร์ (Advance Organizers) ทั้งนี้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชา กายวิภาคศาสตร์ และสรีรวิทยา ในระดับวิทยาลัยชั้นต้น

ในการวิจัยมีการแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มทดลอง (ใช้วิธีการแบบ ออซูเบล) และกลุ่มทดลอง (ใช้วิธีการตามแบบแผนเดิม) การวิจัยเชิงการทดลองนี้ใช้เวลารวม 3 สัปดาห์ โดยเรียนเนื้อหาเรื่อง ระบบโครงกระดูก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ชุด คือ แบบสอบถามเพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับตัวอย่างประชากร, แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบจำนวน 30 ข้อ การสอบกระทำเป็น 3 ช่วง คือ สอบก่อนเรียน (Pre-test) 3 สัปดาห์, สอบทันทีที่เรียนจบ (Immediate Post-test) และสอบหลังจากเรียนจบไปแล้ว 6 สัปดาห์ (Retention-test) และใช้แบบวัดการรับรู้ของนิสิตเรียนเกี่ยวกับการเรียนการสอน (The Inventory of Student Perceptions of Instruction, ISPI) ทำการทดสอบนักเรียนในวันที่เรียนจบทันที ข้อมูลในการวิจัยถูกวิเคราะห์โดยเทคนิคหลายตัวแปร พบว่านักเรียนในกลุ่มทดลองมีคะแนนในการสอบทันทีที่เรียนจบ (Immediate Post-test) ก่อนข้างดีกว่ากลุ่มควบคุม และนักเรียนในกลุ่มทดลองมีคะแนนในการสอบหลังจากเรียนจบไปแล้ว 6 สัปดาห์ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการกระทำต่อกลุ่มทดลองปรากฏว่าไม่มีผลมากนักต่อคะแนน ไอเอสพีไอ (ISPI) แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้ได้ขอเสนอแนะว่า การใช้ยุทธวิธี กรอบมโนทัศน์วางแผนการเรียนการสอน และใช้กรอบมโนทัศน์เป็น แอควานซ์ ออแกนไนเซอร์ ในการปรับปรุงการวางแผนการเรียนการสอนนั้น เป็นเทคนิค (Tactic) ที่มีความเที่ยงต่อการปรับปรุงการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และการรักษาความรู้ของนักเรียน

เจมส์ เอ็ดวาร์ด บอดูลัส (Bodolus 1986:151) ได้ทำการวิจัยโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ ศึกษาการใช้ กรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping) เป็นยุทธวิธีที่ทำให้เกิดความง่ายในการเรียนรู้อย่างมีความหมาย การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลอง มีการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และการทดสอบหลังเรียน (Post-test) สำหรับตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นระดับ 9 จากโรงเรียนมัธยมศึกษา จำนวน 429 คน นักเรียนทั้งหมดถูกจัดกลั่นเข้าชั้นเรียนโดยใช้ครูสอนจำนวน 4 คน และนักเรียนในชั้นเรียนอยู่ครบทุกคนตลอดเวลาที่ทำการวิจัย มีการจัดกลุ่มนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่มโดยการสุ่ม คือ กลุ่มทดลองใช้ กรอบมโนทัศน์เป็นยุทธวิธีในการเรียนการสอน กลุ่มปกติ ใช้วิธีการเรียนการสอนที่ใช้ทั่วไปตามปกติ และกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้ทั้ง กรอบมโนทัศน์ และวิธีการเรียนการสอนที่ใช้ทั่วไปตามปกติ นักเรียนทั้งหมดถูกทดสอบ

ก่อนเรียนเกี่ยวกับความรู้ดั้งเดิม และทดสอบหลังเรียนจบแล้วทันทีเพื่อพิจารณาความรู้ที่เพิ่มขึ้น และพิจารณาเจตคติของนักเรียนด้วย ผลจากการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติมีคะแนนทดสอบหลังจากเรียนจบแล้วทันที สูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่นักเรียนในกลุ่มทดลอง มีคะแนนตั้งกล่าวสูงกว่านักเรียนในกลุ่มปกติเล็กน้อย จากการวิจัยพบว่า เพศชายมีความสามารถในการสร้างกรอบมโนทัศน์ สูงกว่า เพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพศหญิงปรับปรุงเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่า เพศชาย

