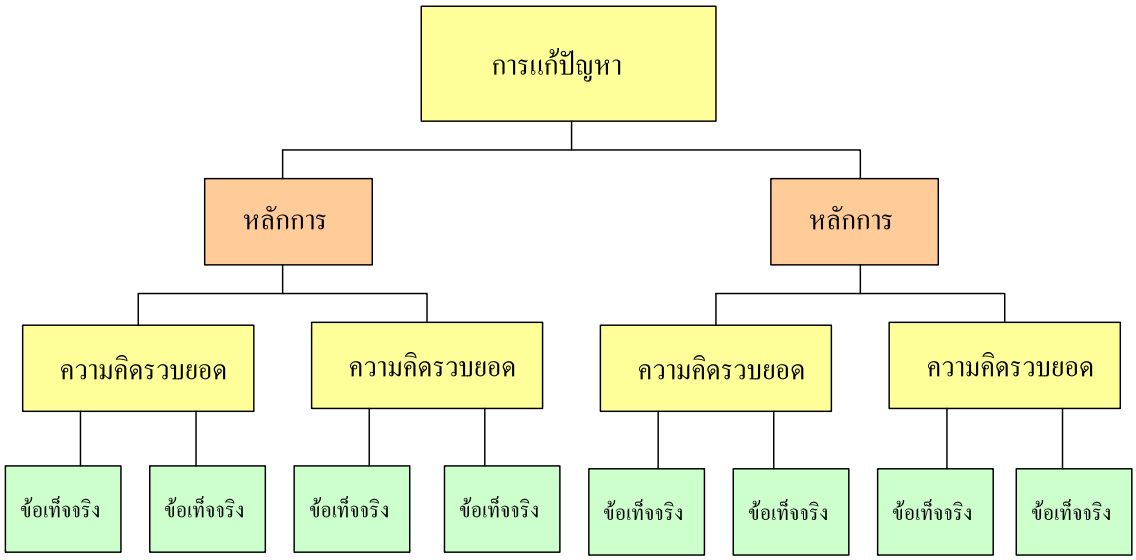
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการสอนด้วยรูปแบบการสอนความคิดรวบยอดกับการสอนปกติ ในเรื่องการออกแบบวงจรนิวเมติกส์ควบคุมด้วย PLC ได้มีการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อต่อไปนี้

2.1 โครงสร้างการเรียนรู้ (Learning Structure)

โครงสร้างการเรียนรู้หมายถึง ลักษณะของเนื้อหาที่ถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบการเรียนรู้ของมนุษย์โดยมีองค์ประกอบเป็นลำดับขั้น (Hierarchy) มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ คือ ข้อมูลเท็จจริง (Fact) ความคิดรวบยอด(Concept), หลักการ (Principle), และการแก้ปัญหา (Problem Solving) แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างการเรียนรู้ (Learning Structure)

2.2 ข้อเท็จจริง (Fact)

ข้อเท็จจริง (fact) คือ ข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในอดีตและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (อ้างใน [6]) ได้ให้คำอธิบายว่า ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง(Factual Information) มีองค์ประกอบ 2 องค์ประกอบด้วยกัน คือ

2.2.1 ระบบข้อเท็จจริง (Fact System)

ระบบข้อเท็จจริง คือ ศูนย์รวมข้อมูล (Facts) ต่าง ๆ ที่จัดไว้เป็นกลุ่ม ที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แผนที่ หรือ โมเดล (Model) จะมีข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทางภูมิศาสตร์ ตลอดจนป้าย หรือคำอธิบายต่าง ๆ ที่รวมไว้ด้วยกันอย่างมีระบบ ระบบข้อเท็จจริงที่ดีนั้นจะช่วยให้มนุษย์สามารถระลึกข้อมูลที่เก็บไว้ได้ และนำออกมาใช้ในการแปลความหมาย หรือ มีปฏิสัมพันธ์ (Interact) กับสิ่งต่าง ๆ ได้รวดเร็ว และถูกต้อง ระบบข้อเท็จจริงมีองค์ประกอบ 2 ชนิด คือ

ก. ข้อเท็จจริงที่เป็นรูปธรรม (Concrete Facts) คือ ข้อมูลที่เกี่ยวกับสิ่งของที่เป็นรูปธรรม สามารถเรียนรู้ได้จากการได้เห็น ได้สัมผัส หรือ มีประสบการณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งเหล่านั้น ทำให้สามารถจดจำ และรู้จักสิ่งนั้นได้

ข. ข้อเท็จจริงที่เป็นสัญลักษณ์(Verbal or Symbol Information) ที่ใช้แทน บุคคล สถานที่ หรือความรู้สึก เช่น คำอธิบายรูปร่างลักษณะ (Description) ของเหตุการณ์ สัญลักษณ์ที่แสดงคุณสมบัติของ เครื่องจักร สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ หรือสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า

2.2.2 ศูนย์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกำกระบานการดำเนินงาน (Algorithms)

ศูนย์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกำกระบานการดำเนินงาน หมายถึง ศูนย์ที่จะช่วยให้มนุษย์สามารถค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวกับการตัดสินใจดำเนินงาน ศูนย์นี้ประกอบด้วยข้อมูล 2 ประเภท คือ

ก. ข้อมูลที่แสดงกระบวนทำงาน (Linear Procedure)ที่ต่อเนื่องกันไปตามลำดับ (Simple Step by Step Procedure) หรือขบวนการลูกโซ่ (Chaining Procedure) ข้อมูลนี้จะประกอบด้วยขั้นตอน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียน หรือผู้ปฏิบัติสามารถกำเนินงานได้ ความสามารถของผู้ปฏิบัติงานในลักษณะลูกโซ่นี้จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้รับ และความสามารถเฉพาะตัวของบุคคลที่จะทำตามข้อมูลนั้นได้

ข. ข้อมูลที่ทำให้เกิดพฤติกรรมในการจำแนก หรือเลือกหาในสิ่งที่ต้องการได้ (Decision Procedure or Discrimination) การจำแนก (Discrimination) แตกต่างจากพฤติกรรมแบบลูกโซ่ กล่าวคือ พฤติกรรมแบบลุกโซ่นั้น จะเกิดขึ้นตามลำดับของสิ่งเร้า (Stimulus) แต่พฤติกรรมที่เกิดในการจำแนกความแตกต่าง ไม่เกิดขึ้นตามลำดับของสิ่งเร้าที่ปรากฏ แต่จะเกิดจากแรงบันดาลของข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ ที่สะสมมาเป็นความซับซ้อนของสิ่งเร้าที่ปรากฏ เช่น การหยิบโทรศัพท์พูดนั้น กระบวนการตั้งแต่การได้ยินเสียงกริ่งจนกระทั่งพูดเป็นการตอบสนอง (React) ต่อลำดับ (Series) ของสิ่งเร้าที่เกิดขึ้นแต่การที่จะเลือกต่อโทรศัพท์ไปยังเครื่องหนึ่งอย่างถูกต้องนั้นเป็นพฤติกรรมที่เกิดในการจำแนกความแตกต่าง

Klausmeier & Goodwin [13] กล่าวถึงข้อเท็จจริง (Fact) ว่าเป็นข้อมูลที่อ้างถึงสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้นแล้ว เช่น เหตุการณ์ (Event), หรืออ้างถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ข้อมูลที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริงมี 2 ประการด้วยกันคือ

1. ข้อมูลที่ประกอบด้วย ชื่อ (Name), หรือ สัญลักษณ์ (Label) ของเหตุการณ์ต่างๆและของวัตถุ
2. ข้อมูลที่เป็นการบรรยายรูปร่างลักษณะ (Description) ของเหตุการณ์ หรือวัตถุนั้น ๆ ข้อมูลที่บรรยายรูปร่างลักษณะนั้นเป็นการบรรยายเฉพาะเหตุการณ์ หรือ วัตถุ ไม่ได้บรรยายเป็นวงกว้าง (Large Pattern)

จากความหมายของข้อเท็จจริงที่นักศึกษาและนักจิตวิทยาได้ให้ไว้นั้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ข้อเท็จจริง หมายถึง ข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็น ชื่อหรือสัญลักษณ์ ที่ใช้แทนวัตถุ สิ่งของ หรือกระบวนการดำเนินงานที่อ้างถึงบางสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้นแล้ว ทั้งในอดีต และปัจจุบัน

2.3 ความคิดรวบยอด (Concept)

2.3.1 ความหมายของความคิดรวบยอด

ความคิดรวบยอด มาจากภาษาอังกฤษว่า (Concept) บางคนอาจแปลว่า ความคิดรวบยอด มโนทัศน์ สังกัป มโนภาพ และมโนมติ นอกจากนี้นักจิตวิทยาหลายท่านได้ให้ความหมายของ คำว่า ความคิดรวบยอดไว้ดังนี้

ความคิดรวบยอด หมายถึง เป็นการจัดจำพวก (Class) กลุ่มของวัตถุ สัญลักษณ์ เหตุการณ์ หรือบุคคลที่มีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งรวมกลุ่มกันด้วยลักษณะบางอย่างที่เหมือนกัน โดยปกติจะระบุถึงความคิดรวบยอดหนึ่ง ๆ โดยชื่อของมัน และสามารถอ้างอิงไปสู่ลักษณะเด่นเฉพาะตัวได้ และความคิดรวบยอดทำให้บุคคลเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น ทำให้สามารถจำแนกสิ่งใหม่ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ตามประสบการณ์ที่ผ่านมา (Merill & Tennyson [7] De Cecco [8] Woolfolk [9] Fieldman (อ้างใน กรรณิกา แจ้งหมื่นไวย) [10] วิชัย วงษ์ใหญ่ [11] อาคม จันทสุนทร [12]

ความคิดรวบยอด หมายถึง โครงสร้างทางสมองที่แสดงออกโดยใช้ถ้อยคำ (Word) จากการรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่ โดยการจำแนกออกเป็นสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือจำพวกใดจำพวกหนึ่ง หรือจัดสิ่งต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันให้เป็นจำพวกเดี่ยวกัน ซึ่งอยู่ในลักษณะของความเข้าใจของคนต่อสิ่งใด ๆ ที่ได้รับเข้าไปสู่ห้วงความคิดด้วยลักษณะของการสรุป และยังเป็นพื้นฐานของการส่งถ่ายการเรียนรู้ทั้ง

แบบแนวตั้ง (Vertical Transfer) ซึ่งหมายถึง การพัฒนาการพัฒนาไปสู่ขั้นที่สูงขึ้นของความคิดรวบยอดเดี่ยวกัน และแบบแนวนอน (Horizontal Transfer) ซึ่งหมายถึง ความสามารถในการนำความคิดรวบยอดไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือบริบทที่แตกต่างกัน (Klausmeier [13] Schiever [14] Harriman [15] และBarry K. Beyer อ้างใน [24])

ความคิดรวบยอด หมายถึง คำที่ใช้แทนสัตว์ วัตถุ สิ่งของ ที่ได้จัดไว้ในจำพวกเดียวกัน โดยถือคุณลักษณะ (Attribute) ที่สำคัญหรือวิกฤตเป็นเกณฑ์ Ausubel (อ้างใน สุรางค์ โค้วตระกูล) [16]

ความคิดรวบยอด หมายถึง กระบานการความคิดของบุคคลที่ประกอบไปด้วย การจำแนก (Discimination) และสรุปอ้าง (Generalization) ต่อสิ่งเร้าใดก็ตามที่กระทบกับประสาทสัมผัสทั้ง 5 โดยใช้กฎเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งทำการจำแนกและสรุปอ้าง และเป็นผลของความคิดที่คนมีต่อสิ่งของหรือเหตุการณ์ทำให้สามารถแยกประเภทสิ่งของต่าง ๆ ได้เป็นหมวดหมู่ รัตนะ บัวสนธ์ [17] มนัส บุญประกอบ [18]

ความคิดรวบยอด หมายถึง ความคิด ความเข้าใจต่อเรื่องใดหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อันเกิดจากการจัดจำพวกประเภทหรือกลุ่มตามคุณลักษณะเด่นหรือคุณสมบัติที่มีร่วมกัน จนเกิดเป็นข้อสรุปเกี่ยวกับเรื่องนั้นสิ่งนั้น วชิระ สุขมหา [3]

ความคิดรวบยอด หมายถึง เป็นประเภทของสิ่งของการกระทำหรือความคิดที่เป็นความคิดรวบยอด ชัยพร วิชชาวุธ [19]

ความคิดรวบยอด หมายถึง เป็นความสามารถทางสมองอย่างหนึ่ง ที่จะรับรู้และสรุปสิ่งเร้าทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมเข้าเป็นแกนรวมของสิ่งนั้น ๆ ชาญชัย อาจินสมาจาร และจินดา สิทธิฤทธิ์ (อ้างใน [20])

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ [21] กล่าวถึงความคิดรวบยอดว่า ความคิดรวบยอดเป็นระบบ (Concept System) ซึ่งเป็นศูนย์รวมของความคิดรวบยอด ที่มีความสัมพันธ์กัน ระบบความคิดกรวบยอดนี้ จะเป็นโครงสร้างที่บันทึกอยู่ในความทรงจำของผู้เรียน และสามารถเรียกออกมาใช้ได้ เช่น ความคิดรวบยอดของลักษณะทางกายภาพของสาร ถ้าหากจะเป็นระบบความคิดรวบยอด ก็จะต้องรวมมวลสารในลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันเป็นระบบ ระบบความคิดรวบยอดนี้ประกอบด้วย

1. ความคิดรวบยอดที่เป็นสิ่งของ หรือสิ่งที่สังเกตได้(Concrete Concepts) สามารถเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ตรง เช่น สีต่าง ๆ , สัตว์ , สิ่งของเป็นต้น

2. ความคิดรวบยอดที่ไม่สามารเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ตรง (Define Concepts) เช่น การได้เห็นหรือ สัมผัส แต่จะสามารถเรียนรู้ และเข้าใจได้ด้วยวิธีอื่น ๆ เช่นคำว่าประชาธิปไตย ต้องการคำบรรยายและสิ่งประกอบอื่น ๆ จึงจะเข้าใจ และเห็นภาพพจน์ สิ่งประกอบนั้นอาจจะเป็นภาพของเหตุการณ์ที่ผ่านมา การอธิบายความหมาย คุณลักษณะของประชาธิปไตย และตัวอย่างของการดำเนินงานที่เป็นประชาธิปไตย

จากความหมายของความคิดรวบยอดที่นักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้ให้ไว้นั้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความคิด รวบยอด หมายถึง ภาพของความคิดและความเข้าใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จะเป็นรูปธรรมหรือนามธรรมก็ได้ ที่เกิดจากการเปรียบเทียบ แบกแยะคุณลักษณะเด่นที่มีร่วมกันจนได้ข้อสรุปที่ทำให้สามรถจัดจำพวก ประเภท กลุ่ม ต่อสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น

2.3.2 องค์ประกอบของความคิดรวบยอด

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ [21] ได้อธิบายว่าความคิดรวบยอด มีองค์ประกอบที่สามารถสื่อความหมายไปยังมวลชนได้ดังต่อไปนี้

1. ต้องมีชื่อที่สื่อความหมายได้กว้าง
2. ต้องมีตัวอย่างที่เป็นทั้งตัวอย่างทางบวกและตัวอย่างทางลบ
3. ต้องมีส่วนประกอบทั้งคุณลักษณะที่สำคัญและคุณลักษณะประกอบ
4. ควรมีแสดงค่าความเข้มของแต่ละคุณลักษณะ
5. มีกฎในการรวมตัวเข้าด้วยกันของคุณลักษณะร่วม ดังนี้

- ความคิดรวบยอดร่วม (Conjunctive Concept) ต้องมีคุณลักษณะวิกฤติที่แสดงให้เห็นเด่นชัด
- ความคิดรวบยอดแยก (Disjunctive Concept) สามารถแสดงคุณลักษณะวิกฤติให้เห็นได้ แต่คุณลักษณะที่จำเป็นนั้นไม่สามารถแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจน
- ความคิดรวบยอดที่สัมพันธ์ (Relative Concept) สามารถแสดงความคิดรวบยอด ความสัมพันธ์ร่วมหรือสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างแต่ละคุณลักษณะวิกฤติ ที่อยู่ในความคิดรวบยอดให้เห็นความสัมพันธ์ได้

Woolfolk [9] กล่าวว่า ความคิดรวบยอดเป็นสิ่งที่เป็นนามธรรม (Abstractions) เป็นสิ่งที่ไม่มีในโลกของความเป็นจริง จะมีก็เพียงสิ่งเป็นตัวอย่างเท่านั้นความคิดรวบยอดจะช่วยในการรวบยอดข้อมูลที่มีอยู่มากมายเข้าเป็นหน่วยหนึ่ง ๆ โดยการจัดเป็นประเภท ถ้าบุคคลใดไม่มีความสามารถในการสร้างความคิดรวบยอด ก็จะพบแต่ความยุ่งยาก จะมีแต่สิ่งที่ไม่สัมพันธ์กับประสบการณ์ของตน จะไม่สามารถรวบรวมสิ่งต่างๆ เข้าด้วยกัน ไม่มีสัญลักษณ์สำหรับคิดหรือพูดคุย นั่นคือจะไม่สามารถ

สื่อสารกันได้ นักจิตวิทยาได้บอกว่า สมาชิก (Members) ของประเภทหนึ่งๆ เกิดจากการมีคุณลักษณะ (Defining attribute) ร่วมกันซึ่งคุณลักษณะที่ว่านี้ จะได้จากการสังเกตลักษณะที่สำคัญ (Key Feature) ของสิ่งที่เป็นตัวอย่างเหล่านั้น ความคิดรวบยอดบางเรื่องจะมีคุณลักษณะที่ชัดเจน เช่น รูปทรงทางเรขาคณิต"สามเหลี่ยมด้านเท่า" แต่ส่วนมากแล้วจะมีคุณลักษณะที่ไม่เด่นชัด ซึ่งมีผลทำให้การเรียนรู้มีความยากง่ายแตกต่างกัน การสอนเกี่ยวกับความคิดรวบยอดนั้น ในบทเรียนจะต้องประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

ก. ชื่อของความคิดรวบยอด (name) ซึ้งมีความสำคัญมากในการติดต่อสื่อสาร

ข. คำจำกัดความหรือความหมาย (Definition) ซึ้งจะทำให้ความคิดรวบยอดมีความชัดเจนขึ้น ซึ่งคำจำกัดความที่ดีจะต้องประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

- อ้างถึงประเภทโดยทั่วไป (General Category) อย่างหลากหลายเกี่ยวกับพันกับเนื้อเรื่องโดยรวมซึ่งจะทำให้ครอบคลุมถึงความคิดรวบยอดต่าง ๆ ที่อยู่ภายใต้คำจำกัดความนั้น
- บอกคุณลักษณะของความคิดรวบยอด(Defining Attribute) นั้น เช่น คำจำกัดความของความคิดรวบยอด"สามเหลี่ยมด้านเท่า" คือเป็นรูประนาบง่ายมีลักษณะปิด จะเป็นส่วนที่เป็นประเภทโดยทั่วไป มีด้วยเท่ากันสามด้านและมีมุมเท่ากันสามมุมจะเป็นส่วนที่เป็นคุณลักษณะเด่น เป็นต้น

ค. คุณลักษณะที่เข้าประเด็น (Relevant Attribute) และคุณลักษณะที่ไม่เข้าประเด็น (Irrelevant Attribute) เช่นความสามรถในการ"บิน" ไม่ใช้คุณลักษณะที่เข้าประเด็นของ"นก" ถึงแม้นกส่วนมากจะบินได้แต่นกบางชนิดที่บินไม่ได้ เช่น นกกระจอกเทศ นกเพนกวิน และมีสัตว์ที่บินได้แต่ไม่ใช่นกเสมอ เช่น ค้างคาว เป็นต้น

ง. ตัวอย่าง(Example) ตัวอย่างจำเป็นมากในการสอนความคิดรวบยอดที่ซับซ้อน โดยเฉพาะเด็กเล็กๆ สิ่งที่เป็นตะวอย่าง(Example) และสิ่งที่ไม่ใช้ตัวอย่าง Non-Example) ซึ้งบางครั้ง เรียกว่าเป็นตัวอย่างทางบวกและตัวอย่างทางลบ นั้น จะเป็นสิ่งที่ทำให้ขอบเขตของความคิดรวบยอดชัดเจน คือตัวอย่างจะเป็นตัวแสดงขอบเขตของสมาชิกที่รวมเข้าเป็นประเทศและมีหลายคุณลักษณะที่เข้าประเด็น ซึ้งจะทำให้สามารถป้องกันการตัดสมาชิกที่เป็นตัวอย่างของความคิดรวบยอดออกไป ส่วนสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง ควรจะเป็นสิ่งที่ทีคามใกล้เคียง กับสิ่งที่เป็นตัวอย่างมากที่สุด แต่มีคุณลักษณะบางประการเท่านั้นที่ขาดหายไป การแสดงสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างให้ผู้เรียนเห็นจะเป็นการป้องกันการนำสิ่งที่ไม่ใช้สมาชิกมาจัดเข้าเป็นสมาชิกของความคิดรวบยอด นั้นเอง

De Cecco [8] ให้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดรวบยอด ดังนั้น

ก. คุณลักษณะ (Concept Attribute) คือ ลักษณะที่เห็นชัดเจน (Distinctive Feature) ของความคิดรวบยอด และจะแปรเปลี่ยนจากความคิดรวบยอดหนึ่งไปสู่ความคิดรวบยอดหนึ่ง เช่น สี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้า จะมี 2 คุณลักษณะ คือ สี และรูปร่าง ซึ่งสีจะทำให้เกิดการแปรเปลี่ยนจากความคิดรวบยอดหนึ่งไปยังความคิดรวบยอดหนึ่ง ได้แก่ วงกลมสีฟ้า สามเหลี่ยมสีฟ้า เป็นต้น

ข. คุณค่าของคุณลักษณะ (Attribute values) คุณค่าการเปลี่ยนแปลงภายในคุณลักษณะ เช่น สี จะมีหลายสี ได้แก่ สีแดง สีฟ้า สีขาว หรือรูปร่างจะมีหลายอย่าง ได้แก่ สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมคางหมู สี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นต้น

ค. จำนวนของคุณลักษณะ (Number of attribute) จำนวนของคูณลักษณะ จะแปรเปลี่ยนจากความคิดรวบยอดหนึ่งไปสู่ความคิดรวบยอดหนึ่ง เช่น สี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้า จะมีสองคุณลักษณะส่วน สี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าขนาดเล็ก จะมีสามคุณลักษณะ คือ รูปร่าง สี และขนาด เป็นต้น

ง. ความเด่นชัดของคุณลักษณะ (Dominance of the attributes) ความเด่นชัดอ้างถึงความจริงที่ว่าสิ่งหนึ่งปรากฏชัดกว่าอีกสิ่งหนึ่ง เช่น ความคิดรวบยอด เกี่ยวกับ สี-รูปร่าง (สี่เหลี่ยมจัตุรัสสีแดง) จะมีคุณลักษณะที่ปรากฏเด่นชัดกว่าความคิดรวบยอด เกี่ยวกับจำนวน – สี (หนึ่งสีแดง) และผลของการเรียนความคิดรวบยอด จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับ

Klausmeier (อ้างใน วชิระ สุขมหา [3]) กล่าวว่า นักจิตวิทยา ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชา และนักการศึกษา ได้อธิบายเกี่ยวกับความคิดรวบยอด ว่าต้องมีลักษณะ 3 ประการ คือ

ก. มีความหมายในเชิงจิตวิทยา (Psychological for joining attribute)

ข. โครงสร้าง (Structure) ประกอบด้วย

- คุณลักษณะ (Attriure)
- กฎของการเชื่อมต่อคุณลักษณะ (Rules for joining attribute)
- รูปแบบที่เป็นลำดับขั้น (Hierarchical patterning)
- ตัวอย่าง (Instances)

ค. ความสามารถในการถ่ายโยง (Transferability) ซึ่งประกอบด้วยความสามารถ ต่อไปนี้

- ระลึกได้ถึงสิ่งที่เป็นตัวอย่าง (Instance Recognition)
- ความสัมพันธ์ระหว่างระดับที่สูงกว่าเท่ากันและระดับที่ต่ำกว่า (Superordinate – coordinate subordinate relations)

ง. หลักของการสร้างและการนำไปใช้เพื่อแก้ปัญหา (Principle Formation and Problem Solving)

จ. การเรียนรู้วิธีการเรียน (Learning to Learn)

องค์ประกอบของความคิดรวบยอดที่นักการศึกษาและนักจิตวิทยาที่ได้แสดงไว้นั้น ผู้วิจัยสรุปองค์ประกอบของความคิดรวบยอดจะประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบดังนี้

1. ชื่อ (Name) ที่สื่อความหมายทำให้เกิดความเข้าใจในการติดต่อสื่อสาร
2. คำจำกัดความ (Definition) จะช่วยให้มีความเข้าใจในความคิดรวบยอดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3. คุณลักษณะ (Attribute) ของความคิดรวบยอด จะประกอบด้วย

- คุณลักษณะเด่น (Crittical Attribute) เป็นคุณลักษณะที่ต้องมีร่วมกันในทุกตัวอย่างของความคิดรวบยอด และคุณลักษณะดังกล่าวนี้ต้องไม่มีในสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง

- ไม่ใช่คุณลักษณะวิกฤต (Noncrittical Attribute) เป็นคุณลักษณะที่ไม่จำเป็นต้องมีต้องมีรวมกันในทุกตัวอย่างของความคิดรวบยอดหรือมีร่วมกับกับสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างก็ได้

4. ตัวอย่างของความคิดรวบยอด จะประกอบด้วย ตัวอย่าง (Example) และไม่ใช่ตัวอย่าง (Non – Example) ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียน ตัวอย่างจะทำให้ผู้เรียนไม่ตัดสมาชิกของความคิดรวบยอดออกไป ส่วนสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างจะช่วยให้ผู้เรียนไม่นำสิ่งที่ไม่ใช่สมาชิกมาจัดอยู่ในความคิดรวบยอด

2.3.3 ประเภทของความคิดรวบยอด

การจำแนกประเภทของความคิดรวบยอด สามารถจำแนกได้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับว่าจะใช้เกณฑ์อะไรเป็นหลักในการแบ่ง ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาอาจใช้เกณฑ์การแบ่งความคิดรวบยอดต่างๆ กัน ในด้านการศึกษาได้มีการจำแนกประกอบของความคิดรวบยอด ออกเป็นหลายประเภท ดังนี้

Do Cecco [8] ได้จำแนกความคิดรวบยอด ออกเป็น 3 ประเภท

1. ความคิดรวบยอด ที่มีลักษณะร่วมกัน (Conjunctivive Concept) หมายถึง ความคิดรวบยอด ที่เกิดจากลักษณะร่วมร่วมหลายอย่าง ตัวอย่างเช่น สุนัขมีลักษณะทั่วไปของสี ขนาดรูปร่าง เนื้อหนัง และพฤติกรรม แม้ลักษณะเฉพาะของลักษณะทั่วไปเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนไป เช่น เปลี่ยนจาก เกรทเดน สีน้ำตาลแกมเหลืองไปเป็น พูเดิลตัวเล็กสีขาว ก็ยังบอกได้ว่าเป็นสุนัข และยังสามารถบอกได้ว่าสุนัขแตกต่างไปจากแมว ม้า วัว และสัตว์เลี้ยงอื่นๆ ความคิดรวบยอดที่เกิดจากลักษณะร่วมนี้เรียนรู้และสอนได้ง่ายที่สุด

2. ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะขัดแย่งกัน (Disjuctive Cencept) หมายถึง ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะเฉพาะของลักษณะทั่วไปอันหนึ่ง หรืออีกอันหนึ่งหรือทั้งสองอัน ปรากฏอยู่ในความคิดรวบยอดประเภทนี้ ลักษณะทั่วไปและลักษณะเฉพาะใช้แทนกันได้ตัวอย่าง เช่น รูปสองรูปหรือวงกลมสองวงเป็นความคิดรวบยอดที่มีลักษณะขัดแย้งกัน สามารถมองเห็นได้ว่าลักษณะทั่วไป ได้แก่ รูปร่างและจำนวนและเพื่อว่าลักษณะเฉพาะของจำนวนยังคงเดิม ความคิดรวบยอด ประเภทที่มีลักษณะ ขัดแย้งกันนั้น ลักษณะเฉพาะของรูปร่างสามรถเปลี่ยนแปลงได้ โดยอาจจะเป็นวงกลม หรือรูปร่างใด ๆ ก็ได้

3. ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะสัมพันธ์ (Relational concept) หมายถึง ความคิดรวบยอดที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทั่วไป เช่น ระยะทางและทิศทาง เป็นความรวบยอดที่มีลักษณะสัมพันธ์ ความคิดรวมยอดของระยะทางเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างจุดสองจุด ซึ่งหมายถึงการแยก

ออกจากกันของจุดสองจุด ทิศทางเป็นความสัมพันธ์ของจุดสองจุดหรือมากกว่า ซึ่ง หมายถึง การเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (อ้างใน กรรณิกา แจ้งหมื่นไวย [10])ได้แบ่งความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท

1. ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการแบ่งประเภท ความคิดรวบยอดประเภทนี้ เป็นการกำหนดคุณสมบัติร่วมของสิ่งต่างๆ ไว้เป็นพวกๆเพื่อใช้ในการบรรยายสิ่งนั้นๆให้เข้าใจตรงกัน เช่น น้ำทะเลเป็นน้ำกระด้าง สสารคือสิ่งที่มีมวลและต้องการที่อยู่

2. ความคิดร่วมยอดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ ความคิดร่วมยอดประเภทนี้เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของความคิดรวบยอดย่อยที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งช่วยให้สามารถพยากรณ์ หรือคาดคะเนร่วงหน้าในเหตุการณ์ นั้น เช่น แรง คือ อำนาจที่ผลักหรือดึงวัตถุให้เกิดการเคลื่อนที่สสารอาจเปลี่ยนสถานะได้โดยเพิ่มหรือลดพลังงาน

3. ความคิดรวบยอดทางทฤษฎี ความคิดรวบยอดประเภทนี้ เป็นการกำหนดสิ่งที่มองไม่เห็นแต่รู้ว่าสิ่งนั้นมีอยู่จริงเพราะมีหลักฐานสนับสนุนว่าเป็นจริง ความคิดรวบยอดประเภทนี้นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น โดยอาศัยจินตนาการหรือนึกวาดภาพขึ้นในสมอง เพื่อกำหนดลักษณะของสิ่งนั้น เช่น แสงเป็นคลื่นไฟฟ้า อะตอม คืออนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุ ซึ่งประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน

Merill & Tennyson (อ้างใน วชิระ สุขมหา [3]) กล่าวถึงความคิดรวบยอดมี 3 ประเภท คือ

1. ความคิดรวบยอดที่เป็นรูปธรรม (Object Concepts) ความคิดรวบยอดนี้สามารถที่จะนำเสนอได้โดยการเขียนภาพถ่าย,รูปแบบ,สัญลักษณ์ หรือสิ่งของ ความคิดรวบยอดนี้ โดยทั่วไปจะเป็นคำที่พบในพจนานุกรม เช่น อาร์ควาร์ค (Aardvark) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดใหญ่ชนิดหนึ่งที่หากินในเวลากลางคืน กินมดและกินปลวกเป็นอาหาร,ลูกคิด (Abacus)…หรือ เด็กทารก (Baby) คำศัพท์บางคำไม่ใช่ความคิดรวบยอด เช่น (Aarhus) เป็นชื่อเมืองท่าใน เดนมาร์ค อาร์รอน (Aaron) พี่ชายของโมเซส ฯลฯ คำต่างๆเหล่านี้ มีลักษณะเฉพาะตัวเป็นเอกลักษณ์จึงไม่ใช่ความคิดรวบยอดจะต้องมีสมาชิกอย่างน้อย 1 สมาชิก

2. ความคิดรวบยอดที่สามารถเสนอในรูปของสัญลักษณ์ (Symbol Concepts) พบเห็นทั่วไปในวิชาต่าง ๆ เช่น คำนาม (Noun), คำกิริยา (Verb), ประธาน (Subject) ในวิชาภาษาอังกฤษ ในวิชาคณิตศาสตร์ เช่น เศษส่วน,สมการ เป็นต้น

3. ความคิดรวบยอกที่เป็นเหตุการณ์ (Event Concepts) เช่น ความเร่ง (Acceleration), การแต่งงาน(Marriage,) เกมส์ฟุตบอล(Football Game) เป็นต้น

จากการจัดประเภทของความคิดรวบยอดของนักจิตวิทยา ผู้วิจัยสรุปได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะร่วมกัน หมายถึง ความคิดรวบยอด ที่เกิดจากการมีลักษณะร่วมกันหลายอย่าง

2. ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะขัดแย้งกัน (Disjunctive Concepts) หมายถึง ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะเฉพาะของลักษณะทั่วๆไปอันหนึ่ง หรืออีกอันหนึ่งหรือทั้งสองอัน ปรากฏอยู่ในความคิดรวบยอดประเภท

3. ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะสัมพันธ์ (Relational concepts) หมายถึง ความคิดรวบยอดที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทั่วไป

2.3.4 การสร้างความคิดรวบยอด

ได้มีผู้เสนอความคิดเกี่ยวกับกระบวนการสร้างความคิดรวบยอดในลักษณะต่างๆกันดังนี้

Klausmeier และคณะ (อ้างใน กรรณิกา แจ้งหมื่นไวย) [10] ได้ทำการวิจัยพบว่า การเรียนความคิดรวบยอดขึ้นอยู่กับพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียน และอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมของการเรียนการสอน โดยพัฒนาการของการเรียนความคิดรวบยอด แบ่งได้ 4 ระดับ ดังนี้

1. ขั้นที่ผู้เรียนจำวัตถุ สิ่งต่างๆและนึกชื่อนั้นได้

2. ขั้นที่ผู้เรียนจำสิ่งหนึ่งสิ่งใดในสภาพการณ์ และเวลาที่ต่างกันได้ สามารถสรุปความคล้ายคลึงและแผ่ขยายความคิดรวบยอดที่มีอยู่ได้เช่นสุนัขย่อมเป็นสุนัขเสมอไม่ว่าจะอยู่ที่ใดเวลาใด

3. ขั้นที่ผู้เรียนสามารถจัดประเภทสิ่งที่มีลักษณะร่วม เข้าไว้ในกลุ่มเดียวกัน

4. ขั้นสุดท้ายเป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถให้ชื่อความคิดรวบยอด อธิบายความหมายจำแนกความแตกต่างระหว่างความคิดรวบยอดต่างๆ ได้เป็นระดับที่มีการเรียนรู้ความคิดรวบยอดอย่างสมบูรณ์

ชัยพร วิชชาวุธ [19] ได้กล่าวถึงขั้นตอนการเรียนรู้ความคิดรวบยอดไว้ดังนี้

1. การเรียนรู้เริ่มจากผู้เรียนได้ประสบการณ์ซึ่งได้แก่ การเห็น การได้ยิน

2. เมื่อเกิดประสบการณ์แล้ว ผู้เรียนจะต้องสังเกตในรายละเลียดปลีกย่อยของประสบการณ์และคิดเปรียบเทียบเช่นรูปที่เห็นนั้นมีสีอะไร รูปร่างอย่างไร สิ่งทั้งสองอย่างมีอะไรเหมือนกันและมีอะไรที่ต่างกัน

3. จากการสังเกตในข้อ 2 ผู้เรียนตั้งสมมติฐานว่า การคิดรวบยอดคืออะไร

4. ผู้เรียนทดสอบสมมติฐาน ถ้าผลปรากฏว่าถูก ก็คงสมมติฐานนั้นไว้ถ้าผิดก็จะกลับไปสังเกตและคิดตั้งสมมติฐานใหม่จนถูก

จำนง พรายแย้มแข (อ้างใน วชิระ สุขมหา[3]) ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ความคิดรวบยอดไว้ว่า การที่บุคคลจะเกิดความคิดรวบยอดเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ก็ต่อเมื่อคลนั้นมีประสบการณ์ในการ

เรียนรู้ความจริง หลักการสรุปของเรื่องนั้นๆ มาก่อนแล้ว อีกประการหนึ่งจะต้องระลึกได้ว่าสิ่งนั้นๆ มีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง โดยแยกลักษณะของสิ่งนั้นๆ ออกจากสิ่งอื่นได้อย่างชัดเจนซึ่งคุณลักษณะต่างๆ ดังกล่าว จะเกิดได้ต้องอาศัยคุณสมบัติในด้านการใช้การสังเกตอย่างดี ดังนั้นวิธีที่บุคคลจะเกิดความคิดรวบยอด จะต้องเกิดมโนภาพขึ้นในความคิดเป็นขั้น ๆ ดังนี้

จากแนวความคิดในการความคิดรวบยอดที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการสร้างความคิดรวบยอดจะเริ่มจากการรู้จักชื่อของสิ่งนั้นๆ และเริ่มสังเกตรายละเอียดเกี่ยวกับคุณลักษณะทั้งหมด จากการได้ยิน ได้เห็น และการจำแนกแยกแยะคุณลักษณะที่มีร่วมกัน แล้วจึงสรุปเป็นความคิดรวบยอด

2.3.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนในการเรียนความคิดรวบยอด

ปัญหาที่มักเกิดขึ้นกับผู้เรียน ยากที่จะเกิดการจำแนกแยกแยะที่ถูกต้อง แต่มักเกิด

1. การสรุปรวมที่เกิดเหตุ (Over Generalization) : สมาชิกที่ไม่ใช่ตัวอย่าง ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มสมาชิกที่ไม่ใช่ตัวอย่าง

2. การสรุปรวมที่เข้าไม่ถึง (Under Generalization) : สมาชิกที่ไม่ใช่ตัวอย่าง ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มสมาชิกที่ไม่ใช่ตัวอย่าง

3. สร้างความคิดรวบยอดไม่ได้ (Misconception) : สมาชิกที่ไม่ใช่ตัวอย่างซึ่งมีคุณลักษณะตัวแปรอยู่ส่วนหนึ่ง ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มสมาชิกที่เป็นตัวอย่าง และสมาชิกตัวอย่างซึ่งไม่มีคุณลักษณะตัวแปรตามนี้ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มสมาชิกที่ไม่ใช่ตัวอย่าง

2.4 ความสามารถที่พัฒนาได้จากการสอนความคิดรวบยอด

1. พฤติกรรมการจำแนกความแตกต่าง : ความสามารถในการจำแนกความแตกต่างของสัญลักษณ์สิ่งของ หรือเหตุการณ์ ที่รวมตัวกันขึ้นตามคุณลักษณะร่วมเป็นความคิดรวบยอดได้อย่างถูกต้อง

2. การสรุปรวม : ความสามารถในการรวมสิ่งที่คุณสมบัติร่วมเข้าด้วยกัน

3. การจำแนกความแตกต่าง : ความสามารถในการแยกส่งที่คุณสมบัติต่างกันออกจากกัน

4. พฤติกรรมการสัมพันธ์ : ปรากฏเมื่อผู้เรียนถูกถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสัญลักษณ์สิ่งของหรือเหตุการณ์เฉพาะอย่าง สองสิ่งที่เกี่ยวข้องกันเมื่อแสดงให้เห็นสมาชิกตัวใดตัวหนึ่ง

5. พฤติกรรมการสร้างกฎ : ปรากฏเมื่อผู้เรียนถูกถามเกี่ยวกับรวมสัญลักษณ์ สิ่งของ หรือเหตุการณ์จากสองกลุ่มหรือมากกว่า ด้วยการรวมคุณสมบัติของสัญลักษณ์ สิ่งของ หรือเหตุการณ์สร้างเป็นความคิดรวบยอด

2.5 ประโยชน์ของความคิดรวบยอด

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ [6] ได้กล่าวถึงประโยชน์ที่ได้จากมโนทัศน์ ดังนี้

ก. มโนทัศน์ช่วยลดความซับซ้อนของสภาพแวดล้อม

ข. มโนทัศน์ช่วยให้จำแนกความแตกต่างของสิ่งของออกจากสภาวะที่อยู่รอบตัว

ค. มโนทัศน์และหลักการช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างยืดหยุ่นได้

ง. มโนทัศน์และหลักการช่วยให้เกิดองค์ความรู้ขึ้นจากการสอน

จ. มโนทัศน์สามารถสร้างสิ่งเรียนรู้ให้เป็นที่เข้าใจได้ตรงกัน

Schiever [14] ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของความคิดรวบยอดและหลักการว่าเป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียน เพื่อให้เป็นพื้นฐานของการแก้ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อนหรือปัญหาในการดำเนินชีวิต ซึ่งผู้เรียนจะต้องปรับเปลี่ยนความคิดรวบยอดและหลักการอย่างเหมาะสม เพื่อให้สามารถใช้ได้กับกลวิธีการคิดที่ซับซ้อน อันได้แก่ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิจารณญาณ การประเมินค่าและการตัดสินใจ ซึ่งการพัฒนากระบวนการคิดนี้ จะต้องเริ่มจากการปฏิบัติการที่ง่ายหรือมีระดับความเป็นรูปธรรมสูงก่อนแล้วเมื่อผู้เรียนมีความพร้อมหรือ มีวุฒิภาวะหรือ ประสบการณ์เพียงพอ ก็จะสามารถก้าวไปสูการปฏิบัติการที่ซับซ้อนหรือมีความเป็นนามธรรมได้

Bruner (อ้างใน ชอบ ลีซอย [22]) เกี่ยวกับความสำคัญของการเรียนรู้สาระสำคัญที่เป็นแก่นของเนื้อหาวิชา ซึ่งหมายถึง ความคิดรวบยอดและหลักการ ไว้ 4 ประการ คือ

1. จะช่วยให้เข้าใจเนื้อหาในภาพรวมง่ายขึ้น
2. ช่วยลดอัตราการลืม
3. เป็นเครื่องมือทางปัญญา (Conceptual tools) เพื่อใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ
4. เป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาศาสตร์ชั้นสูงได้อย่างเข้าใจและต่อเนื่อง

De Cecco [8] ได้กล่าวถึงความสำคัญของความคิดรวบยอดและหลักการ ในการพัฒนาการศึกษาของผู้เรียน ดังนี้

1. ความคิดรวบยอดช่วยลดความซับซ้อนของสิ่งที่อยู่แวดล้อมตัวบุคคล
2. ความคิดรวบยอดช่วยให้รู้จักวัตถุที่มีอยู่ล้อมโลกรอบๆตัวบุคคล

3. ความคิดรวบยอดและหลักการ ช่วยลดความจำเป็นของการเรียนสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วและผู้เรียนจะสามารถมีความก้าวหน้าในการเรียนศาสตร์ต่างๆ และได้รับจำนวนความรู้เพิ่มมากขึ้นได้เรื่อยๆ

4. ความคิดรวบยอดและหลักการเป็นเครื่องมือสำหรับการแก้ปัญหา

5. ความคิดรวบยอด เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความเข้าใจสิ่งที่คล้ายคลึงกับประสบการณ์เดิมได้

2.6 การสอนความคิดรวบยอด

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ [21] ได้กล่าวถึง รูปแบบการสอนความคิดรวบยอดดังนี้

ก. การสอนความคิดรวบยอดรูปแบบนิรนัย (Deductive Concept Definition) ให้คำจำกัดความและตามด้วยตัวอย่างความคิดรวบยอด อธิบายความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นตัวอย่างเข้ากับคุณสมบัติหรือคุณลักษณะร่วมของความคิดรวบยอดที่ได้จำกัดความไว้

ข. การสอนความคิดรวบยอดรูปแบบอุปนัย (Inductive Concept Definition) ให้ตัวอย่างของความคิดรวบยอดและตามด้วยการจำกัดความคิดรวบยอด คำจำกัดความของความคิดรวบยอดอาจถูกสร้างขึ้นโดยผู้สอนหรือด้วยการค้นพบของผู้เรียนเอง โดยที่ขณะที่ให้ตัวอย่างต้องแสดงสิ่งที่เป็นตัวอย่างและมิใช่ตัวอย่างของความคิดรวบยอด ให้ผู้เรียนได้แยกแยะ และต้องมีการตรวจสอบว่าผู้เรียนมิได้สร้างคำจำกัดความผิด

วิธีสอนความคิดรวบยอด

ก. การนำเสนอโดยตรง (Direct Presentation) ผู้สอนจัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอความคิดรวบยอดที่เน้นการบอกกล่าวและการแสดงตัวอย่างความคิดรวบยอด

ข. การก่อความคิดรวบยอด (Concept Attainment) ผู้สอนช่วยผู้เรียนในการแยกแยะคุณสมบัติของสัญลักษณ์ สิ่งของ เหตุการณ์ หรือกลุ่มของคุณสมบัติเหล่านี้บนพื้นฐานของคุณลักษณะร่วม และช่วยผู้เรียนจัดหมวดแต่ละกลุ่มตลอดจนถึงการตั้งชื่อ เพื่อพัฒนาความสามารถในการจำแนกความแตกต่างและการจัดกลุ่ม

ค. การสร้างความคิดรวบยอด (Concept Formation) เมื่อผู้เรียนมีความพร้อมในแนวคิดเกี่ยวกับในความคิดรวบยอดหรือชุดของความคิดรวบยอด ด้วยการพิจารณาสิ่งที่เป็นตัวอย่างและไม่ใช่ตัวอย่างของความคิดรวบยอดผู้สอนส่งเสริมผู้เรียนได้ใช้ความคิดแบบนิรภัยและช่วยตรวจสอบกระบวนคิดของผู้เรียน

De Cecoo [8] เสนอแนะวิธีการสอนให้เกิดความคิดรวบยอดไว้ทั้งหมด 9 ขั้น ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ระบุพฤติกรรมที่คาดหวังให้ชัดเจน หลังจากเรียนความคิดรวบยอดนั้นแล้วผู้เรียนจะทำอะไรได้บ้าง

2. วิเคราะห์ความคิดรวบยอดที่จะให้เรียน ว่าประกอบด้วยลักษณะเด่นอะไรบ้าง แล้วครูเลือกเน้นเฉพาะลักษณะที่สำคัญและจำเป็นในการสร้างความคิดรวบยอดนั้นๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความคิดรวบยอดได้ง่ายขึ้น

3. การใช้ภาษาในการสอนครูควรใช้ภาษาที่ผู้เรียนเข้าใจง่ายและเข้าใจความหมายอย่างถูกต้อง

4. ครูควรแสดงทั้งตัวอย่างทางบวกและตัวอย่างทางลบ ของความคิดรวบยอดที่ต้องการสอนให้ผู้สอนได้สังเกตและศึกษา โดยตัวอย่างทั้งทางบวกและตัวอย่างทางลบจะต้องมีมากเพียงพอที่จะทำให้สรุปลักษณะร่วมของความคิดรวบยอดนั้นและจำแนกลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอดนั้นออกไป

5. การแสดงทั้งตัวอย่างทางและไม่ใช่ตัวอย่างของความคิดรวบยอด ควรแสดงไม่ใช่ตัวอย่างทันทีหลักจากแสดงตัวอย่างแล้วหรือแสดงพร้อมๆกันทั้งตัวอย่าง และไม่ใช่ตัวอย่าง

6. ครูเสนอตัวอย่างใหม่ของความคิดรวบยอดที่ต้องการสอน ให้ผู้เรียนพิจารณาเพื่อต้องการให้ผู้เรียนสามารถสรุปความคิดทั่วไปและตอบสนองต่อสิ่งเร้าใหม่

7. ครูนำตัวอย่างใหม่ทั้งและไม่ใช่ตัวอย่างหลายๆตัวอย่าง มาให้ผู้เรียนพิจารณา เพื่อทดสอบให้ผู้เรียนบอกความคิดรวบยอดที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นการประเมินผลการคิดรวบยอดของผู้เรียน

8. ครูได้ผู้เรียนให้ความหมายหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับความคิดรวบยอดนั้น เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน

9. ครูให้โอกาสผู้เรียนลองใช้ความคิดรวบยอดที่เรียนมาแล้วจะเสริมกำลังใจในการที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดรวบยอดนั้นๆ

Arend (อ้างใน วชิระ สุขมหา [3]) ได้รวบรวมวิธีการสอนความคิดรวบยอด 3 วิธีคือ

1. การนำเสนอความคิดรวบยอดโดยตรง (Direct Presentation) เป็นการสอนที่ครูเป็นผู้กำหนดลำดับของการนำเสนอความคิดรวบยอด เช่น การบอก (Expostiory) และการถาม (lnterrogatory) รวมทั้งการบอกตัวอย่างของความคิดรวบยอดด้วย รูปแบบนี้คิดขึ้นโดย Tennyson และคณะ (1983) วิธีการสอนรูปแบบนี้จะเกิดความแตกต่างกันเพราะพฤติกรรมการสอนของครูเป็นสำคัญ

2. การสร้างความคิดรวมยอด (Concept Formation) เป็นรูปแบบการสอนที่คิดขึ้นโดย Taba (1967) รูปแบบการสอนนี้มีจะประโยชน์ เมื่อวัตถุประสงค์ของการเรียนต้องการเรียนค้นพบความคิดรวบยอดใหม่ และสร้างยุทธวิธีในการสร้างความคิดรวบยอด อีกทั้งช่วยให้ผู้เรียน ได้แยกแยะให้เห็นความแตกต่างระหว่างคุณลักษณะของวัตถุ หรือเหตุการณ์ ช่วยผู้เรียนในการจัดกลุ่มคุณลักษณะของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะร่วมกัน และสามรถจัดประเภทและกำหนดชื่อของกลุ่มได้

3. การได้มาซึ่งความคิดรวบยอด (Concept Attainment) เป็นรูปแบบการสอนที่คิดขึ้นโดย Bruner และคณะ (1956) ซึ่งรูปแบบการสอนนี้ถูกนำมาใช้เมื่อผู้เรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือชุดของความคิดรวบยอด อยู่บ้าง ตลอดการสอนตามรูปแบบนี้ ครูเสนอตัวอย่าง (Example)และ

ไม่ใช่ตัวอย่าง (Non-Example) ของความคิดรวบยอดการสอนจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการคิดแบบ Inductive thinking และช่วยกำกับกระบวนการคิดของผู้เรียนด้วย

Davis (อ้างใน วชิระ สุขมหา [3]) ได้เสนอการวางแผนการสอนความคิดรวบยอดไว้ ดังนี้

1. วางแผนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ความคิดรวบยอดที่ควรมีมาก่อน (Plamming Objectives and Prerequisite Concepts)

1.1 เตรียมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสำหรับคิดรวบยอดแต่ละรายการ

- เตรียมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่จะใช้สำหรับทดลองโดยผู้เรียนสามารถแยกว่าสิ่งใดเป็นตัวอย่างสิ่งใดไม่ใช่ตัวอย่าง

1.2 เตรียมความคิดรวบยอดที่ควรมีก่อนเรียน

- ในแต่ละคำจำกัดความ ของความคิดรวบยอดที่จะสอน ประกอบด้วยความคิดรวบยอดย่อย ๆ ต้องเตรียมไว้

2. วางแผนการทดสอบก่อนเรียนและการสอนซ่อมเสริม (Plamming a Pretest and Review)

2.1 เขียนข้อสอบเพื่อทดสอบก่อนเรียน

- เพื่อการทดสอบว่า ผู้เรียนรู้ความคิดรวบยอดย่อย ๆ ที่ควรรู้มาก่อน ในแต่ละคำจำกัดความของแต่ละความคิดรวบยอดที่จะสอน

2.2 วางแผนการสอนซ่อมเสริม

- ผู้เรียนทุกคนรู้แล้ว ไม่ต้องซ่อมเสริม
- ผู้เรียนส่วนมากไม่รู้ สอนซ่อมเสริมทั้งชั้น
- ผู้รู้เท่ากับผู้ไม่รู้ จับคู่ Tutor
- ผู้เรียนไม่รู้เป็นบางคน ครู Tutor

3. วางแผนการนำเสนอข้อมูล (Planning Presentation of Information)

3.1 เลือกแนวทางการนำเสนอ

แบบ Deductive : ครูบอกคำจำกัดความ เพื่อให้ผู้เรียนแยกแยะระหว่างตัวอย่าง และไม่ใช่ตัวอย่างได้

แบบ Inductive : รูปบอกชื่อและเสนอตัวอย่างและไม่ใช่ตัวอย่าง ให้ผู้เรียนสามารถกำหนดคุณลักษณะได้และนำมาเขียนคำจำกัดความ เตรียมกระบวนการที่ใช้สำหรับป้องกันการค้นพบผิดทาง

3.2 วางแผนสำหรับตัวอย่างแรกที่ใช้ ตัวอย่างนี้จะต้องมีลักษณะที่สามารถ Define ได้ง่าย

3.3 วางแผนการแสดงตัวอย่าง เตรียมตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่าง ที่จะนำเสนอเพื่อจะใช้อธิบายความคิดรวบยอดนั้น

4. วางเงื่อนไขการฝึก (Planning Condition for Practice)

4.1 กำหนดการฝึก

- ให้ผู้เรียนได้ฝึก โดยการเรียกระหว่างตัวอย่างและไม่ใช่ตัวอย่าง
- เมื่อผู้เรียนบ่งชี้ตัวอย่าง ครูให้ผู้เรียนแยกคุณลักษณะของตัวอย่าง

4.2 รับรองสิ่งที่ผู้เรียนเลือก

- เมื่อสิ่งที่ผู้เรียนเลือกถูกต้อง รับรองทันที
- เมื่อเลือกผิด ให้ทบทวนคุณลักษณะที่ผู้ เรียนมองข้ามไป
- กำหนดให้ผู้เรียนพยายามจนกระทั่งเลือกถูก

4.3 กำหนดให้มีการฝึกขั้น ก้าวหน้า

- หลังจากที่ผู้เรียนแยกตัวอย่างและไม่ใช่ตัวอย่างอย่างง่ายแล้ว ให้ผู้เรียนเลือกตัวอย่างที่ยากขึ้น
- การฝึกขั้นก้าวหน้าต้องแน่ใจว่าผู้เรียนสามารถแยกระหว่างตัวอย่างที่คนส่วนมากยากที่จะแบ่งแยกได้

5. เตรียมการทดสอบหลังเรียน (Planning a Posttest)

ข้อสอบ Posttest ต้องมีทั้งตัวอย่างและไม่ใช่ตัวอย่างที่ผู้เรียนไม่เคยพบมาก่อนในชั้นเรียน

Gunter (อ้างใน วชิระ สุขมหา [3]) กล่าวว่า มนุษย์สามารถจัดดำเนินการรับวัตถุและแนวความคิดที่มีอย่างไม่จำกัด ให้สามารถพูดคุยกันรู้เรื่อง โดยใช้กระบวนการ 2 กระบวนการ คือ Concept Attainment และ Concept Development Concept Attainment เป็นกระบวนการของการนิยามความคิดรวบยอด

(Defining concepts) โดยการพิจารณาเหล่าคุณลักษณะที่จำเป็นในการให้ความหมายและตัดสิ่งที่ไม่จำเป็นออกไป นั่นคือ เป็นการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการแยกแยะ สิ่งที่เป็นตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง ซึ่งวิธีการนี้ ผู้เรียนจะมีประสิทธิภาพในด้าน ความเข้าใจ การเปรียบเทียบการแยกแยะ และการระลึก

Concept development เป็นกระบวนการของการสร้างประเภท (Category) โดยการจัดกลุ่มวัตถุหรือแนวความที่เหมือนกัน ซึ่งจะทำให้ระลึกหรือเข้าใจได้ง่ายเกี่ยวกับสิ่งที่แตกต่างกัน วิธีการนี้ ผู้เรียนจะต้องใช้ความคิดที่เป็นของตัวเอง ในการทำความเข้าใจว่าความคิดรวบยอดเกิดขึ้นได้อย่างไร ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถเทียบเคียงให้เห็นความแตกต่าง (Contrasting) การใช้ (Applying) การจัดประเภทและการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนของการสอนแบบ Concept Attainment แบบ Inductive

(ขั้นที่ 1-3 ครูต้องทำก่อนการสอน)

ขั้นที่ 1 เลือกความคิดรวบยอด ที่มีคำจำกัดความชัดเจนและคุณลักษณะทั้งหลายควรจะทำให้ผู้เรียนสามารถบ่งชี้ได้

ขั้นที่ 2 เลือกคุณลักษณะ (Attribes) ที่จำเป็นสำหรับคำจำกัดความ ค้นหาคุณลักษณะที่มีคุณภาพต่อการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 เตรียมตัวอย่าง และไม่ใช่ตัวอย่าง

- ตัวอย่าง จะมีคุณลักษณะที่จำเป็นทั้งหมด
- ไม่ใช่ตัวอย่าง จะมีคุณลักษณะที่จำเป็นบางคุณลักษณะเท่านั้น

ขั้นที่ 4 แนะนำเกี่ยวกับกระบวนการการเรียน (ชี้แจงวัตถุประสงค์และกิจกรรม) อธิบายวัตถุประสงค์ และการเรียนในแต่ละขั้น

ขั้นที่ 5 เสนอตัวอย่าง (ทั้งทางบวกและทางลบ) เขียนรายการคุณลักษณะของตัวอย่างทางบวกและตัวอย่างทางลบ ไว้แยกกัน

ขั้นที่ 6 ผู้เรียนสร้าง คำจำกัดความ ของความคิดรวบยอด

จากคุณลักษณะของตัวอย่างทางบวก ให้ผู้เรียนเขียนคำจำกัดความ ที่เป็นของเขาเอง

ขั้นที่ 7 ให้ผู้เรียนบอกตัวอย่างตามคำจำกัดความ

ทำหลังจากที่ผู้เรียนเข้าใจความคิดรวบยอด นั้นแล้ว

ขั้นที่ 8 วิจารณ์กระบวนการของการบรรลุถึงคำจำกัดความ

เพื่อให้มั่นใจว่าผู้เรียนมีความเข้าใจ ในการมาถึงซึ่งคำจำกัดความ

ขั้นตอนการสอนแบบ Concept Development

ขั้นที่ 1 แสดงรายการ (Listing)

ผู้เรียนถูกถาม เพื่อให้แสดงรายการของแนวคิดที่คุ้นเคยความจำและความ คิดรวบยอดที่สัมพันธ์กับแนวคิดที่ผู้เรียนมีความรู้ และความเข้าใจมาก่อน

ขั้นที่ 2 การจัดกลุ่ม (Grouping)

จัดกลุ่มรายการที่เหมือนกันหรือสัมพันธ์กัน

ขั้นที่ 3 กำหนดชื่อ หรือนิยามความสัมพันธ์ (Labling Defining Relationship) กำหนดชื่อแต่ละกลุ่ม ตามเหตุผลที่ต้องการ

ขั้นที่ 4 การจัดกลุ่มใหญ่ (Regrouping)

วิเคราะห์การจัดกลุ่มใหม่ เพื่อกำหนดชื่อกลุ่มที่เกิดขึ้นใหม่

ขั้นที่ 5 การสังเคราะห์และการสรุป (Synthesizing and Summarizing)
การสรุปข้อมูลให้รวบรัดที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

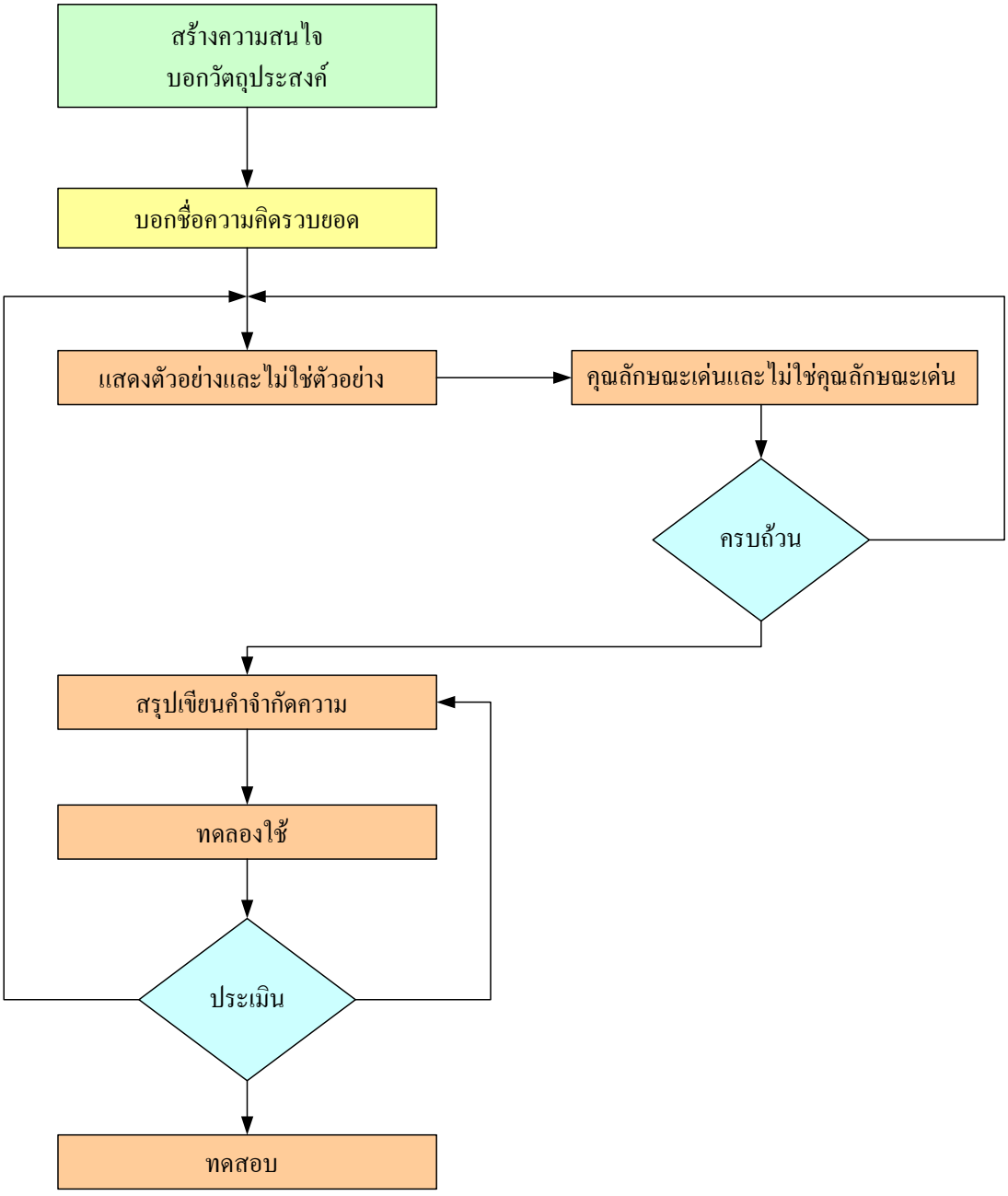
2.7 รูปแบบการสอนความคิดรวบยอดที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

จากการรวบรวมแนวทางการสอนความคิดรวบยอดแล้วกี่ของนักจิตวิทยาและการศึกษารวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นนั้น ผู้วิเคราะห์และสร้างเป็นรูปแบบการสอนความคิดรวบยอดที่เหมาะสมเนื้อหาที่ใช้ในการทดลองในวิชาวงจรไฟฟ้า 2 ดังนี้

2.7.1 รูปแบบการสอนความคิดรวบยอด

ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 5 ขั้น คือ

ขั้นนำ : การสร้างความสนใจและบอกวัตถุประสงค์
ขั้นให้ข้อมูล : บอกชื่อของความคิดรวบยอดเสนอตัวอย่างและไม่ใช่ตัวอย่าง เพื่อค้นหาลักษณะร่วม
ขั้นสรุป : สรุปคุณลักษณะเด่นจากตัวอย่าง เพื่อนำไปเขียนเป็นคำจำกัดความ
ขั้นฝึก : การใช้ความคิดรวบยอดแก้ไขปัญหาโจทย์ตัวอย่างและตรวจปรับความรู้
ขั้นประเมินผล : การทดสอบความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดรวบยอด และใช้ความคิดรวบยอดแก้ปัญหาโจทย์ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการสอนตามรูปแบบการสอนความคิดรวบยอด

2.8 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถของผู้เรียนด้านพุทธิพิสัย แบบทดสอบประเภทนี้จะต้องมีความหมายตามเนื้อหา เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นครอบคลุมเนื้อหา สำหรับการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ ได้แก่การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่

สมนึก ภัททิยธนี [23] ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบตามลักษณะของการใช้วัด และประเมินผลการเรียน ในลักษณะที่สอดคล้องกับ Bloorn Taxonomy มี 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบย่อย (Formative Test) แบบทดสอบประบท หรือ หน่วยการเรียน ลักษณะของข้อสอบจะสอดคล้องกับ แบบทดสอบประบท หรือ หน่วยการเรียน ลักษณะของข้อสอบจะสอดคล้องกับมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมประจำบทหรือหน่วยการเรียน ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนช่วยให้ครูได้วิเคราะห์หาสาเหตุความบกพร่อง และซ่อมเสริมแก้ไขได้ตรงจุดแบบทดสอบลักษณะนี้มักจะทดสอบระหว่างเรียน

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test or Summative Test) แบบทดสอบสรุปรวมเนื้อหาที่เรียนผ่านมาทุกบท มีจุดมุ่งหมาย คือ ต้องทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถตามวัตถุประสงค์ของการที่สำคัญของรายวิชามากน้อยแค่ไหน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปจัดแบ่งระดับผู้เรียนพิจารณาว่าใครผ่านรายวิชานั้นต่อไป

2.8.1 การวางแผนสร้างข้อสอบ

เยาวดี วิบูลย์ศรี [24] ได้กล่าวถึง การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี จะต้องมีการเตรียมตัว และมีการวางแผน เพื่อให้แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้อย่างชัดเจน จากการสอบแต่ละครั้ง โดยมีขั้นตอนในการสร้างข้อสอบที่ผู้วิจัยสรุปได้เป็น 8 ขั้น ดังนี้

1. วิเคราะห์จุดประสงค์ทั่วๆไป แปลงให้เป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยระบุเป็นข้อ ๆ และให้กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหล่านี้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการทดสอบด้วย การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในการวัดและประเมินผลมีความสำคัญ 2 ประการ คือ

- ช่วยให้สามารถสังเกตพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้อย่างเดนชัด ซึ่งถือว่าเป็นหลักฐานที่แสดงความสามารถเฉพาะของข้อสอบที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอน
- ทำให้สามารถสังเกตละวัดการเรียนรู้ได้โดยง่าย เพราะการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้น ได้ระบุจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนไว้ในลักษณะที่สั้น และสามารถเข้าใจได้ง่าย

2. กำหนดโครงเรื่องของเนื้อหาสาระ ด้วยการสำรวจเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการเรียนจากตำราหรือหนังสือที่ใช้ประกอบการสอน และนำเนื้อหาที่ได้มาจัดเป็นข้อย่อยๆ เพื่อใช้ในการออกข้อสอบและกำหนดสัดส่วนของข้อสอบตามความสำคัญของเนื้อหา

3. กำหนดรูปแบบหรือชนิดของข้อสอบ โดยพิจารณาวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่วิเคราะห์ได้ในขั้นที่ 1 จะทำให้ทราบว่าจะวัดวัตถุประสงค์ที่เน้นในด้านใด ซึ่งในการวิจัยนี้เน้นความสามารถด้านพุทธิพิสัย เลือกใช้ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เพื่อใช้วัดความสามารถ ด้านความรู้ความจำ (Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) และการนำไปใช้ (Application) ตามแนวคิดของบลูม

4. สร้างตารางผังข้อสอบ เพื่อแสดงถึงน้ำหนักของเนื้อหาวิชาแต่ละเรื่อง และพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบให้เด่นชัด และกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการใช้โดยพิจารณามนเรื่องของเวลาที่ใช้ทำแบบทดสอบความสามารถของผู้เรียนและความยากง่ายของแบบทดสอบ

5. การเตรียมงานและลงมือเขียนข้อสอบฉบับร่าง ทั้งนี้จะต้องออกข้อสอบให้มีจำนวนข้อสอบมากกว่าที่ต้องการจริงเพื่อเลือกใช้ข้อสอบในข้อที่ใช้ไม่ได้

6. การตรวจสอบทานข้อสอบ การวิเคราะห์และประเมินข้อสอบด้านความแม่นตรงเชิงเนื้อหาเพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพมารวมฉบับ เป็นการตรวจสอบข้อสอบว่าข้อสอบมีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์ที่ต้องวัดหรือไม่โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผลจากการวิเคราะห์สามารถนำไปใช้แก้ไขปรับปรุงข้อสอบที่มีความแม่นตรงเชิงเนื้อหาน้อย

7. นำข้อสอบไปทดลองใช้ (Try out) นำข้อสอบที่สร้างทั้งหมดที่ผ่านมาการตรวจสอบความแม่นตรงเชิงเนื้อหา และปรับปรุงข้อคำถามก่อน นำไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ผ่านการเรียนเนื้อหาดังกล่าวมาแล้วและพิจารณาที่เหมาะสมในการทำข้อสอบ จากจำนวนผู้เข้าสอบ 80% ถึง 90% ทำข้อสอบนั้นเสร็จ

8. วิเคราะห์ข้อสอบ ก่อนนำไปใช้งานจริง นำผลที่ได้จากการนำข้อสอบไปทดลองใช้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (Difficulty) ค่าอำนาจจำแนก (Power of Discrimination) และความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบแล้วทำการคัดเลือกข้อสอบและปรับปรุงข้อสอบด้านความยากง่ายก่อนนำไปใช้จริง

2.8.2 หลักการออกข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Items)

สุรางค์ โค้วตระกูล [25] ได้กล่าวถึง หลักการออกข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Items) มีรายละเอียด ดังนี้

1. ภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อความที่เสนอปัญหา ควรจะเป็นภาษาที่มีความชัดเจนเข้าใจง่าย และแต่ละข้อความจะเป็นคำถามที่มีคำตอบเดียว

2. ในการเขียนข้อความที่เสนอปัญหา ควรจะหลีกเลี่ยงคำว่าเสมอ หรือตลอดเวลา (Always) หรือคำว่าทั้งหมด (All), ไม่เคย (Never) หรือคำอื่น ๆ ที่จะให้นักเรียนเดาคำตอบที่ถูกได้ง่ายขึ้น

3. การเขียนตัวเลือก (Altemative) ทั้งตัวเลือกที่เป็นคำตอบ และตัวลวง (Distracters) ควรจะให้มีความยาวเท่าๆกัน

4. ประโยคคำตอบ และตัวลวง (Distracters) แต่ละประโยคควรจะมีความหมายของมันเอง ไม่ควรจะมีความหมายซ้ำกัน

5. การจัดอันดับคำตอบที่ถูกต้องควรจัดแบบสุ่ม (Random) คือ อยู่ในอันดับที่ไม่เป็นระบบ เช่นคำตอบของข้อ 1 อยู่อันดับ 2,คำตอบข้อ 2 อยู่ในอันดับที่ 4, ข้อ 3 อยู่อันดับที่ 1 เป็นต้น

6. ควรจะหลีกเลี่ยงประโยคตัวเลือก (Alternative) ที่เขียนว่า ไม่มีคำตอบที่ถูกเลย (Non of the Above) หรือ “ถูกทุกข้อ (All of the Above)” เพราะอาจจะทำให้นักเรียนเดาคำตอบได้แม้ว่าจะไม่มีความรู้

2.8.3 การวิเคราะห์ความแม่นตรงเชิงเนื้อหา

การวิเคราะห์ความแม่นตรงเชิงเนื้อหา บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ [26] โดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญเนื้อหา เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือลักษณะเฉพาะมวลความรู้คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\text{IOC} = \frac{\sum R}{N}$$

IOC = ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum$R = คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์มีการดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

1. นำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อสอบที่วัดจุดประสงค์ข้อนั้นๆ ให้มันเชี่ยวชาญเนื้อหาวิชา (ควรมีอย่างน้อย 3 คน) แต่ละคนพิจารณาลงความเห็นว่าข้อสอบแต่ละข้อวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยกำหนดคะแนนความคิดเห็นไว้ดังนี้

+1 แน่ใจข้อสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้น

0 ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้นหรือไม่

-1 ไม่แน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดปราะสงค์ข้อนั้น

2. บันทึกผลการพิจารณาลงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาวิชาแต่ละคนในแต่ละข้อ แล้วหาคะแนน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดเป็นรายข้อแทนค่าสูตรในสมการ

3. แปลความหมายดัชนีที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่าข้อสอบวัดหรือเป็นตัวแทนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อนั้น ถ้าค่าดัชนีที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 0.5 แสดงว่าข้อสอบไม่วัดหรือไม่เป็นตัวแทนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อนั้น

2.8.4 คุณสมบัติของแบบทดสอบที่ดี

เพราพรรณ เปลี่ยนภู่ [27] ได้กล่าวถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่ดี ควรมีคุณสมบัติในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity) ใช้วัดได้ตรงจุดประสงค์ที่ต้องการ แบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงสูง คือ แบบทดสอบที่สามที่สามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ผู้ออกข้อสอบต้องการจะวัด

2. ความเป็นปรนัย (Objectity) คือ แบบทดสอบที่ทุกคนอ่นข้อสอบนั้น จะเข้าใจคำถามตรงกันทั้งวิธีการสอบ เนื้อหา โจทย์ และต้องมีคำตอบที่แน่นอน ชัดเจน นักศึกษาที่มีความรู้ ความเข้าใจดีเมื่ออ่านแล้วต้องอ่านพ้องกันว่าถูก หรือผิด หรือเลือกข้อที่ถูกต้องตรงตามกัน ไม่ใช่การใช้ความคิดที่เสรีและผู้ตรวจก็สามารถตรวจได้ง่าย คะแนนที่ได้สามารถแปลความหมายพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้ถูกต้อง แบบทดสอบที่มีความเป็นปรนัยมีลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ

ก. คำถามชัดเจน อย่าให้ภาษาที่กำกวมเพื่อผู้สอบจะได้เข้าใจคำถามตรงกันกับความต้องการของผู้สร้างข้อสอบ

ข. มีคำตอบแน่นอน นักศึกษาจะตอบแน่นอน นักศึกษาจะตอบในขอบเขตเนื้อหาเดียวกัน

ค. เกณฑ์การให้คะแนนต้องชัดเจน ไม่ว่าใครจะเป็นผู้ตรวจ และตรวจเมื่อใดก็ได้จะได้คะแนนเท่ากันเสมอ การให้คะแนนต้องไม่อาศัยความคิดส่วนตัวมาเป็นเกณฑ์การกำหนดคะแนนผิดได้ 0 ถูกได้ 1 เป็นการให้คะแนนที่เป็นปรนัยมากที่สุด

3. ความเชื่อมั่น (Reliability) คือ ความคงเส้นคงวาของผลการวัดที่นำแบบทดสอบนั้นไปทดสอบกลุ่มตัววอย่างไม่ว่าจะทดสอบกี่ครั้ง ๆ ก็ตามก็ยังคงได้คะแนนเท่าเดิม การหาความเชื่อมั่นมีหลายวิธีด้วยกันสูตรที่ผู้วิจัยนำมาใช้ คือ สูตร KR 20

4. ความยาก (Difficulty) แบบทดสอบควรมีความยากง่ายพอเหมาะ 50% แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ควรมีค่าความยากง่าย ระหว่าง 20-80%

5. อำนาจจำแนก (Discrimination) แบบทดสอบแต่ละข้อ จะต้องสามารถแยกคนเก่งและคนไม่เก่งออกจากกันได้ กล่าวคือ คนเก่งจะตอบถูกและคนไม่เก่งจะตอบผิด

6. ใช้เวลาเหมาะสม (Speededness) จะต้องกำหนดเวลาการสอนให้เหมาะสมไม่มากหรือน้อยจนเกินไป โดยทั่วไปเวลาที่เหมาะสม สำหรับแบบทดสอนวัดผลสัมฤทธิ์ ควรเป็นเวลาที่ผู้เข้าสอบประมาณร้อยละ 80 – 90 % ทำให้ข้อสอบนั้นเสร็จ

7. มีประสิทธิภาพสูง (Efficiency) ต้องสามารถสร้างข้อสอบให้ตรงตามเนื้อหา ตามวัตถุประสงค์ และมีคุณค่ามากที่สุดโดยใช้เวลา แรงงานและค่าใช้จ่ายให้น้อยที่สุด สามารถใช้ข้อสอบได้หลายครั้ง

2.9 วิธีการศึกษาพฤติกรรมทางวาจาของบราวน์

เป็นการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน (George Brown อ้างใน มยุรี แก้วพันธ์ [28]) โดยสังเกตปฏิสัมพันธ์ทางวาจา ที่ง่ายและมีระบบโดยมีดารสังเกตพฤติกรรมอื่นๆ ประกอบด้วยเป็นระบบ “BIAS” (Brown’ Interaction Analysis System) หลักการสังเกตเพื่อการตีความถูกต้องของ พฤติกรรมเกิดขึ้นนั้น ผู้สังเกตควรศึกษาสิ่งเหล่านี้

2.9.1 พฤติกรรมที่สังเกต

เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นและบันทึกทุกๆ 3 นาที ลงในตารางบันทึกพฤติกรรม จะมีอักษรย่อของพฤติกรรมที่เกิดขึ้น ผู้สังเกตจะต้องทราบความหมายของตัวย่อ โดยจะต้องฝึกสังเกต และความหมายให้ถ่องแท้ เพื่อสามารถแยกและจำแนกพฤติกรรมได้ถูกต้อง พฤติกรรมที่สังเกตมีดังต่อไปนี้คือ

TL(Teacher Lecture)	- ผู้สอนบรรยาย อธิบาย บอก แนะนำ
TQ(Teacher Question)	- ผู้สอนถามเนื้อหาหรืออื่นๆ ที่ต้องการคำตอบ
TR(Teacher Response)	- ผู้สอนยอมรับความรู้สึก เห็นใจ ชมเชย ยอมรับความคิดเห็น
PR(Pupil Response)	- ผู้เรียนโต้ตอบผู้สอน
PV(Pupil Volunteer)	- ผู้เรียนเริ่มพูด
S(Silence)	- หยุด....เงียบ ที่เกิดขึ้นระยะหนึ่งระหว่างพูด
X(Unclassifiable)	- พฤติกรรมที่ไม่สามารถจำแนกได้ และรวมถึงพฤติกรรมที่ปกติ เช่นตำหนิ ดุ เป็นต้น หรือพฤติกรรมที่ไม่มีการพูดการเขียน กระดานหรือสาธิต

2.9.2 การบันทึกรายละเอียดของพฤติกรรม

ในขณะบันทึกพฤติกรรมนี้ ถ้าผู้บันทึกสามารถที่จะจำแนกพฤติกรรมได้ละเอียด ก็สามารถจดบันทึกเหตุการณ์(ใช้ตัวย่อแทน)ลงไปข้างๆ พฤติกรรมนั้นได้ ซึ่งจะทำให้สามารถตีความหมายพฤติกรรมได้ถูกต้องและละเอียด ดังเช่น ขณะที่ผู้สอนถามคำถาม ถ้าผู้สังเกตสามารถจำแนกได้ว่า

เป็นคำถามประเภทใด คำถาม ระดับต่ำ(Lower Question) ก็บันทึกตัว”I” ลงไปข้างๆ รอยขีดและถ้าเป็นคำถามที่ใช้ความคิดสูง (Higher- Order Question) ก็ให้บันทึกตัว “h” ข้างรอยขีดเป็นต้น

2.9.3 การตีความหมายของระบบ”BIAS”

เป็นการแปลผลจากแบบสังเกตที่บันทึกไว้ โดยการนับรอยขีดในแต่ละพฤติกรรมแล้วนำมาเป็นทึกลงในตารางเพื่อเปรียบเทียบกันเป็นอัตราร้อยละในการเปลี่ยนแปลผลที่ได้จากแบบสังเกตนั้น สามารถ

แปลผลเป็นระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละพฤติกรรมเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ทังหมด หรืออาจใช้ความถี่ของรอยขีดแต่ละพฤติกรรมที่สังเกตได้ มาเปรียบเทียบกับรอยขีดทั้งหมด

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสังเกตของบราวน์จากมยุรี แก้วพันธ์ โดยการปรับพฤติกรรมในการสังเกตบางอย่าง เพื่อสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน โดยเฉพาะการมี ปฏิสัมพันธ์ ในการเรียนๆ ของผู้เรียน เพราะการจัดการเรียนการสอนตามงานวิจัยนี้ ในแบบสังเกตจะเน้นการให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนและแสดงความคิดเห็นในกิจกรรมการเรียน ระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม และสมาชิกระหว่างกลุ่มและครูผู้สอนกับผู้เรียน ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมซึ่งจะบ่งบอกถึงพฤติกรรม และทัศนคติ ของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อหาข้อสรุปของความคิดรวบยอด

การจัดการเรียนการสอนตามแผนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีกิจกรรมที่ต้องใช้ในการเรียนรู้มากมายและต้องการสังเกตผู้เรียนและผู้สอนแต่ละรอยขีดทุกๆ 3 นาที

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วชิระ สุขมหา [3] ได้พัฒนารูปแบบการสอนความคิดรวบยอดและหลักการ วิชาวงจรไฟฟ้า 2 โดยดำเนินการทดลองกับนักศึกษาระดับ (ปวส.) ชั้นปีที่ 2 ผลการศึกษาวิจัยพบว่า การสอนความคิดรวบยอดและและหลักการให้ผลลัพธ์ที่ดี โดนผู้เรียนส่วนใหญ่มีผลการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และได้พิจารณาผลการเรียนความคิดรวบยอดในรายกลุ่ม พบว่า ผู้เรียนกลุ่มที่มีความสามารถปานกลางและต่ำมีผลการเรียนไม่แตกต่างกัน การพิจารณาผลการเรียนหลักการ พบว่ากลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนสูงมีผลการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่มีความสามารถปานกลางและต่ำอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ส่วนกลุ่มที่ความสามารถปานกลางและต่ำมีผลการเรียนไม่แตกต่างกัน

สนาม สุขารมณ์ [5] ได้ปรึกษาและพัฒนารูปแบบการสอนตามโครงสร้างของการเรียนรู้ เรื่องความเหนี่ยวนำกระแสสลับในสายส่งเดียว โดยการนำคุณสมบัติที่สำคัญของหลักการและของความคิดรวบยอด มาคดเลือกเนื้อหาและปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของโครงสร้างการเรียนรู้ เพื่อนำมาสร้างแผนการสอนด้วยการผสมผสานหลักการของกาเย่ และหลักการสอบความคิดรวบยอดผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่เรียนตามโครงสร้างการเรียนรู้มีความสามารถในการคิดระดับสูง สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยเนื้อหาในตำราทั่วไปอย่างมีวินัยสำคัญที่ระดับ0.01

สมศักดิ์ แก้วพันธ์ [29] ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการสอนปกติและสอนแก้ปัญหา ในเนื้อหาเรื่อง หารถ่ายทอดกำลังไฟฟ้าในมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาที่ได้รับการสอนตามรูปแบบการสอนแก้ปัญหา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในพฤติกรรมด้าน

ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และความสามารถ ในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติ

บุญล้อม ไชยสิงห์ [30] ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสอนแบบอุปนัยและนิรนัย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ด้านมโนทัศน์ในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเซท ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบอุปนัย และกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบนิรนัยและยังได้แบ่งตามความสามรถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ผลการเรียนพบว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบอุปนัยและนิรนัย มีผลสัมฤทธิ์ด้านมโนทัศน์ไม่ต่างกัน และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงและปานกลาง มีผลสัมฤทธิ์ ด้านมโนทัศน์ไม่ต่างกัน ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง และปานกลาง จะมีผลสัมฤทธิ์ด้านมโนทัศน์สูงกว่า ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ และวิธีสอนทั้งสองวิธีม่าได้ส่งผลรวมต่อผลสัมฤทธิ์ด้านมโนทัศน์ในวิชาคณิตศาสตร์

ชาญวิทย์ จรตระการ [4] ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีสอนและอนุมานที่มีผลสัมฤทธิ์ด้านความคิดรวบยอดและความคงทนของความคิดรวบยอดในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องพืช ผู้เข้ารับการทดลองเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบอุปมานและอนุมาน และนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบอุปมาน มีความคงทดของความคิดรวบยอดสูงกว่ากลุ่มได้รับการสอนแบบอุปมาน

สุนีย์ สอนตระกูล [16] ได้พัฒนาระบบการเรียนการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์สำหรับวิชาชีววิทยา และศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการเรียนการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ กับผู้เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4,5 และ6 เป็นกลุ่มทดลอง และดำเนินการสอนกลุ่มควบคุมตามคู่มือที่จัดทำขึ้น โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผลการศึกษาวิจัยปรากฏว่าผู้เรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนตามระบบการจัดการเรียนการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีวินัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผู้เรียนที่เป็นกลุ่มทดลองมีความคงทดของการเรียนรู้

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าว พบว่า การสอนความคิดรวบยอดแบบอุปมานและแบบนิรนัยเป็นวิธีการสอนความคิดรวบยอด ที่ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และมีความคงทดในการเรียนรู้ส่วนการสอนความคิดรวบยอดด้วยวิธีการอุปมาน มีทั้งให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าแบบนิรนัย และมีผลที่ไม่แตกต่างกันแต่โดยรวมทั้ง 2 วิธี ผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนสูงและปานกลางจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้ที่มีความสามารถทางการเรียนระดับต่ำ ด้วยการคัดเลือก

เนื้อหาตามโครงสร้างการเรียนรู้ พบว่าผู้เรียนที่เรียนตามโครงสร้างการเรียนรู้มีความสามารถในการคิดระดับสูง สูง กว่ากลุ่มที่เรียนด้วยเนื้อหาในตำรา

2.11 เนื้อหาวิชาช่างที่ใช้สอนในงานวิจัย

การออกแบบวงจรนิวเมติกส์ จะมีการควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ มีการควบคุมหลายอย่างเช่น การควบคุมด้วยลมเพียงอย่าง ควบคุมด้วยรีเลย์ไฟฟ้า และควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิก คอนโทรลเลอร์(PLC) ซึ่งการควบคุมแต่ลักษณะมีลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละแบบ ของ อ.เดชฤทธิ์ มณีธรรม [40], ณรงค์ ตันชีวะวงศ์ [43], มนูญ ชื่นชม[44].

การออกแบบวงจรนิวเมติกส์ควบคุมด้วยลม

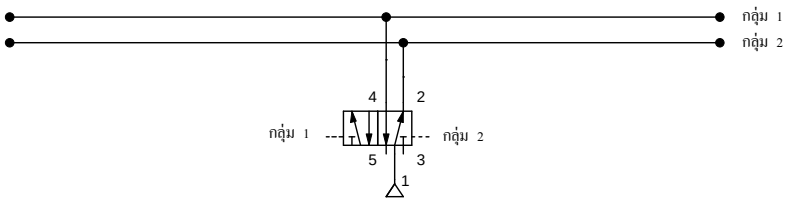
การออกแบบวงจรนิวเมติกส์ หมายถึง การทำอย่างไรก็ได้เพื่อให้อุปกรณ์ทำงาน สามารถทำงานได้บรรลุวัตถุประสงค์ อุปกรณ์ทำงานส่วนมากแล้วมักจะเป็นกระบอกสูบชนิดสองทาง ส่วนวาล์วควบคุม ถ้าควบคุมด้วยลมก็จะเป็นวาล์วทำงานด้วยลม การออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อนมากขึ้นจะต้องต้องมีวิธีหรือหลักการออกแบบดังนี้

1. การออกแบบวงจรโดยใช้วิธี Cascade Control มีขั้นตอนดังนี้
   1.1 เขียนลำดับการทำงานของเครื่องจักร
   1.2 ให้แบ่งกลุ่มการทำงานของแต่ละกระบอกสูบ การแบ่งกลุ่มมีหลักการคือ ถ้าตัวอักษรกระบอกสูบซ้ำกันจะอยู่กลุ่มเดียวกันไม่ได้ เช่น A+ B+ B- กลุ่มนี้ไม่ถูกต้อง
   1.3 เมื่อแบ่งกลุ่มได้แล้วให้จำนวน cascade valve มีหลักการดังนี้
   cascade valve = จำนวนกลุ่มลบด้วย 1
   1.4 ให้เขียนสัญลักษณ์อุปกรณ์ตามหลักการ

หลักการทำงานของระบบ cascade control

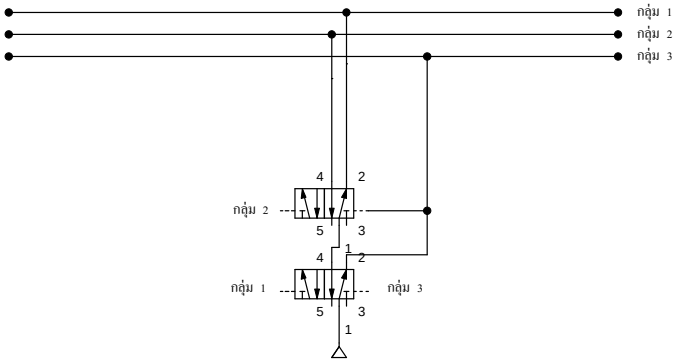
1. เมนวาล์ว 5/2 จะต่ออนุกรมเสมอ
2. จำนวนเมนวาล์วจะน้อยกว่ากลุ่มสัญญาณลม 1 ตัวเสมอคือ
   - จำนวนกลุ่มสัญญาณลม 5 กลุ่ม จะมีจำนวนเมนวาล์ว 4 ตัว
   - จำนวนกลุ่มสัญญาณลม 4 กลุ่ม จะมีจำนวนเมนวาล์ว 3 ตัว
   - จำนวนกลุ่มสัญญาณลม 3 กลุ่ม จะมีจำนวนเมนวาล์ว 2 ตัว
3. ลมที่ใช้ในระบบจะค้างอยู่กลุ่มสุดท้ายของกลุ่มสัญญาณลมเสมอ

จำนวนกลุ่มสัญญาณลม 2 กลุ่ม



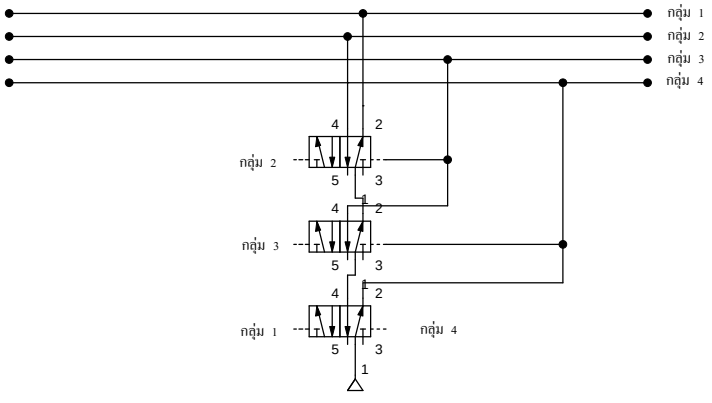
รูปที่ 2.3 แสดงรูปแบบ 2 กลุ่มลม

จำนวนกลุ่มสัญญาณลม 3 กลุ่ม



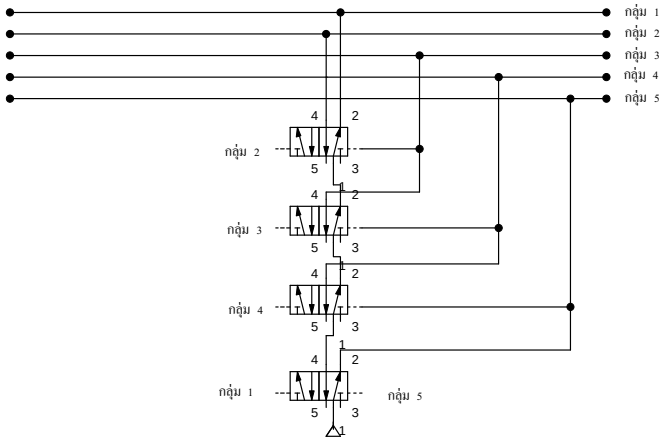
รูปที่ 2.4 แสดงรูปแบบ 3 กลุ่มลม

จำนวนกลุ่มสัญญาณลม 4 กลุ่ม



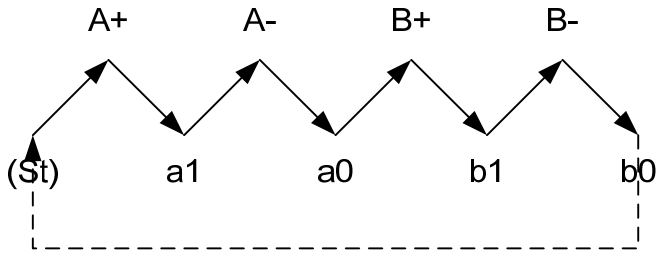
รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบ 4 กลุ่มลม

จำนวนกลุ่มสัญญาณลม 5 กลุ่ม

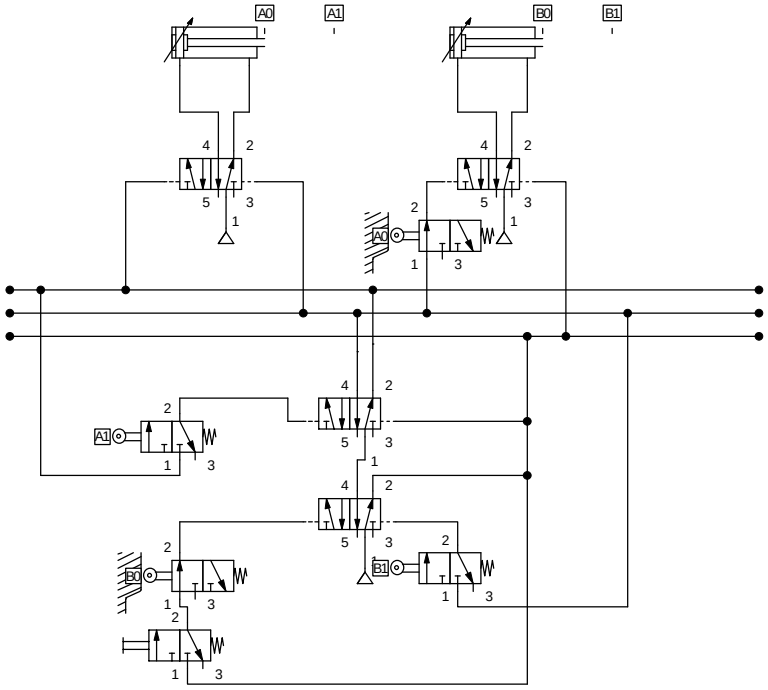


รูปที่ 2.6 แสดงรูปแบบ 5 กลุ่มลม

ตัวอย่าง จงออกแบบวงจรนิวเมติกส์โดยวิธี cascade control ตามเงื่อนไข Signal flow diagram ดังรูปข้างล่างนี้



จาก Signal flow diagram แบ่งกลุ่มลม 3 กลุ่ม



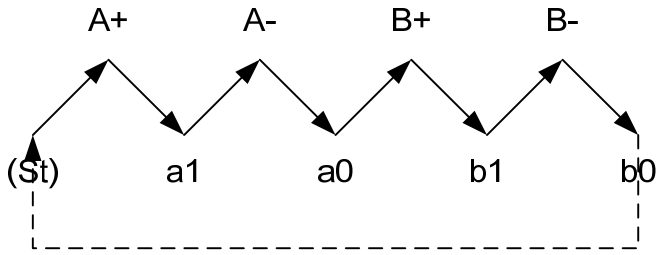
รูปที่ 2.7 แสดงการออกแบบวงจรนิวเมติกส์แบบ cascade control

2. การออกแบบโดยวิธี Shift Register Control มีหลักการดังนี้ จะใช้วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนด้วยลมทั้ง 2 ด้าน โดยต่อคู่กับวาล์วลมคู่ (Two Pressure Valve) โดยด้านหนึ่งของวาล์วลมคู่จะต่ออยู่กับสัญญาณลม

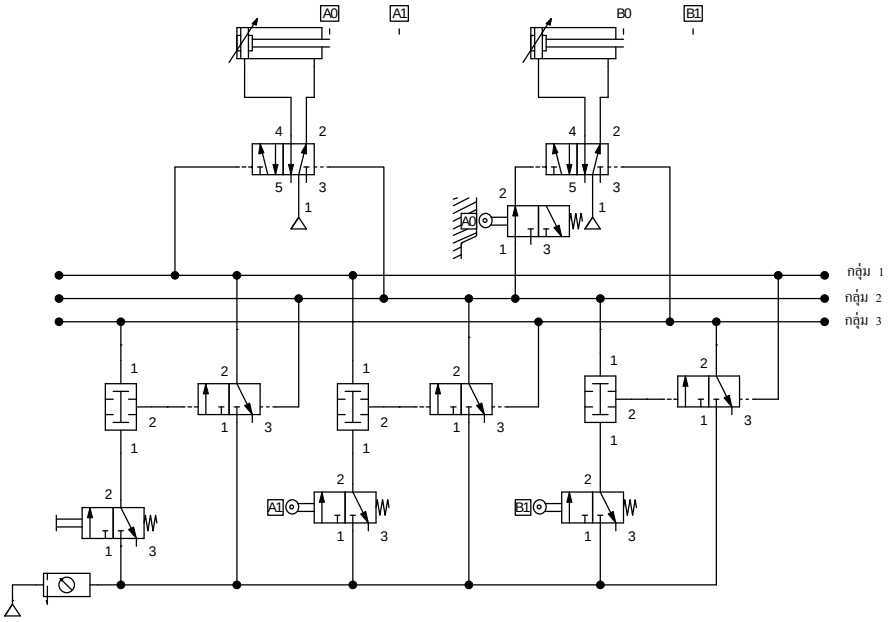
หลักการทำงานของระบบ Shift Register Control

1. ใช้วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนด้วยลมทั้ง 2 ด้าน โดยต่อคู่กับวาล์วลมคู่ (Two Pressure Valve)
2. วาล์วจะต่อขนานกัน
3. ใช้กับกลุ่มลมที่ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป
4. สภาวะปกติ ลมที่ใช้ในระบบจะค้างอยู่กลุ่มสุดท้ายของกลุ่มสัญญาณลมเสมอ

ตัวอย่าง จงออกแบบวงจรนิวเมติกส์โดยวิธี Shift Register Control ตามเงื่อนไข Signal flow diagram ดังรูปข้างล่างนี้



จาก Signal flow diagram แบ่งกลุ่มลม 3 กลุ่ม



รูปที่ 2.8 แสดงการออกแบบวงจรนิวเมติกส์แบบ Shift Register Control

การออกแบบวงจรนิวเมติกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้า

การออกแบบวงจรนิวเมติกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้า มีขั้นตอนการออกแบบวงจรนิวเมติกส์ไว้เป็นลำดับดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกชนิดของกระบอกสูบ

การเลือกชนิดของกระบอกสูบนั้น เราพิจารณาโดยคำนึงถึงแรงที่ต้องการใช้และระยะชักของกระบอกสูบ ถ้างานต้องการแรงไม่มากนักและระยะชักไม่เกิน 10 เซนติเมตร จะเลือกใช้กระบอกสูบทางเดียว(Single acting cylinder) ส่วนงานที่ต้องการแรงกระทำมากและระยะชักที่ยาวกว่า 10 เซนติเมตร และเลือกใช้กระบอกสูบทำงานสองทาง(Double acting cylinder)

ขั้นตอนที่ 2 หาขนาดของกระบอกสูบ

การหาขนาดของกระบอกสูบสามารถหาได้จากสูตรและน้ำหนักของโหลดที่กระบอกสูบกระทำได้ดังนี้

$$A = \frac{F}{P} \quad (F = P \times A)$$

$$A \text{ (วงกลม)} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi P}}$$

P = แรงดันของระบบ 6 บาร์ = 6×10^5 N/m^2

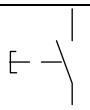
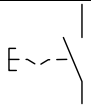
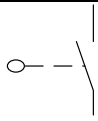
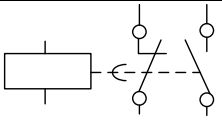
F = แรงที่กระบอกสูบต้องการกระทำกับงาน 1 กิโลกรัม (แรง) = 9.81 N = 10 N

ขั้นตอนที่ 3 หาขนาดของเมนวาล์ว

การหาชนิดของเมนวาล์วนั้นเราสามารถหาได้จากชนิดของตัวทำงานและลักษณะการทำงานของเครื่องจักร โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

- การต่อของวาล์ว
- ตำแหน่งของวาล์ว จะหาได้จากลักษณะงานที่ต้องการ
- การเลื่อนและการเลื่อนกลับของเมนวาล์ว

ขั้นตอนที่ 4 เลือกสวิทช์ควบคุมให้เหมาะสมกับเมนวาล์วและลักษณะการทำงานของเครื่องจักร

ชนิดของสวิทช์	ลักษณะงาน
 Pushbutton switch	การทำงานเป็นจังหวะ
 Rocker switch	การทำงานค้างตำแหน่ง
 Limit switch	สั่งการโดยทางกล
 Timer relay	การทำงานด้วยการหน่วงเวลา

ขั้นตอนที่ 5 เลือกอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของกระบอกสูบ
การเลือกอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของกระบอกสูบจะสามารถเลือกได้จากลักษณะงานว่าการเคลื่อนที่ออกต้องการความเร็วสูงใช้วาล์วเร่งระบาย

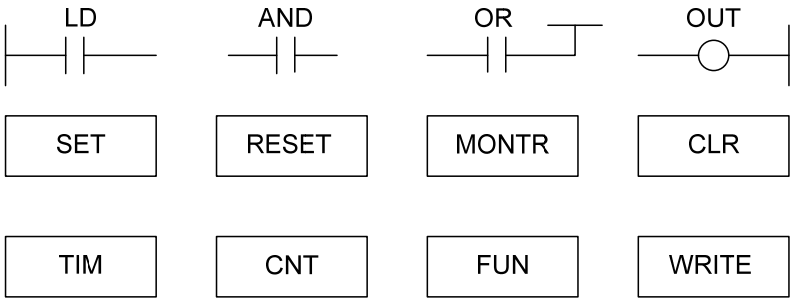
ขั้นตอนที่ 6 เงื่อนไขพิเศษ
เงื่อนไขพิเศษในที่นี้หมายถึงการคำนึงถึงเงื่อนไขพิเศษของวงจรการทำงานของเครื่องจักร เช่นระบบป้องกัน จะต้องกดสองมือเท่านั้นถึงจะทำงาน, หรือต้องปิดฝาเครื่องจักรก่อนจึงจะ Start ให้เครื่องจักรทำงานได้

การออกแบบวงจรนิวเมติกส์ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC)
โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์(PLC) จะควบคุมการทำงานโดยจะถูกคำสั่งที่ป้อนเข้าไปใน PLC ด้วยซอฟท์แวร์ (Software) ซึ่งซอฟท์แวร์จะสามารถแก้ไข และตรวจสอบได้จาก PC โดยในส่วนของซอฟท์แวร์จะมีอุปกรณ์ต่างๆ ให้เลือกใช้มากมาย เช่น สวิทซ์ รีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับจำนวน และสามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์ได้เลย โดยจะไม่เหมือนการต่อวงจรที่ต้องตัดต่อสายไฟทำให้เปลืองค่าใช้จ่ายและเสียเวลา PLC มีส่วนประกอบแบ่งออกได้ 3 ส่วน คือ

1. หน่วยประมวลผล
2. หน่วยอินพุท/เอาต์พุท
3. หน่วยอุปกรณ์ที่ใช้ในโปรแกรม

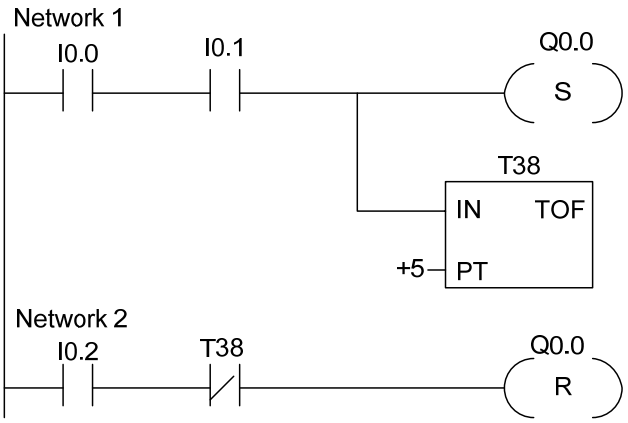
ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC สามารถแบ่งออกเป็น 3 ภาษาดังนี้

1. ภาษาบูลีน เป็นภาษาลอจิก(Logic) ที่สามารถป้อนโปรแกรมผ่านชุดป้อนโปรแกรม ซึ่งจะติดต่อกับ PLC อยู่ โดยทั่วไปลักษณะคำสั่งจะมีสัญลักษณ์ที่ใช้ป้อนคือ LD, AND, OR, NOT และ OUT เป็นต้น



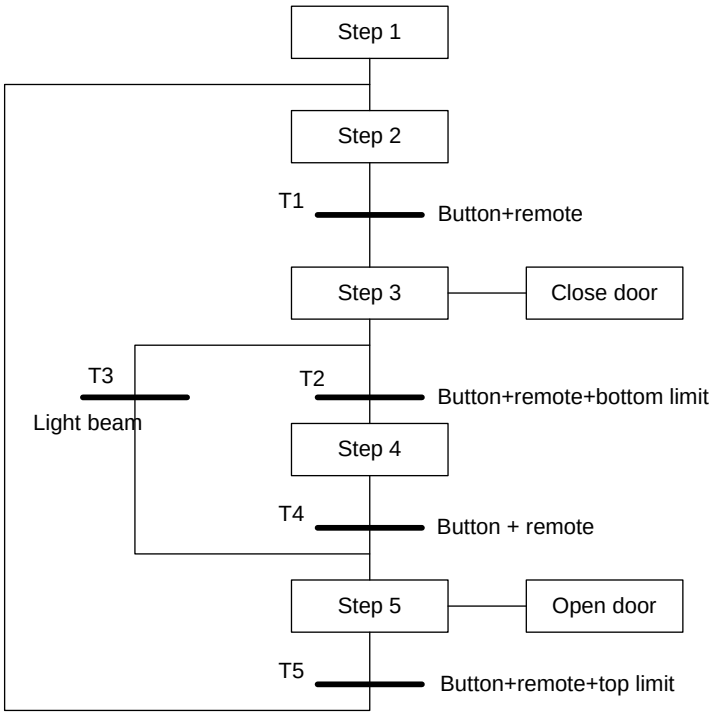
รูปที่ 2.9 แสดงการใช้ภาษาบูลีน

2. ภาษาแลดเดอร์ เป็นภาษาที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะเป็นภาษาที่ดูแล้วเข้าใจง่าย ทำให้สะดวกในการใช้และการแก้ไขโปรแกรม



รูปที่ 2.10 แสดง Ladder Diagram

3. ภาษาบล๊อต เป็นภาษาที่จัดกลุ่มการทำงานเป็น Block คำสั่งการจัดลำดับจะเป็น Step การทำงานซึ่งประกอบด้วยสัญญาณควบคุมอินพุท / เอาต์พุท

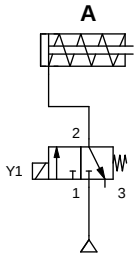


รูปที่ 2.11 แสดง Sequence Function Chart

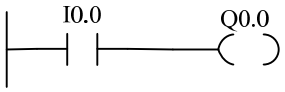
การใช้ PLC ควบคุมระบบนิวเมติกส์นั้น ในส่วนของ PLC เราสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนอินพุต และส่วนเอาต์พุต ในส่วนอินพุตนั้นจะต่อเข้ากับปุ่มกด ลิมิตสวิทซ์ รีดสวิทซ์ หรือเซนเซอร์ ส่วนเอาต์พุตจะต่อเข้ากับโซลีนนอยด์วาล์ว

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบทางเดียวด้วย Solenoid Valve 3/2

วงจรกำลัง



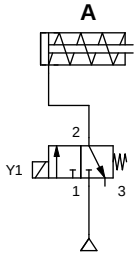
Ladder Diagram



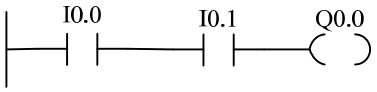
รูปที่ 2.12 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบทางเดียวด้วย Solenoid Valve 3/2

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบทางเดียวแบบอนุกรม (Serial Circuit)

วงจรกำลัง



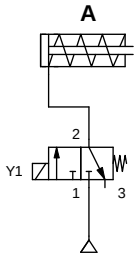
Ladder Diagram



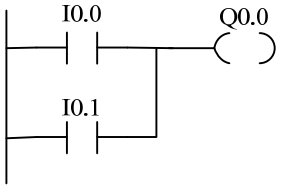
รูปที่ 2.13 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบทางเดียวแบบอนุกรม (Serial Circuit)

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบทางเดียวแบบขนาน (Paraflel Circuit)

วงจรกำลัง



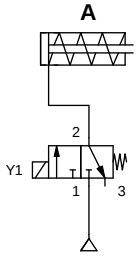
Ladder Diagram



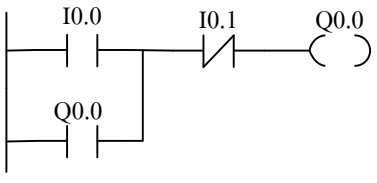
รูปที่ 2.14 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบทางเดียวแบบขนาน (Paraflel Circuit)

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบทางเดียวแบบ Self Holding

วงจรกำลัง



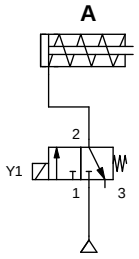
Ladder Diagram



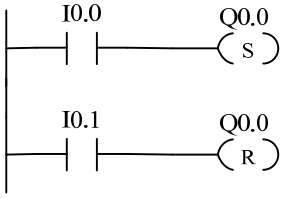
รูปที่ 2.15 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบทางเดียวแบบ Self Holding

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบทางเดียวด้วยคำสั่ง Set และ Reset

วงจรกำลัง



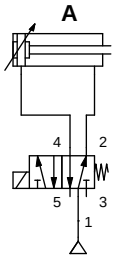
Ladder Diagram



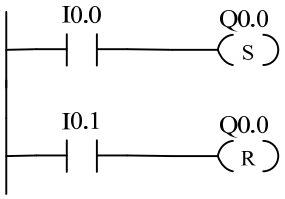
รูปที่ 2.16 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบทางเดียวด้วยคำสั่ง Set และ Reset

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางด้วยคำสั่ง Set และ Reset

วงจรกำลัง



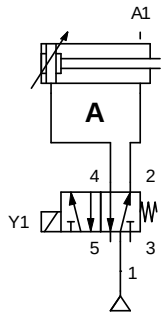
Ladder Diagram



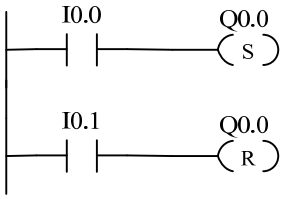
รูปที่ 2.17 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางด้วยคำสั่ง Set และ Reset

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางร่วมกับ Reed Switch

วงจรกำลัง



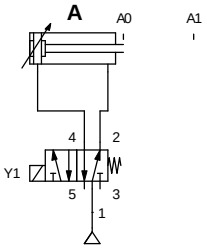
Ladder Diagram



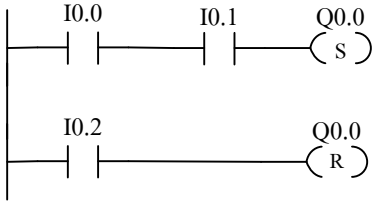
รูปที่ 2.18 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางร่วมกับ Reed Switch

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางร่วมกับ Limit Switch

วงจรกำลัง



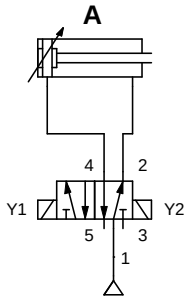
Ladder Diagram



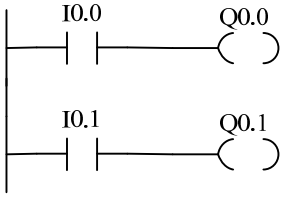
รูปที่ 2.19 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางร่วมกับ Limit Switch

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางแบบ Pushbutton 2 ตัว

วงจรกำลัง



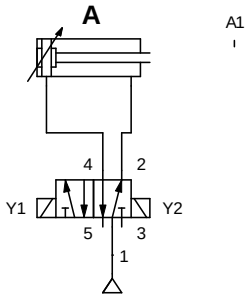
Ladder Diagram



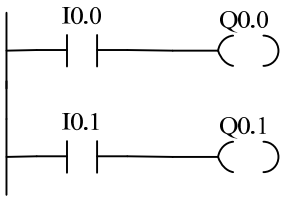
รูปที่ 2.20 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางแบบ Pushbutton 2 ตัว

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางแบบอัตโนมัติ

วงจรกำลัง



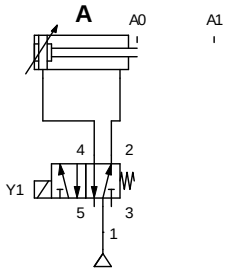
Ladder Diagram



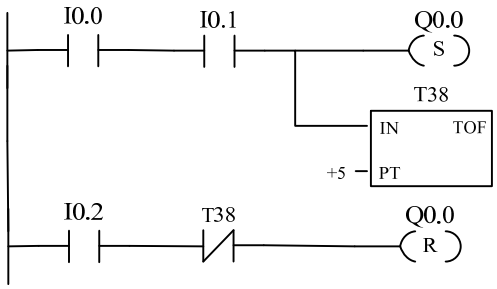
รูปที่ 2.21 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางแบบอัตโนมัติ

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางร่วมกับ Timer Off

วงจรกำลัง



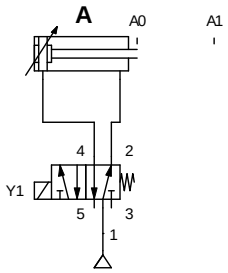
Ladder Diagram



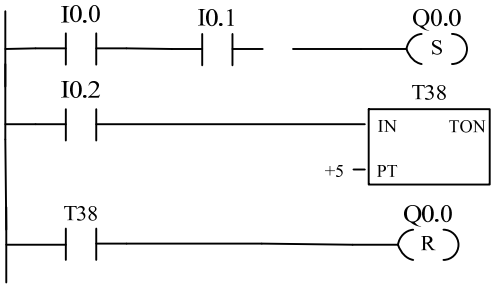
รูปที่ 2.22 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางร่วมกับ Timer Off

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางร่วมกับ Timer On

วงจรกำลัง



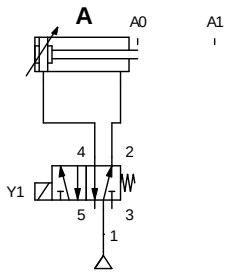
Ladder Diagram



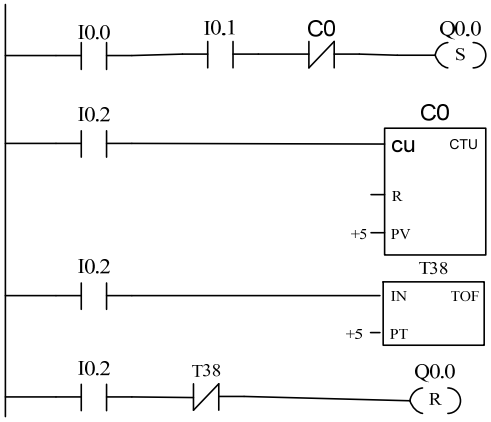
รูปที่ 2.23 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางร่วมกับ Timer On

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางร่วมกับ Counter และ Timer

วงจรกำลัง



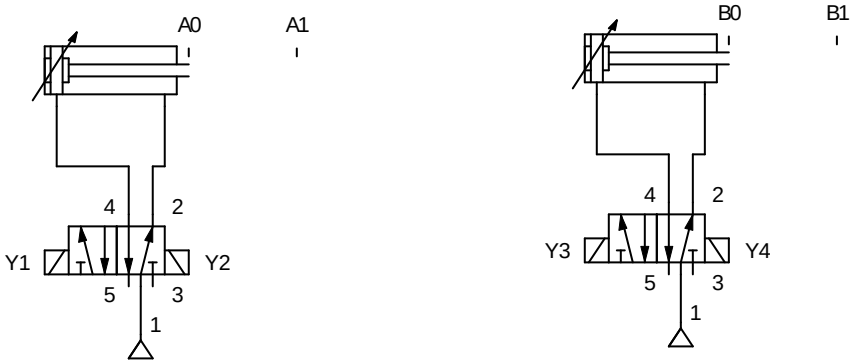
Ladder Diagram



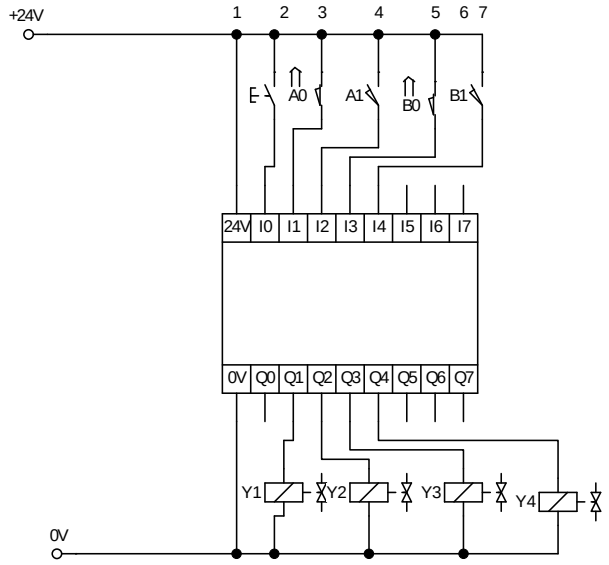
รูปที่ 2.24 แสดงการใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบสองทางร่วมกับ Counter และ Timer

ตัวอย่าง การใช้ PLC ควบคุมกระบอกสูบ 2 ตัว โดยลำดับการทำงานดังนี้ (A+ B+ A- B-)

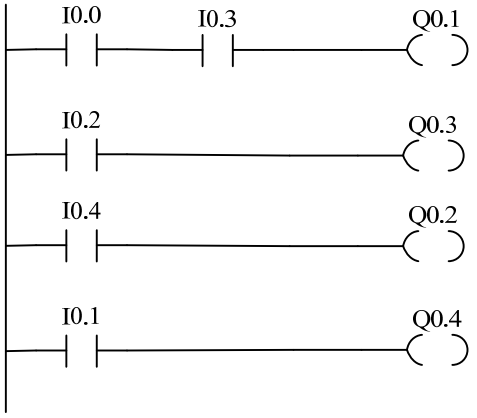
วงจรกำลัง



วงจรควบคุม



Ladder Diagram



รูปที่ 2.25 แสดงการต่อ PLC เข้ากับโซลินอยด์วาล์ว