

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านความคิดเอกนัยการมองเห็นตามทฤษฎีของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดสงขลา ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพสมอง
 - 1.1 ความหมายของสมรรถภาพสมอง
 - 1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับสมรรถภาพสมอง
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสมรรถภาพสมองตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด
 - 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสมรรถภาพสมองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพสมอง

ความหมายของสมรรถภาพสมอง

ความสำคัญของความสามารถทางสมองของมนุษย์ ที่มีศักยภาพความแตกต่างกันในความสามารถจึงมีผู้ศึกษาหลายท่านพยายามวัดความสามารถทางสมอง ความถนัด หรือสมรรถภาพสมอง หรือที่เรียกว่า "สติปัญญา" หรือ "เชาว์ปัญญา" ในที่นี้ผู้วิจัยขอใช้คำว่าสมรรถภาพสมองสำหรับความหมายของสมรรถภาพสมองได้มีผู้ให้นิยามความหมายในแง่ต่าง ๆ ไว้ดังนี้

นคร เทพวรรณ (2521 : 5) กล่าวว่า สมรรถภาพสมอง หมายถึง จีตระดับความสามารถของบุคคล อันเป็นผลที่ได้จากการศึกษาเล่าเรียน และสะสมที่ได้จากประสบการณ์ทั้งปวง

วิภา ภัทรมัย (2522 : 4) กล่าวว่า สมรรถภาพสมอง หมายถึง ความสามารถทางด้านความคิดของบุคคลอันเป็นผลมาจากการสะสมกันของประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ได้รับมาทั้งในโรงเรียนและนอกโรงเรียน

สมศักดิ์ สิ้นธุระเวชญ์ (2526 : 1) กล่าวว่า สมรรถภาพสมอง เป็นขีดระดับความสามารถขั้นสูงสุดของบุคคลที่อาจมีได้ต่อการเรียนรู้และการฝึกฝน โดยทั่วไปแล้วแบ่งออกเป็น 2 ประการ คือ

1. ความสามารถทางการเรียน เป็นความสามารถของบุคคลที่สามารถเรียนรู้สิ่งหนึ่งสิ่งใดได้สำเร็จ

2. ความสามารถพิเศษ เป็นความถนัดเฉพาะอย่างแต่ละอย่าง เช่น ความถนัดทางดนตรี ความถนัดทางการวาดเขียน

ชวาล แพร์दनกุล (2526 : 4-12) กล่าวว่า สมรรถภาพสมอง เป็นขีดระดับความสามารถขั้นสูงสุดของบุคคล ที่ได้จากการเรียนรู้ การฝึกฝนและทักษะต่าง ๆ ที่เขาได้จากประสบการณ์ที่เหมาะสมและยังให้แนวคิดเกี่ยวกับความหมายของสมรรถภาพสมองไว้ 5 ประการ ดังนี้

1. สมรรถภาพสมองไม่ได้หมายถึงความรู้ ในที่นี้หมายถึง การทรงรักษาไว้ซึ่งเรื่องราวต่าง ๆ และประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้เคยผ่านมาในอดีต และสมรรถภาพสมองมิใช่หมายถึง ความจำ ไม่วัดสิ่งที่ระลึกมาตรง ๆ ไม่ใช่ตัวความรู้ แต่จะต้องเป็นพลังงานหรือความสามารถชนิดพิเศษของจิตที่สามารถนำความรู้จากหน่วยย่อย ๆ นั้นมาผสมแล้วแยกหรือนำมาย่อแล้วขยายหรือนำมากระจายแล้วจัดระเบียบใหม่ จนในที่สุดเกิดเป็นนามธรรมขั้นสูงที่แปลกอีกชนิดหนึ่งที่โครงสร้างผิดแผกไปจากเดิม สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาใหม่ ๆ ที่ยังไม่เคยพบเคยเห็นมาก่อนได้อย่างสมเหตุสมผล

2. สมรรถภาพสมองไม่ได้หมายถึงความเร็ว สมรรถภาพสมองไม่ถือเอาความเร็วเป็นปัจจัยสำคัญ แต่ถือเอาระดับความยากของงานเป็นหลักในการพิจารณา ถ้าใครสามารถทำงานที่ยากและซับซ้อนได้ถูกต้องมาก ก็เรียกว่าคนนั้นเป็นคนฉลาดมาก มีปัญญามาก ถ้าสามารถ แก้ไขเพียงปัญหาพื้น ๆ หรือตอบได้แต่คำถามง่าย ๆ ก็เป็นคนฉลาดน้อย และถ้าไม่สามารถตอบหรือทำอะไรได้เลยก็ถือว่าเป็นคนโง่

3. สมรรถภาพสมองไม่ได้หมายถึงกรรมพันธุ์ วิทยาศาสตร์สามารถพิสูจน์ได้แน่นอน พอสมควรว่า กรรมพันธุ์สามารถส่งผลต่อโครงสร้างและเนื้อหนังมังสาของร่างกายได้

จริง แม้กระทั่งชนิดของกลุ่มโลหิต แต่ยังไม่รับรองในเรื่องสืบเชื้อสายทางสติปัญญา ความเฉลียวฉลาดและสมรรถภาพสมอง

4. สมรรถภาพสมองไม่ได้หมายถึงความสามารถชนิดเดียว หมายถึงว่าสมองของมนุษย์ จะประกอบด้วยความสามารถหลาย ๆ ชนิด และยังขึ้นอยู่กับสัดส่วนของความสามารถเหล่านั้นด้วย ถ้าบุคคลใดมีทั้งชนิดและสัดส่วนเด่นด้อยในด้านใดแล้ว เขาก็จะมีความโน้มเอียงที่จะ รั้งเรียนหรือประสบความสำเร็จในด้านนั้น ๆ มากกว่าด้านอื่น

5. สมรรถภาพสมองไม่ได้หมายถึงพรหมลิขิต หมายถึงว่า ความโง่ หรือความฉลาด ไม่ได้เป็นบุญวาสนาที่ติดตัวมาตั้งแต่กำเนิด แต่เชื่อว่าพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตจะแก่กล้าขึ้นก็ด้วยอาศัยสิ่งภายนอกมารบเร้าและตัวเองทำปฏิกิริยาโต้ตอบออกไปเท่านั้น พวกเชื่อสมรรถภาพสมองมองเห็นว่ามนุษย์ไม่ใช่ท่อนไม้ แต่สามารถที่จะหล่อหลอมและปรับปรุงแก้ไขตัวเอง

กู่เกียรติ เอี้ยวเจริญ (2528 : 6) กล่าวว่า สมรรถภาพสมอง หมายถึง ความสามารถทางสมองที่มีอยู่ในตัวบุคคลที่ได้จากการเรียนรู้ การฝึกประสบการณ์ต่าง ๆ

สมบัติ วงษ์อยู่น้อย (2529 : 5) กล่าวว่า สมรรถภาพสมอง หมายถึง ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลจากการสะสมรวมกันของประสบการณ์ทั้งปวง ที่ได้รับมาทั้งในโรงเรียนและนอกโรงเรียน

เทียน ไชยศรี (2539 : 24) กล่าวว่า สมรรถภาพสมอง หมายถึง สมรรถวิสัยหรือขีดความสามารถสูงสุดของบุคคลที่พึงมีได้ต่อการเรียนรู้ การแก้ปัญหา หรือการฝึกปฏิบัติ ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีประสิทธิภาพ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2541 : 17) กล่าวว่า สมรรถภาพสมองเป็นความสามารถทางสมองที่ได้จากการฝึกฝนสั่งสมมาตั้งแต่เกิดจนถึงปัจจุบัน บางทีก็เกิดจากประสบการณ์ในการเรียนรู้การฝึกอบรมทั้งในและนอกระบบโรงเรียน

พรธณวี ประยูรพรหม (2542 : 3) กล่าวว่า สมรรถภาพสมอง เป็นระดับความสามารถทางสมองของบุคคลที่มีต่อการเรียนรู้ การฝึกอบรมในทักษะต่าง ๆ โดยจะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล ความสามารถทางสมองมีส่วนประกอบหลายด้าน ซึ่งในแต่ละบุคคลจะมีความสามารถในแต่ละด้านไม่เท่ากัน

อุบล อุตมะมุณี (2545 : 7) กล่าวว่า สมรรถภาพสมอง หมายถึง ความสามารถทางสมองของแต่ละบุคคลอันเกิดจากกระบวนการทางสมองที่ได้รับจากการฝึกฝน การเรียนรู้ และการสั่งสมประสบการณ์มากเป็นพิเศษจนเกิดทักษะที่พร้อมจะปฏิบัติกิจกรรมนั้น ๆ ได้เป็นอย่างดี

สาคร ยาระวัง (2545 : 7) กล่าวว่า สมรรถภาพสมองเป็นความสามารถของบุคคลที่จะปฏิบัติกิจกรรมใดให้สำเร็จได้ซึ่งความสามารถนี้อาจได้มาจากประสบการณ์และการฝึกฝนจนเป็นลักษณะนิสัยเด่นชัดเฉพาะบุคคล

บิงแฮม (Bingham, 1937 : 18) กล่าวว่า สมรรถภาพสมองเป็นสภาวะอันแสดงถึงความเหมาะสมของบุคคล ที่สำคัญประการแรก คือความพร้อมของบุคคลในการเพิ่มพูนความชำนาญให้แก่ตนเอง หรือเป็นศักยภาพของบุคคลนั้น หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งคือ ความพร้อมที่จะสนใจในความสามารถนั้น ๆ

เรมเมอร์ (Remmer, 1955 :218) กล่าวว่า สมรรถภาพสมองคือลักษณะปัจจุบันของบุคคล ซึ่งได้รับการพิจารณาว่าเป็นตัวทำนายสัมฤทธิ์ผลในอนาคตของบุคคลได้

ฟรีแมน (Freeman, 1966 : 431) กล่าวว่า สมรรถภาพสมอง เป็นผลรวมของคุณลักษณะต่าง ๆ ที่จะชี้ให้เห็นสมรรถวิสัย ของแต่ละบุคคลในการที่จะ ได้มาซึ่งความรู้ ทักษะหรือการตอบสนอง

ครอนบัทซ์ (Cronbach, 1970 : 30) กล่าวไว้ว่า สมรรถภาพสมอง เป็นกลุ่มความสามารถทางสมอง ที่ร่วมกันทำงานเพื่อเพิ่มพูนความสำเร็จในกิจกรรมทางปัญญา

เพอร์กิน (Pergin, 1986 : 4-10) กล่าวว่า สมรรถภาพสมอง เป็นความสามารถทางสมองประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง เรียกว่า พลังสมอง (Power) หมายถึงความสามารถทางสมองที่จะประมวลข้อเท็จจริงทั้งหลายโดยมีประสิทธิภาพเท่าที่ธรรมชาติกำหนดมา ส่วนที่สอง เรียกว่า ยุทธวิธี (Tactics) เป็นการจำ การแก้ปัญหา เป็นการเสริมสร้างพลังสมองให้ทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนที่สาม เรียกว่า ส่วนเนื้อหา (Contents) เป็นความรู้ทางวิชาการที่คนได้เรียนรู้และสั่งสมมาเอง โดยทั้งสามส่วนนี้โรงเรียนและผู้เกี่ยวข้องมีบทบาทสำคัญในการที่จะพัฒนาศักยภาพของนักเรียนได้อย่างเต็มที่

วอร์เร็น (Warren, อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541 : 15) กล่าวไว้ว่า สมรรถภาพทางสมองเป็นสภาวะหรือคุณลักษณะกลุ่มหนึ่งที่แสดงให้เห็นความสามารถของแต่ละบุคคล อันได้จากการฝึกฝน ความรู้ ทักษะ หรือสิ่งตอบสนองเฉพาะอย่าง

คิมเบล (Kimble, อ้างถึงใน สุชา จันทน์อม, 2541 : 73) กล่าวไว้ว่า สมรรถภาพสมอง คือความสามารถทางสมอง 5 ประการ ได้แก่

1. การใช้กระบวนการที่เกี่ยวกับสัญลักษณ์
2. การคิดเหตุผล
3. การกระทำโดยมีความมุ่งหมาย

4. การปฏิบัติอย่างได้ผลต่อสิ่งแวดล้อม

5. การปรับตนให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ ๆ หรือการจัดสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับตน

ธอนไดร์ (Thorndike, อ้างถึงใน สุชา จันทน์เอม, 2541 : 73) กล่าวว่าไว้ว่า สมรรถภาพสมอง เป็นความสามารถที่ต้องใช้สมองปฏิบัติงานให้สำเร็จด้วยดี และสามารถวัดระดับสมรรถภาพสมองได้จากการสร้างแบบทดสอบขึ้นมาจากตัวอย่างของงานที่ต้องใช้สมอง โดยเรียงลำดับความยากง่าย

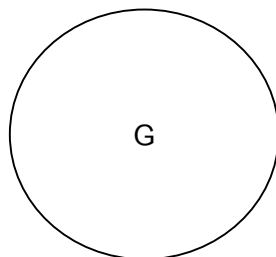
บีเน็ต (Binet, อ้างถึงใน สุชา จันทน์เอม, 2541 : 74) กล่าวว่าไว้ว่า สมรรถภาพสมองคือความสามารถในการตัดสินใจที่ดี หรือเป็นการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใด ๆ ก็ได้

จากความหมายของสมรรถภาพสมองดังที่ได้กล่าวมาสรุปได้ว่า สมรรถภาพสมองเป็นความสามารถสูงสุดของบุคคลแต่ละคนพึงจะมี โดยได้รับมาจากการศึกษาเล่าเรียนทั้งในระบบและนอกระบบ การฝึกตนเอง และมีการสั่งสมจนเกิดความชำนาญหรือทักษะพิเศษเฉพาะตัว แล้วแสดงเด่นชัดออกมาด้านใดด้านหนึ่ง คนอื่นไม่สามารถเลียนแบบได้

ทฤษฎีที่เกี่ยวกับสมรรถภาพสมอง

1. ทฤษฎีองค์ประกอบเดียว (Uni-factor Theory)

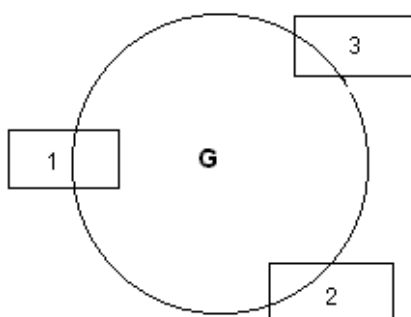
ทฤษฎีองค์ประกอบเดียวบางที่เรียกว่า Global Theory ผู้คิดทฤษฎีนี้คือบีเน็ตและซิมอน (Binet and Simon, 1950 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541 : 43) ทฤษฎีนี้เสนอโครงสร้างของเขาวัวปัญญาเป็นลักษณะอันหนึ่งอันเดียว ไม่แบ่งแยกออกเป็นส่วนย่อยคล้ายกับเป็นความสามารถทั่วไป (General ability) ซึ่งทฤษฎีนี้เชื่อว่าสมรรถภาพสมองประกอบด้วย ภาคส่วนเดียวที่เรียกว่า องค์ประกอบทั่วไป หรือความสามารถทั่วไป ในการทำกิจกรรมใด ๆ ก็ตาม องค์ประกอบทั่วไปจะเป็นผู้สั่งงานในการประกอบกิจกรรมทุกอย่าง บีเน็ตได้เน้นว่าองค์ประกอบทั่วไปเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ หลายองค์ประกอบที่สลับซับซ้อน ฉะนั้นในการสร้างแบบทดสอบบีเน็ตจึงวัดทางด้านคณิตศาสตร์ ทางด้านเหตุผล ทางด้านภาษา และอื่น ๆ คะแนนที่ได้เป็นคะแนนวัดความสามารถแบบรวม ๆ ดังภาพประกอบ (ทองห่อ วิชาวิน, 2523 : 20)



ภาพประกอบ 1 โครงสร้างแบบรูปภาพของทฤษฎีองค์ประกอบเดียว

2. ทฤษฎีสององค์ประกอบ (Two-Factor Theory)

ทฤษฎีนี้ นำโดยนักจิตวิทยาชาวอังกฤษชื่อ สเปียร์แมน (Charles Spearman) ในปี ค.ศ. 1927 เรียกอีกอย่างว่า (Bi-Factor Theory) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541 : 43 - 44) เป็นทฤษฎีที่เกิดจากการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยกระบวนการทางสถิติ กล่าวว่ากิจกรรมทางสมองเป็นองค์ประกอบร่วม เรียกองค์ประกอบนี้ว่าองค์ประกอบทั่วไป (General factor : G-factor) และกิจกรรมทางสมองทุกอย่างจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทั่วไปเป็นหลัก ซึ่งเป็นสมรรถภาพสมองขั้นพื้นฐานอันเป็นความสามารถทั่วไปในการประกอบกิจกรรมซึ่งแต่ละคนจะมีมากน้อยแตกต่างกันแล้วแต่บุคคล นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ อีกมากมาย เรียกว่าองค์ประกอบเฉพาะ (Specific factors : S-factors) ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบเฉพาะจะมีกิจกรรมเป็นความสามารถเฉพาะที่ทำให้มนุษย์แตกต่างกัน เป็นความสามารถพิเศษที่มีอยู่ในแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถเขียนเป็นโครงสร้างรูปภาพได้ ดังภาพประกอบ

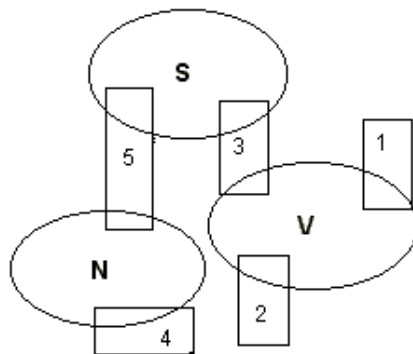


ภาพประกอบ 2 โครงสร้างแบบรูปภาพของทฤษฎีสององค์ประกอบ

ทฤษฎีนี้เชื่อว่ากิจกรรมทางสมองทุกอย่างย่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทั้งสองอย่างนี้ โดยที่องค์ประกอบทั่วไปเป็นสมรรถภาพสมองขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นความสามารถทั่วไปในการประกอบกิจกรรมที่แต่ละคนมีมากน้อยแตกต่างกัน และองค์ประกอบเฉพาะซึ่งเป็นความสามารถเฉพาะบุคคลเป็นความสามารถพิเศษของแต่ละคน (ทองหล่อ วิภาวิณ, 2523 : 20)

3. ทฤษฎีหลายองค์ประกอบ หรือทฤษฎีตัวประกอบพหุคูณ (Multiple-Factor Theory)

ทฤษฎีนี้เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางของนักจิตวิทยาชาวอเมริกัน ผู้นำในการสร้างทฤษฎีนี้คือ เทอร์สโตน (L.L. Thurstone) เสนอเมื่อปี ค.ศ. 1933 เขาได้ทำการวิจัยโครงสร้างทางสมองอย่างกว้างขวาง และได้ใช้หลักการใหม่ ๆ ที่เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ทำให้สามารถแยกแยะความสามารถทางสมองออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้หลายอย่าง ทำให้เรามีความเชื่อว่าความสามารถทางสมองไม่ได้ประกอบด้วยความสามารถรวมเป็นแกนกลาง ดังเช่น G-factor ของสเปียร์แมน หากแต่ประกอบด้วยองค์ประกอบเป็นกลุ่ม ๆ หลาย ๆ กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีหน้าที่โดยเฉพาะ หรืออาจจะทำงานร่วมกันบ้างก็ได้ ความสามารถทั่วไปของสเปียร์แมน เทอร์สโตนเห็นว่าเป็นเพียงองค์ประกอบทางภาษาเท่านั้น องค์ประกอบย่อย ๆ นี้เทอร์สโตนเชื่อว่า ความสามารถปฐมภูมิของสมอง (Primary Mental Abilities) เขายึดตามหลักน้ำหนักขององค์ประกอบเด่น ๆ (Loading factor) เป็นสำคัญ แต่จริง ๆ แล้วกลุ่มของความสามารถ หรือองค์ประกอบก็ยังทำหน้าที่เกี่ยวพันกันบ้างเหมือนกัน ดังเช่น องค์ประกอบด้านภาษา (Verbal factor) น้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดคือ ความสามารถทางศัพท์ น้ำหนักลดลงมาอีกคือ อุปมาอุปไมยทางภาษา และน้ำหนักน้อยที่สุดคือ คณิตศาสตร์ เหตุผล เป็นต้น ดังภาพ ข้างล่างเป็นการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ภายในของแบบทดสอบ 5 ชุด ขึ้นอยู่กับ 3 องค์ประกอบ V : Verbal , N : Number และ S : Spatial ตามทฤษฎีหลายองค์ประกอบนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541 : 45) ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 3 โครงสร้างแบบรูปภาพของทฤษฎีหลายองค์ประกอบ

(Anastasi, 1968 : 328)

จากภาพทำให้เราทราบว่าสหสัมพันธ์ของแบบทดสอบ 1 , 2 และ 3 ที่มีต่อกันและกัน มีองค์ประกอบร่วมกันทางภาษา (Verbal factor : V) ในทำนองเดียวกันสหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบที่ 3 และ 5 เป็นผลจากองค์ประกอบมิติสัมพันธ์ (Spatial factor : S) และความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบ 4 และ 5 เป็นผลจากองค์ประกอบทางตัวเลข (Number factor : N) ที่น่าสังเกตคือ แบบทดสอบ 3 และ 5 มีองค์ประกอบซ้อนขึ้นซึ่งกันมา นั่นคือ V กับ S อยู่ในแบบทดสอบที่ 3 N และ S มีอยู่ในแบบทดสอบ ที่ 5

เทอร์สโตนพยายามวิเคราะห์ความสามารถของมนุษย์ออกมาได้หลายอย่างแต่ที่เห็นได้ชัดและสำคัญ มีอยู่ 7 ประการคือ

1. องค์ประกอบด้านภาษา (Verbal factor : V) องค์ประกอบส่วนนี้ ส่งผลให้รู้ถึงความสามารถด้านความเข้าใจในภาษาและการสื่อสารทั่ว ๆ ไป ผู้ที่มีองค์ประกอบด้านนี้สูง จะมีความสามารถในการอ่านเอาเรื่อง อ่านแบบเข้าใจความหมาย รู้ถึงความสัมพันธ์ของคำ รู้ความหมายของศัพท์ได้อย่างดี

2. องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่วในการใช้ถ้อยคำ (Word Fluency factor : W) เป็นความสามารถที่ใช้คำได้มากในเวลาจำกัด เช่น ให้หาคำที่ขึ้นต้นด้วย "ต" มากที่สุดในเวลาจำกัด เป็นต้น ส่งผลในการเจรจา และการประพันธ์ทั้งร้อยแก้วและร้อยกรองตอบโต้ทันทีทันใด อย่างที่เขาเรียกว่าปฏิภาณไหวพริบในการเจรจา ความสามารถนี้ ไม่เหมือนกับข้อแรก ที่กล่าวมาแล้ว ข้อแรกมองความสามารถด้านภาษาในทางความคิดความ เข้าใจทางภาษา ส่วนข้อนี้มองผลในด้านเจรจาเป็นสำคัญ ดังที่เราเคยเห็นว่า บางคนเขียนเก่ง (V) แต่พูดบรรยาย (W) ผู้ฟังไม่รู้เรื่อง

3. องค์ประกอบด้านจำนวน (Number factor : N) องค์ประกอบนี้ส่งผลให้มีความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ได้ดี มีความสามารถมองเห็นความสัมพันธ์และความหมายของจำนวนและมีความแม่นยำคล่องแคล่วในการบวก ลบ คูณ หาร ในวิชาเลขคณิตได้อย่างดี

4. องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Space factor : S) ความสามารถด้านนี้จะส่งผลให้คนเข้าใจถึงขนาดและมิติต่าง ๆ ได้แก่ ความสั้น ยาว ใกล้เคียง ไกล และพื้นที่หรือทรวดทรงที่มีขนาดและปริมาตรแตกต่างกัน สามารถสร้างจินตนาการให้เห็นส่วนย่อยและส่วนผสมของวัตถุต่าง ๆ เมื่อนำมาซ้อนทับกันสามารถรู้ความสัมพันธ์ของรูปทรงเรขาคณิตเมื่อเปลี่ยนแปลงที่อยู่

5. องค์ประกอบด้านความจำ (Memory factor : M) เป็นความสามารถด้านความทรงจำเรื่องราว และมีสติระลึกจำจนสามารถถ่ายทอดได้ ความจำในที่นี้อาจเป็นความจำแบบนกแก้ว หรือความจำโดยอาศัยสิ่งสัมผัสได้ ซึ่งถือว่าเป็นความจำในองค์ประกอบนี้ทั้งนั้น

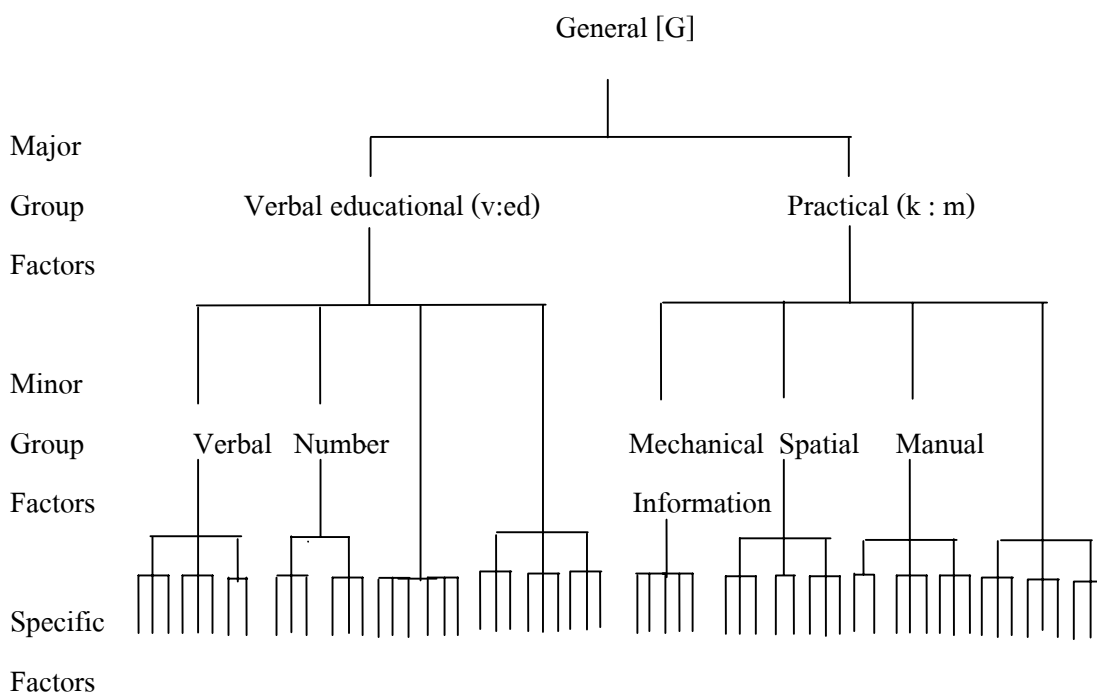
6. องค์ประกอบด้านสังเกตพิจารณา (Perceptual Speed factor) : P องค์ประกอบของสมองด้านนี้ได้แก่ความสามารถด้านเห็นรายละเอียด ความคล้ายคลึงหรือความแตกต่างระหว่างสิ่งของต่าง ๆ อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

7. องค์ประกอบด้านเหตุผล (Reasoning factor :R) บางทีก็ใช้ Induction หรือ General Reasoning องค์ประกอบนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถด้านวิจรรณญาณหาเหตุผล ค้นคว้าหาความสำคัญ ความสัมพันธ์ และหลักการทั้งหลายที่สร้างกฎหรือทฤษฎีตอนแรก ๆ เทอร์สโตนให้ความหมายขององค์ประกอบนี้ไม่กระจ่างนัก เขามองในรูปอุปมาและอนุมาน ระยะเวลาหลังผู้ศึกษาด้านนี้มองเห็นว่าจะวัดเหตุผลทั่วไปได้ดีต้องวัดด้วยเลขคณิตเชิงเหตุผล (Arithmetic Reasoning)

4. ทฤษฎีไฮราซิคัล หรือทฤษฎีลำดับขั้นของสติปัญญา (Hierarchical Theory)

มีนักจิตวิทยากลุ่มหนึ่งได้จัดรูปแบบการประกอบกันขององค์ประกอบอีกรูปหนึ่ง กลุ่มนี้คือ เบิร์ต (Burt) เวอร์นอน (Vernon) และฮัมเฟรย์ (Humphreys) โดยเฉพาะเวอร์นอน (Vernon) ได้เสนอโครงสร้างของเขาวัดปัญญา ในปี ค.ศ. 1960 โดยเริ่มต้นอธิบายตามแบบของ สเปียร์แมน นั่นคือเวอร์นอนเริ่มจุดแรกด้วยองค์ประกอบทั่วไป (General factor : G-factor) ขั้นต่อไปแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบใหญ่ ๆ คือ Verbal-education (V:ed) และ Practical-mechanical (K :m) องค์ประกอบใหญ่ 2 องค์ประกอบนี้เรียกรวมว่า Major Group Factors องค์ประกอบใหญ่ 2 อันนี้ยังแบ่งย่อยซอกลงไปอีก ด้านองค์ประกอบ Verbal-education แบ่งย่อยเป็นองค์ประกอบด้านภาษา (Verbal) และองค์ประกอบด้านตัวเลข (Numerical) และ

อื่น ๆ อีก ในทำนองเดียวกันองค์ประกอบ Practical-mechanical แบ่งย่อยออกเป็นองค์ประกอบย่อยด้านความรู้เชิงกล (Mechanical information) ด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial) และด้านความสามารถในการประสานงานของกล้ามเนื้อ (Manual) และยังมีอื่น ๆ แต่ยังไม่กำหนด กลุ่มองค์ประกอบนี้เรียกว่า Minor Group Factors ระดับที่ต่ำสุดขององค์ประกอบในรูปแบบนี้ยังมีองค์ประกอบย่อยอีก เรียกว่าองค์ประกอบเฉพาะ (Specific factors : S : factor) ถ้าพิจารณาคูโครงสร้างอันนี้แล้วก็ไม่ต่างอะไรกับลักษณะของต้นไม้แผ่กิ่งก้านใหญ่เล็กลงไปตามลำดับ ลำต้นก็เปรียบเสมือน General factor : G-factor กิ่งก้านเล็ก ๆ ก็เปรียบเสมือน Specific factors : S : factor นั่นเอง (ถ้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541 : 47) ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 4 แบบจำลองการประกอบกันของความสามารถตามทฤษฎีไฮราซิคัล (Anastasi,1968 : 332)

ฮัมเฟรย์ให้ความเห็นว่าทฤษฎีนี้เป็นลักษณะการแพร่ขยายขององค์ประกอบจากส่วนใหญ่มากกว่าที่เป็นองค์ประกอบส่วนย่อย เริ่มตั้งแต่ต้นตั้งทฤษฎีของเทอร์สโตน และยังเสนอแนะในการสร้างแบบทดสอบว่าผู้สร้างควรจะต้องเลือกระดับขั้นขององค์ประกอบตามจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบนั้น นั่นคือแบบทดสอบบางชุดอาจจะใช้หลายระดับขององค์ประกอบ

ก็ได้ เช่น จะวัดความสามารถด้านการแก้ปัญหาแบบอุปมาอุปไมยก็ควรใช้แบบทดสอบที่รวมด้านภาษา ตัวเลข ภาพ และอุปมาอุปไมยมิติ (Spatial analogies) หรือถ้าต้องการวัดความสามารถด้านภาษาก็ควรจะใช้ข้อคำถามประเภทศัพท์ อุปมาอุปไมย และการเรียงลำดับสมบูรณแบบ ซึ่งคู่ออกจะเป็นแบบผสมไม่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันเท่าไรนัก

5. ทฤษฎีสติปัญญาของคัทเทลล์ (Cattell Theory of Fluid and Crystallized Intelligence)

ทฤษฎีนี้เสนอโดย อาร์ บี คัทเทลล์ (R.B. Cattell) เสนอผลงานในปี ค.ศ. 1967 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541 : 53) เขาเชื่อว่าสติปัญญาเป็นพฤติกรรมทางสมองของมนุษย์ แบ่งออกเป็นลักษณะใหญ่ ๆ ได้ 2 ลักษณะ คือ

ฟลูอิด อะบิลิตี้ (Fluid Ability) เป็นสมรรถภาพหรือความสามารถที่เป็นอิสระจากการเรียนรู้และประสบการณ์ แต่เป็นผลมาจากกรรมพันธุ์หรือมีมาแต่กำเนิด สมรรถภาพสมองส่วนนี้จะแทรกอยู่ในทุกอริยาบทของกิจกรรมทางสมองไม่ว่าจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับความคิด การแก้ปัญหา เช่น สมรรถภาพในการใช้เหตุผล อุปมาอุปไมย การมองเห็นความสัมพันธ์เข้าใจ การเปลี่ยนแปลงของอนุกรม

คริสตอลไลซ์ อะบิลิตี้ (Crystallized Ability) เป็นสมรรถภาพสมองหรือความสามารถที่ขึ้นอยู่กับการเรียนรู้และประสบการณ์ที่ได้มาจากสิ่งที่ผ่านเข้ามาในชีวิต เช่น ความสามารถที่จะเข้าใจภาษา เข้าใจตัวเลข สมรรถภาพในการประเมินผลหรือการประเมินคุณค่า

6. ทฤษฎีความสามารถทางสมองสองระดับ (Two-level theory of Mental Ability)

ทฤษฎีนี้เสนอโดยเจนเซน (Jensen) เมื่อ ค.ศ. 1968 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541 : 52) โดยเขาเชื่อว่า ความสามารถทางสมองหรือสติปัญญาประกอบด้วย 2 ระดับ สรุปได้ดังนี้คือ

ระดับที่ 1 ความสามารถในการเก็บรวบรวม เป็นสมรรถภาพในการรับรู้ หรือจดจำ ข้อมูลสิ่งเร้าต่าง ๆ และเก็บรวบรวมเอาไว้ สามารถที่จะระลึกและดึงข้อมูลออกมาใช้ได้ถูกต้อง เดิมความสามารถในระดับนี้เรียกว่า ความสามารถในการเรียนรู้เบื้องต้น ความสามารถในระดับนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ความละเอียดละออ การเปลี่ยนแปลงรูปหรือการถ่ายเทใด ๆ เกี่ยวกับข้อมูลที่ป้อนเข้าไป และเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพข้อมูลที่ป้อนเข้าไปไม่จำเป็นต้องเป็นความรู้เดิมก็ได้

ระดับที่ 2 การเรียนรู้โมติและการแก้ปัญหา หรือความสามารถทางนามธรรม เป็นความสามารถที่มีการแปลงรูป และมีการถ่ายเทสิ่งเร้าเดิมก่อนที่จะมีการตอบสนองเป็นกลุ่ม ของกลไกต่าง ๆ ที่จะสรุปความนอกเหนือไปจากสิ่งเร้าพื้นฐาน ความสามารถในระดับที่ 2 มีความสัมพันธ์กับความสามารถระดับที่ 1 ในลักษณะที่ความสามารถในระดับที่ 2 ต้องอาศัยการทำงานที่มีประสิทธิภาพของความสามารถระดับที่ 1

7. ทฤษฎีวงล้อพหุปัญญา หรือทฤษฎีสติปัญญาหลากหลาย (Theory of Multiple Intelligence)

ทฤษฎีนี้นำเสนอโดย โฮวาร์ด การ์ดเนอร์ (Howard Gardner) เมื่อปี ค.ศ. 1983 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541 : 56) การ์ดเนอร์ได้นิยามสติปัญญาว่าเป็นวิสัยความสามารถในการ แก้ปัญหาหรือบัลคาลผลงานที่มีค่าในกลุ่มวัฒนธรรมต่าง ๆ ความสามารถทั้งหลายที่รวมตัวกัน เรียกว่า สติปัญญา ซึ่งประกอบด้วย

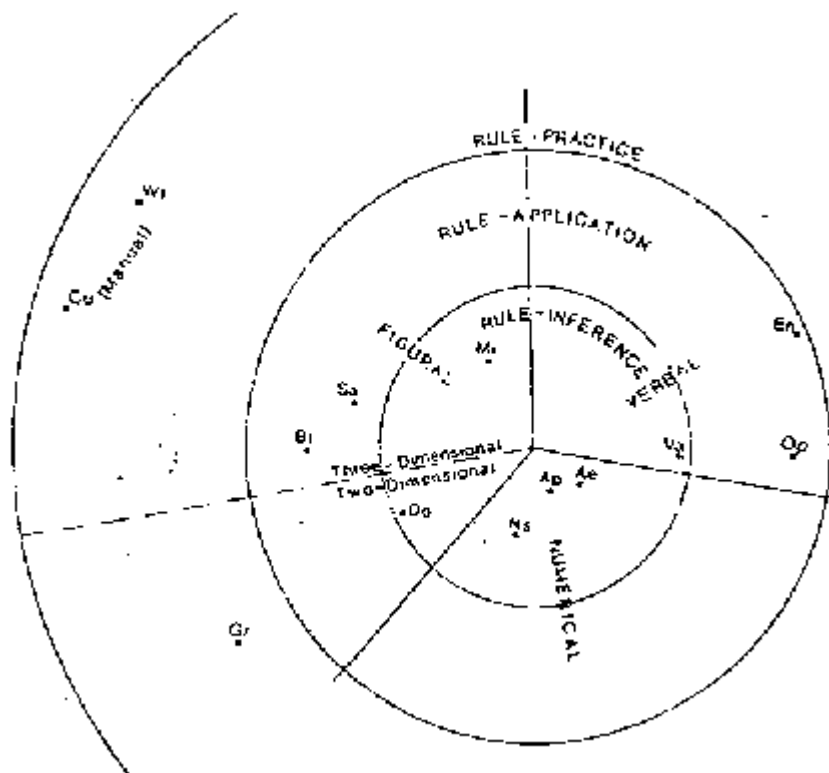
1. Logical-mathematical เป็นความสามารถว่องไว และมีศักยภาพในการมองเห็น มิตรรกในเรื่องปริมาณ และยังมีความสามารถในการใช้เหตุผลได้ดีอย่างต่อเนื่อง ถ้ามีความสามารถด้านนี้สูงจะเป็นพวกนักวิทยาศาสตร์ และนักคณิตศาสตร์
2. Linguistic เป็นความสามารถด้านภาษา มีความไวต่อการรับรู้ เสียง จังหวะ และความหมายคำ สามารถแยกแยะได้อย่างว่องไวในความแตกต่างของหน้าที่ของภาษา
3. Musical เป็นความสามารถทางดนตรี ที่สามารถสร้างและซาบซึ้งในจังหวะ ระดับของเสียงดนตรีที่ผิดแผกกัน มีความซาบซึ้งรูปแบบการแสดงออกของดนตรีลักษณะต่าง ๆ
4. Spatial เป็นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สามารถรับรู้ภาพสัมพันธ์ที่มองเห็น อย่างมั่นใจและสามารถเปลี่ยนการรับรู้ได้อย่างดีเมื่อรูปทรงทั้งหลายเปลี่ยนแปลงในรูปแบบ ต่าง ๆ
5. Bodily-kinesthetic เป็นความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย และการใช้มือและเท้าได้คล่องแคล่วว่องไวตามที่สมองสั่งการ
6. Interpersonal เป็นความสามารถในการเข้าใจการตอบสนองของอารมณ์ ความรู้สึก แรงกระตุ้น และความต้องการของผู้อื่น
7. Intrapersonal เป็นความสามารถในการควบคุมและเข้าใจพฤติกรรม ความรู้สึก อารมณ์ของตนเองว่าตนเองมีจุดอ่อน จุดแข็ง สติปัญญา และความต้องการอะไร เรียกว่าเป็น ความสามารถในการรู้จักตนเอง

8. Naturalist เป็นความสามารถในการเข้าใจภาพธรรมชาติ การ์ดเนอร์ ได้เพิ่มสติปัญญาด้านนี้ภายหลังจากที่ตีพิมพ์หนังสือ “Multiple Intelligence” สุรศักดิ์ หลาบมาลา (2541 : 54) ได้กล่าวว่าการเข้าใจสภาพธรรมชาติ คือปัญญาที่มนุษย์ใช้ในการแยกแยะธรรมชาติ เช่น แยกระหว่างพืชกับสัตว์ แยกประเภทของพืช ประเภทของสัตว์ รวมทั้งความจำเป็นในการเข้าใจลักษณะอื่น ๆ ของธรรมชาติ เช่น สภาพของก้อนเมฆ ก้อนหิน เป็นต้น

8. ทฤษฎีเรตริกซ์ของสติปัญญา หรือทฤษฎีแบบจำลองของโครงสร้างทางสมอง (The Radex Structure of Intelligence Theory)

ทฤษฎีนี้เสนอโดยกัตแมน (Guttman, 1965 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2541 : 53) และปรับขยายให้ชัดเจนโดย ชเลซิงเจอร์ และกัตแมน (Schlesinger and Guttman, 1969) ทฤษฎีนี้เกิดจากการวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการแบบทดสอบ สมรรถภาพสมองหลายฉบับ ผลออกมาได้ 2 มิติ แต่ละมิติจำแนกแยกเป็น 3 ด้านใหญ่ ๆ มิติที่เป็นเสมือนขั้ว จะมีความสามารถทางภาษา (Verbal) ความสามารถทางตัวเลข (Numerical) และความสามารถด้านภาพ (Figural) สามด้านนี้แบ่งเส้นมาจากจุดขั้วเดียวกัน

ส่วนอีกมิติหนึ่งเป็นแบบถ่วงไปเป็นเส้นขนานกัน วงกลมในสุดจะเป็น Rule-Inference นั่นคือ เนื้อหาไม่ว่าจะเป็นความสามารถทางภาษา (Verbal) ความสามารถทางตัวเลข (Numerical) และความสามารถด้านภาพ (Figural) จะต้องใช้ความคิดแบบอ้างอิงกฎทั้งนั้น วงถัดไปเป็น Rule-Application ก็ยังเป็นกลุ่มเนื้อหาที่แบ่งเป็น ความสามารถทางภาษา (Verbal) ความสามารถทางตัวเลข (Numerical) และความสามารถด้านภาพ (Figural) วงที่ 3 เป็น Rule-Practice ก็ยังคลุมเนื้อหาความสามารถทางภาษา (Verbal) ความสามารถทางตัวเลข (Numerical) และความสามารถด้านภาพ (Figural) เหมือนเดิม ตัวอย่างการวิเคราะห์ของแอดเลอร์และกัตแมน (Adler and Guttman, 1982) จากแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองหรือ สติปัญญา 13 ฉบับ ผลปรากฏว่า Numerical Rule-Inference เป็นอนุกรมเลขคณิตแบบ โจทย์ปัญหาความเข้าใจคณิตศาสตร์ Verbal Rule-Inference เป็นความสามารถด้านอุปมาอุปไมยภาษา ส่วน Figural Rule-Inference เป็นความสามารถ Spatial logic นั่นคือเป็นการเขียนภาพทรง แล้วให้หาว่าตัวไหนไม่เป็นไปตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดให้ไว้ และอื่น ๆ อีก ดังภาพแสดงตามแนวทฤษฎี



ภาพประกอบ 5 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบสมรรถภาพสมอง 13 ฉบับ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SSA-1 (Smallest of Space Analysis-1)

จากการวิเคราะห์แบบทดสอบสมรรถภาพสมอง 13 ฉบับ แยกตามกฎ (Rule Type) การตอบ 3 อย่าง ได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การสรุปความตามกฎ (Rule-Inference) ประกอบด้วยแบบทดสอบ 6 ฉบับ เป็นแบบทดสอบด้านภาษา 1 ฉบับ ด้านจำนวนหรือตัวเลข 3 ฉบับ และด้านรูปภาพ 2 ฉบับ ดังนี้

1.1 ฉบับอุปมาอุปมัยทางภาษา (Verbal Analogies : Va) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบทางภาษาโดยผู้ตอบจะต้องหาคำที่มีความสัมพันธ์กับคำที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์เดียวกันกับความสัมพันธ์ของคำคู่ที่กำหนดให้ ประกอบด้วยข้อสอบ 20 ข้อ ใช้เวลาสอบ 5 นาที

1.2 ฉบับอนุกรมตัวเลข (Numerical Series : Ns) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบโดยผู้ตอบจะต้องหาตัวเลข 2 จำนวนที่ขาดหายไปใอนุกรมเลขที่เรียงกันตามกฎเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ประกอบด้วยข้อสอบ 25 ข้อ ใช้เวลาสอบ 10 นาที

1.3 ฉบับปัญหาเลขคณิต (Arithmetic Problems :Ap) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบ โดยผู้ตอบจะต้องเข้าใจปัญหาของโจทย์ แล้วตีความหมายทางภาษาออกเป็นเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์และแก้ปัญหานั้น ๆ ประกอบด้วยข้อสอบ 25 ข้อ ใช้เวลาสอบ 15 นาที

1.4 ฉบับการฝึกหัดเลขคณิต (Arithmetic Exercises : Ae) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบ เป็นการฝึกหัดการแก้ปัญหโดยอาศัยการคิดและความเข้าใจเป็นส่วนใหญ่มีการคำนวณเพียงเล็กน้อย ประกอบด้วยข้อสอบ 30 ข้อ ใช้เวลาสอบ 15 นาที

1.5 ฉบับเหตุผลเชิงกล (Mechanical Reasoning : Mr) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบ ข้อสอบเป็นรูปภาพ 3 มิติ ของปัญหาตามหลักกลศาสตร์ ผู้ตอบจะต้องหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหานั้น ๆ ประกอบด้วยข้อสอบ 60 ข้อ ใช้เวลาสอบ 20 นาที

1.6 ฉบับมิติสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์ (Dounaiewsky , Spatial Logic : Do) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบวัดความสามารถสรุปความจากกฎ (Rule Inference Ability) ของรูปภาพเรขาคณิต ซึ่งเป็นอนุกรมรูปภาพผู้ตอบจะต้องพิจารณากฎเกณฑ์ในการจัดอนุกรมของภาพนั้น ๆ ประกอบด้วยข้อสอบ 20 ข้อ ใช้เวลาสอบ 7 นาที

2. การประยุกต์ใช้กฎ (Rule-Application) ประกอบด้วยแบบทดสอบ 4 ฉบับ เป็นแบบทดสอบด้านภาษา 2 ฉบับ และด้านรูปภาพ 2 ฉบับ ดังนี้

2.1 ฉบับคำตรงข้าม (Opposites : Op) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบโดยผู้ตอบจะต้องหาคำตรงข้ามกับคำที่กำหนดให้มา 2 คำ ประกอบด้วยข้อสอบ 30 ข้อ ใช้เวลาสอบ 10 นาที

2.2 ฉบับภาษาอังกฤษ (English :En) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบภาษาอังกฤษ ผู้ตอบจะต้องหาตัวที่มีความหมายเดียวกันกับคำที่กำหนดให้ ประกอบด้วยข้อสอบ 30 ข้อ ใช้เวลาสอบ 5 นาที

2.3 ฉบับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability : Sa) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบ วัดความสามารถในการพิจารณาภาพสามมิติ ของโลหะแบนที่กำหนดให้เมื่อตัดให้โค้งหรือม้วนเป็นวง ประกอบด้วยข้อสอบ 40 ข้อ ใช้เวลาสอบ 6 นาที

2.4 ฉบับบล็อก (Block : Bi) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบ วัดความสามารถทางเรขาคณิต ผู้ตอบจะต้องพิจารณาว่าแท่งสี่เหลี่ยมที่ทำเครื่องหมาย “X” ไว้ติดกับแท่งสี่เหลี่ยมอื่น ๆ ก็แท่ง ประกอบด้วยแบบทดสอบ 30 ข้อ ใช้เวลาสอบ 5 นาที

3. การฝึกหัดตามกฎ (Rule-Practice) ประกอบด้วยแบบทดสอบ 3 ฉบับ ดังนี้

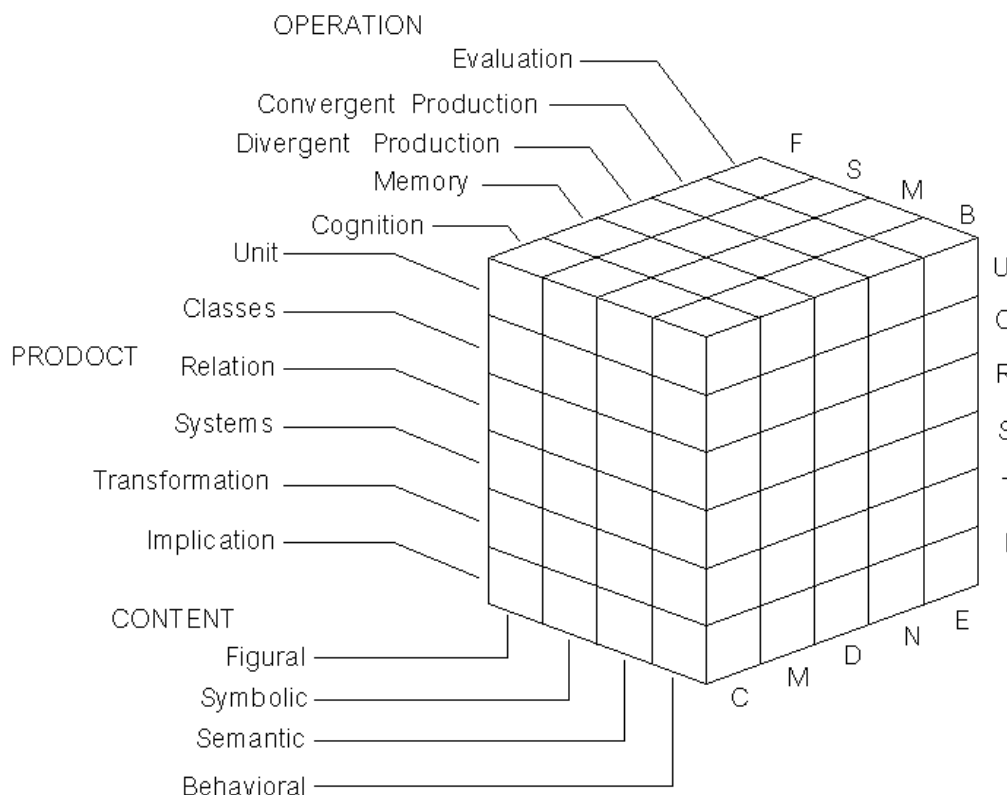
3.1 ฉบับการตัด (Cutting : Cu) เป็นแบบทดสอบวัดภาคปฏิบัติ วัดความสามารถในการใช้มือ โดยให้ตัดกระดาษด้วยกรรไกรให้มีระยะห่างจากเส้นโค้งคดเคี้ยวที่กำหนดให้เท่ากัน โดยตลอด ใช้เวลาสอบไม่จำกัดประเมินผลโดยใช้วิธีเปรียบเทียบกันในกลุ่ม

3.2 ฉบับการตัดเส้นลวด (Wire : Wi) เป็นแบบทดสอบภาคปฏิบัติ วัดความสามารถในการใช้นิ้วมือ โดยให้ตัดเส้นลวดให้มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพวาดมากที่สุดประเมินผล โดยพิจารณาเปรียบเทียบกันในกลุ่ม

3.3 ฉบับกราฟ (Graphics : Gr) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบ วัดความคล่องแคล่วทางเรขาคณิต โดยผู้ตอบจะต้องพิจารณานำเส้นหยักทางด้านซ้ายของข้อสอบมาใส่จุดทางด้านขวาของข้อสอบ โดยให้จุดปลายของเส้นตรงที่ประกอบเป็นเส้นหยักนั้น ๆ ทับจุดที่กำหนดให้ประกอบด้วยข้อสอบ 80 ข้อ ใช้เวลา 3 นาที

9. ทฤษฎีโครงสร้างสามมิติของปัญญา (Three Faces of Intellect Model) หรือทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญา (The Structure of Intellect Theory)

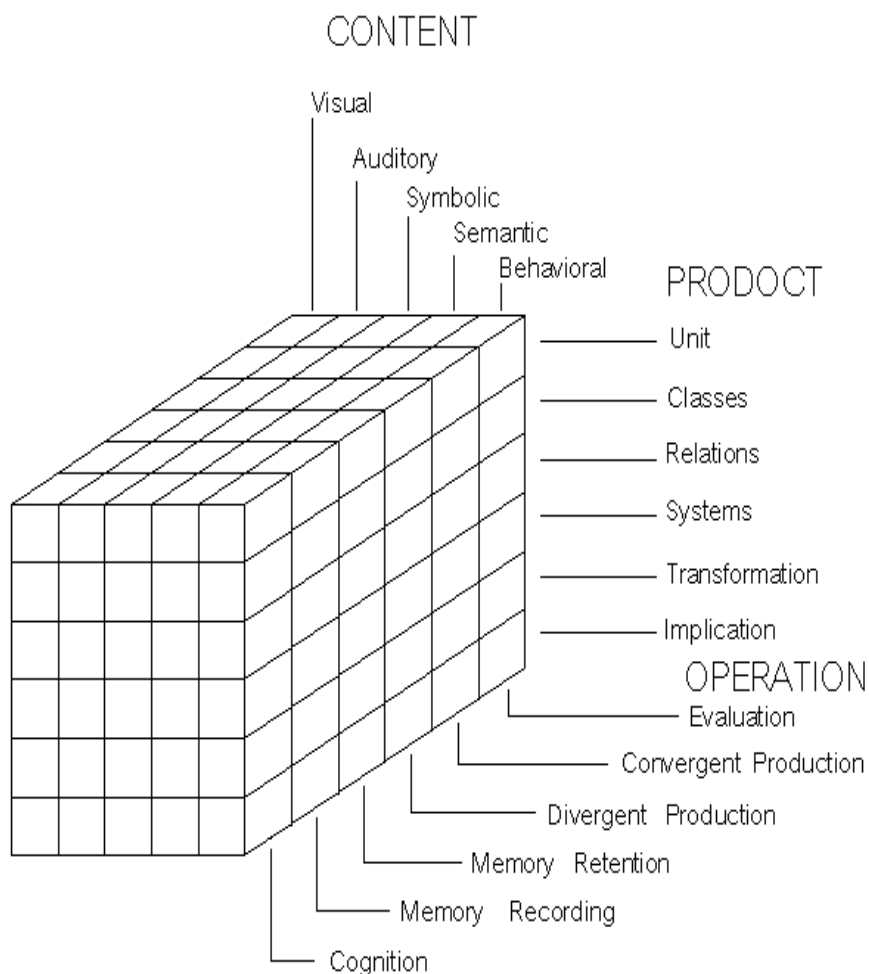
กิลฟอร์ด (J.P. Guilford) นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน ได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับทฤษฎีหลายตัวประกอบ โดยได้วิจัยขยายทฤษฎีตัวประกอบพหุคูณของเทอร์สโตน โดยเป็นการวิเคราะห์ตัวประกอบของแบบทดสอบวัดสติปัญญาที่มีอยู่ในสมัยนั้น โดยเสนอ โครงสร้างทางสมอง (Structure of Intellect Theory) และอธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของสมรรถภาพทางสมองในลักษณะของความสามารถทางสมองของมนุษย์ เป็นแบบจำลอง มหภาคสามมิติ (Three Dimension Model) โดยแบ่งออกเป็นองค์ประกอบเล็ก ๆ ถึง 120 องค์ประกอบ แต่ละองค์ประกอบจะเป็นมิติเล็ก ๆ ประกอบด้วย มิติเนื้อหา 4 ลักษณะ มิติวิธีการคิด 5 ลักษณะ และ มิติผลผลิต 6 ลักษณะ ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 6 แบบจำลองโครงสร้างทางสมองตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของ กิลฟอร์ด (Guiford , 1967 : 63)

ในปี 1988 กิลฟอร์ด ได้เสนอบทความ Some changes in the structure-of-intellect Model (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541 : 51) โดยเพิ่มด้านเนื้อหาเป็น 5 อย่าง โดยมี Figural แล้วแตกเป็น Visual กับ Auditory สำหรับ Visual เป็นความสามารถในการมองเห็น ส่วน Auditory เป็นความสามารถในการรับรู้ทางการได้ยิน

ด้าน Operations เดิมมี 5 อย่างเพิ่มใหม่เป็น 6 อย่าง โดยแยกความจำ (Memory) ออกเป็น 2 อย่าง คือ Memory Recording ซึ่งหมายถึงความจำในช่วงสั้นหรือการบันทึกความจำ ส่วนความจำอีกอย่างคือ Memory Retention เป็นความจำที่ทั้งช่วงนั้นคือการให้เวลาในการจำนาน ๆ หรือความคงทนในการจำนั่นเอง ดังนั้นในปัจจุบันโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด ได้เปลี่ยนรูปแบบไปจากเดิม คือ เดิมมีองค์ประกอบทั้งสิ้น 120 องค์ประกอบ ปัจจุบันจึงเพิ่ม เป็น 180 องค์ประกอบ นั่นคือมีวิธีการคิด 6 ลักษณะ เนื้อหา 5 ลักษณะ และผลของการคิดมี 6 ลักษณะ ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 7 แบบจำลองโครงสร้างทางสมองตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด ที่ปรับปรุงใหม่ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541 : 52)

กิลฟอร์ด ได้ใช้แบบจำลองดังกล่าว อธิบายความสามารถทางสมองของมนุษย์ไว้ตามภาพประกอบ 6 นี้ประกอบด้วย 3 มิติ ดังนี้

มิติที่ 1 ด้านกระบวนการหรือวิธีการของการคิด (Operations) หมายถึงกระบวนการคิดทางสมองแบบต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 6 แบบ คือ ความรู้และความเข้าใจ การบันทึกความจำ ความคงทนในการจำ การคิดอเนกนัย การคิดเอกนัย และการประเมินค่า ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

1. ความรู้และความเข้าใจ (Cognition) หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลที่จะรู้จักและมีความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ และสามารถบอกได้ว่าสิ่งนั้นคืออะไร

2. การบันทึกความจำ (Memory Recording) หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลที่สามารถสะสมเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่รู้จักไว้ได้ในระยะเวลาสั้น ๆ และสามารถระลึกออกมาในรูปเดิมได้ตามที่ต้องการ

3. ความคงทนในการจำ (Memory Retention) หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลที่สามารถสะสมเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่รู้จักไว้ได้ เมื่อเวลาผ่านไปเป็นเวลานานสามารถระลึกออกมาในรูปเดิมได้ตามต้องการ

4. การคิดเอนกนัย (Divergent Production) หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการตอบสนองสิ่งเร้าได้หลายแง่หลายมุมแตกต่างกันออกไป เช่น ให้ออกประโยชน์ของก้อนหินมาให้มากที่สุดเท่าที่จะคิดได้

5. การคิดเอกนัย (Convergent Production) หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดหาคำตอบ หรือสามารถลงสรุปหรือตัดสินใจข้อมูลที่ดีที่สุดและถูกต้องเหมาะสมที่สุดจากข้อมูลที่กำหนดให้เพียงคำตอบเดียว เช่น ให้ออกจำนวนถัดไปของ 1 4 7 10... คือจำนวนใด ก็สามารถบอกได้ว่า คือ 13

6. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลที่สามารถหาเกณฑ์ที่สมเหตุสมผลจากข้อมูลที่กำหนดให้ และสามารถลงสรุปได้ว่า ข้อมูลอื่นใดมีลักษณะเหมาะสมสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นนั้นหรือไม่ เช่น ให้ออกว่า AABBCB มีลักษณะการจัดเรียงเหมือนกันกับ PPOORR หรือไม่ ก็สามารถบอกได้ว่าไม่เหมือนกัน

วิธีการคิด ทั้ง 6 ลักษณะไม่ได้แยกโดยอิสระจากกัน นั่นคือ การคิดขั้นต้น ๆ เป็นพื้นฐานการคิดขั้นสูง ๆ ตามลำดับ ฉะนั้นวิธีการคิดลักษณะต่าง ๆ มีการเรียงลำดับจากง่ายไปหายากทีละขั้น ดังนั้นการรู้จักและเข้าใจเป็นวิธีการคิดพื้นฐาน หากขาดวิธีการคิดขั้นต้นนี้ก็ไม่สามารถจดจำสิ่งต่าง ๆ ได้ รวมทั้งไม่สามารถใช้วิธีการคิดด้านอื่น ๆ ได้ด้วย

มิติที่ 2 เนื้อหาที่คิด (Content) หมายถึง สิ่งเร้าหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่ปรากฏด้วยระบบประสาทสัมผัสทั้งหลาย แล้วบุคคลสามารถแยกแยะเพื่อรับรู้ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลแบ่งออกเป็น 5 ลักษณะ คือ การมองเห็น การได้ยิน สัญลักษณ์ ภาษา และพฤติกรรม ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

1. การมองเห็น (Visual) หมายถึง ข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่เป็นรูปธรรม สามารถที่จะรับรู้หรือระลึกออกมาได้ เป็นความสามารถในการมองเห็น

2. การได้ยิน (Auditory) หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ในรูปเสียงต่าง ๆ ที่สามารถรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสทางหู

3. สัญลักษณ์ (Symbolic) หมายถึง ข้อมูลที่อยู่รูปเครื่องหมายต่าง ๆ เช่น ตัวอักษร ตัวเลข ตัวโน้ตทางดนตรี รวมถึงสัญลักษณ์ต่าง ๆ ด้วย

4. ภาษา (Semantic) หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ในรูปถ้อยคำ คำพูด ภาษาใบ้ หรือภาษาเขียนที่มีความหมายใช้ติดต่อสื่อสารกันได้ แต่ส่วนใหญ่มองในแง่การคิด (Verbal thinking) มากกว่าการเขียน

5. พฤติกรรม (Behavioral) หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ในรูปกิริยาอาการของบุคคลอันเกิดจากความตั้งใจ การรับรู้ ความคิด ความปรารถนา ความรู้สึก อารมณ์ และการกระทำต่าง ๆ ของบุคคล



มิติที่ 3 ผลของการคิด (Products) หมายถึง ผลของกระบวนการจัดกระทำวิธีการคิดกับข้อมูลจากเนื้อหา ผลของการคิดแยกเป็นลักษณะต่าง ๆ กัน 6 แบบ คือ หน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์ ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

1. หน่วย (Units) หมายถึง สิ่งใดสิ่งหนึ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว และแตกต่างไปจากสิ่งอื่น ๆ เช่น ปลา นก แมว ช้าง แก้ว ชั่น

2. จำพวก (Classes) หมายถึง กลุ่มของหน่วยต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติหรือลักษณะบางประการร่วมกัน เช่น แมว หมู สุนัข จัดเป็นกลุ่มเดียวกันเพราะต่างก็เป็นสัตว์เลี้ยง

3. ความสัมพันธ์ (Relations) หมายถึง ผลของการโยงความคิดสองประเภทหรือหลายประเภทเข้าด้วยกัน โดยอาศัยลักษณะบางประการเป็นเกณฑ์ อาจจะเป็นหน่วยกับหน่วย จำพวกกับจำพวก ระบบกับระบบก็ได้ เช่น คนกับอาหาร ต้นไม้กับปุ๋ย

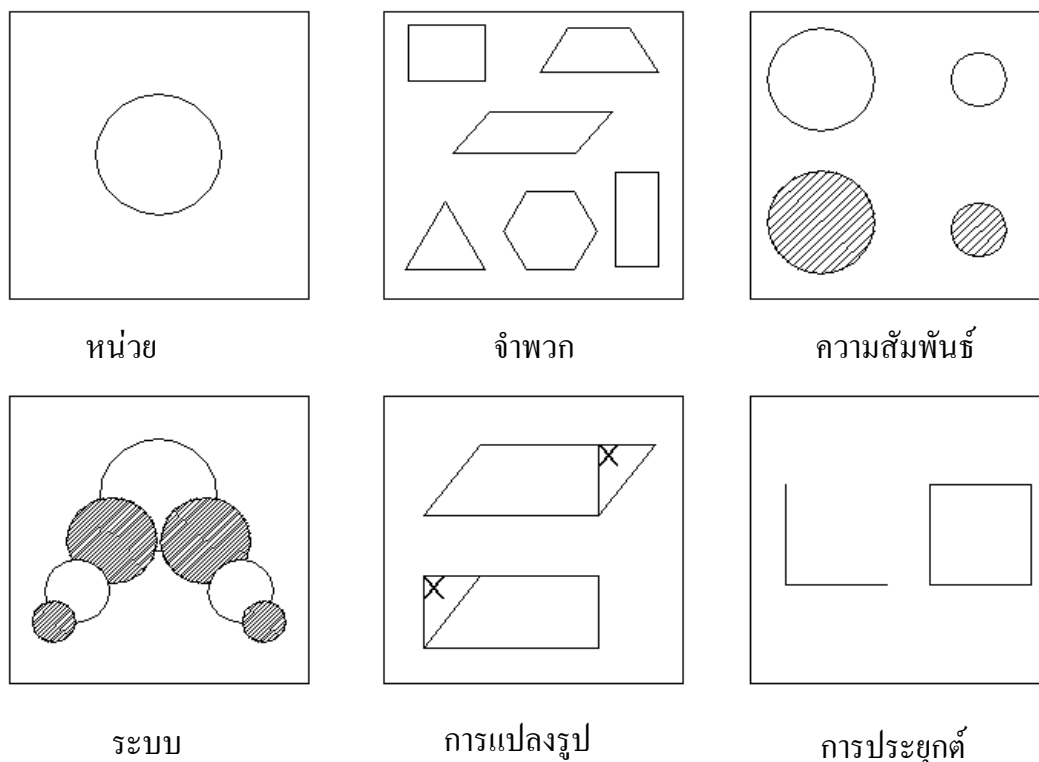
4. ระบบ (Systems) หมายถึง การจัดองค์การ จัดแบบแผนหรือจัดรวมโครงสร้างให้อยู่ในระบบว่าจะไรมาก่อนมาหลัง เช่น จันทร์ อังคาร พุธ พฤหัสบดี ศุกร์ เสาร์ อาทิตย์ เป็นระบบของวันในหนึ่งสัปดาห์

5. การแปลงรูป (Transformations) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่ให้มีรูปแบบใหม่ การเปลี่ยนแปลงอาจมองในรูปแบบของข้อมูลหรือประโยชน์ก็ได้ เช่น ให้คำว่า กลม เมื่อเปลี่ยนใหม่จะเป็นกมล หรือ  แปลงเป็น 

6. การประยุกต์ (Implications) หมายถึง ความเข้าใจในการนำข้อมูลไปขยายความเพื่อการพยากรณ์ หรือคาดคะเนข้อความในตรรกวิทยา ประเภท "ถ้า...แล้ว..." ซึ่งเป็นการคะเนโดยอาศัยเหตุและผล

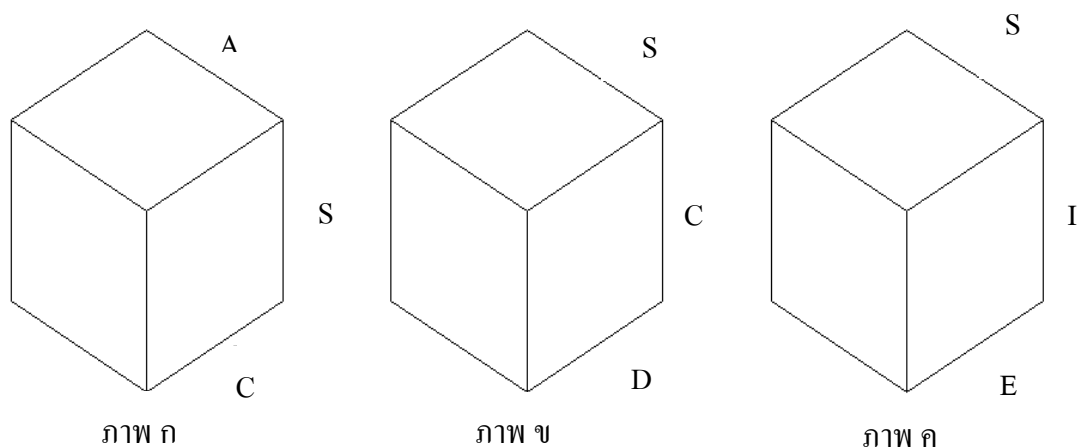
ผลของการคิดลักษณะต่าง ๆ ทั้ง 6 แบบนี้ จัดเรียงตามลำดับของความสัมพันธ์จากส่วนย่อยสุดไปสู่ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนกว่า หรือกล่าวได้ว่าจัดเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก

ซึ่งหน่วยเป็นผลการคิดขั้นพื้นฐานที่สุดโดยที่หน่วยจะเข้าไปมีส่วนสัมพันธ์กับจำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์ได้ทั้งหมด สำหรับผลการคิด 6 แบบ มีลักษณะดังภาพประกอบ (Guilford, 1971 : 64)



ภาพประกอบ 8 ผลการคิด 6 แบบ โดยใช้เนื้อหาภาพเป็นตัวอย่าง

แบบจำลองมหภาค (Macro Model) ที่แสดงโครงสร้างทางสมองตามแนวทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด ประกอบด้วยแบบจำลองจุลภาค (Micro Model) 180 แบบ แต่ละแบบมี 3 มิติ ซึ่งเป็นตัวแทนสมรรถภาพสมอง ประกอบด้วย วิธีการคิด – เนื้อหา – ผลการคิด (Operation – Contents – Products) ดังภาพประกอบ



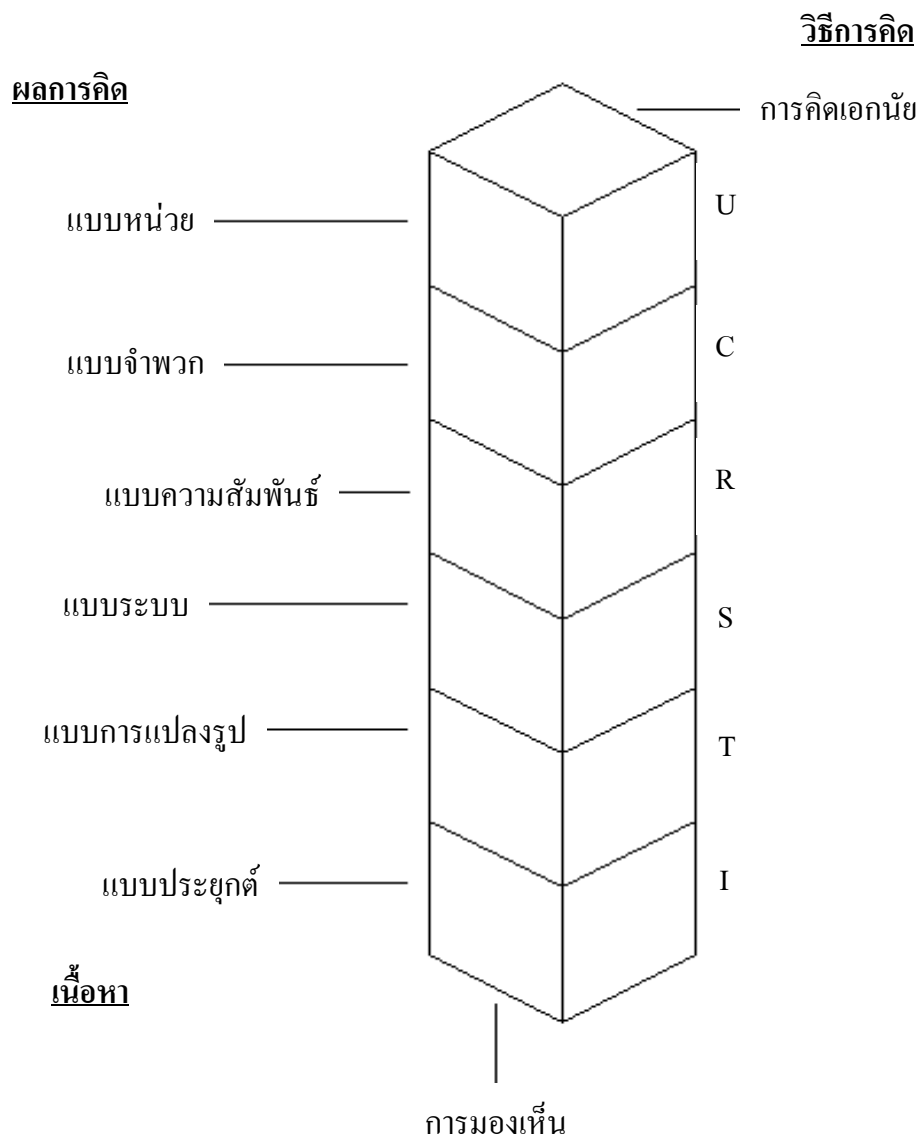
ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างทางสมอง

ภาพ ก เป็นแบบจำลองจุดภาคด้านความรู้ความเข้าใจการได้ยินเสียงแบบระบบ (Cognition – Auditory – Systems : CAS)

ภาพ ข เป็นแบบจำลองจุดภาคด้านความคิดนอกนัยทางสัญลักษณ์แบบจำพวก (Divergent Production – Symbolic –Classes : DSC)

ภาพ ค เป็นแบบจำลองจุดภาคด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบประยุกต์ (Evaluation – Symbolic – Implication : ESI)

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบจำลองจุดภาค ซึ่งเป็นการคิดนอกนัย เนื้อหาการมองเห็น และผลการคิดทั้ง 6 แบบ คือ แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูป และแบบการประยุกต์ ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 10 แบบจำลองจุดภาคหกแบบที่ใช้ในการวิจัย

จากแบบจำลองจุดภาคในภาพประกอบ 10 ผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านความคิดเอกนัยการมองเห็น จำนวน 6 ฉบับ ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านความคิดเอกนัยการมองเห็นแบบหน่วย
(Convergent Production – Visual – Units : CVU)
2. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านความคิดเอกนัยการมองเห็นแบบจำพวก
(Convergent Production – Visual – Classes : CVC)

- 3.แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านความคิดเอกนัยการมองเห็นแบบความสัมพันธ์ (Convergent Production – Visual – Relation : CVR)
4. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านความคิดเอกนัยการมองเห็นแบบระบบ (Convergent Production – Visual – Systems : CVS)
5. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านความการมองเห็นแบบการแปลงรูป (Convergent Production – Visual – Transformations: CVT)
6. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านความคิดเอกนัยการมองเห็นแบบการประยุกต์ (Convergent Production – Visual – Implications : CVI)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสมรรถภาพสมองตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด

การศึกษาเกี่ยวกับสมรรถภาพสมองตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด ได้รับความสนใจจากนักการศึกษา และนักจิตวิทยาทั้งในและต่างประเทศหลายท่านดังนี้

บังอร พุ่มสะอาด (2517 : 40-53) ได้ศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบของสมรรถภาพสมองด้านการคิดอเนกนัยทางภาษา โดยยึดผลการคิดทั้ง 6 แบบ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า แบบทดสอบด้านการคิดอเนกนัย มีค่าความเชื่อมั่นระหว่าง .6841 ถึง .7823 และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างซึ่งหาโดยวิเคราะห์หองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .3277 ถึง .6646 สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบด้านการคิดอเนกนัยทางภาษา 6 ฉบับ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาภาษาไทย มีค่าตั้งแต่ .0795 ถึง .2446 และ .0246 ถึง .2314 ตามลำดับ และพบว่า แบบทดสอบที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาภาษาไทย คือ แบบทดสอบด้านการคิดอเนกนัยทางภาษาแบบแปลงรูป

ไพรัตน์ วงษ์นาม (2523 : 79-89) ได้สร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดอุดรธานี จำนวน 12 ฉบับ โดยยึดเนื้อหาตามโครงสร้างของสมรรถภาพสมองของกิลฟอร์ด คือ รูปภาพ ภาษา และพฤติกรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ในจังหวัดอุดรธานี พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของคะแนนความคล่องแคล่ว คือ .7938 ถึง .9871 ค่าความเชื่อมั่นของคะแนนความยืดหยุ่น .6358 ถึง .9193 และค่าความเชื่อมั่นของคะแนนความคิดริเริ่ม .4259 ถึง .8726 ส่วนค่าความเที่ยงตรง

เชิงโครงสร้างหาโดยใช้เทคนิคกลุ่มที่รู้จักแล้ว และใช้แบบทดสอบของวอลลาส และโคแกน ที่ใสว เลี่ยมแก้ว คัดแปลงไว้เป็นเกณฑ์ ปรากฏว่ามีความเที่ยงตรงสูง

อำนาจ เลิศขันธ์ (2523 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองกับความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนรัฐบาลในกรุงเทพมหานคร จำนวน 420 คน พบว่า ความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถทางสมองมีความสัมพันธ์กันสูง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันสูง

พิเชษฐ์ ตั้งเจตนาภิรมย์ (2529 : 94-105) ได้สร้างแบบทดสอบการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด จำนวน 6 ฉบับ คือการคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ตัวเลขแบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูป แบบการประยุกต์ โดยให้คะแนนเป็น 3 ด้าน คือ ความคล่องแคล่วในการคิด ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาในจังหวัดระยอง พบว่าค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบทุกข้อมีค่าสูง ค่าความเชื่อมั่นทั้ง 6 ฉบับ มีค่าเท่ากับ .8270 และมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างโดยใช้เทคนิคกลุ่มที่รู้จักแล้ว พบว่ามีค่าความเที่ยงตรงสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01

สมหวัง คันธรส (2530 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมอง การประเมินค่าทางภาษาแบบต่าง ๆ ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มทักษะภาษาไทย ความเชื่อมั่นในตนเอง และความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 350 คน พบว่าสมรรถภาพสมองทางภาษาแบบหน่วย แบบกลุ่ม แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูป แบบการประยุกต์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มทักษะภาษาไทย มีค่าสหสัมพันธ์เป็น .683 , .586 , .674 , .645 , .613 และ .783 ตามลำดับ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสมรรถภาพสมองการประเมินค่าทางภาษาที่ใช้เป็นตัวพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มทักษะภาษาไทยมี 4 แบบ โดยเรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ สมรรถภาพสมองการประเมินค่าแบบประยุกต์ แบบหน่วย แบบระบบ และแบบความสัมพันธ์

สุธีรา พรหมสุวรรณ (2537 : 54-58) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางสมองทางภาษาแบบการแปลงรูปตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 375 คน พบว่า สมรรถภาพทางสมองทางภาษาแบบการแปลงรูปจำแนกตามวิธีการคิดทั้ง 6 ด้าน มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นบวก และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของสมรรถภาพสมองทางภาษาทั้ง 6 ด้าน มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าสมรรถภาพสมองทางภาษาทั้ง 6 ด้านสามารถพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้

มาลี เกิดผลหลาก (2542 : 65-66) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านความคิดเอกนัยการได้ยืมเสียงกับคะแนนเฉลี่ยสะสมวิชาภาษาไทยและคณิตศาสตร์ โดยศึกษากับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 326 คนในจังหวัดกาญจนบุรี แบบทดสอบที่ใช้เป็นแบบวัดความคิดเอกนัยการได้ยืมเสียง 6 แบบ คือ แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูป และแบบการประยุกต์ พบว่า ความคิดเอกนัยการได้ยืมเสียงแต่ละแบบมีความสัมพันธ์ทางบวกกับคะแนนเฉลี่ยสะสมวิชาภาษาไทยและวิชาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่าทั้งในการวิเคราะห์กลุ่มรวม กลุ่มนักเรียนชาย และกลุ่มนักเรียนหญิง ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างความคิดเอกนัยการได้ยืมเสียงกับคะแนนเฉลี่ยวิชาภาษาไทยของกลุ่มนักเรียนรวม นักเรียนชาย และกลุ่มนักเรียนหญิงเท่ากับ .691 , .633 และ .780 ตามลำดับ และความคิดเอกนัยการได้ยืมเสียงกับคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ของกลุ่มนักเรียนรวม นักเรียนชาย และกลุ่มนักเรียนหญิงเท่ากับ .762 , .766 และ .773 ตามลำดับ และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของความคิดเอกนัยการได้ยืมเสียงกับคะแนนเฉลี่ยวิชาภาษาไทย พบว่า ความคิดเอกนัยการได้ยืมเสียงที่ส่งผลต่อคะแนนเฉลี่ยวิชาภาษาไทยคือ แบบหน่วย แบบความสัมพันธ์ แบบการแปลงรูป แบบการประยุกต์ ส่วนความคิดเอกนัยการได้ยืมเสียงที่ส่งผลต่อคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์คือ แบบแปลงรูป แบบหน่วย แบบความสัมพันธ์ และแบบระบบ สำหรับค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของความคิดเอกนัยการได้ยืมเสียงแบบจำพวกไม่ส่งผลต่อกับคะแนนเฉลี่ยสะสมทั้งวิชาภาษาไทยและวิชาคณิตศาสตร์

ออร์เปต และเมเยอร์ (Orpet and Mayers, 1966 : 341-346) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบแบบทดสอบจำนวน 20 ฉบับ ซึ่งได้พัฒนาจากแบบทดสอบที่สร้างโดยนักการศึกษาหลายคน เพื่อตรวจสอบว่ามีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างตามทฤษฎีของกิลฟอร์ดหรือไม่ โดยศึกษากับนักเรียนอายุ 6 ปี จำนวน 100 คน ตั้งสมมติฐานไว้ว่า แบบทดสอบทั้ง 20 ฉบับ จะแยกวัดองค์ประกอบร่วมกันตามแบบจำลองจุดภาค 6 แบบคือ การจำทางภาพแบบหน่วย การจำทาง

สัญลักษณ์แบบหน่วย การคิดเอกนัยทางภาษาแบบหน่วย การคิดอเนกนัยทางภาษาแบบหน่วย การประเมินค่าทางรูปภาพแบบหน่วย และการประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบหน่วย พบว่า ชุดของแบบทดสอบย่อยที่สามารถวัดร่วมกันตามแบบจุลภาคที่เป็นไปตามสมมติฐาน มีการจำทางสัญลักษณ์แบบหน่วย การคิดเอกนัยทางภาษาแบบหน่วย การคิดอเนกนัยทางภาษาแบบหน่วย และการประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบหน่วย และองค์ประกอบที่เป็นเพียงการคาดคะเนไว้ว่าจะเป็นไปตามทฤษฎี คือ การจำทางภาษาแบบหน่วย และพบว่าการประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบหน่วยกับการประเมินค่าทางรูปภาพแบบหน่วยวัดองค์ประกอบร่วมกัน

วินด์ โฮลด์ และแมคอินทอช (Windholz and McIntosh, 1967 : 393-400) ได้ศึกษาหาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการคิดอเนกนัยทางภาษา 6 ฉบับ และแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกนัยทางภาษา จำนวน 6 ฉบับ โดยยึดผลการคิดทั้ง 6 แบบ รวมแบบทดสอบที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 12 ฉบับ ได้ศึกษากับกลุ่มตัวอย่างซึ่งคือนักศึกษามหาวิทยาลัยที่เรียนจิตวิทยาในรัฐนอร์ทคาโรไลนา จำนวน 165 คน พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบการคิดอเนกนัยและเอกนัยทางภาษา มีค่าตั้งแต่ .45 ถึง .73 และ .46 ถึง .82 ตามลำดับ ส่วนค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบทดสอบทั้ง 12 ฉบับ ฉบับที่ใช้ภาษาเป็นเกณฑ์ได้ค่าความเที่ยงตรงสูงถึง .88 และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านความคิดอเนกนัยและเอกนัยมีค่าตั้งแต่ .70 ถึง .80

โฮลลี่ (Holly, 1971 : 2484-A) ได้ศึกษาสมรรถภาพสมองตามแนวทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับสังกัดเกี่ยวกับตน ในวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลการเรียนวิชาพีชคณิต กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาทางภาคใต้ของแคลิฟอร์เนีย จำนวน 177 คน ปรากฏว่าแบบทดสอบสมรรถภาพสมองตามแนวทฤษฎีโครงสร้างของกิลฟอร์ด 15 ฉบับ มีค่าสหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ .56 เมื่อใช้คะแนนจากแบบทดสอบพีชคณิตเป็นเกณฑ์ และเมื่อใช้คะแนนจากแบบทดสอบ ซี เอ็ม ที (Cooperative Mathematics Test) เป็นเกณฑ์ได้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ .60

ลีออนส์ และโจเซฟ (Lyons and Joseph, 1972 : 620) ศึกษาเกี่ยวกับการปฏิบัติการทางด้านการรู้หรือการเข้าใจ การจำ การคิดแบบอเนกนัยและการคิดแบบเอกนัยกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับวิทยาลัยจำนวน 112 คน ที่มีอายุระหว่าง 18-21 ปี โดยใช้แบบทดสอบชนิดภาษาและภาพทั้งหมด 16 ฉบับ เป็นเครื่องมือในการศึกษา พบว่าการปฏิบัติการคิดแบบเอกนัยและ ความจำมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างต่ำ และค่าคะแนนของการคิดแบบอเนกนัยทั้ง 3 อย่าง คือ ความคล่องในการคิด ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม มีค่าความเที่ยงตรงเชิง

โครงสร้างกับการคิดแบบเอกนัยต่ำเมื่อใช้วิธีการวัดที่ซับซ้อน แต่เมื่อใช้วิธีการวัดที่ซับซ้อนน้อย พบว่ามีค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างปานกลาง

แชลล์ครอส (Shallcross, 1994 : 132) ได้ศึกษาการคิดแก้ปัญหา การคิดเอกนัย การคิดอเนกนัย โดยได้วิเคราะห์ถึงการนำเอาวิธีคิดแบบเอกนัยและอเนกนัยไปใช้ในการวัด กระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งวิธีการคิดเอกนัยและอเนกนัยตามแนวทฤษฎีของกิลฟอร์ด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจำนวน 177 คน พบว่าการคิดแบบเอกนัย และการคิดแบบอเนกนัยมีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสมรรถภาพสมองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

จรินทร์ ประสงค์สม (2517 : 44-66) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางด้านรูปภาพกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยสร้างแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองทางรูปภาพ ใช้วิธีการคิด 5 ด้าน คือ การรู้จักและเข้าใจ การจำ การคิดอเนกนัย การคิดเอกนัย และการประเมินค่า เนื้อหารูปภาพ ศึกษาแก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 7 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 259 คน พบว่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทางรูปภาพ 5 ด้าน มีค่าตั้งแต่ .79 ถึง .97 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองทางรูปภาพ เมื่อใช้แบบทดสอบวัดด้านการรู้จักและเข้าใจทางรูปภาพ การคิดเอกนัยทางสัญลักษณ์เป็นเกณฑ์มีค่า .81 และ .66 ตามลำดับ และเมื่อใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์มีค่า .52 ถึง .64 ตามลำดับ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า

สมศักดิ์ วยะนันท์ (2517 : 44-50) ได้ศึกษาความสามารถของการคิดแบบอเนกนัย เอกนัยกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 จำนวน 353 คน พบว่า สมรรถภาพสมองด้านการคิดอเนกนัยมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงในเนื้อหาสัญลักษณ์สูงสุด รองลงมาคือเนื้อหาภาษา เนื้อหาภาพมีความสัมพันธ์น้อยที่สุด ส่วนสมรรถภาพสมองด้านการคิดแบบเอกนัย พบว่า เนื้อหาด้านภาษามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงสุด และค่าน้ำหนักความสำคัญ (Beta Weight) ของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการคิดอเนกนัย และการคิดเอกนัย พบว่า ค่าน้ำหนักความสำคัญสูงสุดคือ เนื้อหาภาษา ซึ่งแสดงว่าความสามารถทางภาษา ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าความสามารถในเนื้อหาอื่น ๆ

ประเสริฐ สมพงษ์ธรรม (2524 : 58-64) ได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านความคิดเอกลักษ์ทางสัญลักษณ์ ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาภาษาไทย โดยได้สร้างแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกลักษ์เนื้อหาสัญลักษณ์ 6 ฉบับ ตามผลการคิด 6 แบบ คือ แบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูป และแบบการประยุกต์ กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดชลบุรี จำนวน 406 คน พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกลักษ์เนื้อหาสัญลักษณ์ทั้ง 6 ด้านกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาภาษาไทยมีค่าเป็นบวก มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า คำนำน้าหนักความสำคัญของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกลักษ์เนื้อหาสัญลักษณ์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเป็นบวกอย่างเชื่อถือได้ 4 ฉบับ เรียงตามลำดับผลการคิดที่มีผล ดังนี้ แบบความสัมพันธ์ แบบการประยุกต์ แบบหน่วย และแบบระบบ ส่วนค่าน้ำหนักความสำคัญของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกลักษ์เนื้อหาสัญลักษณ์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยมีค่าเป็นบวกเชื่อถือได้ 5 ฉบับ เรียงลำดับผลการคิด ดังนี้ แบบหน่วย แบบการแปลงรูป แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบจำพวก

ทองสุข วันแสน (2524 : 58-60) ได้ศึกษาสมรรถภาพสมองทางภาษา 5 ด้านตามแนวทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาภาษาไทยโดยศึกษากับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 545 คน พบว่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองทางภาษาที่สร้างขึ้นทั้ง 30 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ .5866 ถึง .7319 มีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางภาษาแต่ละฉบับกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ .2445 ถึง .4578 และกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย เท่ากับ .1845 ถึง .5936 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของแบบทดสอบสมรรถภาพสมองทั้ง 30 ฉบับ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และวิชาภาษาไทยมีค่าเท่ากับ .7183 และ .8286 ตามลำดับ ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จันทร์เพ็ญ ธนาสุภกรกุล (2525 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 580 คน พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความคิด

สร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เป็น .7423 , .4852 และ .4149 ตามลำดับ และตัวพยากรณ์ทั้ง 3 สามารถร่วมพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 59.5908

ประวิง รอดเข็ม (2525 : 56-70) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกนัยทางรูปภาพกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยและคณิตศาสตร์ โดยยึดผลการคิด 6 แบบ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างแบบทดสอบแต่ละฉบับ มีค่าเป็นบวกทุกค่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกนัยทางรูปภาพแต่ละฉบับ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าตั้งแต่ .2344 - .6151 และพบว่านักเรียนที่มีสมรรถภาพสมองด้านการคิดเอกนัยทางรูปภาพ แต่ละด้านสูง จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาภาษาไทยสูงด้วย

สุเทพ สันติวรานนท์ (2527 : 73-107) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์ทั้ง 6 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ .8071 ถึง .9101 ค่าความเที่ยงตรงซึ่งหาโดยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ มีค่าตั้งแต่ .6183 ถึง .8426 สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์ทั้ง 6 ฉบับกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งศึกษากับนักเรียนกลุ่มรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีค่าตั้งแต่ .1658 ถึง .6966 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณของแบบทดสอบด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์ทั้ง 6 ฉบับ เมื่อใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์ของนักเรียนกลุ่มรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีค่า .7353 , .7727 และ .6537 ตามลำดับ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ยังพบว่า ในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ คือ แบบทดสอบวัดการประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ แบบการประยุกต์ และแบบการแปลงรูป

ชีวิน สุวรินทร์กูร (2535 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางรูปภาพกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดคณะกรรมการการศึกษาเอกชน จังหวัดราชบุรี โดยใช้แบบทดสอบวัดการรู้จักและเข้าใจ การจำ การคิดอเนกนัย การคิดเอกนัย และการประเมินค่า ของสมรรถภาพสมองทางรูปภาพ และแบบทดสอบวัดการระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ การระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

การกำหนดวิธีการ และขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา การเขียนประโยคสัญลักษณ์ การประมาณคำตอบของขั้นตอนกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยศึกษากับนักเรียนจำนวน 348 คน พบว่า

1. การรู้จักและเข้าใจรูปภาพ มีความสัมพันธ์กับทุกการดำเนินการ การจำรูปภาพมีความสัมพันธ์กับการรู้จักและเข้าใจรูปภาพ การคิดอเนกนัยและการคิดเอกนัยทางรูปภาพ ในขณะที่การคิดอเนกนัยทางรูปภาพ มีความสัมพันธ์กับการจำ การรู้จักและเข้าใจและการประเมินค่า ทางรูปภาพ ส่วนการคิดเอกนัยทางรูปภาพ มีความสัมพันธ์กับการจำและการรู้จักและเข้าใจรูปภาพ โดยที่การประเมินค่ารูปภาพ มีความสัมพันธ์กับการรู้จักและเข้าใจ และการคิดอเนกนัยทางรูปภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

2. การระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ การระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ การกำหนดวิธีการและขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา การเขียนประโยคสัญลักษณ์ การประมาณคำตอบ และการคิดคำนวณหาคำตอบ ล้วนมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

3. เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 พบว่า สมรรถภาพสมองทางรูปภาพ มิติด้านการดำเนินการนั้น การรู้จักและเข้าใจรูปภาพ มีความสัมพันธ์ในระดับสูงสุดกับทุกขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ส่วนการประเมินค่ารูปภาพ มีความสัมพันธ์กับทุกขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ยกเว้นการเขียนประโยคสัญลักษณ์ และการคิดคำนวณหาคำตอบ ในขณะที่การจำรูปภาพ มีความสัมพันธ์กับการระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ การกำหนดวิธีการและขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาและการคิดคำนวณหาคำตอบ

4. ในการวิเคราะห์หาสมรรถภาพสมองทางรูปภาพ มิติด้านการดำเนินการ ที่จำแนกกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถในการกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกับกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถในการกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ต่ำ พบว่า สมรรถภาพสมองทางรูปภาพทั้ง 5 การดำเนินการมีอำนาจในการจำแนกกลุ่มนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม แต่มีระดับอำนาจในการจำแนกต่างกัน การรู้จักและเข้าใจรูปภาพ มีอำนาจในการจำแนกสูงที่สุดและที่มีอำนาจในการจำแนกรองลงมากที่สุดคือ การประเมินค่า การจำ การคิดอเนกนัยและการคิดเอกนัยทางรูปภาพ ตามลำดับ

วรารณณ์ กล่อมใจ (2536 : 80-85) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองทางภาษากับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยยึดมิติด้านกระบวนการคิด ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองทางภาษา ด้าน

การรู้จักและเข้าใจ การจำ การคิดอเนกนัย การคิดเอกนัย และการประเมินค่า กับแบบทดสอบ วัดความสามารถในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ ความสามารถในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา การหาวิธีแก้โจทย์ปัญหา และความสามารถในการคิดคำนวณคำตอบ พบว่า สมรรถภาพสมองทางภาษามิติด้านกระบวนการคิดแต่ละด้านมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ในทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอน มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ในทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความสามารถสูงในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มีสมรรถภาพสมองทางภาษาในมิติ กระบวนการคิดทุกด้านสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถต่ำ

สุชาติพิทย์ นวลหงษ์ (2542 : 70) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมอง ด้านเอ็น เอ็ม พี (NMP) และด้านเอ็น เอส พี (NSP) ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยศึกษาแก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดแพร่จำนวน 395 คน ใช้แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านเอ็น เอ็ม พี (NMP) 5 ฉบับ ทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านเอ็น เอส พี (NSP) 5 ฉบับ โดยยึดผลการคิด 5 แบบ คือ แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูป และแบบการประยุกต์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างสมรรถภาพสมองด้านเอ็น เอ็ม พี (NMP) และด้านเอ็น เอส พี (NSP) ในผลการคิดทั้ง 5 แบบกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ .754 และ .762 ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า และนำน้ำหนักความสำคัญของสมรรถภาพสมองทางการคิดเอกนัยเนื้อหาภาษา และเนื้อหาสัญลักษณ์ในผลการคิดแบบกลุ่ม แบบความสัมพันธ์ แบบการแปลงรูป และแบบการประยุกต์ ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นเนื้อหาสัญลักษณ์ในผลการคิดแบบกลุ่ม ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่สมรรถภาพสมองทางการคิดอเนกนัยเนื้อหาภาษาและเนื้อหาสัญลักษณ์ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ฮิลล์ (Hill, 1957 : 615-622) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ ของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองที่สร้างตามแนวทฤษฎีของกิลฟอร์ดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของ นักศึกษาที่เรียนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 171 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมอง เนื้อหา รูปภาพ สัญลักษณ์ และภาษา จำนวน 11 ฉบับ พบว่า แบบทดสอบที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ คือ แบบทดสอบด้านการรู้จักและ

เข้าใจ ทางรูปภาพแบบระบบ แบบทดสอบด้านการประเมินค่าทางภาษาแบบความสัมพันธ์ และแบบทดสอบด้านการประเมินค่าทางภาษาแบบประยุกต์

สมิธ (Smith, 1963 : 39-42) ได้ศึกษาความสามารถในการพยากรณ์ของแบบทดสอบ วัดความถนัด 2 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบ SCAT (School and College Ability Test Battery) และแบบทดสอบ CTB (California Test Battery) ซึ่งแบบทดสอบทั้ง 2 ชุด ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านภาษา และด้านตัวเลข เพื่อใช้เป็นตัวพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ของแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้าน ตัวเลขกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ของแบบทดสอบวัด สมรรถภาพสมองด้านภาษากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ ของแบบทดสอบ SCAT แบบทดสอบ CTB ฉบับตัวเลข และแบบทดสอบ SCAT แบบ ทดสอบ CTB ฉบับภาษากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่า .74 ,.74 , .43 และ .34 ตามลำดับ

กิลฟอร์ด โฮฟเนอร์และปีเตอร์สัน (Guilford, Hoepfner & Peterson, 1965 : 659 - 682) ได้ศึกษาองค์ประกอบของโครงสร้างทางสมอง เพื่อทำนายหรือพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 9 พบว่าองค์ประกอบของสมรรถภาพสมองที่ใช้ พยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้คือ การคิดอเนกนัยทางสัญลักษณ์แบบ ความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบการประยุกต์ การคิดอเนกนัยทางสัญลักษณ์แบบความ สัมพันธ์ แบบระบบ และแบบการประยุกต์ การประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ ที่รองลงมาคือการรู้จักและเข้าใจทางภาษาแบบหน่วย แบบระบบ การคิดอเนกนัย ทางสัญลักษณ์แบบการแปลงรูป สมรรถภาพสมองที่ใช้พยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ดีคือ การคิดอเนกนัย การคิดเอกนัย และการประเมินค่า เนื้อหา ทางสัญลักษณ์ผลการคิดแบบความสัมพันธ์ แบบระบบ และแบบการประยุกต์ และพบว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงต้องมีสมรรถภาพสมองสามด้านดังกล่าว สูง

คาลด์เวล (Caldwell, 1970 : 437-441) ได้ใช้แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองตาม แนวทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ด 16 ฉบับ สอบกับนักเรียนเกรด 9 จำนวน 322 คน โดยใช้วิชาพีชคณิตในภาคเรียนแรกเป็นเกณฑ์ เพื่อพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา เรขาคณิต แผนใหม่ในเกรด 10 และเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์จากคะแนนแบบทดสอบวัด สมรรถภาพสมองตามแนวทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดกับแบบทดสอบวัดความ สามารถทางเสมียน เมื่อใช้คะแนนวิชาพีชคณิตภาคเรียนแรกในเกรด 9 เป็นเกณฑ์ พบว่า

แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองตามแนวทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดใช้พยากรณ์ผลการเรียนวิชาเรขาคณิตแผนใหม่ในเกรด 10 ได้ดีกว่า และแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงในการพยากรณ์ผลการเรียนวิชาเรขาคณิตในเกรด 10 ได้ดีกว่าแบบทดสอบวัดความสามารถทางเสมียน

เทวาริ (Tewari, 1980 : 5351-A) ได้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ พบว่า ความถนัดทางการเรียนที่วัดด้วยแบบทดสอบ SAT (Scholastic Aptitude Test) เป็นตัวพยากรณ์ที่ดีที่สุด โดยจะมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ในวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ทั้งทางตรงและทางอ้อม

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าสมรรถภาพทางสมองด้านต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสามารถพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาต่างๆ ได้ดี และยังพบว่าสมรรถภาพสมองที่สามารถพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้ ได้แก่ สมรรถภาพสมองด้านการคิดอเนกนัย ด้านการคิดเอกนัยและด้านการประเมินค่า