เจน แอน ไฮน์ซ์-ฟราย (Heinze-Fry 1987:95) ได้ทำการวิจัย โดยมีจุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อประเมินผลการใช้กรอบมโนทัศน์ เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ อย่างมีความหมาย และเพื่อหาว่า กรอบมโนทัศน์ส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และช่วยบูรณาการความคิด, ความรู้สึก และการแสดงออกของนักเรียนหรือไม่ ในการวิจัยกำหนดให้นักเรียนในกลุ่มทดลองใช้กรอบมโนทัศน์ในระหว่างการเรียน แล้วเปรียบเทียบกับนักเรียนของนักเรียนในกลุ่มควบคุมซึ่งใช้ชีวิตเรียนแบบบรรยาย นักเรียนทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองถูกทดสอบครั้งแรกหลังจากเรียนจบบทเรียน และได้รับการสอบครั้งที่สองหลังจากนั้นอีก 5 เดือน ข้อสอบเป็นแบบสัมภาษณ์ และข้อสอบแบบเลือกตอบ มีการเปรียบเทียบการได้รับความรู้, ความจำ และประสิทธิภาพของการเรียนการสอนระหว่างนักเรียนทั้งสองกลุ่ม โดยใช้การทดสอบค่า ที (t-test) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระโดยใช้ เอโนวา (split plot ANOVA) และวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) และมีการใช้แบบสอบถามความคิด - ความรู้สึก - การแสดงออก, แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปลายภาคเรียน เพื่อประเมินผลนักเรียนว่า กรอบมโนทัศน์มีอิทธิพลต่อความคิด, ความรู้สึก และการแสดงออกอย่างไร แล้วคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนจากแบบสอบถามทั้งสามตอน จากผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างคะแนนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามตัวแปรอิสระก่อนข้างจะสนับสนุนกลุ่มทดลอง (แบบสัมภาษณ์มีค่า p ระหว่าง .08 - .35 และแบบเลือกตอบมีค่า p ระหว่าง .07 - .13) จากการวิเคราะห์ เอโนวา (split plot ANOVA) แสดงให้เห็นว่า เทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้าง (Structure Analysis Technique) และโครงสร้างความรู้ มีผลกระทบต่อ การตอบสนองการสร้างกรอบมโนทัศน์ของนักเรียน ในขณะที่มีแนวโน้มว่า นักเรียนในกลุ่มควบคุมที่มีเทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้างสูง มีคะแนนมาก

กว่านักเรียนในกลุ่มทดลองที่มีเทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้างสูงจากการทดสอบครั้งแรก แต่ในการทดสอบครั้งที่สองนักเรียนในกลุ่มควบคุมที่มีเทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้างสูงมีคะแนนต่ำกว่านักเรียนในกลุ่มทดลองที่มีเทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้างสูง ส่วนนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่มีเทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้างต่ำ คะแนนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในการพิจารณาาร่วมกันทั้งการทดสอบครั้งแรกและการทดสอบครั้งที่สองพบว่าคะแนนของนักเรียนในกลุ่มควบคุมที่มีเทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้างสูงและต่ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนในกลุ่มทดลองเกิดความรู้สึกว่ากรอบมโนทัศน์ช่วยเพิ่มพูนบูรณาการทางความรู้แก่เขา ช่วยให้เกิดเข้าใจเนื้อหาวิชา ทำให้การเชื่อมสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ชัดเจนขึ้น และช่วยให้เขาใช้เวลาในการจำน้อยลง และพบว่าค่าสหสัมพันธ์ของความคิด, ความรู้สึก และการแสดงออกจากแบบสอบถามมีค่าเชิงบวก นอกจากนี้ยังพบว่ากรอบมโนทัศน์ทำให้การเรียนรู้มีความหมายเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และกรอบมโนทัศน์มีศักยภาพในฐานะเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีความหมายในห้องเรียนและการเรียนรู้ในห้องเรียนเพื่อเรียนรู้ทางสังคม

