

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยสำหรับตรวจสอบบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทซุโอะกะ โดยมีรายละเอียดของประชากร กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยสรุป ดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยมี 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษาในกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรีปีการศึกษา 2537 ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 73,923 คน กลุ่มครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิทางการวัดและประเมินผลการศึกษา กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดลองใช้วิธีการวินิจฉัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น และวิธีการของทาทซุโอะกะ จำนวน 940 คน กลุ่มที่ 2 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการพัฒนาเกณฑ์ ได้แก่ ครูผู้สอนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ 1 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ทำหน้าที่วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่สอนเป็นรายบุคคลโดยละเอียด จำนวน 10 คน และกลุ่มที่ 3 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการประเมินคุณภาพของวิธีการที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยสองกลุ่มย่อย ได้แก่ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ร่วมทดลองใช้และประเมินวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น จำนวน 7 คน และผู้ทรงคุณวุฒิทางการวัดและประเมินผลการศึกษาเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ประเมินวิธีการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จำนวน 7 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เครื่องมือสำหรับวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ได้แก่

1.1 แบบสอบชุดที่ 1 ซึ่งเป็นแบบสอบการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลักชนิด

เติมคำตอบ จำนวน 12 ข้อ

1.2 แบบสอบชุดที่ 2 ซึ่งเป็นแบบสอบสำหรับยืนยันแบบการคิดเป็นข้อสอบเฉพาะบุคคล มีจำนวนข้อไม่เท่ากันทุกคน

ส่วนที่ 2 เครื่องมือสำหรับศึกษาความคิดเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่

2.1 แบบบันทึกการสัมภาษณ์ความเห็นที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้นซึ่งเป็นการสัมภาษณ์อย่างไม่มีโครงสร้าง เพื่อให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ

2.2 เอกสารประกอบการสัมภาษณ์ ได้แก่ คู่มือการวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน คือ การเก็บข้อมูลเพื่อการวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อน การเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความคิดเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น และการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความคิดเห็นของครูและนักเรียนที่มีต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นการวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น ตอนที่ 2 เป็นการวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการของทาทชูโอกะ ตอนที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับวิธีการของทาทชูโอกะและตอนที่ 4 เป็นการศึกษาความคิดเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น รายละเอียดโดยสรุปในแต่ละตอน มีดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น

การวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยการดำเนินงาน 5 กระบวนการ ได้แก่ 1) กระบวนการได้มาซึ่งแบบการคิด อันเป็นการวิเคราะห์หาแบบการคิดในการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลักและตรวจสอบความครอบคลุมของแบบการคิดที่ทำได้ 2) กระบวนการสร้างเครื่องมือวินิจฉัย ซึ่งเป็นการสร้างเครื่องมือสองชุด ชุดที่ 1 เป็นแบบสอบชนิดเติมคำตอบ จำนวน 12 ข้อ เพื่อวินิจฉัยแบบการคิดสำหรับนักเรียนทุกคนในรอบแรก และชุดที่ 2 เป็นแบบสอบชนิดถูก-ผิดเพื่อยืนยันแบบการคิด สำหรับเฉพาะนักเรียนที่ยังไม่สามารถวินิจฉัยแบบการคิดที่แน่นอนจากการวินิจฉัยรอบแรก 3) กระบวนการวินิจฉัย ซึ่งประกอบด้วยการดำเนินงาน 2 รอบ คือ รอบที่ 1 การวินิจฉัยเชิงสำรวจแบบการคิด (exploratory diagnosis) และ

ตอนที่ 2 การวินิจฉัยเพื่อยืนยันแบบการคิด (confirmatory diagnosis) 4) กระบวนการตรวจสอบความเที่ยงและความตรงของวิธีการวินิจฉัย อันประกอบด้วยกระบวนการตรวจสอบความตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์ ที่พิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยของครูและผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้น และการตรวจสอบความเที่ยง ในการวินิจฉัยที่พิจารณาจากสัดส่วนความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยจากข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน และสุดท้าย 5) การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบ

ตอนที่ 2 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการของทาทูโอเกะ

วิธีการของทาทูโอเกะจะวินิจฉัยแบบการคิดจากแบบแผนคะแนนการตอบ (item-score response pattern) ประกอบด้วยการดำเนินงาน 4 กระบวนการ ได้แก่ 1) กระบวนการได้มาซึ่งแบบการคิด 2) กระบวนการสร้างเครื่องมือ 3) กระบวนการวินิจฉัย และ 4) กระบวนการตรวจสอบความเที่ยงและความตรงของวิธีการวินิจฉัย โดยกระบวนการที่ 1 2 และ 4 จะเหมือนกับวิธีการที่พัฒนาขึ้น ส่วนกระบวนการที่ 3 เป็นการคำนวณหาแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดและแบบแผนคะแนนการตอบของนักเรียนเพื่อนำมาสร้างจุดของของนักเรียน (student point) และจุดของแบบการคิด (rule point) ในเวกเตอร์สเปซระหว่างค่าความสามารถและค่าดัชนี SECI4 แล้วทำการคำนวณว่า จุดของของนักเรียนอยู่ใกล้กับจุดของแบบการคิดใด

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทูโอเกะ

การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยดำเนินการใน 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการเปรียบเทียบความความตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์และทดสอบความสัมพัทธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทูโอเกะด้วย chi-square test ส่วนที่สองเป็นการเปรียบเทียบความเที่ยง โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนของนักเรียนที่ได้ผลการวินิจฉัยสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน จากวิธีการที่พัฒนาขึ้นและจากวิธีการของทาทูโอเกะ ทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนด้วย z-test

ตอนที่ 4 การศึกษาความเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น

การศึกษาความเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้นมีการดำเนินการแยกเป็น 2 ส่วนคือ การศึกษาความเห็นของครูที่ได้ทดลองใช้วิธีการที่พัฒนาขึ้น และการศึกษาความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการไม่มีโครงสร้างคำถาม เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอิสระ



สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยไว้เป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 วิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น ตอนที่ 2 ความตรงและความเที่ยงของวิธีการที่พัฒนาขึ้นและตอนที่ 3 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทซุโอะเกะ รายละเอียดโดยสรุปมีดังนี้

ตอนที่ 1 วิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พัฒนาขึ้น

การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ แบบการคิด แบบสอบที่ใช้ในการวินิจฉัย และวิธีการวินิจฉัย แบบการคิดที่ใช้สำหรับการวินิจฉัยต้องเป็นแบบการคิดหรือวิธีการคิดที่ชัดเจน มีความเฉพาะในเนื้อหา แบบสอบที่ใช้ในการวินิจฉัยมี 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 เป็นแบบสอบชนิดเติมคำตอบเพื่อวินิจฉัยเชิงสำรวจแบบการคิดสำหรับนักเรียนทุกคนและชุดที่ 2 เป็นแบบสอบชนิดถูก-ผิดเพื่อยืนยันแบบการคิดสำหรับนักเรียนที่ยังไม่สามารถวินิจฉัยแบบการคิดที่แน่นอนได้จากแบบสอบชุดแรก วิธีการวินิจฉัยประกอบด้วยการดำเนินการ 2 รอบ รอบที่ 1 การวินิจฉัยเชิงสำรวจแบบการคิด (exploratory diagnosis) และรอบที่ 2 การวินิจฉัยเพื่อยืนยันแบบการคิด (confirmatory diagnosis)

