

## ผังมโนทัศน์

### ความหมาย

ผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เป็นแผนภูมิอย่างง่ายที่มีโครงสร้างแสดงถึงการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ต่าง ๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันที่เขียนขึ้นตามความรู้ความเข้าใจ และแนวคิดของผู้ที่ออกแบบผังมโนทัศน์นั้น

### ความเป็นมา

แนวคิดเชิงทฤษฎีอันเป็นพื้นฐานที่มาของลักษณะผังมโนทัศน์ ได้แก่ ทฤษฎีสกีม่า (Schema Theory) และทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบล

สกีม่าเป็นชุดของความรู้ที่ถูกจัดไว้เสมือนช่องบรรจุสารสนเทศ สกีม่าจึงอาจสร้างขึ้นและขยายเพิ่มได้ สกีม่าเป็นฐานอันสำคัญของโครงสร้างความรู้หรือแบบจำลองของสมอง สกีม่ามีบทบาทเป็นตัวจัดรูปแบบ หากช่องบรรจุสารสนเทศมีมากพอ สกีม่าก็จะว่องไว ทำให้มีสารสนเทศใหม่ ๆ มาเติมในส่วนที่ยังเหลืออยู่ ประการสุดท้าย สกีม่ายังแปลความหมายของสถานการณ์ใหม่โดยอาศัยความรู้ที่มีมาก่อนได้ ถ้าสารสนเทศนั้นเหมาะสมจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้

ผู้นำทางความคิดซึ่งมีผลงานระดับปรมาจารย์ทางด้านผังมโนทัศน์และสมควรกล่าวถึง ได้แก่ โนวแควค และ โกวิน (Novak & Gowin, 1984) ซึ่งทำการศึกษาวิจัยอย่างจริงจังกับผู้เรียนทุกระดับชั้นในประเทศสหรัฐอเมริกา และได้เขียนหนังสือที่น่าสนใจเล่มหนึ่งชื่อ Learning How to Learn โดยเสนอผลการศึกษาดลอดจนให้หลักการและแนวทางต่าง ๆ ไว้ค่อนข้างสมบูรณ์ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านที่สนใจใคร่รู้

ในช่วงหลังปี ค.ศ. 1960 โจเซฟ ดี โนวแควค (Joseph D. Novak อ้างจาก Roth & Roychoudhury, 1993) แห่งมหาวิทยาลัย คอร์เนล (Cornell University) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เริ่มศึกษาถึงเทคนิคผังมโนทัศน์โดยอาศัยแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning) ของ เดวิด ออสซูเบล (Ausubel, 1963) ซึ่งทฤษฎีนี้เชื่อว่าโครงสร้างการรู้คิดของบุคคลมีลักษณะเป็นลำดับขั้นลดหลั่นกันลงมา ความรู้ใหม่ที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ที่เคยทราบมาแล้วทำให้การเรียนรู้ที่มีความหมายแก่บุคคล อิทธิพลของออสซูเบลปรากฏอย่างเด่นชัดในรูปแบบโครงสร้างของผังมโนทัศน์ที่โนวแควคริเริ่มและเผยแพร่ผลงานการศึกษาวิจัยที่เขาได้บุกเบิกมาอย่างจริงจังและต่อเนื่องก่อนปี ค.ศ. 1973 ช่วงหลังของปี พ.ศ. 2525 มีวิทยากรบางคนที่ศูนย์ซีมีโอ เรคแซม (SEAMEO-RECSAM) เมืองปีนัง ประเทศมาเลเซีย ได้นำเทคนิคผังมโนทัศน์มาเผยแพร่ให้แก่คณะครูและนักการศึกษาที่เข้ารับการอบรมทางด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในบางรายวิชานั้น

จากการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ. 2529 เริ่มมีงานวิจัยเกี่ยวกับผังมโนทัศน์ของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาในประเทศไทย เช่น ทีมมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร และการศึกษาวิจัยเรื่องนี้ที่ปรากฏต่อมาล้วนอยู่ในรูปสื่อที่เป็นกระดาษเท่านั้น จวบจนกระทั่งในภาคต้นปีการศึกษา 2541 เริ่มมีงานวิจัยของนิสิตระดับปริญญาเอก ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษาคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เริ่มใช้ผังมโนทัศน์ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยบันทึกบทเรียนนั้นบนแผ่นซีดี-รอม ปัจจุบันยังคงมีการศึกษาวิจัยเรื่องผังมโนทัศน์ในหลายสาขาวิชาทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย เช่น ชีววิทยา เคมี

ฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ทั่วไป สังคมศึกษา และเทคโนโลยีทางการศึกษา เป็นต้น และผังมโนทัศน์เข้าไปสู่โลกของอินเทอร์เน็ตเมื่อไม่นานมานี้ตามความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

ผังมโนทัศน์ ตรงกับคำที่ใช้กันอยู่ในภาษาอังกฤษหลายคำพบว่ามีการใช้กันอยู่ในเอกสารบทความ ตำรา และหนังสือ เช่น Concept Mapping, Conceptual Mapping, Concept Maps หรือย่อว่า C-Maps นอกจากนี้ยังพบว่าตรงกับคำอื่นๆ อีกหลากหลาย เช่น Conceptual Framework, Semantic Mapping, Semantic Maps, Semantic Networking, Plot Maps, Clustering, Concept Webs และ Semantic Webs เป็นต้น ส่วนคำที่มีใช้กันในภาษาไทยพบว่ามีแตกต่างกันไปหลายคำเช่นเดียวกัน อาทิ กรอบมโนคติ แผนภูมิมโนทัศน์ กรอบมโนทัศน์ ผังมโนภาพ แผนที่มโนคติ และแผนผังมโนคติ หากแต่ในที่นี้จะใช้คำว่า ผังมโนทัศน์

สำหรับแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการสร้างผังมโนทัศน์นั้นสามารถที่จะพิจารณาได้โดยง่ายจากลักษณะโครงสร้างหลักในภาพประกอบ 1 ตามแนวคิดของโนแวก และโครงสร้างของผังมโนทัศน์แต่ละประเภทที่จะกล่าวถึงต่อไป

**ลักษณะสำคัญของผังมโนทัศน์**

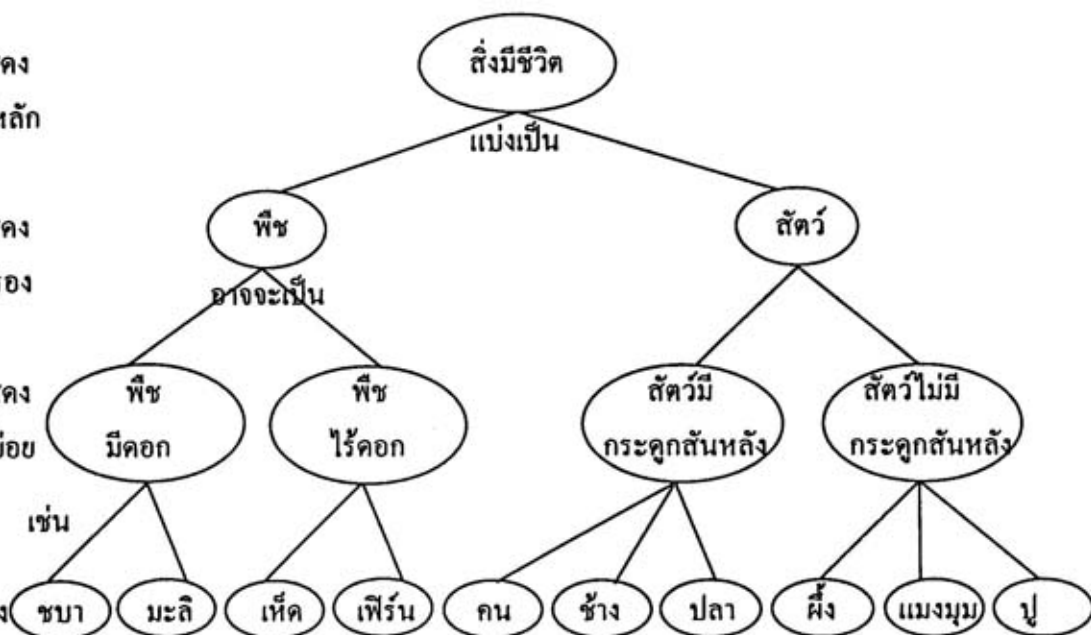
ลักษณะผังมโนทัศน์ตามแนวคิดของโนแวก เป็นแผนภูมิอย่างง่ายที่แสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำมโนทัศน์ต่างๆ (ได้แก่คำมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย จนถึงตัวอย่าง) ด้วยเส้นและคำเชื่อมโยง (บางทีอาจจะละไว้ได้เพราะไม่จำเป็นต้องเขียนก็สามารถเข้าใจได้) ลักษณะความสัมพันธ์นี้อาจเป็นรูปแบบง่าย ๆ หรือซับซ้อนซึ่งเป็นลำดับชั้นลดหลั่นกันลงมา (hierarchy) ดังอย่างในภาพประกอบ 1 ซึ่งผู้เขียนเรื่องนี้ใช้ความรู้เดิมในวิชาวิทยาศาสตร์มาเขียนใหม่ในรูปของผังมโนทัศน์ โดยเจตนาเขียนคำและข้อความกำกับบนเส้นเชื่อมโยงเพียงบางแห่งเท่านั้น

ระดับที่ 1 แสดง  
คำมโนทัศน์หลัก

ระดับที่ 2 แสดง  
คำมโนทัศน์รอง

ระดับที่ 3 แสดง  
คำมโนทัศน์ย่อย

ระดับที่ 4  
แสดงตัวอย่าง



ภาพประกอบ 1 ผังมโนทัศน์ของสิ่งมีชีวิต (วิชาวิทยาศาสตร์)

การอ่านความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ต่าง ๆ (ที่แสดงในผังมโนทัศน์นี้) ในแต่ละระดับสามารถกระทำได้โดยเขียนหรืออ่านเป็นประโยคข้อความที่มีความหมายในตัวเองได้ดังนี้

- สิ่งมีชีวิต แบ่งเป็น พืช สัตว์
- พืชอาจจะเป็นพืชมดดอก พืชไร้ดอก
- สัตว์อาจจะเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลัง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

ไม่มีกระดูกสันหลัง

- พืชมดดอก เช่น ขบา มะลิ
- พืชไร้ดอก เช่น เห็ด เฟิร์น
- สัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น คน ช้าง ปลา
- สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น ผีเสื้อ แมงมุม ปู

การเขียนผังมโนทัศน์มักจะเขียนเส้นล้อมรอบคำมโนทัศน์ซึ่งเป็นคำนามหรือวลี เพื่อให้เห็นเด่นชัดและแตกต่างจากคำเชื่อมโยงซึ่งเป็นกริยา กริยาวิเศษณ์ หรือวลีนั้นสั้น ๆ

#### ลักษณะเด่น

เมื่อวิเคราะห์ผังมโนทัศน์ด้วยตัวอย่างในภาพประกอบ 1 จะเห็นว่ามโนทัศน์เด่นที่สำคัญ 3 ประการสรุปได้ดังนี้

1. ผังมโนทัศน์มีลักษณะสรุป หรือข้อสรุปสำคัญของเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งผู้เขียนสนใจได้อย่างกระชับ ด้วยแผนภูมิและข้อความบนกระดาษเพียงหน้าเดียวก็สามารถแสดงความเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำได้อย่างครอบคลุมเนื้อหาทำให้อ่านความหมายได้ง่ายและรวดเร็ว

2. จากผังมโนทัศน์อาจนำไปสู่การเขียนเป็นข้อความหรือประโยคที่แสดงแนวความคิดหลักและรองหรือย่อยลงไปนี้อาจขยายความออกไปได้อีก จากคำมโนทัศน์สู่ประโยค จนกระทั่งกลุ่มข้อความเสริม

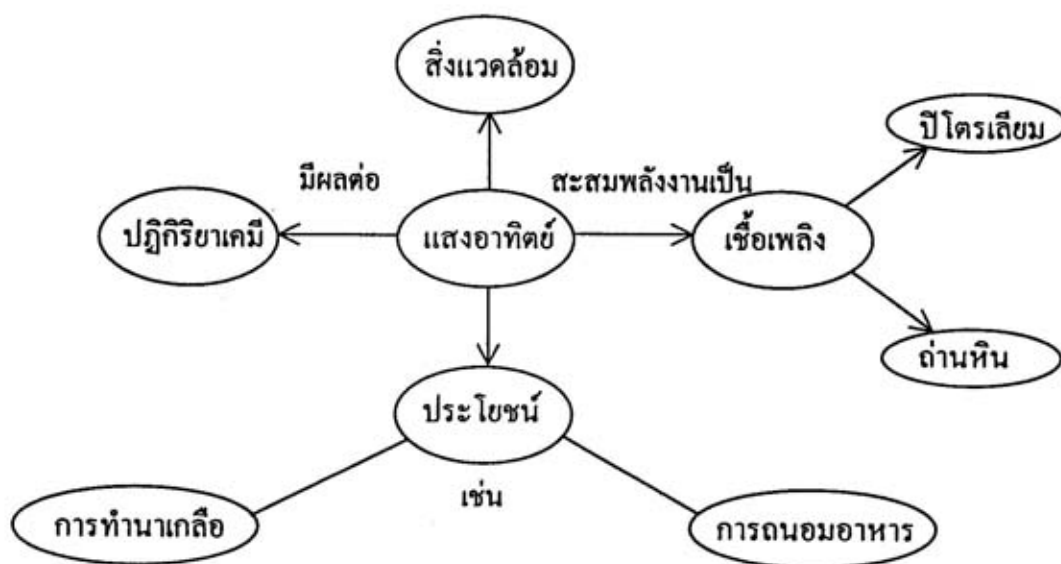
รายละเอียดเป็นย่อหน้า ๆ ได้เป็นเรื่องราว บทความ และรวมเล่มเป็นตำราได้ในที่สุด

3. การจัดลำดับความสัมพันธ์ระหว่างคำมโนทัศน์ต่าง ๆ ของเรื่องหนึ่งอาจสลับตำแหน่งใหม่ได้ขึ้นอยู่กับการจัดอันดับความสำคัญว่าจะเปลี่ยนให้คำมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รองและมโนทัศน์ย่อย ด้วยลักษณะพิเศษเช่นนี้เองจึงทำให้ผังมโนทัศน์ของคำมโนทัศน์ชุดเดียวกันอาจมีโครงสร้างที่แตกต่างกันไป ตามแนวคิดของแต่ละบุคคลเพราะต้องการที่จะเน้นต่างกัน

#### ประเภทของผังมโนทัศน์

ในการจัดแบ่งประเภทของผังมโนทัศน์นั้น เมิร์ลตัน (Merl Tan) แห่งมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์ ได้จัดแบ่งออกเป็น 4 ประเภท โดยผู้เขียนได้ทราบมาจากการสัมภาษณ์อาจารย์โทนี อนรรฆสันต์ ศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ และ อาจารย์มีนา โอวารินทร์ ผู้ชำนาญสาขาวิทยาศาสตร์ ภายภาพชีวภาพ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) เมื่อราวต้นปี พ.ศ. 2532 ที่สาขาวิทยาศาสตร์ภายภาพชีวภาพ สสวท และจากประสบการณ์ตรงของผู้เขียนได้สังเกตพบว่าการเขียนผังมโนทัศน์ชุดหนึ่ง ๆ มักจะมีการผสมกันไปหลายประเภทได้อีกด้วย จึงได้เสนอเพิ่มเข้าไปอีกหนึ่งประเภท คือ “ชนิดผสม” รวมเป็นประเภทที่ 5 ดังนี้

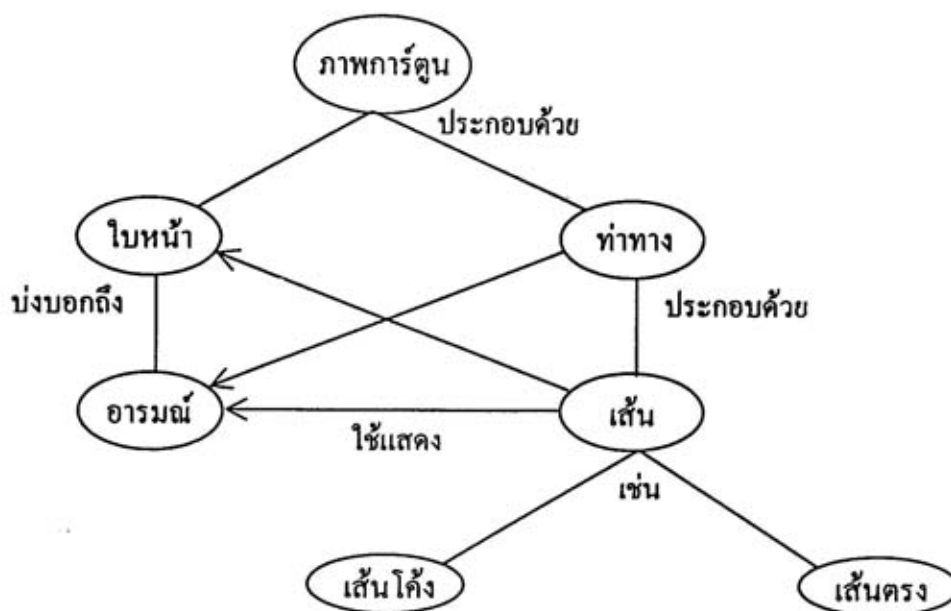
1. ชนิดกระจายออก (pointed grouping) จากคำมโนทัศน์หลักจะแสดงการเชื่อมโยงกันกับมโนทัศน์อื่น ๆ กระจายออกไปทุกทิศทุกทาง ซึ่งบางท่านเรียกผังมโนทัศน์ประเภทนี้ว่า Mind Mapping หรือ Spidergram ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ผังมโนทัศน์ของแสดงอาทิตย์

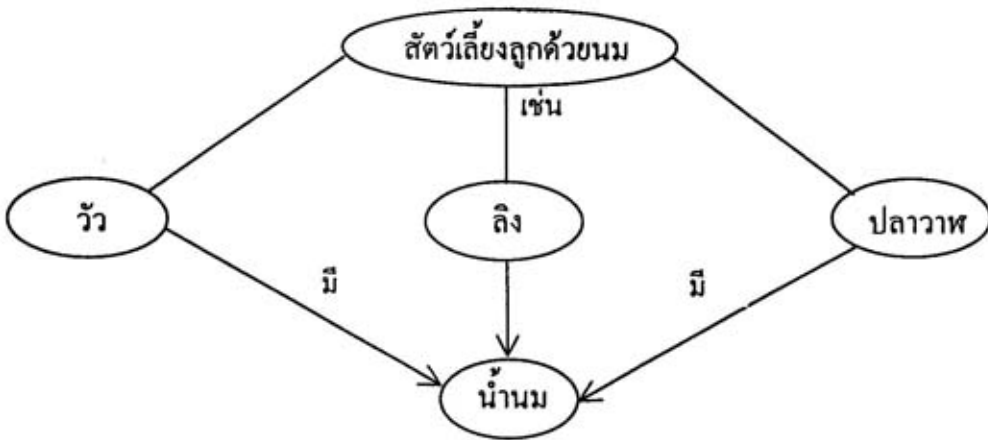
2. ชนิดปลายเปิด (opened grouping) เป็น ผังมโนทัศน์ที่แสดงการเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำมโนทัศน์จากบนลงล่าง ลดหลั่นลงไปเรื่อย ๆ ตามลำดับและความสำคัญของด้านมโนทัศน์ที่ผู้เขียนกำหนดไว้ ดังภาพประกอบ 1

3. ชนิดเชื่อมโยง (linked grouping หรือ cross link) มีลักษณะคล้ายกับชนิดปลายเปิด หากแต่มีการเชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างคำมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กันและมักเขียนแสดงหัวลูกศรเพื่อแสดงทิศทางของความสัมพันธ์ ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 3



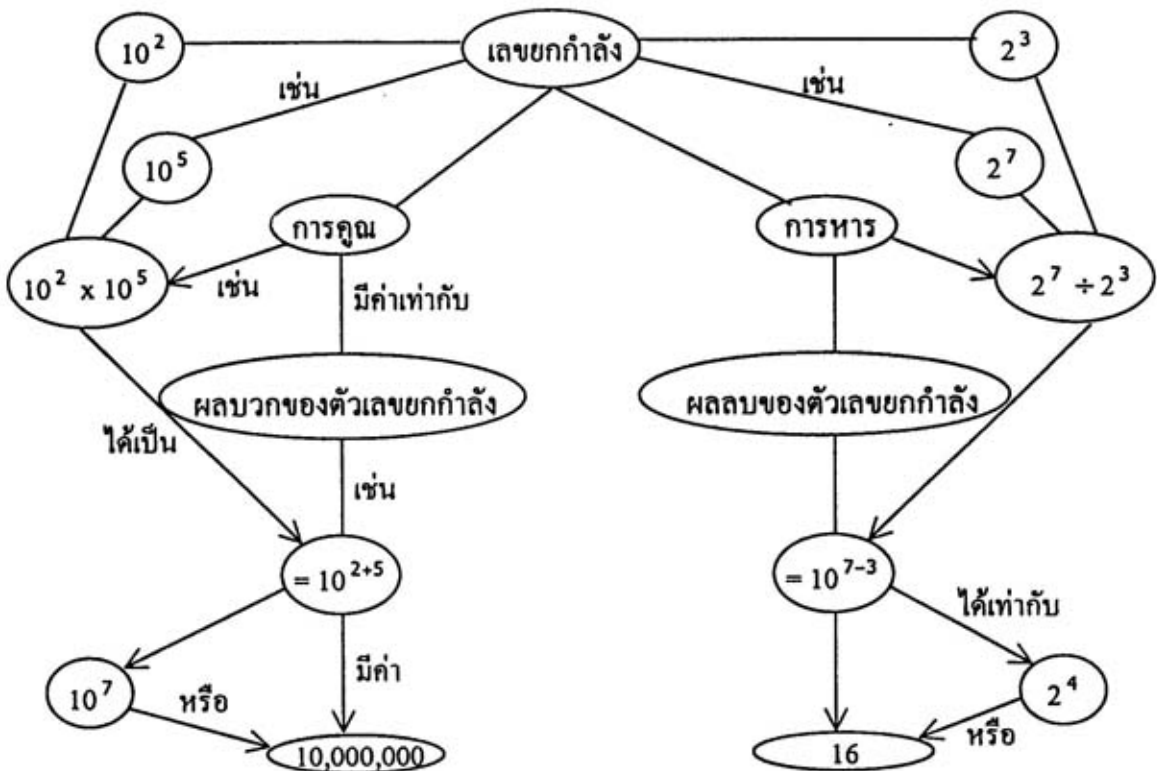
ภาพประกอบ 3 ผังมโนทัศน์เกี่ยวกับการเขียนภาพการ์ตูน

4. ชนิดปลายเปิด หรือปิดล้อมเป็นวง (closed grouping) ผังมโนทัศน์ชนิดนี้ค่อนข้างจะมีลักษณะจำกัดอยู่ในตัวเองค่อนข้างมาก เนื่องด้วยจะต้องเขียนให้คำมโนทัศน์มีการเชื่อมต่อเป็นวงปิด ดังภาพประกอบ 4

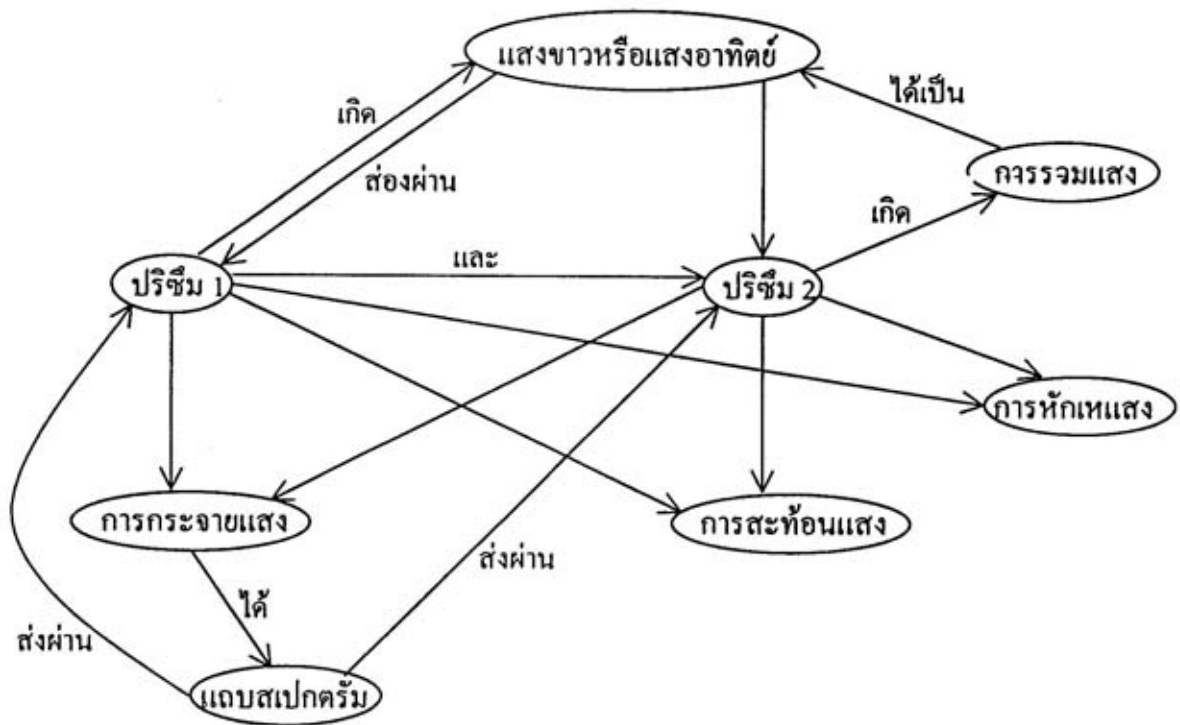


ภาพประกอบ 4 ผังมโนทัศน์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมบางชนิด

5. ชนิดผสม (combined grouping) บางครั้งผังมโนทัศน์ที่เขียนขึ้นมาอาจมีลักษณะผสมกันหลายแบบได้ ดังภาพประกอบ 5 และ 6



ภาพประกอบ 5 ผังมโนทัศน์ของเลขยกกำลังเกี่ยวกับการคูณ การหาร



ภาพประกอบ 6 ผังมโนทัศน์ของแสงขาวหรือแสงอาทิตย์

## ผังมโนทัศน์กับการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน

1. การพัฒนาหลักสูตร จากหลักการเบื้องต้นที่กล่าวมาแล้ว อาจพิจารณาเกี่ยวกับลักษณะเด่นของผังมโนทัศน์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดหลัก แนวคิดรอง และแนวคิดย่อยๆ ตลอดจนข้อเท็จจริง ทฤษฎี กฎ หลักการ และข้อสรุปต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย ด้วยเหตุนี้จึงพัฒนาหลักสูตรจึงได้นำผังมโนทัศน์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนและการออกแบบหลักสูตรได้ เช่น พอสเนอร์และรูดนิทสกี (Posner & Rudnitsky) และ เบรดี (Brady) เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม พอสเนอร์และรูดนิทสกีได้ให้ข้อยืนยันว่าผังมโนทัศน์นั้นไม่อาจแสดงรายละเอียดได้ทั้งหมด หากแต่จำเป็นต้องเสนอเป็นระดับความละเอียดคู่เคียงกับการทำแผนที่หลายระดับเช่นแผนที่โลก แผนที่ประเทศ แผนที่จังหวัด แผนที่อำเภอ แผนที่

ตำบล แผนที่หมู่บ้าน ตามลำดับ ซึ่งแต่ละระดับจะสามารถเสนอรายละเอียดปลีกย่อยได้แตกต่างกันตามจุดประสงค์

ปี ค.ศ. 1995 เอ็ดมอนด์สัน (Edmondson) ได้ทำการวิจัยพบว่า ผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการพัฒนาหลักสูตรเชิงบูรณาการได้เป็นอย่างดี เช่น หลักสูตรแพทยศาสตร์หรือหลักสูตรสหวิทยาการ ในสาขาวิชาอื่นๆ การนำผังมโนทัศน์ไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยทางการพัฒนาหลักสูตรเช่นนี้ยังพบว่ามีน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับด้านการเรียนการสอน

2. การเรียนการสอน ในต่างประเทศมีการค้นคว้าและทำการวิจัยเกี่ยวกับผังมโนทัศน์กับการเรียนการสอนในสาขาวิชาต่างๆ นอกจากทางสาขาศึกษาศาสตร์ในแง่มุมต่างๆ งานวิจัยในประเทศไทยมักเป็นทางด้านการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษาที่ศึกษา

เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (พิทักษ์ เจริญวานิช หทัยรัช รังสุวรรณ และ สุกัญญา อินทรีย์) ส่วน ลอ อางนันทน์ ใช้ผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนและความคิดสร้างสรรค์ วิชากลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต (เน้นเนื้อหาทางด้านสังคมศึกษา) ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 นอกจากนี้ครูอาจใช้ผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือสอนนักเรียนให้รู้จักการระดมความคิดด้วยตนเองในการเขียนเรียงความ (มนัส บุญประกอบ) ได้อีกด้วย ล่าสุดพบว่า มีนักวิจัยทางการศึกษาใช้ผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือหรือเทคนิคพิเศษในการประเมินผลการเรียนรู้ในระดับบัณฑิตศึกษา (McClure, Sonak. & Suen)

### การนำไปใช้

นอกจากประโยชน์ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ยังพบอีกว่าผู้ศึกษาและประยุกต์ใช้ผังมโนทัศน์ในงานด้านอื่น ๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น

- การวางแผนงานเพื่อทำโครงการ การฝึกซ้อมกีฬา การทดลอง การสัมภาษณ์
- การเตรียมเขียนบทความ เรียงความ คำว่าต่าง ๆ และการพูด
- การสรุปเนื้อหา แนวคิด หรือกิจกรรมในการเรียนรู้ของนักเรียนทุกระดับชั้นเรียน
- การเรียนการสอน อาจใช้ทำเป็นแบบฝึกหัดสรุปบททวน หรือประเมินผลการเรียนรู้

จึงอาจกล่าวได้ว่าผังมโนทัศน์เป็นแผนภูมิอย่างง่ายชนิดหนึ่งที่อาจใช้ประโยชน์เป็นเครื่องมือได้อย่างกว้างขวาง ในภารกิจทางด้านการศึกษาและงานอื่นๆ ตั้งแต่การวางแผน การพัฒนาหลักสูตร การออกแบบหน่วยการเรียนการสอนตลอดจนการจัดประสบการณ์การเรียนการสอนในระดับห้องเรียน แม้กระทั่งการวัดความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเป็นรายบุคคล

มนัส บุญประกอบ

## บรรณานุกรม

- ไทนีย์ อนุธรรมสันต์ และ มีนา โอวารินทร์ เป็นผู้ให้สัมภาษณ์. มนัส บุญประกอบ เป็นผู้สัมภาษณ์. ที่สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ. 2532.
- พิทักษ์ เจริญวานิช. การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการสอนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์กับการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2531.
- มนัส บุญประกอบ. "นวัตกรรมการสอน : วิถีใหม่สู่การเขียนเรียงความ," วารสาร มศว ปทุมวัน. 16(1) : 149 - 147; กันยายน 2534.
- ลออ อางนันทน์. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่องสิ่งแวดล้อมทางสังคมของนักเรียนชั้นปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. 2542.
- สุกัญญา อินทรีย์. ผลการสอนโดยใช้แผนภูมิมีนทัศน์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2541.

- หทัยรัช รั้งสุวรรณ. ผลการสอนโดยใช้แผนที่มีโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพด้านมโนคติและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5. ปรียญญาณิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. 2539.
- Ausubel, D.B. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning : An Introduction to School Learning.** New York : Grune & Straton. 1963.
- Brady, L. **Curriculum Development.** 3<sup>rd</sup> ed. Burwood, Victoria : Brown Prior Anderson. 1990.
- Edmondson, K.M. "Concept Mapping for the Development of Medical Curricula," **Journal of Research in Science Teaching.** 32(7) : 777 - 793 ; 1995.
- Gagne'. R.M., & Glaser. "Foundations in Learning Research," in **the Instructional Technology : Foundation.** Hillsdale, NJ : Lawrence Earibaum Associates, 1987.
- Helmlich, J.E. **Semantic Mapping : Classroom Applications.** Newark, Delaware : International Reading Association, 1986.
- McClure, J.R.; B. Sonak. & H.K. Suen. "Concept Map Assessment of Classroom Learning : Reliability, Validity, and Logistical Practicality," **Journal of Research in Science Teaching.** 36(4) : 475 - 492; 1999.
- Novak, J.D., & D.B. Gowin. **Learning How to Learn.** Cambridge : University Press. 1984.
- Posner, G.J., & A.N. Rundnitsky. **Course Design.** 3<sup>rd</sup> ed. White Plains. NY : Longman. 1986.
- Rico, G.L. **Writing the Natural Way.** LA : J.P. Tarcher. 1983.
- Roth, W-M., & A. Roychoudhury. "Using Vee and Concept Maps in Collaborative Settings : Elementary Education Majors Construct Meaning in Physical Science Courses," **School Science and Mathematics.** 93(5) : 237 - 244; 1993.
- Schnid, R.F., & G. Telaro. "Concept Mapping as an Instructional Strategy for High School Biology," **The Journal of Educational Research.** 84(2) : 78 - 85; 1990.