



วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการวิจัยสำหรับตรวจสอบ โนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิจัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของ ทาหชูโอกะ โดยมีรายละเอียดของประชากร กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและขั้นตอน การดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยมี 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียน มัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษาในกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรีปีการศึกษา 2537 ซึ่งมี จำนวนทั้งสิ้น 73,923 คน กลุ่มครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ ทางการวัดและประเมินผลการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดลองใช้วิธีการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการวิจัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น และวิธีการ ของทาหชูโอกะ จำนวน 940 คน

กลุ่มที่ 2 กลุ่มตัวอย่างสำหรับวิจัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งจะนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบความตรงเชิง เกณฑ์สัมพันธ์ของวิธีการวิจัย ได้แก่ ครูผู้ สอนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ทำหน้าที่วิจัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่สอนเป็นราย บุคคลโดยละเอียด จำนวน 10 คน

กลุ่มที่ 3 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการประเมินวิธีการที่พัฒนาขึ้น แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่

3.1 ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ร่วมทดลอง ใช้และประเมินวิธีการวิจัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น จำนวน 7 คน

3.2 ผู้ทรงคุณวุฒิทางการวัดและประเมินผลการศึกษา เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ประเมิน วิธีการที่วิจัยพัฒนาขึ้น จำนวน 7 คน

ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 อย่างเฉพาะเจาะจง โดยติดต่อไปยัง โรงเรียนที่คาดว่าจะให้ความร่วมมือ หลังจากที่อยู่อาศัยการโรงเรียนอนุญาตแล้ว ผู้วิจัยต้องไปคุยกับครูผู้สอนคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เกี่ยวกับขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งมีถึง 3 ขั้นตอนและยังต้องมีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยครูผู้สอนด้วย ทั้งนี้เพื่อคัดเลือกเฉพาะครูที่ยินดีให้ความร่วมมืออย่างเต็มที่เท่านั้น เพราะความตั้งใจของครูในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบความตรงนั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผลการวิจัย โดยผู้วิจัยคัดเลือกเฉพาะครูที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. จบการศึกษาวิชาเอกคณิตศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา
2. มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้น ม.2 มาไม่น้อยกว่า 5 ปี
3. ได้รับการยอมรับจากครูในโรงเรียนว่าสอนดีและเอาใจใส่นักเรียน
4. ยินดีสละเวลาและเต็มใจที่จะให้ความร่วมมือในการวิจัยซึ่งต้องมีการเก็บข้อมูลถึง 3 ครั้ง และต้องวินิจฉัยโดยการซักถามนักเรียนของตนเป็นรายบุคคลโดยละเอียด

โรงเรียนที่ให้ความร่วมมือและครูที่ยินดีที่จะเข้าร่วมในการวิจัยมี 4 โรงเรียน คือ ในกรุงเทพมหานคร ได้แก่ โรงเรียนศรีพฤฒาและโรงเรียนสุวรรณพลับพลา ในจังหวัดนนทบุรี ได้แก่ โรงเรียนศรีบุญยานนท์และโรงเรียนรัตนาธิเบศร์ ได้ครูที่มีคุณสมบัติดังกล่าว จำนวนทั้งสิ้น 10 คน นักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ครูทั้ง 10 คนกำลังสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้ ซึ่งมีทั้งสิ้น 14 ห้องเรียน จำนวน 940 คน กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนนี้จะใช้ในการทดลองวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทชูโอกะ ส่วนกลุ่มตัวอย่างครูผู้สอนจะให้เป็นผู้นิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยการซักถามนักเรียนของตนเป็นรายบุคคลโดยละเอียดเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบความตรงของวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทชูโอกะ ในการนำเสนอผลการวิจัยต่อไปผู้วิจัยใช้รหัสตัวเลขแทนชื่อโรงเรียนและรหัสตัวอักษรไทยแทนชื่อครูประจำห้องเรียนทั้ง 14 ห้องตามที่ไดตกลงกับทางโรงเรียนไว้ รายนามครูกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ที่ได้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่ตนสอนเสนอไว้ในภาคผนวก ข

กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 3.1 เป็นครูที่ร่วมทดลองใช้ และประเมินวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยเลือกมาอย่างเจาะจงจากครูที่จบการศึกษาวิชาเอกคณิตศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาไม่ต่ำกว่า 2 ปี และยินดีสละเวลาเป็นผู้ทดลองใช้ และประเมินวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธี

การพัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยครูที่เข้าร่วมจำนวนทั้งสิ้น 7 คน ดังรายนามที่เสนอในภาคผนวก ช

กลุ่มตัวอย่างกลุ่มสุดท้ายเป็นกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิทางการวัดและประเมินผลการศึกษา ซึ่งผู้วิจัยเลือกมาอย่างเฉพาะเจาะจง จากผู้ทรงคุณวุฒิที่จบการศึกษาระดับปริญญาเอกหรือโททางการวัดและประเมินผลการศึกษา และทำงานเกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล ซึ่งยินดีสละเวลาเป็นผู้ประเมินคุณภาพของวิธีการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ได้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้งสิ้น จำนวน 7 คน ดังรายนามที่เสนอในภาคผนวก ช

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เครื่องมือสำหรับวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ได้แก่

1.1 แบบสอบชุดที่ 1 ซึ่งเป็นแบบสอบการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลักชนิดเติมคำตอบ จำนวน 12 ข้อ

1.2 แบบสอบชุดที่ 2 ซึ่งเป็นแบบสอบสำหรับยืนยันแบบการคิดเป็นข้อสอบเฉพาะบุคคล มีจำนวนข้อไม่เท่ากันทุกคน

ส่วนที่ 2 เครื่องมือสำหรับศึกษาความคิดเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่

2.1 แบบบันทึกการสัมภาษณ์ความเห็นที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้นซึ่งเป็นการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นโครงสร้าง เพื่อให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ

2.2 เอกสารที่ใช้ประกอบการสัมภาษณ์ ได้แก่ คู่มือการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นเอกสารคำแนะนำเกี่ยวกับแนวคิดและวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแต่ละขั้นตอนโดยละเอียด พร้อมตัวอย่างการวินิจฉัย มีจำนวนทั้งสิ้น 10 หน้า

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน คือ การเก็บข้อมูลเพื่อการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน การเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความคิดเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น และการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความคิดเห็นของครูและนักเรียนที่มีต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น รายละเอียดของการเก็บข้อมูลในแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การเก็บข้อมูลเพื่อการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

หลังจากที่ได้ติดต่อและทำความเข้าใจกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 (ครูที่กำลังสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง) ซึ่งมีจำนวน 10 คน เกี่ยวกับรายละเอียดของการเก็บข้อมูลและการวินิจฉัยแล้ว ผู้วิจัยจึงดำเนินการเก็บข้อมูลใน 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่หนึ่ง ผู้วิจัยนำแบบสอบถามชุดที่ 1 ไปให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทำ โดยขอให้ครูทั้ง 10 คนดำเนินการสอบให้ตามเวลาที่เข้าสอน ซึ่งใช้เวลาในการสอบห้องละ 10 นาที เก็บข้อมูลครบทุกโรงเรียนใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ (1 - 16 สิงหาคม 2537)

หลังจากที่เก็บข้อมูลระยะที่ 1 ได้ครบ ผู้วิจัยดำเนินการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้ง 940 คนในรอบแรก ทีละคน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ (16 - 31 สิงหาคม 2537) จำแนกนักเรียนได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง จำนวน 561 คน คิดเป็นร้อยละ 59.68 กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ในรอบแรก จำนวน 347 คน คิดเป็นร้อยละ 37.02 ของนักเรียนทั้งหมด และกลุ่มสุดท้ายเป็นกลุ่มที่ไม่สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้อย่างแน่ชัดในรอบแรก มีจำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 3.40 ของนักเรียนทั้งหมด นักเรียนในกลุ่มหลังนี้ต้องได้รับการวินิจฉัยในรอบที่ 2 โดยผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบสอบถามชุดที่สองเพื่อยืนยันแบบการคิดสำหรับนักเรียนในกลุ่มนี้ทีละคน ใช้เวลาในการดำเนินการ 4 วัน (1 - 4 กันยายน 2537) จากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลในระยะที่ 2

ระยะที่สอง ผู้วิจัยนำข้อสอบชุดที่ 2 สำหรับยืนยันแบบการคิดไปให้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนในกลุ่มที่ต้องได้รับการวินิจฉัยในรอบที่ 2 จำนวน 32 คนทำ โดยขอให้ครูดำเนินการสอบให้ ใช้เวลารวบรวมข้อมูลในส่วนนี้ 1 สัปดาห์ (5 - 9 กันยายน 2537)

ระยะที่สาม ผู้วิจัยเข้าพบกับครูทั้ง 10 คนพร้อมกับแบบสอบถามชุดที่ 1 ของนักเรียนที่ท่านสอน ขอให้ครูดำเนินการวินิจฉัยนักเรียนที่สอนทุกคน โดยเริ่มจากการพิจารณาคำตอบในแบบสอบถามของนักเรียนแต่ละคน แล้วเรียกนักเรียนมาซักถามกลับไปกลับมา (check-recheck) เป็นรายบุคคลจนกว่าจะมั่นใจว่านักเรียนใช้วิธีคิดแบบใด การเก็บข้อมูลส่วนนี้ใช้เวลาประมาณ 3 สัปดาห์ (12 - 30 กันยายน 2537)

ส่วนที่ 2 การเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น

ในขณะที่ครูกำลังดำเนินการวินิจฉัยนักเรียนที่สอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิ โดยการติดต่อดังนิตหมายกลุ่มตัวอย่างชุดที่ 3 และ 4 พร้อมกับนำคู่มือการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ไปให้กลุ่มตัวอย่างศึกษาแล้วทำการสัมภาษณ์ การเก็บ

ข้อมูลเพื่อศึกษาความเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิดำเนินการแตกต่างกันคือ ในส่วนของครูผู้วิจัยได้ขอให้ครูทดลองดำเนินการตามกระบวนการวินิจฉัยนี้ โดยวินิจฉัยจากข้อสอบที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนจำนวน 10 ฉบับที่ผู้วิจัยนำมาให้ ผู้วิจัยคอยตรวจสอบว่าครูสามารถดำเนินการได้ถูกต้องเพียงใด หลังจากนั้นสัมภาษณ์ครูอย่างไม่มีโครงสร้างคำถามในการสัมภาษณ์ เพื่อให้ครูได้แสดงความเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอิสระ ส่วนการศึกษาความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒินั้น ได้ดำเนินการโดยทำการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิอย่างไม่มีโครงสร้างคำถามในการสัมภาษณ์ การเก็บข้อมูลในส่วนที่ 2 นี้ใช้เวลาดำเนินการในห้วงเวลาตั้งแต่ 1 กันยายนจนถึง 31 ตุลาคม 2537

ส่วนที่ 3 การเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความเห็นของครูและนักเรียนที่มีต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ลงมือเขียนคำสั่งตามผังงานระบบ ทดลองใช้โปรแกรม แก้ไขและปรับปรุง ตรวจสอบโปรแกรมและจัดทำเอกสารคู่มือการใช้โปรแกรมแล้ว ผู้วิจัยให้ครูและนักเรียน (กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 โดยขออาสาสมัครได้นักเรียน 5 คนและครู 1 คน) ทดลองใช้โปรแกรม โดยผู้วิจัยสังเกตและสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างอย่างไม่มีโครงสร้าง เพื่อให้ทราบความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่มีต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น ตอนที่ 2 เป็นการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการของทาทชูโอกะ ตอนที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทชูโอกะ และตอนที่ 4 เป็นการศึกษาความเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น โดยมีรายละเอียดของแต่ละตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น

การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ แบบการคิด แบบสอบที่ใช้ในการวินิจฉัย และวิธีการวินิจฉัย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอส่วนของการตรวจสอบความเที่ยงและความตรงของวิธีการวินิจฉัย และการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวินิจฉัยด้วยวิธีการดังกล่าวไว้ด้วย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 การได้มาซึ่งแบบการคิด

แบบการคิดที่ใช้สำหรับการวินิจฉัยต้องเป็นแบบการคิดหรือวิธีการคิดที่ชัดเจน มีความเฉพาะในเนื้อหา เช่น เนื้อหาการบวกเลขจำนวนเต็มลบ แบบการคิด ก หมายถึงแบบการคิดที่คิดค่าสัมบูรณ์โดยนำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งและตัวบวกมาลบกัน และคิดเครื่องหมายโดยให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของตัวบวกเสมอ เป็นต้น และต้องไม่เป็นข้อความที่คลุมเครือ เช่น แบบการคิด ก หมายถึงแบบการคิดที่นักเรียนคิดโดยไม่เข้าใจเรื่องการหาค่าสัมบูรณ์ ซึ่งข้อความดังกล่าวไม่ได้ระบุวิธีการของนักเรียนอย่างชัดเจน

กระบวนการได้มาซึ่งแบบการคิดแบ่งการดำเนินงานเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการวิเคราะห์หาแบบการคิดและขั้นตอนการตรวจสอบความครอบคลุมของแบบการคิดที่หาได้

1.1.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาแบบการคิด

1.1.1.1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาการบวกเลขจำนวนเต็มลบ

1.1.1.2 วิเคราะห์ขั้นตอนการคิดที่นักเรียนจะต้องใช้ในการแก้ปัญหาการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก พิจารณาว่าในแต่ละขั้นตอน วิธีคิดที่ถูกต้องเป็นอย่างไรและนักเรียนจะมีวิธีคิดที่ผิดอันเกิดจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้อย่างไรบ้าง

1.1.2 ขั้นตอนการตรวจสอบความครอบคลุมของแบบการคิดที่หาได้

1.1.2.1 เปรียบเทียบแบบการคิดที่หาได้กับผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง (วีรัช นิยมแย้ม, 2525; จินดา ลิมถาวรศิริงษ์, 2525; Tatsuoka, 1984)

1.1.2.2 ให้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 3 ตรวจสอบความครบถ้วน ความครอบคลุมของแบบการคิดที่หาได้

1.1.2.3 ทำการศึกษานำร่อง (pilot study) เพื่อสำรวจแบบการคิดของเด็กไทย โดยให้นักเรียนจำนวน 94 คน จากโรงเรียนศรีบุญยานนท์ ทำแบบสอบเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบ ซึ่งเป็นชนิดเติมคำตอบจำนวน 12 ข้อ ตรวจสอบคำตอบและคัดคนที่ตอบถูกต้องออก จากนั้นซักถามนักเรียนที่ตอบผิดแต่ละคนว่า ใช้วิธีคิดอย่างไรในการทำแบบสอบชุดนี้

1.2 การสร้างเครื่องมือวินิจฉัย

ในกระบวนการนี้ดำเนินการสร้างเครื่องมือ 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 เป็นแบบสอบชนิดเติม

คำตอบเพื่อวินิจฉัย ซึ่งสำรวจแบบการคิดสำหรับนักเรียนทุกคนและชุดที่ 2 เป็นแบบสอบชนิดถูก-ผิด เพื่อยืนยันแบบการคิดสำหรับนักเรียนที่ยังไม่สามารถวินิจฉัยแบบการคิดที่แน่นอนได้จากแบบสอบชุดแรก รายละเอียดในการสร้างแบบสอบทั้งสองชุดมีดังต่อไปนี้

1.2.1 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบชุดที่ 1

การสร้างแบบสอบชุดที่ 1 มีหัวใจสำคัญอยู่ที่การสร้างรูปแบบข้อสอบ (item form) ให้ครอบคลุมรูปแบบข้อสอบที่เป็นไปได้ในเนื้อหา นั้น แล้วสร้างข้อสอบแบบเติมคำตอบตามรูปแบบข้อสอบทั้งหมด โดยให้มีจำนวนข้อเท่ากัน ในทุกรูปแบบข้อสอบ มิเช่นนั้นแล้วจะทำให้ผลการวินิจฉัยคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงได้ ขั้นตอนในการสร้างข้อสอบชุดที่ 1 มีดังนี้

1.2.1.1 วิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เฉพาะการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลักให้มีสถานการณ์การเรียนรู้ที่ครบถ้วน ซึ่ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

เนื้อหา การบวกเลขจำนวนเต็มลบ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

วัตถุประสงค์ ให้นักเรียนสามารถบวกเลขจำนวนเต็มลบได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เมื่อกำหนดประโยคสัญลักษณ์การบวกจำนวนเต็มลบสองจำนวนให้ นักเรียนสามารถหาผลบวกได้ ในกรณีที่
 - ตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์มากกว่า
 - ตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่า
2. เมื่อกำหนดประโยคสัญลักษณ์การบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบให้ นักเรียนสามารถหาผลบวกได้ ในกรณีที่
 - จำนวนเต็มบวกมีค่าสัมบูรณ์มากกว่าจำนวนเต็มลบ
 - จำนวนเต็มบวกมีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่าจำนวนเต็มลบ
3. เมื่อกำหนดประโยคสัญลักษณ์การบวกจำนวนเต็มลบกับจำนวนเต็มบวกให้ นักเรียนสามารถหาผลบวกได้ ในกรณีที่
 - จำนวนเต็มบวกมีค่าสัมบูรณ์มากกว่าจำนวนเต็มลบ
 - จำนวนเต็มบวกมีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่าจำนวนเต็มลบ

1.2.1.2 กำหนดรูปแบบของข้อสอบ (item form) ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ซึ่งกำหนดได้ 6 รูปแบบ ดังนี้

- 1) $-L + (-S)$
- 2) $-S + (-L)$
- 3) $L + (-S)$
- 4) $S + (-L)$
- 5) $-L + S$
- 6) $-S + L$

โดยที่ L แทน จำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า
S แทน จำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่า

1.2.1.3 สร้างแบบสอบการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก ชนิดเติมคำตอบตามรูปแบบข้อสอบ รูปแบบละ 2 ข้อสำหรับตรวจสอบความเที่ยงในการวินิจฉัย ได้ข้อสอบดังนี้

แบบสอบการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก

- | | |
|---|--|
| 1. $-9 + 3 = \underline{\hspace{2cm}}$ | 7. $-8 + 5 = \underline{\hspace{2cm}}$ |
| 2. $-6 + (-2) = \underline{\hspace{2cm}}$ | 8. $-5 + (-3) = \underline{\hspace{2cm}}$ |
| 3. $2 + (-7) = \underline{\hspace{2cm}}$ | 9. $3 + (-6) = \underline{\hspace{2cm}}$ |
| 4. $-4 + 8 = \underline{\hspace{2cm}}$ | 10. $-2 + 9 = \underline{\hspace{2cm}}$ |
| 5. $-3 + (-9) = \underline{\hspace{2cm}}$ | 11. $-6 + (-8) = \underline{\hspace{2cm}}$ |
| 6. $5 + (-3) = \underline{\hspace{2cm}}$ | 12. $6 + (-2) = \underline{\hspace{2cm}}$ |

1.2.1.4 ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ โดยนำแบบสอบการบวกเลขจำนวนเต็มลบที่สร้างขึ้น ไปให้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 3 ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาในประเด็นความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและรูปแบบของข้อสอบ ซึ่งปรากฏว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเห็นด้วยว่าข้อสอบมีความเหมาะสม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและรูปแบบข้อสอบ จากนั้นผู้วิจัยนำแบบสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนรัตนธิเบศร์ จำนวน 47 คน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของข้อคำถามและเวลาที่ใช้ในการตอบ คำนวณค่าความเที่ยง ความยากและอำนาจจำแนก แล้วปรับปรุงแบบสอบก่อนนำไปใช้จริง ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบได้

ค่าความเที่ยงเท่ากับ .83 ค่าเฉลี่ยความยากและอำนาจจำแนกเท่ากับ .69 และ .74 พิสัยของค่าความยากคือ .60 ถึง .83 และพิสัยของอำนาจจำแนกคือ .68 ถึง .87

1.2.2 การสร้างแบบสอบชุดที่ 2

แบบสอบชุดนี้เป็นแบบสอบเฉพาะบุคคลสำหรับนักเรียนที่ได้รับการวินิจฉัยในรอบที่ 1 แล้วพบว่ามีแบบการคิดที่ให้ชุดคำตอบตรงกับชุดคำตอบของนักเรียนมากที่สุดมากกว่า 1 แบบ ซึ่งต้องทำการวินิจฉัยต่อด้วยแบบสอบชุดที่ 2 เพื่อยืนยันว่านักเรียนใช้แบบการคิดใดแน่ แบบสอบชุดนี้เป็นแบบสอบปรนัยชนิดให้ตอบถูก-ผิด แนวคิดในการสร้างแบบสอบชุดที่ 2 มาจากการใช้หลักตรรกศาสตร์ โดยการนำข้อสอบจากแบบสอบชุดที่ 1 ข้อที่พบว่าคำตอบของนักเรียนมาจากแบบการคิดใดแบบการคิดหนึ่งมาให้คำตอบซึ่งมาจากแบบการคิดอีกแบบหนึ่ง หากนักเรียนใช้แบบการคิดแรกจริงจะต้องตอบว่าคำตอบข้อนั้นผิด แต่ถ้าตอบว่าคำตอบข้อนั้นถูกก็เป็นไปได้ว่านักเรียนอาจจะใช้แบบการคิดแบบหลัง จึงต้องมีการตรวจสอบด้วยการให้คำตอบไขว้ระหว่างคำตอบจากแบบการคิดใหม่กับแบบการคิดเดิม ตัวอย่างการสร้างแบบสอบชุดที่ 2 อยู่ในหัวข้อขั้นตอนการวินิจฉัยรอบที่ 2 ในหน้า 55

1.3 กระบวนการวินิจฉัย

กระบวนการนี้ประกอบด้วยการทำงาน 2 รอบคือ รอบที่ 1 การวินิจฉัยเชิงสำรวจแบบการคิด (exploratory diagnosis) และรอบที่ 2 การวินิจฉัยเพื่อยืนยันแบบการคิด (confirmatory diagnosis)

1.3.1 ขั้นตอนของรอบที่ 1 การวินิจฉัยเชิงสำรวจแบบการคิด (exploratory diagnosis)

หลักของการวินิจฉัยแบบการคิดในรอบที่ 1 นี้มาจากแนวคิดที่ว่าแบบการคิดทั้ง 126 แบบจะให้ชุดคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน ดังนั้นเมื่อพบว่าคำตอบของนักเรียนตรงกับคำตอบจากแบบการคิดใดทั้งชุด แสดงว่านักเรียนน่าจะใช้แบบการคิดนั้น หากคำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำตอบจากแบบการคิดใดทั้งชุด แต่ตรงกับคำตอบจากแบบการคิดหนึ่งมากที่สุดเพียงแบบการคิดเดียว แสดงว่านักเรียนน่าจะใช้แบบการคิดนั้นเช่นกัน แต่ถ้ามีแบบการคิดที่ให้คำตอบตรงกับคำตอบของนักเรียนมากที่สุดมากกว่า 1 แบบการคิด ก็ต้องทำการวินิจฉัยในรอบที่ 2 เพื่อยืนยันว่านักเรียนใช้แบบการคิดใด ขั้นตอนการวินิจฉัยรอบที่ 1 มีดังนี้

- 1.3.1.1 นำแบบสอบชุดที่ 1 มาคำนวณหาคำตอบด้วยแบบการคิดที่ผิดทีละแบบ เพื่อให้ได้ชุดคำตอบของแต่ละแบบการคิด
- 1.3.1.2 นำแบบสอบชุดที่ 1 ไปให้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนทั้ง 940 คนทำ
- 1.3.1.3 ตรวจสอบให้คะแนน คัดคนที่ตอบถูกทุกข้อออกจากการวิเคราะห์
- 1.3.1.4 ดำเนินการวินิจฉัยด้วยการเปรียบเทียบชุดคำตอบของนักเรียนกับชุดคำตอบของแบบการคิดต่าง ๆ ทีละคน โดยเปรียบเทียบเป็นรายข้อว่าคำตอบแต่ละข้อของนักเรียนจะเหมือนกับคำตอบของแบบการคิดใดบ้าง ซึ่งจะได้ผลเป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ชุดคำตอบของนักเรียนตรงกับชุดคำตอบของแบบการคิดแบบใดแบบหนึ่งทั้งชุดตัวอย่าง ชุดคำตอบของนักเรียนเลขที่ 21 และ ผลการเปรียบเทียบกับชุดคำตอบของแบบการคิดเป็นดังนี้

	คำตอบของนักเรียน	แบบการคิดที่ให้คำตอบตรงกัน
1)	$-9 + 3 = \underline{-6}$	#1-5
2)	$-6 + (-2) = \underline{8}$	#1-5
3)	$2 + (-7) = \underline{-5}$	#1-5
4)	$-4 + 8 = \underline{-4}$	#1-5
5)	$-3 + (-9) = \underline{12}$	#1-5
6)	$5 + (-3) = \underline{-2}$	#1-5

ชุดคำตอบของนักเรียนเลขที่ 21 ตรงกับชุดคำตอบที่ได้จากแบบการคิดที่ 1-5 ทุกข้อ (แบบการคิดแต่ละแบบ จะให้ชุดคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน รายละเอียดของแบบการคิดเสนอไว้ในภาคผนวก ก) จึงสรุปผลการวินิจฉัยได้ว่านักเรียนเลขที่ 21 ใช้แบบการคิดที่ 1-5 คือ มีวิธีคิดค่าสัมบูรณ์ของคำตอบที่ถูกต้อง แต่มีวิธีคิดเครื่องหมายที่ผิด โดยถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งและตัวบวกต่างกันจะให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ แต่ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งและตัวบวกเหมือนกันจะให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก

กรณีที่ 2 ชุดคำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับชุดคำตอบของแบบการคิดใดทั้งชุด แต่มีแบบการคิดที่ให้คำตอบตรงกับคำตอบของนักเรียนมากที่สุดเพียงแบบการคิดเดียว

ตัวอย่าง ชุดคำตอบของนักเรียนเลขที่ 25 และผลการเปรียบเทียบกับชุดคำตอบของแบบการคิดเป็นดังนี้

	คำตอบของนักเรียน	แบบการคิดที่ให้คำตอบตรงกัน
1)	$-9 + 3 = \underline{-6}$	#1-7
2)	$-6 + (-2) = \underline{9}$	
3)	$2 + (-7) = \underline{-5}$	#1-7
4)	$-4 + 8 = \underline{4}$	#1-7
5)	$-3 + (-9) = \underline{12}$	#1-7
6)	$5 + (-3) = \underline{2}$	#1-7

(ชุดคำตอบของแบบการคิดที่ 1-7 คือ -6, 8, -5, 4, 12, 2)

ชุดคำตอบของนักเรียนเลขที่ 25 ตรงกับชุดคำตอบที่ได้จากแบบการคิดที่ 1-7 มากที่สุดจำนวน 5 ข้อจากข้อสอบทั้งหมด 6 ข้อ จึงสรุปผลการวินิจฉัยได้ว่านักเรียนเลขที่ 25 ใช้แบบการคิดที่ 1-7 คือ มีวิธีคิดค่าสัมบูรณ์ของคำตอบที่ถูกต้อง แต่มีวิธีคิดเครื่องหมายที่ผิดโดยจะให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า แต่ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเป็นลบจะให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก

กรณีที่ 3 ชุดคำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับชุดคำตอบของแบบการคิดใดทั้งชุด แต่มีแบบการคิดที่ให้คำตอบตรงกับคำตอบของนักเรียนมากที่สุด มากกว่าหนึ่งแบบ กรณีนี้ต้องวินิจฉัยต่อในรอบที่ 2 โดยให้นักเรียนทำแบบสอบชุดที่ 2 เพื่อยืนยันแบบการคิด ตัวอย่างของกรณีที่ 3 เป็นดังนี้

ตัวอย่าง ชุดคำตอบของนักเรียนเลขที่ 30 และผลการเปรียบเทียบกับชุดคำตอบของแบบการคิดเป็นดังนี้

	คำตอบของนักเรียน	แบบการคิดที่ให้คำตอบตรงกัน
1)	$-9 + 3 = \underline{-6}$	#1-1, #1-7
2)	$-6 + (-2) = \underline{-8}$	#1-1
3)	$2 + (-7) = \underline{-5}$	#1-1, #1-7
4)	$-4 + 8 = \underline{4}$	#1-1, #1-7
5)	$-3 + (-9) = \underline{12}$	#1-7
6)	$5 + (-3) = \underline{2}$	#1-1, #1-7

(ชุดคำตอบของแบบการคิดที่ 1-1 คือ -6, -8, -5, 4 -12, 2

ชุดคำตอบของแบบการคิดที่ 1-7 คือ -6, 8, -5, 4 12, 2)

3.2 ขั้นตอนของรอบที่ 2 การวินิจฉัยเพื่อยืนยันแบบการคิด (confirmatory diagnosis) สำหรับนักเรียนเฉพาะกลุ่มที่ยังไม่สามารถวินิจฉัยแบบการคิดที่แน่นอนได้ในขั้นตอนแรก

จากตัวอย่างข้างต้น ชุดคำตอบของนักเรียนเลขที่ 30 ตรงกับคำตอบที่ได้จากแบบการคิดที่ 1-1 และแบบการคิดที่ 1-7 มากที่สุด โดยตรงกัน 5 ใน 6 ข้อทั้งสองแบบการคิด ทำให้ไม่อาจตัดสินได้ว่านักเรียนเลขที่ 30 ใช้แบบการคิดใดกันแน่ จึงต้องทำการวินิจฉัยเพื่อยืนยันแบบการคิดต่อไป โดยเริ่มจากการสร้างแบบสอบปรนัยชนิดถูก-ผิดสำหรับนักเรียนคนนั้น ด้วยการนำข้อสอบจากแบบสอบชุดที่ 1 ของนักเรียนเฉพาะข้อที่แบบการคิดทั้งสองให้คำตอบไม่ตรงกันในกรณีคือข้อที่ 2 และข้อที่ 5 มาสร้างเป็นข้อสอบชนิดถูก-ผิด โดยคำตอบที่ใส่ไว้ให้จะเป็นคำตอบที่ถูกถ้าคิดด้วยแบบการคิดที่ต่างไปจากแบบการคิดของคำตอบเดิมที่นักเรียนตอบ ดังเช่นคำตอบที่ใส่ไว้ในข้อที่ 2 จะคิดจากแบบการคิดที่ 1-7 ส่วนคำตอบที่ใส่ไว้ในข้อที่ 5 จะคิดจากแบบการคิดที่ 1-1 ได้ข้อสอบดังนี้

$$1) \underline{\quad\quad} -6 + (-2) = 8$$

$$2) \underline{\quad\quad} -3 + (-9) = -12$$

คำตอบของข้อ 1 ที่เท่ากับ 8 นั้นได้มาจากแบบการคิดที่ 1-7 ส่วนคำตอบของข้อ 2 ที่เท่ากับ -12 ได้มาจากแบบการคิดที่ 1-1 ดังนั้นหากคำตอบของนักเรียนเลขที่ 30 เป็นดังนี้

$$1) \underline{\quad / \quad} -6 + (-2) = 8$$

$$2) \underline{\quad x \quad} -3 + (-9) = -12$$

แสดงว่านักเรียนเลขที่ 30 ใช้แบบการคิดที่ 1-7 คือ มีวิธีคิดค่าสัมบูรณ์ของคำตอบที่ถูกต้อง แต่มีวิธีคิดเครื่องหมายที่ผิด โดยถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งและตัวบวกต่างกันจะให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า แต่ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งและตัวบวกเหมือนกันจะให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอ

หากคำตอบของนักเรียนเลขที่ 30 เป็นดังนี้

$$1) \quad \underline{\quad x \quad} - 6 + (-2) = 8$$

$$2) \quad \underline{\quad / \quad} - 3 + (-9) = -12$$

แสดงว่านักเรียนเลขที่ 30 ใช้แบบการคิดที่ 1-1 คือ มีวิธีคิดค่าสัมบูรณ์ของคำตอบและวิธีคิดเครื่องหมายที่ถูกต้อง คือ ให้เครื่องหมายของคำตอบตามจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าเสมอ

หากนักเรียนตอบนอกเหนือไปจากนี้ เช่น ตอบว่าถูกทั้ง 2 ข้อ หรือผิดทั้ง 2 ข้อ แสดงว่าไม่มีแบบการคิดที่แน่นอนและมีแนวโน้มว่าจะตอบแบบเดาสุ่ม

1.4 กระบวนการตรวจสอบความตรงและความเที่ยงของวิธีการวินิจฉัย

กระบวนการนี้แบ่งออกได้ 2 ส่วน คือ การตรวจสอบความตรงและการตรวจสอบความเที่ยงของวิธีการวินิจฉัย

1.4.1 การตรวจสอบความตรง

ความตรงของวิธีการวินิจฉัยในการวิจัยครั้งนี้จะเป็นความตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์ โดยมีเกณฑ์ คือ ผลการวินิจฉัยจากครู (กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2) ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้น ม.2 ห้องที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนอยู่ โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบการคิดแบบต่าง ๆ ในเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก แก่ครูที่ละคนให้เข้าใจตรงกัน การวินิจฉัยของครูเริ่มจากการพิจารณาคำตอบในแบบสอบชุดที่ 1 ของนักเรียนแต่ละคนที่ตนสอน แล้วเรียกนักเรียนมาซักถามกลับไปกลับมา (check-recheck) เป็นรายบุคคลจนกว่าจะมั่นใจว่านักเรียนใช้วิธีคิดแบบใด ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่าด้วยวิธีการนี้ ครูจะสามารถวินิจฉัยแบบการคิดของนักเรียนได้ตรงกับแบบการคิดที่นักเรียนมีอยู่จริงมากที่สุด อันเป็นวิธีการเดียวกันกับที่ซีเกลอใช้ในการศึกษาแบบการคิดของเด็ก เพื่อตรวจสอบว่าแบบการคิดที่เขากำหนดได้จากแบบแผนการตอบว่าจะตรงกับแบบการคิดที่เด็กแต่ละคนมีอยู่จริงหรือไม่ ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ในบทที่สอง หากผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้น สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยของครู แสดงว่าวิธีการวินิจฉัยนั้นมีความตรง กล่าวคือสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ตรงกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่นักเรียนมีอยู่จริง โดยผู้วิจัยทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยจากครูและผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นด้วย chi-square test

1.4.2 การตรวจสอบความเที่ยง

ความเที่ยงของวิธีการวินิจฉัยในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง ความคงที่ของผลการวินิจฉัย

ซึ่งพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยจากข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน หากผลการวินิจฉัยนักเรียนจากข้อสอบสองชุดที่มีรูปแบบข้อสอบเหมือนกัน สอดคล้องกัน แสดงว่าวิธีการนั้นมีความคงที่ในการวินิจฉัย โดยผู้วิจัยคำนวณสัดส่วนของนักเรียนที่ได้ผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน

1.5 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการของทาชูโอเกะเป็นโปรแกรมที่ต้องใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับโครงการวิจัยของทาชูโอเกะและคณะเท่านั้น กำลังอยู่ในช่วงของการพัฒนาและทดสอบ และยังไม่ได้เผยแพร่สู่สาธารณะ เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แนวคิดการประเมินกฎ (rule assessment approach) และแนวคิดของวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนต่างๆ พบว่า วิธีการที่พัฒนาขึ้นวินิจฉัยแบบการคิดจากชุดคำตอบของนักเรียนโดยตรง ซึ่งอาศัยการคำนวณที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการทำความเข้าใจของครู และไม่จำเป็นต้องใช้นักเรียนจำนวนมากจึงสะดวกต่อการนำไปปฏิบัติในระดับห้องเรียน พร้อมกับสามารถจำแนกแบบการคิดที่มีแบบแผนคะแนนการตอบเหมือนกัน หรือวินิจฉัยแบบการคิดในกรณีที่นักเรียนตอบผิดหมดทุกข้อได้ แต่วิธีการดังกล่าวยังคงมีปัญหาคความยุ่งยากในการสร้างข้อสอบและการวินิจฉัย การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวินิจฉัยด้วยวิธีการนี้จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวและช่วยให้วิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พัฒนาขึ้นได้รับการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่การศึกษาต่อไป

ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบโปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์ ให้สามารถสร้างข้อสอบ และวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ภาษาเทอร์โบซี (Turbo C) และพยายามใช้รูปแบบที่ง่ายที่สุดและสะดวกที่สุดสำหรับผู้ใช้ ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงไว้ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ผู้วิจัยได้ออกแบบผังงานระบบ โดยมีโปรแกรมเมอร์เป็นผู้เขียนคำสั่ง จัดจำแนกผลลัพธ์ ออกเป็นแฟ้มผลการวิเคราะห์ 2 แฟ้มเพื่อสะดวกแก่การติดตามผล แปลผลและพิมพ์ผลการวิเคราะห์ จากนั้นทดลองใช้โปรแกรม แก้ไขและปรับปรุง ตรวจสอบโปรแกรมโดยการศึกษาความสอดคล้อง ระหว่างผลการวินิจฉัยจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับผลการวินิจฉัยด้วยมือ จากนั้นจัดทำเอกสารคู่มือการใช้โปรแกรม แล้วให้ครูและนักเรียน (กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 1 และ 2 โดยขออาสาสมัครนักเรียน 5 คนและครู 1 คน) ทดลองใช้โปรแกรม โดยผู้วิจัยสังเกตและสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างอย่างไม่เป็นทางการ เพื่อให้ทราบความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่มีต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้

ตอนที่ 2 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการของทาทชูโอะกะ

วิธีการของทาทชูโอะกะ วินิจฉัยแบบการคิดจากแบบแผนคะแนนการตอบ (item-score response pattern) ประกอบด้วยการดำเนินงาน 3 กระบวนการ เช่นเดียวกับวิธีการที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ กระบวนการได้มาซึ่งแบบการคิด กระบวนการสร้างเครื่องมือ กระบวนการวินิจฉัยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอการตรวจสอบความเที่ยง ความตรงของวิธีการวินิจฉัยไว้ด้วย ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 กระบวนการได้มาซึ่งแบบการคิด

2.2 กระบวนการสร้างเครื่องมือ

กระบวนการทั้งสองนี้เหมือนกับวิธีการที่พัฒนาขึ้น เว้นแต่วิธีการของทาทชูโอะกะ ไม่ต้องใช้แบบสอบชุดที่ 2 เพื่อยืนยันแบบการคิด

2.3 กระบวนการวินิจฉัย

2.3.1 นำข้อสอบชุดที่ 1 มาคำนวณหาคำตอบด้วยแบบการคิดที่ผิดทีละแบบ แต่ละแบบการคิดจะได้แบบคำตอบหนึ่งชุด แล้วตรวจให้คะแนนแบบ 0-1 เพื่อให้ได้แบบแผนคะแนนการตอบประจำแบบการคิด

2.3.2 นำแบบสอบนี้ไปให้กลุ่มตัวอย่างทำ แล้วตรวจให้คะแนนแบบ 0-1 เพื่อให้ได้แบบแผนคะแนนการตอบของผู้สอบแต่ละคน

2.3.3 เปรียบเทียบว่า แบบแผนคะแนนการตอบของผู้สอบแต่ละคนใกล้เคียงกับแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดใด ซึ่งมีวิธีดำเนินการดังนี้

2.3.3.1 คำนวณดัชนีชี้เดือนมาตราฐานหมายเลข 4 และค่าความสามารถ (θ)

จากแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดต่าง ๆ และแบบแผนคะแนนการตอบของผู้สอบแต่ละคน

2.3.3.2 พลวัตคู่อันดับของค่าดัชนีชี้เดือนมาตรฐานหมายเลข 4 และค่าความสามารถของทุกแบบแผนคะแนนการตอบลงในเวกเตอร์สเปซของสองมิตินี้ ให้ได้จุดของแบบการคิด (rule point) และจุดของผู้สอบแต่ละคน (student point) เวกเตอร์สเปซเดียวกัน

2.3.3.4 การระบุว่าจุดของผู้สอบใกล้กับจุดของแบบการคิดใดมากที่สุดทำได้โดยการคำนวณระยะทางตามแบบการหาระยะทางกำลังสองน้อยที่สุด (minimum - D^2 rule ; D^2 = Mahalanobis' generalized square - distance) หากจุดของผู้สอบมีระยะทางระหว่างจุดของแบบการคิดที่ผิดสองแบบเท่ากันก็จะใช้การตัดสินใจแบบเบย์ส์ (Bayes' decision rule for minimum error) เพื่อประมาณให้ได้ว่าจุดของผู้สอบมีโอกาสจะใกล้กับจุดของแบบการคิดที่ผิดแบบใดมากที่สุด

2.4 การตรวจสอบความตรงและความเที่ยงของวิธีการวินิจฉัย

2.4.1 การตรวจสอบความตรง

ความตรงของวิธีการวินิจฉัยในการวิจัยครั้งนี้จะเป็นความตรงเชิง เกณฑ์สัมพันธ์ โดยเกณฑ์คือ ผลการวินิจฉัยจากครูตั้งที่กล่าวรายละเอียดไว้แล้วในตอน 1 เรื่องการตรวจสอบความตรงของวิธีการที่พัฒนาขึ้น หากผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาฮาซูโอะสอดคล้องกับผลการวินิจฉัยของครู แสดงว่าวิธีการวินิจฉัยนี้มีความตรง กล่าวคือสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ตรงกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่นักเรียนมีอยู่จริง โดยผู้วิจัยทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยจากครูและผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นด้วย chi-square test

2.4.2 การตรวจสอบความเที่ยง

ความเที่ยงของวิธีการวินิจฉัยในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง ความคงที่ของผลการวินิจฉัย ซึ่งพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยจากข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน หากผลการวินิจฉัยนักเรียนจากข้อสอบสองชุดที่มีรูปแบบข้อสอบเหมือนกัน สอดคล้องกัน แสดงว่าวิธีการนั้นมีความคงที่ในการวินิจฉัย โดยผู้วิจัยคำนวณสัดส่วนของนักเรียนที่ได้ผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาฮาซูโอะสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาฮาซูโอะ

การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาฮาซูโอะ ดำเนินการใน 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการเปรียบเทียบความความตรงเชิง เกณฑ์สัมพันธ์ และทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับผลการวินิจฉัยจากวิธีการของ

ทาทชู้โอะกะด้วย chi-square test ส่วนที่สองเป็นการเปรียบเทียบความเที่ยง โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนของนักเรียนที่ได้ผลการวินิจฉัยสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกันจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นและจากวิธีการของทาทชู้โอะกะ ทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนด้วย z-test

ตอนที่ 4 การศึกษาความเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น

การศึกษาความเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้นมีการดำเนินการแยกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 การศึกษาความเห็นของครู ดำเนินการโดยให้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 3.1 ซึ่งมีจำนวน 7 คน ศึกษาคู่มือการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามวิธีการที่พัฒนาขึ้น จากนั้นให้ครูทดลองดำเนินการตามกระบวนการวินิจฉัยนี้ โดยวินิจฉัยจากข้อสอบที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนจำนวน 10 ฉบับ ที่ผู้วิจัยนำมาให้ ผู้วิจัยคอยตรวจสอบว่าครูสามารถดำเนินการได้ถูกต้องเพียงใด หลังจากนั้นสัมภาษณ์ครูอย่างไม่เป็นโครงสร้างคำถามในการสัมภาษณ์ เพื่อให้ครูได้แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอิสระ

4.2 การศึกษาความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ดำเนินการโดยให้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 3.2 จำนวน 7 คน ศึกษาคู่มือการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามวิธีการที่พัฒนาขึ้น หลังจากนั้นทำการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นโครงสร้างคำถามในการสัมภาษณ์ เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอิสระ