

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การพัฒนาตัวบ่งชี้คุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนเครือข่ายโครงการผู้มีความสามารถพิเศษในด้านคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังหัวข้อต่อไปนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์
 - 1.1 ความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์
 - 1.2 ลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์
 - 1.3 การคัดแยกเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์
2. แนวคิดเกี่ยวกับบุคลิภาพและคุณลักษณะ
 - 2.1 ความหมายของบุคลิภาพและคุณลักษณะ
 - 2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับบุคลิภาพและคุณลักษณะ
3. แนวคิดเกี่ยวกับตัวบ่งชี้ทางการศึกษา
 - 3.1 ความหมายและลักษณะสำคัญของตัวบ่งชี้
 - 3.2 ประเภทของตัวบ่งชี้
 - 3.3 หลักการพัฒนาตัวบ่งชี้

- 3.4 คุณสมบัติของตัวบ่งชี้ที่ดี
- 3.5 ประโยชน์ของตัวบ่งชี้
- 4. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคนิคเคลฟาย
 - 4.1 นิยามและข้อตกลงเบื้องต้นของเทคนิคเคลฟาย
 - 4.2 กระบวนการของเทคนิคเคลฟาย
 - 4.3 ข้อดีของเทคนิคเคลฟาย
 - 4.4 ข้อจำกัดของเทคนิคเคลฟาย
 - 4.5 ประเด็นที่เหมาะสมในการนำมาคาดการณ์ด้วยเทคนิคเคลฟาย
 - 4.6 ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เทคนิคเคลฟายใช้ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ
- 5. การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบ
- 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์ เนื้อหาสาระเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ สรุปได้ดังนี้

ความหมายของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

เด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ หมายถึง เด็กที่มีความสนใจด้านจำนวน ตัวเลข การคำนวณ และสัญลักษณ์อย่างต่อเนื่อง มีกลยุทธ์การคิดของคณิตศาสตร์ได้อย่างพลิกแพลง แยกย่อย สร้างสรรค์ และสมเหตุสมผลเข้าใจเรื่องนามธรรม เด็กจะมองเห็นความสัมพันธ์เชิงมิติได้ดี มีความถนัดด้านคณิตศาสตร์ด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายๆ ด้านรวมกันอย่างโดดเด่นมากกว่าเด็กในวัยเดียวกัน รวมทั้งเด็กสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้หลายๆ รูปแบบ มีการวิเคราะห์ มีกระบวนการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ มีเอกลักษณ์เฉพาะตน เป็นผู้มีความคิดยืดหยุ่น มีเหตุผลและตอบปัญหาได้ดี สามารถที่จะย้อนกระบวนการคิดพร้อมทั้งสามารถย้อนทวนกระบวนการความคิดได้ สามารถที่จะจดจำสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ทั้งที่เป็นความสัมพันธ์และวิธีการพิสูจน์ (Heid, 1983: 222; ศักดา, 2544: 9-10; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544ก: 2; อุษณีย์ 2543 : 46-47)

ลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

ลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ หมายถึง เด็กที่มีแนวโน้มที่จะเลือกทำคณิตศาสตร์เมื่อเขามีโอกาสเลือกทำกิจกรรม เรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์ได้รวดเร็วกว่านักเรียนในชั้นหรือวัยเดียวกัน มักจะข้ามขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือใช้วิธีรวบรัด และมักจะใช้วิธีในการแก้ปัญหาที่คนอื่นคาดไม่ถึง ตั้งใจและทุ่มเทเวลาให้กับการแก้ปัญหาที่สนใจ มีความสามารถเชิงเหตุผล และความจำ ชอบ และให้ความสนใจกับความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาใหม่กับปัญหาต่างๆ ที่แก้มาแล้ว ชอบที่จะตั้งปัญหาที่มีลักษณะที่ไม่เหมือนใคร สามารถกำกับ และควบคุมตนเองได้อย่างอิสระ สนุกสนานกับการแก้ปัญหาที่เป็นปริศนา (puzzles) และเกมต่างๆ ชอบคบหากับคนที่มีความสนใจทางคณิตศาสตร์โดยไม่จำกัดวัย หมกมุ่น ครุ่นคิด และฝึกฝน โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง ใช้วิธีแปลกใหม่ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไม่ชอบทำตามวิธีที่คนอื่นทำ คิดโจทย์ปัญหาได้อย่างพลิกแพลง ชับช้อนและมองเห็นแง่มุมที่คนอื่นคิดไม่ถึง เป็นคนมีจินตนาการดี

สามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ได้หลายมิติ ได้คะแนนทดสอบทางคณิตศาสตร์สูง มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเดียวกันได้หลายรูปแบบ ชอบโจทย์คณิตศาสตร์ที่ยาก มีแนวโน้มที่จะมองอะไรๆ เชื่อมโยงมาเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้หมด มีความสามารถในการคิดเชิงนามธรรม การคิดให้เหตุผลเชิงอุปนัยและนิรนัย มีความสามารถเชิงมิติสัมพันธ์รวมทั้งความสามารถในการแก้ปัญหาต่างๆ โดยใช้ตรรกะ มีประสาทการรับรู้ที่ไวเป็นพิเศษ และมีสมาธิดีเยี่ยม (Ridge and Renzulli, 1981: 191-266; House, 1991: 51; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544ก: 2; อุษณีย์ 2543 : 46-47)

การคัดแยกเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

การพิจารณาคัดแยกเด็กที่มีความสามารถพิเศษ หรือเด็กที่มีความสามารถพิเศษเฉพาะทางนั้น เราต่างคาดหวังว่าจะมีเครื่องมือที่จะช่วยให้รู้ว่า ใครคือเด็กที่มีความสามารถพิเศษ และพิเศษทางด้านไหน ทั้งนักวิชาการ นักจิตวิทยา นักวัดผล ฯลฯ ต่างกำลังหาเครื่องมือช่วยในเรื่องนี้ ซึ่งก็ยังไม่มียุทธศาสตร์สำเร็จรูปใดๆ ที่วัดได้อย่างเหมาะสมเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป เพราะความสามารถของมนุษย์เป็นสิ่งที่ละเอียดซับซ้อนเป็นอย่างยิ่ง

การคัดแยกเด็กจำเป็นต้องอาศัยวิธีการหรือกระบวนการคัดแยกที่ได้ผล ทั้งนี้เพื่อกำจัดข้อผิดพลาดให้ได้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ ซึ่งการคัดแยกเด็กที่มีประสิทธิภาพมีลำดับขั้นตอนสรุปได้จากการศึกษาเอกสารดังนี้ (House, 1981: 9-14; Kirschenbaum, 1988: 53-61; Feldhusen and Jarwan, 1993: 242-244)

1. กำหนดความหมายของคำว่า “เด็กที่มีความสามารถพิเศษ” หรือ “เด็กที่มีความสามารถพิเศษเฉพาะทาง” ให้ชัดเจน เพราะจะเป็นตัวการพื้นฐานของกระบวนการคัดแยกเด็กที่บ่งชี้ว่า เครื่องมือควรประกอบด้วยอะไรบ้าง
2. กำหนดแหล่งข้อมูล คือ กำหนดว่ามีแหล่งใดบ้างที่จะช่วยให้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเด็กตามความหมายของคำว่า “เด็กที่มีความสามารถพิเศษ” หรือ “เด็กที่มีความสามารถพิเศษเฉพาะทาง” ที่กำหนดไว้ ในขั้นนี้ผู้ให้ข้อมูลเป็นผู้ที่ใกล้ชิดและรู้จักเด็กดีพอ คือ พ่อ แม่ ผู้ปกครอง ครู เพื่อน และตัวเด็กเอง สำหรับข้อมูลที่จะได้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเด็กยังมีอีก เช่น ผลงาน เอกสารของโรงเรียน เป็นต้น

3. เก็บรวบรวมข้อมูล คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีต่างๆ จากแหล่งข้อมูลใน ข้อที่ 2 ด้วยการใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น แบบเสนอชื่อ โดยครู พ่อ แม่ ผู้ปกครอง เพื่อน และตัวเด็กเอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียน แบบทดสอบวัดสติปัญญา แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบสำรวจความสนใจ เป็นต้น

4. กำหนดวิธีพิจารณาข้อมูล คือ การหาวิธีการในการพิจารณาข้อมูลที่รวบรวมได้ในข้อ 3 เพื่อใช้ในการตัดสินใจคัดเลือกเด็กที่มีความสามารถพิเศษ หรือเด็กที่มีความสามารถพิเศษเฉพาะทาง

แนวคิดเกี่ยวกับบุคลิกภาพและคุณลักษณะ

แนวคิดเกี่ยวกับบุคลิกภาพและคุณลักษณะ ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาสาระเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ สรุปได้ดังนี้

ความหมายของบุคลิกภาพและคุณลักษณะ

บุคลิกภาพ หมายถึง ลักษณะโดยรวมทั้งที่อยู่ภายในและภายนอกของบุคคล คือ ร่างกาย อารมณ์ จิตใจ และความรู้สึกต่างๆ ซึ่งลักษณะเหล่านี้จะแสดงออกมาเป็นพฤติกรรมที่สังเกตได้ และสังเกตไม่ได้ อันได้แก่นิสัย การปรับตัว อารมณ์ ความสนใจ ทักษะ และค่านิยมเป็นพฤติกรรมทางสังคม หรือเป็นพฤติกรรมที่ซ่อนเร้นอยู่ภายใน พฤติกรรมเหล่านี้เมื่อเกิดขึ้นในตัวบุคคลอยู่เป็นประจำ จะกลายเป็นลักษณะนิสัยที่เรียกว่าคุณลักษณะ (trait) ซึ่งคุณลักษณะเป็นสภาพนิสัยเฉพาะของบุคคลที่มีความแตกต่างออกไปตามประสบการณ์และการเรียนรู้ (วัฒนา, 2531: 84; ศรีเรือน, 2542: 320; Cattel, 1950 อ้างถึงใน ล้วน และ อังคณา, 2543: 214; Gordon, 1963 อ้างถึงใน ล้วน และ อังคณา, 2543: 214; Garrison, 1964 อ้างถึงใน ล้วน และ อังคณา, 2543: 214; Darly, Glucksberg and Kinchla, 1990: 441)

ทฤษฎีเกี่ยวกับบุคลิกภาพและคุณลักษณะ

Allport (1937 อ้างถึงใน ล้วน และ อังคณา, 2543: 224-225) มีความเชื่อว่า บุคลิกภาพ ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ทำให้มนุษย์มีเอกลักษณ์ในการปรับตัวกับสิ่งแวดล้อม คุณลักษณะเป็นสิ่งที่อยู่จริงที่ไม่สามารถมองเห็นได้โดยตรง แต่จะแสดงออกในรูปของพฤติกรรมในแต่ละบุคคล Allport แบ่งคุณลักษณะออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. คุณลักษณะร่วม (common traits) เป็นคุณลักษณะที่ทุกคนมีลักษณะนี้เหมือนกัน หรือเป็นคุณลักษณะที่เป็นตัวร่วมของบุคคลนั่นเอง เช่น ความก้าวร้าว ความสุภาพ
2. คุณลักษณะเฉพาะบุคคล (personal dispositions) เป็นคุณลักษณะที่แสดงถึงเฉพาะตัว มีความเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล เป็นตัวทำให้แต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันเด่นชัด บางทีเรียกว่า Individual Traits มีอยู่ 3 ชนิด คือ

2.1 Cardinal Traits เป็นคุณลักษณะเดียวที่เด่นออกมา มีอิทธิพลอย่างมากต่อการแสดงพฤติกรรม เช่น ความละโมภ คณหาราคะ ใช้เล่ห์เหลี่ยมเพื่อประโยชน์ตัวเอง เป็นต้น

2.2 Central Traits เป็นชุดของบุคลิกภาพลักษณะใหญ่ๆ ประกอบขึ้นเป็นแกนบุคลิกภาพของแต่ละบุคคล ซึ่งแต่ละคนมีอยู่ 5 ถึง 10 คุณลักษณะ ตัวอย่าง เช่น ความมีไมตรี ความรัก ความยุติธรรม การแข่งขัน ไม่สามารถควบคุมพฤติกรรมของบุคคลในสถานการณ์ต่างๆ ได้ เป็นต้น

2.3 Secondary Traits เป็นคุณลักษณะที่มีความสำคัญน้อย แสดงพฤติกรรมหลังจากสองคุณลักษณะแรกแสดงออกมาแล้ว เช่น ชอบเสื้อผ้า ชอบอาหาร ชอบดนตรี เป็นต้น

Cattel (1957 อ้างถึงใน ล้วน และ อังคณา, 2543: 225) ได้มองบุคลิกภาพเป็นผลพวงของตัวแปรด้านความรู้สึกและสติปัญญา เขาเห็นด้วยกับทฤษฎีของ Allport ที่ว่าทุกคนมีคุณลักษณะส่วนที่เป็นสามัญ และลักษณะเฉพาะของบุคคล แต่ Cattel จะแบ่งลงไปอีกว่า ลักษณะเฉพาะของบุคคลนั้นแบ่งเป็น 2 อย่าง คือ

1. Relatively Unique เป็นคุณลักษณะที่มีลักษณะเป็นแบบฉบับเฉพาะตน เกิดจากการรวมเสร็จแล้วเป็นแบบฉบับที่ไม่ซ้ำกับคนอื่น

2. Intrinsically Unique เป็นคุณลักษณะที่แต่ละคนมีความแตกต่างอย่างแท้จริง นอกจากนี้ยังแบ่งคุณลักษณะออกเป็น 2 ลักษณะ คือ อุปนิสัยพื้นผิว (surface traits) หมายถึง บุคลิกภาพภายนอกของบุคคลที่ปรากฏออกมาโดยสังเกตจากการแสดงกลุ่มของพฤติกรรมที่อยู่ด้วยกัน และอุปนิสัยต้นตอ (source traits) หมายถึง ลักษณะนิสัยที่ซ่อนอยู่ภายในตัวบุคคลซึ่งทำให้เขาแตกต่างจากคนอื่น และอุปนิสัยต้นตอยังแบ่งเป็น 3 แบบ ตามการแสดงออก คือ อุปนิสัยที่เกี่ยวกับแรงขับ (dynamic traits) อุปนิสัยที่เกี่ยวกับความสามารถ (ability traits) และอุปนิสัยทางอารมณ์ (treatment traits) ส่วนอุปนิสัยที่เกี่ยวกับแรงขับแบ่งออกเป็น ทักษะ (attitude) หน่วยพลัง (ergs) และความอ่อนไหวทางอารมณ์ (sentiments) ทักษะ ทำให้เกิดการกระทำที่แสดงถึงความเข้มของความรู้สึกไม่จำเป็นต้องพูดออกมา หน่วยพลัง คือ คุณลักษณะทางด้านร่างกาย เป็นสิ่งที่แสดงถึงความสำคัญของแรงขับของพฤติกรรมที่ได้รับมาแต่กำเนิด ทำให้บุคคลพร้อมในการตอบสนองบางอย่างดีกว่าอย่างอื่น มีที่หมายเฉพาะเจาะจงในการแสดงพฤติกรรม มีการเลือกพฤติกรรมที่ชอบให้สนองกับเป้าหมายที่เกิดขึ้น ซึ่งหน่วยพลังนี้แบ่งออกเป็น 7 อย่าง คือ 1) ความต้องการทางเพศ 2) ความต้องการอยู่กันเป็นพวก 3) การได้รับการป้องกันคุ้มครอง 4) ความอยากรู้อยากเห็น 5) ความต้องการหนีเมื่อกลัว 6) ความต้องการมีความสำคัญ 7) ความต้องการมีการตามใจตนเอง ความอ่อนไหวทางอารมณ์ เป็นคุณลักษณะที่ได้รับจากสิ่งแวดล้อมไม่ได้มีมาแต่กำเนิด ทำให้บุคคลนั้นมีความสนใจหรือตอบสนองในสถานการณ์ที่เฉพาะ อุปนิสัยที่เกี่ยวกับแรงขับจะประสานกันในรูปแบบของความซับซ้อนตามปกติแล้วทักษะจะเป็นตัวส่งเสริมความอ่อนไหวทางอารมณ์ และความอ่อนไหวทางอารมณ์จะส่งเสริมหน่วยพลัง ซึ่งเป็นพื้นฐานของบุคลิกภาพ

แนวคิดเกี่ยวกับตัวบ่งชี้ทางการศึกษา

ในส่วนแนวคิดเกี่ยวกับตัวบ่งชี้ทางการศึกษา ผู้วิจัยนำเสนอเนื้อหาสาระเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ ดังนี้

ความหมายและลักษณะสำคัญของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้ หมายถึง สารสนเทศที่บ่งบอกสถานะ หรือสภาพการณ์ในลักษณะใดลักษณะหนึ่งของสิ่งที่เราสนใจ สารสนเทศดังกล่าวอาจอยู่ในรูปแบบของข้อความ ตัวประกอบ ตัวแปร หรือค่าที่สังเกตได้เป็นตัวเลข โดยการนำข้อมูลตัวแปร หรือข้อเท็จจริงมาสัมพันธ์กันเพื่อให้เกิดค่าที่สามารถชี้ให้เห็นลักษณะของสภาพการดำเนินงาน หรือผลการดำเนินงานนั้นๆ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (Johnstone, 1981: 4; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544ก: 75; อุทุมพร และ คณะ, 2544: 21; ศิริชัย, 2547: 82)

ประเภทของตัวบ่งชี้

ประเภทของตัวบ่งชี้อาจมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับวิธีและเกณฑ์ในการแบ่งซึ่งอาจแบ่งโดยอาศัยวิธีการนำไปใช้ หรืออาศัยแนวคิดของวิธีการสร้างตัวบ่งชี้ เป็นต้น ซึ่งอาจจำแนกประเภทของตัวบ่งชี้ตามเกณฑ์ต่างๆ ได้ 6 วิธี ดังนี้ (Johnstone, 1981: 15-30; นงลักษณ์, 2546:64-87)

1. จำแนกตามตัวแปรที่เข้ามามีส่วนร่วมในการสร้างตัวบ่งชี้ ได้แก่

1.1 ตัวบ่งชี้แทน (representative indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่เป็นตัวแปรเดี่ยว ซึ่งนำมาใช้บอกสถานะของสิ่งที่มุ่งศึกษา นิยมใช้กันมากในงานวิจัย ตัวบ่งชี้ประเภทนี้มีจุดด้อย คือ ความลำเอียง (bias) ขาดเหตุผลในการเลือกตัวแปร และตัวแปรเพียงตัวเดียวไม่เหมาะสมกับลักษณะของระบบการศึกษา ซึ่งเป็นระบบที่มีความซับซ้อน

1.2 ตัวบ่งชี้เดี่ยว (disaggregative indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่นำข้อมูลมาแตกเป็นส่วนเล็กๆ แต่ละตัว แทนที่จะใช้ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเพื่ออธิบายสภาพของระบบการศึกษา ตัวบ่งชี้ประเภทนี้ต้องอาศัยนิยามของแต่ละตัวแปร เพื่ออธิบายแต่ละส่วนหรือแต่ละองค์ประกอบของ

ระบบการศึกษา ถ้านำไปใช้อธิบายเพียงบางส่วนก็เกิดปัญหาความไม่ถูกต้อง ดังนั้นลักษณะของตัวบ่งชี้ประเภทนี้จึงไม่ช่วยอธิบายคุณลักษณะหรือระบบที่ต้องการศึกษาได้

1.3 ตัวบ่งชี้รวม (composite indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่เกิดจากการรวมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่มุ่งศึกษาจำนวนหนึ่งเข้าด้วยกัน โดยการลงความเห็นของนักวิจัยหรือนักวางแผน หรือการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยการวิเคราะห์ห้อยคล้องประกอบ มีการถ่วงน้ำหนักของตัวแปรแต่ละตัว แล้วคำนวณหาค่าตัวบ่งชี้รวมออกมา ตัวบ่งชี้ประเภทนี้จึงสามารถอธิบายสถานะหรือคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งศึกษาได้ดีกว่าการใช้ตัวแปรเดี่ยว

2. จำแนกตามวิธีการแปลความหมายของตัวบ่งชี้ ได้แก่

2.1 ตัวบ่งชี้แบบอิงกลุ่ม (norm referenced indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่มีการแปลความหมายโดยการเปรียบเทียบกับระบบการศึกษาอื่นๆ หรือมาตรฐานที่กำหนดในช่วงเวลาเดียวกัน

2.2 ตัวบ่งชี้แบบอิงเกณฑ์ (criterion referenced indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่มีการแปลความหมายโดยการเปรียบเทียบกับระบบในอุดมคติ หรือวัตถุประสงค์ที่กำหนด

2.3 ตัวบ่งชี้แบบอิงตนเอง (self referenced indicators) หมายถึงตัวบ่งชี้ที่มีการแปลความหมายโดยการเปรียบเทียบกับสภาพเดิม ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

3. จำแนกตามลักษณะหรือสเกลการวัด ได้แก่

3.1 วัดเป็นค่าสัมบูรณ์ (absolute measurement) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่ค่าของตัวบ่งชี้จะต้องมีความสมบูรณ์ในตัวเอง ไม่มีการนำค่าไปเปรียบเทียบกับค่าอื่นๆ

3.2 วัดเป็นค่าสัมพัทธ์ (relative measurement) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่ค่าของตัวบ่งชี้จะต้องนำไปเปรียบเทียบกับหรือสัมพันธ์กับค่าอื่นๆ

4. จำแนกตามช่วงเวลา ได้แก่

4.1 ตัวบ่งชี้ที่แสดงค่าในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง (measurement of stocks) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่แสดงค่าเป็นปริมาณที่แน่นอน ณ เวลานั้น

4.2 ตัวบ่งชี้ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา (measurement of flows) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่แสดงค่าเป็นปริมาณที่สัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา

5. จำแนกตามระดับการวัดของตัวแปร ได้แก่

5.1 ตัวบ่งชี้นามบัญญัติ (nominal indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่ได้จากการสร้างตัวแปรในระดับนามบัญญัติ

5.2 ตัวบ่งชี้เรียงอันดับ (ordinal indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่ได้จากการสร้างตัวแปรในระดับเรียงอันดับ

5.3 ตัวบ่งชี้ช่วง (interval indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่ได้จากการสร้างตัวแปรในระดับช่วง

5.4 ตัวบ่งชี้อัตราส่วน (ratio indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่ได้จากการสร้างตัวแปรในระดับอัตราส่วน

6. จำแนกตามตัวบ่งชี้เชิงระบบ ได้แก่

6.1 ตัวบ่งชี้สภาพทรัพยากร (input indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับทรัพยากร และค่าที่ได้มักจะอยู่ในรูปเชิงปริมาณ เช่น เงิน สถานที่ และอุปกรณ์ต่างๆ

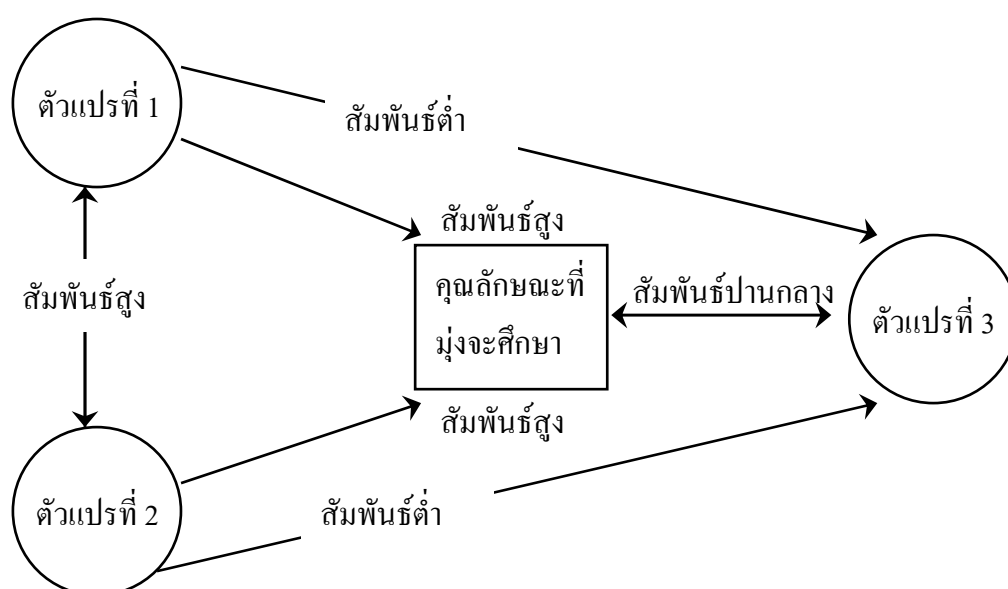
6.2 ตัวบ่งชี้กระบวนการ (process indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรหรือประโยชน์จากปัจจัยนำเข้าและการปฏิบัติการขององค์กร เป็นวิธีการบริการและต้องการวัดในเชิงคุณภาพ

6.3 ตัวบ่งชี้ผลผลิต (output indicators) หมายถึง ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ขององค์กร เป็นผลที่เกิดขึ้นทันทีและมักให้ค่าในเชิงปริมาณ

หลักการพัฒนาตัวบ่งชี้

Johnstone (1981: 71-78) ได้อธิบายวิธีการพัฒนาตัวบ่งชี้ทางการศึกษาไว้ 3 ประการดังนี้

ประการที่ 1 การคัดเลือกองค์ประกอบตัวแปร หรือกลุ่มตัวแปร (component variables) การคัดเลือกกลุ่มตัวแปร เพื่อสังเคราะห์เป็นตัวบ่งชี้ เริ่มจากการระบุหรืออธิบายคุณลักษณะของตัวบ่งชี้อย่างชัดเจน โดยอาศัยเอกสารข้อเสนอเชิงทฤษฎีหรือจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ตัวแปรหลักที่สำคัญ จึงควรหลีกเลี่ยงตัวแปรจำนวนมาก เพราะทำให้มีโน้ตส่นของสิ่งที่มุ่งศึกษามีความซับซ้อนและยากในการแปลความหมาย โดยทั่วไปถ้าตัวแปรสองตัวขึ้นไปมีความสัมพันธ์กันสูงจะไม่นิยมใช้ตัวแปรเหล่านั้นทั้งหมด เพราะผลที่ได้อาจจะมีความคลาดเคลื่อน และยังเป็นการไม่ประหยัดด้วย น่าจะนำตัวแปรอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์ภายในต่ำ แต่มีแนวโน้มว่าสามารถอธิบายสภาพการณ์หรือคุณลักษณะที่มุ่งศึกษาได้ในระดับสูงแทน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปร 3 ตัวแปร และคุณลักษณะที่มุ่งเน้น

ที่มา: Johnstone (1981: 73)

จากแผนภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรที่ 1 และตัวแปรที่ 2 มีแนวโน้มว่ามีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะที่มุ่งศึกษา ในขณะที่เดียวกันตัวแปรทั้งสองก็มีความสัมพันธ์กันเองสูง หรือเรียกว่ามีความสัมพันธ์กันภายในสูง เนื่องจากตัวแปรทั้งสองตัวอาจจะวัดลักษณะที่คล้ายคลึงกัน จึงไม่ควรคัดตัวแปรไว้ทั้งสองตัว แต่ควรเลือกตัวใดตัวหนึ่งไว้ ส่วนตัวแปรที่ 3 มีความสัมพันธ์ภายในกับตัวแปรที่ 1 และ 2 ในระดับต่ำ แต่มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะที่ศึกษาปานกลาง จากกรณีดังกล่าวควรเลือกตัวแปรที่ 1 และ 2 ตัวใดตัวหนึ่งร่วมกับตัวแปรที่ 3

ประการที่ 2 การสังเคราะห์ตัวแปรองค์ประกอบ โดยทั่วไปใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ การบวกทางพีชคณิต (additive) และการรวมแบบทวีคูณ (multiplicative) ซึ่งมีข้อแตกต่างกันดังนี้

1. การบวกทางพีชคณิต มีข้อตกลงเบื้องต้นคือ ความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรสามารถทดแทนหรือชดเชยกันได้ กล่าวคือ ถ้าตัวแปร V_1 มีค่าต่ำก็สามารถทดแทนได้ด้วยค่า V_2 ที่สูง เป็นผลให้ค่าตัวบ่งชี้ (I) ไม่เปลี่ยนแปลง ดังสมการ

$$I = V_1 + V_2$$

เมื่อ I	คือ	ตัวบ่งชี้
V_1	คือ	ตัวแปรที่ 1
V_2	คือ	ตัวแปรที่ 2

การรวมตัวแปรองค์ประกอบวิธีนี้ มักมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระบบตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไปว่ามีความแตกต่างกันกี่หน่วยในเรื่องที่ศึกษา

2. การรวมแบบทวีคูณ มีข้อตกลงเบื้องต้น คือ การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรหนึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของอีกตัวแปรหนึ่งซึ่งไม่อาจทดแทนหรือชดเชยกันได้ ดังสมการ

$$I = V_1 \cdot V_2$$

เมื่อ I	คือ	ตัวบ่งชี้
V_1	คือ	ตัวแปรที่ 1
V_2	คือ	ตัวแปรที่ 2

เงื่อนไขของวิธีการนี้ คือ ตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นจะมีค่าสูงได้ก็ต่อเมื่อตัวประกอบประกอบทุกตัวมีค่าสูงทั้งหมด การรวมแบบทวิคูณนี้ มักจะใช้เมื่อต้องการเปรียบเทียบระบบตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไปว่าระบบหนึ่งมีค่าตัวบ่งชี้สูงกว่าอีกระบบหนึ่งกี่เท่า

ดังนั้นในการพัฒนาตัวบ่งชี้สามารถเขียนสมการต่างๆ โดยจำแนกตามวิธีการรวมตัวแปรดังนี้

1. การพัฒนาตัวบ่งชี้ด้วยการหาค่าตัวบ่งชี้ในรูปของค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean) ของตัวแปรหาได้จากสมการ

1.1 กรณีที่ตัวแปรมีค่าน้ำหนักเท่ากัน

$$I = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}{n}$$

1.2 กรณีที่ตัวแปรมีค่าน้ำหนักต่างกัน

$$I = \frac{W_1 V_1 + W_2 V_2 + W_3 V_3 + \dots + W_n V_n}{\sum W_i}$$

เมื่อ n คือ จำนวนตัวแปร

$\sum W_i$ คือ ผลรวมของน้ำหนักของตัวแปรที่ $I(V_i)$

2. การพัฒนาตัวบ่งชี้ด้วยการหาค่าตัวบ่งชี้ในรูปค่าเฉลี่ยเลขคณิต (geometric mean) ของตัวแปรหาได้จากสมการ

2.1 กรณีที่มีค่าน้ำหนักเท่ากัน

$$I = (V_1 \cdot V_2 \cdot V_3 \dots V_n)^{1/n}$$

2.2 กรณีที่ตัวแปรมีค่าน้ำหนักต่างกัน

$$I = (V_1^{W_1} \cdot V_2^{W_2} \cdot V_3^{W_3} \dots V_n^{W_n})^{1/n}$$

การคำนวณค่าในสมการ สามารถคำนวณด้วยวิธีการหาค่า logarithm ดังนี้

$$\text{LogGM} = \sum_{i=1}^n V_i$$

$$\text{LogGM} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \log V_i}{n}$$

3. การพัฒนาตัวบ่งชี้โดยอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์ แล้วนำมาจัดกลุ่มตัวแปร โดยใช้วิธีสถิติ เช่น วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ โดยใช้วิธีการรวมตัวแปรทางพีชคณิต ดังนี้

$$I = W_1 (Z_1) + W_2 (Z_2) + W_3 (Z_3) + \dots + W_n (Z_n)$$

เมื่อ I คือ ค่าตัวบ่งชี้รวม

W_i คือ ค่าน้ำหนักตัวประกอบของตัวแปร

Z_i คือ ค่าคะแนนมาตรฐานของตัวแปร

ประกาศที่ 3 การกำหนดน้ำหนักตัวแปร การกำหนดน้ำหนักตัวแปรแต่ละตัวสามารถทำได้ โดยให้น้ำหนักของตัวแปรเท่ากันทุกตัว หรือให้มีความแตกต่างกันในแต่ละตัว โดยมีวิธีการหลัก 3 วิธี คือ

1. วิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ (expert judgment) เป็นการพิจารณาลงความเห็นในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้นๆ ซึ่งอาจเป็นนักวิจัยหรือนักวางแผนโดยให้สมาชิกแต่ละคนเสนอค่าน้ำหนักตัวแปร แล้วจึงพิจารณาหาข้อยุติด้วยการใช้ค่าเฉลี่ย หรือการอภิปรายลงความเห็น หรืออาจใช้แบบสอบถามเพื่อตรวจสอบค่าร้อยละของผู้ตอบเห็นด้วยกับความสำคัญของตัวแปรนั้น นอกจากนี้ยังมีวิธีการที่เป็นระบบมากขึ้น เช่น การใช้เทคนิคเดลฟาย เพื่อสำรวจความคิดเห็นจากกลุ่มคนที่ได้คัดเลือกเป็นพิเศษ โดยการสัมภาษณ์หรือตอบแบบสอบถามความคิดเห็นจนได้คำตอบที่ชัดเจน แล้วจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้หาค่าน้ำหนักของตัวแปร

2. วิธีวัดจากความพยายามของการได้มาของตัวแปร (measure effort required) โดยพิจารณาจากเวลาที่ใช้ หรือค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร ถ้าตัวแปรใดมีการใช้เวลา หรือค่าใช้จ่ายสูง คือ มีการใช้ความพยายามมากกว่าอีกตัวแปรหนึ่ง ตัวแปรนั้นควรมีน้ำหนักมากกว่า (หรือน้อยกว่า) อีกตัวแปรหนึ่ง ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับบริบทของสิ่งที่ต้องการศึกษา

3. วิธีการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ (empirical data) เป็นการใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้น้ำหนักของแต่ละตัวแปร โดยอาจใช้หลักการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์จำแนก หรือการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล เป็นต้น

สรุปแล้ววิธีการกำหนดน้ำหนักของตัวแปรไม่มีหลักเกณฑ์ตายตัวว่าควรใช้วิธีใดจึงจะเหมาะสมที่สุด ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของตัวแปร และตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้น ในทางปฏิบัติมักใช้หลักการทางทฤษฎีควบคู่กันไปกับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ กล่าวคือในขั้นวางแผนรวบรวมข้อมูลจะใช้หลักการเชิงทฤษฎีในการระบุคุณลักษณะของสิ่งที่ศึกษาเพื่อคัดเลือกตัวแปร เมื่อได้ข้อมูลแล้วจะอาศัยหลักการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดน้ำหนักของตัวแปรให้ได้ตัวบ่งชี้ที่ต้องการ

คุณสมบัติของตัวบ่งชี้ที่ดี

ศิริชัย (2547: 84-86) ได้กล่าวถึง คุณสมบัติสำคัญของตัวบ่งชี้ หรือตัวชี้วัดดังนี้

1. ความตรง (validity)

ตัวชี้วัดที่ดีจะต้องบ่งชี้ได้ตามคุณลักษณะที่ต้องการวัดอย่างถูกต้องแม่นยำ ตัวบ่งชี้ที่สามารถชี้ได้อย่างแม่นยำ ตรงตามคุณลักษณะที่มุ่งวัดนั้นมีลักษณะดังนี้

1.1 มีความตรงประเด็น (relevant)

ตัวบ่งชี้ต้องชี้วัดได้ตรงประเด็น มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณลักษณะที่มุ่งวัด

1.2 ความเป็นตัวแทน (representative)

ตัวบ่งชี้ต้องมีความเป็นตัวแทนคุณลักษณะที่มุ่งวัด หรือมีมุมมองที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญของคุณลักษณะที่มุ่งวัดอย่างครบถ้วน

2. ความเที่ยง (reliability)

ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องบ่งชี้คุณลักษณะที่มุ่งวัดได้อย่างน่าเชื่อถือ คงเส้นคงวา หรือบ่งชี้ได้คงที่เมื่อทำการวัดซ้ำในช่วงเวลาเดียวกัน ตัวบ่งชี้ที่สามารถชี้ได้อย่างคงเส้นคงวาเมื่อทำการวัดซ้ำนั้น มีลักษณะดังนี้

2.1 ความเป็นปรนัย (objective)

ตัวบ่งชี้ต้องชี้วัดได้อย่างเป็นปรนัย การตัดสินใจเกี่ยวกับค่าของตัวบ่งชี้ ควรขึ้นอยู่กับสถานะที่เป็นอยู่หรือคุณสมบัติของสิ่งนั้นมากกว่าที่จะขึ้นอยู่กับความรู้สึกตามอัตวิสัย

2.2 มีความคลาดเคลื่อนต่ำ (minimum error)

ตัวบ่งชี้ที่ต้องชี้วัดได้อย่างมีความคลาดเคลื่อนต่ำ ค่าที่ได้จะต้องมาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

3. ความเป็นกลาง (neutrality)

ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องบ่งชี้ด้วยความเป็นกลางปราศจากความลำเอียง ไม่โน้มเอียงเข้าข้างฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง ไม่ชี้นำโดยการเน้นการบ่งชี้เฉพาะลักษณะความสำเร็จ หรือความล้มเหลว หรือความไม่ยุติธรรม

4. ความไว (sensitivity)

ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องมีความไวต่อคุณลักษณะที่มุ่งวัด สามารถแสดงความผันแปรหรือความแตกต่างระหว่างหน่วยวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน โดยตัวบ่งชี้จะต้องมีมาตรและหน่วยวัดที่มีความละเอียดเพียงพอ

5. สะดวกในการนำไปใช้ (practicality)

5.1 เก็บข้อมูลง่าย (availability)

ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องสามารถนำไปใช้วัดหรือเก็บข้อมูลได้สะดวก สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลจากการตรวจ นับ วัด หรือสังเกตได้ง่าย

5.2 แปลความหมายง่าย (interpretability)

ตัวบ่งชี้ที่ดีควรให้ค่าการวัดที่มีจุดสูงสุด และต่ำสุด เข้าใจง่ายและสามารถสร้างเกณฑ์ตัดสินคุณภาพได้ง่าย

ประโยชน์ของตัวบ่งชี้

Johnstone (1981: 6-14) ตัวบ่งชี้ทางการศึกษานั้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ 5 ด้าน ดังนี้

1. ด้านการกำหนดนโยบาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบในการวางแผน คือขาดความชัดเจนในการกำหนดวัตถุประสงค์และนโยบาย มักจะระบุในลักษณะที่กว้างมากเกินไป การนำตัวบ่งชี้มาใช้ในข้อความกำหนดนโยบายจะช่วยให้ทราบสิ่งที่ต้องการให้บรรลุผลตามนโยบายได้ชัดเจนขึ้น
2. ด้านการกำกับและประเมินระบบการศึกษา การใช้ตัวบ่งชี้ทางการศึกษาในการกำกับและประเมินระบบการศึกษานั้น เป็นการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงที่มีความสำคัญมาก เพราะจะช่วยตรวจสอบว่าการเปลี่ยนแปลงของระบบการศึกษานั้นเป็นไปในทิศทางที่ต้องการ หรือพึงประสงค์หรือไม่ มีจุดติดขัดข้อใดอันจะนำไปสู่การปรับปรุง และพัฒนาการศึกษาให้ดียิ่งขึ้น
3. ด้านการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการศึกษา ตัวบ่งชี้มีประโยชน์ต่อการพัฒนาการวิจัย โดยเฉพาะตัวบ่งชี้รวมสามารถใช้แทนลักษณะของระบบการศึกษาในงานวิจัย โดยนำไปใช้วิเคราะห์เพื่อศึกษาวิจัยในแง่มุมต่างๆ ตามต้องการ ได้ถูกต้องและน่าเชื่อถือ ดีกว่าการใช้ตัวแปรเดียว หรือตัวแปรย่อยแต่ละตัวซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์เท่านั้น
4. ด้านการจัดลำดับและ/หรือการจัดประเภทระบบการศึกษา ตัวบ่งชี้ช่วยทำให้การจัดแบ่งกลุ่มในระบบการศึกษามีความตรง และความเที่ยง ทำให้ประเทศที่มีระบบการศึกษาในกลุ่มเดียวกันสามารถใช้ข้อมูลอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันได้ นอกจากนี้การจัดแบ่งกลุ่มยังช่วยให้เห็นถึงลักษณะที่เหมือน หรือแตกต่างกันในการศึกษา ใช้ในการเปรียบเทียบการศึกษาระหว่างจังหวัด ภายในประเทศหรือระหว่างประเทศได้ ซึ่งดีกว่าการใช้ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง หรือใช้ตัวแปรแต่ละชนิดหลายๆ ตัว การสร้างตัวบ่งชี้รวมจะช่วยลดความผิดพลาดลงได้
5. ด้านการประเมินคุณภาพการศึกษา ตัวบ่งชี้เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการตรวจสอบและประเมินคุณภาพการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการประกันคุณภาพการศึกษาต้องอาศัยตัวบ่งชี้เป็นตัวที่กำหนดเป้าหมายที่ตรวจสอบและประเมินผลคุณภาพการศึกษา

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคนิคเดลฟาย

ในส่วนความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคนิคเดลฟาย ผู้วิจัยนำเสนอเนื้อหาสาระเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

นิยามและข้อตกลงเบื้องต้นของเทคนิคเดลฟาย

เทคนิคเดลฟาย เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ทำนายเหตุการณ์หรือความเป็นไปได้ในอนาคต โดยอาศัยความคิดเห็นที่สอดคล้องกันหรือนันทามติของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องกันเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันและมีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากที่สุด โดยผู้วิจัยไม่ต้องนัดสมาชิกในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญให้มาประชุมพบปะกัน แต่ขอร้องให้สมาชิกแต่ละคนแสดงความคิดเห็นหรือตัดสินใจปัญหาในรูปของการตอบแบบสอบถาม และเทคนิคเดลฟายยังช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ และไม่ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลทางความคิดเห็นของผู้อื่นหรือเสียงส่วนใหญ่ (ใจทิพย์, 2535: 24; ส.วาสนา, 2544: 49)

ข้อตกลงเบื้องต้นของเทคนิคเดลฟายมี 2 ประการ คือ (Murry and Hammon, 1995 อ้างถึงใน อัญชรี, 2540: 10)

1. การตัดสินใจของกลุ่มบุคคลมีความถูกต้อง และความตรงมากกว่าการตัดสินใจของบุคคลเพียงบุคคลเดียว การตัดสินใจของกลุ่มบุคคลจะมีความตรงมากขึ้นถ้าผู้เชี่ยวชาญในกลุ่มเป็นผู้มีความรู้ในเรื่องที่ศึกษา
2. การตัดสินใจของกลุ่มบุคคลมีความเที่ยงมากกว่าการตัดสินใจของบุคคลเพียงบุคคลเดียว แต่จะเกิดปัญหาเมื่อสมาชิกภายในกลุ่มเผชิญหน้าต่อกัน และอาจทำให้เกิดอิทธิพลของกลุ่มส่งผลต่อความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนอื่นๆ ได้

กระบวนการของเทคนิคเดลฟาย

กระบวนการของการวิจัย เริ่มจากการคัดเลือกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เพื่อร่วมตอบแบบสอบถาม และเพื่อให้ได้ความคิดเห็นที่ตรงความจริงและน่าเชื่อถือมากขึ้น จึงต้องถามซ้ำและส่งแบบสอบถามไปยังกลุ่มผู้เชี่ยวชาญประมาณ 3-4 รอบ คือ (ใจทิพย์, 2535: 24-25)

รอบที่ 1 แบบสอบถามในรอบแรกมักเป็นคำถามปลายเปิดและเป็นการถามอย่างกว้างๆ เพื่อต้องการเก็บรวบรวมความคิดเห็นจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน นักวิจัยอาจใช้วิธีการสัมภาษณ์ กึ่งมีโครงสร้างแบบเปิดและไม่จำกัดคำตอบ (nondirective, open-ended, semi-structured interview) คือ มีการเตรียมหัวข้อหรือประเด็นที่จะถามไว้ล่วงหน้า ไม่ถามแบบชี้หน้า แต่จะปล่อยให้ผู้ถูก สัมภาษณ์พูดแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระและมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ผู้สัมภาษณ์มีหน้าที่เพียง บันทึกและตั้งใจฟัง แล้วทำการสรุปการสัมภาษณ์

รอบที่ 2 แบบสอบถามในรอบที่ 2 จะพัฒนาจากคำตอบในแบบสอบถามหรือการ สัมภาษณ์ในรอบแรก โดยผู้ทำการวิจัยจะรวบรวมความคิดเห็นที่ได้ทั้งหมดเข้าด้วยกัน และนำมา วิเคราะห์พิจารณา รวมทั้งคัดข้อมูลที่ซ้ำซ้อนออก จากนั้นก็จัดสร้างเป็นแบบสอบถามรอบที่ 2 ส่งกลับไปยังกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นอีกครั้ง แบบสอบถามรอบนี้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนต้องลงมติจัด ระดับความสำคัญของแต่ละข้อในรูปแบบของการให้เปอร์เซ็นต์หรือแบบมาตราวัดแบบลิเคิร์ต (likert scale) รวมทั้งเขียนเหตุผลที่เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยของแต่ละข้อ ลงในช่องว่างที่เว้นไว้ ตอนท้ายประโยค นอกจากนี้หากมีคำถามข้อใดที่ไม่ชัดเจน หรือควรมีการแก้ไขสำนวน ผู้เชี่ยวชาญ สามารถเขียนคำแนะนำลงในช่องว่างดังกล่าวได้อีกด้วย

ในบางครั้ง ผู้ทำการวิจัยอาจไม่ได้เริ่มต้นด้วยการส่งแบบสอบถามปลายเปิดเหมือนอย่างใน รอบแรก แต่สร้างแบบสอบถามฉบับแรกในลักษณะคล้ายๆ กันแบบสอบถามที่ 2 และสร้างคำถาม เกี่ยวกับปัญหาที่กำลังวิจัยขึ้นเอง แล้วจึงส่งไปยังกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอให้จัดระดับความสำคัญของ แต่ละข้อ แบบสอบถามในลักษณะนี้ผู้ทำการวิจัยควรมีคำถามปลายเปิดในตอนท้ายของ แบบสอบถาม เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมได้

รอบที่ 3 หลังจากได้รับแบบสอบถามรอบที่ 2 จากผู้เชี่ยวชาญกันแล้ว ผู้ทำการวิจัยจะนำคำตอบแต่ละข้อคำถามหาค่ามัธยฐาน (median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (interquartile range) แล้วสร้างแบบสอบถามใหม่โดยใช้ข้อความเดียวกับแบบสอบถามรอบที่ 2 เพียงแต่เพิ่มตำแหน่งมัธยฐาน ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ และตำแหน่งที่ผู้ตอบท่านนั้นๆ ได้ตอบในแบบสอบถามฉบับรอบที่ 2 แล้วส่งกลับไปให้ผู้ตอบท่านนั้นๆ อีกครั้งหนึ่ง จุดประสงค์ของแบบสอบถามรอบนี้เพื่อให้ผู้ตอบได้เห็นความแตกต่างระหว่างคำตอบเดิมของตัวเอง มัธยฐาน และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ของคำตอบที่ได้จากกลุ่มผู้ตอบทั้งหมด แล้วพิจารณาทบทวนอีกครั้งว่าต้องการยืนยันคำตอบเดิมหรือต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบใหม่หากต้องการยืนยันคำตอบเดิมก็ได้รับการขอร้องให้เขียนเหตุผลสั้นๆ ลงตอนท้ายของแต่ละข้อด้วย การส่งแบบสอบถามในรอบนี้นั้นจะจัดส่งไปให้กับผู้ที่ตอบและส่งคืนแบบสอบถามรอบที่ 2 แล้วเท่านั้น

รอบที่ 4 ผู้ทำการวิจัยจะทำตามขั้นตอนเดียวกับรอบที่ 3 คือ หาค่ามัธยฐาน ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ จากคำตอบที่ได้มาใหม่ แล้วใส่ลงในแบบสอบถามที่มีรูปแบบและเนื้อหาเช่นเดียวกับฉบับในรอบที่ 3 รวมทั้งใส่ตำแหน่งของผู้ตอบท่านนั้นๆ ในฉบับที่ 3 ด้วย จากนั้นส่งไปให้ผู้ตอบพิจารณาทบทวนคำตอบอีกครั้ง

โดยทั่วไป มักจะตัดการส่งแบบสอบถามในรอบที่ 4 แล้วใช้ผลที่ได้ในรอบที่ 3 พิจารณาเสนอผลการวิจัย เพราะความคิดเห็นในรอบที่ 3 และรอบที่ 4 มีความแตกต่างกันน้อยมาก

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเทคนิคเดลฟายมีข้อดีและข้อจำกัดดังต่อไปนี้ (ใจทิพย์, 2535: 25-26; ศ.วาสนา, 2544: 52-53)

ข้อดีของเทคนิคเดลฟาย

1. เป็นเทคนิคที่สามารถรวบรวมความคิดเห็นโดยไม่ต้องมีการพบปะประชุมกันซึ่งเป็นการทุ่นเวลาและค่าใช้จ่ายอย่างมาก
2. ข้อมูลที่ได้จะเป็นคำตอบที่น่าเชื่อถือเพราะ
 - 2.1 เป็นความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้นอย่างแท้จริง

2.2 มาจากการข้ถามหลายรอบ จึงเป็นคำตอบที่ได้กลั่นกรองมาอย่างรอบคอบ

2.3 ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนแสดงความคิดเห็นของตนเองอย่างเต็มที่และอิสระไม่ได้ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลทางความคิดหรืออำนาจเสียงส่วนใหญ่ เพราะผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นจะไม่ทราบว่ามีใครอยู่ในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญบ้าง และไม่ทราบด้วยว่าแต่ละคนมีความคิดเห็นอย่างไร เนื่องจากการตอบแบบสอบถามเคลฟายไม่ต้องลงชื่อผู้ตอบ

3. ผู้ทำการวิจัยสามารถระดมความคิดเห็นจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้โดยไม่จำกัด ทั้งในเรื่องจำนวนผู้เชี่ยวชาญ สภาพภูมิศาสตร์ หรือเวลา

4. เป็นเทคนิคที่มีขั้นตอนการดำเนินการไม่ยากนัก และได้ผลอย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพ

5. ผู้ทำการวิจัยสามารถทราบลำดับความสำคัญของข้อมูล และเหตุผลในการตอบรวมทั้งความสอดคล้องในเรื่องความคิดเห็นได้เป็นอย่างดี

ข้อจำกัดของเทคนิคเคลฟาย

1. ผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการคัดเลือกไม่ใช่เป็นผู้มีความสามารถหรือเชี่ยวชาญในสาขานั้นอย่างแท้จริง ซึ่งทำให้ข้อมูลที่ได้ขาดความเชื่อมั่นได้

2. ผู้เชี่ยวชาญไม่เต็มใจให้ความร่วมมือในการวิจัยอย่างแท้จริงโดยตลอด

3. ผู้ทำการวิจัยขาดความรอบคอบ หรือมีความลำเอียงในการพิจารณาวิเคราะห์คำตอบที่ได้ในแต่ละรอบ

4. แบบสอบถามที่ส่งไปสูญหาย หรือไม่ได้รับคำตอบกลับมามากอบในแต่ละรอบ

5. เทคนิคเคลฟายใช้เวลาในการดำเนินการนานประมาณ 1-3 เดือน จึงจะเสร็จสมบูรณ์

ประเด็นที่เหมาะสมในการนำมาคาดการณ์ด้วยเทคนิคเดลฟาย

ในปัจจุบันเทคนิคเดลฟายนิยมนำมาใช้ในการคาดการณ์อนาคตอย่างกว้างขวาง สำหรับประเด็นเหตุการณ์ที่เหมาะสมในการนำมาศึกษาเพื่อคาดการณ์คำตอบโดยใช้เทคนิคเดลฟายได้แก่ (Linestone 1975: 4)

1. ควรใช้ประเด็นเหตุการณ์ที่ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องแน่นอนและไม่สามารถแสวงหาคำตอบได้ด้วยวิธีการวิเคราะห์โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง แต่สามารถแสวงหาคำตอบโดยการรวบรวมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในเรื่องนั้นๆ อย่างกว้างขวาง
2. ผู้เชี่ยวชาญที่เหมาะสมในการนำมาศึกษาเพื่อรวบรวมความคิดเห็นนั้น ไม่สะดวกที่จะมารวมกลุ่มกัน เพื่อให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ทั้งนี้อาจด้วยเนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณ ด้านเวลา ด้านสภาพภูมิอากาศ
3. ผู้วิจัยไม่ประสงค์ให้ผู้เชี่ยวชาญได้เผชิญหน้ากันว่ามีใครบ้างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ข้อคิดเห็นและเสนอข้อเสนอนี้ เพื่อป้องกันการถูกรวบงำความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มีบุคลิกภาพหรือการแสดงออกที่เหนือกว่า ซึ่งเรียกว่า Bandwagon Effect

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เทคนิคเดลฟายใช้ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ

1. เวลา ผู้ทำการวิจัยควรมีเวลามากเพียงพอ โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 2 เดือน จึงจะเสร็จสิ้นกระบวนการ อย่างไรก็ตามอาจใช้เวลาช้าหรือเร็วกว่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจะส่งแบบสอบถามแต่ละรอบคืนมาช้าหรือเร็วเพียงใด
2. ผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากเทคนิคเดลฟาย เป็นวิธีที่ทำการรวบรวมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้น การพิจารณาคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ จึงนับว่ามีความสำคัญยิ่งต่อความตรง และความน่าเชื่อถือ (reliability) ของผลการวิจัย ในการพิจารณาคัดเลือกผู้เชียวชาญนั้น เพื่อให้ผลการวิจัยมีความตรงและความน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยต้องพิจารณาเลือกผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ในประเด็นปัญหาที่ศึกษาอย่างถ้วนถี่ เพื่อให้ได้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ในส่วนของจำนวนผู้เชี่ยวชาญนั้น Macmillan ได้เสนอผลการวิจัยเกี่ยวกับจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ใน

การวิจัยโดยเทคนิคเดลฟาย ในการประชุมประจำปี California Junior Colleges Association เมื่อค.ศ. 1971 ดังตาราง

ตารางที่ 2 จำนวนผู้เชี่ยวชาญการลดลงของความคลาดเคลื่อนและความคลาดเคลื่อนที่ลดลง

จำนวนผู้เชี่ยวชาญ	ช่วงความคลาดเคลื่อนที่ลดลง	ขนาดของความคลาดเคลื่อน
1-5	1.20-0.07	0.50
5-9	0.07-0.58	0.12
9-13	0.58-0.54	0.04
13-17	0.54-0.50	0.02
17-21	0.50-0.48	0.02
21-25	0.48-0.45	0.02
25-29	0.45-0.44	0.02

ที่มา: Macmillan (1971 อ้างถึงใน เกษม, 2522)

จากตารางแสดงให้เห็นว่าจำนวนผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 17 คนขึ้นไป ความคลาดเคลื่อนจะลดลงอย่างคงที่และมีน้อยมาก

3. แบบสอบถาม ควรเขียนให้ชัดเจน สละสลวย ง่ายแก่การอ่านและเข้าใจ นอกจากนี้การเว้นระยะในการส่งแบบสอบถามไปยังกลุ่มผู้เชี่ยวชาญแต่ละรอบไม่ควรให้ห่างนานเกินไป เพราะอาจมีผลให้ผู้ตอบลืมเหตุผลที่เลือก หรือตอบในรอบที่ผ่านมาได้

4. ผู้ทำการวิจัย ผู้ทำการวิจัยต้องมีความละเอียดรอบคอบในการพิจารณาคำตอบ และให้ความสำคัญในคำตอบที่ได้รับอย่างเสมอกันทุกข้อโดยไม่มีความลำเอียงแม้ว่าในข้อนั้นๆ จะมีบางคนไม่ตอบก็ตาม ทั้งยังควรมีการวางแผนล่วงหน้าอย่างดีในการดำเนินงานตามขั้นตอนของกระบวนการวิจัยแบบเดลฟายด้วย

5. เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาคำตอบที่เหมาะสม สำหรับคำตอบที่ได้จากแบบสอบถามแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ในรอบที่ 2 และ 3 นั้นจะนำมาคำนวณหาค่าร้อยละ ค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างฐานนิยมกับมัธยฐาน และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ เพื่อพิจารณาคำตอบ Linestone

(1975: 21) กล่าวว่า “ควรจะยุติการวิจัยเมื่อฉันทามติที่ได้เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากคำตอบในรอบที่ผ่านมาน้อยกว่า 15%” นอกจากนั้นจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปเกณฑ์ที่เหมาะสมได้ดังนี้ (กาฬัก, 2540; วิจิต, 2537; สุวลี, 2540)

5.1 ถ้าข้อความใดมีพิสัยระหว่างควอไทล์ไม่เกิน 1.50 และค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างฐานนิยมกับมัธยฐานไม่เกิน 1.00 แสดงว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อข้อความนั้นมีความสอดคล้องกันหรือได้รับฉันทามติ

5.2 ถ้าข้อความใดมีพิสัยระหว่างควอไทล์เกิน 1.50 และค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างฐานนิยมกับมัธยฐานเกิน 1.00 แสดงว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อข้อความนั้นไม่สอดคล้องกันหรือไม่ได้รับฉันทามติ

การวิเคราะห์องค์ประกอบ

หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบจะมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังนี้ (วินิจ, 2549; อรพินทร์, ม.ป.ป.:8-9)

1. ให้ทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่สนใจว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ถ้าตัวแปรใดมีความสัมพันธ์กันมากก็ควรใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ แต่ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันน้อยก็ไม่ควรใช้

2. ถ้าการสกัดองค์ประกอบของตัวแปร เพื่อจะทำการหาองค์ประกอบพบว่า แต่ละองค์ประกอบจะสามารถใช้ตัวแปรทั้งหมดที่เราศึกษาแทนได้ก็องค์ประกอบ วิธีที่เรานิยมใช้กันมาคือ วิธี PCA หรือ Principal Component Analysis โดยมีหลักการว่าองค์ประกอบแต่ละตัวจะสามารถเขียนเป็น Linear Combination ของตัวแปรอะไรได้บ้าง ซึ่งสภาพจริงก็จะเป็นการคำนวณหาค่าน้ำหนักของตัวแปรย่อย เพื่อสร้างเป็นตัวแปรองค์ประกอบใหม่

3. การหมุนแกนองค์ประกอบ เพื่อช่วยให้ผู้วิจัยทราบว่าตัวแปรย่อยที่เราศึกษาควรอยู่ในตัวแปรองค์ประกอบใดบ้าง การหมุนแกนจะมีอยู่ 2 วิธี คือ

3.1 การหมุนแกนแบบตั้งฉาก (orthogonal rotation) เป็นวิธีการหมุนแกนที่ทำให้องค์ประกอบที่ไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน หรือเป็นอิสระจากกัน ทำให้องค์ประกอบมีการตั้งฉาก การแปลความหมายขององค์ประกอบที่ได้จากการหมุนแกนแบบนี้ง่ายกว่าวิธีการหมุนแกนแบบ oblique rotation ถึงแม้วิธีหมุนแกนแบบ orthogonal จะได้ผลลัพธ์ที่ง่ายกว่าในการอธิบาย แต่ผลลัพธ์ที่ได้ไม่สะท้อนสภาพธรรมชาติที่แท้จริงของตัวแปร ซึ่งตัวแปรต่างๆ จะมีความสัมพันธ์กัน การหมุนแกนแบบ orthogonal มีหลายวิธีดังนี้

3.1.1 วิธีการ varimax เป็นวิธีการที่พยายามลดจำนวนตัวแปรให้เหลือน้อยที่สุด โดยตัวแปรนั้นมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงในองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งเท่านั้น เพื่อช่วยในการแปลความหมายขององค์ประกอบ

3.1.2 วิธีการ quartimax เป็นวิธีการที่เน้นการแปลความหมายตัวแปร วิธีการนี้มักจะให้ผลลัพธ์ในรูปองค์ประกอบทั่วไปที่มีน้ำหนักอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงสำหรับตัวแปรต่างๆ

3.1.3 วิธีการ equamax เป็นวิธีการที่ผสมวิธีการ varimax ที่ทำให้องค์ประกอบที่แปลความหมายได้ง่าย กับวิธีการ quartimax ที่ทำให้ตัวแปรแปลความหมายได้ง่าย

3.2 การหมุนแกนแบบไม่ตั้งฉาก (oblique rotation) เป็นวิธีการหมุนแกนที่องค์ประกอบต่างๆ มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน หรือไม่เป็นอิสระจากกัน หรือเป็นการหมุนแกนที่องค์ประกอบไม่ตั้งฉากกัน ซึ่งเป็นวิธีการแทนความเป็นจริงตามสภาพธรรมชาติ แต่วิธีการนี้มีปัญหาว่าการแปลความหมายจะซับซ้อน เพราะต้องแปลความหมายทั้งโครงสร้างขององค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ วิธีการหมุนแกนแบบไม่ตั้งฉาก ยังให้ค่า communalities ของตัวแปรไว้แบบเดิม เช่นเดียวกับวิธีหมุนแกนแบบตั้งฉาก แต่ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) และค่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบกับตัวแปรไม่ใช่ค่าเดียวกันเหมือนที่ได้จากวิธีหมุนแกนแบบตั้งฉาก ค่าน้ำหนักที่ได้จากวิธีการหมุนแกนแบบไม่ตั้งฉาก คือ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยบางส่วน (partial regression coefficients) ทั้งนี้เพราะว่าองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กัน

วิธีการหมุนแกนแบบไม่ตั้งฉากที่นิยมใช้ คือ วิธี oblimin ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้ได้โครงสร้างที่ง่ายที่แสดงว่าองค์ประกอบต่างๆ มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ โดยกำหนดขอบเขตของตัวอย่างดังนี้

ขนาดตัวอย่าง	ความเหมาะสมของการวิเคราะห์
50	แย่มาก
100	แย่
200	กำลังดี
300	ดี
500	ดีมาก
1,000	ดีที่สุด

การวิเคราะห์องค์ประกอบควรมีหน่วยตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาไม่ต่ำกว่าร้อยหน่วยตัวอย่าง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภคพจน์ (2539) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างเครื่องมือวัดคุณลักษณะของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง สร้างโดยใช้แนวของการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้รูปแบบของเครื่องมือวัดเป็นมาตราส่วนประมาณค่า ผลการวิจัยพบว่าได้คุณลักษณะที่สำคัญของนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงมี 4 คุณลักษณะ คือ ความกระตือรือร้น ความรับผิดชอบ ความขยันหมั่นเพียร และความละเอียดรอบคอบ ได้คุณลักษณะละ 10 ข้อรวม 40 ข้อ หาความตรงตามสภาพ วิเคราะห์จากการใช้เทคนิคกลุ่มที่รู้แล้วแต่ละลักษณะมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 มีความเที่ยงโดยวิธีการสอบซ้ำ แต่ละด้านมีค่าตั้งแต่ 0.6857 ถึง 0.8728 ได้ค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.8569 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด 3 คะแนน มีจุดตัดที่คำนวณโดยวิธีของ Brek ด้านความรับผิดชอบ 18 คะแนน ด้านความขยันหมั่นเพียร ด้านความละเอียดรอบคอบ และด้านความกระตือรือร้น ด้านละ 14 คะแนน

ศักดิ์ดา และคณะ (2543) ได้ทำการวิจัยเรื่อง รูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัย กระบวนการเรียนการสอนที่มีต่อการค้นหาและพัฒนาความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆ คือ ด้านกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล ด้านการค้นหาและพัฒนาความสามารถของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆ คือ ด้านกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ด้านกระบวนการแก้ปัญหา การบูรณาการทางคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน และการศึกษาคณิตศาสตร์ในรูปแบบโครงการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไพฑูริศศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 16 คน ผลการศึกษาพบว่า การสอนโดยใช้โปรแกรมเพิ่มพูนประสบการณ์ (enrichment) โดยวิธีดึงนักเรียนออกจากกลุ่มและจัดกิจกรรมเสริมประสบการณ์โครงการคณิตศาสตร์และพบผู้เชี่ยวชาญทางคณิตศาสตร์ เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์รูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนได้อย่างเหมาะสม ทั้งด้านความรู้ กระบวนการคิด การศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง และการมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ รวมทั้งบูรณาการทางคณิตศาสตร์

อนุชรีดา (2545) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบวัดคุณลักษณะเด่นทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบวัดในด้านอำนาจจำแนก ความตรง และความเที่ยง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา ในเขตจังหวัดสกลนคร จำนวน 752 คน โดยแบ่งนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 692 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน และนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 60 คน ได้มาโดยวิธีการคัดเลือก ซึ่งแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 5 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประมวลผลพฤติกรรมบ่งชี้คุณลักษณะเด่นทางด้านวิทยาศาสตร์ จำนวน 130 คน 2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์อำนาจจำแนก จำนวน 120 คน 3) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ความตรงเชิงสภาพ จำนวน 60 คน 4) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้าง จำนวน 342 คน 5) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ความเที่ยง จำนวน 100 คน ผลการวิจัยพบว่า แบบวัดคุณลักษณะเด่นทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีคุณลักษณะเด่นทางด้านวิทยาศาสตร์จำนวน 7 คุณลักษณะ รวมทั้งสิ้น 129 ข้อ ประกอบด้วย ช่างสังเกต จำนวน 11 ข้อ มีความอยากรู้อยากเห็น จำนวน 31 ข้อ มีความละเอียดรอบคอบ จำนวน 17 ข้อ มีความคิดสร้างสรรค์ในเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 14 ข้อ มีความสามารถแก้ปัญหาในเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 19 ข้อ มีเหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์

จำนวน 22 ข้อ ชอบทำกิจกรรมทางด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ คุณภาพของแบบวัดคุณลักษณะเด่นทางด้านวิทยาศาสตร์ มีความตรงเชิงปรากฏ โดยผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ 8 ใน 10 ท่าน ขึ้นไปทุกข้อ อำนาจจำแนกของแบบวัด มีค่าที่ตั้งแต่ 1.891 ถึง 7.383 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า ความตรงเชิงสภาพของแบบวัด มีค่าที่ตั้งแต่ 1.753 ถึง 6.918 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า ความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัด โดยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ ปรากฏว่าได้แบบวัดคุณลักษณะเด่นทางด้านวิทยาศาสตร์มีค่าถ่วงน้ำหนัก ตั้งแต่ 0.303 ถึง 0.679 การวิเคราะห์ความเที่ยงของแบบวัดในแต่ละคุณลักษณะ มีค่าตั้งแต่ 0.8005 ถึง 0.8991 และค่าความเที่ยงทั้งฉบับ เท่ากับ 0.9668

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยพบว่า คุณลักษณะสำคัญของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงมี 4 คุณลักษณะ คือ ความกระตือรือร้น ความรับผิดชอบ ความขยันหมั่นเพียร และความละเอียดรอบคอบ (ภคพจน์, 2539) และคุณลักษณะเด่นของนักเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ช่างสังเกต มีความอยากรู้อยากเห็น มีความละเอียดรอบคอบ มีความคิดสร้างสรรค์ในเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสามารถแก้ปัญหาในเชิงวิทยาศาสตร์ มีเหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์ ชอบทำกิจกรรมทางด้านทางด้านคณิตศาสตร์ (อนุชิตา, 2545)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้แนวทางในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้วิจัยจะมุ่งพัฒนาตัวบ่งชี้คุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ **ขั้นตอนแรก** ดำเนินการ โดยใช้เทคนิคเดลฟาย ซึ่งเป็นการอาศัยความคิดเห็นที่สอดคล้องกันหรือฉันทามติของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องกันและมีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากที่สุด และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเทคนิคเดลฟายในครั้งนี้จะใช้แบบสัมภาษณ์และแบบสอบถาม เพื่อคัดเลือกตัวบ่งชี้คุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ **ขั้นตอนที่ 2** ดำเนินการ โดยการนำตัวบ่งชี้ที่ได้รับการคัดเลือกในขั้นตอนแรกมาสร้างเป็นแบบสอบถามครูผู้สอนเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียนเครือข่ายโครงการผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์จำนวน 25 โรงเรียน เกี่ยวกับคุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบฉันทามติของครู เพราะครูกลุ่มนี้เป็นผู้ใกล้ชิดกับเด็กและสามารถแยกเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ออกจากเด็กปกติได้ และ **ขั้นตอนที่ 3** ดำเนินการจัดองค์ประกอบของตัวบ่งชี้คุณลักษณะของเด็กที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ โดยการนำตัวบ่งชี้ที่ได้รับฉันทามติเกินร้อยละ 80 มาวิเคราะห์องค์ประกอบ เพื่อจัดกลุ่มตัวแปร ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

คำถามวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	ข้อมูลที่ต้องการ	แหล่งข้อมูล	เครื่องมือ	วิเคราะห์
ตัวบ่งชี้	เพื่อพัฒนา	ตัวบ่งชี้	1. ผู้เชี่ยวชาญ	- แบบสัมภาษณ์	- วิเคราะห์เนื้อหา
คุณลักษณะ	ตัวบ่งชี้	คุณลักษณะ			
ของเด็กที่มี	คุณลักษณะ	ของเด็กที่มี		- แบบสอบถาม	- มัธยมศึกษา
ความ	ของเด็กที่มี	ความ			- ค่าพิสัยระหว่าง
สามารถ	ความ	สามารถ			ควอไทล์ของตัวบ่งชี้
พิเศษทาง	สามารถ	พิเศษทาง			
คณิตศาสตร์	พิเศษทาง	คณิตศาสตร์			
ประกอบไป	คณิตศาสตร์				
ด้วยตัวบ่งชี้					
อะไรบ้าง					
			2. ครูใน	- แบบสอบถาม	- ร้อยละ
			โรงเรียน		- วิเคราะห์
			เครือข่าย		องค์ประกอบ
			โครงการ		
			ผู้มีความ		
			สามารถ		
			พิเศษในด้าน		
			คณิตศาสตร์		
			จำนวน 25		
			โรงเรียน		