บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งการนำเสนอทั้งหมดออกเป็น 10 ตอน ดังนี้ ***ตอนที่ 1*** มโนทัศน์เบื้องต้นที่เกี่ยวกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ***ตอนที่ 2*** แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ด้านเชาวน์ปัญญา ***ตอนที่ 3*** แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ด้านความเป็นผู้นำ ***ตอนที่ 4*** แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ***ตอนที่ 5*** แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ด้านความถนัดทางคณิตศาสตร์ ***ตอนที่ 6*** แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถทางศิลปะ ***ตอนที่ 7*** โครงการส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ศึกษา (สอวน) ***ตอนที่ 8*** มโนทัศน์เบื้องต้นเกี่ยวกับการพัฒนาตัวบ่งชี้ ***ตอนที่ 9*** มโนทัศน์เบื้องต้นเกี่ยวกับโมเดลลิสเรล ***ตอนที่ 10*** กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตอนที่ 1 มโนทัศน์เบื้องต้นเกี่ยวกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

1.1 ความหมายและลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษ

ในการศึกษาความหมายของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ มีคำที่ใช้อยู่หลายคำที่เกี่ยวข้อง เช่น เด็กและเยาวชนผู้มีความสามารถพิเศษ เด็กที่มีความสามารถพิเศษ เด็กที่มีความถนัดเฉพาะทาง เด็กเก่ง เด็กปัญญาเลิศ เป็นต้น ความหมายที่เกี่ยวข้องกับคำเหล่านี้มาจากคำนิยามของผู้รู้และผู้เชี่ยวชาญดังนี้

Fliegler และ Bish (1957) ให้นิยามเด็กปัญญาเลิศไว้ว่า หมายถึง เด็กที่มีวุฒิทางปัญญาสูงสามารถสอบได้คะแนนเป็นเยี่ยม อยู่ในร้อยละ 15-20 ของประชากรนักเรียนทั้งหมด มีลักษณะความเป็นผู้นำ และมีความสามารถเป็นเยี่ยมที่จะปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมอย่างไม่ซ้ำแบบใคร

Torrance (1965) กล่าวว่าควรเพิ่มความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะส่วนหนึ่งของเด็กปัญญาเลิศ นอกเหนือจากมีสติปัญญาสูง

U.S.Department of Education (1972) ที่ได้กล่าวไว้ว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษหมายถึงเด็กที่แสดงออกถึงความสามารถอันโดดเด่น หรือแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่จะพัฒนา

ความสามารถได้อย่างเป็นที่ประจักษ์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเด็กอื่นๆที่อยู่ในวันเดียวกัน ที่มีสภาพแวดล้อมหรือประสบการณ์ระดับเดียวกัน ความสามารถในที่นี้ได้แก่ ความสามารถด้านเชาว์ปัญญา ความสามารถด้านสร้างสรรค์ ศิลปะและดนตรี ลักษณะความเป็นผู้นำ ทักษะกลไกและกีฬา และความสามารถทางการเรียนหรือความสามารถเป็นเลิศทางวิชาการสาขาใดสาขาหนึ่ง

House (1987) ได้อธิบายถึงเด็กปัญญาเลิศว่า เป็นเด็กที่มีเชาวน์ปัญญาสูงได้คะแนนยอดเยี่ยม 1% แรก ของประชากรทั้งหมด ซึ่งวัดโดยแบบสอบสแตนฟอร์ดและบิเนท

Renzulli (1987) ได้ศึกษา ผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับลักษณะของผู้ที่มีชื่อเสียงและประสบความสำเร็จในด้านต่างต่างๆและนำมาสรุปได้ว่าบุคคลที่มีลักษณะปัญญาเลิศต้องมีคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกัน 3 ด้าน จะมีเพียงด้านใดด้านหนึ่งไม่ได้ คือ

1) มีความสามารถโดยทั่วไปสูงกว่าระดับปานกลาง (Above Average Ability) แต่ไม่จำเป็นต้องมีเชาวน์ปัญญาสูง

2) มีความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) กล่าวคือ มีแนวคิดใหม่ๆ ไม่ยึดติดกับกรอบความคิดเดิม ถ้าเห็นว่าไม่เหมาะสม มีความจริงใจ เป็นตัวของตัวเอง

3) มีความมุ่งมั่น (Task Commitment) ในการทำงานให้สำเร็จ มีความกระตือรือร้น ขยันขันแข็ง และตั้งใจจริงในการทำกิจกรรมต่างๆ คือ การทุ่มเททำงานอย่างสุดตัวในด้านใดด้านหนึ่งเป็นระยะเวลานาน จนกว่างานจะเสร็จ

อย่างไรก็ดีทฤษฎีของเขาก็ได้รับการวิพากษ์วิจารณ์อย่างกว้างขวางว่า สร้างทฤษฎีจากคนปัญญาเลิศที่ประสบความสำเร็จแล้ว และละทิ้งพวกที่มีความสามารถที่จะเป็นปัญญาเลิศได้เป็นจำนวนไม่น้อย คือพวกเด็กที่มีผลการเรียนต่ำกว่าความสามารถที่แท้จริง (underachiever) และทฤษฎีของเขาไม่ค่อยให้ความสำคัญกับกลุ่มเด็กพิเศษนัก

Javit (1988) ได้ให้คำนิยามของเด็กปัญญาเลิศ คือ 1) มีความสามารถปฏิบัติงานสูงด้านเชาว์ปัญญา ความคิดสร้างสรรค์ ศิลปะ การเป็นผู้นำ หรือการเรียนสาขาใดสาขาหนึ่ง 2) ต้องการบริการหรือกิจกรรมพิเศษ ซึ่งจัดโดยโรงเรียนเพื่อพัฒนาอย่างเต็มที่

Clark (2002) กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ดังนี้

1. เด็กที่มีระดับสติปัญญาสูง คือ กลุ่มเด็กที่มี ระดับสติปัญญา (IQ) ตั้งแต่ 130 ขึ้นไป

2. เด็กที่มีความสามารถพิเศษเฉพาะด้าน อาจไม่ใช่เด็กที่มีระดับสติปัญญาสูง แต่มีความสามารถพิเศษเฉพาะด้านที่โดดเด่นกว่าคนอื่นในวัยเดียวกัน อาจเป็นด้าน คณิตศาสตร์ - ตรรกศาสตร์ การใช้ภาษา ศิลปะ ดนตรี กีฬา การแสดง ฯลฯ

3. เด็กที่มีความคิดสร้างสรรค์

เด็กที่มีความสามารถพิเศษเป็นเด็กที่มีคุณลักษณะที่โดดเด่นกว่าเด็กทั่วไป โดยมีนักวิชาการหลายท่านได้อธิบายถึงลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษไว้ดังนี้

ดุษฎี บริพัตร ณ อยุธยา (2531) ได้กล่าวถึงลักษณะของเด็กเก่งเมื่อเยาว์วัยไว้ว่า เด็กพวกนี้มีพฤติกรรมดังต่อไปนี้

1. ใช้ศัพท์สูงเกินวัย ทั้งปริมาณคำ และคุณภาพคำมีมาก ใช้ศัพท์สูงและซับซ้อนกว่าเด็กปกติ รวมทั้งการใช้ประโยคได้ยาวกว่าเด็กธรรมดา

2. มีสายตาแหลมคม รู้จักสังเกตสิ่งต่างๆได้ถี่ถ้วนและมีความอยากรู้อยากเห็น

3. สามารถจดจำสิ่งต่างๆได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย

4. มีสมาธิดีเยี่ยม

5. มีความสนใจอย่างกว้างขวางและลึกซึ้ง

6. มีความสามารถที่จะเข้าใจสิ่งที่ซับซ้อนและเชื่อมโยงกับสิ่งต่างๆ

7. มีทักษะสูงในการแยกแยะแจกแจงและมีความโน้มเอียงที่จะเข้มงวดกวดขันกับตนเอง

8. มีความคิดอ่านนอกระเบียบแบบแผน ชอบคิดอะไรเล่นสนุก ชอบคิดทำอะไรอย่างอิสระ มีประสาทความรู้สึกนึกคิดลึกซึ้ง ประณีตว่องไวเป็นพิเศษ

9. มีความสามารถที่จะอ่านหนังสือในระดับเดียวกับเด็กที่เรียนได้สูงกว่าสองชั้นเรียนเป็นอย่างน้อย

10. มีความถนัดและความสนใจเป็นพิเศษ

อย่างไรก็ดี ครูควรตระหนักว่าเด็กสติปัญญาดีไม่ได้มีลักษณะทั้งสิบอย่าง แต่จะมีหลายอย่างหรือบางอย่างเท่านั้น เนื่องจากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น เรื่องของสมาธิ เด็กที่เป็นเด็กมีปัญหาทางครอบครัว หรือทางสรีระของเด็กเอง เช่น สมาธิบกพร่อง ก็อาจขาดคุณสมบัตินี้ หรือความสามารถทางการเรียน การอ่านหนังสือเหนือระดับชั้นก็พบว่าไม่เป็นจริงเสมอไป ถ้าเด็กไม่ได้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่จะเล่าเรียนเขียนอ่านหรือมีหนังสือให้อ่านพอ หรือในเรื่องความถนัดและความสนใจมีปัจจัยหลายสิ่งที่จะเป็นตัวกระตุ้นให้เด็กได้มีโอกาสสำรวจตนเองว่าชอบอะไรหรือไม่ เป็นต้น

อุษณีย์ โพธิสุข (2541) กล่าวว่าเด็กที่มีความสามารถพิเศษ หมายถึง เด็กและเยาวชนที่แสดงออกซึ่งความสามารถอันโดดเด่นด้านใดด้านหนึ่ง หรือหลายด้าน ในด้านสติปัญญา ความคิดสร้างสรรค์ การใช้ภาษา การเป็นผู้นำ การสร้างงานทัศนศิลป์และศิลปะการแสดง ความสามารถด้านดนตรี ความสามารถทางกีฬา ความสามารถทางกีฬา ความสามารถทางวิชาการในสาขาใดสาขาหนึ่งหรือหลายสาขา พฤติกรรมดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่จะพัฒนาความสามารถได้อย่างเป็นประจักษ์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเด็กและเยาวชนอื่นที่มีอายุระดับเดียวกัน สภาพแวดล้อมหรือประสบการณ์ระดับเดียวกัน

อาพันธ์ชนิต เจนจิต (2546) กล่าวว่าเด็กที่มีความสามารถพิเศษมีพฤติกรรมที่โดดเด่นใน 3 ด้าน คือ พฤติกรรมทั่วไป ได้แก่ ลักษณะความเป็นผู้นำ ต้องการแลกเปลี่ยนกับเพื่อนที่มีความสามารถและสนใจใกล้เคียงกัน และมีทักษะพิเศษตามความถนัดและความสนใจของตน พฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ความสามารถเชิงวิชาการ เรียนรู้ได้ง่ายและรวดเร็ว สนใจในสิ่งต่างๆ อย่างกว้างขวางและล้ำลึกมีความอยากรู้อยากเห็นอย่างมาก มีความสามารถแก้ปัญหาและมีความเข้าใจสิ่งต่างๆในระดับสูง มีความจำและสมาธิดีเยี่ยม และพฤติกรรมเชิงสร้างสรรค์ ได้แก่ มีความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่มและความคิดละเอียดลออ สามารถพูดหรืออธิบายความคิดของตนได้อย่างชัดเจนและแสวงหาสิ่งที่ท้าทายความคิด

จากที่นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงเด็กที่มีความสามารถพิเศษ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษได้ดังนี้คือ เด็กที่มีความสามารถสูงใน ด้านเชาว์ปัญญา ด้านความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถด้านศิลปะ ด้านการเป็นผู้นำ และด้านการเรียนสาขาใดสาขาหนึ่ง และเด็กพวกนี้ต้องการบริการหรือกิจกรรมพิเศษ เพื่อเขาจะได้พัฒนาความสามารถได้อย่างเต็มที่ ในอันที่จะนำความสามารถไปพัฒนาสังคมต่อไป เมื่อเปรียบเทียบกับเด็กที่อยู่ในวัยเดียวกัน สิ่งแวดล้อมใกล้เคียงกัน

1.2 ความหมายและลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

เด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ เป็นเด็กที่มีลักษณะในทักษะทางคณิตศาสตร์ที่โดดเด่นกว่าเด็กทั่วไป โดยมีผู้ให้ความหมายและกล่าวถึงลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังนี้

Krutetskii (1976) กล่าวว่าลักษณะบ่งชี้ของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ คือ การมองโครงสร้างของปัญหาและกระบวนการนามธรรมได้อย่างชัดเจน พยายามทำขั้นตอนการคิดให้สั้นง่ายและชัดเจน มีความสามารถเชิงเหตุผลและมิติสัมพันธ์ ยืดหยุ่นความคิดได้และมีพลังไม่ย่อท้อต่อการแก้ปัญหา มีความชอบและสนใจเลขคณิต พีชคณิต และเรขาคณิต มีพัฒนาการปรับตัวเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้เร็ว

George (1995) ได้อธิบายถึงผู้ที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์จะมีลักษณะดังนี้

1. สามารถจับความสำคัญของปัญหาได้ดี และโยงกับเรื่องอื่นได้
2. สามารถสรุปความคิดรวบยอดของเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ได้เร็ว
3. ในการโต้เถียงทางตรรกวิทยา สามารถคิดข้ามขั้นตอนกลางได้
4. พยายามหาคำตอบที่แนบเนียน กะทัดรัด
5. เปลี่ยนแนวคิดได้ ในกรณีที่จำเป็น

6. มักจะจำความสัมพันธ์ต่างๆของปัญหาและหลักการของคำตอบได้ดี ในขณะที่นักเรียนที่ไม่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มักจะจำแต่รายละเอียด

สุโขทัยธรรมาธิราช (2526) กล่าวถึงลักษณะของนักเรียนที่เก่งคณิตศาสตร์ อาจสังเกตได้จากลักษณะดังนี้

1. มีความเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมและมโนคติทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี
2. สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้หลายๆวิธีที่คิดว่าดีที่สุด
3. มีเป้าหมายในการทำงานและการดำเนินชีวิต และจะหาวิธีการไปสู่เป้าหมายนั้นโดยไม่ต้องมีสิ่งมากระตุ้น
4. สามารถทำงานมี่ท้าทายได้เป็นระยะเวลายาวโดยไม่ต้องมีการพัก
5. ชอบสำรวจ ตรวจสอบเนื้อหาในแต่ละข้ออย่างลึกซึ้ง
6. สามารถที่จะถ่ายโยงสิ่งที่เรียนไปแล้วให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่
7. สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้
8. มีความสามารถในการอ่านและชอบการอ่าน
9. มีความสนุกสนานในการเรียนรู้และชอบค้นคว้าหาความรู้อยู่เสมอ
10. มีความกระตือรือร้นและสนใจในสิ่งรอบตัวต่างๆ
11. สามารถเรียนรู้มโนคติใหม่ได้อย่างรวดเร็ว
12. มีความจำดีมาก
13. มีระดับ I.Q 120 หรือสูงกว่า

บุญทัน อยู่บุญชม (2529) ได้อธิบายถึงลักษณะของเด็กที่เรียนเก่งในวิชาคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. มีสติปัญญาดี ระดับ I.Q 120 หรือสูงกว่า สามารถเรียนรู้และเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรม และความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี

2. มีความจำดีมาก ความรู้พื้นฐานเดิมในทางคณิตศาสตร์ดี จึงสามารถเรียนรู้ความคิดรวบยอดใหม่ได้รวดเร็ว

3. มีความกระตือรือร้น และสนใจในสิ่งต่างๆรอบตัว ชอบค้นคว้าหาความรู้อยู่เสมอ จึงมีความสนุกสนานในการเรียนรู้สิ่งใหม่

4. มีความสามารถในด้านภาษา การอ่าน การเขียน สามารถอ่านคำสั่งโจทย์ได้ และแปลความได้รวดเร็ว จึงทำให้สามารถทำโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้

5. สามารถทำงานที่ท้าทายได้เป็นระยะเวลานาน

6. สามารถหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้หลายๆวิธีและสามารถเลือกวิธีที่จัดว่าดีที่สุด

7. สามารถถ่ายโยงสิ่งที่เรียนแล้วให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่ได้

8. เป็นผู้ที่มีแรงจูงใจภายใน เพราะชอบวิชาคณิตศาสตร์อยู่แล้ว จึงทำให้มีความสนใจ และเรียนได้ดี

สุรีพร ศิริมาลย์ (2539) ได้สรุปลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ไว้ 12 ด้าน ดังนี้

1. การคิดปัญหาขึ้นมาอย่างอิสระ
2. กระบวนการคิดที่ยืดหยุ่น
3. ความสามารถในการจัดระบบข้อมูล
4. การคิดว่องไว
5. ความสามารถในการโยงใยความคิด
6. การคิดค้นอย่างมีรูปแบบ
7. ความคิดเชิงเหตุผลเชิงมิติสัมพันธ์
8. ความสามารถในการจำ
9. ความสามารถในการวิเคราะห์โดยใช้เหตุผล อุปมาน และอนุมาน
10. ความมีเหตุผลทางคณิตศาสตร์สั้นย่อ และคิดโครงสร้างอย่างกระชับ
11. การมีพลังที่แก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยไม่ย่นย่อ
12. ความสนใจในการรวบรวมความรู้ทางคณิตศาสตร์

นิตติยา ปภาพจน์ (2540) กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีลักษณะดังนี้

1. มีความสามารถโดดเด่นมากทางคณิตศาสตร์
2. มีความมุ่งมั่นต่องานทางคณิตศาสตร์มาก
3. มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เหนือกว่าปกติ

อารี สัณหฉวี (2540) ให้ความหมายของความสามารถทางคณิตศาสตร์ว่าปัญญาด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ (Logical-Mathematical Intelligence) เป็นความสามารถสูงในการใช้ตัวเลข เช่น นักบัญชี นักคณิตศาสตร์ นักสถิติและผู้ให้เหตุผลดี เช่น นักวิทยาศาสตร์ นักตรรกศาสตร์ นักจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ปัญญาทางด้านนี้ยังรวมไปถึงความไวในการเห็นความสัมพันธ์ แบบแผน ตรรกวิทยา การคิดเชิงนามธรรมและการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล (cause - effect) และการคิดการณ์ (if - then) วิธีการที่ใช้ได้แก่ การจำแนกประเภท การจัดหมวดหมู่ การสันนิษฐาน สรุป คิดคำนวณ และตั้งสมมติฐาน กล่าวโดยรวมแล้วพบว่า เด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ หมายถึง เด็กที่มีลักษณะพิเศษที่โดดเด่น ทางด้านคณิตศาสตร์ เช่น มี

ความสามารถในการแก้ปัญหา มีความสามารถทางการให้เหตุผล การหาความสัมพันธ์ การพิสูจน์ การวิเคราะห์

อุษณีย์ โพธิสุข (2541) ได้กล่าวว่าเด็กที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ เป็นเด็กที่สนใจด้านจำนวน ตัวเลข การคำนวณและสัญลักษณ์ มีกลยุทธ์การคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างพลิกแพลง แยบยล สร้างสรรค์และสมเหตุสมผล มีความถนัดทางด้านคณิตศาสตร์ด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายๆด้าน รวมกันอย่างโดดเด่นมากกว่าเด็กในวัยเดียวกัน รวมทั้งสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้หลากหลายรูปแบบ มีการวิเคราะห์ มีกระบวนการแก้ไขปัญหาที่แปลกใหม่และมีเอกลักษณ์เฉพาะตน

ศักดา บุญโต (2544) ได้กล่าวว่านักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์นั้นจะเป็นเด็กที่มีลักษณะดังนี้ คือ จะเป็นเด็กที่มีความสนใจด้านจำนวน ตัวเลข การคำนวณ และสัญลักษณ์อย่างต่อเนื่อง มีกลยุทธ์การคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างพลิกแพลง แยบยล สร้างสรรค์และสมเหตุสมผล เด็กจะมองเห็นความสำคัญของมิติได้ มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายๆด้านรวมกันอย่างโดดเด่นมากกว่าเด็กในวัยเดียวกัน รวมทั้งเด็กสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ในหลายๆรูปแบบ มีการคิดวิเคราะห์ มีกระบวนการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่และมีเอลักษณ์เฉพาะตน

อาพันธ์ชนิต เจนจิต (2546) กล่าวว่าเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีลักษณะพฤติกรรมทั่วไป พฤติกรรมด้านการเรียนรู้ และพฤติกรรมเชิงสร้างสรรค์ ร่วมกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทั่วไป แต่มีลักษณะพิเศษที่โดดเด่นในส่วนที่เป็นพฤติกรรมทางด้านคณิตศาสตร์ เช่น มีความสนใจและความสามารถในเชิงปริมาณได้อย่างรวดเร็ว มีความสามารถในการแก้ปัญหา การหาความสัมพันธ์ การวิเคราะห์ การให้เหตุผล เป็นต้น

จากที่นักวิชาการหลายท่าน ได้กล่าวถึงคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษและเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ไว้ข้างต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปคุณลักษณะที่โดดเด่นทางคณิตศาสตร์ของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากตัวบ่งชี้ที่มีผู้ศึกษามากกว่า 3 คนขึ้นไป ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 ซึ่งกล่าวโดยรวมแล้วเด็กเหล่านี้มีความสามารถโดดเด่นในด้านคณิตศาสตร์ดังนี้

1. สมรรถภาพด้านจำนวน
2. สมรรถภาพด้านเหตุผล
3. สมรรถภาพด้านมิติสัมพันธ์
4. ความคิดคล่อง
5. ความคิดยืดหยุ่น
6. ความคิดริเริ่ม

1.3 การคัดเลือกเด็กที่มีความสามารถพิเศษ

อุษณีย์ โพธิสุข (2541) ได้เสนอคำแนะนำในการคัดแยกเด็กนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษไว้ดังนี้

1. ต้องใช้เทคนิคหลายๆอย่าง ในระยะเวลานาน เนื่องจากความสามารถของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษที่หลากหลายทาง และสมรรถภาพของนักเรียนอาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสม

2. การคัดแยกต้องอาศัยความรู้หลายด้าน ทั้งความรู้เกี่ยวกับตัวนักเรียนแต่ละคน บริบททางวัฒนธรรมและประสบการณ์ที่นักเรียนแต่ละคนถูกพัฒนามา และความรู้เกี่ยวข้องกับผลงานที่พิจารณา จากหลักการนี้ทำให้การคัดแยกมีลักษณะดังนี้

2.1 ต้องมีกระบวนการคัดแยกอย่างหนึ่งที่เป็นการวิเคราะห์รายบุคคล

2.2 เทคนิคในการคัดแยก สามารถพัฒนาในท้องถิ่น ด้วยวิธีการและเกณฑ์ที่เหมาะสม

2.3 กระบวนการคัดแยกต้องทำด้วยคณะผู้เชี่ยวชาญ ทำอย่างมีระบบ คณะผู้เชี่ยวชาญควรมีโอกาสสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโยตรง

2.4 ผู้เชี่ยวชาญที่จะคัดแยกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญมามารถตัดสินสมรรถภาพหรือผลงานได้ดีที่สุด โดยเฉพาะในสาขาศิลปะ

2.5 ผู้เชี่ยวชาญที่จะคัดแยกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษต้องเข้าใจวัฒนธรรมและสถานการณ์เฉพาะเจาะจงของผู้ที่ถูกประเมิน

3. ต้องมีการประเมินทั้งสมรรถภาพและการประเมินตนเอง

4. ต้องมีอิสรภาพในการแสดงความคิดเห็น

5. ควรมีการประเมินซ้ำอย่างต่อเนื่อง

5.1 มีการศึกษาติดตามทั้งคนที่ได้รับการคัดแยกว่าเป็นนักเรียนที่มีความสามรถพิเศษและนักเรียนที่ไม่ได้รับการคัดแยก

5.2 วิธีการและกระบวนการคัดแยกควรปรับปรุงโดยการเพิ่ม ลด หรือเปลี่ยนแปลงตามผลที่เกิดขึ้น

5.3 นักเรียนที่ไม่ได้รับการคัดแยกสามารถเป็นผู้ได้รับการคัดแยกได้ตามหลักฐานที่ปรากฏใหม่

6.หลักฐานหรือสิ่งที่ใช้คัดแยกควรให้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดประสบการณ์ของโครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามรถพิเศษ

แนวทางในการเสาะหาอัจฉริยภาพของเด็ก ๆ ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติปัจจุบันคือ

1. การใช้กระบวนการตรวจสอบที่เป็นขั้นตอน
2. การใช้กระบวนการตรวจสอบที่ใช้เครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสมกับแววของเด็ก
3. การใช้กระบวนการตรวจสอบที่ไม่ลำเอียงกับเด็กกลุ่มใดเป็นพิเศษ
4. การใช้กระบวนการตรวจสอบที่เป็นขั้นตอนมีข้อมูลหลายด้านประกอบกัน (ดูแผนภาพ 2.1)

แผนภาพที่ 2.1 ขั้นตอนในการสำรวจหาเด็กที่มีความสามารถพิเศษ 100 % ของเด็กทั้งหมด
ที่มา: อุษณีย์ โพธิสุข (2541)

การค้นหาอัจฉริยภาพของเด็กเป็นส่วนสำคัญประการหนึ่งสำหรับการพัฒนาอัจฉริยภาพเด็กทั้งนี้เพราะหากสามารถค้นหาได้ว่าเด็กแต่ละคนมีความสามารถพิเศษด้านใดจะทำให้การพัฒนาศักยภาพเด็กเป็นไปในทิศทางที่ถูกต้องยิ่งขึ้นวิธีการค้นหาอัจฉริยภาพของเด็กประกอบด้วยกระบวนการค้น 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นคัดกรอง (Screening) เป็นการกรองเด็กที่มีอัจฉริยภาพขั้นต้น ซึ่งอาจเสนอชื่อโดยครู ผู้ปกครอง ครูแนะแนว เพื่อน นักจิตวิทยา ที่ได้มาจากรายงานเกี่ยวกับความสามารถของเด็ก ประวัติครอบครัว พฤติกรรมโดดเด่นของเด็ก รวมถึงการได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ของเด็ก

ตารางที่ 2.1 ระดับเชาวน์ปัญญากับความสามารถทางการศึกษา

ระดับไอคิว	ความสามารถทางสติปัญญา	ความสามารถในการเรียน
130 ขึ้นไป	ฉลาดมาก	สามารถเรียนในระดับปริญญาเอก
120 –129	ฉลาด	สามารถเรียนในระดับปริญญาโท
110 –119	สูงกว่าปกติหรือค่อนข้างฉลาด	สามารถเรียนในระดับปริญญาตรีหรือมีโอกาสจบมหาวิทยาลัย
90 – 109	ปกติ หรือปานกลาง	เป็นไอคิวเฉลี่ยของประชากรปกติ ส่วนใหญ่มีความสามารถปานกลาง เรียนจบมัธยมศึกษา ตอนปลายได้
89 – 90	ต่ำกว่าปกติ หรือปัญญาทึบ	เชาวน์ปัญญาต่ำที่สามารถรับการศึกษาพิเศษสำหรับเด็กเรียนช้า
ต่ำกว่า 89	ปัญญาทึบ - ปัญญาอ่อน	ถ้ายิ่งต่ำมากจะไม่มีความสามารถในการเรียนหรือแม้แต่การช่วยเหลือตนเอง

2. ขั้นเจาะลึก เป็นขั้นของการหาด้วยการรวบรวมข้อมูลในรายละเอียดเพื่อความถูกต้องแม่นยำโดยรวบรวมข้อมูลที่คัดแล้วมาพิจารณา พร้อมทั้งทำการทดสอบเพิ่มเติมโดยใช้ข้อมูลจากขั้นต้น การสัมภาษณ์ พ่อ แม่ ครู ตัวเด็ก การทดสอบเฉพาะสาขา การทดสอบด้วยแบบทดสอบสติปัญญาแบบเดี่ยว การทดสอบความคิดสร้างสรรค์

3. ขั้นตัดสิน เป็นขั้นของการใช้ข้อมูลทั้งหมดจากขั้นที่ 2 มาพิจารณาเพื่อหาเด็กที่มีอัจฉริยะชัดเจน ขั้นนี้จำนวนเด็กที่คัดกรองมาจากขั้นที่ 1 และ 2 จะลดเหลือน้อยมากอาจเหลือประมาณ 1 -5 % ขั้นนี้เป็นขั้นของการใช้ผู้เชี่ยวชาญร่วมตัดสิน

การค้นหาเด็กอัจฉริยภาพสูงสุดมักจะไปยุติในขั้นเจาะลึก ใช้เกณฑ์คะแนนทดสอบเป็นแนวการตัดสินใจ ซึ่งแบบทดสอบที่นำมาใช้มีหลายประเภทที่สำคัญได้แก่ แบบทดสอบทางสติปัญญา WPPSI หรือ Wechler Preschool and Primary Scale of Intelligence สำหรับอายุ 2 ขวบ 6 เดือน – 7 ขวบ 3 เดือน แบ่งเป็นการวัดด้านภาษาและด้านการแสดงออก แบบทดสอบทางสติปัญญา Stanford – Binet Intelligence Scale สำหรับอายุ 2 - 23 ปี แบ่งเป็นการวัดด้านภาษาและการแสดงออก แบบทดสอบ The Wechler Intelligence Scale for Children (WISC) สำหรับอายุ 6 – 17 ปี แบ่งเป็นการทดสอบด้านภาษาและการแสดงออก

อภิกันยา มงคลวิสุทธิ์ (2547) กล่าวว่าการทดสอบไอคิวเป็นการวัดสติปัญญาในด้านการคิด ด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ดังนั้นในการทดสอบอัจฉริยภาพของเด็กด้านอื่นๆ นั้น ต้องใช้แบบวัดที่แตกต่างกัน ดังเช่น แบบสำรวจ Multiple Intelligence Survey ตามทฤษฎี พหุปัญญาของการ์ดเนอร์ที่สามารถวัดจำแนกความสามารถพิเศษของเด็กได้หลากหลายมากขึ้นแต่อย่างน้อยในเบื้องต้นครูควรใช้ขั้นคัดกรองและพิจารณาแนวทางการส่งเสริมศักยภาพก่อนหากเด็กแสดงเด่นชัดควรดำเนินขั้นเจาะลึกถึงขั้นตัดสินเพื่อค้นอัจฉริยภาพที่ แท้จริงของเด็ก

ผดุง อารยะวิญญู (2539) ได้อธิบายถึงลักษณะของการคัดแยกเด็กที่มีความสามารถพิเศษไว้ โดยสามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ

1. การคัดเลือกเด็กตามวิธีของโกเวน (Gowan) โกแวนเสนอแนะวิธีคัดเลือกเด็กปัญญาเลิศดังนี้

1.1 คัดเลือกเด็กที่หลายคนคิดว่าเป็นเด็กที่มีความสามารถพิเศษ โดยเลือกมาประมาณอย่างน้อย 1% และอย่างมากไม่เกิน 10% (ยกเว้นโรงเรียนที่คัดเลือกเด็กโดยวิธีการสอบเข้า การคัดเลือกเด็กไว้เป็นเด็กปัญญาเลิศอาจคัดไว้เกิน 10%)

1.2 ทดสอบเด็ก โดยใช้แบบทดสอบวัดระดับสติปัญญาที่เป็นการทดสอบพร้อมกันครั้งละหลายๆคน คัดเลือกเอาเด็กที่ได้คะแนนสูงสุด 10% เด็กเหล่านี้จัดเป็นเด็กปัญญาเลิศ ส่วนเด็กที่เหลือให้จัดกลุ่มไว้ต่างหาก กลุ่มเด็กนี้เรียกว่า "กลุ่มสำรองเด็กที่มีความสามารถพิเศษ Reservoir "

1.3 ให้ครูประจำชั้นคัดเลือกเด็กในชั้นจำนวนหนึ่ง ที่มีลักษณะตามที่ต้องการ

1.4 ทดสอบเด็กที่คัดเลือกได้ในข้อ 1.3 โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คัดเอาเด็กเก่งที่สุด10% ไว้ ส่วนเด็กที่เหลือจัดไว้ในกลุ่ม " กลุ่มสำรองเด็กที่มีความสามารถพิเศษ"(ตามข้อ 1.2)

1.5 ครูใหญ่ ครูประจำวิชา ครูแนะแนว และครูอื่นที่เคยสอน หรือรู้จักเด็กเป็นอย่างดี ทำการคัดเลือกเด็กนำรายชื่อเด็กดังกล่าวข้างบนนี้ใส่ลงไปในกลุ่มสำรองเด็กที่มีความสามารถพิเศษ

1.6 เรียงลำดับรายชื่อเด็กและระบุว่าเด็กแต่ละคนถูกกล่าวกี่ครั้ง

1.7 เรียงลำดับรายชื่อเด็กและระบุว่าเด็กแต่ละคนถูกกล่าวถึง 3 ครั้งขึ้นไปให้จัดเป็นเด็กปัญญาเลิศได้

1.8 เด็กใน " กลุ่มสำรองเด็กที่มีความสามารถพิเศษ " เหล่านี้ หากคนใดที่ถูกกล่าว 2 ครั้ง ให้นำไปทดสอบโดยใช้แบบทดสอบ Standford-Binet

1.9 เด็กใน " กลุ่มสำรอง เด็กที่มีความสามารถพิเศษ " ที่ถูกกล่าวถึงเพียงครั้งเดียว ให้ปล่อยกลับชั้นเรียนไป

1.10 เด็กที่ผ่านการทดสอบ (ใช้จุดตัดเป็นเกณฑ์) โดยแบบทดสอบ Standford-Binet ให้จัดเป็นเด็กปัญญาเลิศ เด็กที่ไม่ผ่านให้กลับไปชั้นเรียน หากมีเวลาหรือกรรมการเห็นว่าเหมาะสม ควรทดสอบเด็กในข้อที่ 1.9 ด้วย และปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 1.10

2.การคัดเลือกอย่างเป็นทางการ

วิธีการต่อไปนี้เป็นวิธีคัดเลือกเด็กปัญญาเลิศ ซึ่งโรงเรียนที่จัดการศึกษาสำหรับเด็กปัญญาเลิศควรนำมาใช้

2.1 การคัดเลือกเบื้องต้น

การคัดเลือกเบื้องต้นควรเป็นหน้าที่ของครูประจำชั้น ครูประจำวิชา ผู้ปกครอง เพื่อนร่วมชั้นเรียน โดยบุคคลดังกล่าวทำหน้าที่สังเกตพฤติกรรมของเด็กปัญญาเลิศตามคำจำกัดความที่ทางโรงเรียนหรือผู้ที่รับผิดชอบทางการศึกษาตกลงกัน

2.2 การทดสอบทางจิตวิทยา

การทดสอบทางจิตวิทยาส่วนมากเป็นการทดสอบสติปัญญา

1. พิจารณาจากผลการเรียน
2. การทดสอบความคิดสร้างสรรค์
3. การทดสอบด้านบุคลิกภาพ
4. ข้อมูลอื่นๆที่ช่วยในการตัดสินใจในการคัดเลือกเด็กปัญญาเลิศ

1.4 เครื่องมือสำหรับเสาะหาเด็กที่มีความสามารถพิเศษ

อุษณีย์ โพธิสุข (2541) ได้กล่าวถึงเครื่องมือที่ใช้สำหรับเสาะหาเด็กที่มีความสามารถพิเศษ ดังนี้

1. แบบสำรวจเหมือนแบบเสนอชื่อเด็ก (Nomination) มีทั้งแบบสำรวจที่ใช้กันแพร่หลายทั่วโลก เช่น ของ Renzulli, Park ฯลฯ และแบบสำรวจที่แต่ละโครงการพัฒนาขึ้นมาเอง

1.1 แบบเสนอชื่อสำหรับครู (Teacher Nomination Form)

1.2 แบบเสนอชื่อสำหรับผู้ปกครอง (Parent Nomination Form)

1.3 แบบเสนอชื่อสำหรับเพื่อน (Peer Nomination Form)

1.4 แบบเสนอชื่อสำหรับตัวเอง (Self Nomination Form)

แบบเสนอชื่อถือว่า เป็นเครื่องมือขั้นต้น ไม่ใช่เครื่องมือที่ใช้ตัดสินว่า เด็กคนนั้นคนนี้เป็นเด็กที่มีความสามารถพิเศษหรือไม่ อย่างไรก็ตาม บางโรงเรียนก็ใช้แค่แบบเสนอชื่อเท่านั้น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการ (Scholastic Achievement) ส่วนใหญ่ใช้คะแนนผลการเรียนในวิชานั้นๆ เช่น โครงการคณิตศาสตร์ ก็จะดูคะแนนคณิตศาสตร์ เป็นต้น โดยไม่พิจารณาผลการเรียนวิชาอื่น

3. แบบทดสอบสติปัญญา โดยทั่วไปจะใช้ 2 ครั้ง ด้วยกันคือ ใช้ตรวจสอบแบบคร่าว โดยใช้แบบทดสอบแบบกลุ่ม (Group I.Q Test) เช่น Otis Lenon Kuhlman Anderson เป็นต้น เพื่อได้คะแนนและเลือกผู้อยู่ในข่ายแล้วจึงทำแบบทดสอบเฉพาะบุคคลอีกครั้งหนึ่งเช่นใช้ WISC-III, Standford-Binet Intelligence Scale , SOI เป็นต้น

4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์มาตรฐาน (Standardized Achievement Test) เป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีการเกณฑ์ปรกติทั้งประเทศแล้ว ถือว่าเป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ประเภทมาตรฐานแต่ละประเทศจะมีการพัฒนาแบบทดสอบของตนเอง

5. แบบทดสอบวัดความถนัด (Aptitude Test) ใช้แบบสำรวจเฉพาะสาขา

6. แบบทดสอบวัดความคิดระดับสูงด้านต่างๆ ได้แก่

6.1 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์

6.2 แบบทดสอบความคิดแบบมีวิจารณญาณ ซึ่งแต่ละแบบทดสอบความคิดก็มีหลายแบบทดสอบด้วยกัน

7. แบบสังเกตพฤติกรรม เป็นแบบสังเกตที่สร้างตามจุดประสงค์ของแต่ละโครงการไม่มีมาตรฐานใดๆ

8. การประกวดหรือการแข่งขัน

9. พฤติกรรมที่แสดงออกอย่างชัดเจน (Performance) ในกรณีที่เด็กแสดงออกชัดเจนมากอาจไม่ต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบทางด้านความสามารถ

10. แบบเสนอชื่อของพ่อแม่ ครู เพื่อน ตัวเด็ก อาจมีการลำเอียงหรือเสนอต่ำกว่า-สูงกว่าความเป็นจริง เพราะความไม่เข้าใจในเรื่องบุคลิกลักษณะพิเศษ พบว่า ถ้าครู - ผู้ปกครองได้รับการยอมรับจะมีประสิทธิ์ภาพในการประเมินมาก

11. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Achievement Test) เปลืองเวลาและงบประมาณและหลายๆ ครั้งมีการตีความผลเกินขีดจำกัดของแบบทดสอบ อาทิ แบบทดสอบทางสติปัญญา

12. ควรระวังผลเสียที่เกิดจาการทดสอบด้านต่างๆ เช่น การเปิดเผยผลการทดสอบ

13. ในการสำรวจ เสาะหา หรือคัดเลือกเด็กเพื่อเข้าร่วมในโครงการพิเศษต่างๆ สิ่งที่มักเกิดขึ้นและเป็นผลร้ายกับเด็กอยู่เสมอ คือ เด็กที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ มักจะเกิดความอับอายรู้สึกว่าตนเองต่ำต้อย ไม่ดีพอหรือมีความรู้สึกว่าอยู่นอกพวก การพิจารณาถึงผลเสียต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นกับเด็ก จึงต้องทำอย่างรอบคอบและนุ่มนวลเพื่อประโยชน์ต่อเด็กทุกคน ไม่ใช่เฉพาะเด็กที่จะเข้าโครงการเท่านั้น

14. เมื่อพิจารณาดูแล้วเด็กยังไม่แสดงแววใดๆ ครูควรสนับสนุนเด็กโดยขอความร่วมมือกับผู้ปกครองช่วยหาโอกาสให้เด็กมีเวลาทดลองกับสิ่งต่างๆบ้าง เช่น ดนตรี กีฬา ถ่ายรูป วาดภาพ ปั้นดิน ซ่อมเครื่องยนต์ ทำงานไม้ ทำอาหาร เป็นต้น ถ้าเด็กสนใจกิจกรรมใดนานและทำได้ดีมีใจรัก นั่นคือจุดเริ่มต้นแห่งความสำเร็จที่สำคัญมาก

15. ในกรณีที่เด็กแสดงออกถึงความสามารถโดดเด่นเป็นที่ประจักษ์เหนือกว่าเด็กอื่นในวัยเดียวกัน ก็ควรตรวจสอบให้แน่ใจว่า พฤติกรรมที่แสดงออกนั้นมาจากธรรมชาติและความต้องการผนวกกับความสามารถพิเศษของเด็กเอง ไม่ได้เกิดจากการบังคับมาจากการกดดันที่มาจากผู้ปกครองหรือครูที่อยากเห็นเด็กเก่งเกินธรรมชาติ

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวมาในตอนต้นทำให้ทราบว่าเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีองค์ประกอบของคุณลักษณะร่วมกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทั่วไป แต่จะมีลักษณะพิเศษที่โดดเด่นในส่วนที่เป็นคุณลักษณะทางด้านคณิตศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษ โดยพิจารณาจากตัวบ่งชี้ที่มีผู้ศึกษามากกว่า 3 คนขึ้นไป ซึ่งกล่าวโดยรวมแล้วเด็กเหล่านี้มีคุณลักษณะดังนี้ คือ เด็กที่มีความสามารถสูงใน ด้านเชาว์ปัญญา ด้านความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถด้านศิลปะ ด้านการเป็นผู้นำ และด้านการเรียนสาขาใดสาขาหนึ่ง โดยเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีคุณลักษณะที่โดดเด่นทางคณิตศาสตร์ ซึ่งกล่าวโดยรวมแล้วเด็กเหล่านี้มีความสามารถโดดเด่นในด้านคณิตศาสตร์ดังนี้ คือ สมรรถภาพด้านจำนวน สมรรถภาพด้านเหตุผล สมรรถภาพด้านมิติสัมพันธ์ความคิดคล่องความความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม เมื่อเปรียบเทียบกับเด็กที่อยู่ในวัยเดียวกัน สิ่งแวดล้อมใกล้เคียงกัน

จากที่ได้กล่าวมาแล้วถึงมโนทัศน์เบื้องต้นเกี่ยวกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ และนอกจากนั้นผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ด้านต่างๆ ซึ่งจะนำเสนอในตอนต่อไป

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ด้านเชาวน์ปัญญา

2.1 ความหมายของเชาวน์ปัญญา

มีนักจิตวิทยาได้ให้ความหมายของเชาวน์ปัญญา ไว้หลายประการ ดังนี้

Good (1945) ได้ให้ความหมายของเชาวน์ปัญญาไว้ 3 แบบ คือ

1. เชาวน์ปัญญา หมายถึง ความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสถานการใหม่ได้อย่างรวดเร็ว

2. เชาวน์ปัญญา หมายถึง สมรรถภาพทางสมองที่สามารถรวบรวมประสบการณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันได้

3. เชาวน์ปัญญา หมายถึง ระดับความสามารถทางสมอง ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือทดสอบเชาวน์ปัญญา

Wechsler (1958) กล่าวว่า สติปัญญาเป็นความสามารถของบุคคลในการทำกิจกรรมต่างๆ อย่างมีจุดมุ่งหมาย คิดหาเหตุผลและสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ

Spearman (1967) ให้ความหมายว่า เชาวน์ปัญญาเป็นกิจกรรมทางสมองซึ่งทุกอย่างขึ้นอยู่กับความสามารถร่วมหรือเรียกว่าองค์ประกอบทั่วไปเป็นสำคัญและมีองค์ประกอบเฉพาะเป็นตัวเกี่ยวข้อง

Moskowwitz (1969) ได้อธิบายความหมายของคำว่าเชาวน์ปัญญา ไว้ดังนี้คือ

1. เชาวน์ปัญญาไม่ใช่วัตถุหรือสิ่งของที่สามารถจับต้องได้ไม่ใช่สารแต่หมายถึงคุณภาพหรือประสิทธิภาพของพฤติกรรมที่บุคคลนั้นแสดงออกมาในช่วงเวลาที่กำหนดให้แน่นอน

2. เชาวน์ปัญญา หมายถึง ความสามารถที่จะปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ได้สำเร็จและรวดเร็ว และวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดเชาวน์ปัญญา

ละมัย สุวรรณสิงห์ (2547) ให้ความหมายของเชาวน์ปัญญาว่า เป็นความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดอย่างมีเหตุผล หรืออย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการตัดสินใจ

แก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ และความสามารถในการปรับตัวของบุคคลให้สามารถดำรงอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข ซึ่งระดับเชาวน์ปัญญาของบุคคลนั้นสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดเชาวน์ปัญญา

มีลมาลย์ สุภาผล (2548) ให้ความหมายของเชาวน์ปัญญาว่า หมายถึง ความสามารถพื้นฐานของแต่ละบุคคล ความสามารถเฉพาะของแต่ละบุคคล เช่น ความสามารถทางคณิตศาสตร์ ภาษา ดนตรี ศิลปะ ความสามารถในการคิดเชิงก้าวหน้าสามารถสร้างภาวะสันนิษฐานเพื่อช่วยแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ความสามารถในการรับรู้ การระลึกได้ถึงสิ่งที่ถูกสร้างจากวัฒนธรรมที่มีทั้งการแสดงออก ภาษา และความรู้

จากความหมายของเชาวน์ปัญญาตามที่ได้นำเสนอไปแล้วข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า เชาวน์ปัญญา (IQ) หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคล ในการตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและวิจารณญาณ เพื่อให้สามารถดำรงอยู่ในสังคมและปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความสามารถดังกล่าวจะพัฒนาจากความคิด ความเข้าใจในระดับง่ายๆ ในวัยเด็ก ไปสู่ระดับที่ซับซ้อนในวัยผู้ใหญ่ ซึ่งระดับเชาวน์ปัญญาของบุคคลนั้นสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดเชาวน์ปัญญา

2.2 ทฤษฎีองค์ประกอบเชาวน์ปัญญา

ประชุมสุข อาชวบำรุง (2519) กล่าวว่าทฤษฎีเชาวน์ปัญญาแบ่งออกเป็น 4 ทฤษฎีใหญ่ๆ ตามลักษณะความเชื่อ ดังนี้

1. ทฤษฎีสองตัวประกอบ (two-factor theory)
2. ทฤษฎีตัวประกอบพหุคูณ (multiple factor theory)
3. ทฤษฎีโครงสร้างของสมอง (structure of intellect theory)
4. ทฤษฎีระดับขั้นของตัวประกอบ (hierarchical theory)

2.2.1 ทฤษฎีสองตัวประกอบ

Spearman นักจิตวิทยาชาวอังกฤษ เป็นผู้ให้กำเนิดทฤษฎีนี้ เมื่อปี ค.ศ.1904 เขากล่าวว่า สมรรถภาพสมองของคนเรามีองค์ประกอบอยู่ 2 ประการ คือ

1. สมรรถภาพที่เป็นพื้นฐานทั่วไป (general factor) หรือ G-Factor จะมีสอดแทรกอยู่ในทุกๆ อิริยาบถของความคิด และการกระทำของมนุษย์ และมนุษย์ทุกคนมีสมรรถภาพสมองทั่วๆ ไปนี้ แตกต่างกันออกไป มากบ้างน้อยบ้างตามแต่ละบุคคล

2. สมรรถภาพโดยเฉพาะ (specific factor) หรือ S-Factor เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้มนุษย์มีความแตกต่างกัน และเป็นความสามารถพิเศษที่มีอยู่ในเฉพาะแต่ละบุคคล เช่น ความสามารถพิเศษทางด้านดนตรี ทางด้านเครื่องยนต์กลไก ทางศิลปะวาดเขียน เป็นต้น

2.2.2 ทฤษฎีตัวประกอบพหุคูณ

ได้มีการยอมรับว่ามีตัวประกอบที่อยู่ในระดับชั้นกลางอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งไม่เป็นแบบทั่วไป แบบ G-Factor และแบบไม่ทั่วไป S-Factor ตัวประกอบนี้อยู่รวมกันเป็นกลุ่มของกิจกรรม Thurstone ได้ทำการวิจัย เมื่อ ปี ค.ศ. 1938 พบว่ากิจกรรมของสมองประกอบด้วยตัวประกอบกลุ่ม 7 ประการ คือ

1. ความเข้าใจทางภาษา
2. ความคล่องของการใช้คำ
3. จำนวนเลข
4. มิติ
5. ความจำที่สัมพันธ์
6. ความเร็วในการรับรู้
7. อุปมาน

2.2.3. ทฤษฎีโครงสร้างของสมอง

Guilford ได้ทำการวิจัย เมื่อปี ค.ศ.1967 เกี่ยวกับความถนัด เขาเสนอว่าโครงสร้างและองค์ประกอบของสมรรถภาพทางสมองนั้น สามารถมองได้ในรูป 3 มิติ คือ

1. วิธีการคิด (operation) หมายถึง กระบวนการทางสมองแบบต่างๆ มี 5 แบบ ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจ ความจำ ผลของการกระจายออก ผลจากการสรุป และการประเมินผล

2. เนื้อหาที่คิด (content) หมายถึง สิ่งเร้าหรือเนื้อหาข้อมูลต่างๆ มี 4 ประเภท ได้แก่ ภาพ สัญลักษณ์ ภาษา และพฤติกรรม

3. ผลการคิด (product) หมายถึง เป็นผลของของกระบวนการจัดกระทำของความคิดกับข้อมูลเนื้อหา ผลิตผลของความคิดออกมาในรูปแบบต่างๆ มี 6 ประเภท ได้แก่ หน่วย กลุ่มความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์

2.2.4 ทฤษฎีระดับขั้นของตัวประกอบ

Vennon ได้ทำการวิจัย เมื่อ ปี ค.ศ. 1960 ได้เสนอการจัดตัวประกอบเป็นลำดับขั้น โดยเชื่อว่าเชาวน์ปัญญาเป็นพฤติกรรมทางสมองของมนุษย์ แบ่งออกสองลักษณะใหญ่ๆ 2 ลักษณะคือ

1. Fluid intelligence หมายถึง เชาวน์ปัญญาที่เป็นอิสระ ปราศจากการเรียนรู้และประสบการณ์ เป็นผลมาจากพันธุกรรม เชาวน์ปัญญาชนิดนี้จะมีแทรกอยู่ในทุกอิริยาบถของกิจกรรมทางสมอง ไม่ว่าเป็นเรื่องเกี่ยวกับความคิดหรือการแก้ปัญหาก็ตาม ซึ่งประกอบด้วยสมองภาพหลายประเภท เช่น สมรรถภาพในการใช้เหตุผล การอนุมานและการมองเห็น ความสัมพันธ์ของภาพและสิ่งของ

2. Crystallized intelligence หมายถึง เชาวน์ปัญญาที่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และการเรียนรู้ หรือเป็นการเรียนรู้ที่ได้ผลทุกสิ่งที่ผ่านมาในชีวิต ซึ่งประกอบด้วยความสามารถหลายอย่าง เช่น ความสามารถในการเข้าใจภาษา ความสามารถในด้านเหตุผล ความสามารถทางตัวเลข และความสามารถในการประเมินสิ่งต่างๆ ความสามารถเหล่านี้ต้องได้รับการฝึกฝนจึงจะมีขึ้นได้

2.3 การวัดเชาวน์ปัญญา

โดยภาพรวมของเชาวน์ปัญญาทั่วไป (General Intelligence) นั้น มีความคล้ายคลึงกัน คือ ความสามารถทางสมองของมนุษย์เรามีเชาวน์ปัญญาทั่วไปเป็นพื้นฐาน และสัมพันธ์กับความสามารถอย่างอื่นไม่มากก็น้อย เครื่องมือที่ใช้ควรที่จะวัดความสามารถในการเรียน คิด วิเคราะห์ แยกแยะ แก้ปัญหา และที่สำคัญคือ ควรเป็นแบบทดสอบแบบไม่ใช้ภาษา (non verbal test)

ตามที่ Spearman มองว่าการทดสอบด้วยปัญหาเมตริกซ์ การทำส่วนต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ การจำแนก และการพิจารณาสิ่งที่คล้ายคลึงต่าง ๆ (Analogies) นั้นเป็นวิธีที่ดีในการวัดองค์ประกอบทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้สิ่งเร้าที่เป็นรูปทรง หรือสิ่งเร้าอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการความรู้เดิม ส่วนข้อกระทงต่าง ๆ ที่ต้องการความรู้ด้านภาษาสูงนั้นจะไม่เป็นการวัดที่ดีสำหรับการวัดความสามารถโดยทั่วไปของ Spearman (Strenberg, 1991)

แบบทดสอบเมตริกซ์ก้าวหน้าของ Raven (Raven's Progressive Matrices-RPM) เป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาวัดองค์ประกอบทั่วไป (g) ได้ดีที่สุด (anastasi, 1961) และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากเมตริกซ์ ก้าวหน้ากับองค์ประกอบทั่วไป (g) จะบ่งบอกถึงความตรงเชิงโครงสร้าง (Cnstruct Validity) ของแบบสอบถามและทฤษฎีองค์ประกอบทั่วไป

Raven และคณะ (1992) ได้กล่าวว่าเมตริกซ์ก้าวหน้าเป็นแบบทดสอบองค์ประกอบทั่วไป (g) ของ Spearman ที่แบ่งความสามารถออกได้เป็น 2 อย่างคือ

1. ความสามารถในการคิดเชิงก้าวหน้า (Educative Ability) เป็นการกระทำของจิตที่เกี่ยวข้องกับการให้ความหมายโดยปราศจากความสับสน การพัฒนาความเข้าใจอย่างท่องแท้และความสามารถในการคิดเกินสิ่งที่รับรู้จากปัจจุบันขณะ สามารถสร้างภาวะสันนิษฐานเพื่อช่วยรับมือกับการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรตามหลายตัว

2. ความสามารถในการย้อนคิด (Reproductive Ability) เป็นความสามารถในการรับความรู้ การระลึกได้ และการย้อนคิดได้ถึงสิ่งที่ถูกสร้างจากวัฒนธรรมที่มีทั้งการแสดงออกภาษาและความรู้

เมตริกซ์ก้าวหน้าของ Raven (1992) จะแบ่งการทดสอบเป็น 3 แบบคือ

1. เมตริกซ์ก้าวหน้ามาตรฐาน (Standard Progressive Matricess – SPM) แบ่งเป็นจุด 5 ชุด โดยแต่ละชุดจะมี 12 ข้อกระทง รวมข้อกระทงทั้งหมดคือ 60 ข้อ ซึ่งในแต่ละชุดข้อกระทงจะเริ่มจากง่ายและยากขึ้นไปเรื่อย ๆ เป็นการบ่งชี้ศักยภาพในการเรียนรู้ ได้ทุกช่วงอายุ

2. เมตริกซ์ก้าวหน้าแบบใช้สี (Coloured Progressive Matrices – CPM) มีจำนวนทั้งหมด 36 ข้อ พัฒนาขึ้นมาเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัดเด็กเล็ก ผู้ที่ปัญญาอ่อน และผู้สูงอายุ สีที่ใช้ในแต่ละปัญหาจะทำขึ้นเพื่อดึงดูดความสนใจ ทำให้เกิดการสนใจทันทีและป้องกันความต้องการที่มากเกินไปที่จะใช้ภาษาในการชี้แนะ

3. เมตริกซ์ก้าวหน้าขั้นสูง (advanced Progressive Matrices – APM) ประโยชน์ของแบบทดสอบเมตริกซ์ก้าวหน้าขั้นสูงนั้นทำให้สามารถทดสอบกลุ่มที่มีความสามารถในการคิดเชิงก้าวหน้า (Educative Ability) ที่อยู่ในระดับสูงได้ นอกจากนี้เมตริกซ์ก้าวหน้าขั้นสูงสามารถที่จะกระจายการแจกแจงของคะแนนที่อยู่ในระดับสูงสุดร้อยละ 25 ของประชากรได้และยังสามารถ

ประเมินความสำเร็จในการทำงานของบุคคลได้ถูกต้องมากขึ้นด้วยโดยจะประกอบด้วยแบบทดสอบ 2 ชุดคือ

ชุด 1 ประกอบด้วยข้อกระทง 12 ข้อ จะใช้เพื่อการสร้างพื้นความคิดและเตรียมความพร้อมในวิธีการทำ ซึ่งสามารถใช้ได้โดยมีเงื่อนไขการจำกัดเวลาหรือไม่ก็ได้ เพื่อที่จะบ่งชี้ถึงความไวของความสามารถหรือประสิทธิภาพในการคิดเชิงก้าวหน้า ปกติเมื่อใช้ชุดที่ 1 เสร็จแล้วจะตามมาด้วยชุดที่ 2 ทันที นอกจากนี้ผู้ตอบสามารถนำชุดที่ 1 กลับไปเพื่อใช้ในการฝึกฝนได้ด้วย

ชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อกระทง 36 ข้อ ซึ่งได้ถูกจัดเรียงตามลำดับความยากไว้แล้ว ในเงื่อนไขการใช้เวลาที่จำกัดของการใช้มาตรชุดที่ 2 นี้ จะสามารถประเมินประสิทธิภาพของเชาวน์ปัญญาที่มีความเกี่ยวข้องกับสมรรถภาพในการคิดได้ด้วย (Raven, 1992)

การคำนวณจะนำคะแนนที่ได้จากชุดที่ 2 มาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ไทล์บอกตำแหน่งโดยเปรียบเทียบตำแหน่งระดับเชาวน์ปัญญาของแต่ละบุคคลกับเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ไทล์มาตรฐานในระดับอายุเดียวกัน

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบเมตริกซ์ก้าวหน้าขั้นสูงของ Raven ตามทฤษฎีเชาวน์ปัญญาทั่วไปของ Spearman เนื่องจากเป็นแบบวัดที่ไม่ใช้ภาษา เป็นการขจัดตัวแปรด้านภาษา วัฒนธรรม ประเพณี และทักษะความรู้ต่างๆ ที่ก่อให้เกิดความไม่เท่าเทียมกันระหว่างบุคคลที่เข้าทดสอบ ซึ่งแบ่งความสามารถออกเป็น 2 ด้านคือ ความสามารถในการคิดเชิงก้าวหน้า และความสามารถในการย้อนคิด

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญา

มาลี ชุมเพ็ญ (2515) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "ความสัมพันธ์ระหว่าง แบบการคิด เชาวน์ปัญญา และสัมฤทธิผลทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4"โดยใช้กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนกวิทยาศาสตร์และศิลปะ จำนวน 369 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบแบบการคิด แบบทดสอบเชาวน์ปัญญา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า เชาวน์ปัญญา มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จารุวรรณ สิงห์ม่วง (2529) ได้ทำการศึกษาการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยคะแนนจากแบบสอบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และแบบสอบเชาวน์ปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เขตการศึกษา9 โดยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ แบบสอบเชาวน์ปัญญาและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ และสร้างสมการทำนาย ผลการวิจัยพบว่าคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และคะแนนเชาวน์ปัญญาสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ศุภวรรณ ตัณฑ์พูนเกียรติ (2534) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์เชาวน์ปัญญา กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกปีที่ 4 ในกรุงเทพนคร โดยใช้ความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ และเชาวน์ปัญญาเป็นตัวทำนาย กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2534 สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 318 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ แบบทดสอบเชาวน์ปัญญา และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณภายใน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ และสร้างสมการถดถอยพหุคูณในการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เทพนา เครือคำ (2547) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองตามทฤษฎีเชาวน์ปัญญาของสเติร์นเบอร์กกับความสามารถในการคิดวิจารณญาณ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3: การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนมัธยมศึกษา จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 388 คน พบว่า ความสามารถทางสมองตามทฤษฎีเชาวน์ปัญญาของสเติร์นเบอร์กมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการคิดวิจารณญาณ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ภูมิบดินทร์ หัตภนิรันดร์ (2547) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเชาวน์ปัญญา (IQ) ความฉลาดทางอารมณ์ (EQ) ความสามารถในการแก้ปัญหาฝ่าฟันอุปสรรค (AQ) และเชาวน์ปัญญาด้านอารมณ์ (MQ) กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 420 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 สังกัด

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากาฬสินธุ์ เขต 3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญา (IQ) แบบทดสอบวัดความฉลาดทางอารมณ์ (EQ) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฝ่าฟันอุปสรรค (AQ) และแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญาด้านอารมณ์ (MQ) และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างเชาวน์ปัญญา (IQ) ความฉลาดทางอารมณ์ (EQ) และเชาวน์ปัญญาด้านอารมณ์ (MQ) สามารถพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Knief และ Strioud (1972) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเชาวน์ปัญญา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และฐานะทางสังคมของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนอเมริกันระดับชั้น 5 จำนวน 164 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ แบบทดสอบเชาวน์ปัญญา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสำรวจฐานะทางสังคม วิเคราะห์ข้อมูลโยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ ผลการวิจัยพบว่าเชาวน์ปัญญามีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .450และเมื่อพิจารณาในรายวิชาพบว่าเชาวน์ปัญญามีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าวิชาอื่นๆ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .449

Barton (1972) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้เชาวน์ปัญญาเป็นตัวทำนาย กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนระดับชั้น 6 จำนวน 142 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือแบบทดสอบเชาวน์ปัญญา แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาต่างๆ วิเคราะห์ข้อมูลโดย วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ ผลการศึกษาพบว่า เชาวน์ปัญญามีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนระดับชั้น 6 และระดับชั้น 7 อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ โดยเชาวน์ปัญญามีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าวิชาอื่นๆ คือมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .06 ในระดับชั้น 6 และเท่ากับ .66 ในระดับชั้น 7

จากงานวิจัยที่เกี่ยวกับเชาวน์ปัญญากับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ได้นำเสนอไปข้างต้น สามารถเป็นหลักฐานอ้างอิง หรือเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาได้ว่าเชาวน์ปัญญามีความสัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนสมควรจะได้

มีการศึกษาลักษณะของความสัมพันธ์ดังกล่าวกับคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติมต่อไป

ตอนที่ 3 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ด้านความเป็นผู้นำ

3.1 ความหมายของความเป็นผู้นำ (Leadership)

พฤติกรรมความเป็นผู้นำ หรือคำว่า การเป็นผู้นำ ภาวะผู้นำ ประมุขศิลป์ ฯลฯ มีความหมายเหมือนกัน มีนักวิชาการอธิบายความหมายไว้มากมาย ดังเช่น

อุทัย หิรัญโต (2524) ให้แนวความคิดว่า ความเป็นผู้นำคือ กิจกรรมในการสร้างอิทธิพลจูงใจผู้ใต้บังคับบัญชาหรือกลุ่ม เพื่อที่จะก่อให้เกิดความพยายามร่วมกันในการทำงาน โดยให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ในสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง

สมยศ นาวีการ (2525) ให้นิยามว่า ความเป็นผู้นำเป็นกระบวนการของการสั่งการและการใช้อิทธิพลต่อกิจกรรมต่าง ๆ ของสมาชิกของกลุ่ม

สมพงษ์ เกษมสิน (2526) เสนอแนวคิดว่า ภาวะผู้นำ คือการที่ผู้นำใช้อิทธิพลหรืออำนาจหน้าที่ในความสัมพันธ์ ซึ่งมีอยู่ต่อผู้ใต้บังคับบัญชา ในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อปฏิบัติการและอำนวยการโดยใช้กระบวนการติดต่อซึ่งกันและกัน เพื่อมุ่งให้บรรลุผลตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

อารี เพชรผุด (2530) กล่าวว่า ความเป็นผู้นำ เป็นลักษณะพิเศษที่บุคคลหนึ่งมีความสามารถที่จะมีอิทธิพลเหนือบุคคลอื่นหรือกลุ่มอื่น เมื่อมีสถานการณ์เอื้ออำนวยและบุคคลอื่นก็ยอมรับด้วย

Dubrin (1998) กล่าวว่า ภาวะผู้นำหรือความเป็นผู้นำ เป็นการกระทำที่มีอิทธิพลจูงใจให้ผู้อื่นร่วมมือปฏิบัติงานเพื่อให้งานสำเร็จตามความมุ่งหมาย หรือเป็นศิลปะแห่งการกระทำของบุคคลเพื่อให้ได้รับสิ่งที่ต้องการและทำให้ผู้อื่นรู้สึกชอบในตัวเขา โดยผู้นำใช้อิทธิพลในการโน้มน้าวสมาชิกกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จ แต่เป็นการใช้อำนาจที่ไม่ได้เกิดจากการบังคับ และสิ่งที่แสดงถึงอิทธิพลในการสั่งการ เป็นการประสานงานระหว่างสมาชิกในองค์การ เพื่อให้จุดหมายขององค์การสำเร็จลุล่วงได้ ภาวะผู้นำเป็นพฤติกรรมส่วนตัวของบุคคลที่จะชักนำกิจกรรมของกลุ่มให้บรรลุ

เป้าหมายร่วมกัน เป็นความสามารถที่จะสร้างความเชื่อมั่นและให้การสนับสนุนบุคคล เพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์การ

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า ความเป็นผู้นำ คือ การกระทำที่แสดงออกถึงความสามารถในการดำเนินงานเพื่อส่วนรวม ซึ่งนำไปสู่เป้าหมายที่พึงประสงค์ในสังคม

3.2 **พฤติกรรมความเป็นผู้นำ** (Leadership Behavior)

ในการปฏิบัติงานของหน่วยงานหรือองค์การ สมาชิกของหน่วยหรือองค์การนั้น ๆ ต่างก็ต้องแสดงพฤติกรรมในการปฏิบัติงานออกมาร่วมกัน แต่เนื่องจากหน่วยงานหรือองค์การย่อมมีผู้นำ หรือหัวหน้าในการบังคับบัญชาบริหารสั่งการ เพื่อให้เกิดความสำเร็จของงานตามที่ได้ตั้งเป้าหมาย วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ดั้งนั้น พฤติกรรมผู้นำย่อมมีผลต่อวิธีปฏิบัติงาน และผลสำเร็จของงานว่ามีผลดีหรือข้อบกพร่องอย่างไร จากการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้นำ

Halpin (1966) ได้แบ่งพฤติกรรมผู้นำออกเป็น 2 ด้าน ซึ่งได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง และมีผู้นำไปใช้ในการวิจัยกันมาก คือ

1. พฤติกรรมด้านกิจสัมพันธ์ (Initiating Structure) เป็นพฤติกรรมที่ผู้นำเน้นความสัมพันธ์ของผู้นำและสมาชิกในกลุ่มเพื่อสร้างรูปแบบที่ดีในการจัดหน่วยงาน สร้างช่องทางในการติดต่อสื่อสารและกระบวนการที่ดี

2. พฤติกรรมด้านมิตรสัมพันธ์ (Consideration) เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความเป็นมิตร ความไว้วางใจซึ่งกันและกัน การยอมรับนับถือ และความสัมพันธ์อันดีระหว่างผู้นำกับผู้ร่วมงาน

Fiedter (1968) ได้เสนอทฤษฎีความเป็นผู้นำที่มีประสิทธิภาพ ได้กำหนดพฤติกรรมผู้นำไว้ 2 แบบ คือ 1) พฤติกรรมผู้นำแบบมุ่งกิจสัมพันธ์ คือ ผู้นำที่มีความต้องการอย่างแรงกล้าที่จะให้ผู้ร่วมงานทำงานให้มีคุณภาพ เน้นผลงาน ความสำเร็จของงานทั้งปริมาณและคุณภาพ มีการแจกแจงภาระงานมอบหมายงาน ชี้แนวทางและวิธีปฏิบัติในการทำงานอย่างชัดเจน ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างผู้นำกับผู้ร่วมงานเป็นไปตามตำแหน่งหน้าที่และภารกิจที่ได้รับมอบหมาย 2) พฤติกรรมแบบมุ่งมิตรสัมพันธ์ คือ ผู้นำที่มีความเข้าใจ เห็นใจ ไว้วางใจ มีความเป็นกันเองกับผู้ร่วมงาน ให้เกียรติ ยกย่องผู้ร่วมงาน เพราะเชื่อว่า หากภายในคณะวิชามีบรรยากาศที่เป็นมิตร ได้รับการ

สนับสนุนจากผู้ร่วมงานเป็นอย่างดีจะทำให้งานบรรลุผลสำเร็จได้ Fiedler ยืนยันว่าประสิทธิภาพของความเป็นผู้นำ ขึ้นอยู่กับความสอดคล้องระหว่างบุคลิกภาพของผู้นำและสถานการณ์ และเชื่อว่าแรงจูงใจที่มุ่งงานหรือมุ่งมิตรสัมพันธ์ว่าเป็นคุณลักษณะพื้นฐานที่อาจจะไม่เปลี่ยนแปลงสำหรับบุคคล

สุรชาติ สังข์รุ่ง (2520) ได้สรุปว่า การศึกษาผู้นำนั้นแบ่งไว้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเน้นศึกษาไปทางด้านคุณลักษณะและบุคลิกภาพผู้นำ กลุ่มหลังเน้นศึกษาพฤติกรรมส่วนบุคคลของผู้นำ (Individual's behavior) ที่แสดงออกต่อกลุ่ม โดยสรุปพฤติกรรมผู้นำไว้เป็น 9 มิติ ดังนี้

1. การกระทำที่พยายามให้เกิดความร่วมมือระหว่างเพื่อนร่วมงาน (Integration)

2.การกระทำที่จะก่อให้เกิดความเข้าใจอันดี และเข้าใจความเป็นไปของกลุ่ม (Communication)

3. การกระทำที่ก่อให้เกิดความสำเร็จในผลิตผล (Production)

4. การกระทำที่เป็นตัวแทนของกลุ่มในการปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มอื่น (Representation)

5. ความพยายามที่จะเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม (Fraternization)

6. ความพยายามที่จะประเมินหรือตัดสิน (Evaluation)

7. การกระทำซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของกลุ่ม (Initiation)

8. การกระทำซึ่งแสดงว่าไม่ยอมรับนับถือความคิดของผู้อื่น (Domination)

9. ความพยายามที่จะจำแนกหน้าที่และนโยบายในการดำเนินการ (Organization)

3.3 ลักษณะของความเป็นผู้นำ

ลักษณะความเป็นผู้นำ (Leadership Characteristics) เป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับผู้นำ เพราะผลสำเร็จของกิจกรรมจะมากน้อยอย่างไรขึ้นอยู่กับผู้นำของกลุ่มนั้น ๆ เพราะถ้าผู้นำดีมีประสิทธิภาพ มีความสามารถ กิจกรรมของกลุ่มก็จะประสบผลสำเร็จอย่างสูง แต่ถ้าผู้นำขาดประสิทธิภาพ ขาดความสามารถ ผลสำเร็จในภารกิจของกลุ่มย่อมเกิดปัญหาตามมา การที่จะศึกษาว่าผู้นำที่ดีควรมีคุณลักษณะอย่างไรนั้น มีผู้แสดงความคิดเห็นและศึกษาค้นคว้า ซึ่งสอดคล้องและจะคล้ายกันในส่วนใหญ่ แตกต่างกันในส่วนย่อยตามแต่สถานการณ์ดังต่อไปนี้

Ordway Tead (1963) กล่าวถึงลักษณะของความเป็นผู้นำไว้ว่า ควรมี 10 ด้านคือ

1. มีความเข้มแข็งทั้งกายและใจ

2. รู้จักวัตถุประสงค์และแนวทางการดำเนินงาน

3. มีความกระตือรือร้นในการทำงาน

4. มีความเป็นมิตรและให้ความรักต่อผู้ร่วมงาน

5. มีความซื่อสัตย์

6. มีความสามารถในการใช้เทคนิคต่าง ๆ

7. กล้าตัดสินใจ

8. มีความเฉลียวฉลาด

9. มีทักษะในการให้คำแนะนำ

10. มีความศรัทธาในการทำงาน

Stogdill (1981) มีความเห็นว่า ลักษณะของผู้นำที่ดีมีดังนี้

1. ลักษณะทางกาย ผู้นำเป็นผู้ที่แข็งแรง มีร่างกายเป็นสง่า

2. ภูมิหลังทางสังคม ผู้นำเป็นผู้ที่มีการศึกษาและสถานะทางสังคมดี

3.สติปัญญา ผู้นำเป็นผู้ที่มีสติปัญญาสูง มีการตัดสินใจดีและมีทักษะในการสื่อความหมายและการพูด

4. บุคลิกภาพ ผู้นำเป็นผู้ที่ตื่นตัวอยู่เสมอ ควบคุมอารมณ์ได้ดี มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีจริยธรรม มีความเชื่อมั่นในตนเอง

5. ลักษณะเกี่ยวข้องกับงาน ผู้นำเป็นผู้ที่มีความปรารถนาจะทำดีที่สุด ปรารถนาที่จะรับผิดชอบ ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค มุ่งที่งาน

6. ลักษณะทางสังคม ผู้นำเป็นผู้ที่ปรารถนาจะร่วมมือกับคนอื่น มีเกียรติและเป็นที่ยอมรับของสมาชิกของคนอื่น ๆ เข้าสังคมได้เก่ง มีความเฉลี่ยฉลาดในการสังคม

รัศมี ภิบาลแทน (2521) กล่าวว่าลักษณะของความเป็นผู้นำมีทั้งหมด 10 ด้านคือ ความรับผิดชอบ ความมีคุณธรรม ความคิดริเริ่ม การมีมนุษยสัมพันธ์ การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความเชื่อมั่นในตนเอง ความสามารถในการตัดสินใจ การรู้จักวางแผน ความมีเหตุผลและการมีจิตใจเข้มแข็งอดทน

อรุณ รักธรรม (2522) และบัญชา แก้วเกตุทอง (2523) มีความเห็นสอดคล้องกันว่า ผู้นำควรมีลักษณะดังนี้คือ มีความรู้ กล้าหาญ เด็ดขาด มีความคิดริเริ่ม มีความตัดสินใจ ซื้อสัตย์ยุติธรรม อดทน ไม่เห็นแก่ตัว มีความแนบเนียน มีความกระตือรือร้น มีความภักดี และลักษณะท่าทางดี นอกจากนี้ อรุณ รักธรรม เพิ่มเติมอีกว่า ควรมีการตื่นตัว สงบเสงี่ยม มีความเห็นอกเห็นใจ และการสังคมดี ส่วนบัญชา แก้วเกตุทอง กล่าวเพิ่มว่า ผู้นำควรมีความเชื่อถือได้

สุชาญ โกคิน (2527) ได้เสนอแนวความคิดไว้ว่า ผู้นำควรมีลักษณะดังนี้

1. เป็นผู้เรียนรู้ (Learner) ผู้นำนอกจากจะเป็นผู้มีความรู้ในหน้าที่การงานที่ได้รับมอบหมายแล้ว จะต้องใฝ่หาความรู้เพิ่มเติมเสมอ

2. ประพฤติตนเป็นตัวอย่างที่ดี (Good Examples)

3. มีความตั้งใจจริงและตื่นตัวอยู่เสมอ (Attempt and Alertness)

4. มีความ ขยัน กล้าตัดสินใจและกล้าลงมือทำ (Deligence, Dicisive, Doer)

5. มีความ รับผิดชอบ (Responsibility)

6. เป็นนักสร้างสรรค์และนักแก้ปัญหา (Creative thinker, Solver)

7. มีมนุษยสัมพันธ์ (Human Relations) ผู้นำที่ดีจะต้องประสานประโยชน์สามารถทำงานร่วมกันทุกคนได้และเป็นผู้นำในการสอนให้ทุกคนทำงานเป็นทีม

8. มีความซื่อสัตย์สุจริต (Honesty)

9. มีสติปัญญาและมีไหวพริบ (Intelligence)

10. เป็นนักวางแผนงานที่ดี (Planner)

จากการศึกษาลักษณะความเป็นผู้นำดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าลักษณะความเป็นผู้นำมีความหมายกว้างขวางมาก ซึ่งพอสรุปจากแนวคิดของนักวิชาการต่าง ๆ ตามที่เสนอข้างต้นได้ว่าผู้นำต้องมีลักษณะต่าง ๆ ที่สำคัญร่วมกันคือ 1) มีความรับผิดชอบ 2) มีคุณธรรม 3) มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 4) มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี 5) มีการยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น 6) กล้าตัดสินใจ 7) เชื่อมั่นตนเอง 8) รู้จักวางแผน 9) มีเหตุผล 10) มีความอดทนทั้งกายและใจ

อย่างไรก็ตามคุณลักษณะความเป็นผู้นำและพฤติกรรมผู้นำมีส่วนสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ดังนั้นการวัดพฤติกรรมความเป็นผู้นำและศึกษาพฤติกรรมความเป็นผู้นำจึงต้องอาศัยคุณลักษณะความเป็นผู้นำเป็นหลักและการศึกษาพฤติกรรมความเป็นผู้นำสามารถทำได้ทางหนึ่ง โดยใช้แบบ

สำรวจเป็นเครื่องวัดและในการศึกษาพฤติกรรมความเป็นผู้นำครั้งนี้ จากแนวคิดของนักจิตวิทยาและนักการศึกษา ที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่า องค์ประกอบของความเป็นผู้นำที่สอดคล้องร่วมกันมี 2 องค์ประกอบ คือ พฤติกรรมด้านกิจสัมพันธ์ และพฤติกรรมด้านมิตรสัมพันธ์ ซึ่งสังเกตได้จากความรับผิดชอบ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การวางแผน ความสามารถในการตัดสินใจ ความมีจิตใจเข้มแข็งอดทน ความมีมนุษยสัมพันธ์ การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล ความเชื่อมั่นในตนเอง และการมีคุณธรรม

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นผู้นำ

สุรพล ผลประเสริฐ (2532) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมความเป็นผู้นำ ความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตการศึกษา 9 จำนวน 378 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนจากโรงเรียนรัฐบาล 18 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบวัดพฤติกรรมความเป็นผู้นำ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนวิชาสังคมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1) พฤติกรรมความเป็นผู้นำและผลสัมฤทธิ์การเรียนวิชาสังคมศึกษามีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8129 2) ความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์การเรียนวิชาสังคมศึกษามีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5231 3) พฤติกรรมความเป็นผู้นำ ความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์การเรียนวิชาสังคมศึกษา มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ 0.8410

กุลชไม สืบฟัก (2542) ได้ศึกษาผลการเรียนของนักศึกษาหลักสูตรศิลปศาสตร์โปรแกรมวิชานาฏศิลป์และการละคร ที่มีต่อเจตคติและพฤติกรรมความเป็นผู้นำของสถาบันราชภัฏจันทรเกษม กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาหลักสูตรศิลปศาสตร์โปรแกรมวิชานาฏศิลป์และการละคร สถาบันราชภัฏจันทรเกษม ระดับชั้นปีที่ 1-4 จำนวน 163 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนและพฤติกรรมความเป็นผู้นำด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ

I23813477

ลาวัลย์ ทองศรีสมบูรณ์ (2547) ได้ศึกษาปัจจัยคัดสรรที่สัมพันธ์กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะผู้นำสูงทั้งมิติงานและวิติการรักษาความสัมพันธ์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 โรงเรียนสหศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษากกระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร มีอายุระหว่าง 15-18 ปี จำนวน 200 คน โดยจำแนกเป็นนักเรียนที่มีภาวะผู้นำสูง และนักเรียนที่มีภาวะผู้นำต่ำ กลุ่มละ 100 คน ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยตัวแปรอิสระ ได้แก่ ลำดับการคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บุคลิกภาพ การเห็นคุณค่าในตนเอง และเชาวน์อารมณ์ ตัวแปรตาม คือ ภาวะผู้นำ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามประวัติส่วนบุคคล แบบสอบถามภาวะผู้นำ แบบวัดบุคลิกภาพ แบบวัดการเห็นคุณค่าในตนเอง และแบบวัดเชาวน์อารมณ์ ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะผู้นำสูงทั้งมิติงานและมิติรักษาความสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ได้แก่ บุคลิกภาพ เชาวน์อารมณ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ระดับ .05 ได้แก่ ลำดับการคิด และการเห็นคุณค่าในตนเอง

จากงานวิจัยที่เกี่ยวกับความเป็นผู้นำกับความสามารถทางการเรียนที่ได้นำเสนอไปข้างต้น สามารถเป็นหลักฐานอ้างอิง หรือเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาได้ว่าความเป็นผู้นำมีความสัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียนของนักเรียน สมควรจะได้มีการศึกษาลักษณะของความสัมพันธ์ดังกล่าวกับคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติมต่อไป

ตอนที่ 4 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ถือว่าเป็นคุณลักษณะทางความคิดอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของบุคคล การที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากอดีตจนกลายมาเป็นโลกแห่งเทคโนโลยีสารสนเทศ มีการสื่อสารไร้พรมแดน การดำเนินชีวิตของบุคคลสะดวกสบายขึ้นในปัจจุบัน เหล่านี้ล้วนเป็นผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ของบุคคลทั้งนั้น ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ต้องอาศัยทั้งความคิด และจินตนาการที่ไม่ยึดติดอยู่ในสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ และมีความเพียรพยายาม มุมานะจนกระทั่งคิดได้สำเร็จ ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่

มีติดตัวบุคคลมาแต่กำเนิด หากได้รับการกระตุ้นและพัฒนาพลังแห่งการสร้างสรรค์ จะทำให้เป็นบุคคลที่มีอิสระทางความคิด มีความคิดที่อยู่นอกกรอบ และสามารถหาหนทางในการที่จะสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้เสมอ ฉะนั้น การสอนความคิดสร้างสรรค์และการฝึกฝนให้เป็นนักคิดจึงเป็นสิ่งจำเป็นและควรจะสอนกันตั้งแต่เด็ก ๆ จึงจะสามารถพัฒนาความคิดได้เต็มศักยภาพ ทั้งนี้เนื่องจากเด็กเป็นวัยที่มีความอยากรู้อยากเห็น รวมทั้งจินตนาการได้กว้างไกลกว่าผู้ใหญ่ และการที่เด็กสามารถคิดได้อย่างสร้างสรรค์นั้นถือว่าเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยยกระดับคุณภาพของเด็กให้มีชีวิตอย่างมั่นใจในตนเองทั้งในตนเองทั้งในปัจจุบันและอนาคตเมื่อเติบโตเป็นผู้ใหญ่

4.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้แตกต่างกันดังนี้

Osborn (1963) กล่าวถึงความหมายของความคิดสร้างสรรค์ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นจินตนาการเชิงประยุกต์ ซึ่งเป็นจินตนาการที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาที่ตนเองประสบอยู่ แต่ไม่ใช่จินตนาการที่ฟุ้งซ่าน เลื่อนลอยทั่วไป โดยที่ความคิดจินตนาการเป็นลักษณะที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์ในการคิดค้น หรือประดิษฐ์สิ่งที่แปลกใหม่และเป็นประโยชน์ต่อสังคม แต่ความคิดจินตนาการเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้เกิดผลผลิตสร้างสรรค์ขึ้นมาได้ ดังนั้น ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นความคิดจินตนาการที่ควบคู่ไปกับความเพียรพยายามอุตสาหะ ซึ่งสามารถทำให้งานที่สร้างสรรค์สำเร็จลงได้

Wallach และ Kogan (1965) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่สามารถคิดในสิ่งที่มีความสัมพันธ์กันหรือเชื่อมโยงกันได้ดี เรียกว่า ความคิดโยงสัมพันธ์คือ เมื่อระลึกถึงสิ่งใดได้ก็จะใช้เป็นแนวทางให้ระลึกถึงสิ่งอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันต่อไปได้เรื่อย ๆ โดยยิ่งคิดได้มากเท่าไรก็ยิ่งแสดงถึงศักยภาพด้านความคิดสร้างสรรค์ได้มากเท่านั้น

Westcott (1967) ได้อธิบายความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่รวมถึงประสบการณ์เดิมของแต่ละคนออกมาแล้วนำมาจัดให้เป็นรูปแบบใหม่ โดยรูปแบบใหม่ของความคิดนี้เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละคน

Guilford (1967) กล่าวถึง ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า "ความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) คือ ความคิดหลากหลาย หลายแง่มุม คิดได้กว้างไกล โดยลักษณะความคิดในลักษณะนี้นำไปสู่ความคิดการประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมถึงการค้นพบวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จ"

Torrance (1973) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการของความรู้สึกที่ไวต่อปัญหา สิ่งที่บกพร่องหรือขาดหายไป ไวต่อการแยกแยะปัญหา ไวต่อการค้นพบวิธีการแก้ปัญหา ไวต่อการคาดคะเนและการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสิ่งที่ขาดหายไป และรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์ (2537) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ซึ่งสรุปได้ดังนี้ ความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่สลับซับซ้อนยากแก่การให้คำจำกัดความที่แน่นอนตายตัว แต่ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงผลงาน ผลงานนั้นต้องเป็นงานที่แปลกใหม่และมีคุณค่า ถ้าพิจารณาในเชิงกระบวนการ กระบวนการความคิดสร้างสรรค์คือ การเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งของหรือความคิดที่มีความแตกต่างกันมากเข้าด้วยกัน ถ้าพิจารณาในเชิงบุคคล บุคคลนั้นจะต้องเป็นคนที่มีความแปลกเป็นตัวของตัวเอง (Originality) เป็นผู้ที่มีความคิดคล่อง (Fluency) มีความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และสามารถให้รายละเอียดในความคิดนั้น ๆ ได้ (Elaboration)

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า "ความคิดสร้างสรรค์คือ ความสามารถของบุคคลในการคิดแก้ปัญหาด้วยการคิดอย่างลึกซึ้งที่นอกเหนือไปจากการคิดอย่างปกติธรรมดา เป็นลักษณะภายในตัวบุคคลที่สามารถจะคิดได้หลายแง่หลายมุม ผสมผสานจนได้ผลผลิตใหม่ที่ถูกต้องสมบูรณ์กว่า"

จากการที่นักวิชาการหลายท่าน ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ข้างต้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลที่สามารถคิดได้อย่างหลากหลาย กว้างไกล และลึกซึ้งโดยไม่ซ้ำแบบเดิม เพื่อแก้ปัญหาที่เผชิญ หรือเพื่อสร้างสรรค์สิ่งที่แปลกใหม่ให้มีคุณค่า เป็นประโยชน์ต่อตนเอง และสังคม

4.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองของบุคคลที่มีลักษณะซับซ้อนไม่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน เป็นความสามารถที่แฝงอยู่ในตัวบุคคล เมื่อถูกกระตุ้น หรือฝึกฝนก็จะแสดงความสามารถออกมา นักจิตวิทยาหรือนักการศึกษาจึงได้มีการระบุพฤติกรรม หรือลักษณะที่บุคคลแสดงออกมาจัดเป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ เพื่อที่จะทำให้วัดความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละบุคคลได้ มีนักจิตวิทยาที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย 2 ท่าน ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

Guilford (1967) เชื่อว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว มีปริมาณมากในเวลาที่จำกัด และไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน ความคิดคล่องมีความสำคัญในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า เพราะการแก้ปัญหาเฉพาะหน้านั้นต้องการความรวดเร็วและคิดหาวิธีแก้ไขได้หลายวิธี

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง เป็นการคิดที่สามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างทันทีทันใด

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างไปจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ หรือความคิดที่ไม่ซ้ำกับความคิดคนอื่น ความคิดริเริ่มเกิดจากการนำความรู้เดิมมาดัดแปลงและประยุกต์ให้เป็นสิ่งใหม่

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอนสามารถอธิบายให้เป็นภาพได้ชัดเจน ซึ่งความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่งหรือขยายความคิดเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์มากขึ้น

Torance (1973) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ในรูปแบบของการเรียนการสอน ซึ่งได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยเน้นความคิดสร้างสรรค์ใน 3 องค์ประกอบ คือ

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการผลิตความคิดได้หลายหลายเพื่อสนองตอบต่อคำถามปลายปิดและคำถามอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นความคิดทางภาษาหรือท่าทาง

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการกระทำต่อปัญหาได้หลากหลาย คิดได้หลากหลาย และสามารถแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ได้หลายด้าน

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างไปจากความคิด หรือความคิดแตกต่างไปจากคนอื่น หรือเป็นการรวมกันของความคิดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันมาก่อนทั้งในด้านความคิดหรือการกระทำ

นอกจากนี้ได้มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

Burns (1995) ได้กล่าวถึง ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 4 องค์ประกอบ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) เป็นการแสดงความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว โดยครูและนักเรียนจะต้องตระหนักว่า จากสถานการณ์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ไม่มีคำตอบใดผิด ดังนั้น จึงต้องยอมรับทุกคำตอบ ไม่มีการกำหนดจำนวนความคิดที่ต้องการแสดงออก และจะต้องกำหนดเวลาให้เหมาะสมกับกิจกรรมนั้น ๆ ซึ่งอาจจะจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกร่วมกันทั้งชั้น หรือจัดกลุ่มก็ได้ เช่น ให้นักเรียนตั้งโจทย์คำถามที่มีคำตอบเป็น 15 ซึ่งนักเรียนที่มีความคิดคล่องสามารถคิดโจทย์คำถามได้หลายคำถาม และคิดได้อย่างรวดเร็ว

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นการแสดงความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้มากแตกต่างหลายทิศทาง หรือหลายประเภท โดยครูจะต้องฝึกให้แตกต่างจากความคิดคล่องและต้องคอยกระตุ้นด้วยคำถามที่กระตุ้นให้เกิดการฝึกคิดทางคณิตศาสตร์ อาจจะจัดร่วมกันทั้งชั้นหรือเป็นกลุ่มก็ได้

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นการแสดงความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่ไม่เหมือนใคร เป็นเอกลักษณ์ของตัวเอง โดยครูให้นักเรียนคิด แล้วสรุปสิ่งที่แปลกใหม่ทางคณิตศาสตร์ เช่น ให้นักเรียนบอกตัวเลขที่ชอบ แล้วแสดงเหตุผล นักเรียนที่มีความคิดริเริ่มสามารถแสดงเหตุผลได้แตกต่างจากผู้อื่น และเหตุผลนั้นมีความถูกต้องด้วย

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) เป็นการขยายขอบเขตของความคิดทางคณิตศาสตร์หนึ่ง ๆ ให้ละเอียดและน่าสนใจ เพื่อเพิ่มเติมรายละเอียดของความคิดให้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยครูเริ่มต้นด้วยการตั้งหัวข้อเกี่ยวกับสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ แล้วให้นักเรียนเสนอรายละเอียดให้มากที่สุดที่จะคิดได้ เช่น ให้นักเรียนต่อเติมรูปสามเหลี่ยมที่กำหนดให้ ซึ่งนักเรียนที่มีความละเอียดในการคิด สามารถเสนอรายละเอียดได้แตกต่างจากผู้อื่น และถูกต้องครบถ้วน

จากแนวคิดของนักจิตวิทยาและนักการศึกษา ที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่า องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องร่วมกันมี 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

4.3 กระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

การที่บุคคลจะกระทำการหรือแสดงพฤติกรรมเพื่อให้ผลงานที่มีความคิดสร้างสรรค์บรรลุตามจุดมุ่งหมาย จะต้องผ่านกระบวนการที่เป็นขั้นตอน ซึ่งนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้แบ่งขั้นตอนกระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ไว้แตกต่างกันตามความสนใจ และจุดเน้นของแต่ละท่านดังนี้

Hutchinson (1949) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เกิดจากกระบวนการหยั่งรู้ (intuition) ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ (The stage of Preparation) เป็นการรวบรวมประสบการณ์เก่า ๆ รู้จักลองผิดลองถูก และตั้งสมมติฐานเพื่อแก้ปัญหา

2. ขั้นคิดแก้ปัญหา (The stage of Frustration) เป็นระยะของการครุ่นคิด แก้ปัญหาแต่ยังคิดไม่ออก

3. ขั้นเกิดความคิด (The Period of Insight) เป็นขั้นที่เกิดความคิดแวบขึ้นในสมอง คิดหาคำตอบได้ทันที

4. ขั้นพิสูจน์ (The stage of Verification) เป็นขั้นที่มีการตรวจสอบประเมินผลโดยใช้กฎเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้นั้นถูกต้องหรือไม่

Torrance (1963) ได้จำแนกกระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์เป็น 5 ขั้นตอนคือ

1. การค้นหาความจริง (Fact finding) เป็นขั้นเกิดความรู้สึกกังวลหรือสับสน วุ่นวายในจิตใจ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเกิดจากสาเหตุอะไร ต้องพิจารณาดูว่า สิ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกเหล่านั้นคืออะไร

2. การค้นพบปัญหา (Problem finding) เป็นการเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้น หรือมองเห็นปัญหา เมื่อได้พิจารณาโดยรอบคอบแล้ว

3. การค้นพบแนวคิด (Idea finding) เป็นการรวบรวมความคิดและตั้งสมมติฐาน แล้วรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น

4. การค้นพบคำตอบ (Solution finding) เป็นการค้นพบคำตอบหลังจากที่ทดสอบแนวคิดและสมมติฐาน

5. การยอมรับผลจากการค้นพบ (Acceptance finding) เป็นการยอมรับคำตอบที่ได้จากการพิสูจน์ และพัฒนาแนวคิดต่อไปว่า สิ่งที่ค้นพบจะนำไปสู่การเกิดแนวคิด และข้อค้นพบใหม่ต่อไป ที่เรียกว่า สิ่งใหม่ที่ท้าทาย (New Challenge)

Osborn (1963) ได้แบ่งกระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ปัญหา สามารถชี้ระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการจะใช้ความคิดสร้างสรรค์

2. การเตรียมและรวบรวมข้อมูล เป็นการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

3. วิเคราะห์ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล คิดพิจารณา และแจกแจงข้อมูล

4. การใช้ความคิดหรือคัดเลือกเพื่อหาทางเลือกต่าง ๆ เป็นขั้นพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ และหาทางเลือกที่เป็นไปได้ไว้หลาย ๆ แนวทาง

5. การตกผลึกความคิด และการทำให้กระจ่าง เป็นขั้นที่ทำให้เกิดความคิดบางอย่างขึ้นมาแล้วทำให้ความคิดนั้นชัดเจนขึ้น

6. การสังเคราะห์ และการบรรจุความคิดส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

7. การประเมินผล เป็นการคัดเลือกความคิดให้ได้คำตอบที่มีประสิทธิภาพที่สุด

Divito (1971) ได้กำหนดขั้นตอนของการเกิดความคิดสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

1. ขั้นวิเคราะห์ (Analysis) คือขั้นสัมผัสหรือเผชิญกับสถานการณ์ซึ่งส่วนมากจะเป็นปัญหาต่าง ๆ ปัญหาจะถูกนำมาวิเคราะห์ กำหนดนิยามเพื่อก่อให้เกิดความคิดเข้าใจในปัญหาและส่วนประกอบ

2. ขั้นผสมผสาน (Manipulate) หลังจากรู้สภาพปัญหา วิเคราะห์ปัญหา ความรู้จะนำมาแก้ปัญหาจะถูกนำมาผสมผสานกัน ซึ่งจะต้องอาศัยความคับข้องใจ และความเข้าใจในปัญหาและส่วนประกอบ

3. ขั้นการพบอุปสรรค (Impasse) เป็นขั้นที่เกิดขึ้นบ่อยและเป็นขั้นสูงสุดของการแก้ปัญหา ในขั้นนี้จะมีความรู้สึกว่า วิธีการบางอย่างในการแก้ปัญหานั้นใช้ไม่ได้ คิดไม่ออก รู้สึกล้มเหลวในการแก้ปัญหา

4. ขั้นคิดออก (Eureka) เป็นขั้นคิดแก้ปัญหาได้ทันทีทันใด หลังจากที่ได้พบอุปสรรคมาแล้ว ซึ่งจะทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์เข้าใจอย่างแจ่มแจ้งในการแก้ปัญหานั้น ๆ

5. ขั้นพิสูจน์ (Verification) เป็นขั้นต่อจากขั้นพบอุปสรรคและขั้นคิดออก เพื่อพิสูจน์ตรวจสอบและยืนยันความคิดดังกล่าว

Wallach และ Kogan (1973) ได้อธิบายกระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่าเกิดจากความคิดในสิ่งใหม่ ๆ โดยอาศัยการลองผิดลองถูก ซึ่งจำแนกออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นเตรียมข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

2. ขั้นฟักตัว (Incubation) เป็นขั้นที่อยู่ในความสับวนวุ่นวายทั้งข้อมูลเก่าและใหม่ โดยข้อมูลที่มีอยู่ยังไม่สามารถจัดเป็นระบบได้ ซึ่งเป็นขั้นของการหยุดคิดเงียบ ๆ ชั่วคราว

3. ขั้นความคิดกระจ่าง (Illumination) เป็นขั้นของการจัดระบบข้อมูลออกเป็นความคิดที่สามารถมองเห็นภาพชัดเจน

4. ขั้นทดสอบความคิดหรือพิสูจน์ให้เห็นจริง (Verification) เป็นขั้นที่ได้รับความคิด 3 ขั้นข้างต้น เพื่อพิสูจน์ว่าความคิดนี้เป็นจริงและถูกต้อง

นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงกระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

จากกระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่า นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้แบ่งออกเป็นขั้นตอนที่แตกต่างกัน แต่มีบางขั้นตอนที่แต่ละท่านได้แบ่งไว้เหมือนกันซึ่งได้แก่ ขั้นเตรียมหรือขั้นค้นหาความจริง ขั้นความคิดฟักตัวหรือสมมติฐาน ขั้นค้นพบคำตอบหรือขั้นคิดกระจ่าง และขั้นตรวจสอบผลหรือการพิสูจน์ผล

4.4 ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมที่แสดงออกมา บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จึงมีลักษณะที่แตกต่างจากบุคคลอื่น ๆ นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

Guilford (1967) กล่าวถึงบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นผู้ที่มีความสามารถในด้านวิธีการคิดต่าง ๆ ดังนี้

1. มีความคิดคล่อง (Fluency) สามารถคิดได้อย่างรวดเร็วมีปริมาณมาก และไม่ซ้ำในเรื่องเดียวกัน ความคิดคล่องมีความสำคัญในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า เพราะการแก้ปัญหาเฉพาะหน้านั้นต้องการความรวดเร็วและคิดหาวิธีการแก้ไขได้หลายวิธี

2. มีความคิดที่แปลกใหม่ (Novelty) สามารถคิดได้แตกต่างจากความคิดง่าย ๆ ธรรมดา หรือความคิดที่ไม่ซ้ำกับผู้อื่น ซึ่งเป็นความคิดที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่น

3. มีความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นการคิดที่สามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

4. มีความสามารถในการสังเคราะห์ (Synthesizing Ability) เป็นความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ให้เกิดขึ้นจากความคิดที่ไม่เหมือนใคร

5. มีความสามารถในการวิเคราะห์ (Analyzing Ability) สามารถคิดแยกโครงสร้างออกเป็นส่วน ๆ และนำมารวบรวมประกอบให้เกิดสิ่งประดิษฐ์ หรือผลงานชิ้นใหม่

6. มีการปรับเปลี่ยนหรือการให้นิยามใหม่ (Reorganization or Redifinition) สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่เดิมตามธรรมชาติให้เกิดประโยชน์ขึ้น หรือตีความ ขยายความ และนำข้อมูลไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่น

7. มีการคิดซับซ้อน (Complexity) สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดที่หลากหลาย และถ่ายโยงความคิดไปสู่การปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8. มีความสามารถในการประเมินค่า (Evaluation) การมองเห็นคุณค่าของงานที่สร้างสรรค์ขึ้นมา และสามารถประเมินค่าตนเองได้ตามความเป็นจริง

Anderson and Others (1970) ได้กล่าวถึงบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

1. เป็นผู้ที่อุทิศให้กับงาน และชอบทำงานที่ยาก และหลากหลาย

2. ความมุ่งมั่นในการติดตามปัญหา

3. มีความสามารถในการสรุปใจความสำคัญ

4. สนุกกับการคิดในสิ่งที่ท้าทาย

5. มีจิตใจจดจ่ออยู่กับงานที่ทำ

6. ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค

7. ไม่วิตกกังวลกับข้อผิดพลาด แต่นำข้อผิดพลาดมาเป็นบทเรียน

8. ไม่ด่วนสรุปเหตุการณ์ต่าง ๆ เร็วจนเกินไป ก่อนที่จะสำรวจให้แน่ใจเสียก่อน

9. สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ถี่ถ้วน

10. ไวต่อการเปลี่ยนแปลง แต่ไม่พึงใจในสิ่งที่ไม่ถูกต้อง

11. ชอบแสดงออก กล้าแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น

12. อยากรู้อยากเห็น และชอบตั้งคำถามให้กับตนเองว่า "ทำไม" และ "อย่างไร"

Davis และ Rim (1994) ได้สรุปเกี่ยวกับลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. มีความคิดอเนกนัย คือ มีความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

2. มีความรู้สึกไวต่อปัญหา คือสามารถมองเห็นปัญหา ค้นพบข้อผิดพลาด และการตั้งคำถามที่ดีที่สุดกับตัวเอง

3. เข้าใจปัญหา คือ การค้นหาข้อเท็จจริงของปัญหา แยกประเด็นปัญหา ลำดับความยากง่ายของปัญหา แยกแยะปัญหาที่เป็นปัญหาย่อย ๆ เสนอทางเลือกในการตั้งประเด็นปัญหา และขยายปัญหาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

4. มีความสามารถในการคิดย้อนกลับ

5. สามารถคิดแบบอุปมาอุปไมย คือสามารถเปรียบเทียบสิ่งที่คล้ายคลึงกัน และสามารถจับคู่ความคิดให้เชื่อมโยงกันระหว่างความคิดเดิมกับความคิดใหม่

6. มีความสามารถในการประเมินค่า คือ สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของปัญหาและการแก้ปัญหา และเลือกแนวคิดที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา

7. มีความสามารถในการวิเคราะห์ คือ สามารถวิเคราะห์รายละเอียด แยกย่อยได้

8. มีความสามารถในการสังเคราะห์ คือ สามารถมองเป็นความสัมพันธ์แล้ว นำมาเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน เพื่อใช้ในการทำงานอย่างสร้างสรรค์

9. มีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ คือ ความสามารถในการดัดแปลงความรู้นำไปใช้ให้เกิดสิ่งที่แปลกใหม่ ที่มีประโยชน์มากยิ่งขึ้น

10. มีความสามารถในการพยากรณ์ หรือ การคาดคะเน คือ สามารถคาดเดาถึงผลของการแก้ปัญหา หรือการคิดหาคำตอบได้หลาย ๆ วิธี

11. มีความสามารถในการรวบรวมความคิด คือ ความสามารถในการรวบรวมปัญหา สรุปประเด็นปัญหา และขมวดปมปัญหา

12. มีความคิดเชิงตรรกะ คือ ความสามารถในการมองปัญหาในลักษณะเหตุและผลให้สัมพันธ์กัน

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดระดับสูงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ ริเริ่ม คาดไม่ถึง และมองเห็นผลผลิตในรูปแบบใหม่

4.5 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สมเดช บุญประจักษ์ (2540) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นหัวใจของคณิตศาสตร์ กิจกรรมของคณิตศาสตร์จะเกี่ยวกับการแก้ปัญหา และการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จะช่วยพัฒนาความรู้ความคิดแก่ผู้เรียนช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ข้อเท็จจริง ทักษะ มโนมติ หลักการและวิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาช่วยพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น ทักษะการคิดการวิเคราะห์ การเชื่อมโยง การประยุกต์ใช้ความรู้ ตลอดจนความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ต้องการในการเรียนรู้คณิตศาสตร์

4.5.1 ความหมายของลักษณะของปัญหา

ปัญหา หมายถึง สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่บุคคลเผชิญและต้องการคำตอบ แต่ยังไม่รู้วิธีที่จะได้คำตอบของปัญหาในทันที ต้องใช้ความรู้และวิธีการต่างๆที่มีอยู่มาผสมผสานเป็นแนวทางหรือเป็นวิธีใหม่เพื่อใช้ในการหาคำตอบ

การแก้ปัญหา หมายถึง วิธีการได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา ซึ่งการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการของการนำความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่มาประยุกต์หรือปรับใช้กับสถานการณ์

ใหม่ๆ ที่ไม่คุ้นเคย เป็นการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ความเข้าใจ ประสบการณ์เดิม และการดำเนินการโดยใช้ข้อมูลที่กำหนด แล้วสังเคราะห์เป็นข้อค้นพบที่เป็นคำตอบของปัญหา การแก้ปัญหา จะหมายถึงกระบวนการทั้งหมดในการหาคำตอบของปัญหา ไม่ใช่แค่ผลลัพธ์สุดท้าย

ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ที่ต้องใช้ความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบซึ่งอาจอยู่ในรูปตัวเลข สัญลักษณ์ รูปภาพ ข้อความ หรือเป็นโจทย์ปัญหา

ลักษณะของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนพบและดำเนินการแก้ปัญหามีลักษณะที่สำคัญ 2 ลักษณะคือ

1.ปัญหาที่ใช้ฝึกทักษะเป็นปัญหาที่ต้องการให้ใช้วิธีการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบเป็นปัญหาที่คล้ายในบทเรียนปกติ ไม่ซับซ้อน เน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคำนวณฝึกขั้นตอนวิธีมุ่งหวังให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เกิดความเข้าใจในมโนมติทางคณิตศาสตร์และเกิดทักษะที่ต้องการ ปัญหาอาจอยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์หรือประโยคข้อความ

2. ปัญหาที่ใช้พัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อนกว่าปกติ หรือเป็นปัญหาที่มีหลายขั้นตอน ผู้แก้ปัญหาอาจไม่เคยพบมาก่อน ในการแก้ปัญหาต้องใช้ความรู้ ทักษะ มโนมติ และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องมีการคิดวางแผนและอาศัยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น การรวบรวมข้อมูล การแทนข้อมูลด้วยสัญลักษณ์ การจัดระบบ การประมวลผลและแปลความหมาย โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้ฝึกใช้ความรู้ วิธีการแก้ปัญหาและข้อเท็จจริงต่างๆ ในการหาคำตอบ

จากการที่นักวิชาการหลายท่านได้อธิบายถึงการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไว้ข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปความหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่า คือ ความสามารถของบุคคลในการคิดระดับสูงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ ริเริ่ม คาดไม่ถึง และมองเห็นผลผลิตในรูปแบบใหม่ โดยใช้ความรู้ ข้อเท็จจริง ทักษะ ความคิดรวบยอด หลักการและวิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน วัดจากแบบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

4.5.2 กระบวนการแก้ปัญหา (Problem solving process)

กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป คือ กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา (Polya) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เมื่อเริ่มต้นการแก้ปัญหา จะต้องสำรวจว่าในปัญหามีคำหรือวลีหรือประโยคย่อยๆ อะไรบ้าง มีความหมายอย่างไร แล้วจำแนกเป็นส่วนๆ ว่าโจทย์กำหนดอะไรให้ อะไรคือสิ่งที่ต้องหา อะไรคือข้อมูลที่กำหนดมีเงื่อนไขอย่างไรบ้าง

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา เป็นขั้นการวิเคราะห์รายละเอียดและหาความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่กำหนดกับสิ่งที่ไม่รู้ การพิจารณาอาจใช้วิธีการต่างๆ เพื่อช่วยให้ได้ข้อสรุปที่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้ เช่น การวาดรูปประกอบ การสร้างตารางวิเคราะห์ การแยกสถานการณ์หรือเงื่อนไขเป็นส่วนย่อยๆ หรืออื่นๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นของการปฏิบัติการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ และมีการตรวจสอบแต่ละขั้นตอนที่ปฏิบัติว่าถูกต้องหรือไม่

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล เป็นการตรวจสอบที่ได้ในแต่ละขั้นตอนว่าถูกต้องหรือไม่ อาจตรวจสอบโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีอื่นๆแล้วตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่าตรงกันหรือไม่ หรืออาจใช้การประมาณคำตอบอย่างคร่าวๆ

ในขั้นการตรวจสอบ นอกจากจะเป็นการตรวจสอบผลที่ได้ว่าถูกต้อง เหมาะสมแล้ว อาจปรับเปลี่ยนเงื่อนไขบางประการแล้วหาข้อสรุปผลการแก้ปัญหาในรูปทั่วไป

กระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา ไม่ได้หมายความว่าจะต้องดำเนินการแก้ปัญหาไปที่ละขั้นตอนในทางปฏิบัติสามารถที่จะคิดตรวจสอบย้อนกลับได้ตลอดเวลา

ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา (Problem solving strategies) เมื่อพบว่าปัญหาบุคคลต้องการหาคำตอบ หากมีวิธีการหรือยุทธวิธีที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาที่หลากหลายจะช่วยให้ผู้แก้ปัญหาสามารถเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมกับปัญหา วิธีการแก้ปัญหานอกจากจะช่วยให้แก้ปัญหาได้แล้วยังทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น วิธีการหรือยุทธวิธีที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ดีมีหลายวิธี เช่น

1. การแก้ปัญหา
2. การเขียนแผนผังหรือภาพประกอบ
3. สร้างรูปแบบหรือแบบจำลอง
4. สร้างตารางหรือกราฟ
5. แจกแจงกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมด
6. เขียนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์
7. การดำเนินการแบบย้อนกลับ
8. แบ่งเป็นปัญหาย่อยๆ หรือเปลี่ยนมุมมองปัญหา

4.6 แบบทดสอบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

Krutetskii (1976) กล่าวถึงแบบทดสอบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางด้านคณิตศาสตร์ไว้ว่าควรมีเนื้อหาที่น่าสนใจทางด้าน เลขคณิต พีชคณิตและเรขาคณิต ซึ่งสอดคล้องกับความคิดของ House (1987) ที่กล่าวว่าเนื้อหาคณิตศาสตร์ควรหลากหลายและต้องใช้ความสามารถในการคิดระดับสูงเพื่อแก้ปัญหา และพัฒนี อุดมวานิช (2536) กล่าวว่าจากการศึกษาเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการแข่งขันคณิตศาสตร์โอลิมปิกนานาชาติการสอบแข่งขันตอบปัญหาคณิตศาสตร์ ทำให้ทราบว่าเนื้อหาที่ใช้สอบส่วนมากจะเป็นทางด้าน ทฤษฎีจำนวน พีชคณิต และเรขาคณิต

4.7 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และการวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่มีลักษณะซับซ้อนของมนุษย์ เป็นกระบวนการทางสมองที่มีองค์ประกอบไม่คงที่แน่นอน มีหลายองค์ประกอบย่อย ซึ่งเป็นเรื่องที่วัดยาก เมื่อเปรียบเทียบกับการวัดแบบอื่นๆ ดังนั้นในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องวัดให้สอดคล้องกับแนวคิดของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ นั่นคือ ให้ผู้ตอบคิดให้มากที่สุด และแตกต่างกันหลายๆแนวทาง และไม่ซ้ำกับบุคคลอื่น ซึ่งมีนักการศึกษาคณิตศาสตร์และผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคณิตศาสตร์ได้สนใจศึกษาวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

Balka (1974) ได้ทำการศึกษาความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษา โดยการสร้างเกณฑ์ที่ใช้วัดนักเรียนที่มีความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา 25 เกณฑ์ แล้วนำเกณฑ์ดังกล่าวไปสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่ม ได้แก่ นักคณิตศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ศึกษา และครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้วัดนักเรียนที่มีความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ได้ต้องผ่านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 กลุ่ม ที่มีความคิดเห็นสอดคล้องกัน 80% ขึ้นไป จากการสำรวจพบว่าได้เกณฑ์ที่ใช้วัดความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 6 ด้าน ดังนี้ 1. ความสามารถในการตั้งสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ในลักษณะเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

2. ความสามารถในการกำหนดรูปแบบจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

3. ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวิธีการคิด เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

4. ความสามารถในการประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนถึงผลที่จะเกิดขึ้น

5. ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

6. ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยที่เจาะจงได้

หลังจากได้เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แล้ว บาลกาได้นำเกณฑ์ดังกล่าวมาสร้างเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยใช้สำหรับทดสอบนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 เกรด 8 แล้วจึงนำแบบทดสอบดังกล่าวไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางคณิตศาสตร์ตรวจพิจารณา และปรับปรุงแก้ไขจนได้เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Creative Ability in Mathematics Test : CAMT)

กรมวิชาการ (2530) ได้ให้ข้อสรุปเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่า มีหลักการเดียวกันกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางด้านภาษาหรือศิลปะ คือ ให้ผู้ตอบคิดหาคำตอบได้หลายๆทาง ให้มากที่สุด ซึ่ง ประกอบด้วยแบบต่างๆ ดังนี้

1. แบบตั้งคำถามโดยให้นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้แล้วสร้างคำถามให้ได้มากที่สุด ภายในเวลาที่กำหนด

2. แบบแบ่งครึ่งรูป โดยจะกำหนดรูปทรงสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลม แล้วให้ลากเส้นแบ่งครึ่งรูปในลักษณะหลายๆแบบ แตกต่างกันให้มากที่สุด

3. แบบให้เติมตัวเลข โดยให้เติมตัวเลขลงในรูปสี่เหลี่ยมที่กำหนด ซึ่งตัวเลขที่เติมให้ใช้เฉพาะเลข 0 ถึงเลข 10 และให้ได้ผลลัพธ์เท่าที่กำหนดให้ ภายในเวลาที่กำหนด

4. แบบสร้างรูปเรขาคณิต โดยกำหนดไม้ขีดไฟจำนวนหนึ่ง แล้วให้ใช้ไม้ขีดไฟมาสร้างรูปเรขาคณิตให้ได้มากที่สุด ภายในเวลาที่กำหนด

5. แบบประกอบภาพ Tangrams เป็นการสร้างสรรค์ของจีน ซึ่งรู้จักกันในชื่อ Ch' chiso pan ประกอบด้วย 7 ชิ้น ที่แบ่งมาจากรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยให้นำชิ้นส่วนทั้ง 7 ชิ้นมาประกอบเป็นภาพต่างๆ ให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด

จากการที่นักวิชาการหลายท่านได้ให้อธิบายถึงการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สรุปได้ว่า การสร้างแบบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างทางคณิตศาสตร์ใช้หลักการเดียวกันกับการสร้าง แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทั่วๆไป คือ ให้ผู้ตอบหาคำตอบเกี่ยวกับสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้อย่างหลากหลาย แตกต่างกันหลายรูปแบบ และพยายามไม่ให้ซ้ำกับบุคคลอื่น

4.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

อุษา คงทอง (2538) ได้ศึกษาผลของสำนึกทางด้านจำนวน และตัวแปรคัดสรรที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่ส่งผลสูงสุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ รองลงมา คือความรู้พื้นฐานเดิม และสำนึกทางด้านจำนวน ตามลำดับ

ดวงทิพย์ เพ็ชรนิล (2544) ได้ศึกษาผลของการใช้กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีต่อการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกะ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการฝึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการฝึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปิยะลักษณ์ โพธิ์ถาวร (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกคิดตามแบบบาลกาในการสอนเสริมวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ในปีการศึกษา 2542 โรงเรียนสภาราชินี จังหวัดตรัง จำนวน 40 คน ที่ได้รับการฝึกคิดตามแบบของบาลกา ในการสอนเสริมวิชาคณิตศาสตร์ แล้วทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผลปรากฏว่านักเรียนที่ได้รับการฝึกคิดตามแบบของบาลกามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 85 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการฝึกสูงกว่าก่อนได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โสภิต วนิชย์ถนอม (2542) ได้ศึกษาผลของการใช้กิจกรรมพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์วิชาคณิตศาสตร์ ค 033 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวังน้ำเย็นวิทยาคม จังหวัดสระแก้ว กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวังน้ำเย็นวิทยาคม จังหวัดสระแก้ว จำนวน 88 คน แบ่งเป็น 2 ห้องๆ ละ 44 คน โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายแบ่งเป็นห้องห้องทดลองและห้องควบคุม เครื่องมือที่ใช้ได้แก่แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแผนการสอนโดยกลุ่มทดลองจะมีกิจกรรมพัฒนากระบวนการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Torrance (1972) วิเคราะห์งานวิจัย 142 ชิ้นเกี่ยวกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ อาศัยพื้นฐานที่สำคัญประการหนึ่ง คือความคิดสร้างสรรค์ ความพยายามที่จะสอนทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ พบว่าเมื่อมีแผนการสอนที่เป็นระบบและละเอียดลออนำการสอนแก้ปัญหาแล้วหลักสูตรจะมีความสำเร็จมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และความสำเร็จในการแก้ปัญหามีถึง 72 เปอร์เซ็นต์ เป็นเหตุให้มีแนวคิดว่าการสอนเรื่องการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่เป็นไปได้ หลังจากนั้นมีการวิเคราะห์อีกครั้งหนึ่งในปี 1983 พบว่า เปอร์เซ็นต์ของความสำเร็จมีลดต่ำลงเล็กน้อย (68%) และพบว่าวิธีของ ออสบอร์น-พาร์น (Osborn-Parnes Creative Problem Solving Procedure) ให้มีประสิทธิภาพยังดีอยู่ (ลดจาก 91% คงเหลือ 88%) เปอร์เซ็นต์ที่ลดลงอาจเป็นเพราะทำการศึกษากว้างขึ้น การฝึกครูและการคุมคุณภาพำไม่ทั่วถึง และมีโปรแกรมใหม่ๆ ที่เพิ่มขึ้น ทั้งในด้านจิตพิสัยและการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน โดยใช้ยุทธวิธีที่หลากหลาย

Balka (1974) ได้ทำการศึกษาความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษา โดยการสร้างเกณฑ์ที่ใช้วัดนักเรียนที่มีความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา 25 เกณฑ์ แล้วนำเกณฑ์ดังกล่าวไปสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่ม ได้แก่ นักคณิตศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ศึกษา และครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้วัดนักเรียนที่มีความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ได้ต้องผ่านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 กลุ่ม ที่มีความคิดเห็นสอดคล้องกัน 80% ขึ้นไป จากการสำรวจพบว่าได้เกณฑ์ที่ใช้วัดความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 6 ด้าน ดังนี้

1.ความสามารถในการตั้งสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ในลักษณะเหตุและผลจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

2. ความสามารถในการกำหนดรูปแบบจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

3.ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวิธีการคิด เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

4. ความสามารถในการประเมินปัญหาตลอดจนคาดคะเนถึงผลที่จะเกิดขึ้น

5. ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

6. ความสามารถในการแยกแยะปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยที่เจาะจงได้

หลังจากได้เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แล้ว บาลกาได้นำเกณฑ์ดังกล่าวมาสร้างเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย และนำแบบทดสอบดังกล่าวไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางคณิตศาสตร์ตรวจพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขจนได้แบบทดสอบใช้สำหรับทดสอบวัดความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (Creative Ability in Mathematics Test : CAMT) บาลกานำแบบสอบวัดความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น

และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของมินเนโซตา (Minnesota Test of Creative Thinking) ไปทดสอบกับนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 เกรด 8 จำนวน 500 คน แล้วนำมาตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบคือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ผลการวิจัยปรากฏว่า ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยการคิดแบบอเนกนัยและการคิดแบบเอกนัย และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ สติปัญญา และความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

Tuli (1987) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และ ความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชายเกรด 9 จำนวน 476 คน ในโรงเรียนมัธยมศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบวัดความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของบาลกา (Creative Ability in Mathematics Test : CAMT) แบบทดสอบวัดความสามารถทางจำนวน การใช้เหตุผลทางภาษา และการให้เหตุผลเชิงนามธรรม และแบบวัดความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยมีเกณฑ์ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์กับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ได้นำเสนอไปข้างต้น สามารถเป็นหลักฐานอ้างอิง หรือเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน สมควรจะได้มีการศึกษาลักษณะของความสัมพันธ์ดังกล่าวกับคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติมต่อไป

ตอนที่ 5 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ด้านความถนัดทางคณิตศาสตร์

8.1 ความหมายความถนัดและความถนัดทางคณิตศาสตร์

นักจิตวิทยาหลายท่านได้ให้คำนิยามของความถนัดไว้แตกต่างกันดังนี้

Morgan (1996) ให้ความหมายไว้ว่า ความถนัด หมายถึง ศักยภาพของบุคคลที่สามารถจะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้โดยฝึกหัด เป็นความสามารถพื้นฐานหนึ่งอย่างหรือมากกว่ารวมกัน สามารถใช้ทำนายการปฏิบัติในอนาคต ในสภาพตัวแปรเกณฑ์ที่ชัดเจน

สมบูรณ์ ชิตพงษ์ และสำเริง บุญเรืองรัตน์ (2518) ได้ให้ความหมายของความถนัดไว้ว่า หมายถึง สมรรถภาพ หรือศักยภาพ หรือความสามารถที่มีอยู่ในตัวบุคคลอันเป็นผลมาจากการฝึกฝน ความรู้ และประสบการณ์ทั้งสิ้นทั้งปวงนั่นเอง

มนูญ ศิวารมย์ (2532) ได้ให้ความหมายของความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ว่า เป็นความสามารถที่บุคคลได้รับประสบการณ์การฝึกฝนตนเองและมีการสั่งสมไว้มากจนเกิดเป็นทักษะพิเศษเด่นชัดในวิชาคณิตศาสตร์และพร้อมที่จะปฏิบัติกิจกรรมในวิชาคณิตศาสตร์ได้อย่างดี ซึ่งประกอบด้วยสมรรถภาพด้านตัวเลข ด้านเหตุผลและด้านมิติสัมพันธ์

อารี พันธ์มณี (2538) กล่าวว่า คำว่า " Aptitude " มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกว่า Aptos ซึ่งแปลว่าเหมาะสมกัน (Fitted For) ฉะนั้น ความถนัดจึงเป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นว่าบุคคลใดควรจะเรียนหรือประกอบอาชีพใดจึงจะเหมาะสม เพราะมนุษย์มีความแตกต่างกันทั้งทางร่างกายและสมรรถภาพทางสมอง (Mental Ability) จึงเป็นผลให้แต่ละคนมีความถนัดแตกต่างกัน

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2541) กล่าวว่า ความถนัดหมายถึง ความสามารถที่บุคคลได้รับประสบการณ์ ฝึกฝนตนเอง และมีการสั่งสมไว้มากจนเกิดเป็นทักษะพิเศษเด่นชัดด้านใดด้านหนึ่งพร้อมที่จะปฏิบัติกิจกรรมด้านนั้นๆได้เป็นอย่างดี

วิชาญ เฉียบสมุทร (2546) ได้ให้ความหมายของความถนัดว่า เป็นศักยภาพของบุคคลใดบุคคลหนึ่งที่สั่งสมมาจากทักษะความรู้และประสบการณ์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและพร้อมที่จะแสดงศักยภาพนั้นออกมาให้ผู้อื่นได้เห็นอย่างเด่นชัด

จากการที่นักวิชาการหลายท่าน ได้ให้ความหมายของความถนัดไว้ข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปความหมายของความถนัดว่า เป็นความสามารถในสาขาเฉพาะที่บุคคลได้รับจากประสบการณ์การฝึกฝนและมีการสะสมไว้มากจนเกิดเป็นทักษะพิเศษ ซึ่งทำให้บุคคลนั้นพร้อมที่จะกระทำกิจกรรมนั้นๆ ให้สำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้ทำนายการปฏิบัติในอนาคต วัดได้จากแบบวัดความถนัด

และจากการที่นักวิชาการหลายท่าน ได้ให้ความหมายของความถนัดทางคณิตศาสตร์ไว้ข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปความหมายของความถนัดทางคณิตศาสตร์ว่า คือ เป็นคุณลักษณะประจำตัวของบุคคลที่จะรับรู้หลักการที่เป็นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ จากประสบการณ์ การฝึกฝนและมีการสะสมไว้มากจนเกิดเป็นทักษะพิเศษซึ่งทำให้บุคคลนั้นพร้อมที่จะกระทำกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ให้สำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ยังเป็นตัวช่วยทำนายความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ของบุคคลนั้นได้ด้วย วัดได้จากแบบวัดความถนัดทางคณิตศาสตร์

การเปรียบเทียบสติปัญญากับความถนัด เมื่อกล่าวถึงความถนัด (Aptitude) ก็มักจะนึกถึงคำว่า "สติปัญญา" (Intelligence) เนื่องจากความถนัดมีความสัมพันธ์กับสติปัญญา ซึ่งมีผู้ใช้ทั้งสองนี้สับสนกันบ่อยมาก จึงขอเปรียบเทียบดังนี้ (อารี พันธ์มณี, 2538)

1. สติปัญญา ต้องเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น จึงทราบว่ามีสติปัญญาสูงหรือต่ำแต่ความถนัดไม่ต้องเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น แต่ดูประสิทธิภาพของงานที่สำเร็จและของแต่ละบุคคล

2. สติปัญญาเป็นพฤติกรรมภายใน ซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน ต้องพยายามดึงพฤติกรรมภายในออกมาเป็นพฤติกรรมภายนอก จึงจะสังเกตเห็นและวัดได้

3. ผู้มีสติปัญญาสูง ไม่จำเป็นต้องมีความถนัดสูงด้วย ในกรณีที่เป็นความถนัดทางด้านกลไกของร่างกายและความสัมผัส แต่ถ้าเป็นความถนัดที่ไม่เกี่ยวกับความสามารถทางสมองเฉพาะด้าน และทักษะของกล้ามเนื้อ และสมองจะมีความสามารถสัมพันธ์กับสติปัญญา คือ ถ้าสติปัญญาสูง จะมีความถนัดทั้งสองด้านนี้สูงด้วย

5.2 ประเภทความถนัด

ความถนัดแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ความถนัดด้านการเรียน (Scholastic Aptitude) เป็นความถนัดของบุคคลที่สามารถจะเรียนรู้สิ่งใดสิ่งหนึ่งได้สำเร็จหรือไม่ จากการที่ได้ทราบการถนัดทางการเรียนรู้ของบุคคลทำให้สามารถทำนายได้ว่า บุคคลนั้นจะสามารถเรียนวิชาใดได้สำเร็จ

2. ความถนัดจำเพาะหรือความถนัดพิเศษ (Specific Aptitude) เป็นความถนัดเฉพาะที่แต่ละบุคคลมีอยู่ เช่น ความถนัดพิเศษในการใช้กล้ามเนื้อ ความถนัดทางด้านดนตรี ความถนัดเชิงจักรกล เป็นต้น

5.3 การทดสอบความถนัด

การวัดความถนัด เป็นการวัดสมรรถภาพทางสมองเกี่ยวกับความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมหรือการทำงานให้บรรลุผลสำเร็จด้วยความถูกต้อง แม่นยำ และคล่องแคล่ว นักวัดผลพยายามที่จะวัดความถนัดของแต่ละคนเพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้และประกอบอาชีพ เนื่องจากความถนัดเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับสมองจึงจำเป็นต้องอาศัยแบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัด

5.3.1 การทดสอบความถนัดแบ่งตามประเภทของความถนัด

1. ความถนัดทางการเรียน (Scholastic Aptitude) ดังที่กล่าวแล้วว่า ความถนัดทางการเรียนเป็นปัจจัยอันสำคัญยิ่งที่จะช่วยชี้แนวทางของบุคคลในการที่จะเลือกเรียนวิชาหรืออาชีพที่ตนถนัด ทำให้บุคคลได้ฝึกฝนและเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยให้ประสบ

ความสำเร็จในชีวิตได้ดีกว่าการเคี่ยวเข็ญให้เรียนในที่ตนไม่ถนัด และวัดความถนัดทางการเรียนจะเป็นการวัดสมรรถภาพของสมองแต่ละด้าน

2. ความถนัดพิเศษ (Specific Aptitude) การวัดความถนัดพิเศษแบบทดสอบวัดความถนัดพิเศษ แบบทดสอบวัดความถนัดพิเศษ เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถเฉพาะอย่างของบุคคล วัดสมรรถภาพที่มีอยู่ในตัวบุคคล ไม่ใช่ว่าบุคคลนั้นได้เรียนอะไรมาแล้วบ้าง เป็นการวัดเพื่อรู้ว่าบุคคลนั้นสามารถที่จะเรียนอะไรได้บ้าง ความถนัดกับความสนใจก็ต่างกัน บุคคลที่สนใจวาดเขียน สนใจดนตรี แต่เขาอาจเขียนรูปไม่เป็น เล่นดนตรีไม่เป็นก็เป็นได้ การวัดความถนัดพิเศษเป็นการค้นหา หรือเป็นแนวทางว่าบุคคลมี " หัว " หรือมีความถนัดทางใดบ้าง

5.4 ประโยชน์ของการวัดความถนัด

แบบทดสอบความถนัดทางการเรียนนั้น นักวัดผลในบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกาเชื่อว่าโดยเฉลี่ยแล้ว นักเรียนควรจะได้มีโอกาสทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง ก่อนที่จะจบชั้นมัธยมศึกษา แต่สำหรับนักเรียนศึกษาที่มุ่งจะเข้าเรียนต่อขั้นมหาวิทยาลัยนั้น ควรจะทดสอบอย่างน้อย 5 ครั้ง วัญญา วิศาลาภรณ์ (2525) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแบบทดสอบความถนัดไว้โดยสรุปได้ดังนี้

โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว สามารถนำผลการทดสอบความถนัดไปใช้ได้ประโยชน์อย่างน้อย 4 ทาง คือ

1. ใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการสอน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังต่อไปนี้

1.1 ช่วยให้ครูทราบถึงระดับสติปัญญาของนักเรียนและครูจะได้ตัดสินใจถูกว่าจะเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนประเภทใดจึงจะเหมาะสมกับผู้เรียน

1.2 ช่วยให้ครูรู้จักใช้วิธีการสอนได้เหมาะสม แต่ครูผู้สอนจะต้องระลึกเสมอว่าแบบทดสอบความถนัดนั้นใช้ประโยชน์เพื่อทำนายการเรียนรู้ในอนาคต (Prognosis) มากกว่าที่จะใช้เพื่อการตรวจสอบหาข้อบกพร่องของการเรียนรู้ (Diagnosis)

1.3 ช่วยให้ครูได้พัฒนาความคาดหวังที่เป็นจริงจากลูกศิษย์ของตนเอง เพราะการมองแต่รูปร่างหน้าตาหรือบุคลิกภาพภายนอกไม่ใช่เป็นเครื่องที่จะช่วยให้ครูทราบถึง ระดับความสามารถทางปัญหาที่แท้จริงของนักเรียนได้

1.4 ช่วยให้ครูใช้ในการวินิจฉัยสมรรถภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ เช่น เมื่อครูพบว่านักเรียนอ่อนเรขาคณิต ครูก็อาจจะวินิจฉัยว่า เป็นเพราะนักเรียนหย่อนสมรรถภาพทางด้านการหาเหตุผล และมิติสัมพันธ์ก็อาจจะเป็นไปได้

2. ใช้ประโยชน์ในการแนะแนว แบบทดสอบความถนัดสามารถช่วยในการแนะแนวที่เกี่ยวกับเรื่องต่อไปนี้

2.1 ทางด้านอาชีพ ในการใช้แบบทดสอบความถนัดเพื่อแนะแนวทางอาชีพนับว่ามีประโยชน์อย่างยิ่ง เพราะครูแนะแนวสามารถแนะแนวทางอาชีพให้กับนักเรียนได้อย่างถูกต้อง แบบทดสอบความถนัดพหุคูณ (Multifactor Aptitude Tests) มีประโยชน์อย่างมากในการแนะแนว เพื่อชี้ให้นักเรียนได้ทราบถึงความสามารถในด้านต่าง ๆ ของตนเอง

2.2 ทางด้านการศึกษา การใช้ผลของการทดสอบความถนัดเพื่อการแนะแนวทางการศึกษานั้น นอกจากจะช่วยค้นหาความเก่งอ่อนของนักเรียนแต่ละคนแล้ว ยังใช้เปรียบเทียบสติปัญญาของนักเรียนอีกด้วย ทั้งนี้ก็เพราะว่าในการสอนวิชาใด ๆ ก็ตามผู้สอนมักจะมีความสนใจที่จะรู้ว่าลูกศิษย์ของคนแต่ละคนได้สัมฤทธิ์ผลเต็มที่ตามความสามารถของสมองแล้วหรือยัง ความรู้ที่ได้นี้จะช่วยให้ครูและผู้ปกครองเข้าใจเด็กของตนเองได้ถูกต้อง โดยสรุปแล้วตามแนวคิดนี้สอดคล้องกับความเชื่อที่ว่า การทดสอบเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของมนุษย์

2.3 ทางด้านส่วนตัว ผลของการทดสอบความถนัดเพื่อแนะแนวทางด้านส่วนตัวจะช่วยให้นักเรียนได้รู้จักตนเอง และยอมรับตนเองในขีดความสามารถที่คนมีอยู่

3. ใช้ประโยชน์ในการบริหาร ผลจากการทดสอบความถนัดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการบริหารได้หลายทาง เช่น

3.1 ใช้ในการสอบคัดเลือก ผลจากการทดสอบนี้จะบ่งชี้ถึงระดับสมรรถภาพทางสมอง ย่อมใช้เป็นเครื่องพยากรณ์ผลการเรียนในอนาคตได้เป็นอย่างดีว่าจะมีสติปัญญาพอที่จะเล่าเรียนได้สำเร็จตามหลักสูตรหรือไม่ ด้วยวิธีการเช่นนี้ ย่อมป้องกันการลาออกกลางคัน การสอบตกซ้ำซ้อน จะเห็นได้ว่าผลจากการทดสอบความถนัดย่อมช่วยลดความสูญเปล่าทางการศึกษาได้เป็นอย่างดี

3.2 ใช้ในการแยกประเภท แยกห้องเรียน นักเรียนแต่ละคนย่อมมีความรู้ความสามารถแตกต่างกันไป นักเรียนบางคนอาจจะเก่งภาษาแต่อ่อนเลข หรือกลับกันก็ได้ หรือ

แม้แต่ในโปรแกรมวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ด้วยกันก็อาจจะมีนักเรียนบางคนที่เก่งในการคำนวณ แต่อ่อนในด้านการหาเหตุผล ฉะนั้น ถ้าครูรู้สถานภาพของนักเรียนแล้วก็ย่อมแยกนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามความถนัดได้ แล้วจึงจัดวิธีการสอนให้เหมาะสมกับความถนัด ด้วยวิธีนี้จะช่วยให้ทุกฝ่ายประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี

4. ใช้ประโยชน์ในการวิจัย คะแนนจากแบบทดสอบความถนัด สามารถใช้ในการวิจัยได้หลายทาง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คะแนนจากแบบทดสอบจะใช้เป็นตัวแปรในการออกแบบการวิจัย (Research Design) ในการวิจัยนั้นย่อมสามารถใช้คะแนนที่ได้จากการทดสอบความถนัดทางการเรียน เป็นได้ทั้งตัวแปรต้น (Independent Variable) หรือตัวแปรตาม (Dependent Variable) ซึ่งช่วยในการพัฒนาทางด้านการศึกษา

สวัสดิ์ ประทุมราช (2517) กล่าวว่า ความถนัดของแต่ละบุคคลสามารถวัดได้ด้วยแบบทดสอบความถนัดและทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้

5.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความถนัดทางคณิตศาสตร์

ศิริกร ภู่ไพบูลย์ (2516) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้ความถนัดทางมิติสัมพันธ์และเหตุผลเชิงนามธรรม ทำนายผลสัมฤทธิ์ในวิชาเรขาคณิต กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1,2 และ3 จำนวน 600 คน ผลการวิจัยพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความถนัดทางมิติสัมพันธ์และเหตุผลเชิงนามธรรมกับผลสัมฤทธิ์ในวิชาเรขาคณิตเท่ากับ 0.54 และ 0.49 ตามลำดับ และมีนัยสำคัญทางสิติที่ระดับ 0.01

พิกุล เกตุประดิษฐ์ (2522) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบความถนัดที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 494 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 440 คน ผลการวิจัยพบว่า ตัวพยากรณ์ที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มากที่สุดคือ องค์ประกอบด้านจำนวน รองลงมาได้แก่ องค์ประกอบด้านเหตุผลและมิติสัมพันธ์ ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์0.5021, 0.4249 และ0.3869 ตามลำดับ

กรรณิการ์ ธีระเวชเจริญชัย (2526) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านจำนวน มิติสัมพันธ์ และเหตุผลเชิงนามธรรมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 478 คน ผลการวิจัย

พบว่า ความสามารถทางด้านจำนวน มิติสัมพันธ์ และเหตุผลเชิงนามธรรมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สุชาติ เจริญนิตย์ (2531) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ ความสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตการศึกษา 12 จำนวนประชากร 571 คน ผลการวิจัย พบว่า ความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ ความสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

มนูญ ศิวารมย์ (2532) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างสมการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวล ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียน จำนวน 451 จากชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถทำนายได้จากความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวล โดยมีตัวทำนายที่ดีที่สุดคือ ความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ รองลงมาคือเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลตามลำดับ

กิตติพงษ์ ลิขิตบุญฤทธิ์ (2537) ใช้แบบทดสอบความถนัดทางการเรียนจำนวน 10 ฉบับทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดอุดรธานี จำนวน 842 คน เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่าองค์ประกอบความทางการเรียนคณิตศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบด้านจำนวน องค์ประกอบด้านเหตุผลและองค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์

กมลชนก พิพัฒนชัยนันท์ (2538) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการฝึกความสามารถด้านจำนวน เหตุผล และมิติสัมพันธ์ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกความสามารถด้านจำนวน เหตุผล และมิติสัมพันธ์แบบแบ่งเป็นระยะสั้นๆหลายช่วง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการฝึกแบบระยะสั้นๆหลายช่วง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่

ได้รับการฝึกแบบระยะยาวช่วงเดียวและฝึกแบบแบ่งเป็นระยะยาว 3 ช่วง อย่างมีนัยสำคัญสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

วรวุฒิ พลเพชร (2544) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีความถนัดและไม่มีความถนัดทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีการเรียนแบบร่วมมือ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 โรงเรียนวัดใหม่ยายนุ้ย สำนักงานเขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแผนการสอน แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวักความถนัดทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยวิธีการเรียนแบบร่วมมือ เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณและการหาร ที่มีความถนัดสูงกว่าที่ไม่มีความถนัดทางคณิตศาสตร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิชาญ เฉียบสมุทร (2546) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแบบทดสอบความถนัดทางคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในสังกัดสำนักงานเขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร จำนวน 328 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบความถนัดทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบความถนัดทางคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันในทางบวก โดยความถนัดทางด้านตัวเลขเป็นตัวพยากรณ์ได้ดีที่สุด และด้านมิติสัมพันธ์ด้านเหตุผลตามลำดับ

สิทธิชัย ยุบลวัฒน์ (2549) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากาฬสินธุ์ เขต 1 ที่มีสไตล์การเรียนและความถนัดทางการเรียนแตกต่างกัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดสไตล์การเรียนตามแนวคิดของกราซาร์และไรซ์แมน แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนตามแนวคิดของเธอร์สโตน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า สไตล์การเรียนกับความถนัดทางการเรียนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่มีความถนัดทางการเรียนด้านจำนวนและเรียนแบบร่วมมือหรือแบบแข่งขันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มอื่น

จากงานวิจัย ที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่า องค์ประกอบของความถนัดทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องร่วมกันมี 3 องค์ประกอบ คือ สมรรถภาพด้านจำนวน สมรรถภาพด้านเหตุผล และสมรรถภาพด้านมิติสัมพันธ์

จากงานวิจัยที่เกี่ยวกับความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์กับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ได้นำเสนอไปข้างต้น สามารถเป็นหลักฐานอ้างอิง หรือเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาได้ว่าความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนสมควรจะได้มีการศึกษาลักษณะของความสัมพันธ์ดังกล่าวกับคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติมต่อไป

ตอนที่ 6 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถทางศิลปะ

6.1 ความหมายของความถนัดทางศิลปะ

ได้มีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาทางศิลปะได้ให้ความหมายของความถนัดทางศิลปะไว้หลายความหมายดังนี้ คือ

Remmer (1955) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความถนัดทางด้านศิลปะเป็นความสามารถในการซาบซึ้งทางความงาม (Appreciation) อันสามารถฝึกฝนได้ ด้วยการตัดสินใจทางความงาม (Art Judgment)

Anastasi (1961) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความถนัดทางศิลปะเป็นความสามารถทางบูรณาการทางสุนทรียภาพ (Aesthetic Organization) ของบุคคลต่างๆ ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยแบบทดสอบการตัดสินใจทางศิลปะ

ประชุมสุข อาชวอำรุง และคณะ (2519) กล่าวว่า ความถนัดทางด้านศิลปะประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ประการ คือ ทักษะการใช้มือความสามารถในการสนใจงานได้ในระยะเวลานาน เชาว์ปัญญาเชิงสุนทรียะ ความคล่องการรับรู้จินตนาการสร้างสรรค์ และการตัดสินใจเชิงสุนทรียะ

ศักย์ชัย เกียรตินาคินทร์ (2531) กล่าวถึงความถนัดทางศิลปะว่าหมายถึง ความสามารถในการเข้าใจ และการตัดสินใจเชิงความงาม โดยอาศัยหลักการทางศิลปะ คือ ความมีเอกภาพ สัดส่วน รูปร่าง พื้นที่ระวาง มิติ และความกลมกลืน

วิรุณ ตั้งเจริญ (2526) กล่าวว่า ความถนัดทางศิลปะเกิดจากการหมั่นฝึกฝนและสร้างงานศิลปะอันจะก่อให้เกิดความคล่องตัวในการคิดและการแสดงออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความชำนาญในการสร้างสรรค์รูปแบบ การลากเส้น ระบายสี จัดน้ำหนักสี และการสร้างความกลมกลืน เป็นต้น

อารีย์ สุทธิพันธ์ (2528) กล่าวว่า ความถนัดทางศิลปะหมายถึงขีดระดับความชำนาญหรือทักษะของบุคคลที่มีต่อการลำดับประสบการณ์ และการถ่ายถอดจินตนาการให้เป็นวัตถุที่มีสุนทรียภาพ

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า ความสามารถทางศิลปะ หมายถึง ความสามารถความชำนาญหรือทักษะของบุคคลที่มีต่อลำดับประสบการณ์ทางศิลปะ และถ่ายทอดจินตนาการให้เป็นวัตถุที่มีสุนทรียภาพ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จากแนวคิดของนักการศึกษา ที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่า องค์ประกอบของความสามารถทางศิลปะที่สอดคล้องร่วมกันมี 2 องค์ประกอบ คือ ความสามารถในการเข้าใจทางศิลปะ และการตัดสินใจเชิงความงาม

6.2 แบบทดสอบความถนัดทางศิลปะ

แบบทดสอบความถนัดทางศิลปะที่นิยมใช้กันแพร่หลายมี 3 ลักษณะ คือ

1. แบบทดสอบวัดการตัดสินใจทางศิลปะ หมายถึงแบบทดสอบที่วัดการตัดสินใจทางความงาม (Art Judgment) แบบทดสอบลักษณะนี้มักจะกำหนดภาพมาให้ผู้ตอบเลือกตัดสินใจว่าภาพใดมีความงามมากที่สุด เช่น แบบทดสอบศิลปะของแมคอดอรี่ (The Mcadory art Test) แบบทดสอบการตัดสินใจทางศิลปะของเกรฟส์ แบบทดสอบการตัดสินใจทางศิลปะของไมเออร์ แบบทดสอบการรับรู้เชิงสุนทรียะของไมเออร์ และแบบทดสอบความถนัดทางศิลปะของพิตร ทองชั้น

2. แบบทดสอบวัดความถนัดในการสร้างงานศิลปะ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถพื้นฐานในการผลิตงานศิลปะ (Artistic Production) การวัดมักจะวัดผลสัมฤทธิ์ของการสร้างงานศิลปะ เนื้อหาของแบบทดสอบมักจะวัดทักษะ หรือเทคนิคเฉพาะ ให้อยู่ในขอบเขตจำกัด เช่น แบบทดสอบความถนัดของฮอร์น แบบทดสอบวัดความถนัดของวอร์นั่มและแบบทดสอบวัดความถนัดเชิงทัศนศิลป์ของลีเวอเรนซ์

3. แบบทดสอบวัดความถนัดเชิงอุตสาหกรรมศิลป์ หมายถึงแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถด้านอุตสาหกรรมศิลป์ อันประกอบด้วยวิธีการ ทฤษฎีการเขียนแบบ โครงสร้างทางรูปทรงเรขาคณิต ตัวอักษร เป็นต้น เช่น แบบทดสอบความถนัดเชิงอุตสาหกรรมศิลป์ของแนชแวนดูซี (The Nast-Van Duzee Industrial Art Tests)

6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความถนัดทางศิลปะ

พิตร ทองชั้น (2511) ทำการศึกษาเรื่อง สมรรถภาพทางสมอง บางประการที่สัมพันธ์กับความสามารถทางศิลปะของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาว่าสมรรถภาพทางสมองด้านใดบ้างที่สัมพันธ์กับความสามารถทางด้านศิลปะ กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กนักเรียนชั้นประถมตอนปลาย จำนวน 671 คน พบว่า นักเรียนชั้นประถมปีที่ 5-7 มีความสามารถต่างกันทั้งในแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนและแบบทดสอบความสามารถทางศิลปะ นักเรียนที่อยู่ชั้นสูงกว่ามีความสามารถเหนือกว่านักเรียนที่อยู่ชั้นต่ำกว่าอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ และในด้านความสามารถระหว่างเพศ พบว่ามีความแตกต่างกันกล่าวคือ เพศชายมีความสามารถเหนือกว่าเพศหญิงในแบบทดสอบอุปมาอุปมัย มิติสัมพันธ์ และคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนแบบทดสอบความสามารถทางศิลปะและแบบทดสอบสมรรถภาพทางสมองที่เหลือรวม 7 ชนิด พบว่ามีความสามารถระหว่างเพศชายและหญิงใกล้เคียงกัน หรือไม่แตกต่างกัน

ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์ (2531) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองเบื้องต้น ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านเหตุผลเชิงนามธรรม กับความถนัดทางศิลปะของนักเรียนวิชาเอกศิลปศึกษาชั้นปีที่ 3 สหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ด้านเหตุผลเชิงนานธรรมกับความถนัดทางศิลปะ ของนักศึกษาวิชาเอกศิลปศึกษาชั้นปีที่ 3 สหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์ และศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ดังกล่าวระหว่างกลุ่มนักศึกษาชาย และนักศึกษาหญิง กลุ่มประชากรเป็นนักศึกษาวิชาเอกศิลปศึกษาชั้นปีที่ 3 สหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์ ปีการศึกษา 2530 จำนวน 55 คน เป็นนักศึกษาชาย 29 คน นักศึกษาหญิง 26 คน พบว่าความสามารถทางสมองเบื้องต้นด้านมิติสัมพันธ์ เหตุผลเชิงนามธรรม กับความถนัดทางศิลปะ มีความสัมพันธ์กันในทางบวกระดับต่ำ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างกัน เท่ากับ .18 และ .24 กลุ่มนักศึกษาชายและกลุ่มนักศึกษาหญิงมีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กับความถนัดทางศิลปะใกล้เคียงกัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .09 และ .05 มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสามารถด้านเหตุผลเชิงนานธรรมกับความถนัดทางศิลปะ ไปในทางบวกเหมือนกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .29 และ .06 กลุ่มประชากรมีความสามารถในด้านมิติสัมพันธ์เหตุผลเชิงนานธรรมและความถนัดทางศิลปะโดยมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละจากจำนวนเต็มเท่ากับ 76.05, 78.08, และ 57.70 ตามลำดับ และพบว่ากลุ่มประชากรมีความถนัดทางศิลปะใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.52

อริยา ปานหงษา (2532) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถด้านความถนัดทางศิลปะ มิติสัมพันธ์ เหตุผลเชิงนานธรรม และความสนใจวิชาชีพ ระหว่างนักศึกษาสาขาศิลปหัตถกรรมที่เรียนกลุ่มวิชาต่างกัน ในวิทยาลัยอาชีวศึกษา กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่าเมื่อเปรียบเทียบความสามารถด้านความถนัดทางศิลปะ ด้านมิติสัมพันธ์และด้านเหตุผลเชิงนานธรรม ระหว่างนักศึกษาสาขาศิลปหัตถกรรมที่เรียนกลุ่มวิชาเอกต่างกัน มีความสามารถต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 โดยนักศึกษาที่เรียนกลุ่มวิจิตรศิลป์จะมีคะแนนความสามารถสูงกว่าทุกด้าน และนักศึกษาที่เรียนกลุ่มหัตถกรรมจะมีคะแนนความสามารถต่ำกว่าทุกด้าน เมื่อเปรียบเทียบความสนใจในวิชาชีพระหว่างนักศึกษาสาขาศิลปหัตถกรรมที่เรียนกลุ่มวิชาเอกต่างกันพบว่ามีความสนใจในวิชาชีพไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Maier (1930 อ้างถึงใน ประชุมสุข อาชวอำรุงและคณะ, 2519) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความถนัดทางศิลปะ ณ.มหาวิทยาลัยไอโอว่า พบว่าความสามารถทางศิลปะนั้นประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ คือ

1. ทักษะการใช้มือ
2. อำนาจทำตามใจ
3. เชาว์ปัญญาเชิงสุนทรียะ
4. ความคล่องในการรับรู้
5. จินตนาการสร้างสรรค์
6. การตัดสินใจเชิงสุนทรียะ

องค์ประกอบ 3 ข้อแรก ไมเออร์เชื่อว่าเป็นผลที่เกิดจากพันธุกรรม หรือความสามารถที่ติดตัวมาแต่เกิด ส่วนองค์ประกอบ 3 ข้อหลังนั้นเชื่อว่าเป็นผลจากการเรียนรู้และประสบการณ์อย่างไรก็ตามองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถนี้ ไมเออร์มิได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นการสรุปเชิงตรรกวิทยา (Logical Reasoning) ผลที่ได้จึงไม่มั่นใจมากนัก แต่ไมเออร์ ได้เสนอแนะว่าควรใช้วิธีทางสถิติ หรือการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อให้ได้ผลที่ได้มีความเชื่อมั่นมากขึ้น ไมเออร์ได้ใช้แบบทดสอบความถนัดทางศิลปะ ร่วมกับแบบทดสอบสติปัญญาของ บิเนย์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่อกัน พบว่าแบบทดสอบทั้งสองมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่อกันน้อยมาก ไมเออร์ไม่เชื่อว่าความถนัดทางวิชาการ จะไม่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จทางศิลปะ และในปี1936 เขาได้ทำการวิจัยหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสติปัญญากับความถนัดทางศิลปะ ที่ไอโอว่า พบว่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนไอคิว ของศิลปินที่ประสบความสำเร็จในงานศิลปะมีค่าเท่ากับ 119 และ ปี ค.ศ.1942 ไมเออร์ได้การวิจัยเกี่ยวกับเด็กที่มีความถนัดพิเศษทางศิลปะที่มหาวิทยาลัย ไอโอว่า พบว่าพิสัยของคะแนนไอคิว มีค่าตั้งแต่ 111 ถึง 116

จากงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถทางศิลปะกับความสามารถทางสมอง ที่ได้นำเสนอไปข้างต้น สามารถเป็นหลักฐานอ้างอิง หรือเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาได้ว่าความสามารถทางศิลปะมีความสัมพันธ์กับความสามารถทางสมองของนักเรียน สมควรจะได้มีการศึกษาลักษณะของความสัมพันธ์ดังกล่าวกับคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติมต่อไป

ตอนที่ 7 โครงการส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ศึกษา (สอวน)

7.1 หลักการและเหตุผล

การที่ประเทศไทยส่งนักเรียนเข้าแข่งขันคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์โอลิมปิกระหว่างประเทศมีเป้าหมายที่จะวัดมาตรฐานมัธยมศึกษาของประเทศไทยเทียบเท่าสากล และนำความรู้ที่ได้จากการอบรมแข่งขันมาช่วยยกระดับมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของประเทศ แต่การดำเนินการส่งเยาวชนไทยแข่งขันโอลิมปิกวิชาการตั้งแต่ พ.ศ. 2532 นับถึงปัจจุบันเป็นเวลากว่า 10 ปีแล้ว ยังไม่บรรลุเป้าหมาย เพราะ

1. ไม่ได้มีการนำความรู้และวิธีที่ได้จากการอบรมเข้ม รวมทั้งประโยชน์จากแนวข้อสอบ วิธีการสอบและสูตรของความสำเร็จของประเทศที่ชนะการแข่งขันมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ของประเทศให้ขยับใกล้มาตรฐานสากล

2. วิทยากรที่ช่วยในการอบรมเข้ม หัวหน้าทีม และผู้ช่วยหัวหน้าทีมที่ต้องไปถกเถียงปัญหาทางวิชาการกับนานาประเทศ ยังคงเป็นอาจารย์จากมหาวิทยาลัย โดยที่อาจารย์ผู้สอนในโรงเรียนมัธยมไม่ได้มีโอกาสเข้ามามีส่วนร่วมในโครงการโอลิมปิกวิชาการเลย

ที่เป็นเช่นนี้ เพราะการแข่งขันโอลิมปิกวิชาการเป็นมาตรฐานมัธยมศึกษาระดับสากล ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานมัธยมศึกษาของไทย ข้อสอบที่ออกซับซ้อนหลายชั้น ต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดที่เรียนมาและกระบวนการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหารวมทั้งเน้นภาคปฏิบัติการ ซึ่งนักเรียนไทยขาดทักษะดังกล่าวอย่างมาก นอกจากนี้นักเรียนที่ได้ประโยชน์จากการเข้าค่ายอบรมเข้มในโครงการโอลิมปิกวิชาการมีเพียง 125 คนต่อปี ซึ่งน้อยมาก ถึงแม้ว่าการยกระดับมาตรฐานด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาให้เทียบเท่าสากลจะกระทำได้ยากในระยะเวลาสั้น แต่การแข่งขันโอลิมปิกวิชาการยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นตัวเร่งนอกระบบได้

สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ ได้ทรงเล็งเห็นถึงความสำคัญและปัญหาในการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ระดับมาตรฐานสากล จึงได้ทรงพระราชทานเงินส่วนพระองค์ให้ศาสตราจารย์ศักดา ศิริพันธุ์ (นายกสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ในขณะนั้น) นำไปดำเนินการจัดตั้ง "มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา ในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (สอวน.)" และทรงรับเป็นองค์ประธานมูลนิธิด้วยทรงเห็นว่าการดำเนินการปรับมาตรฐานการศึกษาให้เทียบเท่าสากลโดยใช้วิธีการเร่งนอกระบบจำเป็นต้องอาศัยองค์กรอิสระที่มีความสามารถและความคล่องตัวในการทำงานไม่ต้องยึดติดกับระเบียบของทางราชการ และมูลนิธิ สอวน.มีคณะกรรมการที่มีความ

พิพิธภัณฑ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แน่วแน่และมีความสามารถที่จะช่วยผลักดันโครงการที่ยากยิ่ง แต่สำคัญมากนี้ให้บรรลุเป้าหมาย ได้นับเป็นพระมหากรุณาธิคุณเป็นล้นพ้นหาที่สุดมิได้ที่ทรงมีต่อวงการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวงการการศึกษาของประเทศไทยโดยรวม

เพื่อสนองพระดำริขององค์ประธานมูลนิธิ สอวน. และเพื่อประโยชน์ของการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ขอประเทศไทยในระยะยาว มูลนิธิ สอวน.จึงได้จัดทำโครงการส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ศึกษาขึ้น โดยมุ่งเน้นไปที่กลุ่มนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายทั่วประเทศที่มีความพร้อมที่จะเรียนรู้ก่อน รวมทั้งพัฒนาความรู้ วิธีการสอนและทัศนคติของครูไปพร้อมๆ กัน โดยขอความร่วมมือจากคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยของรัฐทั่วประเทศหลังจากนั้นจึงจะขยายผลต่อไป

7.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนทั่วประเทศที่มีความรู้ได้มีโอกาสเข้ามารับการพัฒนาศักยภาพทางปัญญาของตนเองจากศูนย์ต่างๆ ทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค

2. เพื่อเพิ่มจำนวนอาจารย์วิทยาศาสตร์และอาจารย์คณิตศาสตร์ที่มีศักยภาพและมีความพร้อมที่จะช่วยพัฒนาการเรียนการสอนในระดับโรงเรียนให้ได้มาตรฐานสากล ให้กระจายอยู่ทั่วประเทศ

3. เพื่อยกระดับมาตรฐานของโรงเรียนในด้านการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เทียบเท่ากับสากลกระจายอยู่ทั่วประเทศ

4. เพื่อให้เยาวชนไทยที่จะไปแข่งขันโอลิมปิกวิชาการได้มีความพร้อมอย่างสูงเต็มที่ทั้งทฤษฎีและภาคปฏิบัติ สามารถเข้าแข่งขันกับเยาวชนจากนานาประเทศได้อย่างมีความมั่นใจ และประสบความสำเร็จมากขึ้น

5. เพื่อส่งเสริมให้ได้นำประโยชน์จากการดำเนินงานไปใช้ในการพัฒนา และปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้ได้ระดับมาตรฐาน

6. เพื่อให้ได้หลักสูตรพิเศษที่มหาวิทยาลัยสามารถนำไปใช้คัดเลือกนักเรียนที่ดีเด่นเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยภายในประเทศได้ในอนาคต

7.3 กลุ่มเป้าหมาย

1. นักเรียนที่มีความพร้อมในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ไม่เกินระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทั่วประเทศ

2. อาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ เคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์ที่มีความพร้อม

3.โรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาที่มีความพร้อมในด้านการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์

7.4 วิธีการดำเนินการ

โครงการนี้เป็นการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความพร้อมทั่วประเทศ และเป็นตัวป้อนนักเรียนที่มีศักยภาพสูงทางปัญญา จำนวนหนึ่งเข้าสู่ระบบของโครงการโอลิมปิกวิชาการ มูลนิธิ สอวน. ได้ร่วมมือกับกระทรวงศึกษาธิการและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยของรัฐจัดตั้งศูนย์ สอวน. ขึ้นทั่วประเทศ เพื่อเป็นศูนย์พัฒนาศักยภาพของนักเรียน (และครู) ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ศึกษา จำนวน 16 ศูนย์ โครงการนี้จะดำเนินการในช่วงปิดภาคเรียน ดังนี้

1. ปิดภาคต้น	เข้าค่ายที่ 1 จำนวน 2,660 คน
	ใช้เวลาประมาณ 20 วัน
2. ปิดภาคปลาย	เข้าค่ายที่ 2 จำนวน 1,550 คน
	ใช้เวลาประมาณ 20 วัน

ในช่วงเวลาปิดเทอม อาจมีการศึกษาทางไกลขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ความจำเป็นและงบประมาณ

7.5 งบประมาณ

มูลนิธิ สอวน. ได้รับเงินอุดหนุนจากรัฐบาลฝากผ่านทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

7.6 ผู้รับผิดชอบโครงการ

มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (สอวน.)

7.7 หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1. มูลนิธิ สอวน.
2. กระทรวงศึกษาธิการ
3. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยที่เป็นศูนย์หลักและศูนย์พี่เลี้ยง รวม 20 แห่ง

4. โรงเรียนที่เป็นศูนย์รวม 5 ศูนย์ และโรงเรียนเครือข่าย

5. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

6. สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

7. สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

8. สมาคมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

9. สมาคมเคมี

10. สมาคมฟิสิกส์ไทย

11. สาขาชีววิทยา สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

7.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. นักเรียนมัธยมศึกษาที่มีความรู้ความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์เทียบเท่าระดับมาตรฐานสากล จำนวน 2500 คน/ปี

2. อาจารย์ที่มีศักยภาพในด้านการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ในโรงเรียนเทียบเท่ามาตรฐานสากล จำนวน 300 คน ต่อปี

3. ยกระดับโรงเรียนให้ได้มาตรฐานเทียบเท่าสากลอย่างน้อยจังหวัดละ 1 โรงเรียน

4. ได้เยาวชนไทยที่มีความมั่นใจที่จะเข้าแข่งขันทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์กับนานาชาติทั้งระดับเอเชียและระดับสากล

5. ได้หลักสูตรพิเศษที่มหาวิทยาลัยสามารถใช้คัดเลือกนักเรียนดีเด่นจริงเข้ามหาวิทยาลัย

6. นำไปสู่การปรับปรุงมาตรฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนให้เข้าใกล้มาตรฐานสากล

ตอนที่ 8 มโนทัศน์เบื้องต้นเกี่ยวกับการพัฒนาตัวบ่งชี้

8.1 ความหมายและลักษณะสำคัญของตัวบ่งชี้ทางการศึกษา

ตัวบ่งชี้ (indicators) เป็นสิ่งที่แสดงสภาวะหรือสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงไปหรือสะท้อนลักษณะการดำเนินงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ในภาษาไทยมีคำนำมาใช้ในความหมายเดียวกับคำว่า "ตัวบ่งชี้" อยู่หลายคำ เช่น ดัชนี ตัวชี้นำ ตัวชี้วัด และเครื่องชี้วัด เป็นต้น ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของตัวบ่งชี้ไว้ต่างๆกัน เช่น

Johnstone (1981) กล่าวไว้ว่า ตัวบ่งชี้ หมายถึง สารสนเทศที่บ่งบอกปริมาณเชิงสัมพันธ์หรือสภาวะของสิ่งที่มุ่งวัดในเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยไม่จำเป็นต้องบ่งบอกสภาวะที่เจาะจงหรือ

ชัดเจน แต่บ่งบอกหรือสะท้อนของสถานการณ์ที่เราสนใจเข้าไปตรวจสอบอย่างกว้างๆหรือให้ภาพเชิงสรุปโดยทั่วไป ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2530) ให้ความหมายของตัวบ่งชี้ไว้ว่า ตัวบ่งชี้เป็นสิ่งที่แสดงสภาวการณ์ที่เกิดขึ้น หรือเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งตัวบ่งชี้สามารถวินิจฉัยและช่วยชี้บทบาทหน้าที่รวมทั้งปัญหาอุปสรรคของการดำเนินงานขององค์ประกอบต่างๆ ในการจัดการศึกษาในช่วงเวลาและระดับที่ต้องการวัดหรือตรวจสอบ

วรรณี แกมเกตุ (2540) ได้ให้ความหมาย ตัวบ่งชี้ หมายถึงสารสนเทศหรือค่าที่สังเกตได้เชิงปริมาณหรือสารสนเทศเชิงคุณภาพซึ่งใช้บ่งบอกสภาวะของสิ่งที่มุ่งวัดหรือสะท้อนลักษณะรวมทั้งปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินงานอย่างกว่างๆ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

นงลักษณ์ วิรัชชัย (2541) กล่าวว่า ตัวบ่งชี้ หมายถึง ตัวแปรประกอบหรือองค์ประกอบที่มีค่าแสดงถึงลักษณะหรือปริมาณสภาพการศึกษา ปัจจัย การดำเนินงาน หรือผลผลิตจากระบบการศึกษา ณ จุดเวลาหรือช่วงเวลาหนึ่งๆ ให้สารสนเทศเป็นองค์รวมอย่างกว้างๆ แต่มีความแม่นยำไม่มากก็น้อยและชัดเจนเพียงพอที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ หรือใช้ในการประเมินหรือบอกความเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการศึกษาได้

ศักดิ์ชาย เพชรช่วย (2541) ให้ความหมายว่า ตัวบ่งชี้ เป็นสารสนเทศที่บ่งบอกสถานการณ์หรือสภาวะอย่างใดอย่างหนึ่งในเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ ซึ่งสารสนเทศดังกล่าวอยู่ในรูปของค่าสังเกตได้เป็นตัวเลข ข้อความ องค์ประกอบ ตัวแปร หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงใดช่วงหนึ่ง โดยนำตัวแปรหรือข้อเท็จจริงสัมพันธ์เพื่อให้เกิดคุณค่า ซึ่งสามารถที่จะชี้ให้เห็นถึงสภาพการณ์การดำเนินงานที่ต้องการเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้

เอมอร จังศิริพรปกรณ์ (2541) ได้ให้ความหมายว่า ตัวบ่งชี้ เป็นสารสนเทศเชิงปริมาณหรือตัวประกอบ ตัวแปรที่บ่งบอกถึงสิ่งที่ต้องการตรวจสอบ หรือสถานการณ์ที่สะท้อนลักษณะการดำเนินงานทำให้สามารถวินิจฉัยสภาวะและช่วยชี้บทบาทหน้าที่ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินงานในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

วิไลวรรณ สรรพวัฒน์ (2542) กล่าวว่า ตัวบ่งชี้ หมายถึง สิ่งที่บอกสภาวะของสภาพการณ์ใดสภาพการณ์หนึ่งในช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่งในเชิงปริมาณหรือคุณภาพโดยนำเอาข้อมูลหรือตัวแปรมาสัมพันธ์กัน เพื่อให้เกิดคุณค่าที่สามารถชี้ให้เห็นลักษณะของสภาพการณ์นั้นๆ

จุฬาลักษณ์ ขันธบุตร (2544) กล่าวว่า ตัวบ่งชี้ หมายถึง สารสนเทศที่แสดงถึงสภาพหรือสภาวะอย่างใดอย่างหนึ่ง ในเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพซึ่งอยู่ในรูปของค่าที่สังเกตได้ อาจจะเป็นตัวเลข ตัวแปร องค์ประกอบ ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เกิดจากการนำตัวแปรหรือข้อเท็จจริงต่างๆ มาสัมพันธ์กันเพื่อให้เกิดคุณค่า ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นสภาพการณ์ที่ต้องการศึกษาโดยรวม

ศิริชัย กาญจนวาสี (2545) ได้กล่าวว่า ตัวบ่งชี้ หมายถึง ตัวประกอบ ตัวแปร หรือค่าสังเกตได้ซึ่งบ่งบอกสถานภาพหรือสะท้อนลักษณะการดำเนินงานหรือผลการดำเนินงาน

เนื่องจากมีผู้ให้ความหมายของตัวบ่งชี้ไว้หลากหลาย Johnstone ได้สรุปเป็นลักษณะของตัวบ่งชี้ซึ่งช่วยให้เข้าใจความหมาย หรือนิยามของตัวบ่งชี้ดีขึ้น 5 ประการ (สำนักงานรูปการศึกษา, 2545) ดังนี้

1. ตัวบ่งชี้ต้องระบุสารสนเทศเกี่ยวกับสิ่งหรือสภาพที่ศึกษาอย่างกว้าง ตัวบ่งชี้ต้องให้สารสนเทศที่ถูกต้องแม่นยำไม่มากก็น้อย (more or less exactness) แต่ไม่จำเป็นต้องถูกต้องแม่นยำแน่นอนอย่างละเอียดถี่ถ้วน

2. ตัวบ่งชี้แตกต่างจากตัวแปร แม้ว่าตัวบ่งชี้และตัวแปรจะให้สารสนเทศเกี่ยวกับสิ่งหรือสภาพที่ศึกษาเหมือนกัน แต่ตัวแปรจะให้สารสนเทศของสิ่งหรือสภาพที่ต้องการศึกษาเพียงด้านเดียว (facet) ไม่สามารถสรุปสภาพโดยรวมทุกด้านได้ ในขณะที่ตัวบ่งชี้เป็นการรวมตัวแปรที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันนำเสนอเป็นภาพรวมของสิ่งหรือสภาพที่ต้องการศึกษา

3. ค่าของตัวบ่งชี้ (Indicator Value) แสดงถึงปริมาณ (Quantity) ตัวบ่งชี้ต้องแสดงสภาพที่ศึกษาเป็นค่าตัวเลขหรือเป็นปริมาณเท่านั้น ไม่ว่าสิ่งที่ศึกษาจะเป็นสภาพเชิงปริมาณหรือคุณภาพและการแปลความหมายค่าของตัวบ่งชี้ต้องมีการกำหนดไว้ ดังนั้น การสร้างตัวบ่งชี้ต้องมีการกำหนดความหมายและเกณฑ์เกี่ยวกับตัวบ่งชี้อย่างชัดเจน

4. ค่าของตัวบ่งชี้แสดงสารสนเทศ ณ จุดเวลาหรือช่วงเวลา (Time Point / Time Period) ตัวบ่งชี้แสดงค่าของสิ่งหรือสภาพที่ต้องการศึกษาเฉพาะจุดหรือช่วงเวลาที่กำหนด เมื่อเวลาเปลี่ยนไปค่าตัวบ่งชี้อาจจะเปลี่ยนแปลงไปได้

5. ตัวบ่งชี้หน่วยพื้นฐาน (Basic Units) สำหรับการพัฒนาทฤษฎี นักวิจัยควรเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นตัวบ่งชี้ โดยใช้ตัวบ่งชี้เป็นหน่วยพื้นฐานสำหรับการวิจัยเพื่อสร้างทฤษฎีใหม่หรือพัฒนาทฤษฎี

จากความหมายของ "ตัวบ่งชี้" ดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปความหมายของตัวบ่งชี้และลักษณะสำคัญของตัวบ่งชี้ว่า เป็นสารสนเทศเชิงปริมาณหรือสารสนเทศเชิงคุณภาพที่บ่งบอกสถานภาพที่ชัดเจน แต่สะท้อนสภาพของสถานการณ์ที่เราสนใจเข้าไปตรวจสอบอย่างกว้างๆ ให้เห็นภาพเชิงสรุปโดยทั่วไป

8.2 ประเภทของตัวบ่งชี้ทางการศึกษา

เนื่องจากการศึกษามีขอบข่ายกว้างขวาง จึงมีการสร้างและพัฒนาตัวบ่งชี้เป็นจำนวนมาก นักการศึกษาทั้งไทยและต่างประเทศจัดแยกประเภทของตัวบ่งชี้การศึกษาไว้แตกต่างกันตามเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดแยกประเภท ซึ่งสรุปได้เป็น 7 แบบ (สำนักงานปฏิรูปการศึกษา, 2545) ดังนี้

1. การจัดแยกประเภทตามทฤษฎีระบบ ซึ่งแบ่งตัวบ่งชี้ได้ 3 ประเภท คือ

1) ตัวบ่งชี้ด้านปัจจัย (Input indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงปัจจัยป้อนของระบบการศึกษา

2) ตัวบ่งชี้ด้านกระบวนการ (Process indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงวิธีการดำเนินงานขั้นตอนต่างๆ ในระบบการศึกษา

3) ตัวบ่งชี้ด้านผลผลิต (Output indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงผลลัพธ์ตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้นในระบบการศึกษา

2. การจัดแยกประเภทตามลักษณะนิยามของตัวบ่งชี้ ซึ่งแบ่งตัวบ่งชี้ได้ 2 ประเภท คือ

1) ตัวบ่งชี้แบบอัตนัย (subjective indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่ใช้ในกรณีที่นักวิชาการยังมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษาไม่มากนัก การนิยามตัวบ่งชี้มีส่วนที่นักวิชาการต้องใช้วิจารณญาณพิจารณาตัดสินใจจะใช้ในการศึกษาเฉพาะเรื่อง

2) ตัวบ่งชี้แบบปรนัย (objective indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่มีการนิยามไว้ชัดเจนและไม่มีส่วนที่นักวิชาการต้องใช้วิจารณญาณพิจารณาตัดสินใจจะใช้ในการประเมินติดตามและเปรียบเทียบระบบการศึกษาที่เป็นการศึกษาระดับนานาชาติ

3. การจัดแยกประเภทตามวิธีการสร้าง ซึ่งแบ่งตัวบ่งชี้ได้ 3 ประเภท คือ

1) ตัวบ่งชี้ตัวแทน (representative indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่สร้างขึ้นจากตัวแปรเพียงตัวเดียวให้เป็นตัวแทนตัวแปรอื่นๆ ที่บอกลักษณะหรือปริมาณของสภาพที่ต้องการศึกษาได้

2) ตัวบ่งชี้แยก (disaggregative indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่มีลักษณะคล้ายกับตัวแปรหรือเป็นตัวบ่งชี้ย่อย โดยที่ตัวบ่งชี้ย่อยแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกันและบ่งชี้ลักษณะของสภาพที่ต้องการศึกษาเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียว การที่จะบ่งชี้สภาพโดยรวมจะต้องใช้ตัวบ่งชี้ย่อยทุกตัวรวมกันทั้งชุด ทำให้การวิเคราะห์และนำเสนอค่อนข้างข้างยุ่งยากและเสีย อีกทั้งยังมีปัญหาเนื่องจากตัวบ่งชี้ย่อยมีความสัมพันธ์กัน

3) ตัวบ่งชี้รวม หรือตัวบ่งชี้ประกอบ (composite indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่เกิดจากการรวมตัวแปรทางการศึกษาหลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน โดยให้น้ำหนักความสำคัญของตัวแปรตามที่เป็นจริงตัวบ่งชี้ชนิดนี้ให้สารสนเทศที่มีคุณค่า มีความเที่ยงและความตรงสูงกว่าตัวบ่งชี้สองชนิดแรก จึงเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการศึกษา การกำกับ ติดตามดูแลและการประเมินการศึกษา และเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน

4. การจัดแยกประเภทตามลักษณะตัวแปรที่ใช้สร้างตัวบ่งชี้ ซึ่งแบ่งตามการแยกประเภทได้ 3 วิธี คือ

1) ตัวบ่งชี้แยกประเภทตามระดับการวัดของตัวแปร ซึ่งวิธีนี้จัดแยกได้ 4 ประเภท คือ ตัวบ่งชี้นามบัญญัติ ตัวบ่งชี้เรียงอันดับ ตัวบ่งชี้อันตรภาค และตัวบ่งชี้อัตราส่วน ถ้าตัวบ่งชี้การศึกษาสร้างจากตัวแปรระดับใด ตัวบ่งชี้การศึกษาที่ได้จะมีระดับการวัดตามตัวแปรนั้นด้วย

2) ตัวบ่งชี้แยกประเภทตามประเภทของตัวแปรซึ่งวิธีนี้จัดแยกได้ 2 ประเภท คือ ตัวบ่งชี้สต๊อกแสดงถึงสภาวะ ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง และตัวบ่งชี้การเลื่อนไหล แสดงถึงสภาวะที่เป็นพลวัตร ณ ช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่ง

3) ตัวบ่งชี้แยกประเภทตามคุณสมบัติทางสถิติของตัวแปร ซึ่งวิธีนี้จัดแยกได้ 2 ประเภท คือ ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับการแจกแจง สร้างจากตัวบ่งชี้ที่เป็นค่าสถิติบอกลักษณะการกระจายของข้อมูลและตัวบ่งชี้ไม่เกี่ยวกับการแจกแจง สร้างจากตัวบ่งชี้ที่เป็นปริมาณหรือเป็นค่าสถิติบอกลักษณะค่ากลาง

5. การจัดแยกประเภทตามลักษณะค่าของตัวบ่งชี้ ซึ่งแบ่งตัวบ่งชี้ได้ 2 ประเภท คือ

1) ตัวบ่งชี้สมบูรณ์ (absolute indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่ค่าของตัวบ่งชี้บอกปริมาณที่แท้จริง และมีความหมายในตัวเอง เช่น จำนวนโรงเรียน

2) ตัวบ่งชี้สัมพันธ์ หรือตัวบ่งชี้อัตราส่วน (relative or ration indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่ค่าของตัวบ่งชี้เป็นปริมาณเทียบเคียงกับค่าอื่น เช่น จำนวนนักเรียนต่อครูหนึ่งคน

6. การจัดแยกประเภทตามมาตรฐานการเปรียบเทียบในการแปลความหมาย ซึ่งแบ่ง ตัวบ่งชี้ได้ 3 ประเภท คือ

1) ตัวบ่งชี้อิงกลุ่ม (norm – referenced indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่มีการแปลความหมายเทียบกับกลุ่ม

2) ตัวบ่งชี้อิงเกณฑ์ (criterion – referenced indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่มีการแปลความหมายเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3) ตัวบ่งชี้อิงตน (self– referenced indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่มีการแปลความหมายเทียบกับสภาพเดิม ณ จุด หรือช่วงเวลาที่ต่างกัน

7. การจัดแยกประเภทตามลักษณะการใช้ตัวบ่งชี้ ซึ่งแบ่งตัวบ่งชี้ได้ 2 ประเภท คือ

1) ตัวบ่งชี้แสดงความหมาย (expressive indicators)

2) ตัวบ่งชี้ทำนาย (predictive indicators)

การแบ่งประเภทของตัวบ่งชี้ดังกล่าว สิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญที่ควรคำนึงถึงควบคู่กันไป คือ การกำหนดตัวบ่งชี้ทางการศึกษาควรพิจารณาทั้งระบบซึ่งระบบศึกษาประกอบด้วยปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และผลผลิตซึ่ง Johnstone ได้เสนอไว้ดังนี้ (Johnstone, 1981)

ตัวบ่งชี้ที่เป็นปัจจัย คือ ตัวบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องในเชิงปริมาณหรือความต้องการของสังคมที่มีต่อระบบการศึกษา เช่น ด้านทรัพยากรที่สนับสนุนทางการศึกษา งบประมาณที่ได้รับการจัดสรรทางการศึกษา เป็นต้น

ตัวบ่งชี้ที่เป็นกระบวนการ คือ ตัวบ่งชี้ที่อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบ หรืออธิบายลักษณะการแจกแจงปัจจัยของระบบการศึกษา ซึ่งตัวบ่งชี้ในกระบวนการนี้จะรับผลมาจากค่าของตัวบ่งชี้ที่เป็นปัจจัย

ตัวบ่งชี้ที่เป็นผลผลิต คือ ตัวบ่งชี้ถึงปริมาณและระดับของทักษะต่างๆ และผลผลิตที่พร้อมจะออกสู่ระบบการศึกษา หรือความพอใจของสังคมที่มีต่อระบบการศึกษา

8.3 คุณสมบัติของตัวบ่งชี้

ศิริชัย กาญจนวาสี (2545) ได้กล่าวถึง คุณสมบัติของตัวบ่งชี้ที่ดีไว้ดังนี้

1. ความตรง (validity) ตัวชี้วัดที่ดีจะต้องบ่งชี้ตามคุณลักษณะที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ตัวบ่งชี้ที่สามารถวัดได้อย่างแม่นยำ ตรงตามคุณลักษณะที่มุ่งวัดนั้นมีลักษณะดังนี้

มีความตรงประเด็น (relevant) ตัวบ่งชี้วัดได้ตรงประเด็นมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณลักษณะที่มุ่งวัด เช่น กระดาษลิตมัสเป็นตัวบ่งชี้สภาพความเป็นกรด/ด่างของสารละลาย GPA ใช้เป็นตัวบ่งชี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป เป็นต้น

มีความเป็นตัวแทน (representative) ตัวบ่งชี้ต้องมีความเป็นตัวแทนคุณลักษณะที่มุ่งวัดหรือมีมุมมองที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญของคุณลักษณะที่มุ่งวัดอย่างครบถ้วน เช่น อุณหภูมิร่างกายเป็นตัวบ่งชี้สภาวะการมีไขของผู้ป่วย คุณภาพของผู้ทำหน้าที่ประชาสัมพันธ์สามารถชี้วัดด้วยลักษณะเป็นตัวบ่งชี้สภาวะการมีไข้ของผู้ป่วย คุณภาพของผู้ทำหน้าที่ประชาสัมพันธ์สามารถชี้วัดด้วยลักษณะการให้สารสนเทศ ความรวดเร็วในการตอบสนองความต้องการ ลักษณะการพูดจา สีหน้าท่าทางของการให้บริการ เป็นต้น

2. ความเที่ยง (reliability) ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องบ่งชี้คุณลักษณะที่มุ่งวัดอย่างน่าเชื่อถือคงเส้นคงวาหรือบ่งชี้ได้ที่เมื่อทำการวัดซ้ำในช่วงเวลาเดียวกัน ตัวบ่งชี้ที่สามารถชี้ได้อย่างคงเส้นคงวาเมื่อทำการวัดซ้ำนั้นมีลักษณะดังนี้

2.1) มีความเป็นปรนัย (objectivity) ตัวบ่งชี้ต้องชี้วัดได้อย่างเป็นปรนัย การตัดสินใจเกี่ยวกับค่าของตัวบ่งชี้ควรขึ้นอยู่กับสภาวะที่เป็นอยู่หรือคุณสมบัติของสิ่งนั้นมากกว่าที่จะขึ้นอยู่กับความรู้สึกตามอัตวิสัย เช่น การรับรู้ประสิทธิภาพของหลักสูตรกับอัตราการสำเร็จการศึกษาตามระยะเวลาของหลักสูตร ต่างเป็นตัวบ่งชี้หนึ่งของคุณภาพหลักสูตร แต่อัตราการสำเร็จการศึกษาตามระยะเวลาของหลักสูตร จะเป็นตัวบ่งชี้ที่วัดได้อย่างมีความเป็นปรนัยมากกว่าการรับรู้ประสิทธิภาพของหลักสูตร

2.2) มีความคลาดเคลื่อนต่ำ (minimum error) ตัวบ่งชี้ต้องชี้วัดได้อย่างมีความคลาดเคลื่อนต่ำ ค่าที่ได้จะต้องมาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เช่น คะแนนผลสัมฤทธิ์จากการทดสอบกับคะแนนผลสัมฤทธิ์จากการตอบตามปฏิกิริยาหรือสังเกตอย่างไม่เป็นทางการต่างเป็นตัวบ่งชี้ของความสำเร็จของการฝึกอบรม แต่คะแนนผลสัมฤทธิ์จากการทดสอบจะเป็นตัวบ่งชี้ที่น่าเชื่อถือหรือมีความคลาดเคลื่อนจากการวัดต่ำกว่า

3. ความเป็นกลาง (neutrality) ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องบ่งชี้ด้วยความเป็นกลางปราศจากความลำเอียง (bias) ไม่โน้มเอียงเข้าข้างฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง ไม่ชี้นำโดยการเน้นการบ่งชี้เฉพาะลักษณะความสำเร็จ หรือความล้มเหลว หรือความไม่ยุติธรรม

4. ความไว (sensitivity) ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องมีความไวต่อคุณลักษณะที่มุ่งวัดสามารถแสดงความผันแปรหรือความแตกต่างระหว่างหน่วยวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน โดยตัวบ่งชี้จะต้องมีมาตรฐานและหน่วยวัดที่มีความลำเอียงเพียงพอ เช่น ตัวบ่งชี้ระดับการปฏิบัติไม่ควรมีความผันแปรที่แคบ เช่น ไม่ปฏิบัติ (0) และปฏิบัติ (1) แต่ควรมีระดับของการปฏิบัติที่มีการระบุความแตกต่างของคุณภาพอย่างกว้างขวางและชัดเจน เช่น ระดับ 0 ถึง 10 เป็นต้น

5. สะดวกในการนำไปใช้ (precticality) ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องสะดวกในการนำไปใช้ ใช้ได้ดีและได้ผลโดยมีลักษณะดังนี้

5.1) เก็บข้อมูลง่าย (availability) ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องสามารถนำไปใช้วัดหรือเก็บข้อมูลได้สะดวกสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลจากการตรวจ นับ วัด หรือสังเกตได้เกตได้ง่าย

5.2) แปลความหมายง่าย (interpretability) ตัวบ่งชี้ที่ดีควรให้ค่าการวัดที่มีจุดสูงสุดและต่ำสุด เข้าใจง่ายและสามารถสร้างเกณฑ์ตัดสินคุณภาพได้ง่าย

8.4 การสร้างตัวบ่งชี้ทางการศึกษา

วิธีการพัฒนาตัวบ่งชี้ทางการศึกษาประเภทต่างๆ มีหลักการพัฒนาอยู่ 2 วิธี ดังนี้ (Johnstone, 1981)

วิธีแรกเป็นการจัดกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับสภาวะที่ต้องการแสดงโดยยึดหลักเหตุผลทางทฤษฎี แล้วดำเนินการจัดลำดับความสำคัญของตัวแปรเหล่านั้นตามหลักเกณฑ์เพื่อสังเคราะห์ขึ้นเป็นตัวบ่งชี้

วิธีที่สอง คือ การสร้างตัวบ่งชี้โดยอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์ที่นำมาวิเคราะห์แล้วจัดกลุ่มตัวแปรใช้หลักเกณฑ์ทางสถิติเป็นพื้นฐานในการสร้าง

การสร้างตัวบ่งชี้จะพิจารณาตัดสินใจใน 4 ประเด็นหลัก คือ (วรรณี แกมเกตุ, 2540; Johnstone, 1981)

1. การกำหนดนิยามของตัวบ่งชี้

2. การคัดเลือกตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งที่มุ่งศึกษา

3. การกำหนดวิธีการรวมตัวแปร

4. การกำหนดน้ำหนักของตัวแปร

การตัดสินใจแต่ละประเด็นย่อมมีความสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์ในการนำตัวบ่งชี้ไปใช้ตัวบ่งชี้ทางการศึกษาที่สร้างขึ้นจะมีประโยชน์มากน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับการพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบในขั้นตอนการสร้าง โดยต้องคำนึงหลักการทางทฤษฎีควบคู่ไปกับประโยชน์ใช้สอยตัวบ่งชี้ที่สร้างขึ้นจึงมีประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

หลักในการสร้างตัวบ่งชี้ทางการศึกษา มีดังนี้

1. การกำหนดนิยามของตัวบ่งชี้

วิธีการกำหนดนิยามของตัวบ่งชี้ จำแนกออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ การนิยามเชิงทฤษฎี การนิยามเชิงประจักษ์ และการนิยามเชิงปฏิบัติการ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2541) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1.1) การพัฒนาตัวบ่งชี้โดยใช้นิยามเชิงทฤษฎี (theoretical definition) เป็นนิยามที่นักวิจัยใช้ทฤษฎีรองรับการตัดสินใจของนักวิจัยโดยตลอดและใช้วิจารณญาณของนักวิจัยน้อยมากกว่านิยามแบบอื่น การนิยามตัวบ่งชี้โดยใช้การนิยามเชิงทฤษฎี นักวิจัยอาจทำได้สองแบบ แบบแรกเป็นการใช้ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยเป็นพื้นฐานสนับสนุนทั้งหมด ตั้งแต่การกำหนดตัวแปรย่อย การกำหนดวิธีการรวมตัวแปรย่อย และการกำหนดน้ำหนักตัวแปรย่อย นั่นคือ นักวิจัยใช้โมเดลหรือสูตรในการสร้างตัวบ่งชี้ตามที่มีผู้พัฒนาไว้แล้วทั้งหมด แบบที่สองเป็นการใช้ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยเป็นพื้นฐานสนับสนุนในการคัดเลือกตัวแปรย่อยและการกำหนดวิธีการรวมตัวแปรย่อยเท่านั้น ส่วนในขั้นตอนการกำหนดน้ำหนักตัวแปรย่อยแต่ละตัวนั้น นักวิจัยใช้ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญประกอบในการตัดสินใจ วิธีแบบนี้ใช้ในกรณีที่ยังไม่มีผู้ใดกำหนดสูตรหรือโมเดลไว้ก่อน

1.2) การพัฒนาตัวบ่งชี้โดยใช้การนิยามเชิงประจักษ์ (empirical definition) เป็นนิยามที่มีลักษณะใกล้เคียงกับนิยามเชิงทฤษฎี เพราะเป็นนิยามที่นักวิจัยกำหนดว่าตัวบ่งชี้ประกอบด้วยตัวแปรย่อยอะไร และกำหนดรูปแบบวิธีการรวบรวมตัวแปรให้ได้ตัวบ่งชี้โดยมีทฤษฎีเอกสารวิชาการหรืองานวิจัยเป็นพื้นฐาน แต่การกำหนดน้ำหนักของตัวแปรแต่ละตัว ที่จะนำมารวมกันในการพัฒนา ตัวบ่งชี้นั้นมิได้อาศัยแนวคิดทฤษฎีโดยตรง แต่อาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประจักษ์ การนิยามแบบนี้มีความเหมาะสมและเป็นวิธีที่นิยามใช้กันมากจนถึงทุกวันนี้ (Johnstone, 1981)

1.3) การนิยามตัวบ่งชี้โดยใช้นิยามเชิงปฏิบัติ (pragmatic definition) เป็นนิยามที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรย่อยที่เกี่ยวกับตัวบ่งชี้ไว้พร้อมแล้ว มีฐานข้อมูลแล้วหรือมีการ

สร้างตัวแปรประกอบจากตัวแปรย่อยๆหลายตัวไว้แล้ว นักวิจัยเพียงใช้วิจารณญาณคัดเลือกตัวแปรจากฐานข้อมูลที่มีอยู่ และนำมาพัฒนาตัวบ่งชี้โดยกำหนดวิธีการรวมตัวแปรย่อยและกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรย่อย ซึ่งอาจทำให้ได้นิยามที่ลำเอียงเพราะไม่มีการอ้างอิงทฤษฎีหรือตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่อย่างไร นิยามเชิงปฏิบัติจึงเป็นนิยามที่มีจุดอ่อนมากที่สุด เมื่อเทียบกับนิยามแบบอื่นและไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้

2. การคัดเลือกตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งที่มุ่งศึกษา

การคัดเลือกตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งที่มุ่งศึกษา จะต้องนำตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการศึกษาทั้งหมดมารวมกันเพื่อสร้างเป็นตัวบ่งชี้ ในขั้นตอนนี้ จะต้องมีการศึกษาทฤษฎีเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญอย่างละเอียดเพื่อให้สามารถระบุคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งศึกษาได้อย่างชัดเจน ซึ่งควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวแปรจำนวนมาก เพราะอาจทำให้มโนทัศน์ของสิ่งที่มุ่งศึกษามีความซับซ้อนและแปลความหมายได้ยาก ควรกลั่นกรองตัวแปรที่เกี่ยวข้องให้เหลือเพียงตัวแปรที่สำคัญเท่านั้น และในกรณีที่มีตัวแปรตัวแปรตั้งแต่สองตัวขึ้นไปมีความสัมพันธ์ปันสูงจะไม่นิยมใช้ตัวแปรเหล่านั้นทั้งหมดเพราะผลที่ได้จะเกิดความคลาดเคลื่อนและไม่เป็นการประหยัด ควรคัดเลือกเฉพาะตัวแปรที่สมบูรณ์ที่สุด คือ เป็นตัวแปรที่ไม่มีปัญหาเรื่องความคลาดเคลื่อนในการวัดและหาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ภายในต่ำ แต่มีแนวโน้มว่าสามารถอธิบายสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ในระดับสูง

3. การกำหนดวิธีรวมตัวแปร

วิธีการรวมตัวแปรองค์ประกอบเข้าด้วยกันโดยทั่วไปมักจะใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ การรวมทางพีชคณิต (additive) และการรวมแบบทวีคูณ (multiplicative) ทั้งสองวิธีมีแนวคิด หลักการแตกต่างกันมาก ดังนี้

3.1) การรวมทางพีชคณิต (additive) มีแนวคิดว่าตัวแปรแต่ละตัวสามารถทดแทนหรือชดเชยได้ด้วยตัวแปรอีกตัวหนึ่ง ซึ่งทำให้ตัวบ่งชี้มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ดังสมการ

$$I = V_1 + V_2$$

เมื่อ I คือตัวบ่งชี้

V_1 คือ ค่าของตัวแปรที่ 1

V_2 คือ ค่าของตัวแปรที่ 2

การรวมตัวแปรองค์ประกอบด้วยวิธีการทางพีชคณิตนี้ มักมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระบบตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไปว่ามีความแตกต่างกันกี่หน่วยในเรื่องที่มุ่งศึกษา

3.2) การรวมแบบทวีคูณ (multiplicative) มีแนวคิดตรงกันข้ามกับการรวมทางพีชคณิต กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรตัวหนึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่ไม่สามารถทดแทนหรือชดเชยกันได้ กล่าวคือ ตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นจะมีค่าสูงได้ก็ต่อเมื่อตัวแปร

องค์ประกอบทุกตัวมีค่าสูงทั้งหมด และตัวแปรองค์ประกอบแต่ละตัวจะต้องเสริมซึ่งกันและกันจึงจะส่งผลต่อค่าของตัวบ่งชี้สมการการรวมแบบทวีคูณของตัวแปร V_1 และ V_2 เป็นดังนี้

$$I = V_1 + V_2$$

การรวมตัวแปรแบบทวีคูณมักจะใช้เมื่อต้องการเปรียบเทียบระบบตังแต่ 2 ระบบขึ้นไปว่า ระบบหนึ่งมีค่าตัวบ่งชี้สูงกว่าอีกระบบหนึ่งอยู่กี่เท่า หรือคิดเป็นร้อยละเท่าไร

4. การกำหนดนำหนักความสำคัญของตัวแปร

การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรสามารถทำได้ 2 วิธี คือ กำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรที่เท่ากัน (equal weight) และให้ต่างกัน (differential weight) สำหรับการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรให้ต่างกันนั้น อาจใช้การพิจารณาตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ (expert judgement) วิธีวัดความสำคัญของตัวแปรโดยพิจารณาเวลา (time taken) หรือค่าใช้จ่าย (cost) ของการทำกิจกรรมใดๆที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรนั้น หรือวิธีการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ (empirical data) ด้วยวิธีการทางสถิติก็ได้ โดยรายละเอียด ดังนี้

4.1) วิธีการพิจารณาตัดสินใจโดยผู้เชี่ยวชาญ (expert judgement) เป็นการพิจารณาลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญกับสิ่งที่ต้องการศึกษา โดยสมาชิกแต่ละคนจะเสนอค่าน้ำหนักของตัวแปรแล้วพิจารณาหาข้อยุติด้วยการใช้ค่าเฉลี่ยหรือด้วยการอภิปรายลงความเห็นหรืออาจจะใช้แบบสอบถามเพื่อหาร้อยละที่ผู้ตอบเห็นด้วยกับความสำคัญของตัวแปรที่ร่วมอยู่ในองค์ประกอบ หรืออาจใช้เทคนิคเดลฟาย (Delphi technique) เพื่อสำรวจหาฉันทามติจากผู้เชี่ยวชาญโดยไม่ต้องเผชิญหน้าโดยใช้การสัมภาษณ์และสอบถามความคิดเห็นจนได้คำตอบที่ชัดเจนสอดคล้องกันแล้วจึงนำข้อมูลดังกล่าว มาใช้หาค่าน้ำหนักของตัวแปรองค์ประกอบต่อไป

4.2) วิธีวัดความสำคัญของตัวแปร (measurement effort required) โดยพิจารณาจากเวลา (time taken) หรือค่าใช้จ่าย (cost) ของการกระทำกิจกรรมใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร คือ ถ้าเวลาค่าใช้จ่ายของการกระทำกิจกรรมบางอย่างสำหรับตัวแปรหนึ่งมากกว่าอีกตัวแปรหนึ่ง ตัวแปรนั้นควรมีการกำหนดน้ำหนักมากว่าหรือน้อยกว่าอีกตัวแปรหนึ่ง ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับบริบทของสิ่งที่ต้องการศึกษา

4.3) การใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ (empirical data) เพื่อกำหนดค่าน้ำหนักเป็นการใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดน้ำหนักของตัวแปร เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) การวิเคราะห์จำแนก (discriminant analysis) หรือการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (canonical correlation analysis) เป็นต้น

การตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้

ขั้นตอนที่สำคัญอย่างหนึ่งของการพัฒนาตัวบ่งชี้ คือ การตรวจสอบคุณภาพตัวบ่งชี้ซึ่งประกอบด้วยหลักการกว้างๆ 2 อย่าง (ศักดิ์ชาย เพชรช่วย, 2541) คือ

1. การตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้ภายใต้กรอบแนวคิดทฤษฎี ซึ่งในขั้นตอนนี้ถือว่ามีความสำคัญมาก เพราะหากการพัฒนาตัวบ่งชี้เริ่มต้นจากกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีที่ขาดคุณภาพแล้ว ไม่ว่าจะใช้เทคนิควิธีการทางสถิติที่ดีอย่างไร ผลที่ได้จาการพัฒนาก็ย่อมด้อยคุณภาพไปด้วย

2. การตรวจสอบด้วยวิธีการทางสถิติ ซึ่งในขั้นตอนนี้มีความสำคัญน้อยกว่าขั้นตอนแรกที่กล่าวมา เพราะเป็นเพียงการนำข้อมูลที่ได้มาสนับสนุนคุณภาพของตัวบ่งชี้เท่านั้น

จากหลักการการพัฒนาตัวบ่งชี้ดังกล่าวข้างต้น สามารถดำเนินการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้ในแต่ละขั้นตอน (วรรณี แกมเกตุ, 2540) ดังนี้

1. การตรวจสอบคุณภาพในเรื่องตัวแปรและการคัดเลือกตัวแปร ผู้พัฒนาตัวบ่งชี้จะต้องมีกรอบแนวคิดทฤษฎีที่ชัดเจน และมีคุณภาพ มีนิยามเชิงปฏิบัติการที่ถูกต้องรัดกุมสอดคล้องกับเป้าหมายในการนำตัวบ่งชี้ไปใช้ประโยชน์รวมไปถึงลักษณะ ประเภท ระดับการวัด กรอบแนวคิดในการเลือกตัวแปรและการสร้างโมเดล หรือการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนแต่จะช่วยให้ข้อมูลที่ได้มีคุณภาพ และได้ตัวบ่งชี้ที่มีความตรงภายใน (internal validity) มากขึ้น โดยมีแหล่งอิทธิพลอย่างน้อย 3 แหล่ง ที่จะทำให้ความตรงภายในลดลง หากดำเนินการขาดการตรวจสอบหรือระมัดระวัง ได้แก่

1) ความครอบคลุมในการวัดตัวแปร การตัดตัวแปรเพียงบางส่วนซึ่งไม่ครอบคลุมมิติต่างๆ ของมโนทัศน์ที่ต้องการศึกษา อาจเกิดจากการนิยามเชิงปฏิบัติการไม่รัดกุมเพียงพอหรือเครื่องมือวัดไม่สามารถวัดสิ่งที่นิยามไว้ได้

2) ความหมายของมโนทัศน์ที่ต้องการศึกษามีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของเวลาหรือระบบการศึกษาของแต่ละสังคม และ

3) ความเป็นตัวแทนของตัวแปร กล่าวคือ นิยามของตัวแปรที่ใช้ไม่ได้เป็นตัวแทนที่ดีของมโนทัศน์ที่ต้องการศึกษา นอกจากนี้ ยังมีประเด็นที่ต้องการตรวจสอบเพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการวัดและให้ได้ข้อมูลที่มีความเชื่อถือได้ เช่น ความสอดคล้องระหว่างนิยามเชิงปฏิบัติ การไปใช้ในการวัดตัวแปร กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือและคุณภาพของเครื่องมือและกระบวนการการจัดกระทำข้อมูล รวมไปถึงการพิจารณาความเป็นอิสระของมโนทัศน์ต่างๆ ที่อาจจะมีตัวแปรบางตัวร่วมกันอยู่เพื่อให้ได้ตัวบ่งชี้ที่มีความตรงมากขึ้น

2. การตรวจสอบคุณภาพในเรื่องการรวบรวมหรือการสังเคราะห์ตัวแปรที่มีอยู่หลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีมีเงื่อนไขและความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน การศึกษาและ

พิจารณารายละเอียดเหล่านี้ เป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อให้ได้ตัวบ่งชี้ที่มีคุณภาพสอดคล้องกับเป้าหมายการนำไปใช้

3. การตรวจสอบคุณภาพในเรื่องการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแม้ว่าจะไม่มีหลักเกณฑ์ตายตัว แต่การเลือกวิธีที่เหมาะสมกับธรรมชาติของตัวแปร และเป้าหมายในการนำไปใช้ประโยชน์เป็นประเด็นที่จะต้องพิจารณาตรวจสอบ

8.5 ประโยชน์ของตัวบ่งชี้ทางการศึกษา

ประโยชน์ของตัวบ่งชี้ทางการศึกษามี 6 ด้าน (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2541) ดังนี้

1. การกำหนดนโยบาย และวัตถุประสงค์การศึกษา ทำให้มีความชัดเจน มีความคงเส้นคงวาและตรวจสอบได้ง่าย สะดวกมากขึ้น

2. การกำกับ และการประเมินระบบการศึกษา เพราะการรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาค่าของตัวบ่งชี้ทางการศึกษาในแต่ละช่วงเวลา แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน จะทำให้สามารถติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงได้อย่างถูกต้อง และการเปรียบเทียบค่าของตัวบ่งชี้ทางการศึกษากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จะช่วยให้สามารถติดตามกำกับตรวจสอบได้ว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ผลตามที่กำหนดไว้เพียงใด มีผลกระทบที่มิได้คาดหมายไว้อย่างไรบ้าง

3. การจัดลำดับ และการจำแนกประเภทของระบบการศึกษา เพราะการจัดลำดับระบบการศึกษาในแต่ละประเทศ หรือในแต่ละภูมิภาค ช่วยให้เห็นภาพรวมว่าประเทศใด ภูมิภาคใดมีระดับการพัฒนาต่ำกว่าเกณฑ์ และมีความจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาโดยรีบด่วน

4. การวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการศึกษา ตัวบ่งชี้ทางการศึกษาไม่สามารถให้สารสนเทศเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้ แต่ตัวบ่งชี้ทางการศึกษามีประโยชน์ต่อการวิจัยเชิงอนาคตจึงเป็นเพียงแต่การให้ข้อเสนอแนะ หรือให้สมมติฐานวิจัยได้ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุเชิงสาเหตุระหว่างตัวบ่งชี้ทางการศึกษา

5. การแสดงความรับผิดชอบต่อภาระหน้าที่และการประกันคุณภาพ การใช้ประโยชน์จากตัวบ่งชี้ทางการศึกษาในประเด็นนี้เป็นการใช้ประโยชน์ตามหลักการประเมินแบบใหม่ โดยใช้ผลผลิตเป็นตัวกำกับหน่วยงานและองค์กรทุกระดับงานให้ได้ผลตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การประเมินผลเป็นหน้าที่ของบุคคลกรในหน่วยงาน

6. การกำหนดเป้าหมายที่ตรวจสอบได้ ระบบการกำหนดเป้าหมายขั้นที่ตรวจสอบได้ต้องเริ่มต้นจากการพัฒนาตัวบ่งชี้ทางการศึกษาเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน และใช้ในการตรวจสอบว่าการดำเนินได้ผลตามเป้าหมายแต่ละขั้นที่กำหนดไว้หรือไม่ และได้ผลตามเกณฑ์มาตรฐานกลางหรือไม่อย่างไร

นอกจากนี้ ตัวบ่งชี้ทางการศึกษายังเป็นประโยชน์ในการกำหนดเป้าหมายของนโยบายทางการศึกษา ซึ่งจะช่วยให้เห็นภาพผลผลิตที่เกิดจากนโยบายนั้น ตลอดจนสามารถกำกับติดตามและประเมินผลการดำเนินได้และใช้ประโยชน์ในการติดตามสภาวะทางการศึกษาในการค้นหาความผิดผลาดของการจัดการศึกษาหรือชี้ให้เห็นถึงแหล่งของปัญหาที่ต้องการแก้ไขอย่างเร่งด่วนซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารมีความตื่นตัวต่อปัญหาอยู่ตลอดเวลา (ชินภัทร ภูมิรัตน์, 2539)

ตัวบ่งชี้ทางการศึกษานับได้ว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณลักษณะหรือสภาพที่เราต้องการศึกษาโดยภาพรวมได้ สารสนเทศจากตัวบ่งชี้ทางการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการประเมินหรือบอกความเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการศึกษาได้ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผู้วิจัยต้องการศึกษาตัวบ่งชี้ที่ใช้ในเสาะแสวงหาเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากตัวบ่งชี้ที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้คัดเลือกเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ตอนที่ 9 มโนทัศน์เบื้องต้นเกี่ยวกับโมเดลลิสเรล

9.1 ลักษณะของโมเดลลิสเรล

โมเดลลิสเรล หรือ โมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น (Linear Structural Relationship Model or LISREL MODEL) หมายถึง โมเดลแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรที่เป็นไปได้ ทั้งตัวแปรสังเกตได้ (observed variable) และตัวแปรแฝง (latent variable) โมเดลลิสเรลนี้พัฒนามาจากเทคนิคการวิเคราะห์ 2 เทคนิค คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบของเทอร์สโตน (Thurstonian factor analysis) และการวิเคราะห์เชิงสาเหตุ (path analysis) หรืออาจจะกล่าวได้ว่าสังเคราะห์มาจากวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 3 วิธี คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) การวิเคราะห์อิทธิพล (Path Analysis) และการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอย (Regression) หัวใจสำคัญของการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเมทริกซ์ความแปรปรวน – ความแปรปรวนร่วม (Variance-Covariance Matrix) ที่ได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์กับเมทริกซ์ที่ได้จากการประมาณค่าตามโมเดลลิสเรลที่เป็นสมมติฐานวิจัย เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดล กับข้อมูลเชิงประจักษ์พร้อมทั้งรายงานดัชนีความสอดคล้อง การวิเคราะห์ด้วยโมเดลลิสเรล ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีจุดเด่นที่สำคัญ คือ ลดข้อจำกัดในเรื่องของข้อตกลงเบื้องต้น โดยเฉพาะข้อที่ว่าด้วยความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนและข้อตกลงที่ว่าตัวแปรที่สังเกตได้ต้องไม่มีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นโมเดลลิสเรล จึงถือว่าเป็นโมเดลทางการวิจัยที่มีประโยชน์มาก สามารถใช้ได้กับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์เกือบทุกประเภท (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

โมเดลลิสเรลประกอบด้วยโมเดลสำคัญ 2 โมเดล คือ โมเดลการวัด (measurement model) และโมเดลสมการโครงสร้าง (structural model)

1. โมเดลการวัด (measurement model) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับตัวแปรแฝง (latent variable) มี 2 โมเดลคือ โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายนอกและโมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายใน โดย 2 โมเดลแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝง และตัวแปรสังเกตได้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

2. โมเดลโครงสร้าง (structural model) เป็นโมเดลที่แสดงระหว่างตัวแปรแฝงในโมเดล มีการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบหรือตัวแปรแฝงกับตัวแปรแฝง η และมักมีความสัมพันธ์กันทั้งภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่มตัวแปร โดยη เป็นตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตาม (latent endogeneous variable) และ ξ เป็นตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ (latent exogen eous variable)

9.2 วิธีการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล

ในโปรแกรมลิสเรลมีข้อตกลงเบื้องต้นในการเลือกใช้ สรุปได้ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

1. ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดในโมเดล เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบบวกและเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (causal relationship)

2. คุณลักษณะการแจกแจงของตัวแปร ทั้งตัวแปรภายในและตัวแปรภายนอก และความคลาดเคลื่อนต้องมีการแจกแจงแบบปกติ ความคลาดเคลื่อน e, d, z ต้องมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ กรณีเป็นตัวแปรทวิภาค (dichotomous variable) ที่มีค่าเฉลี่ยใกล้ 0.5 ให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่มีความแกร่งสามารถนำมาวิเคราะห์โมเดลนี้ได้

3. ลักษณะความเป็นอิสระต่อกัน (independence) ระหว่างตัวแปรความคลาดเคลื่อน คือ ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ตัวแปรแต่ละกลุ่มความคลาดเคลื่อนเป็นฯ อิสระต่อกัน แต่ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแต่ละกลุ่มอาจสัมพันธ์กันได้ มีข้อตกลงเบื้องต้น 4 ข้อ คือ

   3.1 ความคลาดเคลื่อน e และตัวแปรแฝง E เป็นอิสระต่อกัน

   3.2 ความคลาดเคลื่อน d และตัวแปรแฝง K เป็นอิสระต่อกัน

   3.3 ความคลาดเคลื่อน z และตัวแปรแฝง K เป็นอิสระต่อกัน

   3.4 ความคลาดเคลื่อน e,d และ z เป็นอิสระต่อกัน

4. สำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (time series data) ที่มีการวัดข้อมูลมากกว่า 2 ครั้ง การวัดตัวแปรต้องไม่ได้รับอิทธิพลจากช่วงเวลาเหลื่อม (time lag) ระหว่างการวัด

โมเดลสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

โมเดลสมการโครงสร้าง

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta$$

โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรแฝงภายใน

$$Y = \Delta Y\eta + \varepsilon$$

โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรแฝงภายนอก

$$X = \Delta X\xi + \delta$$

เวคเตอร์ของตัวแปรในโมเดลมีสัญลักษณ์อักษรกรีก และความหมายดังนี้

X แทน เวคเตอร์ของตัวแปรนอกสังเกตได้ X

Y แทน เวคเตอร์ของตัวแปรในสังเกตได้ y

ξ แทน เวคเตอร์ของตัวแปรนอกแฝง K

η แทน เวคเตอร์ของตัวแปรในแฝง E

δ แทน เวคเตอร์ความคลาดเคลื่อน d ในการวัดตัวแปร X

ε แทน เวคเตอร์ความคลาดเคลื่อน e ในการวัดตัวแปร Y

ζ แทน เวคเตอร์ความคลาดเคลื่อน z ในการวัดตัวแปร E

นอกจากสัญลักษณ์ข้างต้นแล้ว โปรแกรมลิสเรลยังประกอบด้วยเมตริกซ์พารามิเตอร์อิทธิพลเชิงสาเหตุ หรือสัมประสิทธิ์การถดถอย ทั้งหมด 4 เมตริกซ์ และเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ทั้งหมด 4 เมตริกซ์ ดังมีสัญลักษณ์และความหมายดังต่อไปนี้

ΔX = LX แทนเมตริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของ X บน K

ΔY = LY แทนเมตริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของ Y บน E

Γ = GA แทนเมตริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุจาก K ไป E

β = BE แทนเมตริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุจาก E

Φ = PH แทนเมตริกซ์ความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง K

Ψ = PS แทนเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายในแฝง E

$\Theta\delta$ = TD แทนเมตริกซ์ความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน d

$\Theta\varepsilon$ = TE แทนเมทริกซ์ความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดคลื่อน e

โดยทั่วไปโมเดลการวัดจะเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือในการวัดองค์ประกอบซึ่งเป็นตัวแปรแฝง นอกจากนั้น ยังใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวแปรว่ามีโครงสร้างตามนิยามเชิงทฤษฎีหรือไม่ มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงอย่างไร วัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบมี 2 ประเด็น คือ ประเด็นที่ 1 ใช้ในการสำรวจและระบุองค์ประกอบที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ผลจากการวิเคราะห์จะได้ตัวแปรน้อยลงและได้องค์ประกอบร่วม การวิเคราะห์ในลักษณะนี้ เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA) ซึ่งมีจุดอ่อนที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ไม่ตรงตามสภาพความเป็นจริง เนื่องจากการไปกำหนดให้ตัวแปรทุกตัวแปรในโมเดลเป็นผลมาจากองค์ประกอบร่วมทุกตัว และส่วนที่เป็นความคลาดเคลื่อนของตัวแปรที่ศึกษาไม่สัมพันธ์กัน ประเด็นที่ 2 ใช้ในการตรวจสอบโมเดลสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ ซึ่งการวิเคราะห์ลักษณะนี้เรียกว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis : CFA) ซึ่งจะช่วยลดข้อด้อยของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจได้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบต้องคำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้น (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

1. ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบ นั่นคือตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวมีความแปรผันเนื่องจากองค์ประกอบร่วม (common factor = F) และองค์ประกอบเฉพาะ(unique factor = U) โมเดลสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบอยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน ดังนี้

$$Z = \Sigma aF + U$$

Z คือ ผลบวกเชิงเส้นขององค์ประกอบร่วม F_1, F_2

U คือ องค์ประกอบเฉพาะ

a_1, a_2 คือ น้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading)

2. องค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัว เป็นอิสระต่อกันนั่นคือ ค่าความแปรปรวนร่วมองค์ประกอบเฉพาะมีค่าเป็นศูนย์

3. คุณสมบัติด้านการบวกของความแปรปรวนขององค์ประกอบ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตัวแปรสังเกตได้ ประกอบด้วยผลบวกขององค์ประกอบเฉพาะ และความแปรปรวนจากองค์ประกอบร่วม เมื่อโมเดลอยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานจะมีค่าเฉลี่ยเป็น ศูนย์ และความแปรปรวนเป็นหนึ่ง

ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบมี 4 ขั้นตอน คือ

การเตรียมเมตริกซ์สหสัมพันธ์

การสกัดองค์ประกอบขั้นต้น (extraction of intial factor)

การหมุนแกน (method of rotation)

การสร้างตัวแปรประกอบหรือสเกลองค์ประกอบ

ในการดำเนินงานเพื่อการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอนที่สำคัญ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล (Specification of the Model) เป็นการกำหนดเมตริกซ์ทั้ง 8 ให้สอดคล้องกับโมเดลการวิจัย เพื่อจะได้เขียนคำสั่งให้โปรแกรมประมาณค่าพารามิเตอร์ตามลักษณะของพารามิเตอร์ในโมเดลริสเรล ซึ่ง Joreskog และ Sorborn (1989 อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) กำหนดค่าเมตริกซ์ทำได้ 3 แบบคือ

(1) พารามิเตอร์กำหนด (fixed parameters) เมื่อโมเดลการวิจัยไม่มีเส้นแสดงอิทธิพลระหว่างตัวแปรพารามิเตอร์ขนาดอิทธิพลตัวนั้น จะกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์ ใช้สัญลักษณ์ "0" (ศูนย์)

(2) พารามิเตอร์บังคับ (constrained parameters) เมื่อโมเดลการวิจัยไม่มีเส้นแสดงอิทธิพลระหว่างตัวแปร และพารามิเตอร์ขนาดอิทธิพลตัวนั้นเป็นค่าที่ต้องประมาณ แต่นักวิจัยมีเงื่อนไขที่ต้องกำหนดให้พารามิเตอร์บางตัวมีค่าเฉพาะคงที่ เช่น มีค่าเท่ากับ 1 กรณีเช่นนี้ จะกำหนดค่าสมาชิกในเมตริกซ์แทนที่ค่า พารามิเตอร์นั้นเป็นพารามิเตอร์บังคับ

(3) พารามิเตอร์อิสระ (free parameters) เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องที่ต้องการประมาณค่าและไม่ได้บังคับให้มีค่าอย่างหนึ่งอย่างใด ใช้สัญลักษณ์ "*"

ขั้นตอนที่ 2 การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล (Identification of the Model)

การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล คือ การระบุว่าโมเดลนั้นสามารถนำมาประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เป็นค่าเดียวหรือไม่ เงื่อนไขที่ทำให้ระบุความเป็นค่าเดียวพอดีมี 3 ประเภท คือ

(1) เงื่อนไขจำเป็น (necessary condition) ของการระบุได้พอดี โมเดลจะต้องมีลักษณะ คือ จำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนสมาชิกในเมตริกซ์ความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วม ของกลุ่มตัวอย่าง เงื่อนไขนี้เรียกว่า กฎที (t-rule)

(2) เงื่อนไขพอเพียง (sufficient condition) ของการระบุได้พอดีสำหรับความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดลมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะเฉพาะในแต่ละโมเดล

(3) เงื่อนไขจำเป็นและพอเพียง (necessary and sufficient condition) เป็นเงื่อนไขที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยกล่าวว่า โมเดลระบุได้พอดีก็ต่อเมื่อสามารถแสดงได้โดยการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของประชากร

ขั้นตอนที่ 3 การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล (Parameter Estimation from the Model)

ใช้หลักการนำเมตริกซ์ความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วมจากกลุ่มตัวอย่าง (ข้อมูลเชิงประจักษ์) มาเปรียบเทียบกับเมตริกซ์ความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วมที่สร้างขึ้นจากพารามิเตอร์ที่ประมาณได้ ถ้ามีค่าใกล้เคียงกัน หมายความว่าโมเดลที่เป็นสมมติฐานมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบความกลมกลืนสอดคล้องระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับโมเดลที่เป็นสมมติฐาน (Model Validity)

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบความตรงของโมเดลลิสเรลที่เป็นสมมติฐานการวิจัย ซึ่งเสนอค่าสถิติที่ช่วยในการตรวจสอบ 4 วิธี คือ

(1) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและสหสัมพันธ์ของค่าประมาณพารามิเตอร์ (Standard Error and Correlation of Estimation) ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรลจะให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติที และสหสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณ ถ้าค่าประมาณที่ได้ไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีขนาดใหญ่และโมเดลวิจัยอาจยังไม่ดีพอ ถ้าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณมีค่าสูงมากเป็นสัญญาณว่าโมเดลการวิจัยจะไม่เป็นบวกแน่นอน และเป็นโมเดลที่ไม่ดีพอ

(2) สหสัมพันธ์พหุคูณและสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (Multiple Correlation and Coefficient of Determination) สำหรับตัวแปรสังเกตได้แยกทีละตัวและรวมทุกตัว รวมทั้งสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของสมการโครงสร้างด้วย ค่าสถิติเหล่านี้ควรมีค่าสูงสุดไม่เกินหนึ่งและค่าที่สูงแสดงว่าโมเดลมีความตรง

(3) ค่าสัมประสิทธิ์วัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Measures) เป็นค่าสถิติที่จะตรวจสอบความตรงในภาพรวมทั้งหมดของโมเดล และยังสามารถเปรียบเทียบระหว่างโมเดลว่าโมเดลใดจะมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่ากัน ค่าสถิติในกลุ่มนี้มี 4 ประเภท ได้แก่

3.1) ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-square Statistics) เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็น 0 ยิ่งใกล้ 0 มาก แสดงว่าโมเดลลิสเรลสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.2) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of fit index = GFI) ดัชนี GFI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ดัชนี GFI ที่เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.3) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแล้ว (Adjusted Goodness of fit index = AGFI) เมื่อนำดัชนี GFI มาปรับแก้ โดยคำนึงถึงองศาความอิสระ ซึ่งรวมจำนวนตัวแปรและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ค่าดัชนี AGFI มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับ GFI

3.4) ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือ (Root Mean Squared Residual = RMR) ดัชนี RMR เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดล 2 โมเดล RMR ยิ่งเข้าใกล้ 0 แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

(4) การวิเคราะห์เศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อน (Analysis of Residuals) การตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลข้อมูลเชิงประจักษ์ ควรพิจารณาถึงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานด้วย ถ้าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูล ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานไม่ควรมีค่าเกิน 2.00 ถ้ายังมีค่าเกิน 2.00 ต้องปรับโมเดล

ขั้นตอนที่ 5 การปรับโมเดล (Model Modification indices)

ในขั้นตอนนี้เป็นค่าสถิติเฉพาะของพารามิเตอร์แต่ละตัว มีค่าเท่ากับ ไค-สแควร์ ที่จะลดลงเมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์ตัวนั้นเป็นพารามิเตอร์อิสระ หรือมีการผ่อนคลายข้อกำหนดเงื่อนไขบังคับของพารามิเตอร์นั้น มีประโยชน์ช่วยในการตัดสินใจที่จะปรับโมเดลให้ดีขึ้น

ขั้นตอนที่ 6 การแปลความหมายการวิเคราะห์ผล

เป็นการนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทั้งหมด มาแปลความหมายและอธิบายถึงผลการวิจัย

9.3 ข้อดีของโมเดลลิสเรล

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลลิสเรลกับโมเดลเชิงสาเหตุแบบดั้งเดิมพบว่าโมเดลลิสเรลมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดีกว่าโมเดลแบบดั้งเดิมอย่างเห็นได้ชัดอยู่ 4 ประการ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ได้แก่

1. ความสามรถในการประมาณค่าพารามิเตอร์เทอร์มความคลาดเคลื่อน (error of measurement) เนื่องจากการวัดตัวแปรแฝงในการวิจัยทางการศึกษานั้น จะมีความคลาดเคลื่อนอยู่เสมอ

2. การผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลเชิงสาเหตุแบบดั้งเดิม โดยยอมให้ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวเทอมความคลาดเคลื่อนมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ได้ ทำให้ผลการวิเคราะห์ดีขึ้น

3. การวิเคราะห์ด้วยโมเดลลิสเรลสามารถวิเคราะห์โมเดลที่มีตัวแปรแฝงได้ด้วย

4. การคำนวณค่าดัชนีความกลมกลืน (goodness of fit index) ในโมเดลเชิงสาเหตุแบบดั้งเดิมต้องคำนวณด้วยมือและการปรับโมเดลมีความยุ่งยากสลับซับซ้อน ต้องใช้เวลานานจึงจะสามารถสร้างโมเดลได้สำเร็จ แต่ในโมเดลลิสเรลสามารถคำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้องมาพร้อมกับผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนโมเดลทำได้ง่ายกว่าโมเดลเชิงสาเหตุแบบดั้งเดิม

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวมาในตอนต้นทำให้ทราบว่าเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์มีองค์ประกอบของคุณลักษณะร่วมกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทั่วไป แต่จะมีลักษณะพิเศษที่โดดเด่นในส่วนที่เป็นคุณลักษณะทางด้านคณิตศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้การสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษและคุณลักษณะที่โดดเด่นทางคณิตศาสตร์ของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ในการวิจัยต่อไป โดยพิจารณาจากตัวบ่งชี้ที่มีผู้ศึกษามากกว่า 3 คนขึ้นไป ดังตารางที่ 2.2 และตาราง ที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ผลการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษ

ผู้ศึกษา / องค์ประกอบ	1. House (1987)	2. Torrance (1965)	3. Fliegler และ Brish (1957)	4. Marlan (1972)	5. Renzulli (1997)	6. Clark (2002)	8. U.S. Dpartment of education (1972)	7. อุษณีย์ ศรีสุข (2541)	9. อาพันธ์ชนิต เจนจิต (2546)	รวม
1. ด้านเชาวน์ปัญญา	*	*	*				*	*		5
2.ด้านความเป็นผู้นำ			*	*	*		*	*	*	6
3. ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์				*	*	*	*	*	*	6
4. ด้านความถนัดทางคณิตศาสตร์				*		*	*	*	*	5
5. ด้านความสามารถทางศิลปะ				*			*	*		3

จากตารางที่ 2.2 ผลการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษ **เพื่อหาองค์ประกอบร่วมระหว่างเด็กที่มีความสามารถพิเศษและเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์** ผู้วิจัยได้คัดเลือกองค์ประกอบจากจำนวนผู้ศึกษา โดยพิจารณาจากตัวบ่งชี้ที่มีผู้ศึกษามากกว่า 3 คนขึ้นไป ดังนั้นจากการสังเคราะห์องค์ประกอบทั้งหมดพบว่า คุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษ มีจำนวนทั้งสิ้น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านเชาวน์ปัญญา ด้านความเป็นผู้นำ ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ด้านความถนัดทางคณิตศาสตร์ และด้านความสามารถทางศิลปะ

ตารางที่ 2.3 ผลการสังเคราะห์ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะที่โดดเด่นทางคณิตศาสตร์ของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

ตัวบ่งชี้ \ ผู้ศึกษา	1.อารี สัณหฉวี (2540).	2. นิตติยา ปกาพจน์. (2540)	3. อุษณีย์ โพธิสุข. (2541)	4. บุญทัน อยู่บุญชม. (2529)	5. สุโขทัยธรรมาธิราช.(2526)	6. ศักดา บุญโต. (2544)	7. สุรีพร มีนมาลย์. (2539)	8. George. (1995).	9. krutetski (1976)	รวม
1. สมรรถภาพด้านจำนวน	*	*	*			*				4
2. สมรรถภาพด้านเหตุผล	*	*	*	*	*	*		*		7
3. สมรรถภาพด้านมิติสัมพันธ์		*	*			*	*		*	5
4. ความคิดคล่อง		*	*	*		*	*		*	6
5. ความคิดยืดหยุ่น		*	*	*	*	*	*	*	*	8
6. ความคิดริเริ่ม		*	*		*	*	*			5

จากตารางที่ 2.3 ผลการสังเคราะห์ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะที่โดดเด่นทางคณิตศาสตร์ของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ **เพื่อหาตัวบ่งชี้คุณลักษณะที่โดดเด่นในส่วนที่เป็นคุณลักษณะทางด้านคณิตศาสตร์** ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวบ่งชี้จากผู้จำนวนผู้ศึกษา โดยพิจารณาจากตัวบ่งชี้ที่มีผู้ศึกษามากกว่า 3 คนขึ้นไป ดังนั้นจากการสังเคราะห์ทั้งหมดพบว่า คุณลักษณะพิเศษที่ โดดเด่นในส่วนที่เป็นคุณลักษณะทางด้านคณิตศาสตร์ มีจำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ *ตัวบ่งชี้สมรรถภาพด้านจำนวน ตัวบ่งชี้สมรรถภาพด้านเหตุผล และตัวบ่งชี้สมรรถภาพด้านมิติสัมพันธ์* ซึ่งจัดอยู่ในองค์ประกอบด้านความถนัดทางคณิตศาสตร์ *ส่วนตัวบ่งชี้ความคิดคล่อง ตัวบ่งชี้ความคิดยืดหยุ่น และตัวบ่งชี้ความคิดริเริ่ม* จัดอยู่ในองค์ประกอบด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

จากตารางที่ 2.2 และ 2.3 ผลการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษและเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ผู้วิจัยได้นำมาสร้างตัวบ่งชี้คุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

ตัวบ่งชี้คุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ มีทั้งหมด 5 องค์ประกอบ 12 ตัวบ่งชี้ ดังต่อไปนี้

1. เชาวน์ปัญญา (ทฤษฎีเชาวน์ปัญญาทั่วไปของ Spearman) มีตัวบ่งชี้ 2 ตัว ได้แก่ ความสามารถในการย้อนคิด และความสามารถในการคิดเชิงก้าวหน้า

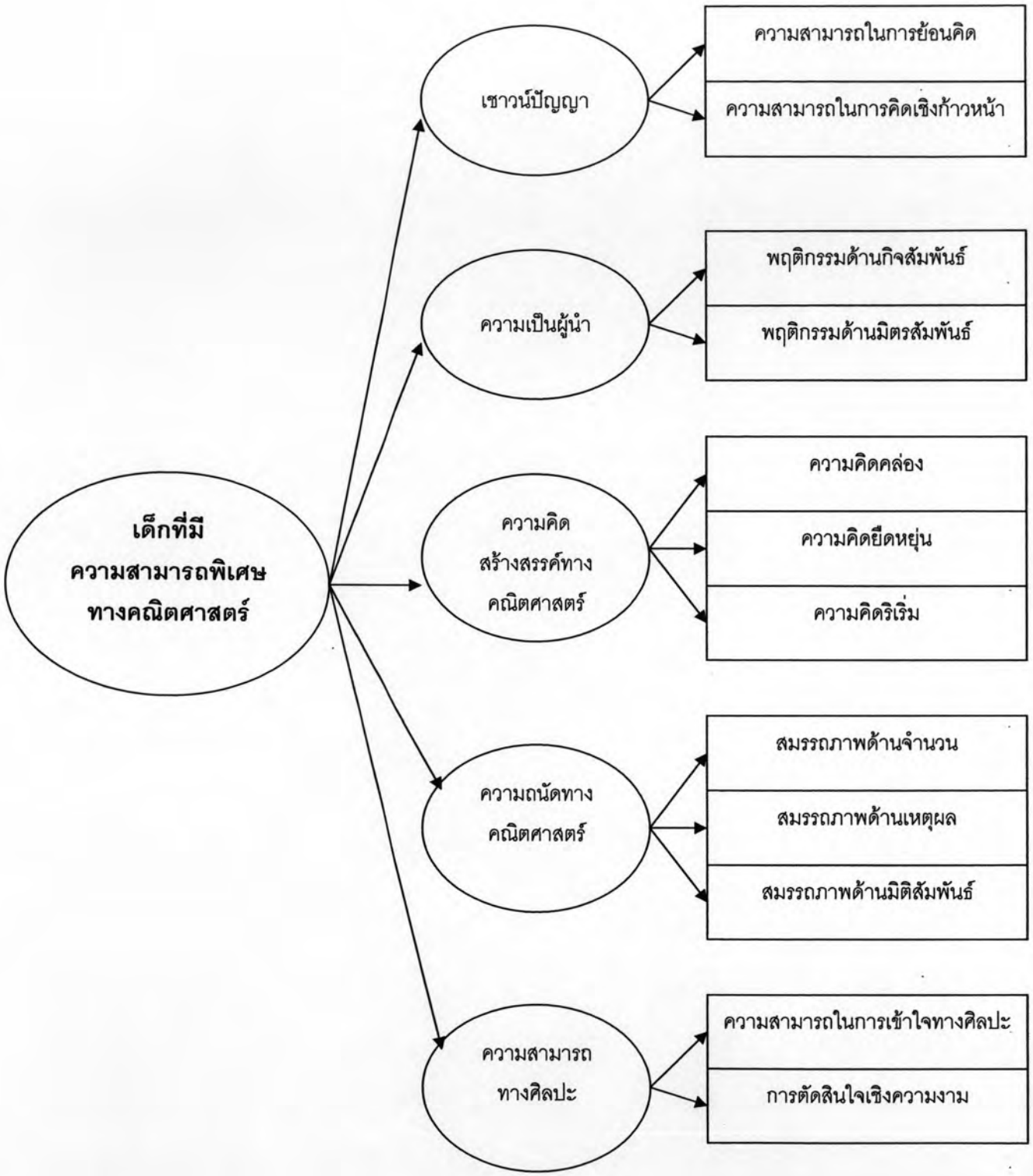
2. ความเป็นผู้นำ (ทฤษฎีความเป็นผู้นำของ Halpin และ Fiedter) มีตัวบ่งชี้ 2 ตัว ได้แก่ พฤติกรรมด้านกิจสัมพันธ์ และพฤติกรรมด้านมิตรสัมพันธ์

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ (สังเคราะห์จากแนวคิดของนักวิชาการ) มีตัวบ่งชี้ 3 ตัว ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

4. ความถนัดทางคณิตศาสตร์ (สังเคราะห์จากแนวคิดของนักวิชาการ) มีตัวบ่งชี้ 3 ตัว ได้แก่ สมรรถภาพด้านจำนวน สมรรถภาพด้านเหตุผล และสมรรถภาพด้านมิติสัมพันธ์

5. ความสามารถทางศิลปะ (แนวคิดของ ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์) มีตัวบ่งชี้ 2 ตัว ได้แก่ ความสามารถในการเข้าใจทางศิลปะ และการตัดสินใจเชิงความงาม

จากตัวบ่งชี้ และกรอบแนวคิดทางทฤษฎีคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถแสดงความสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้คุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ระหว่างตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบอันดับที่หนึ่งและองค์ประกอบที่สองได้ตามรายละเอียดที่แสดงในแผนภาพที่ 2.2



แผนภาพที่ 2.2 กรอบแนวคิดทางทฤษฎีจากการสังเคราะห์ตัวแปรจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

เนื่องจากที่ผู้วิจัยได้นำองค์ประกอบและตัวบ่งชี้คุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่สังเคราะห์จากแนวคิดทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้เสนอไว้ในตอนต้น เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ในขั้นต้น ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การคัดเลือกองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ โดยพิจารณาจากความคิดเห็นที่สอดคล้องกันของผู้เชี่ยวชาญมากกว่า 3 คนขึ้นไป ซึ่งเป็นจำนวนเกินครึ่งของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด โดยองค์ประกอบด้านเชาวน์ปัญญา ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และด้านความถนัดทางคณิตศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเหมาะสมกับคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบด้านความเป็นผู้นำและองค์ประกอบด้านความสามารถทางศิลปะ ผู้เชี่ยวชาญพบว่าไม่เหมาะสมกับคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะให้ปรับองค์ประกอบด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นด้านการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้สอดคล้องกับคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยครั้งนี้มากยิ่งขึ้น โดยองค์ประกอบด้านการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ ความสามารถด้านจำนวน ความสามารถด้านพีชคณิต และความสามารถด้านเรขาคณิต ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Krutetskii (1976) และพัฒนี อุดมวานิช (2537) ที่กล่าวถึงแบบทดสอบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางด้านคณิตศาสตร์ไว้ว่าควรมีเนื้อหาที่น่าสนใจทางด้านทฤษฎีจำนวน พีชคณิต และเรขาคณิต โดยการวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ยังคงใช้แนวคิดพื้นฐานที่สอดคล้องกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ใน 3 องค์ประกอบตามทฤษฎีของ Torance (1973) คือ ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดริเริ่ม (Originality) และสอดคล้องกับกรอบแนวคิดทางทฤษฎีในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สืบเนื่องจากผลดังกล่าวจึงทำให้ได้ตัวแปรที่ต้องการศึกษาเหลือเพียง 3 ด้าน โดยมีรายละเอียดดังจะกล่าวถึงในกรอบแนวคิดของการวิจัยซึ่งจะนำเสนอในตอนต่อไป

ตอนที่ 10 กรอบแนวคิดในการวิจัย

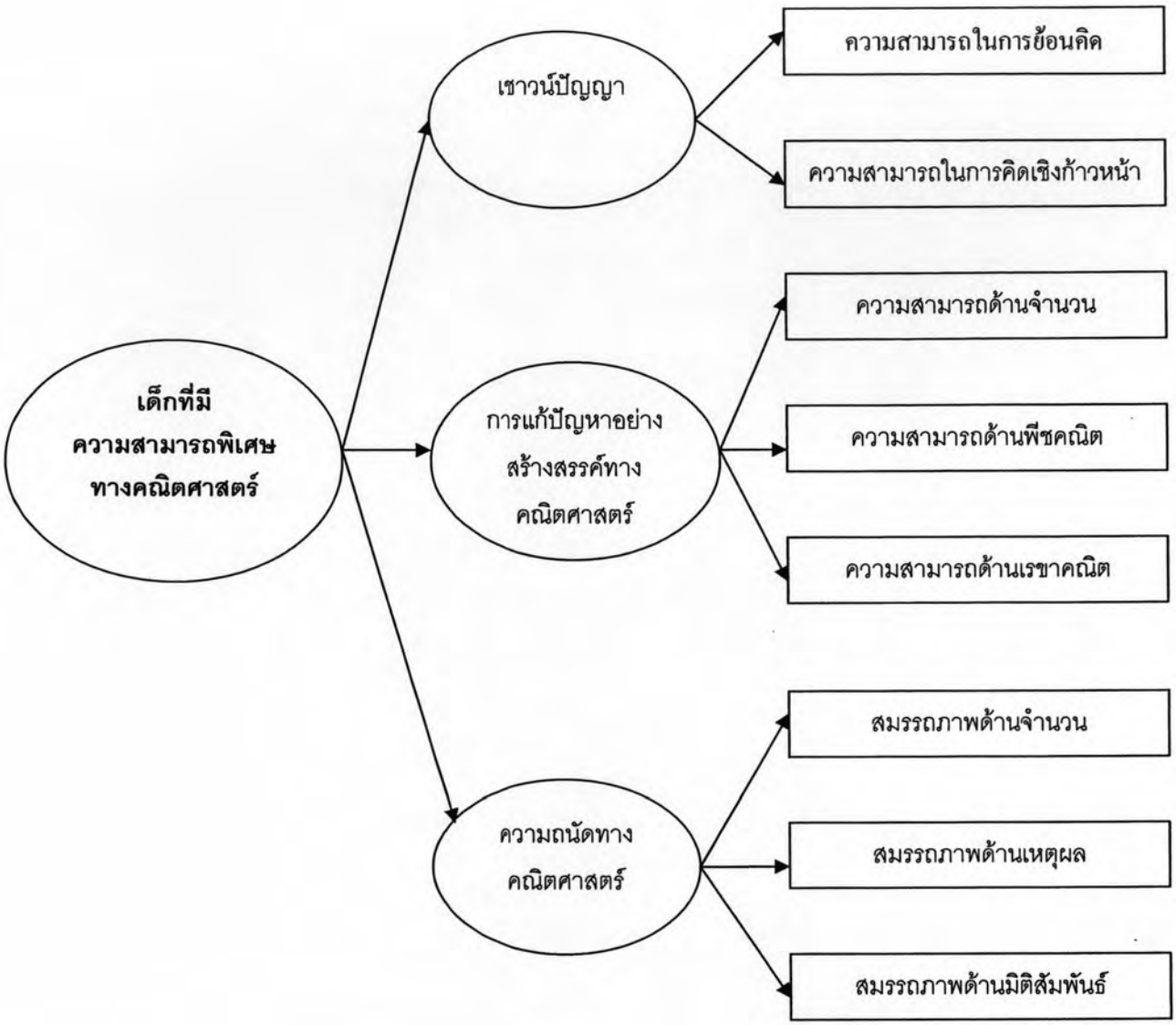
จากการศึกษาเอกสารแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อคัดเลือกตัวบ่งชี้ในขั้นต้น ได้องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านเชาวน์ปัญญา ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว ได้แก่ ความสามารถในการย้อนคิด และความสามารถในการคิดเชิงก้าวหน้า

2. ด้านการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 3 ตัว ได้แก่ ความสามารถด้านจำนวน ความสามารถด้านพีชคณิต และความสามารถด้านเรขาคณิต

3. ด้านความถนัดทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 3 ตัว ได้แก่ สมรรถภาพด้านจำนวน สมรรถภาพด้านเหตุผล และสมรรถภาพด้านมิติสัมพันธ์

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ผู้วิจัยขอเสนอกรอบแนวคิดในการวิจัยเกี่ยวกับคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้คุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ระหว่างตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบอันดับที่หนึ่งและองค์ประกอบที่สองได้ตามรายละเอียด โดยสรุปดังแผนภาพที่ 2.3



แผนภาพที่ 2.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัยคุณลักษณะเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์