ตอนที่ 2 ความตรงและความเที่ยงของวิธีการที่พัฒนาขึ้น

ในการตรวจสอบความตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์ของวิธีการที่พัฒนาขึ้นด้วยการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับผลการวินิจฉัยของครูด้วย chi-square test พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีขนาดของความสัมพันธ์ตามสูตร Cramers' V เป็น .98 และจากการตรวจสอบความเที่ยงพบว่าวิธีการนี้มีความคงที่ในการวินิจฉัยโดยมีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกันจำนวน 327 คนจากนักเรียนที่เข้ารับการวินิจฉัยจำนวน 379 คน คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ .86

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทซุโอะเกะ

การเปรียบเทียบดำเนินการใน 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการเปรียบเทียบความความตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์ของวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับวิธีการของทาทซุโอะเกะและทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทซุโอะเกะด้วย chi-square test ปรากฏว่า ผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นและผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทซุโอะเกะ

ต่างก็มีความสัมพันธ์กับผลการวินิจฉัยของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นเดียวกันและเมื่อทดสอบความสัมพันธ์ ระหว่างผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทซุโอะกะด้วย chi-square test พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับเทียบความเที่ยง โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนของนักเรียนที่ได้ผลการวินิจฉัยสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกันจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นและจากวิธีการของทาทซุโอะกะซึ่งมีสัดส่วนเป็น .86 และ .85 ตามลำดับ เมื่อทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนทั้งสองด้วย z-test พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สรุปได้ว่าวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทซุโอะกะสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้อย่างมีความเที่ยง ความตรงและให้ผลการวินิจฉัยสอดคล้องกัน

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นสามารถอภิปรายได้ใน 4 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นแรก วิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น ประเด็นที่สอง ความตรงและความเที่ยงของวิธีการที่พัฒนาขึ้น ประเด็นที่สาม ผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทซุโอะกะและสุดท้าย ประเด็นที่สี่ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่วินิจฉัยได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเด็นย่อยคือ แบบการคิดที่ผิดในการบวกเลขจำนวนเต็มลบที่พบในนักเรียนไทย ระดับความรุนแรงของแบบการคิดที่ผิด และครูกับการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยมีรายละเอียดในแต่ละประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่ 1 วิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น

วิธีการที่พัฒนาขึ้นสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้อย่างมีความตรงและความเที่ยงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถให้ผลการวินิจฉัยได้กับนักเรียนทุกคน ไม่ว่านักเรียนจะทำข้อสอบผิดเนื่องจากความไม่รอบคอบ หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแล้วใช้แบบการคิดที่ผิด หรือตอบข้อสอบอย่างเดาสุ่มก็ตาม อันเป็นข้อได้เปรียบของวิธีการนี้ ในขณะที่การวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยเก่าที่มีผู้พัฒนาขึ้น (จินดา ลิมถาวรศิริพงษ์, 2526; นันทนา สิงวัฒนาศิริ, 2535; วรณดี ชุณหาวุฒิชยานนท์, 2524; วิรัช นิยมแย้ม, 2525; สมศักดิ์ ฉันทานุรักษ์, 2529; สุขุม มุลเมือง, 2523; อุไรวรรณ ทิศนบุตร, 2523) ซึ่งเป็นแบบสอบปรนัยที่วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากตัวลวงที่นักเรียนเลือก ยังไม่มีวิธีการตรวจสอบให้มั่นใจได้ว่าการที่นักเรียนเลือกตัวลวงใดจะแสดงถึงการมีแบบการคิดตามที่ระบุไว้ในตัวลวงนั้นทุกครั้ง อีกประการหนึ่งการที่นักเรียนตอบถูกก็ยังไม่

สามารถยืนยันได้ว่านักเรียนจะใช้แบบการคิดที่ถูกต้องเสมอไป เนื่องจากแบบการคิดที่ผิดก็สามารถให้คำตอบที่ตรงกับคำตอบที่ถูกต้องในบางข้อเช่นกัน และการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยจะไม่มีภาระจำแนกผู้ที่ตอบผิดเนื่องจากไม่รอบคอบหรือผู้ที่ตอบอย่างเดาสุ่มออกมา โดยไม่ว่าจะตอบผิดด้วยการเลือกตัวลวงใด แบบสอบวินิจฉัยจะให้ผลการวินิจฉัยเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบต่าง ๆ ได้ทุกครั้ง

วิธีการที่พัฒนาขึ้นค่อนข้างยุ่งยากและต้องใช้เวลาในการวินิจฉัยในรอบแรกและการสร้างแบบสอบชุดที่สองให้กับนักเรียนแต่ละคนที่ไม่สามารถวินิจฉัยแบบการคิดที่แน่นอนในการวินิจฉัยรอบแรกได้ แต่ก็ยังนับว่าใช้เวลาอันน้อยลงกว่าการที่ครูจะต้องซักถามนักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ อีกประการหนึ่งวิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นวิธีการที่เป็นระบบ ครูสามารถทำความเข้าใจและนำไปใช้ได้ผลเหมือนกัน ดังเช่นที่ผู้วิจัยได้ทดลองให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นครูศึกษาคู่มือการวินิจฉัยแล้วดำเนินการสร้างข้อสอบและวินิจฉัยตามวิธีการที่พัฒนาขึ้น ซึ่งกลุ่มตัวอย่างสามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอนทุกคน

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้การวินิจฉัยด้วยวิธีการนี้เป็นไปได้อย่างสะดวก รวดเร็วยิ่งขึ้น แต่ทว่าโปรแกรมนี้อาจใช้สำหรับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลักเท่านั้น หากจะนำไปใช้ในเนื้อหาอื่นก็ต้องพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาใหม่ ซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยความชำนาญในการเขียนโปรแกรมและใช้เวลาค่อนข้างมาก ขณะเดียวกันโรงเรียนที่ไม่มีคอมพิวเตอร์ก็ไม่สามารถใช้โปรแกรมไปช่วยในการวินิจฉัยได้เลย

วิธีการที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์หรือวิชาอื่น ๆ ที่สามารถกำหนดแบบการคิดที่แน่นอนในการทำข้อสอบเรื่องนั้นได้ ซึ่งครูจะต้องมีความชำนาญในการสอนเรื่องนั้นพอสมควร โดยครูจะต้องสามารถกำหนดรูปแบบข้อสอบ (item form) และแบบการคิดที่เป็นไปได้ในเรื่องนั้นแล้วจึงจะดำเนินการวินิจฉัยตามวิธีการที่พัฒนาขึ้นได้

วิธีการที่พัฒนาขึ้นมีข้อจำกัดในเรื่องความยุ่งยากที่ต้องทำการวินิจฉัย 2 รอบ ได้แก่ รอบแรก การวินิจฉัยเชิงสำรวจแบบการคิด (exploratory diagnosis) ให้กับนักเรียนทุกคน และรอบที่สอง การวินิจฉัยเพื่อยืนยันแบบการคิด (confirmatory diagnosis) ให้กับนักเรียนที่ยังไม่สามารถวินิจฉัยแบบการคิดที่แน่นอนได้จากการวินิจฉัยรอบแรก ในขณะที่วิธีการวินิจฉัยอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นแบบสอบวินิจฉัยหรือวิธีการของทาทซุโอะจะวินิจฉัยเพียงรอบเดียวเท่านั้นและวิธีการ

ที่พัฒนาขึ้นนี้ก็ยัง ไม่มีการสร้างเป็นต้นหรือสูตรคำนวณที่จะบ่งชี้โมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้

ประเด็นที่ 2 ความเที่ยงและความตรงของวิธีการที่พัฒนาขึ้น

เมื่อพิจารณานักเรียนที่มีผลการวินิจฉัย ไม่สอดคล้องกันระหว่างผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับผลการวินิจฉัยจากครูเป็นรายบุคคล พบว่าทั้งหมดเป็นนักเรียนที่ครูวินิจฉัยว่าทำข้อสอบ โดยการเดาสุ่ม แต่เมื่อวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นจะรายงานว่านักเรียนเหล่านั้นใช้แบบการคิดที่ผิดซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแบบการคิดที่ 2-3 และ 2-4 โดยแบบการคิดทั้งสองนี้จะเริ่มต้นคิดค่าสัมบูรณ์ของคำตอบด้วยการนำค่าสัมบูรณ์ของสองจำนวนมาบวกกันเสมอ แล้วให้เครื่องหมายบวกเสมอหรือลบเสมอแก่คำตอบ ซึ่งแบบการคิดที่ 2-3 จะให้คำตอบที่ผิดทุกข้อ ส่วนแบบการคิดที่ 2-4 จะให้คำตอบที่ถูกต้องในกรณีของการบวกเลขจำนวนเต็มลบทั้งคู่เท่านั้น จึงอาจเป็นข้อสังเกตได้ว่านักเรียนที่ใช้แบบการคิดสองแบบนี้มีแนวโน้มที่จะไม่มีโมทัศน์ในเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบ โดยใช้วิธีคิดตามที่ตนคาดคะเนว่าถ้าเรื่องการบวกเลขก็จะนำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันเสมอ เครื่องหมายของคำตอบก็น่าจะเป็นบวกเสมอหรือลบเสมอ ซึ่งตนเองก็ไม่แน่ใจเช่นกัน เมื่อครูซักถามเข้าจริง ๆ ก็ไม่สามารถชี้แจงแบบการคิดที่แน่นอนของตนได้ ครูจึงวินิจฉัยว่านักเรียนตอบแบบเดาสุ่ม

ในส่วนความเที่ยงหรือความคงที่ในการวินิจฉัย เมื่อพิจารณานักเรียนที่มีผลการวินิจฉัย ไม่สอดคล้องกัน ในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน พบว่ามีสาเหตุมาจากการที่นักเรียนใช้แบบการคิดที่ต่างกัน ในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน ไม่มีนักเรียนคนใดที่ใช้แบบการคิดที่คงที่ในข้อสอบทั้ง 12 ข้อ แล้วผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นรายงานว่าไม่มีแบบการคิด ไม่สอดคล้องกัน ในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน ซึ่งมีข้อสังเกตว่านักเรียนที่ใช้แบบการคิด ไม่คงที่นี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. กลุ่มที่ทำข้อสอบแบบเดาสุ่มควบคู่กับการใช้แบบการคิดที่ผิด ซึ่งมีจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 34.62 ของนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัย ไม่สอดคล้องกัน ในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน โดยพบว่าแบบการคิดที่นักเรียนใช้ควบคู่กับการเดาสุ่ม คือ แบบการคิดที่ 2-3 2-4 2-5 2-6 และ 3-1

2. กลุ่มที่ทำข้อสอบโดยใช้แบบการคิดที่ถูกต้องหรือใช้แบบการคิดที่ถูกต้องแต่ไม่รอบคอบควบคู่กับการใช้แบบการคิดที่ผิด มีจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 32.69 ของนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัย ไม่สอดคล้องกัน ในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน โดยพบว่านักเรียนจะใช้แบบการคิดที่ใกล้เคียงกับ

แบบการคิดที่ถูกต้อง ได้แก่ แบบการคิดที่ 1-3 1-4 1-5 1-6 และ 1-7 ซึ่งคิดค่าสัมบูรณ์ของคำตอบได้ถูกต้องแต่คิดเครื่องหมายของคำตอบผิดไป

ผลการวิจัยในส่วนนี้ค่อนข้างสอดคล้องกับความเห็นของนักจิตวิทยาทางปัญญา (Bruner, Goodnow, & Austin, 1956; Levine, 1966; Mayer, 1983 อ้างถึงใน Birenbaum & Tatsuoka, 1987) ที่เสนอว่าการเรียนรู้ของเด็กเป็นผลมาจากกระบวนการทดสอบสมมติฐานจึงคาดว่าเด็กจะเปลี่ยนกลยุทธ์หรือวิธีคิดในระหว่างการทำข้อสอบได้ เด็กที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยจะใช้แบบการคิดที่ถูกต้องควบคู่กับแบบการคิดที่ใกล้เคียงแบบการคิดที่ถูกต้อง ซึ่งหลังจากที่เด็กได้ทดสอบสมมติฐานของตนแล้ว เด็กจะเรียนรู้ได้เองว่าแบบใดคือแบบการคิดที่ถูกต้อง ส่วนเด็กที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากก็จะใช้แบบการคิดที่ต่างไปจากแบบการคิดที่ถูกต้องค่อนข้างมากควบคู่ไปกับการเดาลຸ່ມ ซึ่งโอกาสที่เขาคจะเรียนรู้ด้วยตนเองว่าแบบใดคือแบบการคิดที่ถูกต้องจะมีน้อยมาก

ประเด็นที่ 3 ผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทซุโอะกะ

วิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นวิธีการวินิจฉัยโดยอาศัยการย้อนรอยกระบวนการคิด ซึ่งจะวินิจฉัยแบบการคิดจากคำตอบของนักเรียนโดยตรงด้วยแบบสอบชนิดเติมคำตอบ อันเป็นข้อได้เปรียบวิธีการของทาทซุโอะกะที่วินิจฉัยแบบการคิดจากแบบแผนคะแนนการตอบ ทำให้ไม่สามารถจำแนกแบบการคิดที่มีแบบแผนคะแนนการตอบเหมือนกันออกจากกันได้ หรือในกรณีที่นักเรียนตอบผิดหมดก็ไม่สามารถวินิจฉัยได้ว่านักเรียนทำแบบเดาลຸ່ມหรือใช้แบบการคิดใด จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ในบรรดาแบบการคิดสำหรับการบวกเลขจำนวนเต็มลบทั้ง 126 แบบการคิด มีแบบการคิดถึง 113 แบบ ที่ให้แบบแผนคะแนนการตอบซ้ำกัน และมีแบบการคิด 23 แบบที่ให้แบบแผนคะแนนการตอบเป็นศูนย์ทุกข้อ ซึ่งในการวินิจฉัยด้วยวิธีการของทาทซุโอะกะรายงานผลการวินิจฉัยเป็นสองอย่าง คือ รายงานแบบการคิดที่คาดว่านักเรียนแต่ละคนจะใช้ หรือหากพบว่าแบบแผนคะแนนการตอบของนักเรียนไม่ใกล้เคียงกับแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดที่กำหนดไว้จะรายงานผลว่าไม่สามารถระบุแบบการคิดได้ ดังนั้นจึงไม่มีการจำแนกนักเรียนที่กำเนิดเนื่องจากความไม่รอบคอบหรือนักเรียนที่เดาลຸ່มออกมา และนักเรียนที่ได้คะแนนเป็นศูนย์ทุกข้อก็จะได้ผลการวินิจฉัยว่าไม่สามารถระบุแบบการคิดได้เช่นกัน ในขณะที่วิธีการที่พัฒนาขึ้นสามารถจำแนกนักเรียนไม่รอบคอบ ตอบแบบเดาลຸ່ມ หรือใช้แบบการคิดที่ผิดออกมาได้ รวมทั้งวินิจฉัยนักเรียนที่ได้คะแนนเป็นศูนย์ทุกข้อว่าตอบแบบเดาลຸ່ມหรือใช้แบบการคิดที่ผิดได้ ซึ่งเมื่อนิจารณาจากตารางที่ 12 ใน

หน้า 86 จะเห็นว่านักเรียนที่ครูวินิจฉัยว่าไม่รอบคอบและเตลอส้มถึง 43 และ 34 คน ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 11.35 และ 8.97 ของนักเรียนที่เข้าสู่วินิจฉัยทั้งหมด นักเรียนเหล่านี้วิธีการของทาทซุโอะให้ผลการวินิจฉัยว่ามีแบบการคิดที่ผิดแบบอื่น ๆ หรือไม่สามารระบุแบบการคิดได้ ซึ่งวิธีการของทาทซุโอะให้ผลการวินิจฉัยว่าไม่สามารถระบุแบบการคิดได้แก่นักเรียน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 21.37 ของนักเรียนที่เข้าสู่วินิจฉัย ในขณะที่ผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้น จะไม่มีนักเรียนคนใดที่ได้ผลการวินิจฉัยว่าไม่สามารถระบุแบบการคิดได้ เนื่องจากวิธีการนี้มีการวินิจฉัยในรอบที่ 2 เพื่อยืนยันแบบการคิดด้วย

แม้ว่าผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นและจากวิธีการของทาทซุโอะจะสัมพันธ์กับผลการวินิจฉัยของครูอย่างมีนัยสำคัญ แต่วิธีการที่พัฒนาขึ้นจะให้ผลการวินิจฉัยเป็นแบบการคิดที่แน่นอนเพียงแบบการคิดเดียวที่คาดว่านักเรียนแต่ละคนจะใช้หลังจากที่ทำการวินิจฉัยในรอบที่ 2 แล้ว ส่วนวิธีการของทาทซุโอะวินิจฉัยเพียงรอบเดียวและให้ผลการวินิจฉัยเป็นแบบการคิดที่ผิดนักเรียนมีโอกาสจะใช้เท่ากันหลายแบบการคิดในนักเรียนแต่ละคน ในกรณีที่แบบการคิดเหล่านั้นมีแบบแผนคะแนนการตอบเหมือนกัน อันเป็นผลมาจากการที่วิธีการของทาทซุโอะไม่สามารถจำแนกแบบการคิดที่มีแบบแผนคะแนนการตอบเหมือนกันออกจากกันได้นั้นเอง ในขณะที่วิธีการที่พัฒนาขึ้นก็ให้ผลการวินิจฉัยในรอบแรกสำหรับนักเรียนบางคนว่ามีแบบการคิดที่เป็นไปได้มากกว่า 1 แบบเช่นกัน แต่เมื่อวินิจฉัยในรอบที่สองแล้วจะเหลือเพียงแบบการคิดเดียว ซึ่งผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นในรอบที่ 1 เทียบกับผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทซุโอะเสนอไว้ในภาคผนวก ข

วิธีการของทาทซุโอะมีข้อได้เปรียบตรงที่มีการสร้างเป็นเวกเตอร์สเปซ ด้วยค่าดัชนี SECI4 และค่าความสามารถ (θ) จึงทำให้มีความเป็นนัยทั่วไปมากกว่า เนื่องจากไม่มีข้อจำกัดในเรื่องเนื้อหาและการสร้างแบบสลับ ขอให้มียังข้อสอบที่จะนำมาสร้างแบบแผนคะแนนการตอบและแบบการคิด ก็สามารถที่จะระบุตำแหน่งของนักเรียน (student point) และตำแหน่งของแบบการคิด (rule point) ได้ ซึ่งการกำหนดตำแหน่งของนักเรียนและตำแหน่งของแบบการคิดดังกล่าวได้ จะทำให้วิธีการนี้มีโอกาสจะพัฒนาต่อไปได้มากยิ่งขึ้น

วิธีการของทาทซุโอะสามารถสร้างแบบการคิดจากแบบแผนคะแนนการตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดในแบบสลับชุดนั้น แม้ว่าบางแบบแผนคะแนนการตอบจะยังไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นแบบการคิดแบบใดก็ตาม ผลการวินิจฉัยจะเป็นแบบการคิดที่เป็นไปได้ว่านักเรียนแต่ละคนจะใช้ ซึ่งนักเรียนคนหนึ่งอาจมีแบบการคิดที่เป็นไปได้หลายแบบการคิดที่มีแบบแผนคะแนนการตอบแบบเดียวกัน โดย

ไม่มีการระบุนักเรียนที่ตอบผิดเนื่องจากความไม่รอบคอบหรือนักเรียนที่เตาลุ่มออกมา ในขณะที่วิธีการที่พัฒนาขึ้นจะให้ผลการวิจัยที่ชัดเจนลงไปว่านักเรียนใช้แบบการคิดแบบใด หรือตอบผิดเนื่องจากไม่รอบคอบ หรือตอบอย่างเตาลุ่ม แต่จะต้องให้ความสำคัญกับการสร้างข้อสอบตามรูปแบบข้อสอบที่เป็นไปได้ในเนื้อหานั้น และครูจะต้องสำรวจแบบการคิดทั้งหมดในเรื่องนั้นไว้ก่อนด้วย ซึ่งจะต้องอาศัยครูที่มีประสบการณ์ในการสอนเรื่องนั้นมาพอสมควร จึงจะได้รูปแบบข้อสอบและแบบการคิดที่ครอบคลุม

ประเด็นที่ 4 ข้อค้นพบเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่วินิจฉัยได้

4.1 แบบการคิดเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบที่พบในนักเรียนไทย

เนื้อหาเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบเป็นเรื่องใหม่ที่นักเรียนเพิ่งเริ่มเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีมโนทัศน์ในเรื่องนี้ก็จะไม่ซับซ้อนเท่าใดนัก หลายท่านได้แสดงความเป็นห่วงแต่แรกว่าอาจจะไม่พบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือพบในนักเรียนน้อยคนมาก แต่จากผลการวิจัยยืนยันว่ามีนักเรียนถึง 345 คน ที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หรือตอบข้อสอบในเรื่องนี้แบบเตาลุ่ม จากนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 940 คน คิดเป็นร้อยละ 36.70 จึงน่าสงสัยว่าทำไมเนื้อหาที่ดูง่ายเช่นนี้ นักเรียนจึงเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนกันเป็นจำนวนค่อนข้างมาก

กลุ่มตัวอย่างครูผู้สอนให้ความเห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตั้งใจเรียนจะสามารถเข้าใจตามที่ครูอธิบายในชั้นเรียนได้และสามารถทำแบบฝึกหัดในชั่วโมงเรียนได้อย่างถูกต้องด้วย แต่หลังจากนั้นนักเรียนจะไม่สนใจฝึกทักษะในเรื่องนี้เพราะเห็นว่าตนเองเข้าใจแล้วและคิดว่าถ้าทำก็ทำได้หมด จึงไม่สนใจจะทำหรือลอกการบ้านเพื่อนมาส่งแทนหากครูเรียกตรวจ หลังจากที่ผ่านมาเนื้อหานี้ไปช่วงเวลาหนึ่งและต้องเรียนเนื้อหาอื่นที่สัมพันธ์กัน นักเรียนจะเริ่มสับสน คิดไม่คล่อง และเกิดเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาในที่สุด ดังเห็นได้จากแบบการคิดที่วินิจฉัยได้บางแบบที่มีลักษณะของการผสมแบบการคิดในเรื่องการลบเลขจำนวนเต็มลบเข้ากับแบบการคิดในเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบด้วย

ข้อสังเกตจากครูผู้สอนนี้ สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ ในส่วนที่ว่าด้วยการคงอยู่ของความรู้ (retention of knowledge) ที่กล่าวว่า สิ่งที่นักเรียนได้เคยรับรู้หรือเคยเข้าใจมาแล้ว จะลดน้อยถอยลงตามกาลเวลาที่ผ่านไป ซึ่งก็พอจะอนุมานกับเรื่องนี้ได้ว่า มโนทัศน์ที่นักเรียน

ได้เคยเข้าใจตั้งแต่แรกที่ครูสอนในชั่วโมง จะค่อย ๆ ลดน้อยถอยลงไป จน ณ เวลาที่ทำข้อสอบ ก็ยังคงเหลือแต่มีโน้ตที่จำไม่สมบูรณ์ เป็นมีโน้ตที่คลาดเคลื่อนไปจากมีโน้ตที่ถูกต้อง ไม่มากนัก น้อย ซึ่งถ้าหากนักเรียนได้รับการกระตุ้นให้ระลึกถึง (recall) มีโน้ตที่จำอยู่เสมอ ด้วยการทำแบบฝึกหัดฝึกทักษะ ที่มากพอจนถึงจุดที่จะสามารถทำได้เป็นอัตโนมัติ ก็จะช่วยให้มีโน้ตที่ถูกต้อง ยังคงอยู่อย่างครบถ้วนสมบูรณ์และพร้อมที่จะนำมาใช้ได้เสมอ แม้เวลาจะผ่านไปนานเท่าใดก็ตาม

จากผลการวิจัยโดยสรุปพบว่า แบบการคิดที่ผิดที่นักเรียนใช้มากที่สุด สามอันดับแรก ได้แก่ แบบการคิดที่ 1-7 จำนวน 71 คน รองลงมาคือ แบบการคิดที่ 1-4 จำนวน 63 คน และแบบการคิดที่ 2-5 จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 23.51 20.86 และ 17.55 ของนักเรียนที่มีแบบการคิดที่ผิดทั้งหมด และแบบการคิดสามแบบแรกนี้เท่านั้น ที่มีนักเรียนใช้เกินกว่าร้อยละ 10 ขึ้นไป เมื่อพิจารณาแบบการคิดแยกกันระหว่างแบบการคิดค่าสัมบูรณ์และแบบการคิดเครื่องหมายของคำตอบ ผลปรากฏว่า แบบการคิดค่าสัมบูรณ์ที่นักเรียนใช้มากที่สุดเกาะกลุ่มกันในสองอันดับแรก ได้แก่ แบบการคิดที่ 1 จำนวน 186 รองลงมาคือ แบบการคิดที่ 2 จำนวน 107 คน คิดเป็นร้อยละ 61.59 และ 35.43 ตามลำดับ แบบการคิดนอกเหนือจากนี้ที่มีนักเรียนใช้ไม่ถึงร้อยละ 10 ของนักเรียนที่มีแบบการคิดที่ผิดทั้งหมด แบบการคิดค่าสัมบูรณ์แบบที่ 1 นั้น เป็นแบบการคิดที่ถูกต้อง แสดงว่าในบรรดานักเรียนที่มีแบบการคิดที่ผิด ส่วนใหญ่จะมีวิธีคิดค่าสัมบูรณ์ที่ถูกต้อง เพียงแต่วิธีคิดเครื่องหมายที่ผิด ส่วนแบบการคิดค่าสัมบูรณ์แบบที่ 2 คือการนำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาบวกกันเสมอ

แบบการคิดเครื่องหมายที่นักเรียนใช้มากที่สุดเกาะกลุ่มกันในสามอันดับแรก ได้แก่ แบบการคิดที่ 4 จำนวน 88 คน รองลงมาคือ แบบการคิดที่ 5 จำนวน 83 คน และแบบการคิดที่ 7 จำนวน 83 คน คิดเป็นร้อยละ 29.14 27.48 และ 25.83 ตามลำดับ แบบการคิดนอกเหนือจากนี้ที่มีนักเรียนใช้ไม่ถึงร้อยละ 10 ของนักเรียนที่มีแบบการคิดที่ผิดทั้งหมด แบบการคิดเครื่องหมายแบบที่ 4 คือ ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบเสมอ ส่วนแบบการคิดเครื่องหมายแบบที่ 5 ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก ซึ่งสองแบบการคิดนี้น่าจะเกิดจากการสังเกตแล้วสร้างแบบการคิดของนักเรียนขึ้นเองมากกว่า เพราะถึงแม้สองแบบการคิดนี้จะไม่มีส่วนถูก แต่ก็สามารถให้คำตอบที่ถูกต้องได้หลายข้อ ส่วนแบบการคิดแบบที่ 7 คือ กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบตามจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอ แม้นักเรียนจะพิจารณา

มิติความเหมือน-ต่างของเครื่องหมายเป็นหลัก แต่ก็มีส่วนถูกอยู่บ้างตรงที่ ให้เครื่องหมายของคำตอบตามจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า ในขณะที่เครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน

4.2 ระดับความรุนแรงของแบบการคิดที่ผิด

เมื่อพิจารณาระดับความรุนแรงของแบบการคิดที่พบทั้งหมด โดยระดับของการเบี่ยงเบนจากแบบการคิดที่ถูกต้อง ผู้วิจัยได้พิจารณาแยกเป็นสองส่วน คือ ความรุนแรงของแบบการคิดค่าสัมบูรณ์ที่ผิด และ ความรุนแรงของแบบการคิดเครื่องหมายที่ผิด

ระดับความรุนแรงของแบบการคิดค่าสัมบูรณ์ที่ผิด

แบบการคิดที่ 1 ซึ่งเป็นแบบการคิดที่ถูกต้องนั้นจะพิจารณาเพียงมิติเดียว คือ มิติความเหมือน-ต่างระหว่างเครื่องหมายของตัวตั้งและตัวบวก โดยถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งและตัวบวกต่างกัน นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาลบกัน แต่ถ้าเครื่องหมายเหมือนกัน นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันเสมอ แบบการคิดที่เบี่ยงเบนไปจากแบบการคิดที่ถูกต้องมากขึ้นตามลำดับจะเป็นดังนี้

แบบการคิดที่ 4 ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน นำค่าสัมบูรณ์มาลบกันเสมอ