ลินคา ลอนคาร์ริค (Loncaric 1986:96) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับยุทธวิธีกรอบมโนทัศน์ ที่มีอิทธิพลต่อการเรียนมโนทัศน์วิชาสังคมศึกษา การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีการทดสอบนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยข้อสอบวัดความสามารถในการอ่านจับใจความ (The Gates-Mac Ginitie Reading Test:Second Edition) คะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการอ่านถูกแบ่งที่ค่ามัธยฐาน และใช้ในการจัดกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการอ่านสูง และกลุ่มที่มีความสามารถในการอ่านต่ำ นักเรียนในกลุ่มทดลองได้รับการเรียนการสอนโดยใช้ยุทธวิธีกรอบมโนทัศน์ (Concept Mapping Strategy, CMS) ร่วมกับโปรแกรมการเรียนวิชาสังคมศึกษาตามปกติ ส่วนนักเรียนในกลุ่มควบคุมได้รับการเรียนการสอนโดยโปรแกรมการเรียนวิชาสังคมศึกษาตามปกติอย่างเดียว มีการทดสอบด้วยข้อทดสอบวิชาสังคมศึกษาทั้งสองกลุ่มเพื่อหาความสำเร็จของยุทธวิธีกรอบมโนทัศน์ (CMS) ผลการวิจัยพบว่า คะแนนจากข้อทดสอบวิชาสังคมศึกษาระหว่างนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าคะแนนจากข้อทดสอบวิชาสังคมศึกษาระหว่างนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่มี

ความสามารถในการอ่านคำ และระหว่างนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่มีความสามารถในการอ่านสูง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิจัยได้สรุปว่ายุทธวิธีกรอมมโนทัศน์ ช่วยเหลือนักเรียนในการสร้างมโนทัศน์วิชาสังคมศึกษา และเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนทั้งกลุ่มที่มีความสามารถในการอ่านสูงและกลุ่มที่มีความสามารถในการอ่านต่ำ มีข้อเสนอแนะว่า การวิจัยในอนาคตควรมีการใช้กรอมมโนทัศน์ในหลาย ๆ วิชา และหลาย ๆ ระดับชั้น ในระดับประถมศึกษา

ปีเตอร์ อคินโซลา โอคิบูโกลา และ โอลักบีมีโร เจ เจกิติ (Okebukola and Jegede 1988:489-500) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของพฤติกรรมทางความรู้ และแบบการเรียนรู้ ที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ที่มีความหมายโดยผ่านทางกรอมมโนทัศน์ ซึ่งในการวิจัยเรื่องนี้ได้กำหนดตัวแปรอิสระได้แก่ พฤติกรรมทางความรู้ และแบบการเรียนรู้ ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ที่มีความหมาย และความสามารถในการสร้างกรอมมโนทัศน์หรือความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์ พฤติกรรมทางความรู้เป็นบุคลิกภาพของแต่ละบุคคลที่จะรวบรวมความรู้และจัดประเภทมโนทัศน์จากการเรียนรู้ หรือเป็นยุทธวิธีของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับกระบวนการข่าวสารความรู้ที่บุคคลจะแสดงออกต่อการรับรู้, จดจำ, ลึก และแก้ไขปัญญา ซึ่งพฤติกรรมทางความรู้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 4 ด้านคือ ด้านความรู้ ความจำ, ด้านความเข้าใจ, ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และด้านนำไปใช้ ส่วนแบบการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้มี 2 แบบ คือ เรียนเป็นกลุ่ม กับเรียนตามลำพัง ในงานวิจัยนี้มีการตั้งสมมติฐาน 2 ประการ ประการแรกมีสมมติฐานว่า บุคคลที่ใช้พฤติกรรมด้านความเข้าใจจะบรรลุผลสำเร็จในการสร้างกรอมมโนทัศน์ และมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ที่มีความหมายสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลที่มีพฤติกรรมทางความรู้ด้านอื่น ๆ ประการที่สองมีสมมติฐานว่า ในการเรียนการสอนโดยใช้ยุทธวิธีกรอมมโนทัศน์นั้น บุคคลที่เรียนแบบเป็นกลุ่มจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ที่มีความหมายสูงกว่า บุคคลที่เรียนตามลำพัง ในการวิจัยใช้ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นระดับเตรียมมหาวิทยาลัย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ แห่งมหาวิทยาลัยลาดอส ประเทศไนจีเรีย จำนวน 145 คน (ชาย 84, หญิง 61) อายุระหว่าง 15 ปี 3 เดือน ถึง 21 ปี 2 เดือน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 64 คน กลุ่มควบคุม 81 คน นักเรียนในกลุ่มทดลองเรียนวิชาชีววิทยาโดยผู้ช่วยผู้วิจัยที่ใช้เทคนิควิธีกรอมมโนทัศน์ ส่วนนักเรียนในกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีจดและหังคำบรรยาย เนื่องจากมีตัวแปรเกี่ยวกับพฤติกรรม

