บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้วิจัยได้รายงานถึงวรรณคดีที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความเป็นมาและสาระสำคัญของแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที

ตอนที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับรายละเอียดมีดังนี้

ตอนที่ 1 ความเป็นมาและสาระสำคัญของแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที

ความเป็นมาของแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที เริ่มต้นจากเมื่อประมาณ 100 ปี ที่ผ่านมามีนักจิตวิทยากลุ่มหนึ่ง ได้เสนอแนวคิดใหม่จนกลายเป็นสาขาหนึ่งของจิตวิทยา คือจิตวิทยาทางปัญญา (Cognitive Psychology) อันเป็นศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องสนใจที่จะศึกษาว่า ความรู้ได้มาอย่างไร ถูกเปลี่ยนแปลงรูปอย่างไร มีกระบวนการสร้างตัวแทนความรู้ (knowledge representation) ในสมองอย่างไร มีการเก็บรักษา (store) ได้อย่างไร และนำกลับมาใช้ (retrieve) ได้อย่างไร จิตวิทยาทางปัญญาจึงเป็นศาสตร์ที่ศึกษาถึงกระบวนการทางจิต หรือกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Processes) ในสมองของมนุษย์ทุกช่วง ตั้งแต่การค้นหา การรับและการคัดเลือกข้อมูล (seeking,acquiring,selecting) การรู้สึก (sensation) การรับรู้ (perception) การแปลข้อมูล (tranformation) การจำ (retention of memory) จินตนาการ หรือการสร้างภาพ (imaginary) การระลึกทบทวน (recall, retrieval) การคิด (thinking) และการแก้ปัญหา (problem solving)

ทฤษฎีในช่วงต้น ๆ ของจิตวิทยาทางปัญญานั้น เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของการคิดและการจำว่าอยู่ส่วนใดของร่างกายมนุษย์ นักปรัชญาชาวกรีกโบราณ คือ Aristotle เชื่อว่าความรู้นั้นอยู่ในหัวใจ แต่ Plato นั้นถือว่าความรู้อยู่ที่สมอง

กระบวนการสร้างตัวแทนในสมอง (Mental representation) นั้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. โครงสร้าง(structure)เป็นการสร้างระบบทางปัญญา(Cognitive System) ขึ้น ซึ่งเป็นการอุปมาอุปมัยให้เป็นตัวแทนของโครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวกับจิตใจ ไม่ใช่การอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในจิตใจที่แท้จริง เช่นนักทฤษฎีบางคนเสนอว่าโครงสร้างของความจำประกอบด้วย หน่วยความจำระยะสั้น (short-term memory) และหน่วยความจำระยะยาว (long-term memory) ซึ่งถูกอุปมาว่าเป็นกล่องเก็บรักษาความจำ 2 กล่อง และอุปมาว่ากล่องทั้งสองนี้ อยู่ในศีรษะมีลักษณะคล้ายต้นไม้ (trees) ห้องสมุด (libraries) เป็นต้น

2. กระบวนการ(process) หมายถึงระบบต่าง ๆ ซึ่งจะทำหน้าที่วิเคราะห์ เปลี่ยนแปลงรูป หรือเปลี่ยนแปลงเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับจิตใจ เช่น การใส่รหัสความจำ (memory coding) การลืม (forgetting) การคิด (thinking) การสร้างมโนทัศน์ (concept formation) เป็นต้น

กระบวนการมีลักษณะเป็นการทำกิจกรรมที่เคลื่อนไหว (active) แต่โครงสร้างมีลักษณะอยู่คงที่ (static) ซึ่งทั้งสองส่วนนี้ทำงานร่วมกันในการประมวลผลข้อมูล

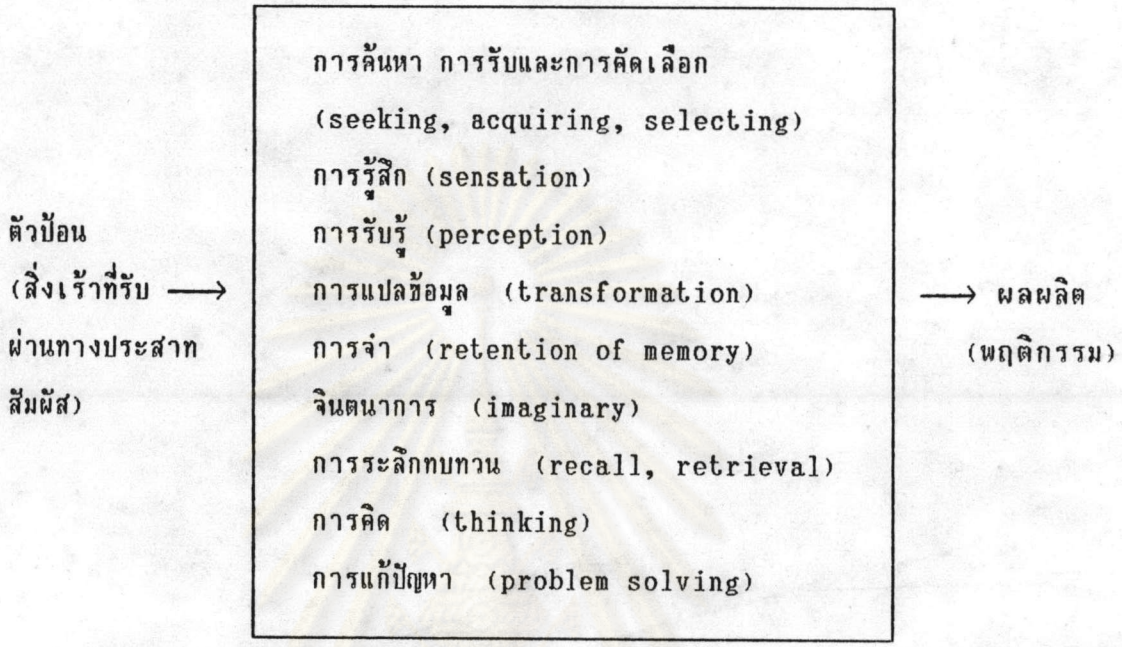
ในช่วงต้นของศตวรรษที่ 20 เป็นระยะที่เข้าสู่ยุคของพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) ซึ่งแนวคิดนี้เน้นความสำคัญไปที่สิ่งเร้ากับการตอบสนอง (Stimulus-response) ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1950 นักจิตวิทยาได้เริ่มกลับมาสนใจศึกษาเกี่ยวกับเรื่อง ความตั้งใจ (attention) การจัดโครงสร้าง (organization) กระบวนการทางภาษา (language processes) การคิด (thinking) และอื่น ๆ ซึ่งอยู่นอกเหนือจากขอบเขตของจิตวิทยาเชิงทดลอง หรือพฤติกรรมนิยม อันนับว่าเป็นการกลับเข้ายุคปัญญานิยม (Cognitivism) อีกครั้งหนึ่ง สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะความล้มเหลวของกลุ่มพฤติกรรมนิยมที่สนใจศึกษาเพียงแค่การตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ เท่านั้น ไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมของมนุษย์ได้โดยละเอียด และทฤษฎีการสื่อสาร (Comunication Theory) กับวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ (computer science) เริ่มแพร่หลายมากขึ้น จึงเกิดแนวคิดสำคัญของจิตวิทยาทางปัญญา ที่ยึดกระบวนการทางปัญญาเป็นหลักในการศึกษากระบวนการคิดของมนุษย์ คือ แนวคิดการประมวลผล (Information Processing Approach) หรือทฤษฎีการประมวลผล (Information Processing Theories) หรือทฤษฎีการประมวลผลทางปัญญา (Cognitive information processing theories : CIP)

ซึ่งเริ่มได้รับความสนใจ ความนิยมในวงการจิตวิทยา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 เป็นต้นมา แนวคิดทฤษฎีนี้เริ่มต้นจากแนวคิดที่ว่า การทำงานในสมองของมนุษย์คล้ายคลึงกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ ทฤษฎีนี้ได้เปรียบเทียบว่าการแก้ปัญหาของมนุษย์คล้ายคลึงกับการแก้ปัญหาของคอมพิวเตอร์ ดังที่กรมวิชาการ กองวิจัยการศึกษา (2531, อ้างถึงใน วิจิตรา การกลาง, 2532) ได้นำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับแนวความคิดที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารผลงานวิจัย และจากการประชุมระดมความคิด ของนักวิชาการสาขาต่าง ๆ ในประเด็นที่เกี่ยวกับความหมายของกระบวนการทางปัญญา ลักษณะกระบวนการทางปัญญา รูปแบบของการประมวลผล ข้อมูลและแนวทางใช้กระบวนการทางปัญญา เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน ดังนี้คือ

กระบวนการทางปัญญา(Cognitive Process) หมายถึง กระบวนการภายในสมองที่เกี่ยวข้องกับการค้นพบ การคัดเลือก การรับรู้ การจำ การคิดและการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยผ่านทางประสาทสัมผัสและแสดงออกมาเป็นพฤติกรรม

นักจิตวิทยากลุ่มปัญญานิยม(Cognitivism) ซึ่งมีความสนใจศึกษาค้นคว้าในเรื่องของกระบวนการคิดอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหามีความเชื่อว่าข้อมูลทางจิตวิทยา คือ พฤติกรรมที่สังเกตได้ มนุษย์ได้ความรู้โดยประสาทสัมผัส สิ่งที่เข้ามาทางประสาทสัมผัสจะโยงสัมพันธ์(associate) กับการตอบสนอง ความรู้ที่ได้ก็คือ ผลการโยงสัมพันธ์ ความรู้นี้จะรวมกันเข้าเป็นความรู้ที่ซับซ้อน และยังได้เน้นว่าสมองมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ กระบวนการทางปัญญา เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมอง ซึ่งอาจสรุปหน้าที่ของกระบวนการทางปัญญาได้ดังแสดงใน ภาพที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 1 ลักษณะกระบวนการทางปัญญา (Cognitive process)

ตามแนวคิดนี้ นักจิตวิทยาเชื่อว่า กระบวนการทางปัญญาเป็นเรื่องกระบวนการทางสมองซึ่งเป็นสิ่งที่มองเห็นหรือศึกษาโดยตรงไม่ได้ จะต้องอนุมานโดยทางอ้อมว่า ได้เกิดกระบวนการภายในขึ้นโดยจะเกี่ยวข้องกับการค้นหา การเลือก การรับรู้ผ่านทางประสาทสัมผัส จนเกิดการรับรู้ขึ้นในจิตอาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปของสิ่งที่รับรู้ออกมาผ่านกระบวนการใส่รหัส (encode) และถอดรหัส (decode) จนเกิดการจำ เกิดการคิด ซึ่งอาจอยู่ในรูปของจินตนาการ และการแก้ปัญหาต่าง ๆ สิ่งเหล่านี้ แนวคิดนี้เชื่อว่าเป็นกระบวนการภายในจิต

จากลักษณะกระบวนการทางปัญญาที่กล่าวมานั้น ถ้ากล่าวโดยเน้นองค์ประกอบหลัก จะพบว่ามีสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อหาข้อมูล (information) และส่วนที่เป็นกระบวนการจัดกระทำกับข้อมูลเหล่านั้น ซึ่งเรียกว่า ส่วนการประมวลผลข้อมูล (processing) จากความคิดนี้สิ่งเร้าจะอยู่ในรูปของสัญลักษณ์แทนของจริงหรือการกระทำ จะถูกรับเข้ามาเป็นข้อมูล สมองของมนุษย์จะทำหน้าที่เป็นเครื่องประมวลผลข้อมูล(processor) คล้ายกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมพิวเตอร์กับกระบวนการทางปัญญาตามแนวคิดทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลทางปัญญา

จากภาพที่ 2 อธิบายการรับข้อมูลเข้ามาภายในจิตหรือสมองว่าต้องผ่านการแปลงรูปให้อยู่ในรูปของรหัส (code) คล้ายระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบเลขฐานสอง (Binary System -0,1) แล้วมีระบบสมองส่วนกลางคล้ายศูนย์กลางดำเนินการของคอมพิวเตอร์ (CPU) ที่ทำหน้าที่จัดกระทำกับข้อมูล โดยการช่วยเหลือของระบบความจำและระบบควบคุมจนออกเป็นผลผลิตหรือคำตอบของการคิดแก้ปัญหา

Simon (1973, quoted in Frederiksen, 1984) ได้แบ่งประเภทของปัญหาไว้เป็น 2 แบบ คือ

1. ปัญหาที่มีความชัดเจน (well-structured problem) เป็นปัญหาที่ให้ข้อมูลครบถ้วน ชัดเจน สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาให้ได้ผลลัพธ์หรือคำตอบที่ถูกต้องได้ เช่น เรื่องการหาพื้นที่สามเหลี่ยม เรื่องสมการเส้นตรง เป็นต้น

2. ปัญหาที่คลุมเครือ (ill-structured problem) เป็นปัญหาที่ให้ข้อมูลคลุมเครือไม่ชัดเจน ไม่สามารถหาคำตอบที่ชัดเจนถูกต้องได้ เช่นปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตจริง ปัญหาสังคม ปัญหาเศรษฐกิจ เป็นต้น

