



บทที่ 1

บทนำ

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางทั่วไปว่า การวัดและประเมินผลการศึกษา มีความสำคัญยิ่งต่อการจัดการศึกษา การวัดผลการศึกษาเป็นกระบวนการที่มุ่งตรวจสอบว่าผลการศึกษาอันเกิดจากการอบรมสั่งสอนด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามหลักสูตรนั้นมีผลสัมฤทธิ์มากน้อยเพียงใด ได้ผลตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด การวัดผลการศึกษามีเครื่องมือที่ใช้ในการวัดหลายประเภทด้วยกัน โดยสามารถที่จะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการวัด แต่เครื่องมือที่มีบทบาทต่อการวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก คือ แบบสอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบจำนวนหนึ่ง ดังนั้นนักวัดผลจึงได้พยายามพัฒนาเทคนิคการสร้างข้อสอบประเภทของข้อสอบและเทคนิคการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพสูงสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องเทคนิคการวิเคราะห์ข้อสอบนั้น นักวัดผลได้พยายามคิดค้นทฤษฎีต่าง ๆ ขึ้นมาสร้างดัชนีต่าง ๆ เพื่อบ่งชี้คุณภาพของข้อสอบและแบบสอบ เช่น ดัชนีชี้คุณภาพของแบบสอบตามทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory) ได้แก่ ความตรง ความเที่ยง ความยาก อำนาจจำแนก เป็นต้น ดัชนีความยาก (difficulty index) เป็นดัชนีสำคัญที่นิยมนำมาใช้บ่งชี้คุณภาพของข้อสอบโดยเฉพาะข้อสอบที่เป็นแบบเลือกตอบ (multiple choices) ในการคิดหาค่าตอบที่ถูกต้องของข้อสอบข้อใดมีการทำงาน (operate) ในสมองมาก กระบวนการคิดยุ่งยากซับซ้อน แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นยาก แต่ถ้าหากการคิดหาค่าตอบที่ถูกต้องของข้อสอบข้อใดมีการทำงานในสมองน้อย กระบวนการคิดไม่ยุ่งยากซับซ้อน แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่าย นอกจากนี้ระดับความยากของข้อสอบยังขึ้นอยู่กับระดับเชาวน์ปัญญา ประสบการณ์เดิม และวิธีการคิดของผู้ทำข้อสอบแต่ละคนด้วย และเนื่องจากการหาค่าความยากของข้อสอบโดยวัดการทำงานในสมองของผู้ตอบโดยตรงนั้นยังไม่สามารถทำได้ จึงมีการเสนอนิยามเชิงปฏิบัติการของความยากของข้อสอบเพื่อคำนวณหาระดับความยากของข้อสอบออกมาเป็นตัวเลขที่มีความหมาย โดยมีทฤษฎีการวัดที่แพร่หลายอยู่ 2 ทฤษฎีที่ได้เสนอวิธีการประมาณค่าดัชนีความยากของข้อสอบเอาไว้ คือ ทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory : CTT) และทฤษฎีการตอบสนองต่อ

ข้อสอบ (Item Response Theory : IRT) ซึ่งได้เสนอวิธีการหาค่าความยากของข้อสอบแบบเลือกตอบไว้และเป็นวิธีประมาณค่าความยากจากผลลัพธ์ (product) อย่างเดียวไม่ได้วิเคราะห์กระบวนการคิด (process) ในสมองของผู้สอบมาประกอบกันด้วย

ในการศึกษาเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจหรือปัญญา (cognition) ของมนุษย์นั้นถึงแม้ว่าจะเป็นการยากที่จะสนใจศึกษาอธิบายในสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้เช่นนี้ (Estes, 1978:1) แต่ก็มีนักจิตวิทยากลุ่มหนึ่งพยายามศึกษาอย่างเป็นระบบตั้งแต่ประมาณ 100 ปีที่ผ่านมา จนกลายเป็นสาขาหนึ่งของจิตวิทยา เรียกว่า จิตวิทยาทางปัญญา (Cognitive Psychology) โดยเป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับช่วงทั้งหมดของกระบวนการทางจิตวิทยาในสมองของมนุษย์ ได้แก่ การรับรู้ (perception) การระลึกรูปแบบ (pattern recognition) ความตั้งใจ (attention) การเรียนรู้ (learning) ความจำ (memory) การสร้างมโนทัศน์ (concept formation) การคิด (thinking) การสร้างภาพ (imaging) การจำ (remembering) ภาษา (Language) อารมณ์ (emotions) และ กระบวนการพัฒนา (developmental processes) (Solso, 1988:2) ซึ่งต่อมาจิตวิทยาทางปัญญาสมัยใหม่ (modern cognitive psychology) ได้แบ่งขอบเขตการวิจัยหลักของแนวคิดจิตวิทยาเชิงปัญญาออกเป็น 10 สาขา ได้แก่ การรับรู้ (Perception) การระลึกรูปแบบ (Pattern Recognition) ความตั้งใจ (Attention) ความจำ (Memory) จินตภาพ (Imagery) ภาษา (Language) จิตวิทยาพัฒนาการ (Developmental Psychology) การคิดและการแก้ปัญหา (Thinking and Problem Solving) เซอาน์ปัญญาของมนุษย์ (Human Intelligence) และ เซอาน์ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) (Solso, 1988:6)

แนวคิดสำคัญของจิตวิทยาทางปัญญา ที่ได้พัฒนาจากจุดเริ่มต้นในวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ (computer science) และวิทยาศาสตร์การสื่อสาร (communication science) คือ แนวคิดการประมวลผล (Information Processing Approach) หรือทฤษฎีการประมวลผล (Information Processing Theory : IPT) ซึ่งได้เริ่มแพร่หลายเข้าสู่วงการจิตวิทยาในปี ค.ศ. 1950 มีพื้นฐานบางส่วนมาจากแนวคิดที่ว่ามนุษย์คล้ายคลึงกับคอมพิวเตอร์ซึ่งเก็บข้อมูลเข้าไป ทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูล และให้การตอบสนองหรือคำตอบออกมา ทฤษฎีนี้ได้เปรียบเทียบว่าการแก้ปัญหาของมนุษย์คล้ายคลึงกับขั้นตอนการแก้ปัญหาของคอมพิวเตอร์นั่นคือ มนุษย์มีลำดับขั้นตอนกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่เป็นระบบสารสนเทศหรือข้อมูลจะถูกควบคุมโดยลำดับขั้นตอนต่าง ๆ แต่ละขั้นตอนจะทำหน้าที่เฉพาะเจาะจง (specified function) และต่อจากนั้นสารสนเทศก็จะวิ่งไปสู่ขั้นตอนต่อไป ดังนั้นตัวรับความรู้สึกทั้งหลาย (sensory receptors) ของ

เรา จะรับสารสนเทศซึ่งถูกเปลี่ยนแปลงระหว่างขั้นตอนหนึ่ง ๆ และผ่านไปตามขั้นตอนต่าง ๆ ตามลำดับ จนกระทั่งมีการตอบสนอง (response) หรือเก็บ (store) สารสนเทศในหน่วยความจำจากแนวคิดนี้ มีนักจิตวิทยาทางปัญญา (cognitive psychologist) หลายท่านได้เสนอเป็นแบบจำลองแสดงระบบการประมวลผลในสมองมนุษย์ เรียกว่า โมเดลการประมวลผล (information processing model) อาทิ เช่น Atkinson and Shiffrin (1968) Rumelhart, Lindsay, and Norman (1972) J.R. Anderson and Bower (1973) R.M. Gagne' (1974) (Anderson, 1985) เป็นต้นนอกจากนี้ Snow & Lohman (1989) ก็ได้เสนอโมเดลที่คล้ายคลึงกัน โดยเรียกว่า โมเดลการประมวลผลทางปัญญา (Cognitive Information Processing Model หรือ CIP Model)

ตามแนวความคิดการประมวลผล หน่วยพื้นฐานของการวิเคราะห์ คือ elementary information process (eip) (Newell & Simon, 1972) โดยสมมติว่าพฤติกรรมของระบบการประมวลผลของมนุษย์ (human information - processing system) คือผลของลำดับต่าง ๆ ของกระบวนการเบื้องต้น (eip) เหล่านี้ eip เป็นกระบวนการที่ไม่สามารถถูกแบ่งให้เป็นกระบวนการที่ง่ายกว่านี้ได้ eip ที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นเป็นลำดับขั้น (series of stages) แต่ละขั้นตอนจะรับสารสนเทศจากขั้นตอนที่เกิดขึ้นก่อน และทำหน้าที่เฉพาะเพียงอย่างเดี๋ยวลแล้วส่งสารสนเทศต่อไปสู่ eip อื่น โดยเหตุที่ทุก eip ในโมเดลการประมวลผลนี้มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับ eip อื่น ๆ จึงยากที่จะชี้ขั้นตอนเริ่มต้น (initial stage) ได้แต่เพื่อความสะดวกในการศึกษา จึงคิดขั้นตอนที่เริ่มมีสิ่งเร้าเข้ามาใหม่เป็นจุดเริ่มต้น (Solso, 1988)

โมเดลการประมวลผลเน้นการศึกษาค้นหาเกี่ยวกับการไหลของข้อมูล (flow of information) ผ่านสมองซึ่งคล้ายคลึงกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยสมมติว่า กระบวนการที่ซับซ้อนนี้เรียกว่า ปัญญา (Cognition) หรือ การคิด (Thinking) สามารถแบ่งออกเป็นกระบวนการหรือขั้นตอนองค์ประกอบย่อย ๆ จำนวนหนึ่ง ซึ่งทำงานในลักษณะลำดับขั้น (serial - temporal fashion) โดยมีการเปลี่ยนรูปข้อมูลหรือสารสนเทศจากรูปหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่งที่ละขั้น และแต่ละขั้นตอนนี้ต้องการระยะเวลาในการทำงานที่แน่นอน ถ้างานหรือปัญหาใดต้องใช้กระบวนการหรือขั้นตอนจำนวนมากในการคิดแก้ปัญหา และขั้นตอนที่ใช้มีความยากมาก ก็จะต้องใช้เวลามากในการทำงานหรือแก้ปัญหาขั้นนี้ให้สำเร็จ (Calfee, 1975)

จากแนวคิดทฤษฎีการประมวลผลทางปัญญา Anderson (1982) ได้นำแนวคิดนี้ไปประยุกต์และนำเสนอโมเดลหรือระบบ ที่แสดงการทำงานของสมองที่มีลักษณะทั่วไป สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่คล้ายคลึงกันขึ้น เรียกว่าระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที (ACT Production System) ระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที นี้ เน้นถึงการทำงานของสมองที่เป็นขั้นตอนย่อย ๆ ประกอบกัน ซึ่งระบบนี้สามารถใช้ในการอธิบายการทำงานของสมอง ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที อันหนึ่งที่ Anderson ได้เสนอเป็นตัว อย่างเอาไว้ คือ ระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ของการบวกเลข ซึ่งได้นำเสนอกระบวนการทาง ปัญหาในการแก้ปัญหาการบวกเลขที่เกิดขึ้นในสมองเป็นขั้นตอนย่อย ๆ เป็นลำดับขั้น มีการเปลี่ยน รูปข้อมูลหรือสารสนเทศจากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่งทีละขั้นจนได้ผลลัพธ์ โดยได้แสดงเป็น ตารางระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที สำหรับการแก้ปัญหาการบวกเลข ประกอบด้วยขั้นตอนที่ต้องใช้ ในการคิด เป็นระบบใช้อธิบายกระบวนการคิดบวกเลขทุกกรณีได้ เป็นระบบที่เขียนด้วยประโยคที่ ขึ้นต้นว่า "ถ้า (if)" แล้วตามด้วยประโยคที่ขึ้นต้นว่า "ดังนั้น (then)" โดยเริ่มที่ประโยคแสดง เป้าหมายใหญ่ที่สุดคือ การบวกเลข แล้วตามด้วยประโยคเป้าหมายรอง ๆ ลงมา แล้วบอกวิธีการ ที่จะบรรลุเป้าหมายย่อย ๆ นี้ ซึ่งทุกเป้าหมายย่อยจะรวมกันเพื่อเพื่อทำให้เป้าหมายใหญ่บรรลุผล นั้นเอง สำหรับการบวกเลขนั้น ประกอบด้วย 3 วงจรของขั้นตอนย่อย เริ่มจากการบวกตามแนว คอลัมน์ การบวกตามแนวนอนของคอลัมน์ และการบวกตัวเลขกับยอดรวมเดิม ซึ่งจะต้องปฏิบัติตาม วงจรเหล่านี้จนกระทั่งได้ผลลัพธ์ของโจทย์ปัญหาที่นำมาคิด

การใช้เวลาในการศึกษาปฏิบัติวิชา Helmholtz (1850) ประสบความสำเร็จในการ วัดความเร็วของการทำงานของประสาทมอเตอร์ของกบ แต่ยังสรุปผลอย่างแน่นอนเกี่ยวกับ ประสาทสัมผัสของมนุษย์ไม่ได้ (Woodworth & Schlosberg, 1956 : 10) การทดลองเรื่อง ปฏิบัติจริงเป็นที่สนใจของนักจิตวิทยาอีกหลายท่าน ต่อมา Woodworth และ Schlosberg (1954) ใช้เวลาในการศึกษาปฏิบัติวิชาของมือและเท้า พบว่าปฏิบัติวิชาของมือเร็วกว่าเท้าอยู่ประ มาน 20 - 30 มิลลิวินาที เขาบอกว่าเป็นเพราะ อวัยวะทั้งสองอยู่ห่างจากสมองไม่เท่ากัน (Fitts, 1967:74) และ Donder (1869, quoted in Calfee, 1975) ได้ทำการศึกษาการ ใช้เวลาในการทำงานของสมองโดยได้แบ่งปฏิบัติวิชาไว้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ การจำแนก (Discrimination) การตัดสินใจ (Decision) และการเริ่มต้นตอบสนอง (Response initiation) จากปฏิบัติวิชาทั้ง 3 ประเภทที่เขาแยกไว้นี้ ทำให้สามารถวัดเวลาของกระบวนการ ทางปัญหาเกี่ยวกับการจำแนกและการตัดสินใจออกมาได้ Johnson (1955) ใช้เวลาเป็นตัว แปรตามในการศึกษาความยากง่ายของปัญหา เวลาที่เขาวัดออกมาเป็นเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการแก้ปัญหา และขั้นตอนการตัดสินใจ ( Bourne, Ekstrand &

Dominosdy, 1971 : 57 - 58) และต่อมา Restle และ Davis (1962) ได้ทำการศึกษา เวลาที่ใช้ทำการแก้ปัญหา และสรุปผลไว้ว่า ในปัญหาหนึ่ง ๆ ยิ่งมีขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา มากขึ้นเพียงใด เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็ยิ่งต้องมากขึ้นเพียงนั้น (Bourne, Ekstrand & Dominosdy, 1971 : 62)

สรุปแล้วจะเห็นได้ว่าการปฏิบัติการทั้งหลายต้องใช้ระยะเวลาจำนวนหนึ่ง เวลาที่สั้น เปลืองไปนั้นสามารถวัดออกมาได้ และอาจนำเอาปริมาณเวลาที่วัดได้มาเป็นดัชนี เพื่อพิจารณา ความซับซ้อน ยากง่ายของงานหรือปัญหาหรือข้อสอบแต่ละข้อได้

จากแนวคิดการประมวลผลตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ของ Anderson ที่กล่าว มาแล้ว จะเห็นได้ว่าเป็นแนวคิดทางจิตวิทยาสมัยใหม่ที่นำจะประยุกต์มาใช้อธิบายกระบวนการคิด เพื่อตอบข้อสอบของผู้สอบได้ว่าการคิดเพื่อตอบข้อสอบแต่ละข้อนั้น เป็นความคิดที่เป็นระบบมีขั้นตอน บางข้ออาจคิดเพียงขั้นเดียวก็สามารถตอบคำถามของข้อสอบได้แล้ว ซึ่งแสดงว่าข้อสอบเหล่านี้มีความซับซ้อน (complexity) ไม่มาก แต่ข้อสอบบางข้ออาจจะต้องใช้ความคิดหลาย ๆ ขั้น จึง จะตอบคำถามของข้อสอบนั้นได้ ซึ่งแสดงว่า ข้อสอบเหล่านี้มีความซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้นระบบการ ผลิตแบบ เอ ซี ที นี้ จึงน่าจะนำมาใช้เป็นแนวคิดพื้นฐานในการบ่งชี้ค่าความซับซ้อนของ ข้อสอบได้ โดยยึดหลักการที่ว่ายิ่งต้องคิดตอบคำถามหลายขั้นตอนและใช้เวลาในการทำงานมากขึ้น เพียงใดยิ่งแสดงว่า มีการใช้สารสนเทศในสมองของมนุษย์ในปริมาณที่มากขึ้นเท่านั้น แสดงว่าข้อ สอบนั้นมีความซับซ้อนมากขึ้นนั่นเอง ค่าความซับซ้อนที่ได้นี้จะ เป็นค่าความซับซ้อนของข้อสอบที่ได้มา จากการวิเคราะห์กระบวนการคิดในสมองของมนุษย์โดยตรง ซึ่งสามารถชี้ถึงความยากของข้อสอบ ได้ส่วนหนึ่งอันสอดคล้องกับนิยามเชิงทฤษฎีของความยากของข้อสอบที่ขึ้นกับการทำงาน (operate) ในสมองว่ามีมากหรือน้อย

จากการที่ทฤษฎีทางการวัดผลในปัจจุบันได้ เสนอวิธีการหาค่าความยากของข้อสอบแบบ เลือกตอบไว้ และเป็นวิธีที่ประมาณค่าความยากของข้อสอบจากผลลัพธ์ (product) อย่างเดียว ไม่ได้วิเคราะห์กระบวนการคิด (process) ในสมองของผู้สอบมาประกอบกัน ส่วนในการหาค่า ความยากของข้อสอบที่เป็นแบบอัตนัยหรือแบบให้แสดงวิธีทำนั้น มักจะประมาณค่าจากค่าเฉลี่ยของ คะแนนที่ผู้สอบทุกคนทำได้ ในทัศนะของผู้วิจัยเห็นว่าน่าจะมีการพัฒนาดัชนีที่บ่งความยากแนวใหม่ที่ คำนึงถึงความซับซ้อนของข้อสอบเป็นหลัก ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบ (item complexity) สร้างวิธีหาค่าความซับซ้อนสำหรับข้อสอบแบบแสดงวิธีทำตามระบบการผลิต แบบเอ ซี ที ของ Anderson โดยใช้ระยะเวลาการทำงานของสมองและจำนวนขั้นตอนกระบวนการ

การคิดหาคำตอบสำหรับข้อสอบแต่ละข้อเป็นตัวอย่าง ซึ่งน่าจะเป็นวิธีการวิเคราะห์ความยากที่ถูกต้องเหมาะสมสำหรับข้อสอบแบบอัตนัยหรือแบบแสดงวิธีทำมากกว่าวิธีเดิมที่ใช้อยู่ และตรวจสอบความตรงของค่าความซับซ้อนที่ได้มาจากแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที โดยหาค่าดัชนีชี้ความยากของข้อสอบตามทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม (CTT) เป็นเกณฑ์ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอันดับที่ระหว่างค่าความซับซ้อนของข้อสอบแบบใช้ระยะเวลาเป็นตัวอย่าง และค่าความซับซ้อนของข้อสอบแบบใช้จำนวนขั้นตอนที่ทำถูกเป็นตัวอย่าง กับค่าความยากตาม CTT ที่คำนวณจากค่าเฉลี่ยซึ่งเป็นวิธีการหาค่าความยากแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความซับซ้อนของข้อสอบทั้ง 2 แบบและค่าความยากตาม CTT โดยจำแนกตามระดับความสามารถ คือ กลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร เพราะเนื้อหานี้เป็นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดสำหรับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นสูงและปัญหาคณิตศาสตร์เป็นปัญหาที่ต้องมีขั้นตอนการคิดตอบที่ชัดเจน โดยจัดเป็นปัญหาประเภทระบบปิด (closed system) มีความชัดเจน (distinct) ซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการคำนวณ (use of algorithms) ส่วนประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกศึกษานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประถมศึกษาที่สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษากรุงเทพมหานครเท่านั้น เพื่อให้ลักษณะของประชากรที่ศึกษามีความใกล้เคียงหรือเท่าเทียมกัน ทั้งในแง่หลักสูตร การเรียนการสอน ครูผู้สอนและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์แบบให้แสดงวิธีทำ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที (ACT Production System)
2. เพื่อศึกษาความตรงตามเกณฑ์ของดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที (ACT Production System)

### สมมติฐานของการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบโดยใช้แนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ของ Anderson ซึ่งคำนึงถึงกระบวนการคิดในสมองของมนุษย์เป็นหลัก ดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมี 2 แบบ ได้แก่ ดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบคำนวณจากจำนวนขั้นตอนการคิด ( $ICO_1$ ) และดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบคำนวณจากระยะเวลาที่ใช้ในการคิด ( $ICT_1$ ) ซึ่งดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบทั้ง 2 แบบนี้ น่าจะเป็นดัชนีที่มีความตรงสามารถบ่งชี้ไปถึงความยากของข้อสอบได้ นั่นคือหากข้อสอบข้อใดมีค่าความซับซ้อนของข้อสอบสูง แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีความยากมาก และหากข้อสอบข้อใดมีค่าความซับซ้อนของข้อสอบต่ำ แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีความยากน้อยหรือข้อสอบข้อนั้นง่ายนั่นเอง ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า

สมมติฐานข้อที่ 1 ค่าดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบทั้ง 2 แบบ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น น่าจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับค่าดัชนีชี้ความยากของข้อสอบ ตามแนวคิดทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม (CTT)

นอกจากนั้นผู้วิจัยยังคาดว่า ดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบทั้ง 2 แบบ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น น่าจะสามารถนำไปใช้ได้โดยทั่วไป กล่าวคือ ใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างทุกระดับความสามารถ และมีความสอดคล้องกับดัชนีชี้ความยากตามแนวคิดทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิมด้วย ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า

สมมติฐานข้อที่ 2 ค่าดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบทั้ง 2 แบบ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น คือ ดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบคำนวณจากจำนวนขั้นตอนการคิด ( $ICO_1$ ) และดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบคำนวณจากระยะเวลาที่ใช้ในการคิด ( $ICT_1$ ) และค่าความยากของข้อสอบตามแนวคิดทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม ( $p_1$ ) น่าจะมีความสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งสำหรับนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

### ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีขอบเขตในการศึกษาดังนี้

1. ประชากรที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษากรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2536
2. ตัวแปรที่จะศึกษาในครั้งนี่คือ ค่าความซับซ้อน และค่าความยากของข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง การบวกลบ คูณ หาร ตามหลักสูตรประถมศึกษาปีที่ 5 ของกระทรวงศึกษาธิการ

### ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ระยะเวลาและขั้นตอนการคิดเป็นตัวแปรที่บอกความซับซ้อนของข้อสอบ
2. ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ใช้แทนความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
3. เวลาที่ใช้ในการคิดแต่ละขั้นตอนของนักเรียนทุกคนคงที่ โดยนำค่ามัธยฐานของเวลาที่ใช้ในการคิดของนักเรียนกลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน มาใช้ในการคำนวณ
4. นักเรียนแต่ละคนทำข้อสอบอย่างเต็มความสามารถ และนักเรียนใช้เวลาทั้งหมดเพื่อคิดหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเท่านั้น โดยไม่ปล่อยเวลาให้ผ่านไปเฉย ๆ
5. กระบวนการคิดในสมองของนักเรียนเพื่อหาคำตอบของข้อสอบ เป็นไปตามแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที

### ความหมายของคำที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอน	หมายถึง	ขั้นตอนย่อยของการทำงาน (Operation) ในสมองเพื่อค้นหาคำตอบที่ถูกต้องของข้อสอบแต่ละข้อ ใช้สัญลักษณ์ $O_i$ หมายถึง ข้อสอบข้อที่ $i$ มีการทำงานในสมองเป็นขั้นตอนย่อย $J$ ขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นตอนที่ $O_1$ ถึง $O_J$ ตัวอย่างเช่น $12 + 14 = 7$ มี 2 ขั้นตอน คือ $2 + 4$ และ $1 + 1$ เป็นต้น
ระยะเวลาในการทำงานของสมอง	หมายถึง	ระยะเวลาตั้งแต่โจทย์หรือข้อกระทง เริ่มปรากฏบนจอภาพคอมพิวเตอร์จนถึงผู้สอบกดคำตอบเสร็จ มีหน่วยเป็นวินาที



- ความซับซ้อนของข้อสอบ หมายถึง ความซับซ้อนในการคิดหาคำตอบของข้อสอบที่ได้มาจากการวิเคราะห์กระบวนการคิดในสมองมนุษย์ที่ใช้เพื่อหาคำตอบของข้อสอบแต่ละข้อ ตามแนวคิดระบบการผลิตแบบเอ ซี ที ซึ่งขึ้นกับจำนวนขั้นตอนที่ใช้ในการหาคำตอบ และระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของสมองเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องของข้อสอบ
- ดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบ หมายถึง ค่าความซับซ้อนของข้อสอบ ตามแนวคิดระบบการผลิตแบบเอ ซี ที โดยคำนวณได้ 2 แบบ ดังนี้
1. ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของจำนวนขั้นตอนที่ผู้สอบทำได้ต่อจำนวนขั้นตอนที่ต้องใช้ทั้งหมดของข้อสอบแต่ละข้อ ใช้สัญลักษณ์  $ICO$  , มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1
  2. ผลบวกของผลคูณระหว่าง ความถี่ของขั้นตอนที่ใช้กับระยะเวลาในการทำงานของสมองสำหรับขั้นตอนนั้น ใช้สัญลักษณ์  $ICT$  , มีค่าตั้งแต่ 0 ขึ้นไป มีหน่วยเป็นวินาที
- ค่าความยาก หมายถึง ค่าความยากของข้อสอบแบบอัตนัยหรือให้แสดงวิธีทำ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คำนวณได้จากสัดส่วนจำนวนผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก ใช้สัญลักษณ์  $p$  ,
- ความสามารถของผู้สอบ หมายถึง ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้สอบ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน โดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้สอบ ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ประถมศึกษาปีที่ 4 และประถมศึกษาปีที่ 5 เป็นเกณฑ์แบ่งคือ
1. กลุ่มเก่ง หมายถึงกลุ่มนักเรียนที่มีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มากกว่า 3.00 ขึ้นไป
  2. กลุ่มอ่อน หมายถึงกลุ่มนักเรียนที่มีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ น้อยกว่า 2.00

นักเรียน	หมายถึง	นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษากรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2536
ข้อสอบ	หมายถึง	ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการบวก ลบ คูณ หาร ที่มีเนื้อหาตามหลักสูตรชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของกระทรวง-ศึกษาธิการ

### ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ตามข้อตกลงเบื้องต้น ดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบ ตามแนวคิดระบบการผลิตแบบเอ ซี ที ซึ่งเป็นฟังก์ชันของจำนวนขั้นตอนที่ต้องใช้ในการคิดหาคำตอบ ( $T_1$ ) และจำนวนขั้นตอนที่ตอบได้ โดยคำนึงถึงความสามารถของผู้สอบ จึงอาจมีข้อจำกัดได้ในการวัดความสามารถของผู้สอบแปรเปลี่ยน เช่น กรณีข้อสอบสองข้อ ข้อหนึ่งมี  $T_1 = 5$  และ  $C_1 = 3$  ส่วนอีกข้อหนึ่งมี  $T_1 = 10$  และ  $C_1 = 6$  อาจให้ค่าดัชนีชี้ความซับซ้อนคำนวณจากจำนวนขั้นตอนในการคิด ( $ICO_1$ ) เท่ากันได้ ดัชนีชี้ความซับซ้อนนี้จึงยังไม่มีควมไวที่จะวัดความแตกต่างของความซับซ้อนของข้อสอบลักษณะนี้ได้ การนำดัชนีชี้ความซับซ้อนนี้ไปใช้ประโยชน์จึงควรใช้ด้วยความระมัดระวัง

2. การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาดัชนีชี้ความซับซ้อนของข้อสอบ ตามแนวคิดระบบการผลิตแบบเอ ซี ที ของข้อสอบคณิตศาสตร์ เรื่องการบวก ลบ คูณ หาร โดยใช้วิธีวัดกระบวนการคิดในสมองของนักเรียนโดยอ้อม โดยใช้สิ่งเร้าเป็นโจทย์คำถามไปกระตุ้นให้นักเรียนตอบสนอง เพราะไม่สามารถวัดกระบวนการคิดโดยตรงได้และศึกษาหาค่าความซับซ้อนของข้อสอบแบบให้แสดงวิธีทำ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร จำนวน 8 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเท่านั้น

3. การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การบวก ลบ คูณ หาร สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยอิงวัตถุประสงค์พื้นฐานตามหลักสูตรของกระทรวงศึกษาธิการ ทำให้ข้อสอบที่สร้างขึ้นง่ายมากจึงอาจทำให้ความแปรปรวนของความซับซ้อนแคบไม่แสดงผลชัดเจนเท่าที่ควร

4. การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการทดสอบนักเรียน ซึ่งมีเพียง 20 นาที จึงต้องใช้ข้อสอบเพียง 8 ข้อ เท่านั้น

### ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้ดัชนีชี้วัดความซับซ้อนของข้อสอบแบบให้แสดงวิธีทำ ตามแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ที่ได้จากการวิเคราะห์กระบวนการคิดในสมองมนุษย์โดยตรง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนได้ดีกว่าการคำนวณหาค่าความยากตามแนวเดิม เพราะมีการวิเคราะห์หาโมเดลการคิดหาคำตอบอย่างละเอียดสามารถนำไปปรับปรุงวิธีในการตรวจให้คะแนนใหม่ ให้มีความเป็นปรนัยมากขึ้น โดยกำหนดให้จำนวนขั้นตอนการคิดที่ต้องใช้ของข้อสอบแต่ละข้อเป็นคะแนนเต็มประจำข้อสอบข้อนั้นหากนักเรียนคนใดตอบถูกก็จะได้คะแนนเท่ากับคะแนนเต็ม หรือจำนวนขั้นตอนการคิดทั้งหมด แต่หากนักเรียนคนใดตอบถูกบางส่วนก็ให้คะแนนเท่ากับจำนวนขั้นตอนที่ตอบถูก และเป็นประโยชน์ต่อการจัดการสอนซ่อมเสริมแก่นักเรียน เหมาะที่จะใช้กับแบบสอบอิงเกณฑ์ (Criterion - Referenced test) และข้อสอบแบบแสดงวิธีทำ นอกจากนี้ยังเป็น การกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาวิธีการสอนตามแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ต่อไป

2. สามารถหาค่าความซับซ้อนของข้อสอบตามระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ได้ทันทีที่สร้างข้อสอบเสร็จ โดยการวิเคราะห์หาโมเดลการคิดหาคำตอบตามแนวคิดระบบการผลิตแบบ เอ ซี ที ซึ่งแสดงขั้นตอนที่ใช้ในการคิดโดยละเอียดแล้วใช้จำนวนขั้นตอนการคิดทั้งหมด เป็นตัวชี้ถึง ความซับซ้อนของข้อสอบได้ส่วนหนึ่งหรือนำไปเทียบหาระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการคิดหาคำตอบของข้อสอบข้อนั้นแล้วหาค่าดัชนีชี้วัดความซับซ้อนของข้อสอบ (ICT<sub>c</sub>) สำหรับแต่ละกลุ่มความสามารถ ได้โดยไม่ต้องนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างก่อนนำไปใช้จริง

3. สามารถจัดทำแบบฝึกหัดสำหรับนักเรียนได้อย่างเหมาะสม คือ เรียงจากข้อสอบที่มีความซับซ้อนน้อยไปหามากได้โดยเรียงตามจำนวนขั้นตอนที่ใช้ในการคิดหาคำตอบจากข้อกระทงที่ใช้ขั้นตอนการคิดน้อย ไปหาข้อกระทงที่ใช้ขั้นตอนการคิดมากตามลำดับ อันจะนำไปสู่การฝึกคิดที่มีประสิทธิภาพ และให้ประโยชน์สูงสุดต่อนักเรียนต่อไป