



ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

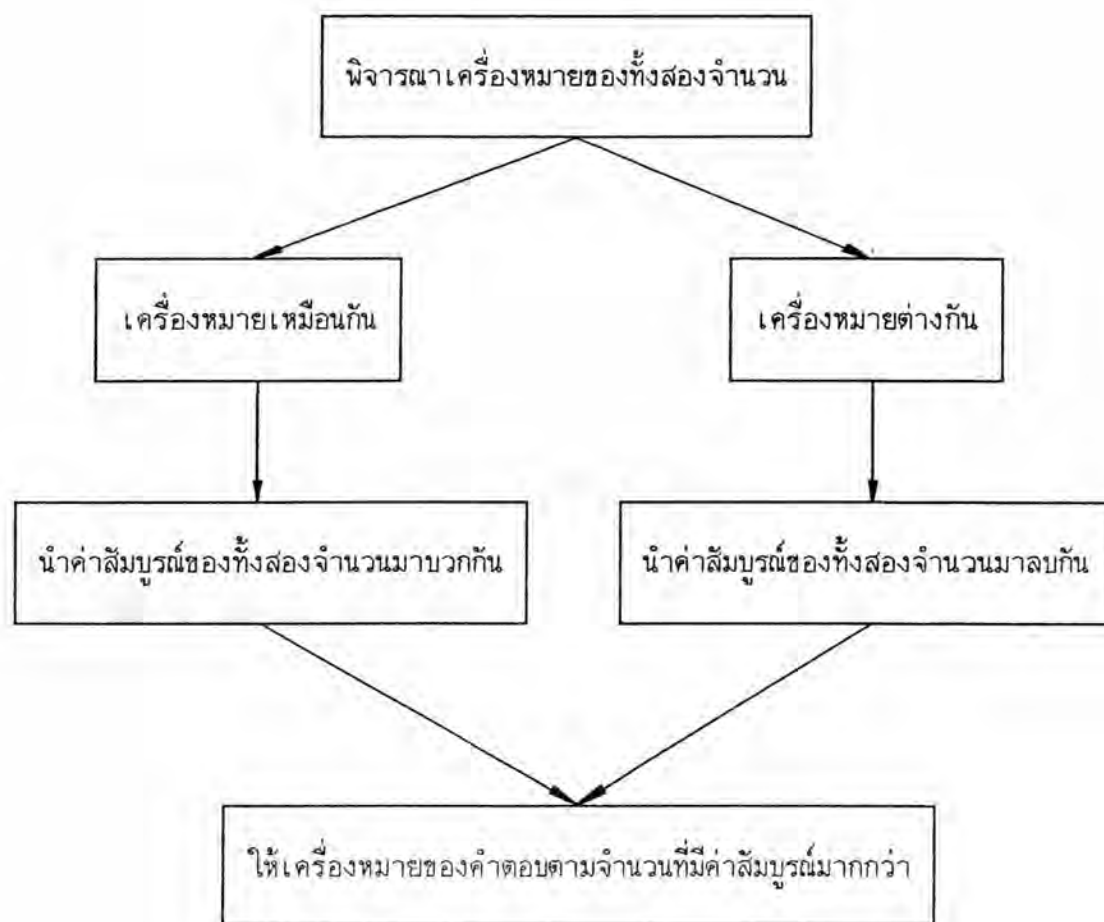
การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการวิจัยสำหรับตรวจสอบ โน้ตค้นที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิจัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของ ทาทุชไอกะ สามารถแบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้เป็น 6 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1 แบบการคิดในการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก
- ตอนที่ 2 การวิจัยโดยครู
- ตอนที่ 3 การวิจัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น
- ตอนที่ 4 การวิจัยด้วยวิธีการของทาทุชไอกะ
- ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิจัย
- ตอนที่ 6 การศึกษาความเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น

ตอนที่ 1 แบบการคิดในการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก

จากการดำเนินการตามกระบวนการ ได้มาซึ่งแบบการคิดโดยการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาการบวกเลขจำนวนเต็มลบและวิเคราะห์ขั้นตอนในการคิดที่นักเรียนจะต้องใช้ในการแก้ปัญหาการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก พบว่าต้องมีขั้นตอนในการคิดดังนี้

ขั้นตอนการคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก



หลังจากการวิเคราะห์ขั้นตอนในการคิดที่นักเรียนจะต้องใช้ในการแก้ปัญหาแล้ว ผู้วิจัยร่วมกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 3.1 ซึ่งเป็นครูจำนวน 7 คน วิเคราะห์และคาดคะเนถึงวิธีการคิดที่ผิดของนักเรียนอันเกิดจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเป็นไปได้ แล้วเปรียบเทียบกับผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง (วิรัช นิยมแยม, 2525; จินดา ล้อมถาวรศิริพงษ์, 2525; Tatsuoka, 1984) พบว่าแบบการคิดที่ได้จากผลการวิจัยของทาทซูกะมีความละเอียด ชัดเจน และครอบคลุมมากที่สุด โดยแบ่งแบบการคิดออกเป็น 2 ส่วน คือ แบบการคิดค่าสัมบูรณ์ 7 แบบ และแบบการคิดเครื่องหมาย 9 แบบ รายละเอียดแต่ละแบบเป็นดังนี้

แบบการคิดค่าสัมบูรณ์

แบบการคิดที่ 1 ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งและตัวบวกต่างกัน นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาลบกัน แต่ถ้าเครื่องหมายเหมือนกัน นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันเสมอ อันเป็นแบบการคิดที่

ถูกต้อง ซึ่งพิจารณาเพียงมิติเดียวคือมิติความเหมือน-ต่างระหว่างเครื่องหมายของตัวตั้งและตัวบวก

แบบการคิดที่ 2 นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาบวกกันเสมอ

แบบการคิดที่ 3 นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาลบกันเสมอ

แบบการคิดที่ 4 ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งและตัวบวกต่างกัน นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาบวกกัน แต่ถ้าเครื่องหมายเหมือนกัน นำค่าสัมบูรณ์มาลบกันเสมอ

แบบการคิดที่ 5 ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นบวก นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาบวกกัน แต่ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นลบ นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาลบกันเสมอ

แบบการคิดที่ 6 ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นบวก นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาลบกัน แต่ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นลบ นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาบวกกันเสมอ

แบบการคิดที่ 7 ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งเป็นบวก นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาลบกัน แต่ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งเป็นลบ นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองของทั้งสองจำนวนมาบวกกันเสมอ

แบบการคิดเครื่องหมาย

แบบการคิดที่ 1 ให้เครื่องหมายของคำตอบ ตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าเสมอ อันเป็นแบบการคิดที่ถูกต้อง ซึ่งพิจารณาเพียงมิติเดียวคือมิติเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า

แบบการคิดที่ 2 ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอ

แบบการคิดที่ 3 ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบเสมอ

แบบการคิดที่ 4 ให้เครื่องหมายของคำตอบ ตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์

น้อยกว่าเสมอ

แบบการคิดที่ 5 ให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของตัวตั้งเสมอ

แบบการคิดที่ 6 ให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของตัวบวกเสมอ

แบบการคิดที่ 7 เปลี่ยนเครื่องหมายของตัวบวกเป็นเครื่องหมายตรงกันข้าม แล้วให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าเสมอ

แบบการคิดที่ 8 เปลี่ยนเครื่องหมายของตัวตั้งเป็นเครื่องหมายตรงกันข้าม แล้วให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าเสมอ

แบบการคิดที่ 9 ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ แต่ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอ

เวลาทำข้อสอบนักเรียนต้องคิดทั้งค่าสัมบูรณ์และเครื่องหมายของคำตอบควบคู่กัน ดังนั้นแบบการคิดในเรื่องนี้จึงเป็นการรวมกัน (combination) ระหว่างแบบการคิดค่าสัมบูรณ์และแบบการคิดเครื่องหมาย ทำให้ได้แบบการคิดทั้งสิ้น 63 แบบการคิด เมื่อให้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 3.1 ตรวจสอบความครอบคลุมของแบบการคิด กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเห็นว่าแบบการคิดทั้งหมดนี้ครอบคลุมดีแล้ว จึงไม่ได้เสนอแบบการคิดอื่นเพิ่มเติม จากการศึกษาสำรวจเพื่อสำรวจแบบการคิดของเด็กไทยโดยให้นักเรียนโรงเรียนศรีบุญยานนท์จำนวน 94 คนทำแบบสอบเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบชนิดเต็มคำตอบจำนวน 12 ข้อ ตรวจสอบคำตอบและสัมภาษณ์นักเรียนที่ตอบผิดแต่ละคนว่ามีวิธีคิดอย่างไร ปรากฏผลดังนี้

ตอบถูกทุกข้อ	25	คน
คิดค่าสัมบูรณ์โดย		
- แบบการคิดที่ 1	75	คน
- แบบการคิดที่ 2	11	คน
- แบบการคิดที่ 3	1	คน
- เตาลุ่ม	7	คน
คิดเครื่องหมายโดย		
- แบบการคิดที่ 1	43	คน
- แบบการคิดที่ 2	10	คน
- แบบการคิดที่ 7	34	คน
- เตาลุ่ม	7	คน

จากการศึกษานำร่องไม่พบแบบการคิดที่นอกเหนือไปจากแบบการคิดข้างต้น แต่เมื่อนำแบบสอบชุดที่ 1 ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 940 คน ปรากฏว่าครูวินิจฉัยแบบการคิดค่าสัมบูรณ์จากนักเรียนได้เพิ่มขึ้นอีก 2 แบบ และแบบการคิดเครื่องหมายเพิ่มขึ้นอีก 5 แบบ ดังนี้

แบบการคิดค่าสัมบูรณ์ของคำตอบที่เพิ่มขึ้นอีก 2 แบบ ได้แก่

แบบที่ 1 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นบวก นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาบวกกัน ถ้าเครื่องหมายของตัวบวกเป็นลบ นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาลบกัน กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันเสมอ

แบบที่ 2 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งเป็นบวก นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาบวกกัน ถ้าเครื่องหมายของตัวตั้งเป็นลบ นำค่าสัมบูรณ์ของทั้ง

สองจำนวนมาลบกัน กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันเสมอ จากแบบการคิดผัดที่พบเพิ่มอีกสองแบบนี้สังเกตได้ว่านักเรียนใช้ทั้งมิติความเหมือน-ต่าง ระหว่างเครื่องหมายของตัวตั้งกับตัวบวก และมิติเครื่องหมายของตัวบวกหรือมิติเครื่องหมายของตัวตั้ง ซึ่งคาดว่าจะเกิดขึ้นหลังจากที่เรียนเรื่องการลบเลขจำนวนเต็มลบแล้ว เพราะการลบเลขจำนวนเต็มลบต้องพิจารณามิติเครื่องหมายของตัวบวกด้วย นักเรียนที่ยังไม่แม่นยำในวิธีการบวกเลขจำนวนเต็มลบจึงนำวิธีการมาใช้สับสนกัน ซึ่งก็สามารถให้คำตอบที่ถูกต้องได้ในบางข้อ

แบบการคิดเครื่องหมายที่เพิ่มขึ้นอีก 5 แบบ ได้แก่

แบบการคิดที่ 1 ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก แต่ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบเสมอ

แบบการคิดที่ 2 ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบตามจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า แต่ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอ

แบบการคิดที่ 3 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์มากกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบเสมอ

แบบการคิดที่ 4 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์มากกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอ

แบบการคิดที่ 5 ให้เครื่องหมายของคำตอบ ตามเครื่องหมายที่ตรงกันข้ามกับเครื่องหมายของตัวบวก

จากแบบการคิดผัดที่พบเพิ่มอีกห้าแบบนี้ สังเกตได้ว่านักเรียนใช้ทั้งมิติความเหมือน-ต่าง ระหว่างเครื่องหมายของตัวตั้งกับตัวบวก และมิติค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งในการคิดเครื่องหมายของคำตอบ

ผู้วิจัยได้จัดแบบการคิดที่มีอยู่เดิมและแบบการคิดที่พบเพิ่มเติมจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 940 คน ไว้ดังนี้

แบบการคิดค่าสัมบูรณ์

แบบที่ 1 ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกันนำค่าสัมบูรณ์มาลบกัน

ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกันนำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันเสมอ

แบบที่ 2 นำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาบวกกันเสมอ

- แบบที่ 8 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน
 ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์มากกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก
 ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ
 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน
 ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบเสมอ
- แบบที่ 9 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน
 ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์มากกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก
 ถ้าตัวตั้งมีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่า ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ
 กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน
 ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอ
- แบบที่ 10 ให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของตัวตั้ง
- แบบที่ 11 ให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของตัวบวก
- แบบที่ 12 ให้เครื่องหมายของคำตอบตรงกันข้ามกับเครื่องหมายของตัวบวก
- แบบที่ 13 เปลี่ยนเครื่องหมายของตัวบวกเป็นเครื่องหมายตรงกันข้าม แล้วให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า
- แบบที่ 14 เปลี่ยนเครื่องหมายของตัวตั้งเป็นเครื่องหมายตรงกันข้าม แล้วให้เครื่องหมายของคำตอบตามเครื่องหมายของจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า

ในการนำเสนอผลการวิจัย ผู้วิจัยใช้รหัสตัวเลขแทนแบบการคิด โดยให้ เลขชุดแรก หมายถึงแบบการคิดค่าสัมบูรณ์ของคำตอบ ซึ่งมี 9 แบบ เลขชุดต่อมาซึ่งคั่นด้วย - ต่อจากเลขชุดแรก หมายถึงแบบการคิดเครื่องหมายของคำตอบ ซึ่งมี 14 แบบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

แบบการคิดที่ 2-5 หมายถึง คิดค่าสัมบูรณ์แบบที่ 2 และคิดเครื่องหมายแบบที่ 5

แบบการคิดที่ 1-12 หมายถึง คิดค่าสัมบูรณ์แบบที่ 1 และคิดเครื่องหมายแบบที่ 12

ถ้านักเรียนตอบถูกทุกข้อ ใช้สัญลักษณ์ OK

ถ้านักเรียนใช้แบบการคิดที่ถูกต้อง คือ แบบการคิดที่ 1-1 แต่สะเพร่า ไม่รอบคอบ

ใช้สัญลักษณ์ E (error)

ถ้านักเรียนทำข้อสอบแบบเดาลุ่มหรือไม่มีแบบการคิดที่แน่นอน ใช้สัญลักษณ์ G

(guessing)

ถ้าไม่สามารถระบุแบบการคิดของนักเรียนได้ ใช้สัญลักษณ์ U (unidentified)

ตอนที่ 2 การวินิจฉัยโดยครู

เกณฑ์ในการตรวจสอบความตรงของวิธีการวินิจฉัยสำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้ผลการวินิจฉัยจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้น ม.2 ห้องที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนอยู่จำนวนทั้งสิ้น 10 คน โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบการคิดแบบต่าง ๆ ในเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก แก่ครูที่ละคนให้เข้าใจตรงกัน การวินิจฉัยของครูเริ่มจากการพิจารณาคำตอบในแบบสอบชุดที่ 1 ของนักเรียนแต่ละคนที่ตนสอน แล้วเรียกนักเรียนมาซักถามกลับไปกลับมา (check-recheck) เป็นรายบุคคลจนกว่าจะมั่นใจว่านักเรียนใช้วิธีคิดแบบใด ผลการวินิจฉัยปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยครู

ผลการวินิจฉัย	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
ตอบถูกทุกข้อ	561	(59.68)
มีแบบการคิดที่ถูกแต่ไม่รอบคอบ	43	(4.57)
มีแบบการคิดที่ผิด	302	(32.13)
ตอบแบบเดาสุ่ม	34	(3.62)
รวม	940	(100.00)

นักเรียนตอบถูกทุกข้อเป็นส่วนใหญ่จำนวน 561 คน (ร้อยละ 59.68 ของนักเรียนทั้งหมด) ส่วนนักเรียนที่ตอบผิดจำนวน 379 คน โดยมากเป็นนักเรียนที่มีแบบการคิดที่ผิดถึงจำนวน 302 คน คิดเป็นร้อยละ 79.68 ของนักเรียนที่ตอบผิด ที่เหลือเป็นนักเรียนที่มีแบบการคิดที่ถูกแต่ไม่รอบคอบจำนวน 43 คน และเป็นนักเรียนที่ตอบแบบเดาสุ่มจำนวน 34 คิดเป็นร้อยละ 11.35 และ 8.97 ของนักเรียนที่ตอบผิด สำหรับจำนวนนักเรียนจำแนกตามแบบการคิดที่ผิด ปรากฏดังตารางที่ 5 โดยที่นักเรียนบางคนใช้แบบการคิดมากกว่า 1 แบบ จึงรวมจำนวนนักเรียนตามแบบการคิดได้มากกว่า 302 คน

ตารางที่ 5 จำนวนนักเรียนจำแนกตามแบบการคิดที่ผิด

แบบการคิด*	จำนวนนักเรียน	(ร้อยละ)
1-7	71	22.61
1-4	63	20.06
2-5	53	16.88
1-5	26	8.28
2-4	18	5.73
2-1	11	3.50
1-6	9	2.87
2-10	7	2.23
1-3	5	1.59
1-9	5	1.66
2-6	5	1.66
2-11	5	1.66
3-4	5	1.66
2-7	4	1.27
1-10	3	0.95
2-3	3	0.95
3-1	3	0.95
3-7	2	0.64
1-8	2	0.64
3-3	2	0.64
1-12	1	0.32
2-9	1	0.32
3-5	1	0.32
4-3	1	0.32
4-4	1	0.32

ตารางที่ 5 (ต่อ) จำนวนนักเรียนจำแนกตามแบบการคิดที่ผิด

แบบการคิด	จำนวนนักเรียน	(ร้อยละ)
4-5	1	0.32
5-4	1	0.32
5-10	1	0.32
6-5	1	0.32
7-1	1	0.32
7-4	1	0.32
7-10	1	0.32
รวม	314	100.00

* รายละเอียดของแบบการคิดเสนอไว้ในภาคผนวก ก

แบบการคิดที่ผิดที่นักเรียนใช้มากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ แบบการคิดที่ 1-7 จำนวน 71 คน รองลงมาคือ แบบการคิดที่ 1-4 จำนวน 63 คน และแบบการคิดที่ 2-5 จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 22.61 20.06 และ 16.88 ของนักเรียนที่มีแบบการคิดที่ผิดทั้งหมดตามลำดับ และแบบการคิดสามแบบแรกนี้เท่านั้นที่นักเรียนใช้เกินกว่าร้อยละ 10 ขึ้นไป เมื่อพิจารณาแบบการคิดแยกกันระหว่างแบบการคิดค่าสัมบูรณ์และแบบการคิดเครื่องหมายของคำตอบ ได้ผลปรากฏดังตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตารางที่ 6 จำนวนนักเรียนจำแนกตามแบบการคิดค่าสัมบูรณ์

แบบการคิดค่าสัมบูรณ์	จำนวนนักเรียน	(ร้อยละ)
1	186	59.24
2	107	34.08
3	13	4.14
4	3	0.95
5	2	0.64
7	2	0.64
6	1	0.32
รวม	314	100.00

แบบการคิดค่าสัมบูรณ์ที่นักเรียนใช้มากที่สุดเกาะกลุ่มกันในสองอันดับแรก ได้แก่ แบบการคิดที่ 1 จำนวน 186 รองลงมาคือ แบบการคิดที่ 2 จำนวน 107 คน คิดเป็นร้อยละ 59.24 และ 34.08 ตามลำดับ แบบการคิดนอกเหนือจากนี้ที่นักเรียนใช้ไม่ถึงร้อยละ 10 ของนักเรียนที่มีแบบการคิดที่ผิดทั้งหมด แบบการคิดค่าสัมบูรณ์แบบที่ 1 นั้นเป็นแบบการคิดที่ถูกต้อง แสดงว่าในบรรดานักเรียนที่มีแบบการคิดที่ผิด ส่วนใหญ่จะมีวิธีคิดค่าสัมบูรณ์ที่ถูกต้องแล้ว เพียงแต่มีวิธีคิดเครื่องหมายที่ผิด ส่วนแบบการคิดค่าสัมบูรณ์แบบที่ 2 คือการนำค่าสัมบูรณ์ของทั้งสองจำนวนมาบวกกันเสมอ

ตารางที่ 7 จำนวนนักเรียนจำแนกตามแบบการคิดเครื่องหมาย

แบบการคิดเครื่องหมาย	จำนวนนักเรียน	(ร้อยละ)
4	88	28.03
5	83	26.43
7	78	24.84
1	15	4.78
6	14	4.46
3	11	3.50
10	11	3.50
9	6	1.91
11	5	1.59
8	2	0.64
12	1	0.32
รวม	314	100.00

แบบการคิดเครื่องหมายที่นักเรียนใช้มากที่สุดเกาะกลุ่มกัน ในสามอันดับแรก ได้แก่ แบบการคิดที่ 4 จำนวน 88 คน รองลงมาคือ แบบการคิดที่ 5 จำนวน 83 คน และแบบการคิดที่ 7 จำนวน 83 คน คิดเป็นร้อยละ 28.03 26.43 และ 24.84 ตามลำดับ แบบการคิดนอกเหนือจากนี้ มีนักเรียนใช้ไม่ถึงร้อยละ 10 ของนักเรียนที่มีแบบการคิดที่ผิดทั้งหมด แบบการคิดเครื่องหมายแบบที่ 4 คือให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบเสมอ ส่วนแบบการคิดเครื่องหมายแบบที่ 5 ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นลบ ถ้าเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือนกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวก ซึ่งทั้งสองแบบการคิดนี้จะเกิดจากการสังเกตแล้วสร้างแบบการคิดของนักเรียนขึ้นเองมากกว่า เพราะถึงแม้สองแบบการคิดนี้จะไม่มีส่วนถูก แต่ก็สามารถให้คำตอบที่ถูกต้องได้หลายข้อ ส่วนแบบการคิดแบบที่ 7 คือ กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน ให้เครื่องหมายของคำตอบตามจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า กรณีเครื่องหมายของทั้งสองจำนวนเหมือน ให้เครื่องหมายของคำตอบเป็นบวกเสมอ แม้ที่นักเรียนจะพิจารณา

