



บทที่ 2

วรรณคดีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย เรื่อง "ผลของการฝึกสมรรถภาพทางสมองที่มีต่อทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" ผู้วิจัยได้ศึกษาดำรง เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

1. สมรรถภาพทางสมอง
 - 1.1 ความหมายของสมรรถภาพทางสมอง
 - 1.2 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสมรรถภาพทางสมอง
2. ทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์
 - 2.1 ความหมายของทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์
 - 2.2 ความสำคัญของทักษะการคิดในการจัดการศึกษา
 - 2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการคิด
3. สมรรถภาพทางสมองและทักษะการคิด
 - 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางสมองและทักษะการคิด
 - 3.2 แนวความคิดที่ใช้เป็นกรอบทฤษฎีสำหรับการวิจัย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยเกี่ยวกับสมรรถภาพทางสมอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
 - 1.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 1.2 งานวิจัยในประเทศ
2. งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาการคิด
 - 2.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 2.2 งานวิจัยในประเทศ

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

1. สมรรถภาพทางสมอง

1.1 ความหมายของสมรรถภาพทางสมอง

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้พยายามให้ความหมายของสมรรถภาพทางสมองกันอย่างหลากหลาย ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังนี้

กู๊ด (Good 1945: 222) ได้ให้ความหมายของคำว่า สมรรถภาพทางสมองไว้ 3 นัยคือ

1. สมรรถภาพทางสมอง หมายถึง ความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพการณ์ใหม่ได้อย่างรวดเร็ว และประสบผลสำเร็จ ตลอดจนมีความสามารถในการเรียนรู้จากประสบการณ์

2. สมรรถภาพทางสมอง หมายถึง สมรรถภาพในการรวบรวมประสบการณ์ต่าง ๆ เข้าเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

3. สมรรถภาพทางสมอง หมายถึง ระดับความสามารถซึ่งได้จากการทำแบบสอบ เซาว์นปัญญา ระดับความสามารถที่ปรากฏออกมาให้เห็นนี้มีประโยชน์ในการทำนายผลสำเร็จในการเรียนและการประกอบอาชีพบางอาชีพ

แทรกซ์เลอร์ (Traxler 1954: 42) ได้ให้ความหมายโดยสรุปได้ว่า สมรรถภาพทางสมอง เป็นสภาพการณ์คุณภาพในตัวบุคคล ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่เขาจะสามารถเรียนรู้ภายใต้การฝึกหัดอย่างเหมาะสม ความรู้อย่าง ทักษะ หรือส่วนประกอบของความรู้และทักษะ เช่นความสามารถทางคณิตศาสตร์ ความสามารถที่จะอ่านหรือพูดภาษาต่างประเทศเป็นสภาพการณ์ปัจจุบัน ซึ่งชี้ถึงความสามารถที่ซ่อนอยู่ภายในของแต่ละบุคคลในอนาคต

อิงลิชแอนด์อิงลิช (English and English 1958: 39) ได้ให้ความหมายโดยสรุปได้ว่า สมรรถภาพทางสมอง หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการที่จะเรียนรู้หรือฝึกฝนทักษะบางอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เวคส์เลอร์ (Wechsler 1958: 5) ได้ให้ความหมายไว้ว่า

สมรรถภาพทางสมอง หมายถึง สมรรถวิสัยที่ทำให้แต่ละบุคคลสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมีจุดมุ่งหมาย สามารถคิดอย่างมีเหตุผล และสามารถอยู่ในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บีเน็ต (Binet 1958: 6) ได้ให้ความหมายของสมรรถภาพสมองไว้ 3 นัยคือ

1. สมรรถภาพสมอง หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่จะปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมและแก้ไขปัญหาคือใหม่ ๆ ที่ตนประสบ
2. สมรรถภาพสมอง หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้
3. สมรรถภาพสมอง หมายถึง ความสามารถที่จะคิด และมีความคิดอย่างเป็นนามธรรม

ธรองไดค์ และ เฮแกน (Thron-dike and Hagan 1961: 243) ได้ให้ความหมายโดยสรุปได้ว่า สมรรถภาพสมอง หมายถึง ความสามารถของมนุษย์ที่จะเรียนรู้ปรับตัว และแก้ไขปัญหาคือใหม่โดยที่ตัวสมรรถภาพสมองมิใช่สิ่งที่มีตัวตน แต่ก็สามารถทำให้วิธีการดำเนินชีวิตหรือการปฏิบัติตนเป็นไปได้อย่างง่ายดาย

แบลเลอร์ และชาร์ลส (Baller and Charles 1968: 243) ได้ให้ความหมายไว้ว่า สมรรถภาพสมองหมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ใหม่ ๆ รวมทั้งแก้ไขปัญหาคือใหม่

ไบจู (Bijou 1971: 222) สรุปความหมายของสมรรถภาพสมองออกเป็น 2 แนวคือ

1. สมรรถภาพสมอง หมายถึง บางสิ่งบางอย่างในตัวบุคคลซึ่งเป็นสื่อกลางระหว่างตัวแปรทางพันธุกรรม และสิ่งแวดล้อม
2. สมรรถภาพสมอง หมายถึง กลุ่มของพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถต่าง ๆ เช่น ความสามารถในการรับรู้ ความสัมพันธ์ ความสามารถของแต่ละบุคคลในการปรับตัวให้เข้ากับความต้องการของสังคม ความสามารถทางสมอง หรือองค์ประกอบทางประสาท อัตราเร็วในการเรียนรู้ การคิดเชิงนามธรรม และโครงสร้างทางทฤษฎีที่จะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา

ฮัมพรีย์ส์ (Humphreys 1971: 31) กล่าวว่าไว้ว่า สมรรถภาพสมอง หมายถึง การสะสมทักษะ ความรู้ กลุ่มการเรียนรู้ และการสรุปความที่ได้รับมา ซึ่งเป็นความรู้ โดยธรรมชาติที่สามารถดึงออกมาใช้ในช่วงเวลาใดก็ได้

เวอร์นอน (Vernon 1973: 9) ได้สรุปความหมายของสมรรถภาพสมอง ออกเป็น 3 แนวคือ

1. สมรรถภาพสมอง หมายถึง สมรรถภาพของบุคคลที่มีมาแต่กำเนิด ซึ่งได้รับถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษ โดยผ่านพันธุกรรม สมรรถภาพนี้จะเป็นตัวกำหนดความสามารถของความเจริญเติบโตทางสมองของบุคคล
2. สมรรถภาพทางสมอง หมายถึง ความเฉลียวฉลาดของบุคคลในการเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว มีการคิด การให้เหตุผล และการสรุปที่มีประสิทธิภาพ
3. สมรรถภาพสมอง หมายถึง อายุสมอง หรือคะแนนที่ได้จากแบบสอบเชาวน์ปัญญา ซึ่งเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย

อนาสตาซี (Anastasi 1982: 367-368) ได้กล่าวถึงสมรรถภาพสมองว่า เป็นความสามารถพิเศษของแต่ละบุคคล ซึ่งพิจารณาได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเธอร์สโตน (Thurstone) ที่พบว่า ความสามารถพื้นฐานทางสมองของมนุษย์มี 7 ด้าน คือ ความสามารถด้าน จำนวน ด้านภาษา ด้านเหตุผล ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านความจำ ด้านการรับรู้ทางตา และด้านความคล่องแคล่วในการใช้คำ

สำหรับนักการศึกษาในประเทศไทยได้ให้ความหมายของสมรรถภาพสมองทางสมองดังนี้

ชวาล แพร์ตันกุล (2513: 1) ได้ให้ความหมายไว้ว่า สมรรถภาพสมอง หมายถึง สมรรถวิสัย และทิศทางแห่งความงอกงามของสมอง หรือขีดความสามารถขั้นสูงสุด เขาได้รับการสอน การฝึก และประสบการณ์ที่เหมาะสม

วิเชียร เกตุสิงห์ (2517: 1-2) ได้ให้ความหมายไว้ว่า "สมรรถภาพสมอง หมายถึง ความสามารถอันเกิดจากการสะสมประสบการณ์เก่า ๆ ที่ได้เรียนรู้

มาในอดีตแล้ว กลายเป็นความสามารถอันใหม่”

สุชา จันทรเอ็ม (2517: 68) ได้ให้ความหมายไว้ว่า “สมรรถภาพสมอง คือความสามารถอย่างหนึ่งในตัวบุคคลทำให้บุคคลนั้นสามารถปฏิบัติภารกิจต่าง ๆ ได้เป็นผลสำเร็จตามความปรารถนา ปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้อย่างดี เข้าใจและรวบรวมความจริงต่าง ๆ เข้าด้วยกันได้ เรียนได้ แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ และมีเหตุผล คิดแบบนามธรรมได้”

บุญส่ง นิลแก้ว (2519: 17) ให้ความหมายว่า “สมรรถภาพทางสมอง เป็นสมรรถภาพ หรือศักยภาพที่มีอยู่ในตัวบุคคล อันจะก่อให้เกิดความสำเร็จในการทำกิจกรรมใด ๆ”

สุนีย์ อีรดากร (2524: 89) กล่าวถึงสมรรถภาพทางสมองว่า “เป็นความคิดหรือคำบรรยายลักษณะต่าง ๆ ซึ่งแสดงถึงระดับความสามารถของพฤติกรรมทางสมองของบุคคลในด้านต่าง ๆ เช่นในด้านความคิด การตัดสินใจแก้ปัญหา การเรียนรู้ และการปรับตัวบุคคลเมื่อเผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งคะแนนที่ได้จากการทำแบบสอบเชาวน์ปัญญา”

สุนันท์ ศลโกสุม (2524: 235) กล่าวว่า “สมรรถภาพทางสมอง หมายถึง สมรรถภาพ หรือขีดความสามารถที่สมองของมนุษย์ได้รับการพัฒนาแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากการสร้างสมประสบการณ์ การฝึกฝนความรู้ และประสบการณ์มานานนับตั้งแต่เกิด”

จากการที่นักจิตวิทยา และนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของสมรรถภาพทางสมองไว้มากมาย ดังที่กล่าวมาแล้วนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้

สมรรถภาพทางสมอง หมายถึง

1. ความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม หรือการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ใหม่ได้อย่างรวดเร็ว และประสบผลสำเร็จ ตลอดจนมีความสามารถในการเรียนรู้จากประสบการณ์ มีวิธีการดำเนินชีวิตได้โดยง่าย สามารถอยู่รอดในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. อายุสมองหรือระดับความสามารถซึ่งได้จากการทำแบบสอบ
เชาว์ปัญญา ระดับความสามารถที่ปรากฏออกมาให้เห็นนี้ มีประโยชน์ในการทำนายผลสำเร็จ
ในการเรียน และการประกอบอาชีพบางอย่าง

3. สมรรถวิสัย และทิศทางแห่งความงอกงามทางสมอง หรือขีด
ความสามารถขั้นสูงสุด ที่ทำให้แต่ละบุคคลสามารถเรียนรู้และทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมี
จุดมุ่งหมาย สามารถคิดอย่างมีเหตุผล คิดแบบนามธรรม มีการสรุปและตัดสินใจแก้ปัญหาใหม่ ๆ
ที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. สมรรถภาพหรือศักยภาพของบุคคลที่มีมาแต่กำเนิด ซึ่งได้รับถ่ายทอด
มาจากบรรพบุรุษโดยผ่านทางพันธุกรรม และสมรรถภาพนี้จะเป็นตัวกำหนดความสามารถของ
ความเจริญเติบโตทางสมอง

5. กลุ่มพฤติกรรมทางสมอง หรือความสามารถพิเศษของมนุษย์ที่ประกอบ
ด้วยความสามารถพื้นฐาน 7 ด้าน คือ ความสามารถด้านจำนวน ด้านภาษา ด้านเหตุผล
ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านความจำ ด้านการรับรู้ทางตา ด้านความคล่องแคล่วในการใช้คำ

1.2 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสมรรถภาพทางสมอง

ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาเกือบศตวรรษ นักการศึกษาและนักจิตวิทยา
ได้พยายามที่จะอธิบายความหมายและโครงสร้างของความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของมนุษย์
ในลักษณะต่าง ๆ กัน บ้างกำหนดเรียกความสามารถดังกล่าว เป็นสมรรถภาพทางสมองหรือ
เชาว์ปัญญา บางเรียกเป็นความถนัด บางกลุ่มเรียกเป็นการคิดแบบต่าง ๆ แล้วแต่ผู้นั้น
หรือกลุ่มผู้ศึกษานั้นมีพื้นฐานเดิมมาจากลักษณะใด ความหมายของความสามารถดังกล่าวจึงมี
ลักษณะที่หลากหลายทัศนะ อย่างไรก็ตาม แวกเนอร์ และสเตอร์นเบิร์ก (Wagner and
Sternberg 1984 : 180-184) ได้จำแนกทัศนะเกี่ยวกับสมรรถภาพทางสมองของมนุษย์ใน
ช่วงเวลาเกือบศตวรรษที่ผ่านมาเป็น 3 กลุ่มคือ

1) ทัศนะของนักวัดทางจิตวิทยา (psychometric perspectives)
กลุ่มนี้เริ่มที่บีเน็ต และ ซีมอน (Binet and Simon) ซึ่งทำการศึกษาในปี 1905 ประเทศ
ฝรั่งเศส รวมทั้งกลุ่มของเทอร์แมน และคณะ ศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 1960 ทั้ง
สองกลุ่มเชื่อว่าสมรรถภาพทางสมองเป็นสมรรถภาพที่ใช้ทักษะการคิดต่าง ๆ ซึ่งบุคคลได้รับ และ

สะสมมาจากประสบการณ์ที่ผ่านเข้ามาในชีวิตประจำวัน มาแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เขาเผชิญอยู่ และปัญหานั้นมีความซับซ้อน ในปี 1927 สเปียร์แมน (Spearman) ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นเครื่องมือในการอธิบายความแปรปรวน และความแตกต่างระหว่างบุคคลในเรื่องโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมอง ใช้คำว่าองค์ประกอบ (factor) แทนหน่วยของการวัดจิตลักษณะ (psychological trait) ของสมรรถภาพสมองนี้ และเสนอทฤษฎะเกี่ยวกับสมรรถภาพทางสมองว่าประกอบด้วยองค์ประกอบทั่วไป ซึ่งเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาโดยทั่วไป และองค์ประกอบเฉพาะ เป็นความสามารถพิเศษของแต่ละคนในการคิดแก้ปัญหาของตนเอง และมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทั่วไปค่า

จากความก้าวหน้าทางวิธีการสถิติในเรื่อง เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ ทำให้แนวความคิดนี้ได้รับการพัฒนามากขึ้น เช่นในปี 1938 ทศนะของเธอร์สโตน เห็นว่า สมรรถภาพทางสมองที่เป็นพื้นฐาน หรือ เป็นขั้นปฐมภูมิที่บุคคลใช้ในการแก้ปัญหานั้น มีประมาณ 7-12 องค์ประกอบ และองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 7 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบความเข้าใจทางภาษา ความคล่องแคล่วในการใช้คำ จำนวน มิติสัมพันธ์ ความคล่องแคล่วในการรับรู้และสังเกต การจำ และการใช้เหตุผล นอกจากนี้ เธอร์สโตน ยังกล่าวเกี่ยวกับการแก้ปัญหา บุคคลอาจไม่ได้ใช้ความสามารถที่เป็นขั้นปฐมภูมิเพียงองค์ประกอบเดียว อาจใช้หลายองค์ประกอบรวมกัน ซึ่งเรียกว่า สมรรถภาพขั้นทุติยภูมิ

ทศนะเกี่ยวกับสมรรถภาพทางสมอง เป็นองค์ประกอบต่าง ๆ เป็นที่ยอมรับกันมาก และได้รับการพัฒนาแนวความคิดเป็นทศนะใหม่ ในระยะใกล้ ๆ นี้ ได้แก่ทศนะของกิลฟอร์ด ที่เสนอว่าสมรรถภาพสมองมีลักษณะ เป็นมิติสามมิติที่มีความสัมพันธ์ผสมผสานกัน เป็นความคิด หรือสติปัญญาของมนุษย์ มิติเหล่านี้ ได้แก่ มิติเนื้อหา เป็นลักษณะของข่าวสารข้อความจริง ๆ ต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้รับ ในปี 1967 กิลฟอร์ดเสนอไว้ 4 ลักษณะ คือ ภาพที่เป็นรูปธรรม สัญลักษณ์ ภาษา และพฤติกรรม และได้เพิ่มลักษณะเนื้อหาที่เป็นเสียงในปี 1977 มิติที่สอง เป็นมิติผลผลิตที่มีลักษณะแตกต่างกัน 6 ลักษณะคือ หน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบการแปลงรูป และการประยุกต์ ซึ่งความสัมพันธ์ของมิติเนื้อหากับมิติผลผลิตที่ประสมประสานกันนี้มีทั้งหมด 30 ลักษณะ และมิติที่สามเป็นมิติกระบวนการคิด เป็นกระบวนการของสมองที่ปฏิบัติการหรือตอบสนองกับข้อมูลทั้ง 30 ลักษณะที่กล่าวมาแล้ว ได้แก่ การรู้จัก และรับรู้ ความจำ

การคิดแบบอเนกนัย การคิดแบบเอกนัย และการประเมินค่าจากความสัมพันธ์ของมิติทั้งสามมิติดังกล่าว องค์ประกอบของสมรรถภาพตามที่เสนอของกิลฟอร์ด จึงมีทั้งหมด 150 องค์ประกอบ

นอกจากนี้ ยังมีทัศนะของนักจิตวิทยาอีกกลุ่มหนึ่งที่เห็นว่าในแต่ละองค์ประกอบใหญ่ มีองค์ประกอบย่อยที่ซับซ้อนเป็นลำดับชั้น ผู้เสนอทัศนะนี้ ได้แก่ เวอร์นอน (Vernon 1971) สโนว์ (Snow 1978) แต่ทัศนะของเวอร์นอนเป็นที่ยอมรับ และได้รับการกล่าวอ้างกันมาก เป็นทัศนะที่ว่า สมรรถภาพทางสมองมีองค์ประกอบทั่วไป (g-factor) อยู่เหนือสุด และแยกออกเป็นองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการคือ องค์ประกอบเกี่ยวกับการศึกษาและภาษา และองค์ประกอบเกี่ยวกับการปฏิบัติ ซึ่งเน้นหนักในเรื่องมิติสัมพันธ์และการใช้เครื่องกลต่าง ๆ ทั้งสององค์ประกอบสำคัญนี้ ยังแยกย่อยเป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องอีก เรียกว่า องค์ประกอบรอง ซึ่งยังจำแนกออกเป็นองค์ประกอบ เฉพาะสำหรับการแก้ปัญหาที่เป็นรายละเอียดของงาน และเวอร์นอนจัดให้เป็นลำดับสุดท้ายของสมรรถภาพทางสมอง

2) ทัศนะของกลุ่มที่คล้อยตามทฤษฎีของเพียเจท์ (Piagetian perspective) ทัศนะของกลุ่มนี้มีลักษณะแตกต่าง และไม่เกี่ยวข้องกับทัศนะของกลุ่มนักจิตวิทยาในเชิงของความคิด แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้ว ยังคงมีลักษณะบางอย่างที่เกี่ยวข้องกัน เพียเจท์เริ่มต้นทำการศึกษเกี่ยวกับพัฒนาการทางการคิดมาตั้งแต่ครั้งที่ยังทำงานในห้องปฏิบัติการร่วมกับมิเนต์ โดยที่เพียเจท์ได้ให้ความสนใจการที่เด็กตอบแบบทดสอบของมิเนต์แล้วผิดในข้อนั้น และเมื่อมีการสังเกตพฤติกรรมในการทำแบบทดสอบซ้ำอีก พบว่าความผิดพลาดหรือคำตอบผิดของเด็ก เหล่านั้นเป็นไปอย่างมีเหตุผล ซึ่งเพียเจท์ได้สรุปว่า การคิดของเด็กนั้นมีระเบียบ หรือโครงสร้างของเหตุผลในการตอบ เพียงแต่โครงสร้างเหตุผลของเด็กนั้นแตกต่างไปจากโครงสร้างเหตุผลของผู้ใหญ่ ดังนั้นเพียเจท์จึงได้กำหนดเป้าหมายของการวิจัยในระยะต่อมา เพื่อที่จะอธิบายโครงสร้างของการคิดมีลักษณะที่แตกต่างกันตามระดับของพัฒนาการ และความต้องการที่จะค้นพบลักษณะที่บุคคลพัฒนาจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่งที่สูงกว่า

เพียเจท์มีความเชื่อว่าลักษณะสำคัญของสมรรถภาพทางสมองสองประการที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน คือ กระบวนการปฏิบัติงานหรือหน้าที่ และโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมอง เพียเจท์มีพื้นฐานการศึกษาทางชีววิทยา จึงมีทัศนะว่า หน้าที่หรือการปฏิบัติงานของ

สมรรถภาพสมองนั้น ไม่แตกต่างไปจากการปฏิบัติงานหน้าที่ของกิจกรรมทางชีววิทยาอื่น ๆ ซึ่งเพียเจต์ หมายถึง การปรับตัวนั่นเอง การปรับตัว ในที่นี้เพียเจต์ หมายถึงกระบวนการปรับ เข้าโครงสร้าง (assimilation) ได้แก่การที่บุคคลรับสถานการณ์หรือสิ่งเร้าใหม่เข้ามาเป็นพวกเดียวกันกับประสบการณ์เดิมของคน และกระบวนการปรับ เปลี่ยนโครงสร้าง (accomodation) ได้แก่ การดัดแปลง หรือปรับปรุงโครงสร้างที่เกิดจากประสบการณ์เดิมของคนให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่ กระบวนการทั้งคู่จะทำงานร่วมกันหรือสลับกัน เพื่อปรับโครงสร้างการคิดของคนให้เข้าใจสิ่งเร้ามากที่สุด ผลของการปรับดังกล่าวเมื่อได้ทำงานอย่างเต็มที่แล้ว จะช่วยพัฒนาโครงสร้างของการคิดจากระดับหนึ่งไปสู่ระดับที่สูงกว่า เพียเจต์ได้เสนอส่วนประกอบภายในโครงสร้างและระดับความแตกต่างของสมรรถภาพสมองว่าเกี่ยวข้องกับอายุ เขาได้แบ่งระดับพัฒนาการทางสมรรถภาพสมองของเด็กออกเป็น การคิดด้วยรูปธรรมและระดับการจำแนกคุณภาพ เมื่อบุคคลมีระดับการคิดก้าวจากระดับหนึ่งไปสู่ระดับที่สูงกว่านั้น โครงสร้างการคิดของระดับ เดิมจะมีการจัดระบบใหม่ และขยายโครงสร้างการคิดของคนให้มีลักษณะโครงสร้างที่สมดุล หรือปรับตัวให้เข้ากับระดับการคิดใหม่ที่บุคคลได้พัฒนาไปถึง เพียเจต์ได้จำแนกระดับของพัฒนาการในด้านการคิดออกเป็น 3 ระดับคือ 1) ระดับอาศัยประสาทสัมผัส (sensorimotor stage) ซึ่งอยู่ในวัยเด็กตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 2 ปี 2) ระดับการเตรียมตัวสำหรับการจัดระเบียบความคิดด้วยรูปธรรม (concrete operational stage) ระดับนี้โดยทั่วไป จำแนกเป็นสองระดับย่อยคือ 2.1) ระดับเริ่มคิดด้วยญาณ (pre-operational stage) และ 2.2) ระดับคิดด้วยรูปธรรม (concrete operations) ซึ่งอยู่ระหว่างอายุ 2 ปี ถึง 12 ปีโดยประมาณ และ 3) ระดับการคิดตามแบบแผนทางตรรกวิทยา (formal-operational stage) ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่อายุประมาณ 12 ปีจนถึงวัยผู้ใหญ่

ทฤษฎีของ เพียเจต์ที่ใช้ในการอธิบายพัฒนาการของการคิดดังกล่าวอาศัยข้อตกลงหรือเงื่อนไขที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่

(1) มีปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อพัฒนาการทางการคิด 4 ปัจจัย ได้แก่ วุฒิกวาระ ประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ และอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมทางสังคมทั้งสามปัจจัยนี้ มักจะถูกกล่าวถึงในการอธิบายพัฒนาการของการคิด ซึ่งปัจจัยใดจะเป็นปัจจัยที่เหนือกว่าปัจจัยอื่น หรือจะประสานสัมพันธ์กันนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ 4 คือ กระบวนการ

สร้างดุลยภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการ เฉพาะตัวของแต่ละคนที่ใช้ในการปรับตัว

(2) เพียเจต์ได้แสดงว่าพัฒนาการของการคิดนั้น เป็นผลของระดับ
ขั้นของพัฒนาการที่ต่อเนื่องกันอย่างไม่เปลี่ยนแปลง โดยการก้าวสู่ระดับอื่น ๆ ได้สำเร็จนั้น
เป็นการอาศัยความสำเร็จจากหลักการต่าง ๆ ที่ได้บรรลุแล้วในระดับ เบื้องต้น

(3) อัตรากาการ เกิดของพัฒนาการของการคิดแต่ละระดับของ แต่ละคน
นี้ จะแปรผันมากในระหว่างบุคคล ซึ่งโดยสรุปแล้ว เพียเจต์มีทัศนะว่าพัฒนาการทางการคิดของ
แต่ละคนมีเพียงลักษณะเดียวกัน ไม่ต่างกันในระดับและลำดับของพัฒนาการ แต่จะแตกต่างกัน
ในด้านอัตรากาการเร็วในการ เกิดของแต่ละระดับของพัฒนาการ ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่าง
ระดับบุคคล

3) ทัศนะของกลุ่มกระบวนการประมวลผลข้อความจริง (information processing perspective) ทัศนะของกลุ่มนี้พิจารณาสมรรถภาพสมอง ในแง่ของวิธีการที่
รวบรวมและจัดกระทำเกี่ยวกับข้อความจริงที่ได้รับของสมอง มีบางทัศนะที่ใช้กระบวนการทาง
โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาเทียบเคียง และหาแนวทางในการที่จะเข้าใจกระบวนการทางสมอง
ของมนุษย์ที่จัดกระทำข้อความจริงหรือข้อมูลต่าง ๆ ทัศนะของกลุ่มนี้มีมาตั้งแต่ตอนเตอร์ส
(Donders 1868) เสนอทัศนะเกี่ยวกับกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาระหว่าง
การรับรู้สิ่งเร้ากับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของบุคคลนั้น สามารถจำแนกเป็นลำดับขั้นต่าง ๆ ที่
ต่อเนื่องกันของกระบวนการ แต่ตอนเตอร์สไม่ได้อธิบายว่ากระบวนการแต่ละลำดับขั้นเหล่านั้น
ประกอบด้วยอะไรบ้าง ทัศนะของตอนเตอร์สไม่ได้รับการสนับสนุนจนถึงปี 1960 ทัศนะนี้จึง
ได้รับความสนใจ โดยมีการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ 2 ฉบับ คือรายงานโปรแกรม การแก้ปัญหา
ทั่วไปของนิเวลล์ ชอร์ และไซมอน (Newell, Shaw and Simon 1972) กับรายงาน
การวิจัยเกี่ยวกับแผนและโครงสร้าง พฤติกรรม ของ มิลเลอร์ แกลแลนเตอร์ และพริแอม
(Miller, Galanter and Pribram) รายงานทั้งสองฉบับนี้ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับ
กระบวนการประมวลผลข้อความจริง ซึ่งทฤษฎีนี้สามารถนำไปใช้และตรวจสอบได้โดยคอมพิวเตอร์
นอกจากนี้รายงานโปรแกรมการแก้ปัญหาทั่วไปของนิเวลล์ และไซมอน ได้แสดงให้เห็นว่าปัญหาที่
แก้ได้ยาก หรือต้องใช้เหตุผลที่ยุ่งยากซับซ้อนมาแก้ปัญหาานั้น สามารถใช้หลักการของเหตุผล
ง่าย ๆ จำนวนไม่มากนัก มาสัมพันธ์กับยุทธวิธีที่เหมาะสมก็สามารถจะแก้ปัญหาที่ว่ายากนั้นได้
สำเร็จ

ขณะที่นักจิตวิทยาใช้องค์ประกอบ เป็นหน่วยการวัดหลักในการอธิบาย พฤติกรรมของสมรรถภาพทางสมอง กลุ่มกระบวนการประมวลผลข้อความจริงใช้กระบวนการประมวลผลข้อความจริงพื้นฐาน เป็นหน่วยหลักของการอธิบายพฤติกรรมเหล่านั้น โดยยอมรับว่า พฤติกรรมในระบบการประมวลผลข้อความจริงของมนุษย์นั้น เป็นผลจากการนำกระบวนการพื้นฐานต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันเพื่อแก้ปัญหา ส่วนการตัดสินใจว่ากระบวนการประมวลผลข้อความจริงใด เป็นกระบวนการพื้นฐานนั้น ประเมินได้จากการนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาตามกระบวนการดังกล่าวมาอธิบาย ถ้าหากไม่สามารถจำแนกกระบวนการนั้น เป็นกระบวนการย่อยหรือซับซ้อนน้อยลงแล้ว แสดงว่ากระบวนการนั้น เป็นกระบวนการพื้นฐานซึ่งจะถูกนำไปใช้ เป็นหน่วยในการวิเคราะห์ และอธิบายระดับของพฤติกรรมตามทฤษฎีหรืองานที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการแก้ปัญหา นั้น ๆ กระบวนการพื้นฐานเหล่านี้จะมีลักษณะที่ชัดเจนตามลักษณะ และประเภทของงานที่กระทำว่าต้องใช้กระบวนการพื้นฐานอะไรมาแก้ปัญหา หรือทำงานนั้นได้สำเร็จ

นอกจากนี้เนเวล และไซมอน ยังได้ใช้ระบบผลผลิตมาเป็นแนวทางในการอธิบายกระบวนการประมวลผลข้อความจริงพื้นฐาน โดยกล่าวว่า ผลผลิต เป็นผลลัพธ์ของการตอบสนองที่มีต่อสิ่ง เราหรือปัญหา เมื่อมนุษย์พบปัญหาหรือสิ่ง เราแล้วมนุษย์จะวางแผนในการตอบสนองสิ่ง เรา หรือแก้ปัญหานั้น โดยเริ่มต้นหาเงื่อนไขต่าง ๆ สำหรับการตอบสนอง เมื่อค้นพบเงื่อนไขนั้นตามแผนที่ได้กำหนดไว้แล้ว จะทำการควบคุมการตอบสนองให้เป็นไปตามขั้นตอนต่าง ๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการตอบสนอง และผลผลิตที่ได้รับในแต่ละรายงานตอบสนอง เป็นที่พึงพอใจ แต่ถ้าผลผลิตนั้นไม่เป็นที่พอใจ กระบวนการต่าง ๆ ย้อนกลับไปเริ่มต้นจากการค้นหาเงื่อนไขที่ชัดเจนและถูกต้องต่อไปจนกว่าผลผลิตที่ได้จะเป็นที่พึงพอใจ กระบวนการในการตอบสนองคือเงื่อนไขแต่ละขั้นตอนเหล่านี้ เนเวล และไซมอน กล่าวว่า เป็นกระบวนการประมวลผลข้อความจริงพื้นฐาน

สเตอร์นเบิร์ก (Sternberg 1980: 85) ได้ให้ข้อสังเกตเกี่ยวกับกระบวนการประมวลผลข้อความจริงที่เป็นพื้นฐาน ว่ามีลักษณะที่แตกต่างกัน จำแนกออกได้ 3 ลักษณะ ได้แก่

1. องค์ประกอบระดับสูงสุด (metacomponent) เป็นกระบวนการควบคุมระดับสูงสุด ในการวางแผนการตัดสินใจ เพื่อแก้ปัญหา ซึ่งรวมไปถึงกระบวนการตัดสินใจ

เกี่ยวกับธรรมชาติของปัญหาที่เผชิญอยู่ ยุทธวิธีที่ใช้ และการแปลความหมายจากข้อมูลย้อนกลับ

2. องค์ประกอบด้านการปฏิบัติการ (performance component) เป็นกระบวนการในการวางแผนการทำงาน เช่น กระบวนการในการรวบรวมลักษณะต่าง ๆ ของปัญหา การสรุปอ้างอิงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ เหล่านั้น ตลอดจนเปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ ที่ผลสรุปของการแก้ปัญหาจะเป็นไปได้

3. องค์ประกอบด้านการรับรู้ (knowledge-aquisition component) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ และข้อความจริงใหม่ที่ตามมา ประกอบด้วยกระบวนการในการที่จะเลือกรวบรวมข้อความจริงโดยการจำแนกข้อความจริงที่เกี่ยวข้องออกมา และการเลือก เปรียบเทียบข้อความจริงใหม่ที่เกี่ยวข้องกับข้อความจริง เดิมที่ได้เรียนรู้มาก่อน

โดยสรุปแล้วทัศนะของกลุ่มประมวลผลข้อความจริง เป็นก้าวใหม่ที่สำคัญในการที่จะเข้าใจสมรรถภาพทางสมองของมนุษย์ในลักษณะของการปฏิบัติการทางสมองด้วยความแม่นยำ และมีคุณสมบัติของการตรวจสอบมากกว่าทัศนะของกลุ่มอื่น ทั้งนี้เพราะกลุ่มนี้ใช้กระบวนการประมวลผลข้อความจริงพื้นฐาน ซึ่งเป็นปฏิบัติการของสมองอย่างง่ายเป็นหน่วยหลักในการวัดและอธิบายการทำงานของกระบวนการทางสมอง ในขณะที่กลุ่มนักวัดทางจิตวิทยาใช้องค์ประกอบ ซึ่งมีลักษณะของผลผลิตหรือกระบวนการทางสมองที่มีลักษณะซับซ้อนมากอธิบายทฤษฎี หรือสมรรถภาพสมอง และทัศนะของกลุ่มเพียงเจ้พยายาม อธิบายสมรรถภาพสมองในเชิงโครงสร้าง และพัฒนาการของการคิดในระดับต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะ เป็นผลผลิตไม่ใช่ลักษณะของการปฏิบัติการทางสมอง

จากทัศนะต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้น พอจะสรุปหลักการในการวิเคราะห์พฤติกรรมของสมรรถภาพทางสมองของแต่ละทัศนะได้ดังนี้

1. ทัศนะของกลุ่มนักวัดทางจิตวิทยา มุ่งที่จะสร้างรูปแบบของโครงสร้างสนใจความแปรผันระหว่างบุคคล สร้างแบบทดสอบมาตรฐานวัดสติปัญญา เพื่อที่จะประเมินสมรรถภาพทางสมอง และยอมรับว่าการปฏิบัติงานตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ เป็นผลของการกระทำของสมรรถภาพที่เรียกว่าองค์ประกอบ

2. ทักษะของกลุ่มเพียเจต์ สร้างรูปแบบของพัฒนาการของโครงสร้าง ในการแก้ปัญหาสนใจในสิ่งที่เกิดขึ้นร่วมกันของแต่ละบุคคลในวันที่กำหนด และสิ่งที่ไม่เหมือนกัน ในกรณีที่มีวัยแตกต่างกัน ตลอดจนหาวิธีการแก้ไข โดยทั่วไปมักใช้วิธีสังเกต เพื่อจะประเมิน สมรรถภาพสมองและยอมรับว่าการปฏิบัติงานตามเงื่อนไขที่กำหนดให้เป็นผลของการใช้หลักการ ทางตรรกวิทยาใช้ในการแก้ปัญหา

3. ทักษะของกลุ่มประมวลผลข้อความจริง มุ่งที่จะสร้างรูปแบบของ กระบวนการ มีความสนใจในความแปรผันอันเนื่องมาจากความยากของงาน พยายามจำแนก งานที่พบในแบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้วัดเชาวน์ปัญญา และยอมรับว่าการปฏิบัติงานตามเงื่อนไข ที่กำหนดให้เป็นผลของกลุ่มองค์ประกอบต่าง ๆ ในกระบวนการ

ทั้งสามทักษะนี้มีลักษณะที่ร่วมกันอยู่บ้าง มิได้แยกกันโดยเด็ดขาด เพียง แต่ ว่า แต่ละทักษะใช้แหล่งของความแปรผันที่นำมาอธิบายจากแต่ละแหล่ง โดยกลุ่มนักจิตวิทยา มุ่งใช้ความแตกต่างระหว่างบุคคล กลุ่มประมวลผลข้อความจริงใช้ความแตกต่างของงาน ส่วนกลุ่มเพียเจต์ใช้กลไกของพัฒนาการด้านการคิด และเห็นว่าศักยภาพของการคิดในแต่ละระดับ ของพัฒนาการแตกต่างกัน

นอกจากทักษะของทั้งสามกลุ่มดังกล่าวมาแล้ว ยังมีทักษะที่เป็น การผสมผสานแนวทฤษฎีมากกว่า 1 ทักษะในการอธิบายโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมอง ดังเช่น ไดอะมอนด์และรอยซ์ (Diamond and Royce 1980: 31-56) ซึ่งกล่าวถึงการวิเคราะห์ ของรอยซ์ ในปี 1964, 1974 และ 1975 ที่อ้างถึงความสัมพันธ์กันโดยตรงของระบบการคิด กับวิธีแห่งการเรียนรู้ ซึ่งรอยซ์เห็นว่า เป็นกระบวนการทางจิตวิทยาที่บุคคลแสดงออก หรือใช้ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และมีอยู่ 3 วิธีที่สำคัญ ได้แก่

1. การใช้ระบบของเหตุผล (rationalism) เป็นการได้รับความรู้ ความจริงจากการที่บุคคลพิจารณาว่าความเป็นจริงนั้น ๆ สอดคล้องกับหลักตรรกศาสตร์ เป็น การวิเคราะห์หลักการและเหตุผลตลอดจนสังเคราะห์แนวความคิดต่าง ๆ มาเป็นข้อความจริง

2. การใช้ระบบของข้อมูลที่สังเกต (empiricism) เป็นการได้ ความรู้ความจริงจากการที่บุคคลพิจารณาความคงที่ และความเที่ยงตรงของประสบการณ์นอกตัว ที่ได้สังเกตพบกระบวนการคิดในลักษณะนี้จึงขึ้นอยู่กับ การเรียนรู้ และประสบการณ์ทางประสาท สัมผัส

3. การใช้ระบบการเทียบเคียง (metaphorism) เป็นการได้ความจริงจากการที่บุคคลพิจารณาประสบการณ์ภายนอก และตรวจสอบความถูกต้องจากขอบข่ายของการประจักษ์แจ้งทันที หรือที่เขาารู้สึกรับรู้ กระบวนการคิดจึงเป็นไปในลักษณะความสอดคล้องของการกำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ของธรรมชาติ ทั้งที่เป็นไปโดยสำนึกและไม่สำนึก

รอยซ์ ได้อธิบายว่า ในระบบการคิดมีระบบการคิดย่อยที่สอดคล้องกับวิถีแห่งการเรียนรู้ตั้งสามวิธีดังกล่าว คือ ระบบการคิดแบบการสร้างความคิดรวบยอด (conceptual subsystem) สอดคล้องกับวิถีการใช้ระบบของเหตุผล ระบบย่อยการรับรู้ (perceptual subsystem) สอดคล้องกับวิถีการใช้ระบบของข้อมูล และระบบการสร้างสัญลักษณ์ (symbolizing subsystem) สอดคล้องกับวิถีการใช้ระบบเทียบเคียง นอกจากนี้ เขายังได้อธิบายว่าบุคคลที่มีความสามารถในการสร้างความคิดรวบยอดสูงจะ เป็นผู้ที่สามารถคิดได้อย่างแจ่มชัด และมีลักษณะเป็นนามธรรม ด้วยเหตุที่บุคคลนั้นได้สะสมความคิดรวบยอดเป็นจำนวนมาก ความคิดรวบยอดเหล่านี้จะใช้เพื่อสนองตอบหรืออธิบายความจริงในธรรมชาติเป็นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง กล่าวคือ เป็นการใช้ความคิดรวบยอดหนึ่งความคิด อธิบายความจริงในธรรมชาติได้เพียงหนึ่งอย่าง ถ้าความจริงในธรรมชาติเปลี่ยนไปก็จะต้องใช้ความคิดรวบยอดใหม่มาอธิบาย และบุคคลที่มีความสามารถในการรับรู้สูงจะสามารถปฏิบัติเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้รับรู้อย่างมีระเบียบข้อมูลที่ได้รับรู้นี้ หมายถึง ความสัมพันธ์อย่างซับซ้อนของมิติทางกายภาพ และมิติทางประสาทสัมผัสส่วนบุคคลที่มีความสามารถในการสร้างสัญลักษณ์สูงจะสามารถสร้างจินตภาพเกี่ยวกับความหมายร่วมกันได้ดี ทั้งนี้เพราะบุคคลนั้นได้สะสมสัญลักษณ์ไว้จำนวนมาก ความหมายของสัญลักษณ์ในกระบวนการคิด หมายถึงความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อจำนวนมาก กล่าวคือสัญลักษณ์ 1 สัญลักษณ์จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างความหมายและความสำคัญของสิ่งต่าง ๆ ได้หลายสิ่ง ระบบการคิดย่อยทั้งสามระบบที่ไดอะมอนด์และรอยซ์ กล่าวถึงนี้ก็คือ พัฒนาการคิดตามระดับ เหตุผลดังที่เพียเจต์ เสนอไว้นั่นเอง

วาร์เดล และรอยซ์ (Wardel and Royce 1978: 53-68)

ได้กำหนดสมมติฐานว่า ระบบของการคิดสามารถจำแนกและให้ความหมายได้โดยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ และเชื่อว่า ถ้าให้ระบบย่อยของการคิดทั้งสามระบบคือระบบการสร้างความคิดรวบยอด ระบบการเรียนรู้และระบบเทียบเคียง แต่ละระบบเป็นลำดับสูงสุดแล้ว จะมีองค์ประกอบย่อยที่เป็นลำดับต่ำกว่าที่มีโครงสร้างของการคิดสอดคล้องกับระบบการคิดย่อยทั้งสามระบบนั้น

แตกต่างกันไปในลักษณะของจำนวนและคุณภาพ โดยจำนวนและลักษณะของโครงสร้างดังกล่าวนี้ จะอ้างอิงไปถึงจำนวนวิธีที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคลในการที่จะรับรู้ สร้างความคิดรวบยอด และกำหนดสัญลักษณ์จากประสบการณ์เดิมโดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่ จากทัศนะดังกล่าวสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการคิดต่าง ๆ ที่มีลักษณะ เป็นลำดับขั้น และมีจำนวนจำกัดในลำดับที่สองและที่สาม โดยที่จำนวนองค์ประกอบในลำดับแรก เป็นลำดับ เบื้องต้นไม่ได้จำกัด ซึ่งลักษณะของ องค์ประกอบ และการจัดลำดับขั้นขององค์ประกอบสอดคล้องกับทัศนะของกลุ่มนักจิตวิทยา

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังกล่าวพบว่า มี 23 องค์ประกอบที่เป็นองค์ประกอบลำดับแรก หรือเป็นองค์ประกอบพื้นฐานทั้ง 23 องค์ประกอบ ที่พบนี้ไม่แตกต่างกันไปจากงานของคนอื่น ๆ ที่สำคัญ ๆ เช่น เฟรนช์ (French 1963) กิลฟอร์ด (Guilford 1961) อามาวารา (Ahmavara 1957) พอร์ลิก (Pawlik 1966) และ เฮอร์สโตน (Thurstone 1941) ทั้งนี้โดยความเป็นจริงแล้ว พบว่ามี องค์ประกอบในลำดับแรกนี้ 24 องค์ประกอบ แต่ได้ตัดองค์ประกอบความรู้เกี่ยวกับ เครื่องจักรกล ซึ่งพบในงานของเฟรนช์ และกิลฟอร์ด ออกไป เพราะว่าองค์ประกอบด้านนี้มีลักษณะ เป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนมากกว่าความสามารถทางการคิด รอยซ์จึงสรุปว่า ในลำดับแรกนี้ มี เพียง 23 องค์ประกอบ และลำดับที่อยู่สูงกว่าถัดไปเป็นลำดับที่สอง มี 6 องค์ประกอบที่มีความ แปรปรวนน้อย ได้แก่ องค์ประกอบด้านภาษา เหตุผล มิติสัมพันธ์ทางสายตา ความจำ ความ คล่องแคล่ว และการสร้างจินตนาการ ซึ่งอาจให้ความหมายในลักษณะแรงจูงใจหรือองค์ประกอบ ด้านความรู้สึก และเมื่อจัดกลุ่มองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่ออธิบายระบบการคิดย่อยแต่ละระบบตาม ลำดับขั้นทั้งสามแล้ว สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ระบบการสร้างความคิดรวบยอด มีองค์ประกอบในลำดับที่สอง เป็นองค์ประกอบด้านภาษาและเหตุผล สำหรับองค์ประกอบด้านภาษานี้ ผลการค้นพบสอดคล้อง กับองค์ประกอบทั่วไปทางภาษาที่ บอทซุม (Botzum 1951) คาเทล (Catell 1963) ฮอร์น และคาเทล (Horn and Catell 1966) และทฤษฎีลำดับขั้นของ โครงสร้างทางสมองของเวอร์นอน (Vernon 1950) ในประเทศอังกฤษ องค์ประกอบ พื้นฐานลำดับแรกที่สำคัญ โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงมาก ในด้านภาษามี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความเข้าใจภาษา เป็นความรู้ในเรื่องความหมายของศัพท์ เหตุผลในเชิงรูปประโยค

สันนิษฐาน ซึ่งเป็นการสร้างประโยค เหตุผลจากเงื่อนไขที่กำหนดให้ และจำนวนซึ่งเป็นความคล่องแคล่ว แม่นยำ ในการใช้ปฏิบัติการเบื้องต้นทางคณิตศาสตร์ สำหรับองค์ประกอบด้านเหตุผลนั้น ประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การใช้เหตุผลแบบอุปมาน ซึ่งเป็นการค้นพบกฎเกณฑ์จากลักษณะต่าง ๆ ของเหตุการณ์ที่ต่อเนื่อง การใช้เหตุผลแบบอนุมาน เป็นการใช้กฎเกณฑ์เชิงนามธรรมไปแก้ปัญหา และความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นความสามารถในการสร้างความหลากหลายของการรวมกลุ่มหลักตรรกวิทยา

สำหรับงานวิจัยของฮอร์น และคาทเทิลนั้น ความสามารถทางภาษา หมายถึงความสามารถที่เกิดจากการสะสม (crystallized intelligence) และความสามารถด้านเหตุผล หมายถึงความพร้อมในการเรียนรู้ (fluid intelligence)

2. ระบบการรับรู้ มีองค์ประกอบในลำดับที่สอง ประกอบด้วย องค์ประกอบมิติสัมพันธ์ทางสายตา และองค์ประกอบด้านความจำ สำหรับองค์ประกอบมิติสัมพันธ์ทางสายตา มีองค์ประกอบพื้นฐานที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูง 7 องค์ประกอบ ได้แก่

- 1) องค์ประกอบการรับรู้ทางสายตา คือการรับรู้ภาพเหมือนที่อยู่ ในทิศทางแตกต่างกันหรือที่เรียกว่าการหมุนภาพ
- 2) การมองความสัมพันธ์ระหว่างมิติ คือการเรียบเรียงภาพ หรือชิ้นส่วนใหม่ให้ถูกต้อง เมื่อกำหนดให้อย่างไม่เป็นไปตามที่ควรจะเป็น
- 3) ความยืดหยุ่นในการมองภาพรวม เป็นการระลึกได้ในใจ เกี่ยวกับรูปร่างทรวดทรงที่ได้รับรู้
- 4) ความรวดเร็วในการสร้างภาพรวม คือการนำชิ้นส่วนมาเติม ในภาพรวมได้ถูกต้อง
- 5) ความยืดหยุ่นในการปรับภาพ คือการจัดระบบภาพใหม่ที่เป็นไปได้ตามวัสดุที่กำหนดให้
- 6) การพิจารณามิติ คือการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการหาทางออกใน ภาพที่ซับซ้อน
- 7) ความรวดเร็วในการรับรู้ คือความรวดเร็วในการจำแนก ภาพหรือองค์ประกอบของภาพที่กำหนดให้

องค์ประกอบด้านความจำนี้ สอดคล้องกับการค้นพบของฮอร์น และแบรมเบิล (Horn and Bramble 1967) โคเฮน (Cohen 1957) และ แดส และคณะ (Das et.al. 1975)

3. ระบบการสร้างสัญลักษณ์ มีองค์ประกอบสำคัญที่สองอยู่ 2 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคล่องแคล่ว และความสามารถในการสร้างจินตนาการ องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่วนั้น สอดคล้องกับข้อค้นพบของ ฮอร์น และคาทเทล ในปี 1966 ฮอร์นและแบรมเบิล ในปี 1967 รอสแมน และฮอร์น ในปี 1972 และมีลักษณะคล้ายกับการคิดแบบอเนกนัยใน ทฤษฎีของกิลฟอร์ด องค์ประกอบด้านนี้มีองค์ประกอบพื้นฐาน 6 องค์ประกอบ ได้แก่

- 1) องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่วในการเสนอความคิดเห็น เป็นความสามารถในการสร้างความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งเร้า หรือ เงื่อนไขอย่างรวดเร็ว
- 2) ความคล่องแคล่วในการอธิบายเป็นความสามารถในการ อธิบาย เกี่ยวกับ เงื่อนไขต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมและรวดเร็ว
- 3) ความคล่องแคล่วในการโยงความสัมพันธ์ เป็นความคล่องแคล่ว ในการสร้างคำที่มีความหมายอย่างถูกต้องแน่นอน
- 4) ความคล่องแคล่วในการใช้คำ เป็นความสามารถในการใช้คำที่ สอดคล้องกับ เงื่อนไขที่กำหนดให้ได้อย่างรวดเร็ว
- 5) ความไวในการกำหนดปัญหา
- 6) การให้ความหมายใหม่

สำหรับองค์ประกอบด้านการจินตนาการ พบว่าองค์ประกอบด้านการ ริเริ่ม เป็นองค์ประกอบพื้นฐานเพียงองค์ประกอบเดียว ซึ่งองค์ประกอบนี้พบในงานของรอสแมน และ ฮอร์น ในปี 1972 เวอร์นอน ในปี 1971 และพบว่ามีความสัมพันธ์กับความสามารถใน การสร้างจินตนาการอย่างมาก

ข้อค้นพบดังกล่าว อาจสรุปได้ว่า ในความสามารถด้านสัญลักษณ์นั้น ความคล่องแคล่วเป็นองค์ประกอบด้านปริมาณ และการสร้างจินตนาการ เป็นองค์ประกอบด้าน คุณภาพ

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบพื้นฐานตามทัศนะของโคอะมอนด์ และรอยซ์แล้ว จะเห็นได้ว่าเป็นกระบวนการทางสมองซึ่งไม่สามารถแยกย่อยต่อไปได้อีก ซึ่งมีลักษณะ เหมือนกับ กระบวนการประมวลผลข้อความจริงพื้นฐานในทัศนะของกลุ่มประมวลผลข้อความจริงนั่นเอง

2. ทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์

2.1 ความหมายของทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์

สำหรับความหมายของทักษะการคิดนั้น ไม่มีการให้ความหมายของคำนี้ โดยตรง แต่เป็นการให้ความหมายแยกเป็น 2 แบบ คือ ความหมายของทักษะ และความหมาย ของการคิดดังที่ได้ค้นคว้าไว้ ดังนี้

ความหมายของทักษะ

กู๊ด (Good 1959 : 503) ได้ให้ความหมายของคำว่าทักษะไว้

2 นัย คือ

1. ทักษะ หมายถึงสิ่งที่เป็น เรื่อง เฉพาะบุคคลที่เรียนรู้ได้ด้วย ความง่าย และถูกต้อง ซึ่งอาจจะ เป็นการกระทำทางร่างกายหรือทางความคิด
2. ทักษะ เป็นความเชี่ยวชาญ หรือชำนาญในการใช้มือ นิ้ว และตา ร่วมกัน

ฮอร์นบี และพาร์นเวล (Hornby and Parnwell 1969 : 493) ได้ให้ความหมายของคำว่า ทักษะ โดยสรุปได้ว่า ทักษะหมายถึงความสามารถที่จะทำบางสิ่ง บางอย่างได้อย่างดีและชำนาญ

วิทย์ บุรณธรรม (2529 : 960) ได้ให้ความหมายของคำว่าทักษะไว้

2 นัย คือ

1. ทักษะ หมายถึงความเชี่ยวชาญ ความชำนาญ ความสามารถ ฝีมือ ความชำนาญ ความคล่องแคล่ว
2. ทักษะ หมายถึงความช่วยเหลือเป็นประโยชน์ มีผล

พจนานุกรมราชบัณฑิตยสถาน (2530: 251) ได้ให้ความหมายของคำว่า ทักษะไว้ว่า ทักษะหมายถึง ความชำนาญ ความสันถิต ความชัดเจน

สรุปได้ว่า ทักษะ เป็นความสามารถเฉพาะบุคคลที่จะทำการใด ๆ ได้ด้วยความชำนาญ คล่องแคล่ว ถูกต้อง และแม่นยำ

ความหมายของการคิด

กู๊ด (Good 1959: 570) ได้ให้ความหมายของการคิดไว้ 4 นัย ดังนี้

1. การคิด หมายถึง กระแสของความคิดที่ยังไม่ได้รับการจัดระเบียบหรือความคิดที่ไม่ได้ถูกกำหนดกฎเกณฑ์ ข้อยับคับต่าง ๆ หรือเป็นกระแสของการจินตนาการ ความรู้ ช่างซึ่ง ประทับใจ ความทรงจำ และความหวัง
2. การคิดเป็นการคิดคาดคะเน หรือเดาโดยไม่มีขอบเขตตั้งแต่ระดับขั้นพื้น ๆ รวมถึงขั้นที่สูงกว่า และปรากฏชัดในความพยายามที่จะลงความคิดเห็น
3. การคิด หมายถึง การคิดเพ่งพิจารณาไตร่ตรอง หรือการทำสมาธิ โดยปราศจากความมุ่งมั่นที่จะควบคุมธรรมชาติ หรือประสมการณ์ใด ๆ
4. การคิด คือการมองบางสิ่งบางอย่างด้วยการคิดพิจารณาไตร่ตรอง หรือมีความรอบคอบ เพื่อให้บรรลุถึงการตั้งมั่นในความเชื่อและการควบคุมการกระทำ

บรูเนอร์ และคณะ (Bruner et.al. 1960: 52) ได้ให้ความหมายของการคิดโดยสรุปได้ว่า การคิดเป็นกระบวนการที่ใช้ในการสร้างแนวความคิดรวบยอดด้วยการจำแนกความแตกต่าง การจัดกลุ่ม และการกำหนดเรียกชื่อเกี่ยวกับข้อความจริงที่ได้รับ และเป็นกระบวนการที่ใช้ในการแปลความหมายข้อมูล รวมถึงการสรุปอ้างอิงด้วยการจำแนกรายละเอียด การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้รับ ตลอดจนกระบวนการเกี่ยวกับการนำกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีเหตุผลและเหมาะสม

เปียเจท์ (Piaget 1962: 58) ได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับการคิดของบุคคลว่าเป็นกระบวนการใน 2 ลักษณะคือเป็นกระบวนการปรับเข้าโครงสร้างโดยการจัดสิ่งเร้า

หรือข้อความจริงที่ได้รับให้ เข้ากับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ กับกระบวนการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง โดยการปรับประสบการณ์เดิมให้ เข้ากับข้อความจริงที่รับรู้ใหม่ บุคคลจะใช้การคิดทั้งสองลักษณะนี้ร่วมกันหรือสลับกัน เพื่อปรับความคิดของตนให้ เข้ากับสิ่งเร้ามากที่สุด ผลของการปรับเปลี่ยนการคิดดังกล่าว จะช่วยพัฒนาวิธีการคิดของบุคคลจากระดับหนึ่งไปสู่วิธีการคิดในอีกระดับหนึ่งที่สูงกว่า

กิลฟอร์ด (Guilford 1967: 63) ให้ทัศนะว่าการคิดเป็นการค้นหาหลักการโดยการแยกแยะคุณสมบัติของสิ่งต่าง ๆ หรือข้อความจริงที่ได้รับแล้วทำการวิเคราะห์ เพื่อหาข้อสรุปอัน เป็นหลักการของข้อความจริงนั้น ๆ รวมถึงนำหลักการดังกล่าวไปใช้ ในสถานการณ์ที่แตกต่างไปจากเดิม การคิดในทัศนะของกิลฟอร์ดนี้สอดคล้องกับการคิดในระดับการสร้างแนวคิดรวมยอดตามที่รู เนอร์และคณะได้เสนอไว้

จอยแอสวอล (Jayaswal 1974: 135) ได้ให้ความหมายของการคิดว่าเป็นปฏิกิริยาของจิตมนุษย์ ซึ่งช่วยให้แต่ละคนสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม และช่วยให้แต่ละคนเกิดความพยายาม และสัมฤทธิ์ผลในจุดหมายที่เขาต้องการ ดังนั้น การคิดจึงนำไปสู่การกระทำ และการปรับตัวที่ดีขึ้นกว่าเดิม

แชปลิน และคราวิช (Chaplin and Krawice 1977: 210) กล่าวไว้สรุปได้ว่า การคิดเป็นสิ่งที่เกี่ยวพันใกล้ชิดกับขบวนการเรียนรู้พอ ๆ กับ เป็นเครื่องมือสำคัญของความคิด มโนทัศน์ ยิ่งไปกว่านั้นส่วนสำคัญที่สุดของการคิดมีพื้นฐานอยู่บนการจำที่เรียกว่า ความทรงจำ การระลึก และภาพพจน์ความทรงจำ ซึ่งแท้จริงแล้ว สิ่งที่เรียกว่าการคิดก็คือการจำนั่นเอง

วิทย์ เทียงบูรณธรรม (2529: 1074) ได้ให้ความหมายของการคิดไว้ว่า การคิดคือการใช้ความคิด ครุ่นคิดพิจารณา นึก ระลึก รำลึก ไตร่ตรอง อยากรจะเข้าใจว่า รู้สึกว่า คิดว่า ถือว่า

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2530: 115) ได้ให้ความหมายของการคิดว่า การคิดเป็นการทำให้ปรากฏ เป็นรูปหรือเรื่องขึ้นในใจ หรือการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง หรือการคาดคะเน คำนวณ หรือมุ่งจงใจ ตั้งใจ หรือนึก

จากความหมายของการคิดที่กล่าวมานั้น สรุปได้ว่า การคิดเป็นพฤติกรรมหรือกระบวนการทางสมองในการประมวลผลข้อมูล หรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่บุคคลได้รับ และอาจแสดงออก เป็นพฤติกรรมหรือการกระทำในภายหลัง

จากความหมายของทักษะและการคิดของนักการศึกษาและนักจิตวิทยาทั้งหมดที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่า ทักษะการคิด เป็นความสามารถทางสมองในการที่จะรับรู้ข้อมูลต่าง ๆ มาประมวลผลเบื้องต้น แล้วใช้วิธีการคิดที่มีอยู่ หรือเคยได้รับการฝึกฝนมาประมวลผลรูป เพื่อแสดงออก เป็นผลผลิตของการคิดได้อย่างชำนาญ

จากการสรุปความหมายทักษะการคิดดังที่กล่าวมาแล้ว ทำให้สรุปได้ว่า ทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถของกระบวนการทางสมองในการที่จะรับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับคณิตศาสตร์มาคิดแก้ปัญหา หรือทำงานทางคณิตศาสตร์ให้สำเร็จได้อย่างดี

2.2 ความสำคัญของทักษะการคิดในการจัดการศึกษา

เป้าหมายของการจัดการศึกษา หรือผลผลิตทางการศึกษา ซึ่งเป็นคุณสมบัติอันพึงประสงค์ที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวเด็ก ผู้ที่จะ เป็นทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพตามความต้องการของชาติ หรือสังคมในอนาคต อันหมายถึงการ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในตัวเด็ก เฉพาะในส่วนของการ เปลี่ยนแปลงที่คาดหมายไว้นั้น แพรนด์ (Brandt 1980: 9-13) ได้จำแนกออก เป็น 2 ลักษณะที่ต่อเนื่องกันคือ

1. การ เปลี่ยนแปลงในระยะสั้น ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากกระบวนการเรียน การสอน อันประกอบด้วยรูปแบบของปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน คุณสมบัติที่ต้องการ เปลี่ยนแปลงในระยะสั้นนี้ กำหนดในลักษณะของจุดมุ่งหมายของการ เรียนรู้ ในการสอนแต่ละครั้ง หรือแต่ละ เนื้อหาของบทเรียน

2. การ เปลี่ยนแปลงในระยะยาว ซึ่งจำแนกออกเป็น 10 ลักษณะ โดยจัดเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

2.1 กลุ่มทักษะพื้นฐานทางวิชาการ ซึ่งมีทักษะ เกี่ยวกับวิชาทาง ภาษา และวิชาคณิตศาสตร์ เป็นทักษะสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสื่อความหมายและ เรียนรู้ วิชาการสาขาอื่น ตลอดจนเป็นพื้นฐานในการ เรียนรู้ เพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายกลุ่มอื่นต่อไป

2.2 กลุ่มพื้นฐานความเข้าใจในตนเอง ผู้อื่น และทางโลก ประกอบไปด้วยการสร้างความคิดรวบยอดของค่านิยม การเข้าใจผู้อื่น และการนำความรู้ไปทำความเข้าใจโลก

2.3 กลุ่มทักษะในวิถีแห่งการดำรงชีวิตประจำวัน ประกอบไปด้วยการรู้จักแสวงหาความรู้ตลอดเวลา ความพร้อม สมบูรณ์ทั้งกายและใจ และการมีส่วนร่วมในทางเศรษฐกิจ

2.4 กลุ่มทักษะที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพชีวิต ประกอบด้วยความรับผิดชอบในฐานะสมาชิกของสังคม การสร้างสรรค์ และการก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก

คุณลักษณะที่ต้องการ เป็นผลการเปลี่ยนแปลงระยะยาวนี้ จะกำหนดไว้เป็นจุดมุ่งหมายของหลักสูตรของแต่ละระดับการศึกษา โดยการเปลี่ยนแปลงระยะยาวนี้จะ เป็นผลมาจากการบูรณาการคุณลักษณะที่เป็นผลของการเปลี่ยนแปลงระยะสั้นของนักเรียนแต่ละคนมาเป็นลักษณะเฉพาะตัว แพรนด์ให้ความเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงระยะยาวของแต่ละกลุ่มนั้นต่างก็มีส่วนสัมพันธ์ เสริมสร้าง และเป็นรากฐานที่ต่อเนื่องจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่ง ทั้งนี้โดยมีความเข้มของการ เน้นที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละระดับ

สำหรับ เป้าหมายที่เป็นผลของการเรียนรู้ในระยะยาว 3 กลุ่มหลังนั้น ไม่ได้เกิดจากการ เรียนรู้ เนื้อหาวิชาในโรง เรียนโดยตรง แต่จะเกิดจากการนำสิ่งที่ได้จากการ เรียนรู้ เนื้อหาวิชานั้นไปประยุกต์ใช้ให้ เข้ากับการ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริงได้อย่าง มีเหตุผล หรือรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล ดังนั้น โรง เรียนต้องพยายามสอนหรือปลูกฝังการคิดอย่างมีเหตุผลควบคู่ไปกับการให้ความรู้ตาม เนื้อหาวิชา จึงจะช่วยให้ผู้เรียนมีพัฒนาการตาม เป้าหมาย ในระยะยาวดังกล่าว

ฟอร์เบส (Forbes 1984: 71-73) ได้กล่าวถึงจุดประสงค์หลักของการศึกษาคือ การเตรียมคนเพื่อที่จะให้ เขามีทักษะในการใช้ชีวิตอยู่รอดอย่างเป็นสุข และนั่นหมายถึง การฝึกทักษะที่มากกว่าเพื่อการทำงานในระดับสูง หรืองานสำหรับผู้ใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งทักษะดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ทักษะการคิด เป็นพื้นฐาน

จะเห็นได้ว่า ทักษะการคิด และการพัฒนาทักษะการคิด เป็นสิ่งที่นักการศึกษาทั่วไปมีความเห็นสอดคล้องกันว่า เป็นสิ่งสำคัญในการจัดการศึกษาทุกระดับ ดังที่ เฟรดเดอริกเช่น

(Fredericksen 1984: 363) กล่าวไว้โดยสรุปว่า ภารกิจเบื้องต้นของสถาบันการศึกษา นับตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา คือการทำหน้าที่สอนหรือปลูกฝังให้ผู้เรียนเกิดความรู้ในรายวิชาต่าง ๆ และทักษะการคิด ทั้งนี้เพราะการสอนที่มุ่งเน้นเฉพาะเนื้อหาสาระวิชา โดยละเลยการปลูกฝังทักษะการคิดให้แก่ผู้เรียนนั้น จะทำให้การคิดของผู้เรียนเป็นการคิดตามคำรา หรือเป็นตามขอบเขตของเนื้อหาวิชาที่เรียนมา เมื่อสำเร็จการศึกษาไปแล้ว ผู้เรียนจะขาดความสามารถในการนำความรู้ที่ได้รับหรือมีอยู่ไปใช้ในสถานการณ์ที่เป็นจริงที่แตกต่างไปจากที่ตนพบในโรงเรียนได้อย่างมีเหตุผลและเหมาะสม

การที่จะปลูกฝังและส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดตามที่ต้องการ จะต้องพิจารณาว่ามีลักษณะหรือประเภทของการคิดชนิดใดที่ควรส่งเสริม หรือไม่ควรส่งเสริมเกี่ยวกับลักษณะหรือประเภทของการคิดโดยทั่วไป กายเย่ (Gagne 1970: 283) ได้จำแนกออกเป็น 2 แบบคือ

1. การคิดอย่างเลื่อนลอยหรือไม่มีทิศทาง คือการคิดจากสิ่งที่เหมาะสมพบเห็นจากประสบการณ์ตรง จากสิ่งที่ได้ยินหรือได้ฟังมา หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เป็นการคิดต่อเนื่อง (associative thinking) จำแนกย่อยออกเป็น 5 ลักษณะ คือ

1.1 การคิดถึง เหตุการณ์ที่ล่วงมาแล้ว เมื่อมีการกระตุ้นจากสิ่งเร้าจำพวกคำพูด หรือเหตุการณ์ (free association)

1.2 การคิดโดยอาศัยคำสั่งเป็นแนวทาง (controlled association) เช่น ผู้คิดอาจได้รับคำสั่งให้บอกคำที่อยู่ในพวกเดียวกันกับคำที่ตนได้ยินมา

1.3 การคิดที่มีจุดประสงค์เพื่อป้องกันตนเองหรือเพื่อให้เกิดความพอใจในตน ซึ่งเป็นการคิดฝันในขณะที่ยังตื่นอยู่ (day dreaming)

1.4 การคิดฝันเนื่องจากความคิดของตนเอง หรือเป็นการคิดฝันเนื่องจากการรับรู้ หรือตอบสนองสิ่งเร้า (night dreaming)

1.5 การคิดหาเหตุผลเข้าข้างตนเอง (autistic thinking)

2. การคิดอย่างมีทิศทางหรือมีจุดมุ่งหมาย คือการคิดที่บุคคลเริ่มใช้ความรู้พื้นฐาน เพื่อทำการกลั่นกรองการคิดที่เพ้อฝัน การคิดที่เลื่อนลอยไร้ความหมายให้เป็นการคิดที่มีทิศทางขึ้น โดยมุ่งไปสู่จุดมุ่งหมายจุดใดจุดหนึ่ง และเป็นการคิดที่มีบทสรุปของการคิด

หลังจากที่คิดเสร็จแล้ว ซึ่งจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

2.1 การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (creative thinking)

การคิดในลักษณะที่คิดได้หลายทิศทาง (critical thinking) ไม่ซ้ำกัน หรือเป็นการคิดในลักษณะที่โยงสัมพันธ์ได้ กล่าวคือ เมื่อระลึกสิ่งใดได้ก็จะเป็นสะพานเชื่อมต่อไประลึกสิ่งอื่น ๆ ได้ต่อไป โดยสัมพันธ์กันเป็นลูกโซ่

2.2 การคิดวิเคราะห์ (critical thinking) คือการคิด

อย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นการคิดที่ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา โดยพิจารณาถึงสภาพการณ์ หรือข้อมูลต่าง ๆ ว่ามีข้อเท็จจริงหรือไม่ เพียงใด

การคิดอย่างมีทิศทาง และมีจุดมุ่งหมายนี้ คลอสแมร์ และริพเพิล

(Klausmeir and ripple 1971: 438-439) ให้ทัศนะว่า เป็นรากฐานที่สำคัญของการเรียนรู้ และการแก้ปัญหามนุษย์ ทั้งนี้เพราะในการเรียนรู้ และการแก้ปัญหานั้น บุคคลจะต้องใช้การคิดแบบวิเคราะห์วิจารณ์ ทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อความจริง หรือปัญหานั้นในลักษณะต่าง ๆ และใช้เทคนิคเชิงสร้างสรรค์ในการค้นหาแนวทางใหม่ ๆ ในการเรียนรู้ และการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการคิดในลักษณะที่เป็นการขยายทัศนะของบุคคลให้กว้างไกลออกไป ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากประเภทของการคิดตามที่ กาเยได้จัดประเภทไว้นั้น พบว่าวิธีการคิดที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้บรรลุเป้าหมายของการจัดการศึกษาทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ก็คือ การคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย หรือการคิดแบบสร้างสรรค์ และการคิดแบบวิเคราะห์วิจารณ์นั่นเอง การคิดทั้งสองแบบนี้ ประเทศไทยได้ให้ความสำคัญโดยกำหนดจุดมุ่งหมายการศึกษาประการหนึ่งในแผนการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2520 ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการ (2520: 5) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายข้อนี้ว่า ให้มีความสามารถในการคิดคือทำความเข้าใจและร่วมมือกันซึ่งกันและกัน รู้จักวิธีแสวงหาความจริง และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ กรมวิชาการ (2525: 265) ได้กล่าวถึงหลักสูตรของกระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2521 ได้เน้นเกี่ยวกับการสอนให้ผู้เรียนรู้จักคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น ซึ่งหมายถึงการคิดแบบวิเคราะห์วิจารณ์นั่นเอง ทั้งนี้เพราะผู้เรียนเกิดทักษะการคิดในเชิงวิเคราะห์แล้วผู้เรียนจะรู้จักใช้เหตุผลมาแก้ปัญหาหรือสามารถนำหลักการของเหตุผลมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยสามารถพิจารณา และตัดสินใจได้ว่าอะไรเป็นเหตุสำคัญของผลที่เกิดขึ้น หรือผลที่ต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของ สวอर्थ (Swartz 1986: 43) และ พอล (Paul 1984: 4) ที่ว่าการสอนการคิดเชิงวิเคราะห์

วิจารณ์ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถใช้เหตุผลในการตัดสินใจอย่างกว้างขวาง และสามารถพัฒนาตนเองให้มีคุณสมบัติ เช่นเดียวกับที่เป้าหมายของสังคมและการจัดการศึกษาต้องการ เพราะถ้าผู้เรียนไม่มีความสามารถในด้านการใช้เหตุผลแล้ว พัฒนาการด้านการคิด อารมณ์ ตลอดจนจริยธรรมที่สังคมต้องการจะ เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ ส่วนการปลูกฝังการคิดในเชิงสร้างสรรค์นั้น กิลฟอร์ด (Guilford 1971: 14) ให้ทัศนะไว้ว่า การปลูกฝังให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดในเชิงสร้างสรรค์ หรือให้ผู้เรียนคิดได้หลาย ๆ ทาง และสามารถปรับขยายโครงสร้างของการคิดหลายทิศทางได้อย่างยืดหยุ่นและรวดเร็ว นั้น ผู้เรียนต้องรู้จักใช้เหตุผลในการคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อนำมาพิจารณาหรือขยายความสัมพันธ์ของข้อความจริงต่าง ๆ ที่ได้รับ

จากทัศนะดังกล่าวข้างต้นนั้นพบว่า บุคคลที่จะคิดอย่างมีจุดมุ่งหมายทั้งในลักษณะที่เป็นการคิดเชิงวิเคราะห์วิจารณ์ และการคิดสร้างสรรค์นั้น บุคคลต้องรู้จักใช้เหตุผลได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสมเจตน์ ไวยากรณ์ (2530: 16) ได้สรุปการประชุมทางการศึกษาในระดับสูงที่นิวเจอร์ซี (New Jersey Board of Higher Education) เกี่ยวกับความสามารถที่จำเป็น สำหรับการคิดอย่างมีจุดมุ่งหมายออกเป็น 5 ประการ ได้แก่

1. ความสามารถในการจำแนกรายละเอียด และกำหนดสิ่งที่ เป็นปัญหาได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับความสามารถในการกำหนดเป้าหมายและประเมินวิธีการในการแก้ปัญหา นั้น
2. ความสามารถในการรู้จักและ เลือกใช้เหตุผลแบบอนุมาน และอุปมาน และรู้จักความไม่ถูกต้องของ เหตุผล
3. ความสามารถในการลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผลจากข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ เช่น จากข้อเขียน คำพูด ตารางหรือรูปภาพ และสามารถโต้ตอบผู้อื่นได้อย่างมีเหตุผล
4. ความสามารถในการเข้าใจ การสร้างและการใช้ความคิดรวบยอด ตลอดจนการขยายความคิดอย่างกว้างขวาง
5. ความสามารถในการจำแนกข้อความจริงและความคิดเห็น

ทัศนะดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการคิดแบบวิเคราะห์และการคิดแบบสร้างสรรค์ ซึ่ง เป็นการคิดแบบมีจุดมุ่งหมายนั้นต้องอาศัยความสามารถในการคิดอย่างมีระบบของ เหตุผล เป็น

พื้นฐานที่สำคัญของการคิด ดังนั้น การที่จะส่งเสริมการคิดอย่างมีจุดมุ่งหมายได้นั้น ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดในระดับสูง อย่างมีเหตุผลนั่นเอง กิลฟอร์ดและฮอฟเนอร์ (Guilford and Hoepfner 1971: 28-32) ให้ความเห็นว่าการพัฒนาให้บุคคลมีความสามารถในการใช้เหตุผลนั้นต้อง เริ่มจากการส่งเสริมให้บุคคลเกิดทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล หรือทักษะการคิดในระดับที่สูงกว่าความรู้ความจำ ซึ่งทักษะการคิดดังกล่าวเป็นสิ่งจำเป็นที่โรงเรียนควรต้องจัดทำ และเป็นสิ่งที่สามารถฝึกได้ในการสอนควบคู่กับเนื้อหาวิชาตามปกติ หรือในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม ทศนะดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของเลวิน (Levin 1979: 211-212) ที่พบว่าเมื่อโรงเรียนกำหนดเป้าหมายของการจัดการศึกษา วิธีสอน การจัดประสบการณ์เรียนรู้ และวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมแล้ว การฝึกหรือการสอนเพื่อเสริมความสามารถในด้านการคิด และการใช้เหตุผลก็สามารถทำได้กับนักเรียนในทุกระดับ ไม่ว่าจะมีความสามารถหรือความถนัดทางการเรียนที่แตกต่างกัน ข้อค้นพบของเลวิน ได้รับการสนับสนุนจากนักการศึกษาทั่วไป โดยจัดสร้างโปรแกรมการฝึกหรือส่งเสริมทักษะการคิดระดับสูงกว่าความรู้ความจำอันเป็นการขยายหลักการหรือหลักวิชาไปใช้ได้อย่างมีเหตุผล

แนวความคิดเกี่ยวกับการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการคิดขั้นสูงนั้นมีมากมาย และเป็นสิ่งที่ครูที่ตีทั้งหลายได้พยายามที่จะสอน เช่นนั้นเสมอ แต่ความสำเร็จในการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดของครูแต่ละคนนั้นแตกต่างกัน ดังเช่นในการประเมินมาตรฐานการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประจำปีการศึกษา 2524 ของสำนักงานทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2525: 5) เพื่อตรวจสอบจุดประสงค์เฉพาะของการเรียนรู้ และสมรรถนะที่คาดหวังของการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาไทย ศิลปะศึกษา พลานามัย และสังคมศึกษา โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วประเทศ กระจายตามเขตการศึกษา 12 เขต รวมทั้งเขตกรุงเทพมหานครด้วย ผลการประเมินผลพบว่า ผลที่ได้ไม่เป็นที่น่าพอใจ ทั้งนี้เพราะทุกกลุ่มมีสมรรถนะที่คาดหวังต่ำกว่าร้อยละ 60 เกือบทุกสมรรถนะ โดยเฉพาะสมรรถนะที่เกี่ยวกับกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล การแก้ปัญหาที่ซับซ้อน และการประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนกับสถานการณ์ชีวิตประจำวัน ซึ่งในทุกรายวิชา และเกือบทั่วประเทศ ส่วนใหญ่แล้วจะมีสมรรถนะทั้งสามด้านดังกล่าวนี้ไม่ถึงร้อยละ 40 ซึ่งแสดงว่าการจัดการเรียนการสอนในประเทศไทยก็มีปัญหาเช่นเดียวกับในประเทศอื่น ๆ กล่าวคือขาดวิธีการสอนที่เหมาะสมกับการส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผล ทั้งนี้เพราะรูปแบบการสอนของครูแต่ละคน มีลักษณะแตกต่างกันไปตามพื้นฐาน

ความเชื่อ วิธีการ ตลอดจนบุคลิกภาพของผู้สอน และยังขาดการวิจัย เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนที่จะนำไปใช้โดยทั่วไปอย่างจริงจัง

ด้วยเหตุนี้ นักการศึกษาจึงให้ความสนใจเกี่ยวกับการสอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดอย่างมีระบบ เหตุผลมากขึ้น โดยการพยายามกำหนดทักษะการคิดที่เห็นว่าเป็นจำเป็น และเป็นพื้นฐานของการคิดอย่างมีเหตุผลว่าควรมีลักษณะ เช่นไร และจะใช้รูปแบบการสอนอย่างไร จึงจะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะนั้น ๆ เกี่ยวกับทักษะการคิดอย่างมีเหตุผลนี้ ลิปแมน จาคอป และโคลแมน (Lipman, Jacobs and Coleman 1977: 251-253) กำหนดทักษะการคิดอย่างมีเหตุผลสำหรับ เป็น เป้าหมายที่มหาวิทยาลัยนิวยอร์ก ต้องการปลูกฝังให้เกิดขึ้นกับนักการศึกษาของมหาวิทยาลัยตั้งแต่เริ่มเรียนในระดับชั้นปีที่ 1 ดังต่อไปนี้

1. ทักษะการสร้างความคิดรวบยอดซึ่งประกอบด้วยทักษะในการค้นหา การจัดกลุ่ม การจัดประเภท การให้นิยาม การจัดเรียงลำดับ การจัดอันดับ การใช้เกณฑ์ การยกตัวอย่าง และการขยายความ
2. ทักษะในการสร้างความสัมพันธ์ ประกอบด้วยทักษะในการจำแนก ความเหมือน ความแตกต่าง โดยการใช้หลักการทางตรรกวิทยา และข้อมูลประกอบทักษะในการพิจารณาและสร้างระบบความสัมพันธ์
3. ทักษะในการใช้เหตุผลจากกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เช่นความคงเส้นคงวา ความเที่ยงตรง ความสมบูรณ์ของปรากฏการณ์ และความจริงตามนิยาม
4. ทักษะในการสรุปอ้างอิงอย่างเป็นแบบแผน ทั้งที่เป็นการสรุปจากข้อมูลทันที สรุปจากความสัมพันธ์ การสันนิษฐานตามลักษณะของกลุ่ม และการสรุปจากเงื่อนไข ตลอดจนการสรุปอย่างไม่เป็นแบบแผน
5. ทักษะในการสร้างเหตุผลหลาย ๆ ทาง โดยการพิจารณาหลายมิติ หรือพิจารณาย้อนกลับ
6. ทักษะในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดเห็น และกรอบทฤษฎี
7. ทักษะในการสร้าง หลักการ เชิง เหตุผล ได้แก่ทักษะในการสร้าง

คำถามการให้เหตุผล การสร้างข้อตกลง เบื้องต้น และการหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่ข้อยุติ

8. ทักษะในการสร้างทฤษฎี

แม้ว่าเป้าหมายดังกล่าว มหาวิทยาลัยนิวเจอร์ซีย์ จะได้เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี 1977 และปรับปรุงอีกครั้งในปี 1982 จากการติดตามผลของมอเรนเต และอัลเลสตี (Morante and Ulesky 1984: 71-74) ในปี 1984 พบว่านักศึกษาปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยยังมีระดับของการคิดอย่างมีเหตุผลต่ำกว่าระดับมาตรฐานเป็นจำนวนมากจากการประเมินโดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดด้านเหตุผล 3 ฉบับ และพบว่าคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้งสามฉบับนี้สัมพันธ์กับคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาความเข้าใจในการอ่าน ความหมายของประโยค หรือข้อความทักษะการคำนวณ พิชคณิต เบื้องต้น และวิชาเรียงความในทางบวกสูงมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.40-0.82 แม้ว่าการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีเหตุผลของมหาวิทยาลัยนิวเจอร์ซีย์ จะไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร แต่ความสามารถด้านการคิดดังกล่าว สามารถจะส่งเสริมได้ ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านที่ได้ให้ความสนใจอย่างแท้จริง

นิคเคอร์สัน (Nickerson 1984: 28) ได้กล่าวไว้โดยสรุป ได้มีการคิดรูปแบบการสอนในลักษณะต่าง ๆ กัน ซึ่งจำแนกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือรูปแบบที่เป็นการสอนทักษะการคิดโดยตรง และรูปแบบที่มีการสอนการคิดควบคู่ไปกับการสอนเนื้อหาความรู้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวคิดพื้นฐานที่นำมาเป็นหลักการและข้อตกลง เบื้องต้นในการพัฒนารูปแบบการสอน ซึ่งสเตอร์นเบิร์ก (Sternberg 1984: 38-48) ได้กล่าวถึงรูปแบบการสอนทั้งสองลักษณะที่เป็นผลงานวิจัยของนักวิจัยทางการศึกษาหลายท่านด้วยกัน สำหรับตัวอย่างรูปแบบที่มีอยู่ในปัจจุบันที่เป็นรูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นการคิดโดยตรง ได้แก่ โปรแกรมการสร้างเครื่องมือเสริมทักษะการคิดของฟูเออร์สไตน์ (Feuerstein 1980) ซึ่งพัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับเด็กเรียนช้าในปี 1980 และในภายหลังได้รับการพัฒนาเป็นที่ยอมรับว่าสามารถใช้กับกลุ่มเด็กทุกระดับสติปัญญา ลักษณะ เครื่องมือที่ใช้ในโปรแกรมนี้ เป็นชุดของแบบฝึกหัดชนิดเขียนตอบที่ประกอบด้วยข้อความที่คล้ายคลึง หรือเหมือนกับข้อสอบวัดเชาว์ปัญญา และความถนัดทั่วไป ส่วนโปรแกรมที่มุ่งเน้นทักษะการคิดควบคู่ไปกับการสอนเนื้อหาวิชาในชั้นเรียนปกติ ได้แก่ โปรแกรมหลักปรัชญาสำหรับผู้เรียน

เป็นโปรแกรมของลิปแมน และคณะ (Lipman et.al. 1980) โดยมุ่งเน้นทักษะการคิด พื้นฐาน 30 ทักษะ ซึ่งเป็นทักษะการคิดที่คล้ายคลึงกับทักษะการคิดที่ฟลูเออร์สไตน์เสนอเป็น ส่วนใหญ่ โปรแกรมนี้ประกอบด้วยชุดบทเรียนซึ่งกำหนดให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาในการพิจารณา เกี่ยวกับแนวคิดของงานและการหาแนวทางของความคิดที่ติกว่า วิธีดำเนินการนั้น ลิปแมน ให้ผู้เรียนอ่านบทเรียนนั้น ๆ แล้วมีการอภิปราย และทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน โดยที่กิจกรรม ต่าง ๆ ในบทเรียนและแบบฝึกหัดนั้นจะเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนจะต้องใช้ทักษะการคิดต่าง ๆ ที่ต้องการ ปลุกฝังมาใช้เป็นแนวทางในการเรียนรู้ แนวความคิด หรือเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ที่อยู่ในโปรแกรมนั้น ฉะนั้นผู้เรียนที่จะเรียนรู้ได้สำเร็จตามเป้าหมายของโปรแกรมจะต้องสร้างทักษะการคิดต่าง ๆ ที่จำเป็นเหล่านั้นให้เกิดขึ้นเป็นคุณลักษณะเฉพาะตัวของตนเอง แม้ว่าโปรแกรมนี้จะพัฒนาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย และสามารถสอนเนื้อหาวิชาการกับการพัฒนาทักษะการคิดไปพร้อม ๆ กัน แต่ยังไม่เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในขณะนั้น เพราะว่าโปรแกรมนี้ระบุพื้นฐานความสามารถในด้านการอ่านของผู้เรียนไม่ต่ำกว่าระดับปานกลางของเกณฑ์มาตรฐานตามปกติ จึงจะทำให้บังเกิดผลเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมการเรียนเพื่อรอบรู้ในการอ่านของมหาวิทยาลัยชิคาโก (Chicago Mastery Learning Reading) ซึ่งมีพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้ได้สำเร็จ เพียงแต่บางคนอาจเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วถ้าให้โอกาสและสภาพการเรียนรู้อันเหมาะสม โปรแกรมนี้เน้นที่ยุทธศาสตร์การเรียนและการพัฒนาทักษะการเรียน ได้รับการพัฒนาขึ้นเมื่อปี 1982 สำหรับนักเรียนระดับชั้นปีที่ 5 ถึง 8 แต่ละหน่วยการสอนของโปรแกรมนี้จะประกอบด้วยกิจกรรมของนักเรียน กิจกรรมการสอนของครู แบบทดสอบเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน กิจกรรมเสริมทักษะ กิจกรรมปรับปรุงการเรียนการสอนซ้ำ และการนำความรู้ไปใช้ โดยที่ทั้งนักเรียนและครูมีโอกาสดำเนินการเลือกในการใช้วัสดุอุปกรณ์และ กิจกรรมหลายรูปแบบ อย่างไรก็ตาม โปรแกรมของชิคาโกนี้มุ่งที่จะสอนและพัฒนาทักษะการคิด เช่นเดียวกับสองโปรแกรมที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โรงเรียนต่าง ๆ ยอมรับโปรแกรมนี้นี้มากกว่าโปรแกรมอื่น เพราะว่าโปรแกรมนี้สามารถดัดแปลง เข้ากับหลักสูตรด้านการอ่านทั่วไปได้ แต่โปรแกรมของชิคาโกมีจุดอ่อนที่ข้อบ่งชี้ของทักษะการคิดที่จะพัฒนานั้นอยู่ในวงจำกัดมากกว่า ทั้งหลักจิตวิทยาการเรียนรู้อันเป็นพื้นฐานของโปรแกรมนั้นยังไม่ชัดเจนเพียงพอ และผลการวิจัยยังพบว่า วัสดุอุปกรณ์ และกิจกรรมต่าง ๆ เสริมสร้างแรงจูงใจภายในสำหรับผู้เรียนน้อยมาก

จากการที่นักการศึกษาได้พยายามพัฒนาโปรแกรมการสอน เพื่อส่งเสริม

ด้านการคิดให้แก่นักเรียน แม้ว่าจะยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร แต่ก็เป็นการชี้ให้เห็นว่าในการจัดการศึกษานั้น ควรมุ่งให้ผู้เรียนเกิดการคิดทั้งในลักษณะของกระบวนการซึ่งเป็นวิธีการคิดหรือทักษะการคิดที่ดี เพื่อให้ได้ผลผลิตของการคิดที่มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาทั้งในเชิงวิชาการ และไม่ใช่วิชาการ ตลอดจนสร้างคุณลักษณะประจำตัวให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการศึกษาในระยะยาวที่ได้มุ่งหวังไว้

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการคิด

ทักษะการคิดมีความสำคัญและจำเป็นที่จะต้องพัฒนาในการจัดระบบการศึกษา ดังที่กล่าวมาแล้ว นักจิตวิทยาและนักการศึกษาในระยะหลังได้สนใจการปลูกฝังและพัฒนาการคิดของนักเรียนให้มีความสามารถในการคิดระดับสูงมากยิ่งขึ้น นิคเคอร์สัน (Nickerson 1984: 26-36) ได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับการสอนเพื่อพัฒนาการคิดว่าการสอนให้เด็กได้รู้จักพิจารณาถึงสิ่งที่เป็นรากฐานที่มาจากข้อความจริงของเนื้อหาความรู้ ตลอดจนการให้เด็กได้ประเมินเกี่ยวกับคุณค่าของข้อความจริง เหล่านั้นในทุกแง่มุมแล้ว เด็กจะสามารถขยายความรู้ที่ได้รับไปใช้ได้อย่างเหมาะสม

แบรนด์ต์ (Brandt 1984: 3) ได้กล่าวถึงการประชุมร่วมกันของนักการศึกษาทั่วโลก จำนวน 60 คน ที่รัฐวิสคอนซิน เมื่อเดือนพฤษภาคม 1984 เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาทักษะการคิดของเด็ก ซึ่งพบว่าการดำเนินการวิจัย และการทดลองเพื่อพัฒนาการคิดจากที่นักการศึกษาได้ดำเนินการไปตามความสนใจของแต่ละคน มีทั้งที่ใช้แนวทางที่สอดคล้องกัน และแตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปแนวทางพื้นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการคิดออกเป็น 3 แนวทางด้วยกันคือ

1. แนวทางการสอนเพื่อให้เกิด (teaching for thinking)

การสอนตามแนวนี้ เน้นในด้านเนื้อหาวิชาการ โดยมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการสอนเพื่อเพิ่มความสามารถในด้านการคิดของเด็ก ทั้งนี้เนื่องมาจากผลการประเมินความก้าวหน้าทางการศึกษาแห่งชาติ (The National Assessment of Educational Progress : NAEP) เมื่อปี 1983 พบว่าในกลุ่มเด็กอายุ 17 ปี มีความสามารถในการทำความเข้าใจกับสิ่งที่อ่านลดลงจากร้อยละ 10 โดยลดลงจากร้อยละ 51 ในปี 1970 เหลือเพียงร้อยละ 41 ในปี 1980

ความเข้าใจในด้านคณิตศาสตร์ลดลงจากร้อยละ 62 ในปี 1973 เหลือร้อยละ 58 ในปี 1978 และความสามารถในการเขียนเพื่อชักจูงคนอ่านลดลงจากร้อยละ 21 ในปี 1974 เหลือเพียงร้อยละ 15 ในปี 1979 ข้อค้นพบดังกล่าวนี้จากการศึกษาพบว่า เป็นผลมาจากวิธีการสอนของครู ซึ่งโดยปกติแล้ว ครูส่วนใหญ่ยังนิยมใช้วิธีการสอนที่เคยใช้อยู่ตามปกติ โดยที่การสอนในลักษณะนั้น นักเรียนจะมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอนน้อยมาก การใช้คำถามของครูมักจะเป็นไปในลักษณะที่รวบรัดตัดความไม่เปิดโอกาสให้เด็กเกิดการ เรียนรู้ หรือสามารถขยายแนวคิดของตนได้ ซึ่งแบรนต์ (Brandt 1983: 3-12) ได้ให้ทัศนะว่า เด็กจะเป็นนักคิดที่ดีได้ ถ้าครูรู้จักใช้คำถามที่กระตุ้นให้เด็กได้รู้จักคิด รู้จักทำความเข้าใจกับแนวคำตอบของตน ตลอดจนรู้จักทำการตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบตนเองโดยสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะเกิดขึ้นได้จากการสอนที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนมีบทบาท และมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนมากขึ้นกว่าเดิม โดยครูควร มีบทบาท เป็นเพียงผู้ชี้แนะ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการ เรียนรู้จากการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เป็นส่วนใหญ่ ตลอดจนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้เวลาในการคิดหาคำตอบจากคำถามของครู โดยคำถามต่าง ๆ ของครูควร เป็นคำถามที่มีคุณภาพในการ เราให้ผู้เรียนต้องใช้ความสามารถด้าน การคิดที่สูงกว่าระดับความจำมาคิดแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ

2. แนวทางการสอนการคิด (teaching of thinking) การสอนตามแนวทางนี้มีจุดเน้นเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองที่นำมาใช้ในการคิดโดยเฉพาะ เป็นการปลูกฝังทักษะการคิดโดยตรง ลักษณะของงานที่นำมาใช้สอนจะ ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาการที่เรียนในโรงเรียน แนวทางในการสอนแตกต่างกันออกไปตามทฤษฎีและความเชื่อพื้นฐานของแต่ละคนที่น่าสนใจมาพัฒนาเป็นโปรแกรมการสอน เช่น ใช้ทฤษฎีเกี่ยวกับองค์ประกอบการคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการประมวลผลข้อความจริง การสอนตามแนวทางนี้ที่เป็นที่ยอมรับ และนำไปใช้มาก ได้แก่ โปรแกรมการสอนของฟูเออร์สไตน์ (Feuerstein and Meeker)

3. แนวทางการสอนเกี่ยวกับการคิด (teaching about thinking) การสอนการคิดตามแนวทางนี้ เน้นไปที่การใช้การคิดเป็นเนื้อหาสาระของการสอน โดยการช่วยเหลือให้เด็กได้รู้และเข้าใจในกระบวนการคิดของตนเอง เพื่อให้เกิดทักษะการคิดระดับสูงสุด (metacognition) คือรู้ว่าตนเองรู้อะไร ต้องการรู้อะไร และยังไม่รู้อะไร ตลอดจนสามารถควบคุมและตรวจสอบการคิดของตนเองได้ ผู้ที่สนใจการสอนเพื่อพัฒนาการคิดตามแนวทางนี้ ได้แก่ เดอร์ค และคอสตา (Dirkes and Costa) แต่แนวทางดังกล่าวยังต้องการงาน

วิจัยที่สนับสนุนอีกมาก ซึ่งคอสดา เชื่อว่าในทศวรรษหน้าจะเป็นยุคของการวิจัยทางการคิดแบบนี้

แบรนด์ (Brandt 1984: 3) ได้เสนอแนะว่าแนวทางการสอนที่จะช่วยพัฒนาการคิดได้อย่างเหมาะสมนั้นน่าจะเป็นแนวทางที่ 4 ซึ่งเป็นการประสมประสานแนวทางทั้งสามแนวทางดังกล่าวเข้าไว้ด้วยกัน เป็นการสอนการคิด การสอนเพื่อการคิด และการสอนเกี่ยวกับการคิด (teaching of thinking, for thinking, about thinking) อย่างไรก็ตาม แนวทางที่ 4 นี้ ยังไม่มีการวิจัยเพื่อตรวจสอบผล ซึ่งแบรนด์ได้ให้ข้อคิดไว้ว่าการวางแผนการสร้างโปรแกรมตามแนวทางดังกล่าวนั้นค่อนข้างจะเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก และมีความซับซ้อนทั้งในแง่การกำหนดแนวทาง และชนิดหรือประเภทของทักษะการคิดที่จะนำมาบรรจุไว้ในโปรแกรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องเกี่ยวกับทักษะการคิด พบว่าแต่ละทักษะนั้นต่างก็มีคุณค่าในตัวเอง และมีบทบาทหรือความสำคัญต่อการคิดไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน นอกจากนี้ การกำหนดชนิดหรือประเภทของทักษะการคิดยังต้องคำนึงถึงความสอดคล้องกับความต้องการของสังคม ทั้งที่เป็นอยู่ในปัจจุบันและในอนาคต

โปรแกรมการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพการคิดที่จัดสอนในโรงเรียน เท่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน จำแนกออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ โปรแกรมที่เป็นลักษณะเฉพาะ (specific program) ซึ่งเป็นโปรแกรมพิเศษนอกเหนือจากการเรียนปกติ สร้างขึ้นเพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดโดยเฉพาะ และโปรแกรมที่เสริมสร้างทักษะการคิดโดยใช้เนื้อหาวิชาในหลักสูตรปกติ เป็นสื่อในการพัฒนาทักษะการคิด ซึ่งนิคเคอร์สัน (Nickerson 1984: 26-36) ได้จำแนกโปรแกรมการสอนเพื่อพัฒนาการคิดที่ใช้ในโรงเรียนในปัจจุบันออกเป็น 5 กลุ่มตามความเชื่อพื้นฐานในการสร้างโปรแกรม ดังนี้

1. กลุ่มโปรแกรมที่ใช้กระบวนการคิดเป็นแนวทาง (cognitive-process approaches) กลุ่มนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นที่เป็นหลักการสำหรับพัฒนาโปรแกรมว่าความสามารถในการคิดนั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการขั้นพื้นฐานของกระบวนการคิดเบื้องต้นบางประการ เช่น การเปรียบเทียบ การจัดลำดับ การแยกประเภท การอ้างอิง และการทำนายแนวโน้ม ซึ่งกระบวนการขั้นพื้นฐานดังกล่าวเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวัน ตัวอย่างโปรแกรมในกลุ่มนี้ ได้แก่ โปรแกรมการพัฒนาเครื่องมือของฟูเออร์สไตน์ (Feuerstein's instrumental enrichment program) ซึ่งพัฒนาโดยฟูเออร์สไตน์, แรนต์, ฮอฟแมน และ

มิลเลอร์ (Feuerstein, Rand, Hoffman and Miller 1980) โปรแกรมดังกล่าวนี้ นอกจากฟูเออร์สไตน์ และคณะ จะประสบความสำเร็จกับกลุ่มผู้ที่เรียนปกติทุกระดับสติปัญญาอีกด้วย และเมื่อนารอล, ซิลเวอร์แมน และแวคสแมน (Narrol Silverman, and Waksman 1982: 107-112) นำโปรแกรมของฟูเออร์สไตน์ ที่สร้างขึ้นสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษามาทดลองเพิ่มศักยภาพทางการคิดของนักเรียนระดับอาชีวะชั้นสูงที่เรียนซ้ำในออนตาริโอ ประเทศแคนาดา โดยทำการทดลองระยะเวลา 1 ปี พบว่าสามารถเพิ่มศักยภาพทางการคิด และสมรรถภาพสมองของกลุ่มทดลองได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมที่อาศัยทฤษฎีโครงสร้างทางเชาวน์ปัญญาของกิลฟอร์ด เป็นหลักการพื้นฐานในการพัฒนาโปรแกรมเช่น โปรแกรมของมิกเกอร์ (Meeker 1969)

เกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดเป็นแนวทางในการฝึกทักษะการคิดนี้ รัชธกรอนุชช่วย (2522: 33-34) ได้ศึกษาผลของ เกม และปริศนาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ม.1) โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี พบว่าในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง และกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เมื่อได้รับการฝึกการเล่น เกมและปริศนาคณิตศาสตร์แล้ว มีความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มแล้ว ไม่พบความแตกต่าง และสำหรับการคิดหาเหตุผลทางตรรกศาสตร์ ผลการศึกษาก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน ในปี พ.ศ.2525 ชื่นจิต การบุญ (2525: 59-60) ได้ทดลองสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้คำถามแบบอเนกนัย และคำถามแบบเอกนัย ตามทศนะของกิลฟอร์ด กับเด็กก่อนวัยเรียน อายุ 3-6 ปี ที่โรงเรียนพร้อมพรรณวิทยา อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ใช้เวลาทดลองสอนทั้งหมด 16 ชั่วโมงภายใน 4 สัปดาห์ พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการฝึกคิดโดยใช้คำถามแบบอเนกนัย มีลักษณะการคิดคล่องตัวและความคิดละเอียดลออ แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้คำถามแบบเอกนัย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มในด้านการคิดริเริ่ม นอกจากนี้ สุเทพ จิตรชื่น (2525: 37-39) ได้ศึกษาผลของการฝึกสมรรถภาพด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) ตามทศนะของบลูม และคณะ โดยใช้รูปภาพเป็นสื่อที่มีต่อความเข้าใจในการอ่านของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดรวก เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร ชุดฝึกสมรรถภาพสมองตามที่บลูม และคณะ ได้จัดแบ่งไว้คือ ความรู้-ความจำ

ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกสมรรถภาพสมองด้านประชาานวิสัย โดยใช้รูปภาพเป็นสื่อมีความเข้าใจในการอ่านสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกสมรรถภาพสมอง แต่ได้รับการทบทวนบทเรียนเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และยังพบว่า ความแปรปรวนของคะแนนความเข้าใจในการอ่านของนักเรียนในกลุ่มทดลองภายหลังการฝึกมีค่าลดลงกว่าความแปรปรวนก่อนทำการฝึกมาก ส่วนกลุ่มควบคุมค่าความแปรปรวนมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

2. กลุ่มโปรแกรมใช้หลักยุทธศาสตร์การคิดเป็นแนวทาง (heuristics-oriented) กลุ่มนี้เน้นหนักในเรื่องของยุทธวิธี หรือกลวิธีที่จะใช้ในการแก้ปัญหาที่จะทำให้สำเร็จตามเป้าหมายได้มากที่สุด แต่ไม่ได้หมายความว่า จะต้องสำเร็จตามเป้าหมายทุกครั้งไป โปรแกรมเหล่านี้มักจะพบในงานวิจัยทางจิตวิทยาเกี่ยวกับการคิด (cognitive psychology) โดยเฉพาะในด้านการแก้ปัญหา หรือจากงานวิจัยเกี่ยวกับ เซาว์นปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) โดยการศึกษาทั้งสองแนวทางดังกล่าวมุ่งที่จะทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการที่ "ผู้เชี่ยวชาญ" ใช้ในการแก้ปัญหาค้าง ๆ โดยมีความเชื่อว่า ผู้เชี่ยวชาญจะมีวิธีการแก้ปัญหาค้างที่ซับซ้อนแตกต่างไปจากผู้เริ่มเรียน หรือผู้ขาดประสบการณ์ ซึ่งถ้าค้นพบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีวิธีการแก้ปัญหาค้างต่างกันจากผู้ขาดประสบการณ์จริง ก็จะทำวิธีการที่ผู้เชี่ยวชาญใช้มาแก้ไขหรือช่วยเหลือผู้ขาดประสบการณ์ต่อไป ข้อค้นพบที่น่าสนใจจากงานวิจัยของกลุ่มนี้ก็คือ ผู้เชี่ยวชาญจะใช้เวลาสำหรับการสร้างความคิดรวบยอดเกี่ยวกับปัญหา การกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาหลาย ๆ ทาง ตลอดจนการวางแผนในการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาค้างตามทางเลือกของปัญหาที่ได้กำหนดขึ้น ซึ่งเป็นกิจกรรมพื้นฐานก่อนที่จะลงมือแก้ปัญหาค้างด้วยข้อค้นพบนี้ โปรแกรมการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดตามแนวทางนี้ จึงมุ่งเน้นไปที่การฝึกให้ผู้เรียนเกิดกิจกรรมทั้งสามประการดังกล่าว ตัวอย่างโปรแกรมในแนวทางนี้ ได้แก่ โปรแกรมผลผลิตของการคิด (the productive thinking program) ของโควิงตัน และคณะ (Covington and arthers 1974) แนวทางการสอนการแก้ปัญหาค้างทางคณิตศาสตร์ของ โชเฮนเฟลด์ (Schoenfeld 1980) รูปแบบการแก้ปัญหาค้างของรูเบนสไตน์ (Rubenstein 1975) และโปรแกรมความไว้วางใจการวิจัยด้านการคิด (cognition research trust program) ของโบโน (Bono 1983)

เกี่ยวกับการใช้ยุทธศาสตร์การคิดเป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะการคิดนี้ แผนการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2520 และหลักสูตรใหม่ของกระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2521 ซึ่งกรมวิชาการ (2525: 265-268) ได้ย้ำเป็นอันมากว่า ต้องสอนให้นักเรียนรู้จัก

คิดเป็น และได้เสนอแนวความคิดว่าควรใช้วิธีคิดแบบแก้ปัญหา หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการแห่งปัญญามาใช้เป็นวิธีสอน โดยดำเนินเป็นขั้น ๆ ดังนี้

- ขั้นที่ 1 การรู้จักกำหนดปัญหา และสาเหตุของปัญหา
- ขั้นที่ 2 การตั้งสมมติฐาน เพื่อแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา
- ขั้นที่ 3 การทดลองกระทำดู และเก็บข้อมูลหรือผลการทดลอง
- ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง หรือข้อมูลที่จดไว้
- ขั้นที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นความรู้

การนำขั้นทั้ง 5 ของวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นวิธีสอนนี้ เชื่อว่าจะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดและกระทำอันจะช่วยให้คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น หรือมีทักษะการคิดขั้นสูงนั่นเอง

3. กลุ่มโปรแกรมที่ใช้พัฒนาการของการคิดตามทัศนะของ เพียเจท์ เป็นแนวทาง (formal thinking on stage development) กลุ่มนี้อาศัยทัศนะเกี่ยวกับการคิดของ เพียเจท์ เป็นหลักการในการพัฒนาโปรแกรม โดยมีความเชื่อว่าผู้เรียนจะสามารถพัฒนาการคิดของตนเองจากการคิดเฉพาะด้าน และจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมให้เป็นความสามารถในการคิดแนวกว้าง และคิดในสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ โดยเฉพาะในระดับมหาวิทยาลัย ได้มีการจัดโปรแกรมในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อฝึกฝนและส่งเสริมทักษะการคิดในขณะที่เรียนเนื้อหาวิชาตามหลักสูตร เช่น แนวทางการสอนแบบครบวงจร (learning cycle approach) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยคาร์ปลัส และคณะ (Carplus et.al. 1974) โดยการแบ่งกระบวนการเรียนรู้เป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นสำรวจ (exploration) ขั้นคิดประดิษฐ์ (invention) และขั้นประยุกต์ (application) โดยในขั้นแรกนักศึกษาจะทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว โดยไม่กำหนดทิศทาง หรือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ ขั้นที่สอง นักศึกษาจะได้รับการกระตุ้นให้สรุปเป็นหลักการจากสิ่งที่ค้นพบ และขั้นสุดท้าย เป็นการนำหลักการดังกล่าวไปใช้ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน เกี่ยวกับการนำทัศนะของ เพียเจท์มาใช้ในการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดนี้ รัยยุทธ วิเชียรโชติ (2514: 56-60) ได้เสนอทัศนะเรื่อง "การสอนแบบสืบสวนสอบสวน : วิธีสอนให้คิด" ไว้โดยสรุปได้ว่า การปรับปรุงคุณภาพของพลเมืองในด้านความคิด ให้รู้จักใช้เหตุผลฝึกการสังเกต และสามารถแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถทำได้โดยปรับปรุงวิธีสอนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้การสอนแบบสืบสวน-สอบสวน ซึ่งอาศัย

กระบวนการคิดของ เพีย เจท์ มาปรับให้เป็นลำดับขั้นของการสอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การสังเกต เป็นการสร้างความคิดรวบยอดและการคิดอย่างมีประสิทธิภาพต่อความรู้ใหม่ โดยอาศัยความรู้เดิมที่มีอยู่
- 2) การอธิบาย เป็นกระบวนการแก้ปัญหาโดยอาศัยการตั้งทฤษฎีจากการหาเหตุผลต่าง ๆ หรือเรียกได้ว่า เป็นการตั้งสมมติฐาน
- 3) การทำนาย เป็นกระบวนการพิสูจน์สมมติฐาน โดยใช้วิธีการทำนาย เพื่อผู้คิดจะได้รวบรวมข้อมูลมาทดสอบสมมติฐาน
- 4) การคิดสร้างสรรค์ เป็นการนำความรู้ที่ได้รับมาผสมกันเป็นโครงสร้างใหม่ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ทัศนะในเรื่องการใช้วิธีสอนแบบสืบสวน-สอบสวนนี้ ได้รับการตรวจสอบโดยผลงานการวิจัยของนิสิตปริญญาโท ในสถาบันอุดมศึกษาหลายแห่ง จนกระทั่งเป็นที่ยอมรับและใช้เป็นวิธีสอนวิธีหนึ่งในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ.2518

4. กลุ่มโปรแกรมที่ใช้ความหมายและการใช้ภาษาและสัญลักษณ์เป็นแนวทาง (language and symbol manipulation) กลุ่มนี้มีความเชื่อว่าการเขียนที่ดีมีประสิทธิผลเป็นกิจกรรมที่มีแบบแผนและจำเป็นต้องใช้ความสามารถในการแสดงออกของความคิดอย่างแจ่มชัดและมีความต่อเนื่อง ลักษณะการเขียนที่ดีมีประสิทธิผลดังกล่าวจำเป็นต้องมีการวางแผน ตลอดจนกำหนดแนวทางปฏิบัติที่ดีเพื่อนำไปสู่เป้าหมาย โดยมีการแบ่งงานที่จะต้องทำออกเป็นส่วน ๆ และเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่อง แล้วมีการรวมส่วนต่าง ๆ เหล่านั้นให้เป็นบทความที่มีใจความกลมกลืนกัน ฉะนั้น การเขียนนอกจากจะเป็นการแสดงออกของความคิดแล้ว ยังสามารถนำมาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาการคิดอีกด้วย

โปรแกรมที่สร้างขึ้นตามแนวทางนี้ ในปัจจุบันมักจะเป็นโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะโปรแกรมเสริมการเรียนคณิตศาสตร์สำหรับเด็กเล็กและเด็กในระดับประถมศึกษา ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ภาษา LOGO ที่พาเพิร์ต (Papert 1980) ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้สอนหรือช่วยให้เด็กได้ค้นหาวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง วิธีการดังกล่าวนี้ พาเพิร์ต เชื่อว่าจะช่วยเพิ่มทักษะการเรียนรู้ และทักษะในการสร้างแนวคิดให้กับ เด็กและสามารถ

นำไปใช้กับการเขียนวิชาอื่นที่ไม่ใช่คณิตศาสตร์ได้ แต่วิธีการตามแนวทางนี้สำหรับประเทศไทย มีการส่งเสริมอย่างมาก โดยจำกัดเฉพาะกลุ่มที่อยู่ในเมืองหลวง และผู้ปกครองที่มีฐานะดีเท่านั้น การนำมาใช้ในโรงเรียนทั่วไปจะไม่พบเลย

5. กลุ่มโปรแกรมที่ใช้การคิดเป็นเนื้อหาสาระของการเรียน เช่นเดียวกับวิชาอื่น ๆ (thinking about thinking) กลุ่มนี้เชื่อว่าการคิดหรือการเรียนรู้เกี่ยวกับการคิดจะสามารถพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียนได้ กลุ่มนี้มีความเห็นว่า การวิจัยเกี่ยวกับการคิดที่ผ่านมายังไม่สามารถพัฒนาการคิดของเด็กให้ถึงขีดความสามารถสูงสุด เพราะยังไม่สามารถพัฒนาจนถึงจุดที่ผู้เรียนเข้าใจถึงสิ่งที่ เป็นจุดเด่นหรือจุดด้อยของการคิดของตนเอง ดังนั้นกลุ่มนี้จึงมุ่งที่จะพัฒนาการคิดของเด็กให้ถึงขีดสูงสุดตามศักยภาพที่เด็กมีอยู่ โดยให้เด็กสามารถค้นหาข้อผิดพลาดที่มักจะมีเกิดขึ้นในขณะที่ทำการคิด และนำผลจากการค้นพบนี้นมาทำการแก้ไข อีกทั้งส่งเสริมให้เด็กได้ส่งเสริมความสามารถที่เป็นจุดเด่นได้ด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้เด็กได้พัฒนาศักยภาพของการคิดถึงระดับสูงสุด ตัวอย่างโปรแกรมตามแนวทางนี้ได้แก่ โปรแกรมปรัชญาสำหรับเด็ก (the philosophy for children program) ของ ลิพแมน, ชาร์ป และออสแคนยัน (Lipman, Sharp and Oscanyan 1980) ในโปรแกรมนี้ จะฝึกให้ผู้เรียนได้ทำการอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคิด เช่น กระบวนการสืบสวน กระบวนการคิดแก้ปัญหา การสรุปหลังจากการจากข้อมูลและเงื่อนไขที่มีอยู่ และกระบวนการโยงเหตุกับผลเข้าด้วยกัน ทั้งนี้โดยการอาศัยความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับโลกภายนอก และเกี่ยวกับตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เกี่ยวกับการเกิดและกระบวนการคิดของสมองมาเป็นตัวเริ่ม หรือเป็นเครื่องกระตุ้นของการฝึก

ทัศนะเกี่ยวกับการพัฒนาการคิดดังกล่าวมาแล้วนั้น ไม่ว่าจะ เป็นแนวทางการสอนเพื่อให้คิด การสอนการคิด และการสอนเกี่ยวกับการคิด ทั้งในลักษณะที่เป็นการสอนทักษะการคิดโดยตรง หรือการสอนทักษะการคิดควบคู่ไปกับการสอน เนื้อหาสาระวิชาในโรงเรียน และไม่ว่าจะเป็นกลุ่มโปรแกรมตามแนวความเชื่อพื้นฐานใดก็ตาม จะเห็นได้ว่า ความเชื่อพื้นฐานที่สอดคล้องกันทุกรูปแบบการสอน ก็คือการมุ่งพัฒนาทักษะการคิด โดยการสร้างทักษะของวิธีการคิดชนิดต่าง ๆ ตามที่นักวิจัยแต่ละคนจะ เห็นว่าวิธีการคิดใดมีความสำคัญและจำเป็นต้องฝึกฝนให้เกิดเป็นทักษะ ซึ่งวิธีการคิดต่าง ๆ ที่นำมาฝึกทักษะนั้นก็ คือ สมรรถภาพสมอง หรือเชาวนปัญญา ในส่วนที่เป็นศักยภาพของสมรรถภาพสมองในการที่จะ เลือกการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นปัญหา

นั่นเอง ซึ่งหมายความว่า นักการศึกษาเหล่านี้มีความเชื่อว่าการพัฒนาทักษะการคิดนั้น สามารถกระทำได้โดยการฝึกทักษะการคิด หรือการฝึกสมรรถภาพสมองนั่นเอง

3. สมรรถภาพทางสมอง และทักษะการคิด

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางสมองและทักษะการคิด

การคิดและสมรรถภาพทางสมอง มีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง โดยสมรรถภาพสมอง เป็นศักยภาพของพลังสมองที่มีอยู่ภายในตัวแต่ละบุคคล และการคิดเป็นทักษะเชิงปฏิบัติของบุคคลที่เกิดจากการใช้สมรรถภาพทางสมองร่วมกับประสบการณ์ที่เกิดจากการเรียนรู้และการฝึกฝน ด้วยเหตุนี้นิยามของการคิดจึงเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพสมองโดยตรง โบโนและซีเกิล (Bono and Sigel 1984: 18-21) ได้รวบรวมและสรุปความหมายของการคิดว่าจะมีความหมายเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรไม่มีขอบเขตตามลักษณะปฏิบัติการทางสมอง จากสิ่งที่เป็นการรับความคิดแต่โดยดี (suggesting passive reception) อันได้แก่ การใคร่ครวญ การคิดอย่างจดจ่อ และการคิดอย่างลึกซึ้ง ไปสู่ความสามารถด้านความคล่องแคล่ว (active approach) ซึ่งเป็นการแสดงออกของพลังสมอง (mental action) เช่น การสร้างความคิดรวบยอด การแก้ปัญหา รวมทั้งสิ่งที่เป็นปฏิบัติการทางสมอง เช่น การอุปมาน การอนุมาน การใช้เหตุผล การจัดเรียงลำดับ การจัดประเภท และการให้ความหมายของความสัมพันธ์ โดยกระบวนการแต่ละกระบวนการเหล่านี้ สามารถทำหน้าที่แยกจากกันเป็นอิสระ หรือทำหน้าที่ร่วมกัน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการคิด หรือสิ่งที่ต้องการ เช่น การค้นปัญหาหรือการแก้ปัญหา

การให้ความหมายและการจัดประเภทของการคิดจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการคิด รูปแบบการคิด ทักษะการคิดที่สัมพันธ์กับการใช้สมรรถภาพทางสมองในลักษณะต่าง ๆ ตามแต่นักจิตวิทยานั้น ๆ จะสนใจถึงจุดเน้น วิธีการและเป้าหมายของการคิดเช่นไร ในส่วนที่เป็นกระบวนการคิดนั้น บรูเมนทัล (Brunental 1977: 154) ให้ความเห็นว่า เป็นการใช้กระบวนการทางสมองไปในด้านการคิด การวางแผน การรู้ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ การจัดประเภท การสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการคิดเหล่านี้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางชีวภาพ หรือความแตกต่างระหว่างบุคคลต่อมาได้

ขยายกระบวนการคิดเพิ่มเติม โดยรวมถึงผลที่เกิดขึ้นจากการควบคุมกระบวนการทางสมองระดับสูง (higher mental process) ซึ่งได้แก่กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความตั้งใจ การรับรู้ ความจำ จินตภาพ และการเรียนรู้ทางทักษะ นอกจากนี้ ฟลาวเวล (Flavel 1977: 73) และ แมคคอลล (Macall 1981: 231) ยังให้ทัศนะว่าการคิดนั้นจะต้องรวมความรู้สึกอันเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงผ่านความเชื่อ ทัศนคติ การตัดสินใจลงความคิดเห็น และค่านิยม เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการคิดด้วย

ความสนใจต่อการศึกษาเกี่ยวกับการคิดเพิ่มขึ้นอย่างจริงจัง เมื่อ เจมส์ (James 1890: 73) เสนอความรู้ทางจิตวิทยาที่เรียกว่า "ศาสตร์ของชีวิตจิตใจทางสมอง (science of mental life)" ทำให้เกิดงานวิจัยเพื่อที่จะตรวจสอบความคิด และความรู้สึกที่มีอยู่ในจิตใจของตนเอง ซึ่งเป็นวิธีการแบบใคร่ครวญ (introspective method) โดยการให้ผู้ที่เป็หน่วยทดลองบันทึกรายการต่าง ๆ ของกิจกรรมที่มีอยู่ในจิตใจหรือสิ่งที่คนคิดออกมา งานวิจัยเกี่ยวกับการคิดในระยะแรก ๆ นี้ยังไม่มีทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดโดยเฉพาะรองรับ แต่จะใช้ความรู้ความคิดรวบยอดจากความรู้ในแขนงอื่นมาอธิบาย โดยเฉพาะความรู้จากทฤษฎีอะตอมร่วมกับปรัชญาในเรื่องจุดกำเนิด ธรรมชาติ และขีดจำกัดของความรู้ตามแนวทางของลอค (Lockean epistemology) เพื่อค้นหาสิ่งที่เรียกว่าอนุของความคิด (mental atoms) ที่ถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกันตามหลักของการเชื่อมโยงที่ประกอบด้วยหลักของสิ่งที่ใกล้เคียงสิ่งที่เป็นจริงในช่วงเวลาหนึ่ง และสิ่งที่คล้ายคลึงกัน โดยมีเป้าหมายของการค้นคว้าเพื่อที่จะอธิบายหน้าที่ของการคิดมากกว่าจะค้นหาโครงสร้างของการคิด

ตั้งแต่ปี ค.ศ.1960 เป็นต้นมา ทัศนะเกี่ยวกับการรับรู้ของนักจิตวิทยา กลุ่มเกสตัลท์ (Gestalt psychologies of perception) ผลงานของเพียเจต์และผลงานของชอมสกี (Chomsky) ทางด้านภาษาศาสตร์ ได้เข้ามามีบทบาทในการอธิบายความหมายของการคิดในเชิงของพฤติกรรมเพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ โดยการอาศัยการเสริมแรงทั้งในทางบวกและทางลบ แนวทางในการวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการคิดนั้นมุ่งไปที่การเชื่อมโยงสิ่งเร้าที่กระตุ้นการคิดกับการตอบสนอง หรือการคิดด้วยลักษณะการเสริมแรงแบบต่าง ๆ

ทัศนะเกี่ยวกับความหมายของการคิดดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการคิดเป็นกระบวนการทางสมองทั้งในส่วนที่เป็นศักยภาพสมอง ในการที่จะรับรู้ข้อมูลต่าง ๆ มาประมวลผลเบื้องต้น แล้วใช้วิธีการคิดที่มีอยู่หรือเคยได้รับการฝึกฝนมาประมวลสรุป เพื่อแสดงออกเป็นผลผลิต

ของการคิด และผลผลิตของการคิดที่แสดงออกจะเป็น เครื่องชี้บ่งถึงสมรรถภาพสมองในด้านความสามารถ ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า คนที่มีทักษะการคิดในระดับสูงต้องมีสมรรถภาพทางสมองดี หรือผู้ที่มีสมรรถภาพทางสมองดีจะมีผลผลิตของการคิดดี ดังนั้นในการจัดการศึกษา เพื่อที่จะพัฒนาทักษะการคิดจะต้องพัฒนาหรือส่งเสริมสมรรถภาพทางสมองควบคู่กันไป และเป็น เครื่องยืนยันว่าสมรรถภาพทางสมองและทักษะการคิดมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง

3.2 แนวความคิดที่ใช้เป็นกรอบทฤษฎีสำหรับการวิจัย

สมรรถภาพทางสมองและการคิดมีความสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมรรถภาพสมองด้านความสามารถทั่วไป (g-factor) เป็นสมรรถภาพที่ส่งผลต่อระดับพัฒนาการของการคิดอย่างมาก ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นของโบโน (Bono 1983: 16) ด้วยเหตุนี้การส่งเสริมหรือพัฒนาทักษะการคิด จึงอาจกระทำได้โดยการส่งเสริม หรือฝึกฝนทักษะการใช้สมรรถภาพสมองด้านความสามารถทั่วไปของแต่ละบุคคลให้เกิดความว่องไวหรือมีความไว และคล่องแคล่วในศักยภาพที่จะใช้สมรรถภาพสมองด้านความสามารถทั่วไป โดยเฉพาะในหน้าที่เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาทั่วไป (fluid ability) ตามทัศนะของคาทเทล และคณะ (Catell et.al. 1963: 1-22)

นักจิตวิทยามีทัศนะ เกี่ยวกับสมรรถภาพทางสมองหลากหลายแตกต่างกันออกไป ซึ่งจำแนกออกเป็นหลายกลุ่ม ตามความเชื่อพื้นฐานและการให้นิยามของแต่ละกลุ่ม อย่างไรก็ตาม พื้นฐานของมโนคติโดยทั่วไป ยังมีลักษณะที่เกี่ยวข้องกันเป็นส่วนใหญ่ และเห็นว่าการฝึก เพื่อเพิ่มพูนศักยภาพของสมรรถภาพสมองในบางด้านสามารถกระทำได้ทั้งในกลุ่มที่มีทัศนะว่าสมรรถภาพสมองมีลักษณะเปลี่ยนแปลงได้ เช่น กลุ่มของเพียเจต์ และกลุ่มประมวลผลข้อความจริง

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมีความเห็นคล้ายตามทัศนะของกลุ่มที่มีความเชื่อว่สมรรถภาพสมองมีลักษณะเปลี่ยนแปลงได้ และมีวิธีการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระยะเวลานั้นสั้น หรือรวดเร็ว โดยเมื่อพิจารณาถึงสมรรถภาพทางสมองด้านความสามารถทั่วไปในส่วนที่เป็นความสามารถที่เกิดจากการสะสมการเรียนรู้ (crystallized ability) นั่นก็คือความสามารถอันเป็นผลมาจากการเรียนรู้ หรือสะสมประสบการณ์ในส่วนที่เป็นเนื้อหาวิชาหรือหลักการที่เป็นที่ยอมรับกันมาแล้วนั่นเอง ตามที่เจเนเซน (Jensen 1980: 241) ได้เคย

กล่าวไว้ ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่าการ เรียนรู้ในชั้นเรียน หรือประสบการณ์ที่เป็นความรู้ตามหลักวิชา นอกชั้นเรียนนั้น เป็นการฝึกความสามารถในส่วนที่เป็นการสะสมประสบการณ์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ ไม่ได้มุ่งหวังที่จะฝึกความสามารถในส่วนนี้ เพราะผู้วิจัย เห็นว่าเป็นหน้าที่หลักและ เป็นสิ่งที่หลักสูตรของการจัดการศึกษาทั้งหลายไม่ว่าจะเป็นการศึกษาในระบบหรือนอกระบบโรงเรียนได้มุ่งที่จะปฏิบัติกันอยู่แล้ว แต่การวิจัยครั้งนี้ มุ่งที่จะสร้างโปรแกรมเพื่อเสริมการ เรียนการสอนตามปกติ ในการพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียน โดยเน้นหนักไปที่การฝึกสมรรถภาพสมองด้านความสามารถทั่วไปในส่วนที่เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาทั่วไป ซึ่งมีลักษณะ เป็นทักษะการคิดและการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหาทั่วไป ไม่ว่าจะ เป็นไปตามหลักวิชาที่เคยเรียนรู้มา หรือปัญหาใหม่ที่ไม่เคยเรียนรู้มาก่อน ทั้งนี้เพราะความสามารถในส่วนนี้เป็นความสามารถสำคัญของการแก้ปัญหาในโลกของความจริง ในขณะที่ความสามารถจากการสะสมประสบการณ์นั้น เป็นความสามารถสำคัญในการเผชิญกับโลกทางวิชาการของบุคคล ฉะนั้นทักษะการคิดหรือความสามารถในด้านการแก้ปัญหาทั่วไป จึงมีความสำคัญในการจัดการศึกษาอย่างยิ่ง ดังที่สเติร์นเบิร์ก (Sternberg 1985 : 53) ได้กล่าวไว้ว่า "จริงอยู่แม้ว่าความรู้ตามหลักวิชานั้นเป็นสิ่งสำคัญที่ใคร ๆ ก็ยอมรับ แต่หลักวิชาดังกล่าวนั้นยังมีโอกาสจะล้าสมัยได้ แต่ทักษะการคิดนั้นมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าความรู้ตามเนื้อหาวิชา อีกทั้งยังไม่มีโอกาสของการล้าสมัยได้เลย" ด้วยเหตุนี้กรอบทฤษฎีในการฝึกสมรรถภาพทางสมอง เพื่อพัฒนาการคิดสำหรับการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งที่จะฝึก และส่งเสริมสมรรถภาพสมองด้านความสามารถทั่วไปในส่วนที่เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาทั่วไปเป็นจุดสำคัญ โดยมีความเชื่อว่า ถ้าสมรรถภาพสมองด้านนี้ได้รับการส่งเสริมหรือฝึกฝนอย่างเพียงพอแล้วจะช่วยให้ทักษะการคิดของบุคคลพัฒนาได้ด้วย

สมรรถภาพสมองด้านความสามารถทั่วไปนี้ในทัศนะของกลุ่มที่ยึดองค์ประกอบเป็นหน่วยของการวิเคราะห์ และอธิบายความหมายของสมรรถภาพสมอง ต่างมีความเห็นสอดคล้องกัน เป็นส่วนใหญ่ว่า ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบ โดยแต่ละองค์ประกอบมีหน้าที่ในการปฏิบัติการทางสมองแตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มที่มองสมรรถภาพสมอง เป็นศักยภาพในการที่จะแก้ปัญหา (explicit theory) แต่ส่วนใหญ่จะให้ความหมายของสมรรถภาพสมองด้านความสามารถทั่วไปนี้เป็นศักยภาพมากกว่า เป็นความสามารถในกรณีนี้กล่าวถึงความสามารถทั่วไปในส่วนที่เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาทั่วไป

ทัศนะของนักจิตวิทยาเกี่ยวกับสมรรถภาพทางสมองโดยใช้องค์ประกอบเป็นหน่วยของการวิเคราะห์ และการอธิบายโครงสร้างของสมรรถภาพสมองนี้ ส่วนใหญ่ใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นสาระสำคัญในการสร้างทฤษฎี เช่น งานของเธอร์สโตน เวอร์นอน คาทเทล และคนอื่น ๆ อีกมาก เว้นแต่ทฤษฎีของกิลฟอร์ด (Guildford 1977: 247) ที่เสนอโมเดลทางทฤษฎีก่อนแล้วใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์มาสนับสนุน ซึ่งกิลฟอร์ดพบว่าบางองค์ประกอบที่โครงสร้างทางทฤษฎีของเขาอธิบายได้นั้น ยังไม่มีข้อมูลเชิงประจักษ์มาสนับสนุนเพียงพอ ด้วยเหตุนี้ ในการสร้างกรอบทฤษฎี สำหรับการวิจัยครั้งนี้จึงยึดแนวความคิดที่ว่า องค์ประกอบหลักสำคัญที่จะนำไปใช้ในการสร้างโปรแกรมการฝึกสมรรถภาพสมองมีลักษณะ เป็นอิสระจากกัน และเป็นทักษะกระบวนการคิดขั้นสูง (primary order) ไม่ใช่ทักษะการคิดที่ต้องอาศัยองค์ประกอบหลาย ๆ ด้านมาใช้ในการคิด (secondary order) สมรรถภาพสมองด้านความสามารถทั่วไปในส่วนที่เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาทั่วไปนี้ งานวิจัยของฮอร์น และคัทเทล (Horn and Catell 1966: 17) หมายถึงความสามารถด้านเหตุผล ซึ่งความสามารถด้านเหตุผลนี้ งานของรอยซ์ (Royce 1978: 53-68) จัดให้เป็นองค์ประกอบหนึ่งของความสามารถด้านการสร้างความคิดรวบยอด และจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อยสามองค์ประกอบ คือ การใช้เหตุผลแบบอุปมาน การใช้เหตุผลแบบอนุมาน และความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ ทัศนะดังกล่าวสอดคล้องกับทัศนะของสเตอร์นเบิร์ก (Sternberg 1985: 320) ที่เสนอทฤษฎีย่อยเกี่ยวกับองค์ประกอบของสมรรถภาพสมอง (componential subtheory) ว่าประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาทั่วไปและความสามารถเกิดจากการสะสมประสบการณ์เช่นเดียวกับทฤษฎีของคัทเทล และกล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทั่วไปว่าประกอบไปด้วยองค์ประกอบของ เหตุผลเชิงอุปมานและ เหตุผลเชิงอนุมาน โดยสเตอร์นเบิร์กได้จำแนกเหตุผลเชิงอุปมาน เหตุผลเชิงอนุมานเป็นความสามารถในการประมวลผลข้อความจริงต่าง ๆ และความสามารถในการเลือกวิธีการที่จะตอบสนอง นอกจากนี้ สเตอร์นเบิร์กยังได้เสนอทักษะการ ปฏิบัติงานของสมรรถภาพทางสมองด้านความสามารถทั่วไปว่าเป็นความสามารถในการอุปมาอุปไมย การเติมส่วนที่ขาดไปในอนุกรมให้สมบูรณ์ การจัดประเภท การเทียบเคียง การอ้างอิงสาเหตุ การสันนิษฐานเชิงเส้นตรง การสันนิษฐานโดยการจับกลุ่ม การสันนิษฐานโดยใช้เงื่อนไข การเรียนรู้เกี่ยวกับศัพท์ และการจัดกระทำกับศัพท์ต่าง ๆ

นอกจากความสามารถทางด้านเหตุผลซึ่งรอยซ์จัดให้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการเรียนรู้ในลักษณะการสร้างความคิดรวบยอด ซึ่งสอดคล้องกับทัศนะและข้อค้นพบของคาทเทล และคณะ ตลอดจนทัศนะของสเตอร์นเบิร์ก ดังกล่าวมาแล้วนั้น รอยซ์ยังกล่าวถึงความสำคัญในการเรียนรู้ในวิถีทางอื่นที่ไม่ใช่การสร้างความคิดรวบยอด แต่เป็นวิถีทางในการใช้ข้อมูลที่สังเกตุพบ อันเป็นวิถีทางที่ต้องใช้ความสามารถในการรับรู้ ซึ่งรอยซ์จัดองค์ประกอบที่สำคัญไว้สององค์ประกอบคือ องค์ประกอบของการมองความสัมพันธ์ของมิติต่าง ๆ ทางสายตา และองค์ประกอบทางความจำ ซึ่งรอยซ์เชื่อว่าความสามารถการรับรู้ทางสายตานี้สามารถฝึกได้ดีกว่าการฝึกความจำ โดยรอยซ์อ้างถึงข้อค้นพบของ เจนเซน (Jensen 1965: 828-834) เซอร์แมน (Sherman 1967: 290-299) บริงแมน (Brinkman 1966: 179-184) ตลอดจนรายงานของเบลคกับวัตสัน (Blade and Watson 1955: 69) ซึ่งกล่าวถึงการฝึกความสามารถด้านการรับรู้ และการมองมิติสัมพันธ์ โดยเฉพาะรายงานของเบลค และวัตสัน พบว่า หลังการเรียนผ่านไปหนึ่งปี นักศึกษาทางด้านเครื่องยนต์มีความสามารถทางด้านนี้เพิ่มขึ้นเกือบหนึ่งความเบี่ยงเบนมาตรฐาน นอกจากนี้ไดอะมอนด์ และรอยซ์ (Diamond and Royce 1980: 47) ยังกล่าวว่ามีข้อมูลน้อยมากที่สนับสนุนว่าความสามารถด้านเหตุผลกับความจำ มีความสัมพันธ์กันสูง แต่มีข้อมูลจำนวนมากที่พบว่าความสามารถทางมิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กับความสามารถด้านความคล่องแคล่วสูงมาก และสัมพันธ์ในระดับปานกลางกับความสามารถทางด้านภาษา ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความสามารถด้านการรับรู้ และมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถที่จำเป็นและสำคัญต่อการสร้างความสามารถที่เกิดจากการสะสมประสบการณ์ ฉะนั้นความสามารถทางการรับรู้และมิติสัมพันธ์นี้จึงเป็นองค์ประกอบหนึ่งของความสามารถในการแก้ปัญหาทั่วไป และเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ต้องนำมาฝึกในการสร้างเสริมทักษะการคิด อีกทั้งเป็นองค์ประกอบที่ได้รับการยืนยันว่าสามารถฝึกและสร้างเสริมให้พัฒนาได้

เพอร์คิน (Perkins 1986: 4-10) เสนอแนวความคิดที่แปลกออกไปในเชิงโครงสร้างของสมรรถภาพสมอง โดยเพอร์คินเห็นว่า สมรรถภาพสมองส่วนนี้หมายถึงความสามารถของสมองในการที่จะประมวลข้อความจริงทั้งหลาย โดยมีประสิทธิภาพเท่าที่ธรรมชาติกำหนดมาให้ ส่วนที่สองเรียกว่า ยุทธวิธี เป็นส่วนที่ช่วยให้ส่วนแรกมีการคิดที่ดีขึ้น เพราะเป็นส่วนที่สร้างยุทธศาสตร์การจำ การแก้ปัญหา เป็นการเสริมสร้างให้พลังสมองในส่วนแรก ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนที่สามเป็นส่วนที่เพอร์คินเรียกว่า เนื้อหา

โดยเชื่อว่า สมรรถภาพสมองมีมิติจากหลายแหล่งของความรู้ทางวิชาการที่จะนำมาแก้ปัญหาในแต่ละด้านให้สำเร็จ หรือกล่าวได้ว่าส่วนนี้คือส่วนของความรู้ทางวิชาการด้านต่าง ๆ ที่บุคคลได้เรียนรู้และสะสมมานั่นเอง ส่วนประกอบแต่ละส่วนนี้ เพอร์คินใช้คำว่า "กรอบ (frame)" ในการอธิบายและพัฒนา เพอร์คินเชื่อว่าในส่วนของกรอบพลังสมองนั้นเป็นผลจากธรรมชาติกำหนด การที่จะพัฒนาสมรรถภาพสมองในกรอบนี้ จึง เป็นไปได้ยากหรือเป็นไปได้ แต่ในกรอบยุทธวิธี และกรอบ เนื้อหา เป็นสิ่งที่สามารถจะพัฒนาและ เป็นหน้าที่ของโรงเรียน หรือสถานศึกษาที่จะพัฒนาในกรอบทั้งสองนี้ แต่ที่ผ่านมา โรงเรียนยัง เน้นหนักในการพัฒนากรอบ เนื้อหามากกว่า โดยละ เลຍกรอบยุทธวิธี และให้กรอบพลังสมอง เป็นไปตามยถากรรม เพอร์คินเชื่อว่าการกระทำดังกล่าวทำให้ช่องทางของกรอบพลังสมอง และกรอบ เนื้อหาเพิ่มมากขึ้น และการแก้ปัญหาโดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพลดลง เพราะการพัฒนากรอบ เนื้อหาโดยไม่พัฒนากรอบยุทธวิธีจะเป็นการส่งเสริมการจำ หรือความรู้ในเนื้อหาวิชา โดยไม่ได้พัฒนาทักษะวิธีการคิดที่สำคัญและจำเป็น การส่งเสริมหรือพัฒนากรอบยุทธวิธีของบุคคลให้ เรียนรู้ถึงการที่จะ เรียกระดมพลังสมอง และความรู้ในการแก้ปัญหาซึ่ง เป็นศักยภาพของสมรรถภาพสมองที่บุคคลมีอยู่ เดิมให้พัฒนา เข้าสู่ขีดสูงสุดของ ศักยภาพ จะ เป็นการช่วย เชื่อมโยงกรอบพลังสมอง และกรอบ เนื้อหาให้ใกล้ชิดกันมากยิ่งขึ้นและ เป็นการช่วยให้บุคคลสามารถจัดระเบียบวิธีการคิดของตนให้มีประสิทธิภาพในการคิดแก้ปัญหา มากกว่าที่เคยเป็น

มาร์ซาโน กับอาร์เรดอนโด (Marzano and Arredondo 1986: 20-26, 28-30) ได้พัฒนากรอบการคิดสำหรับ เป็นตัวแบบ ในการสอนทักษะการคิดของนักเรียน ระดับอนุบาลถึงเกรด 12 จำนวนประมาณ 5,000 คน จากโรงเรียนทั้งหมด 9 โรงเรียน ในระหว่างปีการศึกษา 1983-1984 โดยกำหนดกรอบการคิดสำหรับการสอนออกเป็น 3 กลุ่มทักษะการคิด ทั้งนี้ได้ใช้เนื้อหาวิชาที่ได้จัดสอนตามหลักสูตร เป็นสื่อในการพัฒนาทักษะการคิด นั่นคือ ทักษะของมาร์ซาโน และอาร์เรดอนโด เห็นว่าการสอนทักษะการคิดสามารถบูรณาการไปกับเนื้อหาวิชาที่กำหนดในหลักสูตรได้โดยการพัฒนากรอบการคิดทั้งสามกลุ่มทักษะต่อไปนี้

1. ทักษะการเรียนรู้เพื่อที่จะเรียน (learning to learn skills) ประกอบด้วยทัศนคติต่อการควบคุมและตรวจสอบตนเอง (monitoring attitude) ทักษะในการปรับโครงสร้างการคิด (cognitive restructuring) ทักษะในการประเมินตนเอง (self-evaluation) ซึ่งมาร์ซาโน และอาร์เรดอนโด เสนอว่า ยุทธวิธีของการเรียนรู้เพื่อที่จะเรียนนี้จะ เป็นกรอบของการจัดกิจกรรมในชั้นเรียน (framework for

classroom activity)

2. ทักษะเกี่ยวกับสาระของการคิด (content thinking skills) ทักษะนี้เป็นผลของการเรียนรู้ หรือความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ของแต่ละวิชา มาร์ซาโน และอาร์เรดอนโด ได้จัดแบ่งทักษะด้านนี้ คล้ายคลึงกับบลูม และคณะ ได้จัดแบ่งไว้ในตารางแนกสารบบของจุดมุ่งหมายการศึกษา ได้แก่ ความจำในรายละเอียดของเนื้อหา (knowing content) ความเข้าใจอย่างถ่องแท้ หรือความคิตรวมยอดในเนื้อหา (declarative knowledges) และความรู้เกี่ยวกับวิธีดำเนินการ (procedural knowledge)

3. ทักษะเกี่ยวกับการใช้เหตุผลขั้นพื้นฐาน (basic reasoning skills) ทักษะนี้จัดเป็นพื้นฐานของการคิดจากรูปแบบ ซึ่งบางครั้งเรียกว่าทักษะการคิด ซึ่งได้แก่ ทักษะด้านความจำ และการถ่ายโยงความรู้ (storage and retrieval skills) ทักษะในการใช้กระบวนการเลือกสรรค (matching procedures) ประกอบด้วยทักษะในการจัดประเภท (categorization) การคาดการณ์จากความรู้เดิม (extrapolation) การใช้เหตุผลอุปมาอุปไมย (analogical reasoning) การใช้หลักตรรกวิทยาามาประเมิน (evaluation of logic) การประเมินโดยใช้ค่านิยม (evaluation of value) และทักษะสุดท้ายคือทักษะในการปรับโครงสร้าง (restructure) ซึ่งเป็นทักษะในการสร้างความรู้ใหม่ จากการวางแผนโดยอาศัยรายละเอียดต่าง ๆ เช่น คุณลักษณะ (characteristics) ความสัมพันธ์เชิงเหตุเชิงผล (causality) และภูมิหลัง (background) ของข้อเท็จจริง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาหรือสร้างความรู้ใหม่

แนวความคิดในการพัฒนาทักษะการคิดโดยการฝึกสมรรถภาพสมองดังที่ได้เสนอมานั้นจะเห็นได้ว่า สมรรถภาพสมองที่จำเป็นต้องฝึกนั้นก็คือ สมรรถภาพในด้านการรับรู้หรือการสังเกต ซึ่งเป็นสมรรถภาพพื้นฐานจำเป็นในการที่จะพิจารณาปัญหา ส่วนสมรรถภาพอื่น ๆ ที่จำเป็นคือ สมรรถภาพในด้านการใช้เหตุผล ซึ่งนักจิตวิทยาทางด้านการศึกษา และสมรรถภาพสมองกล่าวถึงสอดคล้องกันแบ่งออกเป็นสองลักษณะที่จำเป็นคือการใช้เหตุผลแบบอนุมานและการใช้เหตุผลแบบอุปมาน ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงงานเฉพาะ (specific tasks) ที่เป็นส่วนของการใช้ข้อสรุปประกอบพื้นฐานหรือกระบวนการประมวลผลข้อความจริงพื้นฐานแล้ว จะเห็นว่าการใช้เหตุผลแบบอนุมานสอดคล้องกับความสามารถในด้านการวิเคราะห์ และการใช้เหตุผลแบบอุปมานสอดคล้องกับความสามารถด้านการสังเคราะห์ตามที่เสนอแนะของนักจิตวิทยาการศึกษา กลุ่ม

ของบลูมกล่าวถึงในการจำแนกจุดมุ่งหมายการศึกษาด้านการคิดนั่นเอง อย่างไรก็ตาม การที่จะฝึกฝนให้ผู้เรียนเกิดสมรรถภาพด้านการใช้เหตุผลแบบอนุมานและอุปมานในระดับที่เป็นทักษะของการคิดแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้นั้น จะต้องมีความสามารถด้านการประยุกต์ หรือความสามารถในการปรับขยายโครงสร้างของความรู้ หรือความคิดเดิมที่มีอยู่ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งความสามารถด้านการประยุกต์นี้ งานเฉพาะหรือองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญคือ การถ่ายโยงความรู้ การคาดคะเนเหตุการณ์จากความรู้เดิม การเรียงลำดับเหตุการณ์เรื่องราวต่าง ๆ ให้มีความสมบูรณ์ ซึ่งเป็นทักษะการใช้เหตุผลพื้นฐานตามทัศนะของมาร์ซาโน กับ อาร์เรดอนโต และสเตอร์นเบิร์ก และความสามารถด้านนี้จะเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างความสามารถในด้านการรับรู้ หรือการสังเกตกับความสามารถในด้านการใช้เหตุผล ฉะนั้นในการฝึกสมรรถภาพสมองเพื่อพัฒนาทักษะการคิดครั้งนี้ ความสามารถในด้านการประยุกต์ จึงเป็นองค์ประกอบหนึ่งซึ่งจำเป็นต้องนำมาฝึกนอกเหนือไปจากการฝึกความสามารถด้านการรับรู้หรือการสังเกตและความสามารถด้านการใช้เหตุผลแบบอนุมาน หรือการคิดแบบวิเคราะห์ และการใช้เหตุผลแบบอุปมานหรือการคิดแบบสังเคราะห์ ฉะนั้นในการสร้างรูปแบบการฝึกสมรรถภาพสมองตามความสามารถ หรือองค์ประกอบการคิด 4 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบการคิดด้านสังเกต เป็นการฝึกทักษะในการรับรู้และการสังเกตสิ่งต่าง ๆ เพื่อหาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ต้องการ เพื่อประโยชน์ในการคิดค้นปัญหาหรือประกอบการแก้ปัญหา และช่วยส่งเสริมความสามารถด้านความจำอีกด้วย
2. องค์ประกอบการคิดด้านการประยุกต์ เป็นการฝึกฝนทักษะการคิดด้านเหตุผลพื้นฐานในการขยายโครงสร้างความคิดหรือความรู้เดิมที่มีอยู่ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการรู้จักนำกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ไปใช้
3. องค์ประกอบการคิดด้านการวิเคราะห์ เป็นการฝึกฝนทักษะการคิดด้านเหตุผลแบบอนุมาน (deductive reasoning) ซึ่งเป็นการขยายโครงสร้างการคิดในแง่มุมต่าง ๆ ที่กว้างไกลกว่าการประยุกต์ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการนำความรู้ทางวิชาการมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน
4. องค์ประกอบการคิดด้านการสังเคราะห์ เป็นการฝึกฝนทักษะการคิดด้านเหตุผลแบบอุปมาน (inductive reasoning) ซึ่งเป็นการส่งเสริมการปรับขยาย

โครงสร้างของความคิดและความรู้จากข้อเท็จจริงหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่สังเกตได้มาบูรณาการเป็นความรู้ใหม่

ในการดำเนินการสร้างรูปแบบการฝึกสมรรถภาพสมอง เพื่อพัฒนาทักษะการคิด สำหรับการวิจัยครั้งนี้จะใช้องค์ประกอบการคิดทั้งสี่ด้านดังกล่าวเป็นกรอบทฤษฎีในการดำเนินการ โดยผู้วิจัยคาดหวังว่า "ถ้าบุคคลได้รับการฝึกหรือส่งเสริมทักษะการคิดพื้นฐานทั้งสี่ด้านนี้เพียงพอแล้ว จะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาหรือสืบค้นปัญหาของบุคคลนั้นได้ไม่ว่าปัญหานั้นจะเป็นปัญหาเชิงวิชาการที่เรียนรู้ในโรงเรียนหรือปัญหาทั่วไป นอกเหนือจากการเรียนรู้ในโรงเรียน"

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยต่างประเทศและในประเทศที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับงานวิจัยเรื่องนี้น้อยมาก ผู้วิจัยจึงเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็น 2 ส่วนคือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพทางสมองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการคิด รายละเอียดมีดังนี้

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสมรรถภาพทางสมองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

1.1 งานวิจัยต่างประเทศ

บราวน์ และจอห์นสัน (Brown and Johnson 1952: 3-4)

ได้วิเคราะห์องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ปรากฏผลดังนี้

1. ด้านความเข้าใจภาษา (verbal comprehension) พบว่าผู้ที่จะเป็นนักคณิตศาสตร์ และนักวิทยาศาสตร์ได้ดี จะต้องมีความสามารถในการอ่าน เข้าใจความหมายทางภาษาได้ดีด้วย

2. ด้านเหตุผลเชิงนามธรรม (abstract reasoning) พบว่าผู้ที่จะเป็นนักคณิตศาสตร์ได้ดี จะต้องมีความสามารถในการแปลความสัมพันธ์ของรูปที่เขียนขึ้นประกอบคำอธิบายได้ดีด้วย

3. ด้านการมองเห็นมิติแบบต่าง ๆ (spatial visualization) พบว่าสมรรถภาพด้านนี้ ช่วยแยกความถนัดของผู้เรียนคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

เบนเนต ซีซอร์ และ เวชแมน (Bennet, Seashore and Weshman 1956: 81-91) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยใช้แบบทดสอบวัดความถนัด ดีเอที (DAT : Differential Aptitude Test) พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพด้านภาษา ด้านจำนวน และด้านมิติสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.70, 0.65 และ 0.53 ตามลำดับ

เวลล์แมน (Wellman 1957: 512-517) ได้ศึกษาโดยใช้แบบทดสอบความสามารถทางสมองเบื้องต้น (primary mental ability) กับนักเรียนระดับชั้นที่ 11-12 จำนวน 36 คน พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองเบื้องต้นทางด้านจำนวน ด้านมิติสัมพันธ์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.75 และ 0.70 ตามลำดับ

ฮิลล์ (Hill 1957: 615-622) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบบางประการที่ส่งผลต่อการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาระดับวิทยาลัย จำนวน 148 คน พบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ด้านตัวเลข และด้านราคา กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.58, 0.44 และ 0.28 ตามลำดับ

แดช และคานันโก (Dash and Kanango 1961: 393) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชาวอินเดียระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 100 คน พบว่าคะแนนสมรรถภาพทางสมองมีความสัมพันธ์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ความรู้ทั่วไป วิทยาศาสตร์ และภาษาไทยในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ

สมิธ (Smith 1963: 39-42) ได้ศึกษาโดยใช้แบบทดสอบวัดความถนัดสองชุด ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถระดับโรงเรียนและวิทยาลัย (SCAT : School

and College Ability Test Battery) และแบบทดสอบแคลิฟอร์เนีย (CTB : California Test Battery) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสามารถด้านจำนวนและด้านภาษาจากแบบทดสอบชุดแรก และชุดที่สองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.74, 0.46, 0.43 และ 0.34 ตามลำดับ

วัตเลย์ และ เมอร์วิน (Watley and Merwin 1964: 189-192) ได้วิจัยพบว่าความสามารถด้านจำนวน และภาษา สามารถใช้เป็นตัวพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาและมหาวิทยาลัยได้

เวรี (Very 1964: 1371) ได้วิจัยพบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอนุมาน มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แรนนุกชี (Rannucci 1964: 19-23) วิจัยพบว่าการเรียนรู้คณิตศาสตร์จำเป็นต้องมีสมรรถภาพด้านมิติสัมพันธ์สูง เพราะในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ต้องใช้คุณสมบัติด้านมิติสัมพันธ์ ผู้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ต้องนึกภาพออกกว่าปัญหาที่จะแก้ นั้นเป็นอย่างไร ถ้าสามารถมองรูปอันสัมพันธ์กันได้อย่างซับซ้อนดี ก็จะสามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ง่ายขึ้น

กิลฟอร์ด และคณะ (Guilford et.al. 1965: 659-681) ได้ทำการศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบสมรรถภาพทางสมอง (structure of intellect factors) เพื่อใช้ในการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นปีที่ 9 พบว่าสมรรถภาพสมองด้านที่ใช้ในการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือคณิตศาสตร์ทั่วไปและพีชคณิตได้ดั้น ได้แก่ สมรรถภาพสมองด้านสัญลักษณ์ ด้านการคิดอเนกนัย การคิดอเนกนัย และการประเมินค่า

แวมป์เลอร์ (Wampler 1966: 364-369) ได้วิจัยพบว่า ตัวพยากรณ์ที่ดีในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือความสามารถด้านเหตุผล

อิงเจอร์ซอล และปีเตอร์ (Ingersolls and Peter 1966: 931-937) ได้ศึกษาการใช้แบบทดสอบความถนัดทั่วไป จีเอทีบี (GATB : General

Aptitude Test Battery) สำหรับแนะแนวนักเรียนในเรื่องการเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับ 9-10 ในรัฐไอโอวา (Iowa) จำนวน 4,000 คน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถด้านจำนวนเป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั่วไป และวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานได้ดีที่สุด ส่วนวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปนั้น ตัวทำนายที่ดีที่สุดคือ ความสามารถด้านภาษาและด้านจำนวน

ฮิลเดรท (Hildreth 1966: 427) นักจิตวิทยาชาวอังกฤษทำการวิจัยพบว่าสมรรถภาพทางสมองทั่วไป เป็นตัวพยากรณ์ที่สำคัญซึ่งส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

สโตรว์บริดจ์ (Stowbridge 1967: 1014- A) ได้ทำการศึกษาโดยใช้แบบทดสอบความสามารถทางสมองกับนักเรียนระดับ 7-9 จำนวน 457 คน พบว่า ความสามารถด้านภาษามีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มาร์ส (Mars 1970: 1691- A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเลขคณิต และ เรขาคณิต กับสมรรถภาพทางสมองทั่วไป ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 382 คน โดยใช้แบบทดสอบสมรรถภาพทางสมองทั่วไป 4 ฉบับ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในทุกตัวมีค่าเป็นบวก และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิชาเลขคณิต เรขาคณิต กับสมรรถภาพสมองทั่วไปมีค่าเท่ากับ 0.58 และ 0.64 ตามลำดับ

โอลิคแมน (Olicman 1971: 344- A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปรับตัวเข้ากับสังคมและความสำเร็จทางวิชาการของวิชาภาษาอังกฤษและวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้น 10 จำนวน 562 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดการปรับตัวทางสังคมของเคลลี (Kelly social adaptation scale) และแบบทดสอบความสามารถทางสมองดีเอที (DAT) เฉพาะด้านเหตุผลเชิงถ้อยคำ และด้านจำนวนเป็นตัวแทนในการวัดความสามารถทางสมอง ผลการศึกษาพบว่า คะแนนจากแบบทดสอบสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาอังกฤษและวิชาคณิตศาสตร์ได้ดี โดยความสามารถด้านเหตุผลเชิงถ้อยคำมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับวิชาภาษาอังกฤษตั้งแต่ 0.558-0.586 และความสามารถด้านจำนวนมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับวิชาคณิตศาสตร์ตั้งแต่ 0.392-0.568

กิลฟอร์ด (Guilford 1971: 104) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีโครงสร้างทางสมองกับขั้นตอนการคิดแก้ปัญหาของดิวอี้ (Dewey) และสรุปว่าขั้นตอนในการวิเคราะห์ปัญหามีความสัมพันธ์กับความสามารถทางการรู้ ขั้นตอนในการเสนอวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับการคิดแบบเอกนัย และอเนกนัย ส่วนขั้นตอนในการตรวจสอบผลลัพธ์มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านการประเมินค่า

ดัฟฟี่ และคณะ (Duffy et.al. 1972: 358-362) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "ความสัมพันธ์ระหว่างเชาวน์ปัญญา ทักษะด้านการมองและความสามารถทางจิตภาษาศาสตร์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้น 3, 4 และ 5" กลุ่มตัวอย่างประชากร เป็นนักเรียนระดับชั้น 3, 4 และ 5 จากโรงเรียนรัฐบาลประจำตำบลในเมืองไอโอวา จำนวน 64, 67 และ 57 ตามลำดับ เครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาของเวคส์เลอร์ ชุดสำหรับเด็ก (Wechler intelligence scale for children) แบบทดสอบทักษะทางการด้านการมองชุดสำหรับเด็ก (bender visual motor gestalt test for children) และแบบทดสอบวัดความสามารถทางจิตภาษาศาสตร์ของอิลลินอยส์ (Illinois test of psycholinguistic abilities) ตามลำดับ สำหรับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้แบบทดสอบทักษะพื้นฐานไอโอวา (Iowa test of basic skills) มีแบบสอบย่อย 3 ฉบับ คือ คำศัพท์ การอ่าน และ เลขคณิต ผลการวิจัยพบว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบสอบวัดเชาวน์ปัญญา กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คำศัพท์ การอ่าน และ เลขคณิต เท่ากับ 0.28, 0.26 และ 0.35 ตามลำดับ ในระดับชั้น 3 0.48, 0.38 และ 0.31 ตามลำดับในระดับชั้น 4 0.39, 0.38 และ 0.49 ตามลำดับในชั้น 5 ซึ่งทุกค่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

แซนเดอร์ (Sander 1973: 5983- A) ได้ศึกษาถึงยุทธวิธีการคิดแก้ปัญหาวิชา เลขคณิตของนักเรียนประถมศึกษาปีที่สี่ จำนวน 455 คน พบว่านักเรียนที่คิดแก้ปัญหาได้นั้น ใช้วิธีการคิดแบบริเริ่ม และการคิดแบบเอกนัย นอกจากนี้ยังพบว่า สถิติปัญญากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับยุทธวิธีการคิดแก้ปัญหาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ชอนเบอร์เกอร์ (Schonberger 1976: 536- A) ได้วิจัยหา

ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ กับความถนัด
เชิงมิติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากโรงเรียนในรัฐเมน ผลการวิจัย
พบว่า ความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์และความถนัดเชิงมิติ มีความสัมพันธ์
กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มอสส์ (Moses 1978: 4640- A) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่าง
ความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับความสามารถเชิงมิติ ความสามารถทาง
ด้านสติปัญญาที่ต้องนำมาคิดตอบคำถามของแบบทดสอบ เชิงมิตินั้น เป็นความสามารถด้านความรู้-
ความคิด กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นนักเรียนประถมปีที่ห้า จำนวน 145 คน ของโรงเรียนนิวเบอร์ก
รัฐอินเดียน่า ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถทางการคิดแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับความ
สามารถเชิงมิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โรเบิร์ตสัน (Robertson 1979: 2462-A) ได้ทำการวิจัย
เรื่อง "ประสิทธิภาพของความสามารถทางการอนุรักษ์ตามทฤษฎีของเพียเจท์ ในการ
ทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเลขคณิตของนักเรียนระดับชั้น 2" กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็น
นักเรียนโรงเรียนประถมศึกษา 4 แห่งในเมืองมอนโรว์ รัฐหลุยส์เซียนา จำนวน 72 คน
โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างประชากรออกตามเพศ อายุ เชื้อชาติ สมรรถภาพสมอง ฐานะทางสังคมและ
ความสามารถทางการอนุรักษ์ตามทฤษฎีของเพียเจท์ เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบทดสอบวัด
สมรรถภาพสมองแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการอนุรักษ์ตามทฤษฎีเพียเจท์ และแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า สมรรถภาพสมองมีความสัมพันธ์
กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเลขคณิตในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และสามารถอธิบาย
ความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเลขคณิตได้ร้อยละ 85

เดอไกร์ (De Guire 1985: 415- A) ได้ทำการวิเคราะห์
องค์ประกอบที่เกี่ยวกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยเลือกองค์ประกอบที่จะวิเคราะห์มา
ทั้งหมด 48 องค์ประกอบ และเปรียบเทียบองค์ประกอบเหล่านี้ในด้านสมรรถภาพทางสมอง
ความสามารถด้านการจำ การให้เหตุผล ด้านจำนวน ด้านการมอง ทางภาษา และทาง
คณิตศาสตร์ จากการวิเคราะห์พบว่า สมรรถภาพทางสมองเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสัมพันธ์
สูงสุดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทาง
การเรียนได้ร้อยละ 9 ส่วนความสามารถทางจำนวน และด้านการมองสามารถอธิบายความ

แปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 7 และ 5 ตามลำดับ ถ้าใช้
องค์ประกอบที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด สามารถอธิบายความแปรปรวนทางการเรียนคณิตศาสตร์
ได้ร้อยละ 50

1.2 การวิจัยในประเทศ

ล้วน สายยศ (2511: 77) ได้ทำการวิจัยเพื่อค้นหาสมรรถภาพทาง
สมองบางประการที่ส่งผลต่อการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง โดยกลุ่ม
ตัวอย่าง เป็นนักเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงจากวิทยาลัยครู 13 แห่ง จำนวน 573 คน
และใช้แบบทดสอบความถนัดทางการเรียนด้านภาษา ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านคณิตเหตุผล และ
ระดับคะแนนเฉลี่ยในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง เป็นตัวพยากรณ์ ส่วนเกณฑ์นั้นคือผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ผลการศึกษาพบว่า ค่าสหสัมพันธ์
ระหว่างคะแนนความเข้าใจภาษา ด้านมิติสัมพันธ์ และด้านคณิตเหตุผล กับระดับคะแนนเฉลี่ย
วิชาคณิตศาสตร์ เท่ากับ -0.3158 , $.1895$ และ 0.3859 ตามลำดับ และของกลุ่มรวมได้
ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ 0.8201

สามารถ วีระสัมฤทธิ์ (2512: 65) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง
สมรรถภาพทางสมองด้านตัวเลข ด้านภาษา ด้านความจำ การจัดเข้าพวก อุปมาอุปไมย
มิติสัมพันธ์สามมิติ และทักษะทางตา กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และวิชาวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 จำนวน 444 คน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของ
คะแนน จากแบบทดสอบสมรรถภาพสมองทุกคู่มีค่าเป็นบวก และตัวพยากรณ์มีความสัมพันธ์กับผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง ได้แก่ สมรรถภาพสมองด้านตัวเลข ด้านภาษา และด้าน
ความจำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.3987 , 0.3033 และ 0.3019 ตามลำดับ

วิเชียร เกตุสิงห์ (2512: 108) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความเที่ยงตรง
เชิงพยากรณ์ของแบบทดสอบความถนัดกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการ
ศึกษา 2511 โรงเรียนมัธยม แบบประสม จำนวน 840 คน พบว่าความสามารถด้านทักษะทาง
ตา เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ส่งผลต่อคะแนนวิชาคณิตศาสตร์ โดยมีอำนาจในการพยากรณ์ร้อยละ

สถาพร ทัพพะกุล (2516: 55-59) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง สมรรถภาพทางสมองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 จังหวัดชลบุรี จำนวน 199 คน โดยใช้แบบทดสอบสมรรถภาพทางสมอง 5 ฉบับ พบว่า สมรรถภาพสมองด้านจำนวนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5563

ศิริกร ภูไพบูลย์ (2516: 32-35) ได้ศึกษาการใช้สมรรถภาพทาง สมองด้านมิติสัมพันธ์และด้านเหตุผลเชิงนามธรรมทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 600 คน ผลการวิจัยพบว่า สมรรถภาพทางสมอง ด้านมิติสัมพันธ์ และด้านเหตุผลเชิงนามธรรม มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา เรขาคณิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.54 และ 0.49 ตามลำดับ

สุนันท์ สลโกสม (2516: 177-178) ได้ศึกษาหาความถนัดทางการ เรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 ปีการศึกษา 2513 เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรจากโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร 14 โรงเรียน จำนวน 753 คน ผลการวิจัยพบว่า สมรรถภาพสมองด้านจำนวน ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านภาษาและด้านเหตุผลคือ การใช้วิจารณญาณมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.01

จรินทร์ ประสงค์ (2517: 44-46) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง สมรรถภาพสมองทางรูปภาพกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยศึกษากับนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 7 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 259 คน ผลการศึกษาพบว่าความสามารถ ด้านความจำมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ 0.01

ค้าย เชียงฉี (2519: 68-69) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง สมรรถภาพทางสมองบางประการกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบสมรรถภาพทางสมอง ด้านจำนวน ด้านภาษา ด้านเหตุผล ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านความจำ และการรับรู้ทางตา กับ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เท่ากับ 0.54, 0.50, 0.58, 0.52, 0.33 และ 0.38 ตามลำดับ

พรทิพย์ พัชรชาคร (2520: 28) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางสมองด้านมิติสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางสมองด้านมิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพ หมุนภาพ ซ้อนภาพ ประกอบภาพ เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส นับลูกบาศก์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เท่ากับ 0.41, 0.26, 0.25 และ 0.44 ตามลำดับ

อนุสรณ์ สกุลคู (2520: 42) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดอุดรธานี พบว่ามีสององค์ประกอบ คือองค์ประกอบด้านเหตุผล และด้านจำนวนที่เป็นองค์ประกอบความสามารถทางคณิตศาสตร์

มณี วรศิริ (2521: 30-38) ได้ศึกษาตัวพยากรณ์ในการสอบคัดเลือกเข้าเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร โดยศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 100 คน และใช้แบบทดสอบสมรรถภาพสมองด้านจำนวน ด้านภาษา ด้านเหตุผล และด้านมิติสัมพันธ์ เป็นตัวพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพด้านจำนวนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีค่ามากที่สุด

นคร เทพวรรณ (2521: 33) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองบางประการกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านเหตุผล ด้านตัวเลข ด้านมิติสัมพันธ์ และด้านภาษา กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตเป็น 0.37, 0.62, 0.19 และ 0.13 ตามลำดับ

สุวพร เข้มเฮง (2522: 54) ได้ศึกษาโดยใช้แบบทดสอบความถนัดกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2521 ในกรุงเทพมหานคร ที่เลือกเรียนวิชาธุรกิจ

ศึกษา จำนวน 290 คน พบว่าสมรรถภาพสมองด้านการรับรู้ทางตา กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ อธิบายความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

พิบูล เกตุประดิษฐ์ (2522: 64) ได้ศึกษาเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบ สมรรถภาพสมองที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเขตการศึกษา 12 ซึ่งใช้วิธีการสุ่มแบบหลายชั้น เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 494 คน และมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 440 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวพยากรณ์กับ เกณฑ์มีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และองค์ประกอบ ที่ใช้เป็นตัวพยากรณ์ได้มี 3 องค์ประกอบตามลำดับ คือ องค์ประกอบด้านจำนวน ด้านเหตุผล และ ด้านมิติสัมพันธ์

सानนท์ ฉายศิริ (2522: 35-49) ได้ศึกษาองค์ประกอบบางประการ ที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดนครปฐม พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองด้านตัวเลข ด้านเหตุผล ด้านมิติสัมพันธ์ และด้าน ภาษากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.78, 0.76, 0.59 และ 0.58 ตามลำดับ

อำนวยการ เลิศยงค์ (2523: 59-65) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถทางสมอง ซึ่งได้แก่ ความถนัดทางการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 ของโรงเรียนรัฐบาล ในกรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2522 จำนวน 420 คน โดยใช้แบบทดสอบความถนัดทางการเรียน 10 ฉบับ ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถทางสมองมีความสัมพันธ์กันสูงมาก ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.787 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองด้านการคิดแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความถนัดทางการเรียน มีค่าเท่ากับ 0.745 และ 0.529 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เจตนา ทองรักษ์ (2524: 38-42) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับสัมพันธ์ภาพ ระหว่างความสามารถด้านจำนวน และด้านเหตุผลเชิงนามธรรมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2523 ในกรุงเทพมหานคร

จำนวน 248 คน และพบว่าความสามารถด้านจำนวน และด้านเหตุผลเชิงนามธรรม มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

เสาวภา หอสุชาติ (2524: 61) ได้ศึกษาตัวพยากรณ์บางตัวที่ใช้ในการจัดจำแนกชั้นเรียนนักเรียน เข้าเรียนตามโปรแกรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในจังหวัดนครศรีธรรมราช กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2523 สังกัดกรมสามัญศึกษา จำนวน 214 คน พบว่า ความสามารถด้านภาษามีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.3174

สมชัย วงษ์นายะ (2524: 98) ได้ศึกษาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดสระบุรี ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถด้านจำนวน ด้านเหตุผล ด้านมิติสัมพันธ์ และด้านภาษามีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อค้นหาตัวพยากรณ์ที่ดีได้แก่ ความสามารถด้านจำนวน และด้านเหตุผล แสดงว่าถ้าต้องการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ไม่จำเป็นต้องใช้ความสามารถทั้ง 4 ด้าน ใช้เพียงความสามารถด้านจำนวน และด้านเหตุผล ก็ไม่ทำให้อำนาจในการพยากรณ์แตกต่างกัน

เชียวชาญ มีมาก (2525: 44) ได้ศึกษาโดยนำแบบทดสอบความสามารถด้านการรับรู้ 6 ฉบับ ทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2524 ในจังหวัดแพร่ จำนวน 370 คน เพื่อหาความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าความสามารถทางด้านการรับรู้ทางคา สามารถพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้

กรรณิการ์ อีร์เวชเจริญชัย (2526: 49-50) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านจำนวน เหตุผลเชิงนามธรรม และด้านมิติสัมพันธ์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2525 สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 478 คน พบว่าความสามารถด้านจำนวน ด้านมิติสัมพันธ์ และด้านเหตุผลเชิงนามธรรมมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และพบว่ากลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง จะมีความสามารถใน

แต่ละด้านสูงกว่า กลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

กมล ชื่นทองคำ (2527: 89) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 401 คน พบว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

วัลลภา แนวจำปา (2527: 65-69) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางด้านเหตุผลเชิงนามธรรม ความคิดสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2527 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขต 10 จำนวน 351 คน พบว่าความสามารถด้านเหตุผลเชิงนามธรรมความคิดสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5129 และ 0.2142 ตามลำดับ

สมบัติ วงษ์อยู่น้อย (2529: 59-62) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านจำนวน ด้านภาษา ด้านเหตุผล ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านความจำ ด้านการรับรู้ทางตา และความคล่องแคล่วในการใช้คำ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดลพบุรี จำนวน 304 คน พบว่าความสามารถด้านจำนวน ด้านเหตุผล ความคล่องแคล่วในการใช้คำ ด้านภาษา ด้านความจำ ด้านการรับรู้ทางตา มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .7009, .6210, .5197, .4943, .4670 และ .4648 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านจำนวนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีค่าสูงสุด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพทางสมอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้งงานวิจัยต่างประเทศและภายในประเทศ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าผู้ที่เรียนคณิตศาสตร์ได้ดีจะต้องเป็นผู้ที่มีสมรรถภาพทางสมอง หรือความสามารถทางสมอง ด้านจำนวน ด้านภาษา ด้านเหตุผล ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านความจำ ด้านการรับรู้ทางตา และด้านความคล่องแคล่วในการใช้คำที่ดีด้วย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการคิด

2.1 งานวิจัยต่างประเทศ

เลวิน (Levin 1979: 174-217) ได้ทำการวิจัยเชิงทดลอง เรื่อง "การสอนที่ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนากระบวนการคิดในระดับสูงได้ (instruction which enables students to develop higher mental processes)" โดยทำการทดลองสอนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อปี 1979 ที่ประเทศอิสราเอล จำนวน 100 คน และแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ซึ่งได้รับเงื่อนไขการเรียนรู้ตามกฎเกณฑ์

กลุ่มที่ 1 ได้รับเงื่อนไขที่ไม่ใช่การเรียนรู้เพื่อรอบรู้ (no mastery learning) มุ่งเน้นความรู้ตามกฎเกณฑ์

กลุ่มที่ 2 ได้รับยุทธวิธีการเรียนรู้เพื่อรอบรู้ (mastery learning strategy) มุ่งเน้นความรู้ตามกฎเกณฑ์

กลุ่มที่ 3 ได้รับเงื่อนไขการเรียนรู้ เพื่อรอบรู้มุ่งที่ความรู้ตามกฎเกณฑ์ และได้รับการเสริมโดยการทำแบบฝึกหัดที่เป็นการนำไปใช้แบบคงที่และแบบทั่วไป

กลุ่มที่ 4 ได้รับเงื่อนไขการเรียนรู้เพื่อรอบรู้มุ่งที่ความรู้ตามกฎเกณฑ์ โดยได้รับประสบการณ์การนำไปใช้แบบหลากหลายและแบบเฉพาะเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มี 3 ชุด ได้แก่

1. แบบทดสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์หรือความสามารถในการนำกฎเกณฑ์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ จำนวน 35 ข้อ

2. แบบทดสอบวัดระดับการเรียนรู้เพื่อรอบรู้ที่เกิดขึ้นในตัวนักเรียนจากความรู้ตามกฎเกณฑ์จำนวน 30 ข้อ

3. แบบทดสอบวัดระดับสติปัญญาของนักเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบการพัฒนาทางการศึกษาแห่งชาติ (NEDT : the National Educational Development Test)

ผลการวิจัยพบว่า

1. คะแนนผลสัมฤทธิ์ความรู้ตามกฎเกณฑ์ และการนำกฎเกณฑ์ไปใช้ของกลุ่มที่เรียนเพื่อรอบรู้สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนเพื่อรอบรู้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ

2. คะแนนความสามารถในการนำกฎเกณฑ์ไปใช้ของกลุ่มที่เรียนเพื่อรอบรู้โดยการเสริมประสบการณ์สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมประสบการณ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

3. คะแนนความสามารถในการนำกฎเกณฑ์ไปใช้ของกลุ่มที่เรียนเพื่อรอบรู้ ซึ่งได้รับการเสริมประสบการณ์ในทักษะการนำไปใช้แบบหลากหลายกับแบบเฉพาะ สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมประสบการณ์ในทักษะการนำไปใช้แบบคงที่และแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

เลวิน สรุปผลการวิจัยของเขาว่า เมื่อโรงเรียนกำหนดเป้าหมายของการจัดการศึกษา วิธีสอนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ และวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมแล้ว การฝึกหรือการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในด้านการคิด และการใช้เหตุผลนั้น สามารถทำได้กับนักเรียนในทุกระดับ ไม่ว่าจะมีความสามารถหรือความถนัดทางการเรียนที่แตกต่างกัน

2.2 งานวิจัยในประเทศ

สมเจตน์ ไวยากรณ์ (2530: 100-102) ได้ทำการวิจัยศึกษาการพัฒนาแบบการสอนเพื่อฝึกทักษะการคิดแบบการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่าในการเรียนเนื้อหาวิชาของชั้นเรียนปกติ เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล อันเป็นพื้นฐานของความสามารถด้านการใช้เหตุผล การทดลองใช้รูปแบบการสอนที่สร้างขึ้น จัดกระทำกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนราชินีบูรณะ จังหวัดนครปฐม โดยเลือกนักเรียนที่มีความสามารถด้านคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกันสองกลุ่ม จัดเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองได้รับการสอนตามรูปแบบการสอนที่สร้างขึ้นเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามวิธีการที่ครูผู้สอนใช้ในการเรียนการสอนตามปกติ เครื่องมือวัดความสามารถด้านการใช้เหตุผลประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความถนัดการเรียนด้านการจำแนกประเภทอุปมา-อุปไมย อนุกรมสัมพันธ์ และการสรุปความของสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผลการทดลองพบว่า รูปแบบการสอนที่สร้างขึ้นสามารถสอนให้ผู้เรียนเกิด

พฤติกรรมความคิดตามทัศนคติของบลูม และคณะ ได้ทุกระดับพฤติกรรม แต่พฤติกรรมความคิดดังกล่าว ต้องการ เวลาสอนแตกต่างกัน โดยเฉพาะพฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ และการประเมิน ต้องการ เวลาในการสอนมากกว่าพฤติกรรมด้านการวิเคราะห์ เมื่อเปรียบเทียบกับการสอนตามปกติแล้ว พบว่ารูปแบบการสอนที่สร้างขึ้นช่วยให้ผู้เรียนทุกระดับการเรียนรู้ ทั้งที่มีผลการเรียนดีปานกลาง และต่ำ มีความสามารถด้านการใช้เหตุผลในทุก ๆ ด้านสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสอนตามปกติช่วยส่งเสริมความสามารถด้านการใช้เหตุผลของผู้เรียน เฉพาะผู้ที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง เท่านั้น ข้อค้นพบดังกล่าวสรุปได้ว่า รูปแบบการสอนที่สร้างขึ้นเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประกอบการสอนในโรงเรียนเพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการใช้เหตุผลของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

เชิดศักดิ์ ไชวสินธุ์ (2530: 103-110) ได้ทำการวิจัยทดลองเพื่อตรวจสอบผลของการฝึกสมรรถภาพสมองพื้นฐาน 4 ด้านคือ การสังเกต การประยุกต์ การวิเคราะห์ และการสังเคราะห์ เพื่อพัฒนาคุณภาพการคิด หรือทักษะการคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนสุดท้ายปีการศึกษา 2529 โดยเลือกนักเรียนจากลักษณะสังคมที่แตกต่างกัน 4 ลักษณะคือ สังคมเมืองหลวง ชานเมืองหลวง ในเมืองต่างจังหวัด และสังคมชนบท ในแต่ละสังคม จำแนกนักเรียนเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ รวมเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมอย่างละ 8 คน รวมนักเรียนทั้งหมด 480 คน แบบฝึกสมรรถภาพทางสมองที่สร้างขึ้น ดัดแปลงและปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวัดเชาวนปัญญา หรือความถนัดที่ใช้รูปภาพ หรือสัญลักษณ์เป็นเนื้อหาเพื่อใช้ฝึก โดยทำการฝึกวันละ 1 แบบฝึก ใช้เวลาประมาณ 20 นาที สำหรับกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามปกติ เครื่องมือวัดคุณภาพการคิด ประกอบด้วย แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย และคณิตศาสตร์ แต่ละฉบับมีคำถามวัดคุณภาพการคิดระดับความจำ 10 คำถาม และระดับสูงกว่าความจำ 30 คำถาม ผลการศึกษาพบว่า การสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพการคิดระดับสูงกว่าความจำนั้น สามารถสอนได้ทั้ง 2 วิธีการสอนตามปกติ เอื้อต่อการพัฒนาคุณภาพการคิดของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง และอยู่ในสังคมเมืองหลวง หรือในเมืองต่างจังหวัดเท่านั้น ส่วนการฝึกสมรรถภาพสมอง เอื้อต่อการพัฒนาคุณภาพการคิดของนักเรียนทุกกลุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ และอยู่ในสังคมชานเมืองหลวง หรือสังคมชนบท ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการศึกษาด้อยกว่าข้อค้นพบ จากการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า

ลักษณะสังคม หรือสภาพแวดล้อมทางการศึกษาที่ดีกว่าส่งผลให้การ เรียนรู้ หรือคุณภาพการคิดของนักเรียนในสังคมนั้นดีกว่านักเรียนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมทางการศึกษาด้อยกว่า ซึ่งการฝึกสมรรถภาพทางสมองสามารถพัฒนาคุณภาพการคิดให้อยู่ในระดับเดียวกับผู้ที่มีสภาพแวดล้อมดีกว่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษางานวิจัยทั้งต่างประเทศ และในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการคิด จะเห็นได้ว่า แม้ว่างานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการคิดโดยตรงจะมีน้อย หรือกล่าวได้ว่ายังมีผู้ทำการวิจัยในเรื่องนี้น้อยมาก แต่ก็พอสรุปได้ว่า เริ่มมีผู้สนใจที่จะส่งเสริมหรือปลูกฝังพฤติกรรมความคิดอย่างมีเหตุผล หรือทักษะการคิดในระดับสูงกว่าความรู้ความจำกันมากยิ่งขึ้น

