



ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการจัดการเรียนการสอน ครูต้องการให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ทุกคน แต่ในความเป็นจริงพบว่าแม้นักเรียนจะได้รับการสอนจากครูคนเดียวและในเวลาเดียวกันก็ยังคงมีนักเรียนส่วนหนึ่งที่ไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตามที่กำหนดได้ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของนักเรียนทั้งทางด้านสติปัญญา ความถนัด ความสนใจ รวมทั้งความบกพร่องในการจัดการเรียนการสอนของครู ซึ่งได้นำไปสู่ปัญหาสำคัญได้แก่ การที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconceptions) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้นก่อนหรือในระหว่างการเรียนรู้ มีผลทำให้นักเรียนสอบไม่ผ่านหรือผ่านแต่ได้คะแนนไม่ดี หมดกำลังใจที่จะเรียนรู้และมีทัศนคติที่ไม่ดีต่อวิชาที่เรียน นอกจากนั้นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนยังเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้มโนทัศน์ที่สูงขึ้น โดยเฉพาะในวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นวิชาที่มีเนื้อหาต่อเนื่อง ซับซ้อนและมีลักษณะเป็นนามธรรม หากครูสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนแต่ละคนได้ภายหลังการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหา และให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องก่อนที่จะเรียนเรื่องต่อไปจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งทั้งต่อตัวนักเรียนเองและการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนของครู เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุดอันเป็นการใช้กระบวนการวัดและประเมินผลที่คุ้มค่าและเกิดประโยชน์อย่างสูงต่อผู้เรียน

ความพยายามในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ได้มีอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การใช้วิธีที่ไม่เป็นทางการ เช่น การสังเกต การสอบถามนักเรียนเป็นรายบุคคล วิธีที่ไม่เป็นทางการนี้ใช้ได้ผลดีในกรณีที่ เป็นนักเรียนกลุ่มเล็กและครูมีความใกล้ชิดกับนักเรียน แต่ในปัจจุบันวิธีนี้อาจไม่เหมาะสมเนื่องจากต้องใช้เวลาในการวินิจฉัยมาก อีกทั้งจำนวนนักเรียนและจำนวนห้องเรียนที่ครูแต่ละคนต้องรับผิดชอบมีมากขึ้น ไม่สะดวกสำหรับครูด้วยความจำกัดของเวลาที่กำหนดไว้สำหรับการเรียนการสอน ในแต่ละเนื้อหาและเวลาที่ครูต้องปฏิบัติภาระงานที่ได้รับมอบหมายนอกเหนือจากงานสอน จากข้อจำกัดดังกล่าวส่งผลให้ครูไม่สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบฝึกหัดหรือการบ้านของนักเรียนได้เช่นกัน เพราะครูไม่มีโอกาสตรวจ

การบ้านของนักเรียนด้วยตนเองเป็นรายบุคคล แต่จะให้นักเรียนเปลี่ยนกันตรวจตามที่ครูเฉลย และถ้าหากนักเรียนลอกการบ้านมาส่ง ครูก็จะยังไม่สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการบ้านหรือแบบฝึกหัดได้เลย

ต่อมาได้มีการนำเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานมาใช้ในการวินิจฉัยความบกพร่องทางการเรียน อันได้แก่ แบบวัดสติปัญญา แบบวัดความถนัดและแบบสอบวินิจฉัยการเรียนรู้ ในบรรดาเครื่องมือเหล่านี้ แบบสอบวินิจฉัยการเรียนรู้สามารถแก้ปัญหาได้ตรงจุดที่สุด เพราะแบบสอบนี้สามารถบ่งชี้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยตรง อีกทั้งยังประหยัดเวลาและแรงงานของครูผู้สอนและช่วยเหลือนักเรียนให้รู้ข้อบกพร่องของตนเอง (Lindquist, 1956) แม้ว่าการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยจะยังไม่เป็นที่แพร่หลาย หรือนำไปใช้อย่างกว้างขวางในประเทศไทยเท่าใดนักก็ตาม แต่ก็ได้มีการพัฒนาแบบสอบชนิดนี้ขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในรูปของการทำวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ของนิสิตบัณฑิตศึกษา ซึ่งก็นับว่าอย่างน้อยมากเมื่อเทียบกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด แบบสอบวินิจฉัยเหล่านี้ โดยมากเป็นแบบสอบปรนัยชนิดหลายตัวเลือก ข้อคำถามได้จากการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหา นั้น แต่ละข้อมีตัวเลือก 4-5 ตัว ซึ่งได้มาจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบต่าง ๆ กระจายกันอยู่ในแต่ละข้อ เกณฑ์การรอบรู้ในแต่ละเนื้อหากำหนดโดยผู้ทรงคุณวุฒิหรือโดยผู้วิจัยเอง ตรวจสอบคุณภาพรายข้อด้วยการหาค่าความยากและอำนาจจำแนก ตรวจสอบคุณภาพรายฉบับจากค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน ความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์ หรือความตรงเชิงวินิจฉัยซึ่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความสอดคล้องระหว่างตัวลวงกับประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ตั้งไว้ (จินดา ลิมถาวรศิริพงษ์, 2526; นันทนา สิงวัฒนาศิริ, 2535; วรณดี ชูณหานุชยานนท์, 2524; วิรัช นิยมแย้ม, 2525; สมศักดิ์ จันทานุรักษ์, 2529; สุชม มุลเมือง, 2523; อุไรวรรณ ทิศนบุตร, 2523)

แบบสอบวินิจฉัยสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้จากตัวลวงที่นักเรียนเลือก โดยที่ข้อสอบแต่ละข้อจะบรรจุตัวลวงอันเป็นตัวแทนของแบบการคิดที่ผิดแบบต่าง ๆ ได้จำนวนจำกัดเพียง 3 ถึง 4 แบบเท่านั้น ในขณะที่บางเนื้อหาสามารถวิเคราะห์แบบการคิดที่ผิดของนักเรียนได้เป็นจำนวนมาก ทำให้ไม่สามารถจะมั่นใจได้ว่าการที่นักเรียนเลือกตัวลวงใดจะแสดงถึงการมีแบบการคิดตามที่ระบุไว้ในแต่ละตัวลวงเสมอไป นักเรียนอาจจะมิใช่แบบการคิดแบบอื่นที่ไม่ได้ใส่ไว้ในตัวลวงของข้อนั้น หรือในตัวลวงเดียวกันก็สามารถจะมาจากแบบการคิดที่ผิดได้หลายแบบ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ยากที่จะสร้างแบบสอบวินิจฉัยชุดหนึ่งให้ครอบคลุมเนื้อหาย่อยของเรื่องนั้น พร้อมกับมี

ตัวลวงที่ครอบคลุมแบบการคิดที่ผิดของนักเรียน ได้ทั้งหมด อีกประการหนึ่งการที่นักเรียนตอบถูกก็ไม่ได้หมายความว่านักเรียนจะใช้แบบการคิดที่ถูกต้องเสมอไป แบบการคิดที่ผิดก็สามารถให้คำตอบที่ตรงกับคำตอบที่ถูกต้องได้ในบางข้อเช่นกัน

จากข้อจำกัดของการใช้แบบสอบปรนัยในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวข้างต้น นักวัดผลจึงหันมาสนใจที่จะวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากแบบแผนคะแนนการตอบ (item-score response pattern) ซึ่งออกมาในรูปของการพัฒนาดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบ โดยการเทียบกับแบบแผนคะแนนการตอบที่มีลักษณะเป็นกัณฑ์สมบูรณ์ (perfect Guttman) หากแบบแผนคะแนนการตอบของผู้สอบแตกต่างจากแบบแผนคะแนนการตอบที่มีลักษณะเป็นกัณฑ์สมบูรณ์เพียงใด แสดงว่ามีความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบมากเพียงนั้น ซึ่งตั้งแต่ปี 1982 เป็นต้นมา ได้มีการพัฒนาดัชนีตามแนวคิดนี้มาอย่างต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก (Drasgow, 1982; Harnisch, 1983; Harnisch and Linn, 1981, 1982; Harnisch and Tatsuoka, 1983; Sato, 1975; Wright and Stone, 1979; สำราญ มีแจ้ง, 2534; พนิชา สังข์เพชร, 2535) ดัชนีบ่งชี้เหล่านี้เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้ง่าย สะดวกและประหยัด เพราะส่วนใหญ่จะมีสูตรและโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณ การแปลความหมายไม่ยุ่งยากมากนัก แต่มีข้อจำกัดสำคัญตรงที่ค่าดัชนีจะบอกได้เพียงว่าแบบแผนคะแนนการตอบนั้นผิดปกติหรือไม่เพียงใด แต่ไม่อาจบอกได้ว่าความผิดปกตินั้น มีสาเหตุมาจากรูปแบบการคิดใด กล่าวคือสามารถบ่งชี้ได้ว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แต่ไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีลักษณะเป็นแบบใด

การที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน สามารถอธิบายได้ด้วยแนวคิดทางจิตวิทยาที่สำคัญแนวคิดหนึ่ง คือ แนวคิดการประมวลผล (information processing approach) หรือทฤษฎีการประมวลผล (information processing theory : IPT) ซึ่งเริ่มแพร่หลายเข้าสู่วงการจิตวิทยาในปี 1950 ทฤษฎีนี้ได้เสนอว่า มนุษย์มีลำดับขั้นตอนกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่เป็นระบบ เริ่มจากการรับสารสนเทศหรือข้อมูลผ่านตัวรับความรู้สึก (sensory receptors) และถูกเปลี่ยนแปลงผ่านไปตามขั้นตอนต่าง ๆ ตามลำดับจนกระทั่งมีการตอบสนอง (response) หรือเก็บ (store) สารสนเทศในหน่วยความจำ เกิดเป็นมโนทัศน์และการพัฒนารูปแบบการคิด จากแนวความคิดนี้ได้มีผู้นำไปประยุกต์เพื่อศึกษาพัฒนาการทางปัญญาของมนุษย์ (cognitive development) นำโดย โรเบิร์ต ซีเกล (Siegler, 1976) ซีเกลได้เสนอแนวคิดการประเมินกฎ (rule assessment approach) ที่เชื่อว่าการเจริญงอกงามทางความคิดและการ

มีมโนทัศน์ที่ถูกต้องสามารถแสดงออกมาในรูปของการเพิ่มขึ้นของกฎหรือแบบการคิดที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหา แบบการคิดแก้ปัญหาของคนจะซับซ้อนขึ้นตามระดับของพัฒนาการ การเรียนรู้และประสบการณ์ ในทางคณิตศาสตร์นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะใช้แบบการคิดที่ผิดในการแก้ปัญหาเสมอโดยคิดว่าสิ่งที่เข้าใจนั้นถูกต้องแล้ว ขณะที่นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้องจะใช้แบบการคิดแก้ปัญหาที่ให้คำตอบที่ถูกต้องในทุกเงื่อนไขของปัญหาในเรื่องนั้น ด้วยเหตุนี้ ซึ่งเกลอจึงเชื่อว่าผู้สอนสามารถอ้างอิงถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconceptions) ของนักเรียนแต่ละคนได้จากแบบการคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาทั้งหมด โดยที่แบบการคิดที่เกิดจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจให้คำตอบที่ตรงกับคำตอบที่ถูกต้องได้ในปัญหาบางข้อแต่จะไม่ใช่คำตอบที่ถูกทุกข้อ ตามแนวคิดการประเมินกฎจึงสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้จากแบบการคิดที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งสามารถตรวจสอบ (detect) ได้จากลักษณะการตอบข้อสอบทั้งหมดในเนื้อหานั้น วิธีการที่เหมาะสมในการวินิจฉัยว่าลักษณะการตอบของนักเรียนตรงกับลักษณะการตอบจากแบบการคิดใด ควรสามารถแก้ปัญหาเรื่องความคลาดเคลื่อนแบบสลับกันเนื่องมาจากความไม่รอบคอบหรือการเดาสุ่มได้ด้วย

จากแนวคิดการประเมินกฎดังกล่าว ทาซูกะ โอกะ และคณะ (Tatsuoka, 1983a, 1983b, 1985, 1986; Tatsuoka & Tatsuoka, 1983, 1987) จึงได้พัฒนาวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยการตรวจสอบแบบการคิดที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาจากแบบแผนคะแนนการตอบ (item-score response pattern) ของนักเรียนแต่ละคน วิธีการนี้เริ่มต้นจากการสำรวจและวิเคราะห์แบบการคิดผิดที่เป็นไปได้ทั้งหมดในเนื้อหานั้น แล้วสร้างข้อสอบให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม รวบรวมเป็นแบบสอบปลายเปิดชนิดเติมคำตอบ ค้นหาคำตอบด้วยแบบการคิดที่ผิดทีละแบบ แต่ละแบบการคิดก็จะได้แบบคำตอบหนึ่งชุด ซึ่งเมื่อตรวจให้คะแนน 0-1 แล้ว จะได้เป็นแบบแผนคะแนนการตอบประจำแบบการคิด จากนั้นนำแบบสอบนี้ไปบริหารการสอบให้ได้แบบแผนคะแนนการตอบของผู้สอบแต่ละคนมาดำเนินการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยการเปรียบเทียบว่าแบบแผนคะแนนการตอบของผู้สอบแต่ละคน ใกล้เคียงกับแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดใด ซึ่งการเปรียบเทียบโดยใช้ดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบที่ผิดจากแบบแผนคะแนนการตอบแบบกีดกันสมบูรณ์ ไม่สามารถนำมาใช้เทียบความใกล้เคียงระหว่างแบบแผนคะแนนการตอบได้ เพราะแบบแผนคะแนนการตอบที่แตกต่างกัน ดังเช่น แบบ 111111000 กับแบบ 111000000 ในการตอบข้อสอบ 10 ข้อ จะมีค่าดัชนีเท่ากัน เนื่องจากมีลักษณะเป็นกีดกันสมบูรณ์เหมือนกัน แต่แบบแผนคะแนนการตอบทั้งสองก็ยังมีคะแนนรวมที่ต่างกัน ดังนั้นการเปรียบเทียบความใกล้เคียงของแบบแผนคะแนนการตอบ จึงอาจจะเปรียบเทียบในสองมิติ คือ มิติของค่าดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบกับมิติของ

คะแนนรวม ทาทชู่โอกะจึงได้แทนแบบแผนคะแนนการตอบแต่ละแบบด้วยจุดในเวกเตอร์สเปซสองมิติระหว่างค่าดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติกับค่าคะแนนรวม โดยให้ชื่อวิธีการนี้ว่า "rule space" ระยะใกล้ไกลของจุดในเวกเตอร์สเปซนี้จะบอกถึงความใกล้ไกลของแบบแผนคะแนนการตอบของผู้สอบกับแบบการคิดต่าง ๆ แต่จากการศึกษาทาทชู่โอกะพบว่าดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติที่อิงทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (classical test theory) และคะแนนรวม ไม่สามารถแยกตำแหน่งของจุดในเวกเตอร์สเปซได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ดัชนีที่อิงทฤษฎีการตอบสนองรายข้อ (item response theory) จะให้ค่าดัชนีที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในแต่ละแบบแผนคะแนนการตอบ แม้ว่าแบบแผนคะแนนการตอบนั้นจะมีลักษณะ เป็นกัณฑ์สมมาตรเหมือนกันก็ตาม ขณะเดียวกันค่าความสามารถของผู้สอบ (θ) ก็สามารถที่จะใช้แทนคะแนนรวมได้เป็นอย่างดี เพราะหากแบบแผนคะแนนการตอบต่างกัน แม้คะแนนรวมจะเท่ากัน แต่ค่าความสามารถก็จะแตกต่างกัน ทาทชู่โอกะจึงได้นำดัชนีชี้เตือนมาตรฐานหมายเลข 4 (standardized extended caution index IV, SECI4) และค่าความสามารถ (θ) ซึ่งเป็นดัชนีและค่าที่อิงทฤษฎีการตอบสนองรายข้อมาสร้างเวกเตอร์สเปซ โดยการระบุจุดของผู้สอบ (student point) อยู่ใกล้กับจุดของแบบการคิดที่ผิด (rule point) แบบใดมากที่สุดทำได้โดยการคำนวณระยะทางตามแบบระยะทางกำลังสองน้อยที่สุด (Minimum - D^2 rule; D^2 = Mahalanobis' generalized square-distance) หากจุดของผู้สอบมีระยะทางระหว่างจุดของแบบการคิดสองแบบเท่ากัน จะใช้การตัดสินใจแบบเบย์ส์ (Bayes' decision rule for minimum error) เพื่อประมาณให้ได้ว่าจุดของผู้สอบมีโอกาสจะใกล้กับจุดของแบบการคิดแบบใดมากที่สุด

การใช้วิธีการของทาทชู่โอกะ ในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากแบบแผนคะแนนการตอบ มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ประการแรกแบบการคิดบางแบบเมื่อตรวจให้คะแนนแบบ 0-1 แล้วจะได้แบบแผนคะแนนการตอบเหมือนกัน ซึ่งวิธีการของทาทชู่โอกะไม่สามารถจำแนกแบบการคิดเหล่านี้ออกจากกันได้ หรือในกรณีที่ผู้สอบตอบผิดหมดทุกข้อก็ไม่สามารถวินิจฉัยได้ว่าใช้แบบการคิดใด การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามวิธีการของทาทชู่โอกะจึงให้ข้อมูลย้อนกลับที่ยังไม่สมบูรณ์เพียงพอต่อการแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนและการปรับปรุงการเรียนการสอนของครู ประการที่สองการคำนวณค่าต่าง ๆ ในวิธีการนี้ อันได้แก่ ค่าดัชนีชี้เตือนมาตรฐานหมายเลข 4 ค่าความสามารถของผู้สอบ (θ) ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ รวมทั้งการคำนวณค่าระยะทางน้อยที่สุดแบบ Mahalanobis' generalized square-distance และการตัดสินใจแบบเบย์ส์ มีวิธีการคำนวณที่ซับซ้อนและต้องใช้ผู้สอบเป็นจำนวนมากจึงจะประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ อย่างแม่นยำ ทำให้ไม่สะดวกในการนำมาปฏิบัติในระดับชั้นเรียน

จากแนวคิดการประเมินกฎ (rule assessment approach) และการวิเคราะห์ข้อจำกัดของการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทุกวิธีดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยการ "ย้อนรอยกระบวนการคิด" ซึ่งวินิจฉัยแบบการคิดจากชุดคำตอบของนักเรียนโดยตรง อาศัยการคำนวณที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการทำความเข้าใจของครู และสามารถแก้ปัญหาของวิธีการของทาทซูโอเกะในเรื่องการจำแนกแบบการคิดที่ให้แบบแผนคะแนนการตอบที่เหมือนกันได้ รวมทั้งในกรณีที่นักเรียนตอบผิดทุกข้อก็สามารถตรวจสอบได้ว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบใดหรือไม่มีมโนทัศน์ในเนื้อหานี้เลย (ตอบแบบเตาลุ่ม) วิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้ยังสะดวกต่อการนำไปปฏิบัติในระดับห้องเรียน เพราะไม่จำเป็นต้องใช้นักเรียนจำนวนมากเหมือนวิธีของทาทซูโอเกะ

วิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พัฒนาขึ้นนี้ เริ่มต้นจากแนวความคิดว่าหากนักเรียนสามารถทำชุดของปัญหาได้ถูกต้องทุกข้อ แสดงว่านักเรียนใช้แบบการคิดที่ถูกต้องและสะท้อนถึงการมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องในเนื้อหานั้น แบบการคิดที่ถูกต้องอาจจะมีมากกว่าหนึ่งแบบ แต่ทุกแบบจะต้องให้คำตอบที่ถูกต้องทั้งชุดของปัญหา สำหรับนักเรียนที่ตอบไม่ถูกต้องทุกข้อ อาจแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่หนึ่ง นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้องแล้วแต่ตอบผิดเพราะความไม่รอบคอบ กลุ่มที่สอง นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและใช้แบบการคิดที่ผิดในการหาคำตอบ และกลุ่มที่สาม นักเรียนที่ไม่มีมโนทัศน์ในเนื้อหา คำตอบที่ตอบมาจากการเตาลุ่ม

การย้อนรอยกระบวนการคิดเป็นการสืบย้อนไปถึงวิธีคิดของนักเรียน โดยสิ่งที่สามารถสังเกตได้คือร่องรอยของคำตอบ ซึ่งในคำตอบเดียวกันก็จะมาจากวิธีการคิดได้หลายแบบ ทั้งวิธีคิดที่ถูกต้องและวิธีการคิดที่ผิด ดังนั้นจึงต้องหาให้ได้ว่าคำตอบของนักเรียนมาจากแนวคิดที่ถูกต้องหรือมาจากแนวคิดที่ผิด วิธีการนี้เริ่มต้นเหมือนวิธีการของทาทซูโอเกะคือ สสำรวจและวิเคราะห์แบบการคิดผิดที่เป็นไปได้ทั้งหมดในเนื้อหานั้น สร้างข้อสอบให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม รวบรวมเป็นแบบสอบปลายเปิดชนิดเติมคำตอบ คำนวณหาคำตอบด้วยแบบการคิดที่ผิดที่ละแบบ แต่ละแบบ การคิดจะได้แบบของคำตอบหนึ่งชุด จากนั้นนำแบบสอบนี้ไปให้นักเรียนที่จะวินิจฉัยทำ แล้วดำเนินการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยการเปรียบเทียบชุดคำตอบของนักเรียนกับชุดคำตอบของแบบการคิดต่าง ๆ โดยตรง ในขณะที่วิธีการของทาทซูโอเกะเปรียบเทียบแบบแผนคะแนนการตอบของนักเรียนกับแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิด อันทำให้เกิดปัญหาการจำแนกแบบการคิดที่ให้แบบแผนคะแนนการตอบที่เหมือนกัน รวมทั้งการจำแนกแบบการคิดที่ทำให้ได้คะแนนเป็นศูนย์หมดทุกข้อดังกล่าวมาแล้ว คำตอบเดียวกันของนักเรียนแต่ละคนสามารถมาได้จากวิธีการคิดที่หลากหลาย

การย้อนรอยกระบวนการคิดจึงต้องทำกับข้อสอบทั้งชุด เพื่อให้ได้คำตอบจากแนวคิดใดจะตรงกับคำตอบของนักเรียนมากที่สุด และจะต้องมีวิธียืนยันว่านักเรียนใช้แบบการคิดนั้นจริงหรือไม่รอบคอบหรือตอบอย่างเดาสุ่ม

ข้อมูลที่ครูจะได้รับจากการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามวิธีที่พัฒนาขึ้น ทำให้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนจัดอยู่ในกลุ่มใด โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนก็สามารถบอกได้ว่านักเรียนมีแบบการคิดที่ผิดแบบใด อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งโดยทั่วไปนักเรียนกลุ่มนี้มักจะไม่ทราบว่าตนเองมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพราะส่วนใหญ่จะสอบผ่านการวัดผลตามวัตถุประสงค์รายวิชามาได้แม้ว่าจะมีแบบการคิดที่ผิด เนื่องจากแบบการคิดที่ผิดบางแบบสามารถให้คำตอบที่ถูกต้องได้จำนวนหนึ่ง เมื่อนักเรียนสอบผ่านการวัดผลตามวัตถุประสงค์รายวิชาได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด จะได้รับการประเมินว่ารอบรู้ในเนื้อหาเหล่านั้นแล้ว ส่วนคะแนนที่ขาดหายไปจากคะแนนเต็มถือว่าเป็นความคลาดเคลื่อนที่ครูและนักเรียนจะมองข้ามไป มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนี้จะติดตัวนักเรียนไป พร้อมกับส่งผลเสียหายอย่างชัดเจนเมื่อเรียนรู้อื่นๆ ที่สูงขึ้น และแก้ไขได้ยากขึ้นตามลำดับ อันเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ต่ำและมีทัศนคติในทางลบต่อวิชาคณิตศาสตร์ อีกทั้งการได้รับข้อมูลป้อนกลับจากการสอบแต่ละครั้งเพียงคะแนนสอบซึ่งไม่สามารถที่จะทำให้นักเรียนทราบถึงข้อบกพร่องของตนเองได้อย่างแน่ชัด อาจมีส่วนสร้างนิสัยการเรียนเพียงเพื่อแค่ให้สอบผ่านวัตถุประสงค์การเรียนรู้โดยไม่สนใจที่จะแก้ไขข้อบกพร่องของตนเอง ดังนั้นหากมีวิธีการที่จะทำให้ครูสามารถให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนแต่ละคนก่อนที่จะเรียนเนื้อหาใหม่ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนและการปรับปรุงการสอนของครู อันแสดงถึงคุณค่าของการประเมินผลความก้าวหน้า (formative evaluation) อย่างแท้จริงซึ่งมิใช่แค่การสอบย่อยเก็บคะแนนเป็นระยะ ๆ แล้วแจ้งให้ผู้เรียนทราบเพียงคะแนนที่ได้ ดังที่ครูส่วนมากปฏิบัติกันอยู่เท่านั้น ข้อมูลที่ได้นี้ยังสามารถใช้ในการประเมินการสอนของครูโดยการพิจารณาภาพรวมของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนทั้งชั้น ซึ่งหากพบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในลักษณะเดียวกันเป็นจำนวนมาก ก็อาจเป็นไปได้ว่าสาเหตุสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะมาจากการจัดการเรียนการสอนของครู

การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการของทาทัชชู่โอะกะและวิธีการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต่างก็มีเป้าหมายเดียวกัน คือ มุ่งวินิจฉัยแบบการคิดของนักเรียน โดยที่วิธีการของทาทัชชู่โอะกะวินิจฉัยแบบการคิดจากแบบแผนคะแนนการตอบ อาศัยการคำนวณที่ซับซ้อน ต้องใช้ผู้สอบเป็นจำนวน

มากในการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และไม่สามารถจำแนกแบบการคิดที่มีแบบแผนคะแนน การตอบเหมือนกันหรือมีแบบแผนคะแนนการตอบที่เป็น 0 ทุกข้อได้ ส่วนวิธีการที่พัฒนาขึ้น วินิจฉัยแบบการคิดจากชุดคำตอบของนักเรียนโดยตรง อาศัยการคำนวณที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการทำความเข้าใจของครูและไม่จำเป็นต้องใช้นักเรียนจำนวนมาก จึงสะดวกต่อการนำไปปฏิบัติในระดับห้องเรียน และสามารถจำแนกแบบการคิดที่มีแบบแผนคะแนนการตอบเหมือนกัน หรือวินิจฉัยแบบการคิดในกรณีที่นักเรียนตอบผิดทุกข้อได้ ดังนั้นนอกจากผู้วิจัยจะพัฒนาวิธีการวินิจฉัย โนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแล้ว ผู้วิจัยยังจะศึกษาและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทชูโอกะ ตามหลักการวัดผล วิธีการวินิจฉัย โนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญสองประการ คือ ความตรงและความเที่ยงในการวินิจฉัย ในแง่ความตรง วิธีการวินิจฉัย โนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนควรจะให้ผลการวินิจฉัยได้ตรงกับสภาพที่แท้จริงของนักเรียน กล่าวคือ แบบการคิดที่วินิจฉัยได้ควรจะตรงกับแบบการคิดที่นักเรียนใช้จริง ส่วนในแง่ความเที่ยง วิธีการวินิจฉัย โนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนควรให้ผลการวินิจฉัยคงที่สำหรับผู้สอบแต่ละคนเมื่อวินิจฉัยจากแบบสอบต่างฉบับที่มีวงวัด โนทัศน์เดียวกัน หากวิธีการที่พัฒนาขึ้นซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกกว่าวิธีการของทาทชูโอกะ มีคุณสมบัติทั้งสองประการไม่แตกต่างจากวิธีการของทาทชูโอกะ วิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้ก็จะเป็นประโยชน์แก่วงการการศึกษาต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบ อันเป็นพื้นฐานสำคัญของเรื่องระบบจำนวนเต็มและจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ โนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนขึ้น เช่น ระบบสมการเชิงเส้น พหุนาม (polynomial) และระบบสมการกำลังสอง อีกทั้งระบบจำนวนเต็มก็เป็นเนื้อหาหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับในประเทศต่าง ๆ ว่าเป็นเนื้อหาที่มีความสำคัญมาก (นงนุช วรรณวณะ และ ภัทธกุล จรรย์วิทยานนท์, 2523) และเป็นเนื้อหาเดียวกันกับที่ทาทชูโอกะ ได้ศึกษามาแล้ว ซึ่งน่าจะทำให้การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการทั้งสองเป็นไปอย่างถูกต้องยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัย โนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ตามแนวคิดการประเมินกฎ (rule assessment approach) โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

- (1) พัฒนาวิธีการวินิจฉัย โนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ตามแนวคิดการประเมินกฎ
- (2) ตรวจสอบความเที่ยงและความตรงของวิธีการที่พัฒนาขึ้น

(3) เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยโดยวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับผลที่ได้จากการวินิจฉัยโดยวิธีการของทาทซุโอะกะ

สมมติฐานการวิจัย

จากการวิเคราะห์แนวความคิดการประเมินกฎ วิธีการวินิจฉัยของทาทซุโอะกะ และการพิจารณาตามหลักเหตุผล รวมทั้งการศึกษานำร่อง พบว่า วิธีการวินิจฉัยโน้ตค้นที่คลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้วินิจฉัยแบบการคิดจากคำตอบของนักเรียนโดยตรง ซึ่งสามารถแก้ไขจุดอ่อนและเสริมจุดดีของวิธีการที่ผ่านมา โดยเฉพาะการแก้ปัญหาของวิธีการของทาทซุโอะกะในเรื่องการจำแนกแบบการคิดที่ให้แบบแผนคะแนนการตอบที่เหมือนกันหรือให้แบบแผนคะแนนการตอบที่เป็นศูนย์ทุกข้อได้ ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่าวิธีการที่พัฒนาขึ้นน่าจะให้ผลการวินิจฉัยโน้ตค้นที่คลาดเคลื่อนที่มีความเที่ยงและความตรง และสัมพันธ์กับผลการวินิจฉัยจากวิธีการของทาทซุโอะกะ

ขอบเขตของการวิจัย

1. วิธีการวินิจฉัยโน้ตค้นที่คลาดเคลื่อนที่จะนำมาศึกษาในครั้งนี้ จำกัดขอบเขตการวินิจฉัยเฉพาะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก เนื่องจากเนื้อหาการบวกเลขจำนวนเต็มลบเป็นพื้นฐานสำคัญของเรื่องระบบจำนวนเต็มซึ่งจำเป็นสำหรับการเรียนรู้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน และเป็นเนื้อหาเดียวกันกับที่ทาทซุโอะกะได้ศึกษามาแล้ว จึงน่าจะทำให้การเปรียบเทียบวิธีการทั้งสองเป็นไปอย่างถูกต้องยิ่งขึ้น

2. ประชากรที่จะใช้ในการตรวจสอบเที่ยงและความตรงของวิธีการที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร และจังหวัดนนทบุรี ปีการศึกษา 2537 เพื่อจะได้ประชากรที่ครอบคลุมทั้งนักเรียนโรงเรียนในเมืองและโรงเรียนชนเมือง

ข้อจำกัดของการวิจัย

วิธีการที่พัฒนาขึ้นเหมาะที่จะใช้วินิจฉัยโน้ตค้นที่คลาดเคลื่อนที่ละเนื้อหาย่อยมากกว่าที่จะวินิจฉัยโน้ตค้นที่คลาดเคลื่อนของเนื้อหารวมในคราวเดียว เช่น เนื้อหาเรื่องระบบจำนวนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 อาจแบ่งเนื้อหาย่อยที่จะวินิจฉัยออกเป็นการบวกเลขจำนวนเต็มลบ การลบ

เลขจำนวนเต็มลบ การคูณเลขจำนวนเต็มลบและการหารเลขจำนวนเต็มลบ เป็นต้น

คำนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	หมายถึง	ความเชื่อ ความเข้าใจที่ได้จากแนวความคิดหรือความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ความรู้ที่ไม่สมบูรณ์ คลุมเครือ ซึ่งสะท้อนออกมาในรูปของการใช้วิธีการหรือแบบการคิดที่ผิดในการแก้ปัญหา เรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก
กฎ/แบบการคิดที่ผิด	หมายถึง	หลักการ ในการแก้ปัญหาที่ไม่ได้ให้คำตอบที่ถูกต้อง ในทุกเงื่อนไขของปัญหาในเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบหนึ่งหลัก ซึ่งมีจำนวน 126 แบบการคิด
ความตรง	หมายถึง	คุณสมบัติของวิธีการที่สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ได้ตรงตามสภาพที่แท้จริงของนักเรียน พิจารณาได้จากความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยของวิธีการกับผลการวินิจฉัยของครู
ความเที่ยง	หมายถึง	คุณสมบัติของวิธีการที่สามารถให้ผลการวินิจฉัยคงที่ในผู้สอบคนเดียวกัน พิจารณาได้จากความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยบุคคลคนเดียวกันในข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบ (item form) เดียวกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการประเมินกฎ (rule assessment approach) ซึ่งหากนำวิธีการนี้ไปใช้จะทำให้เกิดประโยชน์ ดังนี้
 - 1.1 ครูและนักเรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนภายหลังการสอบก่อนที่จะเรียนเนื้อหาต่อไป อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนและการปรับปรุงการสอนของครู
 - 1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนอาจใช้ในการประเมินการจัดการเรียนการสอนของครูและหลักสูตรที่ใช้
 - 1.3 ช่วยส่งเสริมแนวทางการเรียนเพื่อรอบรู้ หรือเพื่อให้รู้จริง มิใช่เรียนเพื่อให้

สอบผ่านตามเกณฑ์เท่านั้น

1.4 เป็นแนวทางในการเชื่อมโยงบทบาทของการสอบกับการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนและการให้สารสนเทศเพื่อการพัฒนาการเรียนการสอน อันเป็นการใช้ประโยชน์จากการสอบอย่างคุ้มค่า ช่วยให้ครูตระหนักถึงความหมายและคุณค่าที่แท้จริงของการประเมินผลความก้าวหน้า (formative evaluation)

1.5 เป็นแนวทางในการตรวจสอบกระบวนการคิดของนักเรียน จากแบบสอบปรนัย ซึ่งเป็นการแก้ไขจุดอ่อนของแบบสอบปรนัยที่ครูไม่มีโอกาสได้ทราบถึงกระบวนการคิดของนักเรียน

2. เป็นการพัฒนาองค์ความรู้ทางการวัดและประเมินผลการศึกษาในด้านการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและเป็นแนวทางในการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีอื่น ๆ ต่อไป