ทางความรู้ 4 ตัวแปร ตัวแปรเกี่ยวกับแบบการเรียนรู้ 2 ตัวแปร ดังนั้นตัวอย่างประชากร ในกลุ่มทดลองจึงจัดเป็นตัวประกอบ 4×2 และการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Pretest-Posttest Experiment) ที่มีการเปรียบเทียบพฤติกรรมทางความรู้ และแบบการเรียนรู้ สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย รายการพฤติกรรมทางความรู้ในวิชาชีววิทยา (The Biology Cognitive Preference Inventory, BCPI) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจำแนกนักเรียนออกตามพฤติกรรมทางความรู้ทั้ง 4 ด้าน และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ผลการวิจัยพบว่า (1) จากการทดสอบค่า t (t-test) ก่อนการทดลองปรากฏว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากเรียนจบแล้ว เมื่อทดสอบค่า t (t-test) ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในกลุ่มทดลองสูงกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (2) จากการทดสอบค่า t (t-test) ก่อนการทดลองปรากฏว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียนแบบเป็นกลุ่ม กับที่เรียนตามลำพัง ไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากเรียนจบแล้ว มีการทดสอบค่า t มีการวิเคราะห์ค่าสถิติโดยใช้ เอโนวา (ANOVA) กับตัวประกอบ 4 (พฤติกรรมทางความรู้) $\times 2$ (แบบการเรียนรู้) พบว่า พฤติกรรมทางความรู้แต่ละด้าน และแบบการเรียนรู้แต่ละแบบให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และพฤติกรรมด้านความเข้าใจมีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงที่สุด และแบบการเรียนรู้แบบเป็นกลุ่ม มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าแบบการเรียนรู้อตามลำพัง

สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับกรอบมโนทัศน์ ในด้านการใช้กรอบมโนทัศน์เป็นเครื่องมือวัดความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ การใช้กรอบมโนทัศน์ เพื่อสนับสนุนและส่งเสริมโครงสร้างการแสดงสัญลักษณ์ทางความรู้ของนักเรียน การสำรวจความเข้าใจในการสร้างกรอบมโนทัศน์ของนักเรียน และการใช้กรอบมโนทัศน์เป็นยุทธวิธีในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาอื่น ๆ ทำให้รู้ว่า ความสามารถในการเชื่อมสัมพันธ์มโนทัศน์วิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้สอนสามารถนำกรอบมโนทัศน์มาใช้ฝึกหัดนักเรียนได้ และทำให้นักเรียนมีความเข้าใจความรู้ อย่างชัดเจน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น