มิตีความเหมือน-ต่างของเครื่องหมายเป็นหลัก แต่ก็มีส่วนถูกอยู่บ้างตรงที่ให้เครื่องหมายของคำตอบตามจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า ในกรณีที่เครื่องหมายของทั้งสองจำนวนต่างกัน

ตอนที่ 3 การวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น

การวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยการดำเนินงาน 2 รอบคือ รอบที่ 1 การวินิจฉัยเชิงสำรวจแบบการคิด (exploratory diagnosis) และรอบที่ 2 การวินิจฉัยเพื่อยืนยันแบบการคิด (confirmatory diagnosis) ในการดำเนินการวินิจฉัยรอบที่ 1 การวินิจฉัยเชิงสำรวจแบบการคิดพบว่า มีนักเรียนที่ตอบข้อสอบถูกทุกข้อจำนวน 561 คน จากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนทั้งสิ้น 940 คน คิดเป็นร้อยละ 59.68 ดังนั้นจึงมีนักเรียนที่เข้าสู่กระบวนการวินิจฉัยจำนวน 379 คน คิดเป็นร้อยละ 40.32 ของนักเรียนทั้งหมด ในจำนวนนี้สามารถวินิจฉัยแบบการคิดได้ในการวินิจฉัยรอบแรก 347 คนและต้องวินิจฉัยต่อในรอบที่ 2 เพื่อยืนยันแบบการคิด อีกจำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 91.56 และ 8.44 ของนักเรียนที่เข้าสู่กระบวนการวินิจฉัยทั้งหมด รายละเอียดของผลการวินิจฉัยนักเรียนเป็นรายบุคคลในรอบที่ 1 และ รอบที่ 2 เปรียบเทียบกับผลการวินิจฉัยโดยครูเสนอไว้ใในภาคผนวก ข และภาคผนวก ค ตามลำดับ

3.1 การตรวจสอบความตรงและความเที่ยง

หลังจากที่ได้ผลการวินิจฉัยแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความตรงของวิธีการวินิจฉัย ซึ่งเป็นความตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์ โดยมีเกณฑ์คือ ผลการวินิจฉัยจากครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้น ม.2 ห้องที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนอยู่ จำนวนนักเรียนจำแนกตามแบบการคิดที่ได้จากการวินิจฉัยโดยครูและโดยวิธีการที่พัฒนาขึ้น ปรากฏในตารางที่ 8 โดยผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์ของผลการวินิจฉัยในตารางนอกเหนือไปจากหมายเลขแสดงแบบการคิด ดังนี้

- E หมายถึง มีแบบการคิดที่ถูกต้องแต่ไม่รอบคอบ
- G หมายถึง ตอบแบบเตาลุ่ม
- OM หมายถึง ผลการวินิจฉัยพบว่ามีแบบการคิดมากกว่า 1 แบบและตรงกับผลการวินิจฉัยของครู
- OUM หมายถึง ผลการวินิจฉัยพบว่ามีแบบการคิดมากกว่า 1 แบบแต่ไม่ตรงกับผลการวินิจฉัยของครู

ตารางที่ 8 จำนวนนักเรียนจำแนกตามแบบการคิดที่วินิจฉัยได้ โดยครูและ โดยวิธีการที่พัฒนาขึ้น

		แบบการคิดที่วินิจฉัยได้ โดยวิธีการที่พัฒนาขึ้น																																TOTAL						
		1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-12	2-1	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-9	2-10	2-11	3-1	3-3	3-4	3-7	4-4	5-4	5-10	6-3	6-5	7-1	7-4	7-10	E	G	OH	OUM	TOTAL				
แบบการคิดที่วินิจฉัยได้ โดยครู	1-3	5(100)																																				5 (1.3)		
	1-4		59(100)																																			59 (15.6)		
	1-5			21(100)																																		21 (5.5)		
	1-6				8(100)																																	8 (2.1)		
	1-7					70(100)																																70 (18.5)		
	1-8						2(100)																															2 (0.5)		
	1-9							4(100)																														4 (1.1)		
	1-10								2(100)																													2 (0.5)		
	1-12									1(100)																												1 (0.3)		
	2-1										11(100)																											11 (2.9)		
	2-3											3(100)																										3 (0.8)		
	2-4												16(100)																									16 (4.2)		
	2-5													51(100)																								51 (13.5)		
	2-6														4(100)																							4 (1.1)		
	2-7															3(100)																						3 (0.8)		
	2-9																1(100)																					1 (0.3)		
	2-10																	3(100)																				3 (0.8)		
	2-11																		3(100)																			3 (0.8)		
	3-1																			3(100)																		3 (0.8)		
	3-3																				2(100)																	2 (0.5)		
	3-4																					4(100)																4 (1.1)		
	3-7																						3(100)															3 (0.8)		
	4-4																							1(100)														1 (0.3)		
	5-4																								1(100)													1 (0.3)		
	5-10																									1(100)												1 (0.3)		
	6-5																										1(100)											1 (0.3)		
	7-1																											1(100)											1 (0.3)	
	7-4																												1(100)											1 (0.3)
7-10																													1(100)											1 (0.3)
E																																		43(100)				43 (11.3)		
G			1(2.9)																																	15(44.1)	12(35.3)	34 (9.0)		
OH																																				16(100)	16 (4.2)			
TOTAL		6	60	21	8	70	2	4	4	1	11	5	16	51	5	3	1	3	3	3	2	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	43	15	17	11	379	
		(1.3)	(15.8)	(5.5)	(2.1)	(18.5)	(.5)	(1.1)	(1.1)	(.3)	(2.9)	(1.3)	(4.2)	(13.5)	(1.3)	(.8)	(.3)	(.8)	(.8)	(.8)	(.5)	(1.1)	(.8)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(100.0)	

chi-square = 11248.59 df = 1023 significant level = .01
 Cramers' V = .97847 significant level = .01

จากตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นส่วนใหญ่จะสอดคล้องกับผลการวินิจฉัยของครู ยกเว้น ในกรณีที่ครูวินิจฉัยว่านักเรียนตอบแบบเดาสุ่ม และกรณีที่ครูวินิจฉัยว่านักเรียนมีแบบการคิดมากกว่า 1 แบบ เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับผลการวินิจฉัยของครูด้วย chi-square test พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีขนาดของความสัมพันธ์ตามสูตร Cramers' V เป็น .98

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความเที่ยงหรือความคงที่ของผลการวินิจฉัย โดยพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยจากข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน ซึ่งในข้อสอบชุดที่ 1 จำนวน 12 ข้อนั้นมีข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกันอยู่ 2 ชุด ชุดละ 6 ข้อ หากผลการวินิจฉัยนักเรียนจากข้อสอบสองชุดที่มีรูปแบบข้อสอบเหมือนกัน สอดคล้องกัน แสดงว่าวิธีการนี้มีความคงที่ในการวินิจฉัย ปรากฏว่านักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกันจำนวน 327 คน จากนักเรียนที่เข้าสู่วินิจฉัยจำนวน 379 คน คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ .86

3.2 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

จากการดำเนินการเขียนคำสั่งตามผังงานระบบ ทดลองใช้โปรแกรม แก๊ซ และปรับปรุง พร้อมกับตรวจสอบโปรแกรม โดยการศึกษาความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับผลการวินิจฉัยด้วยมือ (manual) จนมั่นใจว่าผลการวินิจฉัยจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตรงกับผลการวินิจฉัยด้วยมือทุกครั้ง ทำให้ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MISCONCEPTIONS DIAGNOSIS 1.0 สำหรับวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก ซึ่งสามารถใช้ได้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็ม ชนิด 16 บิต หรือเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูลที่เทียบเคียงได้กับไอบีเอ็ม (IBM Compatible) ทุกชนิดที่มีหน่วยความจำหลักอย่างน้อย 640 กิโลไบต์ (K-bytes) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำสิ่งต่อไปนี้ได้

1. สร้างข้อสอบการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก ตามรูปแบบข้อสอบที่กำหนดไว้จำนวน 6 ข้อ เป็นข้อสอบแบบเติมคำตอบ สำหรับให้นักเรียนเติมคำตอบลงไป
2. สร้างข้อสอบเพื่อยืนยันแบบการคิด สำหรับนักเรียนคนที่ยังไม่สามารถวินิจฉัยแบบการคิดที่แน่นอนได้ในรอบแรก เป็นข้อสอบแบบให้ตอบว่าถูกหรือผิด
3. วินิจฉัยแบบการคิดของนักเรียนที่ตอบข้อสอบ

4. จำแนกนิมิตผลลัพท์ของการวิเคราะห์และรายงานการวิเคราะห์ตามที่ต้องการ โดยนักเรียนสามารถเรียกดูหรือพิมพ์ผลการวินิจฉัยของตนเอง และครูสามารถเรียกดูหรือพิมพ์ผลการวินิจฉัยของนักเรียนทั้งชั้นได้

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้จัดทำเอกสารคู่มือการใช้โปรแกรม แล้วให้ครูและนักเรียนซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 โดยขออาสาสมัครให้นักเรียน 5 คนและครู 1 คน ทดลองใช้โปรแกรม โดยผู้วิจัยให้นักเรียนใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างข้อสอบและทำการวินิจฉัย ในขณะที่เดียวกันผู้วิจัยก็ได้วินิจฉัยนักเรียนตามวิธีการที่พัฒนาขึ้นด้วยมือ (manual) ปรากฏว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถสร้างข้อสอบชุดที่ 2 และให้ผลการวินิจฉัยตรงกับผลการวินิจฉัยด้วยมือในนักเรียนทุกคน ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่มีต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้ข้อมูลดังนี้

1. ใช้ไม่ยาก แต่ตอนแรกคงต้องให้ครูทำให้ดูก่อน (นักเรียน)
2. น่าสนใจ ใช้ได้ผลดี แต่คงต้องคอยเตือนให้นักเรียนใส่ชื่อห้องเรียนในฟอร์มเดียวกัน (ครู)

3. คิดว่าถ้าเผยแพร่แล้ว ครูในโรงเรียนจะนำไปใช้ได้จริง ๆ เพราะเรื่องเกี่ยวกับเลขจำนวนเต็มลบบมีปัญหามากสำหรับครูที่สอน ม. 2 สอนแล้วสอนอีกอย่างไรก็ยังมีคนไม่เข้าใจโปรแกรมนี้คงช่วยได้มาก (ครู)

4. ถ้าหากได้มีการสร้างโปรแกรมวินิจฉัยในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ ด้วย ก็จะเป็นประโยชน์มาก ซึ่งจะมีข้อได้เปรียบโปรแกรมบทเรียนสำเร็จรูปที่ให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเอง ตรงที่ว่า โปรแกรมบทเรียนสำเร็จรูปจะตัดสินว่านักเรียนยังไม่รอบรู้ก็ต่อเมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบประจำบทไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด ข้อมูลป้อนกลับที่ให้กับนักเรียนเป็น interactive ก็จริง แต่จะให้ข้อมูลป้อนกลับเพียงว่าตอบถูกหรือผิดข้อใด หรือคำตอบที่ถูกต้องคืออะไร หากนักเรียนสอบไม่ผ่านก็จะให้นักเรียนกลับไปศึกษาบทเรียนเดิมอีกครั้ง ซึ่งคำอธิบายในบทเรียนจะเหมือนเดิม แม้ว่าผู้สร้างบทเรียนจะพยายามสร้างคำอธิบายที่กระจ่างชัดที่สุดแล้วก็ตาม นักเรียนบางคนก็อาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการสื่อสารหรือการตีความได้ ในขณะที่วิธีการที่พัฒนาขึ้นจะให้ข้อมูลป้อนกลับเป็นรายละเอียดของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจงสำหรับนักเรียนแต่ละคน จึงน่าจะช่วยสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องแก่นักเรียนได้ดีกว่า (ครู)

ตอนที่ 4 การวินิจฉัยด้วยวิธีการของทาทซูโอะกะ

เนื่องจากการวินิจฉัยด้วยวิธีการของทาทซูโอะกะต้องอาศัยการคำนวณที่ซับซ้อนและยังไม่มี การเผยแพร่โปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลจากคณะผู้วิจัยของทาทซูโอะกะ ผู้วิจัยจึงได้ส่งข้อมูลแบบ แผนคะแนนการตอบของนักเรียน 940 คน และแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดทั้งหมดไป ทำการวิเคราะห์ ณ มหาวิทยาลัยแห่งอิลลินอยส์ (University of Illinois at Urbana-Champaign) โดยได้รับความอนุเคราะห์จาก Professor Delwyn L. Harnisch ผู้ร่วม วิจัยของทาทซูโอะกะ ซึ่งใช้เวลาตั้งแต่เริ่มติดต่อส่งข้อมูล จนถึงวันที่ประมวลผลครั้งสุดท้ายประมาณ 5 เดือน (10 ตุลาคม 2537 ถึง 3 มีนาคม 2538) เนื่องจากโปรแกรมนี้อยู่ในช่วงของการ พัฒนาและทดสอบ จึงต้องมีการปรับแก้การวินิจฉัยแต่ละรอบ ดังปรากฏในข้อความที่ Professor Harnisch ส่งมายังผู้วิจัยผ่านทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้เสนอไว้ในภาคผนวก ญ

จากผลการวินิจฉัยพบว่านักเรียนที่ตอบข้อสอบถูกทุกข้อจำนวน 561 คน จากกลุ่มตัว อย่างนักเรียนทั้งสิ้น 940 คน คิดเป็นร้อยละ 59.68 ดังนั้นจึงมีนักเรียนที่เข้าสู่กระบวนการ วินิจฉัยจำนวน 379 คน คิดเป็นร้อยละ 40.32 ของนักเรียนทั้งหมด

เมื่อนำแบบการคิดทั้ง 126 แบบมาคำนวณเพื่อให้ได้แบบแผนคะแนนการตอบของแต่ละ แบบการคิด พบว่ามีแบบการคิดที่มีแบบแผนคะแนนการตอบซ้ำกัน ดังปรากฏในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดต่าง ๆ

แบบแผนคะแนนการตอบ	แบบการคิด
111111	1-1
010010	1-2, 2-1, 2-2, 2-4, 2-6, 2-8, 2-10, 2-11, 6-2, 6-8, 7-2, 9-2
000101	1-3, 3-3, 3-6
111010	1-4
010111	1-6
101101	1-7, 3-1, 3-7
011011	1-8, 7-1, 7-8, 9-1, 9-8

ตารางที่ 9 (ต่อ) แบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดต่าง ๆ

แบบแผนคะแนนการตอบ	แบบการคิด
001001	1-9, 3-8, 3-9, 5-1, 5-7, 5-8, 5-9, 7-7, 9-7, 9-9
110011	1-10
011110	1-11
100001	1-12, 3-10, 3-12, 3-13
110001	1-13
000000	2-3, 2-5, 2-7, 2-9, 2-12, 3-2, 4-1 ถึง 4-14, 5-2, 8-8, 8-9,
010000	2-13
000010	2-14
001100	3-11, 3-14
000001	5-3, 5-6, 5-10, 5-12, 5-13, 7-3, 7-12, 9-3, 9-12
001000	5-4, 5-5, 5-11, 5-14, 7-5, 9-5
110110	6-1
000100	6-3, 8-3, 8-6, 8-11, 8-14
110010	6-4, 6-10
100000	6-5, 6-12, 8-4, 8-5, 8-10, 8-12, 8-13
010110	6-6, 6-11
100100	6-7, 8-1, 8-7
110000	6-13
000110	6-14
011010	7-4, 7-11, 9-4, 9-11
010011	7-6, 7-10, 9-6, 9-10
010001	7-13, 9-13

ตารางที่ 9 (ต่อ) แบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดต่าง ๆ

แบบแผนคะแนนการตอบ	แบบการคิด
001010	7-14, 9-14
001110	1-14
101000	1-5, 3-4, 3-5
111111	1-1

จากแบบการคิดทั้ง 126 แบบ พบว่ามีเพียง 13 แบบการคิดเท่านั้นที่มีแบบแผนคะแนนการตอบไม่ซ้ำกัน แบบแผนคะแนนการตอบที่คำนวณจากแบบการคิดทั้งหมดมี 33 แบบแผนคะแนนการตอบ ในวิธีการของทาทซุโอะจะคัดแบบแผนคะแนนการตอบแบบ 000000 และ แบบ 111111 ออกจากรายการแบบการคิดที่ตั้งไว้เพื่อเทียบกับแบบการคิดของนักเรียน จึงเหลือแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิด 31 แบบแผน ผลวิเคราะห์จากโปรแกรมของทาทซุโอะเสนอแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดที่เป็นไปได้ทั้งหมด แล้วรายงานว่แบบแผนคะแนนการตอบของนักเรียนใกล้เคียงกับแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดใดมากที่สุดด้วยความน่าจะเป็นไม่ต่ำกว่า 0.5 ซึ่งหากแบบแผนคะแนนการตอบทั้ง 31 แบบแผนไม่ปรากฏในรายการแบบแผนคะแนนการตอบที่โปรแกรมวิเคราะห์ได้ แสดงว่าแบบแผนคะแนนการตอบของนักเรียนคนนั้นไม่ใกล้เคียงกับแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดทั้ง 31 แบบแผนที่ผู้วิจัยเสนอไปจึงแปลผลว่าไม่สามารถระบุแบบการคิดของนักเรียนได้ รายละเอียดของผลการวินิจฉัยนักเรียนเป็นรายบุคคล ผู้วิจัยได้เสนอไว้ในภาคผนวก ค

หลังจากที่ได้ผลการวินิจฉัยแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความตรงของวิธีการวินิจฉัย ซึ่งเป็นความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ โดยมีเกณฑ์คือ ผลการวินิจฉัยจากครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.2 ห้องที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เรียนอยู่ ในที่นี้ผู้วิจัยกำหนดว่าผลการวินิจฉัยมีโน้ตค้นที่คลาดเคลื่อนตามวิธีการของทาทซุโอะนั้น แม้ว่าจะวินิจฉัยแบบการคิดของนักเรียนแต่ละคนว่ามีแบบการคิดที่เป็นไปได้หลายแบบ แต่ถ้ามีแบบการคิดที่วินิจฉัยได้ตรงกับผลการวินิจฉัยของครูแม้เพียงหนึ่งแบบก็ถือเป็นผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน จำนวนนักเรียนจำแนกตามแบบการคิดที่ได้จากการวินิจฉัยโดยครูและโดยวิธีการของทาทซุโอะ ปรากฏในตารางที่ 10 โดยผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์

ของผลการวินิจฉัยในตารางนอกเหนือไปจากหมายเลขแสดงแบบการคิด ดังนี้

- E หมายถึง มีแบบการคิดที่ถูกต้องแต่ไม่รอบคอบ
- G หมายถึง ตอบแบบเตาสุ่ม
- U หมายถึง ไม่สามารถระบุแบบการคิดได้
- OM หมายถึง ผลการวินิจฉัยพบว่ามีแบบการคิดมากกว่า 1 แบบและตรงกับผลการ
วินิจฉัยของครู
- OUM หมายถึง ผลการวินิจฉัยพบว่ามีแบบการคิดมากกว่า 1 แบบแต่ไม่ตรงกับผลการ
วินิจฉัยของครู

จากตารางที่ 10 จะเห็นได้ว่าผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทซุโอะกะส่วนใหญ่จะสอดคล้องกับผลการวินิจฉัยของครู ยกเว้นในกรณีที่วิธีการของทาทซุโอะกะให้ผลการวินิจฉัยว่าไม่สามารถระบุแบบการคิดได้ และในกรณีที่ครูวินิจฉัยว่านักเรียนมีแบบการคิดที่ถูกต้องแต่ไม่รอบคอบหรือตอบข้อสอบอย่างเตาะลุ่ม เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทซุโอะกะกับผลการวินิจฉัยของครูด้วย chi-square test พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีขนาดของความสัมพันธ์ตามสูตร Cramers' V เป็น .92

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความเที่ยงหรือความคงที่ของผลการวินิจฉัย โดยพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยจากข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน ซึ่งในข้อสอบชุดที่ 1 จำนวน 12 ข้อนั้นมีข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกันอยู่ 2 ชุด ชุดละ 6 ข้อ หากผลการวินิจฉัยนักเรียนจากข้อสอบสองชุดที่มีรูปแบบข้อสอบเหมือนกัน สอดคล้องกัน แสดงว่าวิธีการนี้มี ความคงที่ในการวินิจฉัย ปรากฏว่ามีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทซุโอะกะสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกันจำนวน 323 คน จากนักเรียนที่เข้ารับการวินิจฉัยจำนวน 379 คน คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ .85

ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทซุโอะกะ

การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทซุโอะกะ ดำเนินการใน 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการเปรียบเทียบความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ และทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทซุโอะกะด้วย chi-square test ปรากฏว่า ผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นและผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทซุโอะกะต่างก็มีความสัมพันธ์กับเกณฑ์ ซึ่งได้แก่ผลการวินิจฉัยของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นเดียวกัน ดังที่ได้เสนอไว้ในตารางที่ 8 และตารางที่ 10 ตามลำดับ และเมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทซุโอะกะด้วย chi-square test พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีขนาดของความสัมพันธ์ตามสูตร Cramers' V เป็น .95 ดังรายละเอียดในตารางที่ 11 ซึ่งผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์แสดงผลการวินิจฉัยในตารางนอกเหนือไปจากหมายเลข แสดงแบบการคิดดังนี้

- E หมายถึง มีแบบการคิดที่ถูกต้องแต่ไม่รอบคอบ
- G หมายถึง ตอบแบบเดาสุ่ม
- U หมายถึง ไม่สามารถระบุแบบการคิดได้
- OM หมายถึง ผลการวินิจฉัยพบว่ามีแบบการคิดมากกว่า 1 แบบและตรงกับผลการวินิจฉัยของอีกวิธีหนึ่ง
- OUM หมายถึง ผลการวินิจฉัยพบว่ามีแบบการคิดมากกว่า 1 แบบแต่ไม่ตรงกับผลการวินิจฉัยของอีกวิธีหนึ่ง

ตารางที่ 11 จำนวนนักเรียนจำแนกตามแบบการคิดที่วินิจฉัยได้ โดยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและโดยวิธีการของทาทซุโอะกะ

แบบการคิดที่วินิจฉัยได้ โดยวิธีการของทาทซุโอะกะ

	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-12	2-1	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-9	2-10	2-11	3-1	3-3	3-4	3-7	4-4	5-4	5-10	6-1	6-3	6-5	7-1	7-4	7-10	E	U	G	OM	OUM	TOTAL				
1-3	4(20)																																					5 (1.3)			
1-4		58(98.3)																																					60 (15.8)		
1-5			21(100)																																				21 (5.5)		
1-6				8(100)																																			8 (2.1)		
1-7		1(1.4)			67(95.7)																																		70 (18.5)		
1-8						2(100)																																	2 (0.5)		
1-9							3(75)																																4 (1.1)		
1-10								4(100)																															4 (1.1)		
1-12									1(100)																														1 (0.3)		
2-1										11(100)																													11 (2.9)		
2-3																																							5 (1.3)		
2-4												16(100)																											16 (4.2)		
2-5																																							51 (13.5)		
2-6														5(100)																								5 (1.3)			
2-7																																						3 (0.8)			
2-9																																						1 (0.3)			
2-10																	3(100)																					3 (0.8)			
2-11																		3(100)																				3 (0.8)			
3-1																			3(100)																			3 (0.8)			
3-3																				2(100)																		2 (0.5)			
3-4																					4(100)																		4 (1.1)		
3-7																						1(33.3)																3 (0.8)			
4-4																																						1 (0.3)			
5-4																							1(100)															1 (0.3)			
5-10																								1(100)														1 (0.3)			
6-3																										1(100)												1 (0.3)			
6-5																											1(100)											1 (0.3)			
7-1																												1(100)										1 (0.3)			
7-4																													1(100)									1 (0.3)			
7-10																																						1 (0.3)			
E		1(2.3)																																				13 (30.2)			
U																																							0 (0.0)		
G		1(2.9)						2(5.9)																															5 (13.3)		
OM																																							24 (85.7)		
OUM																																							10 (66.7)		
TOTAL	4	61	21	8	67	2	3	4	1	11		16	5			3	3	3	2	4	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	81	15	56	379		
	(1.1)	(16.1)	(5.5)	(2.1)	(17.7)	(.5)	(.8)	(1.1)	(.3)	(2.9)		(4.2)	(1.3)			(.8)	(.8)	(.8)	(.5)	(1.1)	(.3)			(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(.3)	(21.4)	(4.0)	(14.8)	(100.0)

chi-square = 9585.12 df = 924 significant level = .01
 Cramers' V = .95039 significant level = .01

จากผลการเปรียบเทียบความตรงเชิง เกณฑ์สัมพัทธ์ข้างต้น สรุปได้ว่าวิธีการที่พัฒนาขึ้น และวิธีการของทาทซุโอะสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้อย่างมีความตรง โดยทั้งสองวิธีการให้ผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกับเกณฑ์คือผลการวินิจฉัยของครู ซึ่งเมื่อจำแนกจำนวนนักเรียนตามผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้น จากวิธีการของทาทซุโอะและจากการวินิจฉัยโดยครู จะเป็นดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 จำนวนนักเรียนจำแนกตามผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการต่าง ๆ

ผลการวินิจฉัย	จำนวนนักเรียนจำแนกตามผลการวินิจฉัย		
	ครู (เกณฑ์ (ร้อยละ)	วิธีการที่พัฒนาขึ้น (ร้อยละ)	วิธีการของทาทซุโอะ (ร้อยละ)
1. สามารถระบุแบบการคิดได้อย่าง เฉพาะเจาะจงเพียงแบบเดียว	286 (75.46)	293 (77.31)	227 (59.89)
[สามารถระบุแบบการคิดได้อย่าง เฉพาะเจาะจงเพียงแบบเดียว และระบุได้ตรงกับเกณฑ์]	[286]	[286]	[220]
2. สามารถระบุได้ว่านักเรียนไม่ รอบคอบ (E)	43 (11.35)	43 (11.35)	ไม่สามารถระบุได้
3. สามารถระบุได้ว่านักเรียนตอบ อย่างเตาะสู้ม (G)	34 (8.97)	15 (3.96)	ไม่สามารถระบุได้
4. สามารถระบุแบบการคิดได้มากกว่า 1 แบบ ซึ่งระบุได้ตรงกับ เกณฑ์ (OM)	16 (4.22)	17 (4.49)	15 (3.96)

ตารางที่ 12 (ต่อ) จำนวนนักเรียนจำแนกตามผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการต่าง ๆ

ผลการวินิจฉัย	วิธีการวินิจฉัย		
	ครู (เกณฑ์) (ร้อยละ)	วิธีการพัฒนาชั้น (ร้อยละ)	วิธีการของทาทชูโอะกะ (ร้อยละ)
5. สามารถระบุแบบการคิดได้มากกว่า 1 แบบ ซึ่งระบุได้ไม่ตรงกับเกณฑ์ (OUM)	ไม่มี	11 (2.90)	56 (14.78)
6. ไม่สามารถระบุแบบการคิดได้	ไม่มี	ไม่มี	81 (21.37)
รวม	379 (100)	379 (100)	379 (100)

จากตารางที่ 12 จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ครูระบุแบบการคิดของนักเรียนได้อย่าง เฉพาะเจาะจงเพียงแบบเดียว วิธีการที่พัฒนาชั้นจะให้ผลการวินิจฉัยสอดคล้องกับผลการวินิจฉัยของครู ส่วนวิธีการของทาทชูโอะกะให้ผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยจากครูในนักเรียนจำนวน 220 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 76.92 ของนักเรียนในกลุ่มนี้

ในกรณีที่ครูวินิจฉัยว่านักเรียนไม่รอบคอบ วิธีการที่พัฒนาชั้นจะให้ผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยของครูทั้งหมด และในกรณีที่ครูระบุว่านักเรียนตอบอย่างเตาะลุ่ม วิธีการที่พัฒนาชั้นจะให้ผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยของครู ในนักเรียนประมาณครึ่งหนึ่งของนักเรียนในกลุ่มนี้ ในขณะที่วิธีการของทาทชูโอะกะจะไม่มีการระบุนักเรียนที่ไม่รอบคอบและนักเรียนที่เตาะลุ่มออกมา ผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทชูโอะกะจำนวนหนึ่งจึงออกมาเป็น ไม่สามารถระบุแบบการคิดได้ (ร้อยละ 21.37 ของนักเรียนที่เข้าสู่วินิจฉัยทั้งหมด) ส่วนการวินิจฉัยโดยครูและวิธีการที่พัฒนาชั้นสามารถระบุแบบการคิดของนักเรียนได้ทุกคน

การเปรียบเทียบคุณภาพในส่วนที่สองเป็นการเปรียบเทียบความเที่ยง โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนของนักเรียนที่ได้ผลการวินิจฉัยสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกันจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นและจากวิธีการของทาทชูโอะกะ ทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนด้วย z-test ปรากฏว่ามีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกันจำนวน 327 คน จากนักเรียนที่เข้าสู่วินิจฉัยจำนวน 379 คน คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ .86 นักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทชูโอะกะสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกันมีจำนวน 323 คน จากนักเรียนที่เข้าสู่วินิจฉัยจำนวน 379 คน คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ .85 เมื่อทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนทั้งสองด้วย z-test พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกัน

วิธีการวินิจฉัย	สัดส่วน (p)	Z
วิธีการที่พัฒนาขึ้น	.86	.39
วิธีการของทาทชูโอะกะ	.85	

ตอนที่ 6 การศึกษาความเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น

ผลการศึกษาความเห็นที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลการศึกษาความเห็นของครู (กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 3.1) ที่ได้ทดลองใช้วิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น และผลการศึกษาความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 3.2) ผู้วิจัยใช้รหัสตัวอักษรและตัวเลขแทนชื่อครูและผู้ทรงคุณวุฒิ ดังมีรายชื่อในภาคผนวก ช โดยอักษร ค หมายถึง ครู อักษร ช หมายถึง ผู้ทรงคุณวุฒิ ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

ผลการศึกษาความเห็นของครู

จากการที่ครูได้ศึกษาจากคู่มือเพื่อที่จะทดลองใช้วิธีการที่พัฒนาขึ้น ปรากฏว่าครูส่วนใหญ่ ศึกษาจากคู่มือแล้วยังไม่ค่อยเข้าใจวิธีการที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับครูทีละ ตอน ซึ่งครูเองได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงภาษาและเนื้อความในคู่มือไปด้วย เมื่อทำความเข้าใจกันดีแล้ว ครูลงมือสร้างข้อสอบและวินิจฉัยแบบการคิดจากข้อสอบของนักเรียนที่ผู้วิจัยเตรียมมา ให้ ครูสามารถสร้างข้อสอบรอบที่ 1 ได้อย่างถูกต้องในเวลาประมาณ 2 นาที แต่ใช้เวลาในการ วินิจฉัยนักเรียนประมาณ 6 นาทีต่อคนสำหรับนักเรียนที่วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ทันทีในรอบ แรก ส่วนนักเรียนที่ต้องวินิจฉัยเพื่อยืนยันแบบการคิดในรอบที่ 2 ครูจำเป็นต้องสร้างข้อสอบรอบที่ 2 ให้นักเรียนทีละคน ใช้เวลาในการสร้างข้อสอบประมาณ 5 นาทีต่อนักเรียนหนึ่งคนและใช้เวลา ในการวินิจฉัยรอบที่ 2 ไม่ถึง 1 นาทีต่อนักเรียนหนึ่งคน หลังจากทดลองวินิจฉัยเสร็จแล้วครูได้ แสดงความคิดเห็นดังนี้

ประเด็นเกี่ยวกับการนำวิธีการที่พัฒนาขึ้นไปปฏิบัติ

1) วิธีการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีหลักการที่เข้าใจง่าย แต่ถ้าอ่านจากคู่มือการวินิจฉัยจะไม่ค่อยเข้าใจเนื่องจากใช้คำศัพท์ที่ครูในโรงเรียนไม่คุ้นเคย ต้อง ชักถามและรับฟังการอธิบายจากผู้วิจัยจึงจะเข้าใจได้ (ค1 ค2 ค3 ค4 ค5 ค6 ค7)

2) ครูเข้าใจรูปแบบข้อสอบทั้ง 6 รูปแบบ และสามารถสร้างข้อสอบตามรูปแบบข้อสอบ ได้ทั้งหมด แต่มีปัญหาในการสร้างข้อสอบรอบที่ 2 ซึ่งต้องใช้เวลาในการสร้างค่อนข้างมาก แต่ถ้า หากชำนาญแล้วอาจจะสร้างได้เร็วขึ้น (ค1 ค2 ค3 ค4 ค5 ค6 ค7)

3) แม้ว่าวิธีการนี้ใช้ได้ผลดี แต่คงมีครูน้อยคนที่จะนำไปปฏิบัติ เพราะถึงแม้ว่าวิธีการนี้ จะเข้าใจง่ายแต่การปฏิบัติค่อนข้างยุ่งยากและใช้เวลา หากจัดทำเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปก็คาดว่าจะ ได้รับความสนใจในการนำไปปฏิบัติยิ่งขึ้นมาก (ค1 ค2 ค3 ค4 ค5 ค6 ค7)

4) ถ้ามีการโน้มน้าวให้ผู้บริหาร โรงเรียนเห็นความสำคัญและส่งเสริมในเรื่องนี้ก็จะทำ ให้ครูนำวิธีการนี้ไปปฏิบัติมากขึ้น (ค6 ค7)

ประเด็นเกี่ยวกับสิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไข และข้อเสนอแนะอื่น ๆ

1) ควรปรับปรุงคู่มือการวินิจฉัยให้อ่านง่ายและมีตัวอย่างมากขึ้น (ค1 ค2 ค3 ค4 ค5 ค6 ค7)

2) การสร้างข้อสอบรอบที่ 2 ยุ่งยากและใช้เวลา น่าจะหาวิธีวินิจฉัยนักเรียนทุกคนให้ ได้ภายในรอบเดียว (ค1 ค2 ค3)

ผลการศึกษาความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้ทรงคุณวุฒิได้แสดงความเห็นต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้นดังนี้

ประเด็นเกี่ยวกับข้อจำกัดของวิธีการ วิธีการที่พัฒนาขึ้นมีข้อจำกัดที่สำคัญ ได้แก่

- 1) หัวใจของวิธีการที่พัฒนาขึ้นอยู่ที่ การสร้างข้อสอบ ซึ่งต้องสร้างให้ครบทุกรูปแบบ ข้อสอบที่เป็นไปได้ในเรื่องนั้น และจำนวนข้อสอบในแต่ละรูปแบบต้องเท่ากันเสมอ ถ้าหากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขข้างนี้ทั้ง เรื่องรูปแบบและน้ำหนักในแต่ละรูปแบบ จะทำให้ไม่สามารถวินิจฉัยแบบการคิดได้หรือให้ผลการวินิจฉัยที่คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง (ช1)
- 2) หากนำไปใช้ในเนื้อหาอื่น ครูจะต้องหารูปแบบข้อสอบและแบบการคิดที่เป็นไปได้ทั้งหมดในเรื่องนั้น (ช1)
- 3) วิธีนี้เหมาะกับวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคำนวณ และต้องไม่ซับซ้อนด้วย (ช7)

ประเด็นเกี่ยวกับสิ่งที่ควรปรับปรุงและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

- 1) แบบการคิดที่เป็นไปได้มีจำนวนมาก น่าจะสำรวจเฉพาะแบบการคิดที่เกิดขึ้นจริงกับนักเรียนไทย ที่มีความถนัดสูง ๆ 10 -15 รายการแรก (ช5)
- 2) ตอนให้ผลการวินิจฉัยควรเสนอวิธีคิดที่ถูกต้องไปด้วย นักเรียนจะได้เห็นชัดว่าคิดผิดตรงไหน (ช2)
- 3) แนวคิดนี้สามารถประยุกต์ใช้กับทางศิลปศาสตร์ได้ ดังที่การศึกษาว่าการที่คนตอบสนองมา 1 การกระทำ สามารถที่จะอนุมานจากคำตอบของเขาไปได้มากมาย เช่น ให้ต่อประโยค "แดงขำง ไซ้ไปที่กำแพง _____" นักเรียนอาจต่อประโยคว่า "ไซ้แตก" หรือ "กำแพงเปื้อน" หรือ "แดงคงเพี้ยนแน่" ซึ่งแต่ละคำตอบจะสะท้อน concept ของคนที่มาต่อเรื่องนั้นออกมา (ช3)