แบบการคิดที่ 4 น่าจะเป็นแบบการคิดที่เบี่ยงเบนไปจากแบบการคิดที่ถูกต้องน้อยที่สุด เพราะถึงแม้ว่าแบบการคิดนี้จะไม่ให้คำตอบที่ถูกต้องในกรณีใดเลย แต่นักเรียนยังคงพิจารณาในมิติเดียวกับแบบการคิดที่ถูกต้อง คือ มิติความเหมือน-ต่างระหว่างเครื่องหมายของตัวตั้งและตัวบวก เพียงแต่จำสลับกันกับแบบการคิดที่ถูกต้อง ซึ่งมี โหมดที่คลาดเคลื่อนแบบนี้จะแก้ไขได้ไม่ยาก และนักเรียนก็มักจะรู้ว่าไม่มีโหมดที่คลาดเคลื่อนเพราะคิดด้วยวิธีนี้แล้วไม่ได้คำตอบที่ถูกต้องเลย

แบบที่ 7 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นตัวบวกนำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาบวกกัน ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นลบนำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาลบกัน กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันเสมอ

แบบที่ 8 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งเป็นตัวบวกนำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาบวกกัน ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งเป็นลบนำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาลบกัน กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกันนำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันเสมอ

แบบการคิดทั้งสองนี้ พิจารณาในสองมิติ คือ มิติความเหมือน-ต่างระหว่างเครื่องหมายของตัวตั้งและตัวบวก กับ มิติเครื่องหมายของตัวตั้งหรือตัวบวก ซึ่งมีส่วนถูกในกรณีที่เครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน แล้วนำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันเสมอ คาดว่าแบบการคิดเหล่านี้จะเกิดขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้เรียนเรื่องการลบเลขจำนวนเต็มลบแล้ว เพราะการลบเลขจำนวนเต็มลบ

ต้องพิจารณามิติเครื่องหมายของตัวบวกด้วย นักเรียนที่ยังไม่แม่นยำในวิธีการบวกเลขจำนวนเต็มลบ จึงนำวิธีการมาใช้สลับกัน ซึ่งก็สามารถให้คำตอบที่ถูกต้องได้ในบางข้อ

แบบการคิดที่ 2 นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งและตัวบวก มาบวกกันเสมอ

แบบการคิดที่ 3 นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งและตัวบวก มาลบกันเสมอ

แบบการคิดที่ 2 และ 3 น่าจะมีความรุนแรงในระดับใกล้เคียงกันเพราะแบบการคิดทั้งคู่ พิจารณาในมิติเดียว คือมิติของเครื่องหมายปฏิบัติการ (operation sign) โดยเมื่อพบว่าเป็นการ "บวก" กันของเลข "จำนวนเต็มลบ" นักเรียนก็นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งและตัวบวกมาบวกกันเสมอ หรือลบกันเสมอทุกข้อ แบบการคิดที่ 3 จะให้คำตอบที่ถูกต้อง ในกรณีที่เป็นการบวกเลขจำนวนเต็มลบกับเลขจำนวนเต็มบวก ซึ่งเป็น 4 รูปแบบในทั้งหมด 6 รูปแบบ และเป็นไปได้ว่านักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบนี้ เนื่องจากจับความเนื้อหาที่ครูสอนได้ไม่ครบถ้วนและได้ทดสอบสมมติฐานของตนแล้วว่าการใช้วิธีคิดแบบนี้จะทำข้อสอบถูกต้องได้จำนวนมาก ยิ่งถ้าหากข้อสอบของครูมีสัดส่วนที่หนักไปในรูปแบบหนึ่ง รูปแบบใดโดยเฉพาะใน 4 รูปแบบนี้แล้ว ก็ยังจะทำให้นักเรียนที่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบนี้ ทำข้อสอบถูกต้องได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งถ้าหากไม่ได้รับการวินิจฉัยเพื่อการแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแล้ว นักเรียนเหล่านี้ก็อาจจะไม่รู้ตัว และยังคงมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนี้ติดตัวต่อไป ส่วนแบบการคิดที่ 2 จะให้คำตอบที่ถูกต้อง ในกรณีที่เป็นการบวกเลขจำนวนเต็มลบกับเลขจำนวนเต็มลบ ซึ่งเป็น 2 รูปแบบในทั้งหมด 6 รูปแบบ และเป็นไปได้เช่นเดียวกันว่านักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบนี้ เนื่องจากจับความเนื้อหาที่ครูสอนได้ไม่ครบถ้วน และเมื่อทดสอบสมมติฐานของตนแล้วจะพบว่า ใช้วิธีคิดแบบนี้แล้วทำข้อสอบถูกต้องได้จำนวนไม่มากนัก หากข้อสอบของครูมีสัดส่วนที่ไม่หนักไปในรูปแบบใดโดยเฉพาะ จึงมีแนวโน้มว่านักเรียนจะเรียนรู้แล้วค้นหามโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ในไม่ช้า

ส่วนแบบการคิดอีก 3 แบบที่เหลือนั้น นักเรียนจะพิจารณามิติเครื่องหมายของตัวตั้งหรือตัวบวกเพียงอย่างเดียว จึงอาจกล่าวได้ว่ามีความคลาดเคลื่อนพอ ๆ กัน คือไม่มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับแบบการคิดที่ถูกต้องเลย และแบบการคิดที่ 5 ถึง แบบการคิดที่ 9 นี้ ก็มีนักเรียนนำไปใช้น้อยมากอยู่แล้ว (ร้อยละ 0.99 ของนักเรียนที่ใช้แบบการคิดที่ผิด) แบบการคิดทั้งสามได้แก่

แบบการคิดที่ 5 ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นบวกนำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นลบนำค่าสัมบูรณ์มาลบกันเสมอ

แบบการคิดที่ 6 ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นบวกนำค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นลบนำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันเสมอ

แบบการคิดที่ 9 ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งเป็นบวก จะนำค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งเป็นลบนำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันเสมอ

ระดับความรุนแรงของแบบการคิดเครื่องหมายที่ผิด

ในส่วนของแบบการคิดเครื่องหมายของคำตอบ แบบการคิดที่ 1 เป็นแบบการคิดที่ถูกต้อง ซึ่งจะพิจารณาเพียงมิติเดียว คือ มิติเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า โดยให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า แบบการคิดที่เบี่ยงเบนไปจากแบบการคิดที่ถูกต้องมากขึ้นตามลำดับ จะเป็นดังนี้

แบบที่ 2 ให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่า

แบบการคิดที่ 2 น่าจะเป็นแบบการคิดที่เบี่ยงเบนไปจากแบบการคิดที่ถูกต้องน้อยที่สุด เพราะถึงแม้ว่าแบบการคิดนี้จะไม่ให้คำตอบที่ถูกต้องในกรณีใดเลย แต่นักเรียนก็ยังคงพิจารณามิติของเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าหรือน้อยกว่า เพียงแต่อาจสลับกันกับแบบการคิดที่ถูกต้อง คือ ให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่า ซึ่งมีโน้ตค้นที่คลาดเคลื่อนแบบนี้จะแก้ไขได้ไม่ยาก และนักเรียนก็มักจะรู้ว่าไม่มีโน้ตค้นที่คลาดเคลื่อน เพราะเมื่อคิดด้วยวิธีนี้แล้ว ไม่ได้คำตอบที่ถูกต้องเลย

แบบการคิดที่ 13 เปลี่ยนเครื่องหมายของตัวบวกเป็นเครื่องหมายตรงกันข้าม แล้วให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า

แบบการคิดที่ 14 เปลี่ยนเครื่องหมายของตัวตั้งเป็นเครื่องหมายตรงกันข้าม แล้วให้เครื่องหมายของคำตอบ ตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า

แบบการคิดที่ 13 และ 14 นี้ มีความเบี่ยงเบนไปจากแบบการคิดที่ถูกต้องใกล้เคียงกัน คือมีเงื่อนไขของการเปลี่ยนเครื่องหมายของตัวตั้งหรือตัวบวกมาเกี่ยวข้องด้วย จึงทำให้ผิดไปจากแบบการคิดที่ถูกต้อง คาดว่าแบบการคิดเหล่านี้จะเกิดขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้เรียนเรื่องการลบเลขจำนวนเต็มลบแล้ว เพราะการลบเลขจำนวนเต็มลบ ต้องพิจารณาวิธีการเปลี่ยนเครื่องหมายของตัวบวกด้วย นักเรียนที่ยังไม่แม่นยำในวิธีการบวกเลขจำนวนเต็มลบ จึงนำวิธีการมาใช้สลับสับกัน ซึ่งก็สามารถให้คำตอบที่ถูกต้องได้ในบางข้อ

แบบที่ 7 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบตามจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอ

แบบการคิดที่ 7 จะพิจารณาในมิติความแตกต่างของเครื่องหมาย แต่ก็มีส่วนถูกต้องตรงที่จะให้เครื่องหมายของคำตอบ ตามเครื่องหมายจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า ในกรณีที่เครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน แต่จะให้คำตอบที่ผิด ในกรณีที่เป็นการบวกเลขจำนวนเต็มลบทั้งสองจำนวน ยิ่งถ้าหากข้อสอบของครูมีสัดส่วนที่หนักไปแต่รูปแบบใดโดยเฉพาะใน 4 รูปแบบนี้แล้ว ก็ยิ่งจะทำให้นักเรียนที่มีมีโน้ตค้นที่คลาดเคลื่อนแบบนี้ทำข้อสอบถูกต้องมากยิ่งขึ้น ฉะนั้นหากไม่ได้รับ

การวินิจฉัยเพื่อการแก้ไขหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแล้ว นักเรียนเหล่านี้ก็อาจจะไม่รู้ตัว และยังคงมีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนี้ติดตัวต่อไปเช่นกัน

แบบที่ 3 ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอ

แบบที่ 4 ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบเสมอ

แบบการคิดที่ 3 และ 4 น่าจะมีความรุนแรงในระดับใกล้เคียงกันเพราะแบบการคิดทั้งคู่พิจารณาในมิติเดียว คือมิติของเครื่องหมายปฏิบัติการ (operation sign) โดยเมื่อพบว่าเป็นการ "บวก" กันของเลข "จำนวนเต็มลบ" นักเรียนก็จะให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอหรือลบเสมอในข้อสอบทุกข้อ ซึ่งเป็นไปได้ว่าหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งสองแบบนี้จะเกิดจากการจับความเนื้อหาที่ครูสอนได้ไม่ครบถ้วน และนักเรียนได้ทดสอบสมมติฐานของตนเองแล้วว่า ใช้วิธีคิดแบบนี้แล้วทำข้อสอบถูกได้จำนวนหนึ่ง โดยในแบบการคิดที่ 4 จะตอบถูก 4 รูปแบบในทั้งหมด 6 รูปแบบ กล่าวคือ จะให้คำตอบที่ผิดในกรณีที่จำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่ามีเครื่องหมายบวกเท่านั้น ส่วนแบบการคิดที่ 3 จะให้คำตอบที่ถูกต้อง ในกรณีที่จำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่ามีเครื่องหมายบวก ซึ่งเป็น 2 รูปแบบในทั้งหมด 6 รูปแบบ นักเรียนที่ใช้แบบการคิดนี้จะทำข้อสอบได้ถูกจำนวนไม่มากนัก หากข้อสอบของครูมีสัดส่วนที่ไม่หนักไปในรูปแบบหนึ่งรูปแบบใดโดยเฉพาะ จึงมีแนวโน้มว่านักเรียนจะเรียนรู้แล้วค้นหามโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ในไม่ช้า

แบบที่ 8 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์มากกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบเสมอ

แบบที่ 9 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์มากกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอ

แบบการคิดที่เบี่ยงเบนไปจากแบบการคิดที่ถูกต้องรองลงไป น่าจะเป็นแบบการคิดที่ 8 และ 9 ตามลำดับ ด้วยแบบการคิดทั้งสองยังคงพิจารณามิติค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งควบคู่กับมิติความเหมือน-ต่างของเครื่องหมายอยู่ แต่แบบการคิดที่ 8 มีส่วนถูกในการนี้ ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกันจะให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบเสมอ

แบบการคิดที่ 5 ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก

แบบการคิดที่ 6 ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ

แบบการคิดที่ 10 ให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของตัวตั้ง

แบบการคิดที่ 11 ให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของตัวเอง

แบบการคิดที่ 12 ให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายที่ตรงกันข้ามกับเครื่องหมายของตัวเอง

แบบการคิด 5 แบบนี้ จะพิจารณามิติความเหมือน-ต่างของเครื่องหมาย หรือมิติเครื่องหมายของตัวเองหรือตัวบวกเพียงอย่างเดียวในการคิดเครื่องหมายของคำตอบ จึงอาจกล่าวได้ว่ามีความเบี่ยงเบนใกล้เคียงกัน คือไม่มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับแบบการคิดที่ถูกต้องเลย

4.3 ครูกับการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

เมื่อพิจารณาแบบการคิดที่ผิดของนักเรียนแยกรายห้องตามครูผู้สอน จะเป็นดังนี้

ครู ก สอน 5 ห้องเรียน มีนักเรียนใช้แบบการคิดที่ 1-7 มากเป็นอันดับหนึ่งจำนวน 3 ห้องเรียน

ครู ข สอน 2 ห้องเรียน มีนักเรียนใช้แบบการคิดที่ 1-4 มากเป็นอันดับหนึ่งทุกห้องเรียน

ครู ค สอน 3 ห้องเรียน มีนักเรียนใช้แบบการคิดที่ 1-4 มากเป็นอันดับหนึ่งทุกห้องเรียน

ครู ง สอน 2 ห้องเรียน มีนักเรียนใช้แบบการคิดที่ 2-5 และ 1-4 เป็นอันดับหนึ่งในแต่ละห้อง

ครู จ สอน 2 ห้องเรียน มีนักเรียนใช้แบบการคิดที่ 1-4 มากเป็นอันดับหนึ่งทุกห้องเรียน

ครู ฉ สอน 3 ห้องเรียน มีนักเรียนใช้แบบการคิดที่ 1-4 1-5 1-7 และ 2-5 มากเป็นอันดับหนึ่งแตกต่างกันไปแต่ละห้องเรียน

ครู ช สอน 3 ห้องเรียน มีนักเรียนใช้แบบการคิดที่ 1-7 มากเป็นอันดับหนึ่งทุกห้องเรียน

ครู ฎ สอน 2 ห้องเรียน มีนักเรียนใช้แบบการคิดที่ 1-4 มากเป็นอันดับหนึ่งทุกห้องเรียน

จะสังเกตว่าแบบการคิดที่นักเรียนใช้มากที่สุดในแต่ละห้อง ส่วนใหญ่จะสอดคล้องกันในระหว่างครูผู้สอนคนเดียวกัน แต่ทว่าแบบการคิดที่นักเรียนใช้มากที่สุด ไม่ว่าจะสอนโดยครูท่านใด ก็ยังคงอยู่ในกลุ่มของแบบการคิดที่ 1-4 1-5 1-7 และ 2-5 จึงไม่อาจกล่าวได้อย่างแน่ชัดว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้น ส่วนหนึ่งมาจากครูผู้สอน หรืออาจจะมาจากธรรมชาติการเรียนรู้ของนักเรียนโดยตรงก็ได้ แต่ก็เป็นไปได้ว่าครูทุกท่านที่เป็นกลุ่มตัวอย่างนี้เป็นผู้มีความรับผิดชอบแก่หน้าที่ผู้วิจัยตั้งไว้ข้อหนึ่งคือ เป็นผู้ที่ได้รับการยอมรับจากครูในโรงเรียนว่าสอนดีและเอาใจใส่นักเรียน จึงทำให้ไม่พบแบบแผนการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่คาดว่าจะเกิดจากตัวครูผู้สอนอย่างเด่นชัด ในประเด็นนี้ครูกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 ได้เสนอว่าหากทดลองใช้วิธีการวิจัย

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนี้กับนักเรียนในโรงเรียนขยายโอกาส หรือโรงเรียนอื่นที่มีการนำครูที่มีได้ จบการศึกษาวิชาเอกคณิตศาสตร์มาสอนวิชาคณิตศาสตร์ อาจจะทำให้แบบแผนของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากครูผู้สอนดังกล่าวก็ได้

อย่างไรก็ตามไม่ว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะเกิดจากสาเหตุใดก็ตาม ครูควรรักษาทางแก้ไขให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งนอกจากวิธีการวินิจฉัยแล้ว รูปแบบของการให้ผลป้อนกลับก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะใช้ในการแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยทั่วไปในการสอบแต่ละครั้ง ผลป้อนกลับส่วนใหญ่ที่นักเรียนได้รับจะเป็นคะแนนหรือการบอกให้ทราบว่าสอบได้หรือตก หากนักเรียนคนใดได้คะแนนไม่ถึงเกณฑ์ก็ต้องมาซ่อมให้ผ่าน ผู้ใดสอบผ่านเกณฑ์จะถือว่าสอบแล้ว ครูเองไม่มีเวลาจะมาเอาใจใส่ชี้แจงนักเรียนเป็นรายบุคคลว่าใครผิดข้อไหน อย่างไร เพราะเหตุใด ทั้งครูและนักเรียนต้องรีบสอน รีบเรียน รีบสอบให้ทันเวลาตามหลักสูตร ฉะนั้นหากผลป้อนกลับที่ให้แก่นักเรียนหลังการสอบแต่ละครั้งเป็นรายละเอียดของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนแต่ละคนในเนื้อหาควบคุมไปกับคะแนนที่ได้ ก็น่าจะเป็นส่วนช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของกิลแมนและฮอลแลนด์ (Gilman, 1969; Holland, 1965 อ้างถึงใน Birenbaum and Tatsuoka, 1978) ที่ว่าหากผลป้อนกลับยังมีสารสนเทศมากเท่าไร ก็จะมีผลดีต่อการเรียนรู้ของนักเรียนมากเท่านั้น หากเป็นผลป้อนกลับที่มีความเฉพาะสำหรับแต่ละบุคคล (adaptive feedback) ด้วยแล้วก็จะยิ่งเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น ซึ่งวิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้น่าจะตอบสนองในจุดนี้ได้

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำวิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้

1. ถึงแม้วิธีการที่พัฒนาขึ้นจะมีคู่มือและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นแล้ว แต่ตอนนำไปใช้สำหรับครูที่ไม่คุ้นเคย ถ้าได้มีการประชุมชี้แจงโดยผู้รู้ก่อนก็จะทำให้การนำไปใช้คล่องตัวมากขึ้น
2. ในการนำวิธีการที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบ ครูไม่จำเป็นต้องใช้แบบการคิดทั้ง 126 แบบ ครูอาจเลือกแบบการคิดที่นักเรียนใช้มาก 10 - 15 แบบ ตั้งที่ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบการคิด 14 แบบในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ก็จะทำให้การตรวจกระดาษคำตอบและการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนสะดวกและรวดเร็วขึ้นมากกว่าที่จะใช้แบบการคิดทั้ง 126 แบบในการวินิจฉัย

3. หลังจากที่มีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแล้ว การให้ผลป้อนกลับของครูเป็นสิ่งสำคัญ งานวิจัยนี้เน้นแต่วิธีการวินิจฉัย ไม่ได้เน้นวิธีการให้ข้อมูลป้อนกลับ ดังนั้นผู้ที่จะนำวิธีการนี้ไปใช้ขอให้คำนึงถึงวิธีการให้ข้อมูลป้อนกลับที่เหมาะสมด้วย

4. วิธีการนี้สามารถนำไปใช้กับเนื้อหาอื่นได้ แม้กระทั่งเนื้อหาที่ไม่ใช่คณิตศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ แต่ต้องเป็นเนื้อหาที่สามารถกำหนดแบบการคิดหาคำตอบในเรื่องนั้นได้อย่างแน่นอน

ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยต่อไป

1. แม้ว่าวิธีการที่พัฒนาขึ้นจะสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้อย่างมีความเที่ยงและความตรง แต่วิธีการนี้ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความยุ่งยากในการวินิจฉัยและการสร้างแบบสอบชุดที่ 2 อันเป็นอุปสรรคสำหรับการนำไปใช้ในโรงเรียน ดังนั้นในการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนต่อไป สิ่งหนึ่งที่ผู้วิจัยควรคำนึงถึงคือการพยายามลดความซับซ้อนและความยุ่งยากในการนำไปใช้ลง

2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้สำหรับวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบเท่านั้น หากจะนำไปใช้ในเนื้อหาอื่นก็จะต้องพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาใหม่ ซึ่งต้องใช้ความชำนาญในการเขียนโปรแกรมและใช้เวลามาก ดังนั้นหากได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีความเป็นนัยทั่วไป สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาใดก็ได้ โดยผู้ใช้เพียงแค่ใส่ข้อมูลรูปแบบข้อสอบและแบบการคิดในเรื่องนั้น แล้วโปรแกรมจะดำเนินการวินิจฉัยตามขั้นตอนของวิธีการที่พัฒนาขึ้นทั้งการสร้างข้อสอบ การวินิจฉัยและการรายงานผล ก็จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนต่อไป

3. องค์ประกอบสำคัญของการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอันหนึ่งคือ แบบการคิด ซึ่งต้องเป็นแบบการคิดที่มีความเฉพาะเจาะจงในแต่ละเนื้อหา มิใช่แบบการคิดกว้าง ๆ เหมือนกับที่ใช้ในแบบสอบวินิจฉัยส่วนใหญ่ สำหรับเนื้อหาการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลักสามารถสำรวจแบบการคิดได้ถึง 126 แบบ หากผู้รู้ทางการสอนได้วิเคราะห์หาแบบการคิดในเนื้อหาอื่นต่อไป ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการนี้หรือวิธีการอื่นที่จะมีการพัฒนาต่อไปในอนาคต