Simon (1973,1978, quoted in Frederiksen, 1984) กล่าวถึงการแบ่งปัญหาออกเป็น 2 ประเภทข้างต้น คือ ปัญหาที่มีความชัดเจน เช่น ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาย่อย ๆ ที่พบบ่อย ๆ ในชีวิตจริง ปัญหาแบบนี้ต้องมีข้อมูลในตัวโจทย์และบางทีใช้ข้อมูลอื่นจากหน่วยความจำระยะยาว ส่วนปัญหาที่คลุมเครือจะต้องใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำระยะยาวมากกว่าปัญหาแบบแรกหรืออาจต้องใช้ข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งภายนอกอีกด้วย Simon ชี้ว่าปัญหาที่คลุมเครือจะมีลักษณะดังนี้

1. ซับซ้อนกว่าและมีเกณฑ์ที่แน่นอนในการตัดสินใจขณะแก้ปัญหาน้อยกว่าปัญหาที่มีความชัดเจน

2. ไม่ให้ข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

3. ไม่มีกฎเกณฑ์สำหรับหาคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดในแต่ละขั้นตอน

Simon เชื่อว่ากระบวนการต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาทั้งสองแบบไม่แตกต่างกัน แต่สำหรับปัญหาที่คลุมเครือจะต้องใช้ความคิดความเข้าใจปัญหา การเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลจากหน่วยความจำระยะยาว หรือข้อมูลจากแหล่งภายนอก เป็นข้อมูลใหม่มาใช้แก้ปัญหาด้วย

Greeno (1973, quoted in Frederiksen, 1984) แบ่งการคิดออกเป็น 2 แบบ คือ

1. Productive thinking เป็นการคิดที่ใช้เมื่อวิธีการแก้ปัญหานั้น ต้องสร้างจากองค์ประกอบด้านความหมายของคำ(semantic component) หรือโครงสร้างของการเข้าใจคำถาม ต้องถูกกำหนดขึ้นใหม่ หรือต้องเพิ่มลักษณะใหม่ ๆ เข้าไป

2. Reproductive thinking เป็นการคิดที่ใช้เมื่อแผนการหาคำตอบเป็น Algorithm ที่เรียกจาก หน่วยความจำระยะยาวมาใช้

Greeno อธิบายว่าในการแก้ปัญหามีขั้นตอนทั้งสิ้น 5 ขั้นตอนคือ

1. การอ่านหนังสือตำรา
2. การแปลความมโนทัศน์ต่าง ๆ
3. การเรียกใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากหน่วยความจำระยะยาว
4. การสร้างแผนการหาคำตอบ
5. การปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่ต้องทำในการแก้ปัญหา

ต่อมา Norman (1984, quoted in Frederiksen, 1984)ได้เสนอไว้ว่าปัญหามี 3 แบบ คือ

1. ปัญหาที่มีความชัดเจน (well-structured problem) คือ ปัญหาที่มีกฎเกณฑ์ หลักการ สูตร ที่ชัดเจน รู้วิธีการคำนวณ(algorithm) และมีเกณฑ์ในการทดสอบความถูกต้องของคำตอบ เช่น การคำนวณหาพื้นที่สามเหลี่ยม เป็นต้น

2. ปัญหาที่ต้องการแนวคิดใหม่มาเพิ่มเติม (structured problem requiring productive thinking) คือ ปัญหาหรือคำถามที่คล้ายกับปัญหาแบบแรก แต่วิธีการแก้ปัญหาจะแตกต่างกันตรงที่ว่าขั้นตอนสำคัญบางขั้นตอนในการแก้ปัญหาแบบนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องสร้างขึ้นเอง

3. ปัญหาที่คลุมเครือ (ill-structured problem) คือ ปัญหาที่ขาดความชัดเจนในเรื่องกฎเกณฑ์ สูตรที่ใช้ขาดวิธีการที่ชัดเจนที่จะมารองรับว่าจะได้คำตอบที่ถูกต้อง และขาดเกณฑ์ในการประเมินคำตอบ เช่น ปัญหาสังคม ปัญหานโยบาย เป็นต้น

การแบ่งประเภทของปัญหาแบบนี้ ปัญหาหนึ่ง ๆ จะจัดอยู่ในประเภทใดขึ้นอยู่กับผู้แก้ปัญหา หากผู้แก้ปัญหามีความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ มาก่อน และได้มีการฝึกฝนวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องคล้ายคลึงกับปัญหาที่พบ ปัญหาที่พบนั้นก็จะจัดเป็นปัญหาที่มีความชัดเจน แต่ถ้าผู้แก้ปัญหามีประสบการณ์ไม่เพียงพอหรือไม่ได้รับการฝึกฝนในการแก้ปัญหาแบบนี้มาก่อน ปัญหานั้นก็จะจัดเป็นปัญหาประเภทที่สองหรือประเภทที่สาม

ทฤษฎีการแก้ปัญหาในปัจจุบัน เกือบทุกทฤษฎีใช้แนวคิดทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลทั้งสิ้น และมักสนใจศึกษาปัญหาประเภทที่หนึ่งและที่สองเท่านั้น

จากแนวคิดทฤษฎีการประมวลผลทางปัญญา มีนักจิตวิทยาทางปัญญาหลายท่าน ได้เสนอเป็นโมเดลหรือแบบจำลองแสดงระบบการประมวลผลในสมองมนุษย์ โมเดลที่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางคือ โมเดลของ Gagne' (1985) ซึ่งกล่าวถึงระบบการประมวลผลในสมองเป็นวงจรการเคลื่อนของสารสนเทศจากสภาพแวดล้อมภายนอก (external environment) ผ่านระบบประสาท (nervous system) แล้วกลับออกสู่สภาพแวดล้อม โดยเริ่มต้นจากการที่มนุษย์รับสิ่งเร้าจากสภาพแวดล้อม โดยสิ่งเร้าจะกระตุ้นตัวรับและข้อมูลจะถูกส่งเข้าไปที่หน่วยความจำ ซึ่งมี 3 ประเภท คือหน่วยความจำความรู้สึกสัมผัสหรือหน่วยความจำสำรอง (sensory register หรือ buffer memory) หน่วยความจำระยะสั้น(short - term memory) และหน่วยความจำระยะยาว (long - term memory) ทำหน้าที่ดังนี้

1. หน่วยความจำความรู้สึกสัมผัสหรือหน่วยความจำสำรอง (sensory register และ buffer memory) เป็นหน่วยความจำที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากประสาทสัมผัส แล้วจำแนกจัดประเภทและใส่รหัสจากนั้นจะส่งต่อให้หน่วยความจำระยะสั้น(short - term memory) เพื่อทำการประมวลผลในขั้นต่อไป

2. หน่วยความจำระยะสั้น (short - term memory) จะรับข้อมูลจากสภาพแวดล้อมโดยผ่านความจำสำรอง และเรียกใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำระยะยาวมาเพิ่มเติมให้เพียงพอกับการทำงาน กรรมวิธีการประมวลผลอาจเป็นกระบวนการง่าย ๆ ไปจนถึงการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน พื้นที่ของหน่วยความจำระยะสั้นมีขนาดค่อนข้างจำกัดทำให้ไม่สามารถทำการประมวลผลที่ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก หรือใช้กระบวนการหลาย ๆ ขั้นตอนได้ ซึ่งจะเห็นได้จากการที่คนทั่วไปไม่สามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ซับซ้อนหรือใช้ตัวเลขมาก ๆ ในใจโดยไม่ใช้กระดาษทดได้ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับผู้ที่มีประสบการณ์หรือความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านสูง จะมีวิธีการจัดข้อมูลให้เป็นกลุ่มก้อนที่มีความสัมพันธ์กัน (chunking) และใช้วิธีการลัดที่มีประสิทธิภาพสูง ทำให้ใช้พื้นที่ในการประมวลผลน้อยลง (Pascual Leone, 1970 ; Frederiksen, 1984) ดังนั้นผู้ที่ผ่านการฝึกจนเชี่ยวชาญจะสามารถแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ค่อนข้างซับซ้อนในใจได้ดีกว่าคนทั่ว ๆ ไป โดยสรุปแล้วหน่วยความจำระยะสั้นมีคุณสมบัติ 2 ประการคือ มีความจุ(capacity) จำกัด Miller (1956)

ว่าจะแปรเปลี่ยนอยู่ระหว่าง 7 $\pm$ 2 หน่วย (chunk) (Miller, 1956 : 81 - 97) อีกประการหนึ่งคือ ความจำระยะสั้นเป็นความจำที่ต้องเอาใจใส่จดจ่ออยู่ตลอดเวลามิฉะนั้นจะจางหายไปจากหน่วยความจำอย่างรวดเร็ว (ชัยพร วิชชาวุธ, 2515 : 77)

การประมวลผลที่เกิดขึ้นในหน่วยความจำระยะสั้น (short - term memory) หรือ "working memory" แบ่งออกได้ 2 แบบ คือ แบบที่ต้องควบคุม(controlled processing) และแบบอัตโนมัติ (automatic processing) ในการประมวลผลแบบที่ต้องควบคุมการเรียกใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำระยะยาว (long - term memory) การค้น การเลือก และการจัดลำดับข้อมูล และขั้นตอนวิธีการต่าง ๆ จะอยู่ในความควบคุมของสมอง และการประมวลผลจะทำได้ทีละขั้นตอนเท่านั้น ทำให้ต้องใช้พื้นที่ของหน่วยความจำแทบทั้งหมดเท่าที่มีอยู่ แต่สำหรับการประมวลผลแบบอัตโนมัติ กรรมวิธีและลำดับขั้นตอนจะเป็นไปตามแผนที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำระยะยาว ทำให้สามารถตอบสนองได้เหมือนปฏิกิริยาสะท้อน (Reflex Action) โดยแทบไม่ต้องให้สมองสั่งการหรือควบคุมดูแล การประมวลผลแบบนี้จะใช้พื้นที่ของความจำระยะสั้น น้อยมากและผู้ที่จะทำได้ต้องผ่านการฝึกเป็นเวลานาน อย่างสม่ำเสมอจนเกิดความเชี่ยวชาญขึ้น (Shiffrin & Schneider, 1977)

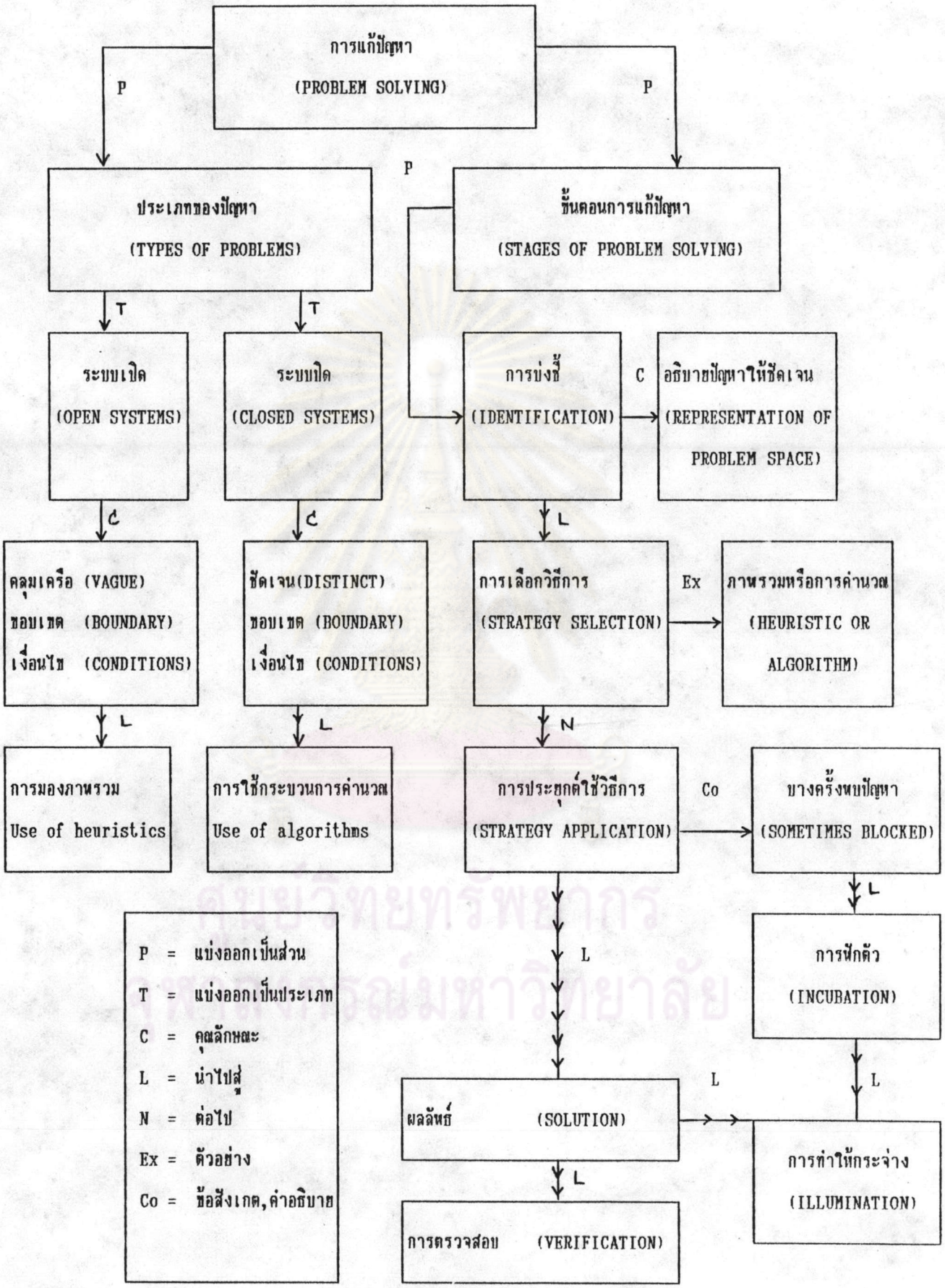
3. หน่วยความจำระยะยาว (long - term memory) จะเก็บข้อมูลที่ผ่านกระบวนการประมวลผลในหน่วยความจำระยะสั้น การจัดเก็บมีลักษณะถาวรไม่มีการลบทิ้งอย่างง่าย ๆ ยกเว้นการได้รับความกระทบกระเทือนทางสมอง แต่สามารถปรับแต่งรูปแบบ หรือโครงสร้างได้ อันเป็นผลจากประสบการณ์และการเรียนรู้ ที่เพิ่มขึ้น (Snow, 1984) หน่วยความจำระยะยาวนี้เชื่อกันว่ามีพื้นที่สำหรับการจัดเก็บที่ไม่มีขอบเขตจำกัด (Federiksen, 1984)

เมื่อการประมวลผลในหน่วยความจำระยะสั้นหรือระยะยาวแล้วได้รับคำตอบ ก็จะส่งคำตอบไปที่ตัวตอบสนอง และส่งออกไปสู่สภาพแวดล้อมต่อไป

แนวโน้มที่ผ่านมา การค้นคว้าในสาขาจิตวิทยาการศึกษาและจิตวิทยาทางปัญญา มีทั้งงานวิจัย การพัฒนาและการใช้วิธีการเรียนรู้ต่าง ๆ ในเชิงทฤษฎี เพื่อสะดวกในการเสนอเป็นโครงสร้างที่แสดงให้เห็นเป็นภาพที่เข้าใจได้ง่าย และบอกถึงการได้มาของข้อมูลได้ MeCagg และ Dansereau (1991) ได้เสนอวิธีการหนึ่งคือ การสร้างแผนผังความรู้ (knowledge mapping หรือ k-mapping) ซึ่งพัฒนาและผ่านการวิจัยโดยกลุ่มนักวิชาการของมหาวิทยาลัย

เท็กซัสคริสเตียน (Texas Christain University, TCU) แผนผังความรู้จะมีลักษณะเป็นแผนภาพ 2 มิติ ซึ่งแสดงสารสนเทศในรูปของการต่อเนื่องจากปุ่มปัญญาหนึ่ง ไปปุ่มปัญญาหนึ่ง (node - link - node) ปุ่มต่าง ๆ จะเป็นแนวคิดสำคัญ (key ideas) และเส้นต่อเนื่องจะชี้ความสัมพันธ์ต่าง ๆ ระหว่างปุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3 ตัวอย่างของแผนผังความรู้ (k - map) ซึ่งอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับการแก้ปัญหา (McCagg และ Dansereau, 1991 : 318)

แผนผังความรู้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. แผนผังที่เสนอโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert - Generated Maps) เป็นแผนผังที่เสนอขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้สอน โดยเน้นศักยภาพด้านการสื่อสาร (communicative potential) ให้มากที่สุด สามารถแสดงเป็นโครงสร้างรวม ๆ ที่เข้าใจได้

จากการวิจัยพบว่า แผนผังแบบนี้มีลักษณะเป็นตัวเสริมความเข้าใจในการอ่านหนังสือทางวิชาการ และสนับสนุนการบรรยายในชั้นเรียนให้ได้ผลดีขึ้น ในบางกรณีก็จะช่วยทำหน้าที่แทนหนังสือแบบเรียนได้ด้วย นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้สอนเข้าใจขอบเขตของเนื้อหา และช่วยบ่งชี้อธิบายหัวข้อที่ยาก ๆ ได้ด้วย ยิ่งไปกว่านั้นแผนผังประเภทนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนแยกแยะข้อคิดหลัก ๆ และเข้าใจโครงสร้างเนื้อหาทั้งหมดอย่างกว้าง ๆ ได้แต่แผนผังประเภทนี้ทำให้ผู้เรียนที่คิดหรือศึกษาแผนผังแบบนี้ละเลยข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง และผู้เรียนมักจะสร้างแผนผังความรู้เป็นของตัวเองมากกว่าทำตามแผนผังที่ผู้เชี่ยวชาญคิดไว้

2. แผนผังที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเอง (Student - Generated Maps)เป็นแผนผังที่มีรูปแบบน้อยกว่าแผนผังประเภทที่ 1 เป็นรูปแบบของข้อมูลที่ผู้เรียนแต่ละคนคิดขึ้นเอง

การวิจัยเกี่ยวกับแผนผังแบบนี้ มีการใช้ประชากรกลุ่มต่าง ๆ ในการศึกษาในแต่ละครั้ง อาทิเช่น นักเรียนระดับมัธยมศึกษา นักศึกษาวิทยาลัย เป็นต้น นักวิจัยหลายท่านพบว่า แผนผังแบบนี้ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เพิ่มเติมจากหนังสือตำราเรียน ช่วยปรับปรุงการคิดสรุปความของผู้เรียนให้ดีขึ้น แต่แผนผังประเภทนี้ไม่มีรูปแบบเฉพาะ และใช้เวลานานในการคิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้เรียนที่มีระดับความสามารถต่ำ

แผนผังความรู้ทั้งสองแบบนั้นมักถูกสร้างขึ้นอย่างไม่ค่อยเป็นระบบ จึงมีปัญหาในการนำไปใช้ ต่อมาจึงมีการเสนอระบบการสร้างแผนผังความรู้แบบ TCU (Texas Christian University Knowledge Mapping System) ขึ้นเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1976 โดยกลุ่มนักวิจัยของ TCU ได้พัฒนา และทดสอบวิธีการหรือกลยุทธการเรียนรู้ ที่เรียกว่าการสร้างแผนผังความรู้ (k - map) แสดงเป็นภาพ 2 มิติ มีข้อความในกรอบและลูกศรเชื่อมต่อแสดงสารสนเทศหรือข้อมูลด้านมโนทัศน์และความสัมพันธ์

(conceptual and relational information) เกี่ยวกับขอบเขตความรู้หนึ่ง ๆ ข้อดีของเทคนิคการสร้างแผนผังความรู้แบบนี้ คือ เป็นการกำหนดคุณลักษณะโดยมีกฎระเบียบและเป็นระบบซึ่งได้จากการวิจัยเชิงประจักษ์ (empirical research) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4

องค์ประกอบต่าง ๆ ของ k - map มีดังนี้

1. ข้อความที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยม เป็นข้อมูลด้านมโนทัศน์อยู่ในรูปของข้อความง่าย ๆ (ดูภาพที่ 4) ในการวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคการสร้างแผนผังความรู้แบบนี้ พบว่า คุณสมบัติต่าง ๆ เกี่ยวกับความหมายของคำ เช่น ความชัดเจนและจำนวนเนื้อหา นั้นมีความสำคัญสำหรับการพัฒนาแผนผังให้มีประสิทธิภาพ น่าไปใช้ได้ดี

2. ลูกศร เป็นการแสดงถึงข้อมูลด้านความสัมพันธ์ จากภาพที่ 6 แสดงประเภทของความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันที่ใช้ในการสร้างแผนผังความรู้ ซึ่งแบ่งเป็น 3 แบบ ได้แก่

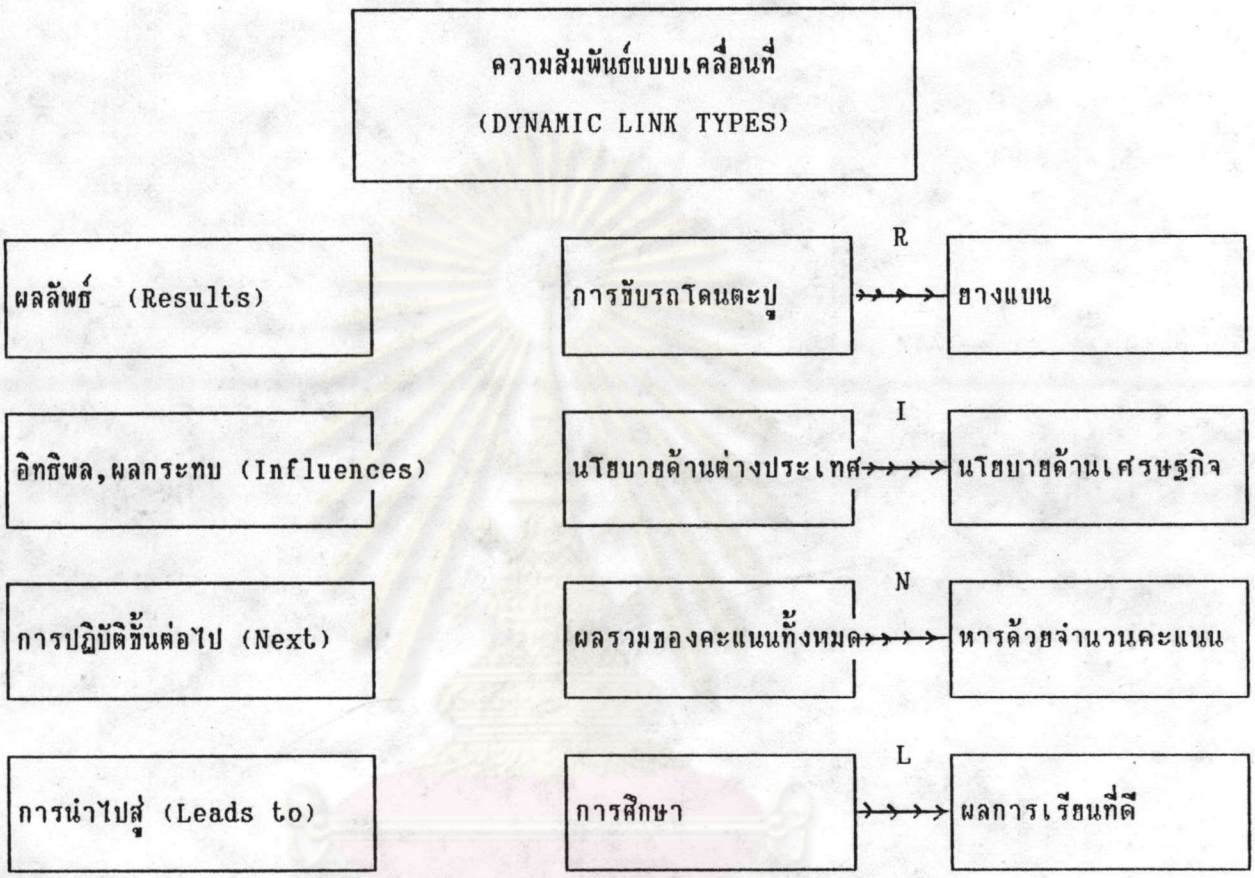
2.1 ความสัมพันธ์แบบเคลื่อนที่ (Dynamic Link Types)

2.2 ความสัมพันธ์แบบคงที่ (Static Link Types)

2.3 ความสัมพันธ์แบบต่อเติมให้ละเอียด (Elaborative Link Types)

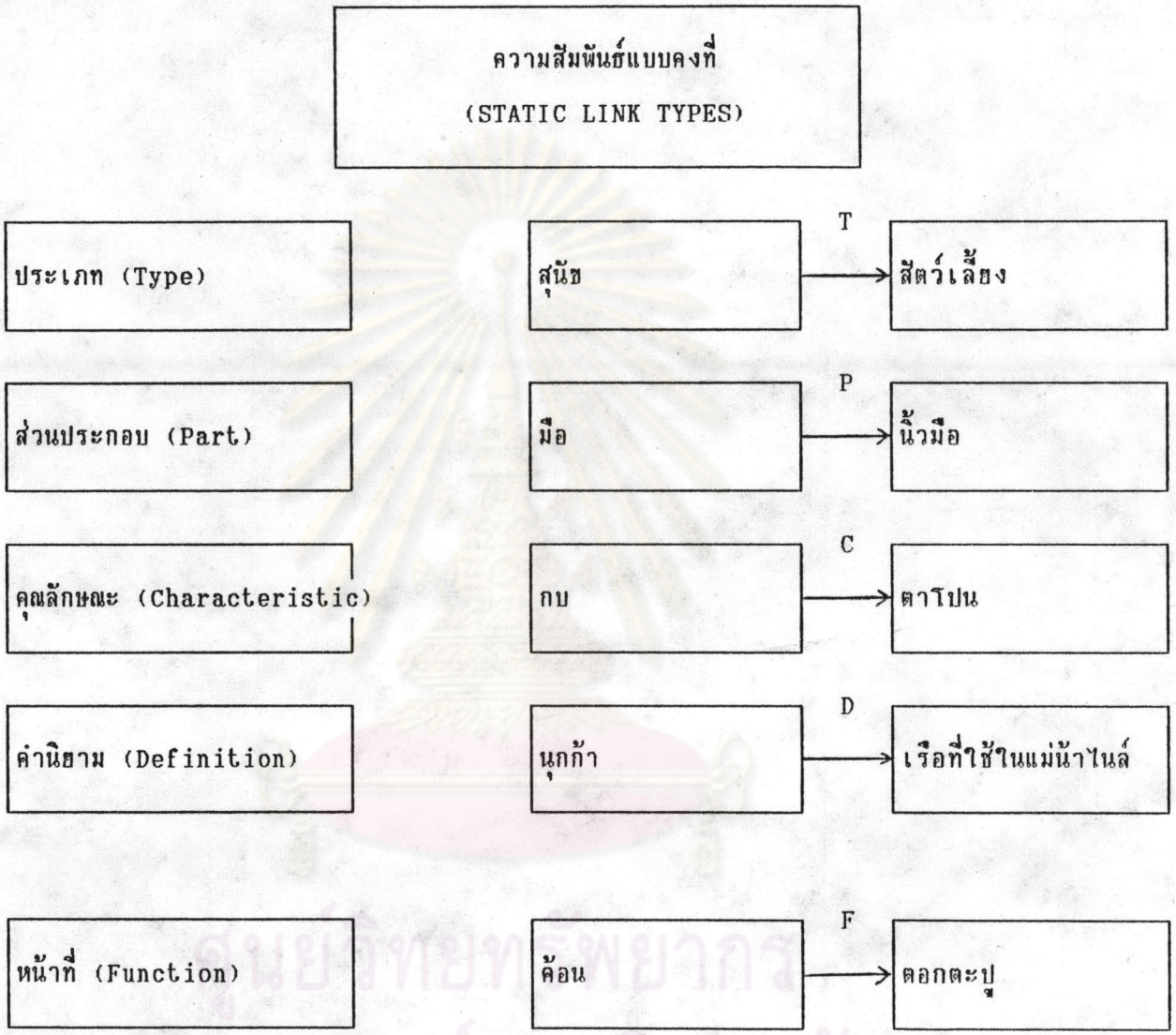
ประโยชน์ของเทคนิคการสร้างแผนผังความรู้แบบ TCU คือสามารถนำไปศึกษาเกี่ยวกับแผนผังความรู้ทั้ง 2 ประเภทที่กล่าวมาแล้วได้ ซึ่งพบว่าแผนผังความรู้ที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการได้มาและการเก็บรักษาข้อมูลหรือสารสนเทศต่าง ๆ และพบว่าในบางสถานการณ์เทคนิคนี้จะมีประโยชน์ต่อการสร้างแผนผังความรู้ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามการฝึกให้ผู้เรียนใช้เทคนิควิธีนี้ยังเป็นเรื่องยากและต้องใช้เวลาฝึกฝนนาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



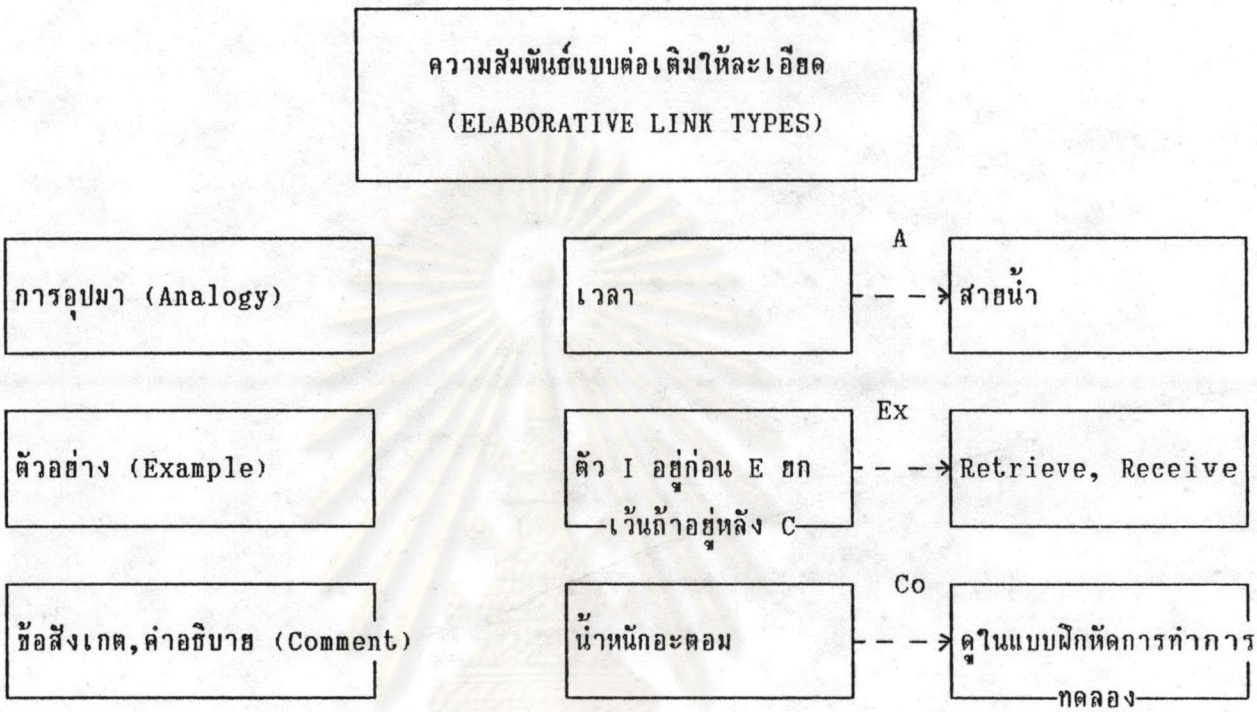
ภาพที่ 4 แสดงประเภทของความสัมพันธ์ที่ใช้ในการสร้างแผนผังความรู้ (Link Types Commonly Used in Knowledge Mapping) (MeCagg และ Dansereau, 1991 : 320)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4 (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4 (ต่อ)

Anderson (1976) ได้นำแนวคิดทฤษฎีการประมวลทางปัญญามาเป็นแนวทางและได้เสนอระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที (ACT Production System) ขึ้น ซึ่งเป็นโมเดลหรือระบบที่แสดงการทำงานของสมองที่มีลักษณะทั่วไป สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่คล้ายคลึงกัน ตัวอย่างของระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ของการบวกเลข ดังนี้

ตารางที่ 1 ระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที สำหรับการแก้ปัญหาการบวกเลข (Anderson, 1982 : 369)

P1. ถ้า เป้าหมายคือ การบวกเลข ดังนั้น เป้าหมายย่อยคือ บวกผ่านคอลัมน์ต่าง ๆ ของโจทย์	P6. ถ้า เป้าหมายย่อยคือการบวกผ่านแถวแนวนอนของคอลัมน์และแถวแนวนอนบนสุดยังไม่ได้ผ่านกระบวนการ ดังนั้น เป้าหมายย่อยคือ การเพิ่มตัวเลขของแถวแนวนอนบนสุดเป็นยอดรวมเรียงไป
P2. ถ้า เป้าหมายคือ การบวกผ่านคอลัมน์ของโจทย์ที่เพิ่มขึ้น และคอลัมน์ที่อยู่ขวาสุดก็ยังไม่ได้ทำ ดังนั้น เป้าหมายย่อย คือ การบวกผ่านแถวของคอลัมน์ที่อยู่ขวาสุด และตั้งยอดรวม เป็นศูนย์	P7. ถ้า เป้าหมายย่อยคือ บวกผ่านแถวแนวนอนของคอลัมน์และแถวแนวนอนพึ่งจะผ่านกระบวนการและแถวแนวนอนอื่น ๆ อยู่ข้างใต้ ดังนั้น เป้าหมายย่อยคือ การเพิ่มตัวเลขของแถวแนวนอนที่อยู่ข้างใต้ไปที่ยอดรวมเรียงกันไป
P3. ถ้า เป้าหมายคือ การบวกผ่านคอลัมน์ของโจทย์ที่เพิ่มขึ้น และคอลัมน์หนึ่งเพิ่งจะดำเนินการไป และคอลัมน์อื่นอยู่ทางซ้ายของคอลัมน์นี้ ดังนั้น เป้าหมายย่อย คือ การบวกผ่านแถวแนวนอนของคอลัมน์นี้ไปทางซ้าย และกำหนดยอดรวม เรียงไปจนถึงตัวทด	P8. ถ้า เป้าหมายย่อยคือ การบวกผ่านแถวแนวนอนของคอลัมน์และแถวแนวนอนแถวสุดท้ายได้ผ่านกระ-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 (ต่อ)

P4.ถ้า	เป้าหมายคือ การบวกผ่านคอลัมน์ของปัญหาที่เพิ่มขึ้น และคอลัมน์สุดท้ายได้ผ่านกระบวนการแล้ว และมีตัวทด
ดังนั้น	เขียนตัวทดและ Pop Goal
P5.ถ้า	เป้าหมายคือ การบวกผ่านคอลัมน์ของปัญหาที่เพิ่มขึ้น และคอลัมน์สุดท้ายได้ผ่านกระบวนการแล้ว และไม่มีตัวทด
ดังนั้น	Pop เป็นเป้าหมาย
P10.ถ้า	เป้าหมายคือ การบวกตัวเลขเข้ากับจำนวนและจำนวนเป็นตัวเลขเดี่ยวและผลรวมเป็นผลรวมของตัวเลข 2 ตัว
ดังนั้น	ผลลัพธ์คือ ผลรวมและเครื่องหมายเป็นไปตามที่ได้ผ่านกระบวนการแล้ว
P11.ถ้า	เป้าหมายคือ การบวกตัวเลขเข้ากับจำนวนและจำนวนอยู่ในรูปของ "แถว + ตัวเลข" และผลรวมเป็นผลรวมของตัวเลข 2 ตัว และน้อยกว่า 10
ดังนั้น	ผลลัพธ์คือ "แถว + ตัวเลข" และเครื่องหมายของตัวเลขเป็นเครื่องหมายที่ผ่านกระบวนการแล้ว และ Pop Goal
	บวนการแล้ว และยอดรวมที่เรียงกันนั้นเป็นตัวเลข
ดังนั้น	ให้เขียนตัวเลข และลบตัวทดทิ้ง และเครื่องหมายที่คอลัมน์เป็นตามที่ทำไว้และ Pop Goal
P9. ถ้า	เป้าหมายย่อยคือ การบวกผ่านแถวแนวนอนของคอลัมน์ และแถวแนวนอนสุดท้ายได้ผ่านกระบวนการแล้วและยอดรวมที่เรียงกันนั้น เป็นแถวของเลข 4 ตัว
ดังนั้น	เขียนตัวเลขวางเป็นแถวและทำเครื่องหมายคอลัมน์ตามที่ได้ผ่านกระบวนการแล้ว และ Pop Goal
P12.ถ้า	เป้าหมายคือ การบวกตัวเลขเข้ากับจำนวน และจำนวนอยู่ในรูปของ "แถว + ตัวเลข" และผลรวมเป็นผลรวมของ 2 ตัวเลข และผลรวมอยู่ในรูปของ "1 + ตัวเลข" และผลรวมของจำนวนอื่น เป็นผลรวมของ 1+ แถว
ดังนั้น	ผลลัพธ์คือ "ผลรวม + ตัวเลข" และเครื่องหมายเป็นไปตามที่ได้ผ่านกระบวนการแล้วและ Pop Goal

จากตารางที่ 1 ถ้ามีโจทย์การบวกเลขต่อไปนี้

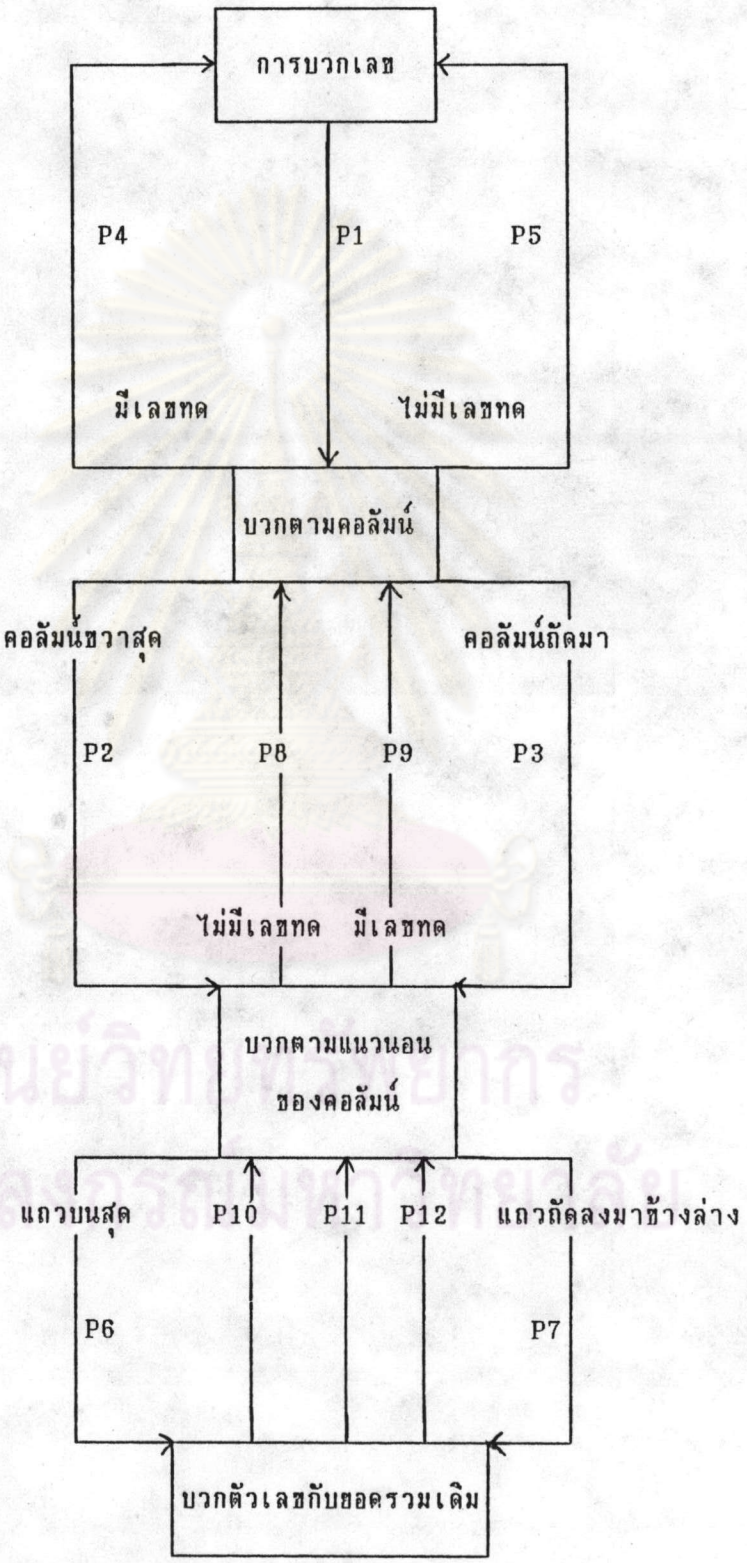
614

438

683

ตามตารางที่ 1 สามารถนำมาประยุกต์ใช้ดังนี้ ขั้นตอน P1 เป็นขั้นแรกที่จะใช้ และจะวางเป็นเป้าหมายย่อยที่จะบวกผ่านคอลัมน์ แล้วจึงใช้ P2 และเปลี่ยนแปลงเป้าหมายย่อยเป็นการบวกตัวเลขที่อยู่คอลัมน์ขวาสุดและกำหนดยอดรวมเรียงไว้เป็น 0 และใช้ P6 เพื่อวางเป้าหมายย่อยใหม่เพื่อบวกตัวเลขบนสุดของคอลัมน์ (4) ไปยังยอดรวมที่เรียงไปในรูปของภาพที่ 5 ลำดับของผลผลิต 3 ประการ ไปเคลื่อนย้ายระบบลงมาจากเป้าหมายบนสุดในการทำโจทย์ เป็นเป้าหมายที่อยู่ล่างสุด ในการบวกเลขขั้นพื้นฐาน ระบบนี้มีเป้าหมาย 4 เป้าหมาย ในภาพที่ 5

ต่อมาใช้ P10 ซึ่งคำนวณ 4 ในฐานะที่เป็นค่าใหม่ของยอดรวมที่เรียงกัน และ Pops เป้าหมายของการบวกเลขไปเป็นยอดรวมที่เรียงกันจำนวนนี้ จะเคลื่อนย้ายไปจากกอง และกลับความสนใจไปที่เป้าหมายที่จะบวกผ่านแนวนอนของคอลัมน์ แล้วใช้ P7 ซึ่งกำหนดเป้าหมายใหม่ของการบวกจำนวน 8 ไปสู่ยอดรวมที่เรียงกันไปใช้ P10 อีกครั้งเพื่อเปลี่ยนยอดรวมที่เรียงกันไปเป็น 12 แล้วใช้ P7 เพื่อสร้างเป้าหมายย่อยในการบวกจำนวน 3 ไปยังยอดรวมที่เรียงกัน แล้วใช้ P11 คำนวณยอดรวมใหม่เป็น 15 ในจุดนี้ระบบจะกลับไปที่เป้าหมายของการบวกผ่านแนวนอนและที่กระบวนการของแนวนอนล่างสุดของคอลัมน์ แล้วใช้ P9 ที่เขียน 5 ใน 15 ทดไว้ 1 และ Pops กลับไปที่เป้าหมายของการบวกผ่านคอลัมน์ ในจุดนี้ถือว่าระบบได้ดำเนินการบวกคอลัมน์หนึ่งของโจทย์แล้ว และจะปฏิบัติการซ้ำในทำนองเดียวกันจนได้ผลลัพธ์สุดท้าย จะสังเกตได้ว่า P2 - P5 ได้สร้างขั้นตอนย่อย (Subroutine) สำหรับการบวกผ่านคอลัมน์ P6 - P9 เป็นขั้นตอนย่อยของการดำเนินการกับคอลัมน์ และ P10 - P12 เป็นขั้นตอนย่อยสำหรับการบวกเลข ไปยังยอดรวมเรียงกันไป ในภาพที่ 5 ผลผลิตทั้งหมดจะสอดคล้องกับขั้นตอนย่อยที่กระจายออกจากเป้าหมายในกรอบสี่เหลี่ยมเดียวกัน ดังนี้



ภาพที่ 5 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาการบวกเลขเป็นขั้นตอนย่อย (Anderson, 1982 : 370)

นอกจากนั้น Mayer (1985, quoted in Mayer, 1991) ได้เสนอไว้ว่าการเข้าใจโจทย์คณิตศาสตร์นั้นต้องอาศัยความรู้ 5 ประเภท ที่แตกต่างกัน คือ

1. ความรู้ทางภาษา
2. ความรู้ทั่วไปที่เป็นข้อเท็จจริง (เช่น หน่วยมาตราการวัด)
3. ความรู้เฉพาะ (เช่น ระยะทาง - อัตรา - เวลา)
4. ความรู้ด้านกลวิธี (เช่น การหาวิธีแก้ไข การตรวจสอบ การทบทวนการแก้โจทย์)
5. ความรู้ทางวิธีการคำนวณ

ต่อมา Mayer (1985,1987, quoted in Mayer, 1991) ได้วิเคราะห์การแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ไว้ว่า มีกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Processes) ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ 4 กระบวนการ

1. กระบวนการแปลความหมาย (Translation Process) โดยผู้แก้ปัญหาต้องแปลงจากประโยคคำถามเป็นความเข้าใจของตนเองเก็บไว้ในสมอง (Individual Mental Representation)

2. กระบวนการรวบรวมผสมผสาน (Integration Process) โดยผู้แก้ปัญหาต้องเลือกและแก้ไขปัญหา

3. กระบวนการวางแผน (Planning Process) โดยผู้แก้ปัญหาต้องแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนย่อยหลาย ๆ ขั้นตอน

4. กระบวนการปฏิบัติการ (Execution Process) โดยผู้แก้ปัญหาต้องคำนวณหาคำตอบตามเครื่องหมายต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ (mathematical operations)

กระบวนการทางปัญญาทั้ง 4 กระบวนการมีตัวอย่างแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mayer, Tajika and Stanley, 1991 : 72)

กระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process)	ตัวอย่างข้อสอบ
กระบวนการแปลความหมาย (Translation Process)	ประโยคในข้อใดถูกต้องที่สุดกับข้อความที่ว่า "จอห์นมีลูกหินมากกว่าเพ็ทอยู่ 5 ลูก ก. จำนวนลูกหินของจอห์น = 5 + จำนวนลูกหินของเพ็ท ข. จำนวนลูกหินของจอห์น + 5 = จำนวนลูกหินของเพ็ท ค. จำนวนลูกหินของจอห์น + จำนวนลูกหินของเพ็ท = 5 ง. จำนวนลูกหินของจอห์น = 5
กระบวนการรวบรวม (Integration Process)	ตัวเลขจำนวนใดที่ต้องนำมาใช้แก้ปัญหาต่อไปนี้ "ลูเซียมีเงิน 3 ดอลลาร์ สำหรับอาหารกลางวัน เธอซื้อแซนด์วิช .95 ดอลลาร์ แอปเปิ้ล .20 ดอลลาร์ และนม .45 ดอลลาร์ ถามว่าลูเซียใช้เงินไปทั้งหมดเท่าไร" ก. 3, .95, .20, .45 ข. .95, .20, .45 ค. .95, .45 ง. 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 (ต่อ)

กระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process)	ตัวอย่างข้อสอบ
กระบวนการวางแผน (Planning Process)	เครื่องหมายใดบ้างที่ต้องใช้ในการคำนวณโจทย์ต่อไปนี้ "ถ้าในการเล่นสเก็ตคิดค่าเช่า 50 เซ็นต์ ต่อชั่วโมง จะต้องจ่ายเงินเท่าไร ถ้าใช้เวลาเล่นตั้งแต่ 13.00 - 15.00 น." ก. ลบแล้วคูณ ข. ลบแล้วหาร ค. บวกแล้วลบ ง. คูณอย่างเดียว
กระบวนการปฏิบัติการ (Execution process)	62.3 - 37.8 = ... ก. 24.5 ข. 25 ค. 25.5 ง. ไม่มีข้อใดถูก

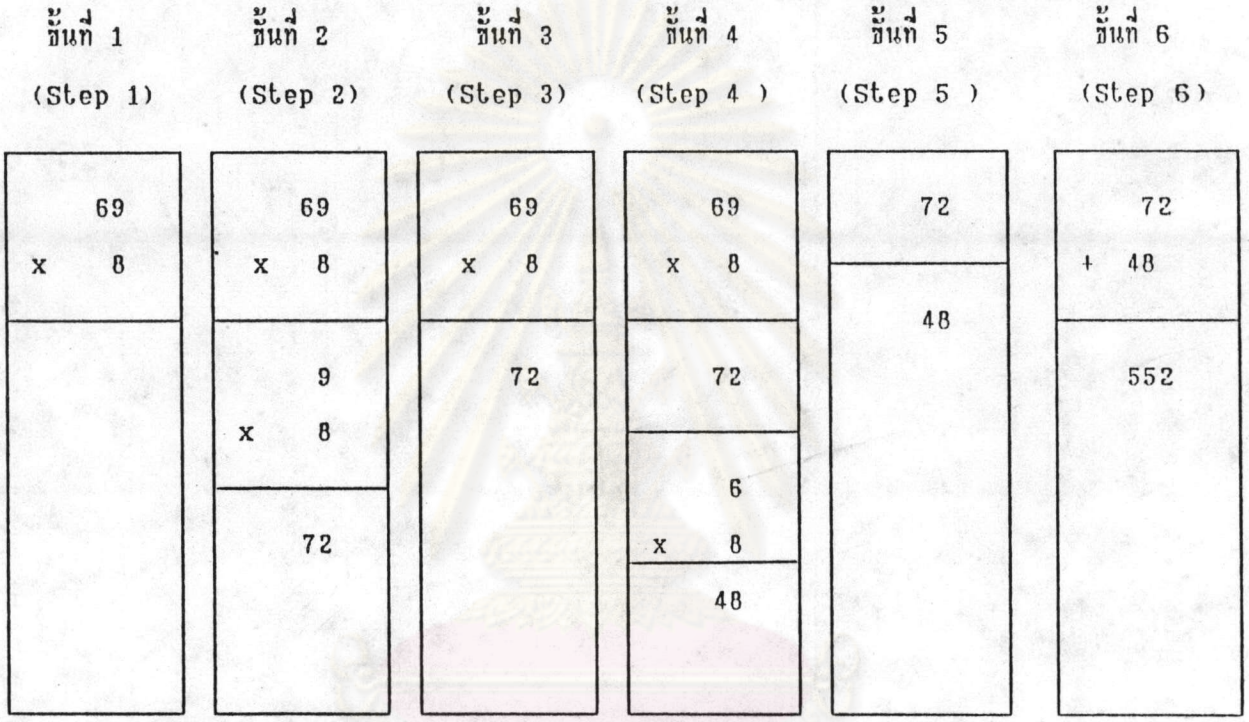
หมายเหตุ คำตอบที่ถูก คือ ก, ข, ก, และ ก ตามลำดับ

ในการคำนวณโจทย์สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ หากเป็นโจทย์ง่าย ๆ เช่น 8 x 4 = ? ก็จะสามารถค้นสารสนเทศที่มีอยู่แล้วในความจำมาตอบได้โดยตรง แต่ถ้าเป็นโจทย์ที่ซับซ้อนขึ้น เช่น 262 x 127 = ? จะไม่สามารถรู้คำตอบได้ทันที แต่จะรู้ว่าจะคำนวณโจทย์นั้นได้อย่างไร สรุปแล้ววิธีการเก็บสารสนเทศมี 2 วิธี คือ เก็บข้อเท็จจริง (facts) โดยตรงในหน่วยความจำ และเก็บระเบียบแบบแผนที่ต้องใช้ประจำ (routine) ซึ่งเป็นชุดของกฎต่าง ๆ (set of rules) สามารถดึงมาใช้ได้ ตัวอย่างการคำนวณโจทย์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีวิธีการคิดเป็นขั้นตอน (step) ในโครงสร้างความจำระยะสั้นแสดงใน ภาพที่ 6 (Lindsay and Norman, 1972 : 523)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัญหา : 69 x 8 = 7

โครงสร้างความจำระยะสั้น (The Short - Term Memory Structure)



ภาพที่ 6 การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ในความจำระยะสั้น

จากภาพที่ 6 มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เป็นการเก็บตัวเลข 2 จำนวนในหน่วยความจำระยะสั้น
ขั้นที่ 2 คูณตัวเลขคู่แรก (9 คูณด้วย 8 ได้ผลลัพธ์ 72)
ขั้นที่ 3 เก็บเฉพาะผลลัพธ์ (72) ไว้
ขั้นที่ 4 คูณตัวเลขคู่ที่เหลือ (6 คูณด้วย 8 ได้ผลลัพธ์ 48)
ขั้นที่ 5 ตัวเลขที่คูณด้วยกันจะถูกลืม เหลือแต่ผลลัพธ์ในความจำระยะสั้น (72 และ 48)
ขั้นที่ 6 บวกผลลัพธ์ในขั้นที่ 5 ได้คำตอบของโจทย์ (552)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

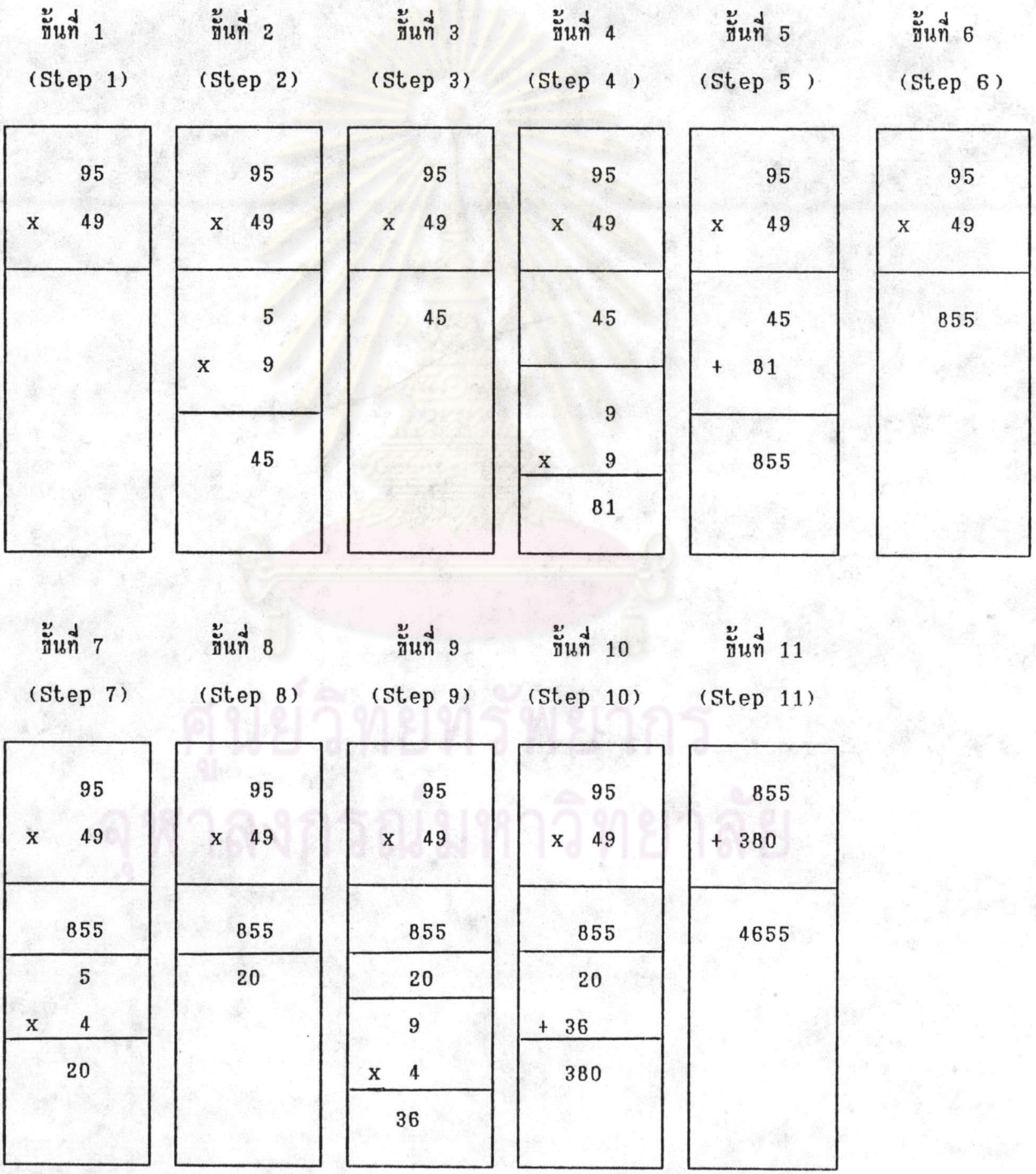
I16840203

ความจุของหน่วยความจำ(memory load) ในทั้ง 6 ขั้นตอนมีตั้งแต่ 2 - 6 จำนวน ซึ่งความจุของหน่วยความจำระยะสั้นมีไม่เกิน 7 จำนวน ถ้าหากเกิน 7 จำนวน คนทั่วไปจะไม่สามารถคิดคำนวณในใจ คือเป็นข้อจำกัดของความจำระยะสั้น แต่ไม่ใช่ว่าจะทำไม่ได้ ถ้าให้คิดโดยเขียนได้ โดยกระดาษจะทำหน้าที่แทนหน่วยความจำระยะสั้น ตัวอย่างโจทย์ที่ต้องใช้กระดาษดินสอในการคิด อยู่ในภาพที่ 7 (Lindsay and Norman, 1972 : 524)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัญหา : 95 x 49 = ?

โครงสร้างความจำระยะสั้น (The Short - term Memory Structure)

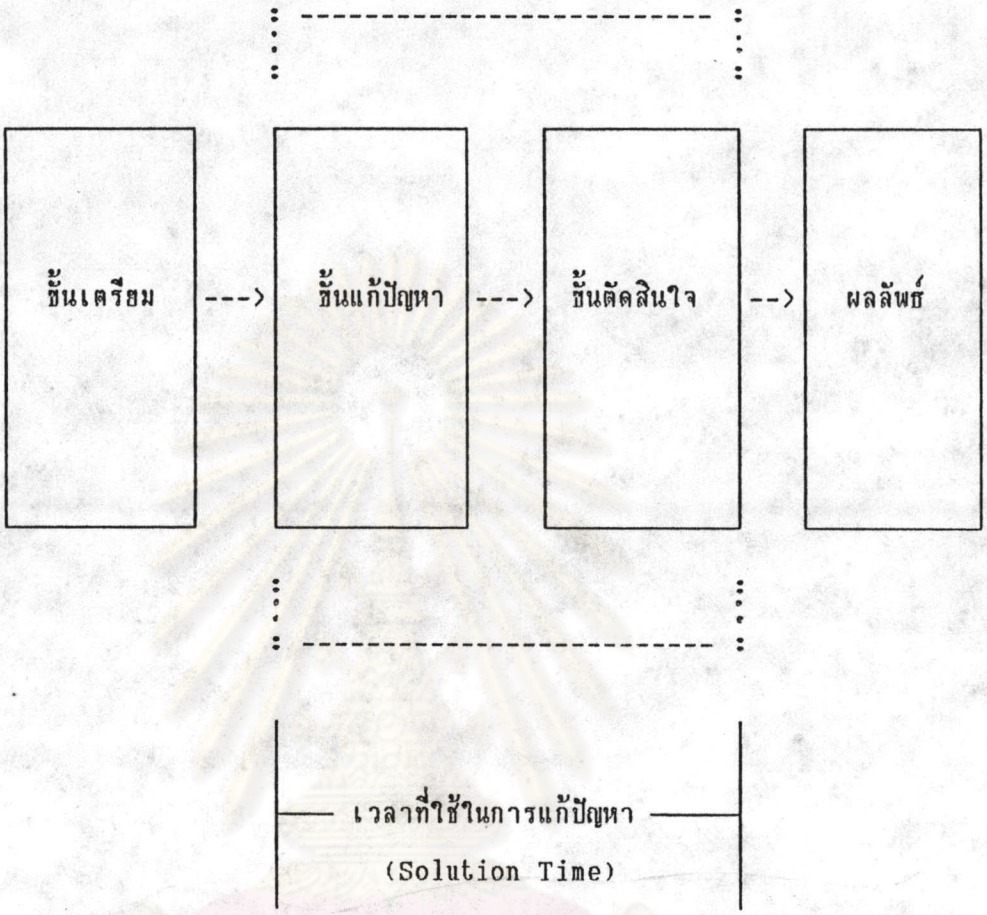


ภาพที่ 7 การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ต้องใช้กระดาษทดช่วยเพิ่มหน่วยความจำระยะสั้น

จากแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ของ Anderson และการอธิบายถึงขั้นตอนการคำนวณที่เกิดขึ้นในระบบความจำของมนุษย์ข้างต้น จะเห็นได้ว่าจำนวนขั้นตอนก็เป็นตัวแปรตามอีกตัวหนึ่งที่น่าจะบอกความซับซ้อนของข้อสอบได้ โดยที่ถ้าข้อสอบข้อใดมีขั้นตอนการคิดหลายขั้นตอนหรือหลายกระบวนการ ก็แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีความซับซ้อนมาก ผู้วิจัยจึงใช้จำนวนขั้นตอนและระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ที่ Anderson เสนอไว้ เป็นหลักสำคัญอย่างหนึ่งเพื่อสร้างเป็นดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบสำหรับนักเรียนแต่ละกลุ่มความสามารถด้วย

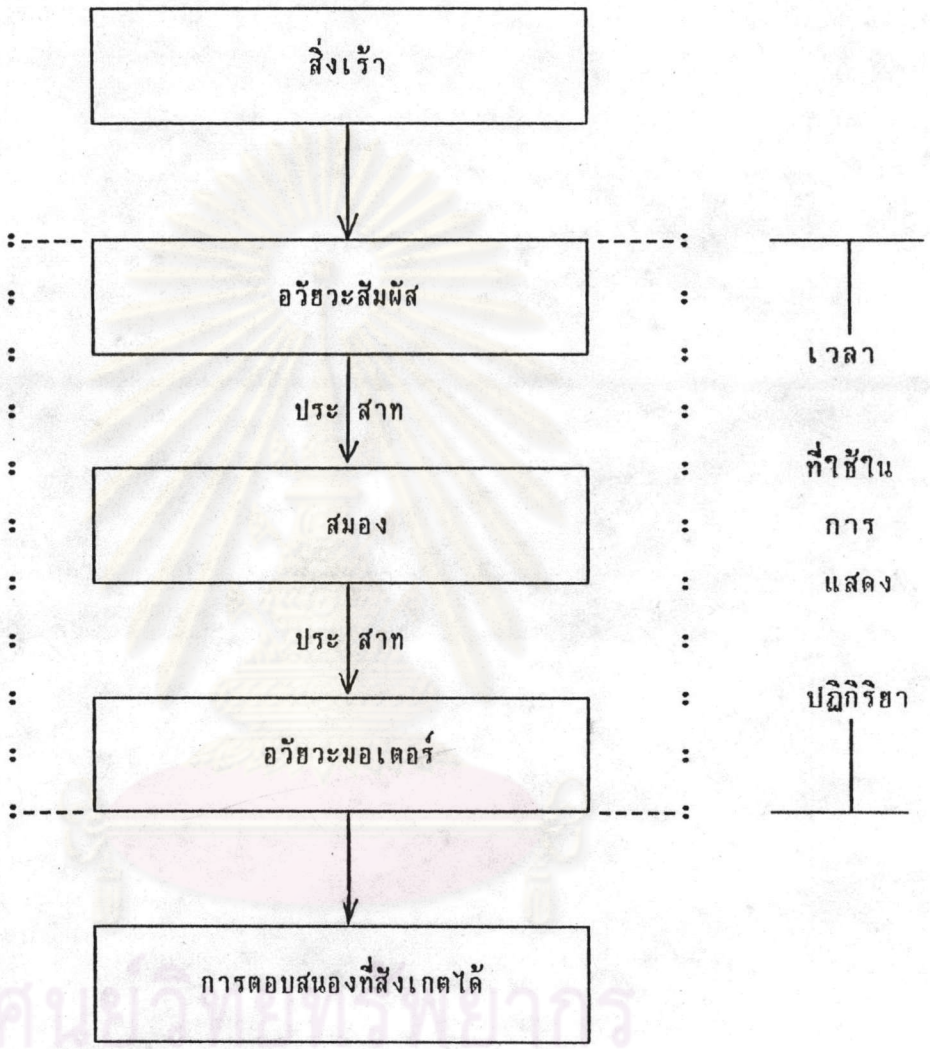
อนึ่งในการทดลองทางจิตวิทยา เวลาเป็นตัวแปรหนึ่งที่นักวิจัยใช้เพื่อการทดลองต่างๆ เพราะสาเหตุที่ว่า การปฏิบัติการทั้งหลายต้องใช้เวลาทั้งสิ้น และปริมาณเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการแต่ละขั้นตอนก็สามารถวัดออกมาได้ ซึ่งเป็นการวัดความเร็วในการปฏิบัติงาน เพื่อประโยชน์ใหญ่ ๆ 2 ประการ คือประการแรกเพื่อเป็นดัชนีบอกผลสัมฤทธิ์ และประการที่สองเพื่อเป็นดัชนีบอกความซับซ้อนของกระบวนการทางปัญญา ซึ่งเป็นกระบวนการภายในสมองของงานนั้น (Woodworth & Schlosberg, 1956 : 8)

การแก้ปัญหาหรือการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการภายใน (Internal Process) หรือกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) ที่ต้องอนุมานจากพฤติกรรมภายนอก นักวิจัยได้อนุมานความยากง่ายหรือความซับซ้อนของปัญหาจากเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้น อาทิเช่น Johnson (1955) ได้ศึกษาความยากง่ายของปัญหา โดยการวัดเอาปริมาณเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาออกมา และได้แบ่งขั้นของการแก้ปัญหาไว้ 3 ขั้น คือ ขั้นเตรียม ขั้นแก้ปัญหา และขั้นตัดสินใจ ซึ่งสองขั้นหลังเป็นพฤติกรรมภายในที่เขาวัดออกมาเป็นเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Bourne, 1971 : 56 - 58) ต่อมา Restle และ Devis (1962)ได้ทำการศึกษาในเรื่องเดียวกัน และสรุปไว้ว่าในปัญหาหนึ่ง ๆ นั้นยิ่งมีขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหามากขึ้นเพียงใดหรือปัญหามีปมที่ต้องแก้มาก เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็ยิ่งต้องมากขึ้นเพียงนั้น (Bourne , Ekstrand & Dominosdy, 1971 : 62) ซึ่งสรุปได้ในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาและเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา

Woodworth และ Schlosberg (1956)ได้ศึกษาการใช้เวลาในการแสดงปฏิกิริยา และสรุปไว้ว่า ปริมาณเวลาที่ใช้ในการแสดงปฏิกิริยาเป็นเรื่องของปริมาณเวลาที่ใช้เพื่อตอบสนองออกมา จึงเป็นช่วงเวลาระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนอง (S-R time interval) มนุษย์ไม่สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าออกมาได้ในทันทีทันใดที่ได้รับสิ่งเร้า แต่เมื่อมนุษย์รับสิ่งเร้าเข้าไปสิ่งเร้านั้นจะต้องผ่านกระบวนการทางปัญญาเสียก่อน จึงจะตอบสนองออกมาได้ คือ เมื่ออวัยวะสัมผัสรับสิ่งเร้าเข้ามาก็จะส่งข้อมูลที่รับเข้ามาผ่านประสาทไปสู่สมอง สมองต้องทำการย่อยหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลนั้นไปจนครบกระบวนการ จึงส่งผลผ่านประสาทไปสู่อวัยวะมอเตอร์ ซึ่งเป็นกลไกปฏิบัติงานตอบสนองออกมาในรูปแบบของพฤติกรรมที่สังเกตได้ ขั้นตอนการทำงานที่กล่าวมาต้องใช้เวลาทั้งสิ้น แต่ปริมาณเวลาที่ใช้ในสมองนับเป็นปริมาณเวลาที่ใช้มากที่สุด เพราะงานทั้งหลายต้องผ่านกระบวนการในสมองเป็นหลัก ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการแสดงปฏิกิริยา ซึ่งบางครั้งเรียกว่าช่วงสงบก่อนการตอบสนอง จึงหมายรวมถึงปริมาณเวลาที่ใช้ในอวัยวะสัมผัส ในระบบประสาทในสมองและในอวัยวะมอเตอร์ สรุปเป็นภาพแสดงช่วงเวลาที่ใช้ในการแสดงปฏิกิริยา ได้ดังนี้



ภาพที่ 9 กระบวนการแสดงปฏิกิริยา

การศึกษาเวลาในการแสดงปฏิกิริยาเริ่มมีการศึกษาอย่างจริงจังเมื่อ Helmholtz (1850) ได้วัดความเร็วของการทำงานของประสาทมอเตอร์ของกบ และได้ศึกษาไปถึงอวัยวะสัมผัสส่วนต่าง ๆ ของมนุษย์ด้วย (Woodworth & Schlosberg, 1956 : 10)

Donders (1869, quoted in Calfee, 1975) นักจิตวิทยาชาวดัทช์เป็นคนแรกที่สนใจศึกษาวิเคราะห์เวลาในการทำงานของสมอง (Analysis of choice - reaction time) โดยกำหนดให้การคิดแบ่งออกเป็นกระบวนการย่อย ๆ 3 กระบวนการ คือ การจำแนก (discrimination) การตัดสินใจ (decision) และการเริ่มต้นตอบสนอง (response initiation) แล้วพยายามหาวิธีวัดระยะเวลาที่ใช้สำหรับแต่ละกระบวนการ โดยออกแบบงานให้กลุ่มตัวอย่างทำ 3 แบบ ดังนี้

1. งานประเภทที่ 1 (type a task) ประกอบด้วยสิ่งเร้า และการตอบสนอง (single stimulus-response pair)งานนี้ใช้วัดระยะเวลาที่ใช้ในการตอบสนอง(response initiation process) เป็นงานที่ผู้รับการทดลองรู้ล่วงหน้าว่า สิ่งเร้าจะเป็นอะไร และจะต้องตอบสนองอย่างไร

2. งานประเภทที่ 2 (type b task) ประกอบด้วยสิ่งเร้า 2 อย่างหรือมากกว่า (S_1 และ S_2) และการตอบสนอง R_1 และ R_2 โดยให้ผู้รับการทดลองตอบสนองอย่างเร็วที่สุดเมื่อได้รับสิ่งเร้า งานประเภทนี้เกี่ยวข้องกับทั้ง 3 กระบวนการ เช่น ให้ผู้รับการทดลองแสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อสีแดงด้วยการยกมือซ้าย และต่อสีน้ำเงินด้วยการยกมือขวา

3. งานประเภทที่ 3 (type c task) ประกอบด้วยสิ่งเร้า 2 อย่างแต่มีการตอบสนองครั้งเดียว โดยสอนผู้ตอบให้ตอบสนองเพียงสิ่งเร้าเดียว อีกอย่างหนึ่งไม่ต้องตอบ งานประเภทนี้เกี่ยวข้องกับ กระบวนการตอบสนอง (response) และกระบวนการจำแนก (discrimination) ไม่ใช้กระบวนการตัดสินใจ (decision) เพราะไม่ต้องเลือกตอบสนองอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ให้ผู้รับเข้ารับการทดลองแสดงปฏิกิริยาตอบสนองเฉพาะสิ่งเร้าสีแดงและไม่แสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อสีน้ำเงิน

จากการวิเคราะห์งานทั้ง 3 ประเภท Donders บอกว่า งานประเภทที่ 1 ใช้เวลาน้อยที่สุด งานประเภทที่ 2 ใช้เวลามากที่สุดเพราะงานประเภทที่ 2 ต้องใช้กระบวนการทั้ง 3 กระบวนการ ส่วนงานประเภทที่ 3 ใช้กระบวนการ 2 กระบวนการเท่านั้น และงานประเภทที่ 1 ใช้เพียงกระบวนการเดียว และDonders ยังได้เสนอวิธีการหาระยะเวลาของแต่ละกระบวนการโดยวิธีการลบ (subtraction) และถือว่ากระบวนการที่เป็นลำดับขั้นนั้นเป็นอิสระต่อกันซึ่งจะเกิดขึ้นทีละขั้นตามลำดับ (independent serial processes) ดังนี้

1. ระยะเวลาในการตอบสนอง (reponse - initiation time) ประมาณค่าได้จากเวลาในการทำงานประเภทที่ 1 (RT (a))

2. ระยะเวลาในการจำแนก (discrimination time) ประมาณค่าได้จากความแตกต่างระหว่างเวลาในการทำงานประเภทที่ 3 กับเวลาในการทำงานประเภทที่ 1 (RT (c)) - RT (a))

3. ระยะเวลาในการตัดสินใจ (decision time)ประมาณค่าได้จากความแตกต่างระหว่างเวลาในการทำงานประเภทที่ 2 กับเวลาในการทำงานประเภทที่ 3 (RT (b) - RT (c))

วิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ นั้นขึ้นกับธรรมชาติและโครงสร้างกระบวนการทางสมองของมนุษย์ (Organization of human brain processes) หลักการทั่วไปที่ใช้สำหรับทุก ๆ สถานการณ์ คือ การเก็บ (store) การนำกลับมาใช้ (retrieve)และการใช้ (use) ความรู้ (Lindsay and Norman 1972 : 520)

จากการศึกษาข้างต้น นักวิจัยหลายท่านได้ใช้เวลาเป็นตัวแปรตามสำหรับศึกษากระบวนการทางปัญญาจากเวลาที่วัดได้ และใช้เวลาเป็นตัวอนุมานความยากง่ายหรือความซับซ้อนของปัญหา ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงใช้เวลาเป็นตัวแปรตามตัวหนึ่งเพื่อศึกษาความซับซ้อนของข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ โดยนำเอาปริมาณเวลาที่วัดได้ในแต่ละขั้นตอนการคิดหาคำตอบทุกขั้นตอนมาเป็นส่วนประกอบกับแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ของ Anderson แล้วสร้างเป็นดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบแต่ละข้อ สำหรับนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

อารมณ์ พูนโภคผล (2518) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "เวลาการคิดเลขในใจของผู้ใหญ่" โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรการศึกษาชั้นสูง ปีที่ 2 จำนวน 20 คน ให้ผู้รับการทดลองเข้ารับการทดลองเป็นรายบุคคล คิดเลขในใจที่ควบคุมโจทย์ไว้ จดบันทึกเวลาที่ใช้ไว้ ผลการวิจัยพบว่า

1. โจทย์เลขคูณที่ในกระบวนการคูณ มีการทด 0 ครั้ง ใช้เวลาในการคิดน้อยที่สุด ทด 1 ครั้ง ใช้เวลาเพิ่มขึ้น และทด 2 ครั้ง ใช้เวลาเพิ่มขึ้นอีก และมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง
2. โจทย์เลขคูณที่ตัวคูณเป็นเลขน้อยใช้เวลาในการคูณน้อยกว่าเลขมาก
3. โจทย์เลขคูณที่ตัวคูณเป็นเลขคู่ใช้เวลาในการคูณไม่ต่างไปจากเลขคี่
4. โจทย์เลขคูณที่ตัวคูณเป็นเลขตั้งแต่ 2 - 9 ใช้เวลาในการคูณแตกต่างกัน และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเวลาที่ใช้เป็นเส้นตรงและเป็นเส้นโค้งกำลัง 2

ไตรรงค์ เจนการ (2532) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "การพิสูจน์ร่องรอยกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์" โดยทดลองสอบเด็กกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการประถมศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 116 คน ผลการสอบได้กระดาษคำตอบของเด็กทุกคนที่แสดงวิธีการจนได้คำตอบพร้อมกับร่องรอยการคิด ผู้วิจัยได้สอบถามเด็กเป็นรายบุคคลอีกครั้งหนึ่งโดยอาศัยร่องรอยการคิด และการแสดงวิธีทำในแต่ละตอน เด็กทุกคนจะเล่าและแสดงกระบวนการคิดอีกครั้งตามลำดับจนได้คำตอบ ข้อค้นพบ คือ รูปแบบการคิด 6 แบบ ดังนี้

1. เด็กอ่านโจทย์เข้าใจ รู้วิธีทำ คิดคำนวณได้ ถูกตามวิธีการ ได้คำตอบถูกต้อง
2. เด็กอ่านโจทย์เข้าใจ รู้วิธีทำว่าอย่างไร บอกถูกว่าทำอะไรก่อนหรือหลัง แต่ลงมือแล้วคำนวณไม่ถูกหรือถูกบางจุดเลยได้คำตอบผิด
3. เด็กอ่านโจทย์เข้าใจ แต่ไม่รู้วิธีทำที่ถูกจริง ทำให้ได้คำตอบที่ผิดแม้จะมีความสามารถในการคิดคำนวณก็ตาม

4. เด็กอ่านโจทย์เข้าใจ อย่างเดียว นอกนั้นทำไม่ได้
5. เด็กอ่านโจทย์ไม่เข้าใจ คิดคำนวณได้อย่างเดียว
6. เด็กไม่รู้อะไรเลย บางทีอ่านหนังสือไม่ออก

วิจิตรา การกลาง (2532) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "กระบวนการคิดและความรู้สึก โครงการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนทางด้านความรู้ ความคิด" ได้ศึกษาธรรมชาติของกระบวนการคิดตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในด้านกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเสนอรูปแบบของการเรียนการสอนที่เอื้อต่อการวินิจฉัยกระบวนการ และพัฒนากระบวนการคิดของเด็ก โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2530 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ จำนวน 289 คน โดยสุ่มจากทุกภาค ภาคละ 2 จังหวัด เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบ 3 ฉบับ คือ แบบสอบวัดกระบวนการคิดทั่วไป แบบสอบวัดกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์และแบบสอบวัดเจตคติ รวมทั้งแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อม ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการคิดทั่วไปแต่ละขั้นมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ยกเว้นความคิดรวบยอดที่มีความคิดเป็นอิสระ และควรได้รับการพัฒนาก่อนเพราะเป็นส่วนของความรู้พื้นฐาน การพัฒนากระบวนการคิดจะต้องกระทำให้ต่อเนื่องทั้งในด้านการแปลสถานการณ์ วางแผนยุทธศาสตร์ การปฏิบัติตาม การตรวจสอบ และความคิดที่เป็นระบบ ส่วนกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น มีขั้นตอนสำคัญ ดังนี้ คือ

1. อ่านโจทย์เข้าใจ
2. แปลงภาษาโจทย์เป็นสัญลักษณ์
3. บอกวิธีทำได้
4. เขียนประโยคสัญลักษณ์
5. คิดคำนวณ
6. หาคำตอบได้

ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงซึ่งกันและกัน มีความสัมพันธ์กับกระบวนการคิดทั่วไปด้วย และได้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับปานกลาง คุณลักษณะที่จะต้องพัฒนา คือ การแปลงภาษาโจทย์เป็นสัญลักษณ์ และการหาคำตอบ ส่วนในด้านกระบวนการคิดทั่วไปของเด็ก ส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่น่าพอใจ คุณลักษณะที่จะต้องพัฒนา คือ การแปลสถานการณ์และการปฏิบัติอย่างมีระบบ และผลการศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในด้านกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์นั้น พบว่ากระบวนการคิดทั่วไป เจตคติ และการอบรมเลี้ยง

ดู ต่างมีอิทธิพลต่อความสามารถในด้านกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของเด็ก โดยเฉพาะกระบวนการคิดทั่วไปในด้านการวางแผนกำหนดยุทธศาสตร์ การปฏิบัติอย่างมีระบบเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์สูงที่สุด รองลงมาคือ เจตคติในด้านการเข้าร่วมกิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดและความกระตือรือร้นอยากรู้อยากเห็น และการอบรมเลี้ยงดูที่มีเหตุผลของผู้ปกครองตามลำดับ

ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล (2533)ได้ทำการวิจัยเรื่อง "การศึกษากระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษากรุงเทพมหานคร" โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษากรุงเทพมหานครที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง 102 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ประเภท คือ แบบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา (เอ็ม.อี.คิว.) แบบสังเกตกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา และแบบสัมภาษณ์การใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเพียง 3 ขั้นตอนคือ

1. การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา
2. การวางแผนแก้ปัญหา
3. การดำเนินการตามแผนแก้ปัญหา

มีนักเรียนส่วนน้อยที่ทำครบ 4 ขั้นตอน คือ มีการทบทวนคำตอบและแผนการแก้ปัญหา นักเรียนมีวิธีการเปรียบเทียบ การหาทางเลือกที่มากที่สุด วิธีการเขียนรายงานและวิธีการลองผิดลองถูก แต่นักเรียนที่มีวิธีการคิดย้อนหลังมีจำนวนน้อยและนักเรียนยังขาดวิธีการสร้างตาราง

สิริมาศ สิทธิหล่อ (2535) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาวิธีการวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการคิดออกเสียง" โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 72 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. วิธีการวัดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการคิดออกเสียง มีขั้นตอนดังนี้ คือครูเสนอโจทย์ปัญหาให้นักเรียนคิด แล้วพูดออกมาดัง ๆ หรืออาจเขียนในกระดาษทดด้วยก็ได้ ในขณะแก้ปัญหา ครูบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก โดยการพูดลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งครูจะนำมาตรวจให้คะแนนภายหลัง

2. ผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมการแก้ปัญหาระหว่างนักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน พบว่า กลุ่มเก่งจะแสดงพฤติกรรมเกือบทุกขั้นตอน ในขณะที่กลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อนแสดงพฤติกรรมไม่ครบขั้นตอน และกลุ่มเก่งแสดงพฤติกรรมคิดออกเสียงที่ให้ข้อมูลมากกว่า

สายพิน สร้อยทองคำ (2536) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "ผลของการฝึกสร้างตัวแทนปัญหาแบบตารางสัมพันธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงตรรกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3" โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนปล้องวิทยาคม อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย จำนวน 76 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการฝึกสร้างตัวแทนของปัญหาแบบตารางสัมพันธ์และให้แสดงวิธีสร้างตัวแทนของปัญหาแบบตารางสัมพันธ์ในขณะแก้ปัญหาเชิงตรรก มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการฝึกสร้างตัวแทนของปัญหาแบบตารางสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. นักเรียนที่ได้รับการฝึกสร้างตัวแทนของปัญหาแบบตารางสัมพันธ์ แต่ให้แสดงวิธีสร้างตัวแทนของปัญหาแบบใดก็ได้ในขณะแก้ปัญหาเชิงตรรก มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการฝึกสร้างตัวแทนของปัญหาแบบตารางสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนที่ได้รับการฝึกสร้างตัวแทนของปัญหาแบบตารางสัมพันธ์ และให้แสดงวิธีสร้างตัวแทนของปัญหาแบบตารางสัมพันธ์ในขณะแก้ปัญหาเชิงตรรก มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับนักเรียนที่ได้รับการฝึกสร้างตัวแทนของปัญหาแบบตารางสัมพันธ์แต่ให้แสดงวิธีสร้างตัวแทนของปัญหาแบบใดก็ได้ในขณะแก้ปัญหาเชิงตรรก

ทองหล่อ วงษ์อินทร์ (2536) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์ความรู้เฉพาะด้านกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาและเมตาคอคนิชั่น ของนักเรียนมัธยมศึกษาผู้ชำนาญ และไม่ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์" โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนผู้ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 25 คน และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 25 คน นักเรียนผู้ไม่ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 25 คน และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 25 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนผู้ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนในตัวแปรทั้ง 3 ด้าน สูงกว่านักเรียนผู้ไม่ชำนาญในระดับชั้นเดียวกัน

2. นักเรียนผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ ที่เรียนในระดับชั้นที่สูงกว่า มีคะแนนในตัวแปรทั้ง 3 ด้านสูงกว่านักเรียนในกลุ่มเดียวกัน ที่เรียนในระดับชั้นที่ต่ำกว่า ตัวแปรทั้ง 3 ด้านคือ 1) ความรู้เฉพาะด้าน ทั้งในด้านความคิดรวบยอด และด้านการดำเนินการ 2) กระบวนการในการคิดแก้ปัญหา ในด้านการทำความเข้าใจปัญหา การสร้างตัวแทนปัญหา การวางแผน การดำเนินการแก้ปัญหา และการตรวจสอบการแก้ปัญหา และ 3) ความรู้ในเมตาคอคนิชั่น ด้านบุคคล ด้านงาน และ ด้านกลวิธี

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความชำนาญ และระดับชั้นเรียน มีผลต่อความรู้ในการระบุคำที่ช่วยในการแก้ปัญหา การจำแนกประเภทปัญหา การทำความเข้าใจปัญหา การตรวจสอบการแก้ปัญหา ความรู้ในเมตาคอคนิชั่นด้านงานและด้านกลวิธี

งามตา กมลวรเดช (2536) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "ผลของการฝึกกลวิธีคำถามนำที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4" โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนวัดจันทร์ตะวันออก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 64 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับในต่างประเทศ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

Groen และ Parkman (1972,quoted in Anderson,1982) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับทักษะในการคำนวณของเด็ก
โดยมีจุดสนใจอยู่ที่พัฒนาการการเปลี่ยนแปลงของเด็กในการบวกและลบตัวเลขโดยตั้งสมมติฐานว่าเด็กสามารถบวกเลข 2 จำนวนได้ 5 วิธี วิธีที่น่าสนใจมี 3 วิธีคือ

1. วิธีนับทั้ง 2 ตัว คือ นับจำนวนแรกและเพิ่มโดยนับจำนวนที่ 2 เข้าไป
2. วิธีนับทั้ง 2 ตัว คือ กำหนดค่าตัวแรกแล้วเพิ่มค่าโดยนับจำนวนที่ 2 ต่อไป
3. วิธีใช้ตัวเลขที่มากกว่าเป็นตัวตั้ง แล้วนับเพิ่มโดยใช้ตัวเลขที่น้อยกว่าที่เหลืออยู่

จากการวิจัยพบว่าถ้าใช้วิธีที่ 1 เวลาที่ใช้ในการบวกเลข a กับ b เป็นฟังก์ชั่นเชิงเส้นตรง ของ a + b ถ้าใช้วิธีที่ 2 เวลาที่ใช้ในการบวกเป็นฟังก์ชั่นเชิงเส้นตรงของ b และถ้าใช้วิธีที่ 3 เวลาที่ใช้ในการบวกเลขเป็นฟังก์ชั่นเชิงเส้นตรงของ a หรือ b แล้วแต่ว่าจำนวนใดจะมากกว่า

Houlihan และ Ginsburg (1981,quoted in Anderson,1982) ได้ทำการวิจัยต่อ พบว่า เด็กชั้นประถม 1 31 % และชั้นประถม 2 เพียง 3 % เท่านั้นที่ใช้วิธีบวกวิธีแรกในทำนองเดียวกัน Fuson (1982,quoted in Anderson,1982) พบว่าเด็กส่วนใหญ่ใช้วิธีนับจากตัวแรก (วิธีที่ 2) เมื่อยังไม่ได้มีการสอนวิธีการบวกมาก่อน

Schunk (1983,อ้างถึงใน ทองหล่อ วงษ์อินทร์,2536) ได้ทำการวิจัยเชิงทดลองโดยสอนทักษะการลบ และกลวิธีในการกำกับตนเอง แก่เด็กในระดับประถมที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ โดยให้เด็กที่ได้รับการฝึกการตรวจสอบพฤติกรรมในเวลาการทำงานและนอกเวลาทำงาน การประเมินผลการทำงาน และการกำหนดการเสริมแรงในผลงานที่ออกมา ผลปรากฏว่าไม่เพียงแต่เด็กจะมีความรู้สึกด้านความคาดหวังเกี่ยวกับความสามารถของตนเอง (self - efficacy) เพิ่มขึ้นเท่านั้น แต่ยังมีทักษะในการลบและการทำงานเพิ่มขึ้นอีกด้วย

Lewis (1989,อ้างถึงใน สายหิน สร้อยทองคำ,2536)ได้ทำการวิจัยพบว่านักศึกษามักทำปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ผิดพลาด เนื่องจากความเข้าใจผิดในโครงสร้างของปัญหามากกว่าการคำนวณผิดพลาด Lewis ได้ทำการทดลองกับนักศึกษาที่ยังไม่จบปริญญาตรี จำนวน 96 คน ที่ทำแบบทดสอบเกี่ยวกับการเปรียบเทียบปัญหา บวก ลบ คูณ หาร ผิดพลาด แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 32 คน กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มฝึกแปลงโจทย์ปัญหาและประยุกต์ปัญหาโดยใช้การเขียนแผนภูมิ กลุ่มที่ 2 ฝึกแปลงโจทย์ปัญหา และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม การฝึกโจทย์ปัญหาโดยให้ดูว่าลักษณะของโจทย์ปัญหาเป็นอย่างไร หาความสัมพันธ์ของคำถาม และฝึกประยุกต์ปัญหาโดยใช้การเขียนแผนภูมิเปรียบเทียบ ส่วนกลุ่มควบคุมให้ลำดับความยากของปัญหา ในแต่ละส่วนใช้เวลา 35 นาที จากการทดสอบพบว่า กลุ่มที่สอนการแปลงโจทย์ปัญหาและประยุกต์ปัญหาโดยใช้การเขียนแผนภูมิ (diagram) จะทำให้มีความผิดพลาดในการทำโจทย์ปัญหาน้อยกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้น ยังมีความเข้าใจการเปรียบเทียบปัญหาที่ซับซ้อนและปัญหาต่าง ๆ มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Mayer, Tajaka และ Stanley (1991) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 5 ชาวญี่ปุ่นกับสหรัฐอเมริกา พบว่านักเรียนญี่ปุ่นมีคะแนนทักษะด้านการคำนวณ (computational skill) และด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (mathematical problem solving) สูงที่สุด และนักเรียนสหรัฐอเมริกามีคะแนนด้านการแก้ปัญหาสูงกว่าด้านการคำนวณ ในขณะที่นักเรียนญี่ปุ่นมีคะแนนด้านการคำนวณสูงกว่าการแก้ปัญหาและเมื่อเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์เท่ากัน พบว่านักเรียนสหรัฐอเมริกามีคะแนนด้านทักษะในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนญี่ปุ่น แต่มีคะแนนด้านทักษะการคำนวณต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ว่านักเรียนญี่ปุ่นมีโอกาสในการเรียนรู้ด้านการคำนวณ และได้ฝึกปฏิบัติจริงมากกว่านักเรียนสหรัฐอเมริกา

จากงานวิจัยที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่ายังไม่พบว่ามีนักวิจัยคนใดศึกษาพัฒนาดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบ โดยใช้แนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที เลย ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ของ Anderson โดยใช้ระยะเวลา และจำนวนขั้นตอนการคิดเป็นตัวแปรหลักในการสร้างดัชนีดังกล่าว และตรวจสอบความตรงของดัชนีที่พัฒนาขึ้นมาด้วย ทั้งนี้ได้นำโจทย์สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร ซึ่งจัดเป็นปัญหาประเภทระบบปิด(closed system) ที่มีความชัดเจน(distinct) นำไปสู่การแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการคำนวณ (use of algorithm) ตามแผนผังความรู้ที่ MeCagg และ Dansereau เสนอไว้ในภาพที่ 3 มาศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย