



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนาประเทศไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาในด้านการเมือง ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคมและวัฒนธรรมเพราะการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เหล่านี้ต้องอาศัยกำลังคนเป็นปัจจัยสำคัญ และกำลังคนจะมีประสิทธิภาพดีเพียงใดขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการศึกษา(ม.ล.ปิ่น มาลากุล 2518: 6) .เมื่อเป็นเช่นนั้นนักการศึกษาจึงได้พยายามปรับปรุงคุณภาพของการศึกษาให้ดีขึ้นอยู่เสมอเป็นลำดับมา เช่น ปรับปรุงหลักสูตร แบบเรียน วิธีการสอนคุณภาพของครู การจัดระบบบริหารการศึกษาตลอดจนปรับปรุงการวัดและประเมินผลการศึกษาให้ดีขึ้น

การวัดและประเมินผลการศึกษานับว่าเป็นสิ่งเดียวที่สามารถตรวจสอบได้ว่าคุณภาพของการศึกษาที่จัดขึ้นบรรลุผลเป็นไปตามเป้าหมายเพียงใดหรือไม่ จึงนับได้ว่าการวัดและประเมินผลการศึกษามีความสำคัญยิ่งต่อการจัดการศึกษาในทุกระดับและเกิดประโยชน์ต่อทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา เพราะการวัดผลการศึกษาเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาคุณภาพของการศึกษาให้ดีขึ้น ผลของการทดสอบจะเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจของครูและนักเรียนเพื่อช่วยในการปรับปรุงวิธีสอน การแนะแนว การประเมินผลหลักสูตร แบบเรียนและการใช้อุปกรณ์การสอน ตลอดจนการจัดระบบบริหารทั่วไปของโรงเรียน นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงการเรียนของนักเรียนให้ถูกวิธียิ่งขึ้น (อนันต์ ศรีโสภา 2515: 2) การวัดผลการศึกษาเป็นกระบวนการที่มุ่งตรวจสอบว่าผลการศึกษาอันเกิดจากการอบรมสั่งสอนด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามหลักสูตรนั้นมีผลสัมฤทธิ์มากน้อยเพียงใด ได้ผลตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ การวัดผลการศึกษามีเครื่องมือที่ใช้ในการวัดหลายอย่างด้วยกันขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการวัด เครื่องมือที่มีบทบาทต่อการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน คือ ข้อสอบ เนื่องจากข้อสอบได้เข้ามามีบทบาทต่อการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนมากกว่าเครื่องมืออื่น ๆ วิวัฒนาการของข้อสอบจึงเน้นที่เทคนิคการสร้างข้อสอบ ประเภทของข้อสอบ และการวิเคราะห์ข้อสอบ (อุทุมพร ทองอุไทย 2521: 32) โดยเฉพาะเทคนิคการวิเคราะห์ข้อสอบ นักวัดผลได้พยายามคิดค้นนี้ต่าง ๆ เพื่อบ่งชี้คุณภาพของ

แบบสอบ เช่น ศัพท์ที่คุณภาพของแบบสอบตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (Classical test theory) ได้แก่ ความตรง ความเที่ยง ความยากง่าย อำนาจจำแนก เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากการวิเคราะห์ผลการสอบของผู้สอบ

การวิเคราะห์ผลการสอบในปัจจุบันเป็นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ซึ่งการประมาณความสามารถของนักเรียนจากคะแนนรวมหรือคะแนนการตอบข้อกระทงที่ตอบถูกเท่านั้น (Harnisch 1983: 191) ยังไม่สามารถบอกความสามารถที่แท้จริงได้ เนื่องจากคะแนนรวมหรือคะแนนดิบประกอบด้วยคะแนนความสามารถจริงร่วมกับคะแนนความคลาดเคลื่อน และในปัจจุบันทฤษฎีนี้ถูกมองว่าเป็นทฤษฎีที่มีข้อตกลงเบื้องต้นที่อ่อนและมีข้อบกพร่องหลายประการ ประการแรกคือ การใช้ทฤษฎีนี้ไปศึกษาคุณภาพของแบบสอบนั้น ค่าสถิติที่ได้ของข้อสอบจะแปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มตัวอย่างของผู้สอบที่ใช้คำนวณค่าสถิติ ประการที่สองในการเปรียบเทียบความสามารถของผู้สอบจะต้องใช้แบบสอบฉบับเดียวกันหรือแบบสอบคู่ขนาน ประการที่สามนิยามความเที่ยงของแบบสอบในรูปของการวัดคู่ขนานซึ่งเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ ประการที่สี่ไม่มีพื้นฐานในการที่จะบอกได้ว่าผู้สอบคนหนึ่งจะทำข้อสอบข้อหนึ่งได้เพียงใด (Hambleton and Swaminathan 1985: 1-3) ประการที่ห้าการวิเคราะห์ผลการสอบจะนำเอาเฉพาะข้อที่นักเรียนตอบถูกมาพิจารณาวิเคราะห์ตัดสิน ไม่ได้นำเอาข้อที่นักเรียนตอบผิดมาร่วมพิจารณา ซึ่งการตอบข้อสอบผิดก็มีผลต่อการวินิจฉัยความบกพร่องของนักเรียน (Birenbaum and Tatsuoka 1981: 196) ดังนั้นการวิเคราะห์ผลการสอบควรที่จะพิจารณาทั้งข้อที่นักเรียนตอบถูก และตอบผิดมาร่วมพิจารณาด้วยจะทำให้เห็นความบกพร่องของนักเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังเช่นการศึกษาของบราวน์และเบอร์ตัน (Brown and Burton 1978) ซึ่งให้เห็นว่าการวิเคราะห์แบบแผนการตอบข้อกระทงทั้งข้อถูกและข้อผิดในวิชาคณิตศาสตร์สามารถจะวินิจฉัยความบกพร่องในการตอบข้อสอบได้อย่างดีเยี่ยม (Webb, Herman and Cabello 1986: 163) จากจุดอ่อนเหล่านี้ นักวัดผล นักการศึกษา จึงได้พยายามหาวิธีการใหม่เพื่อแก้ปัญหา และพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ผลการสอบ โดยการนำเอาแบบแผนการตอบข้อกระทงของนักเรียนแต่ละคน ทั้งข้อที่นักเรียนตอบถูกและตอบผิดมาร่วมพิจารณาวิเคราะห์ด้วย โดยมีความเชื่อว่าคะแนนรวมอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะประมาณความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้ นักเรียนที่ได้คะแนนรวมเท่ากันความสามารถอาจจะต่างกันได้ ถ้าแบบแผนการตอบข้อกระทงของนักเรียนแตกต่างกัน (Smith 1986: 361) ตัวอย่าง เช่น แบบทดสอบที่มีจำนวนข้อสอบ 10 ข้อกระทงจะมีแบบแผนการตอบต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ซึ่งเกิดจาก วิธีการจัดหมู่ของการตอบถูกและการตอบผิดในข้อกระทงต่าง ๆ ถึง 252 รูปแบบสำหรับคะแนนรวม 5 คะแนน (Harnisch 1983: 191) แต่ละรูปแบบย่อมาให้ความหมาย

แตกต่างกัน ดังนั้นการตีความหมายผลการสอบจากคะแนนรวมเพียงอย่างเดียวจึงอาจนำไปสู่การตีความหมายผิด ๆ ได้ มีนักวิจัยหลายท่านสนใจสารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์รูปแบบการตอบเพิ่มเติมจากสารสนเทศได้จากคะแนนรวม สารสนเทศดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างบุคคล ความไม่สอดคล้องกันของหลักสูตรระหว่างโรงเรียนต่าง ๆ ในเขตเดียวกัน ความแตกต่างทางวัฒนธรรม เป็นต้น (Tatsuoka 1984: 95)

การวิเคราะห์ผลการสอบโดยพิจารณาจากแบบแผนการตอบของนักเรียนเป็นรายชื่อ (Item response pattern) มีเทคนิคของการวิเคราะห์แบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกใช้แบบแผนการตอบถูกและผิดในการวิเคราะห์เกี่ยวกับผลการสอบ ได้แก่กลุ่มที่มีแนวคิดและหลักการเบื้องต้นจากทฤษฎีการตอบสนองข้อกระทง (Item response theory : IRT) เช่น ไวท์ (Wright 1977) ไวท์และสโตน (Wright and Stone 1979) กลุ่มที่สองวิเคราะห์โดยใช้แบบแผนของการตอบถูกและผิดเป็นรายบุคคลโดยพิจารณาความสัมพันธ์กับคะแนนรวมเป็นหลัก ดัชนีพวกนี้ได้แก่ ดัชนีการคืนกลับ (Reproducibility Index) ของกัตแมน (Guttman 1944) ดัชนีชี้เตือนของซาโต้ (Sato's caution index) ดัชนีความคงที่ (Index of Consistency) ของกรีน (Green 1956) ดัชนีความเป็นเอกพันธ์ (Index of Homogeneity) ของโลวิงเจอร์ (Loevinger 1948) ดัชนียู (U - Index) ของเวนเดอร์ (Vender 1977) ดัชนีความสัมพันธ์ส่วนตัว (Personal biserial index) ของดอนลอนและฟิชเชอร์ (Donlon and Fisher 1968) ดัชนีความคล้อยตามกลุ่ม (Norm conformity index) ของทาทซูกะและทาทซูกะ (Tatsuoka and Tatsuoka 1980) และดัชนีที่แสดงความสอดคล้องและไม่สอดคล้อง (Agreement and disagreement indices) ของเคนและเบรนแนน (Kane and Brennan 1980)

แบบแผนการตอบที่ใช้วิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้คุณภาพแบบสอบต่าง ๆ นั้นส่วนใหญ่มาจากแบบแผนการตอบตามแนวคิดของกัตแมน (Guttman 1944) โดยมีแนวคิดในการจัดแบบแผนการตอบที่ว่า ผู้สอบที่ตอบข้อกระทงที่ยากได้ก็ควรจะตอบข้อกระทงที่ง่ายทั้งหมดได้ (White and Saltz 1967: 243) กัตแมนได้เสนอแบบแผนการตอบเพื่อความสามารถในการจัดเรียงข้อกระทงในแบบสอบฉบับใด ๆ หลังจากดำเนินการสอบมาแล้ว ด้วยวิธีการเรียงข้อกระทงที่ยึดคะแนนรวมของแต่ละบุคคลและระดับความยากของข้อกระทงเป็นเกณฑ์ กัตแมนตั้งชื่อดัชนีว่า ดัชนีการคืนกลับ (Reproducibility index) มีวิธีการหาค่าดัชนีชี้คุณภาพของแบบสอบตามวิธีนี้ได้ดังนี้ เริ่มจากการดำเนินการสอบโดยใช้แบบสอบฉบับหนึ่งกับกลุ่มผู้สอบกลุ่มหนึ่ง แล้วนำมา

ตรวจคำตอบโดยระบบการให้คะแนน 1 สำหรับคำตอบถูก และ 0 สำหรับคำตอบที่ผิด จากนั้นนำข้อกระทงมาจัดเรียงใหม่โดยเรียงตามลำดับความมากน้อยของคะแนนรวม และระดับความยากของข้อกระทง การจัดเรียงลำดับใหม่ ถ้าการจัดเรียงสามารถทำได้อย่างสมบูรณ์หรืออยู่ในรูปแบบแผนการตอบที่เป็นอุดมคติ (Ideal response pattern) ของกัณฑ์แล้ว รูปแบบการตอบของการจัดเรียงใหม่จะได้ในรูปแบบที่มีเลข 1 ในรูปสามเหลี่ยมด้านบนและเป็นเมตริกซ์ของเลข 0 ในรูปสามเหลี่ยมด้านล่าง ในกรณีที่มีผู้สอบได้คะแนนรวมเข้ากันผลการเรียงลำดับจะไม่อยู่ในรูปแบบที่สมบูรณ์ คือจะมีเลข 0 เข้าไปปะปนอยู่ในกลุ่มของเลข 1 หรือมีเลข 1 เข้าไปปะปนอยู่ในกลุ่มของเลข 0 จำนวนเลข 0 ที่เข้าไปปะปนอยู่ในกลุ่มของเลข 1 หรือ เลข 1 ที่เข้าไปปะปนอยู่ในกลุ่มเลข 0 เราถือว่าเป็นความคลาดเคลื่อน (errors) ดัชนี Reproducibility ของกัณฑ์ดังกล่าวมาแล้วนี้ ไม่ค่อยได้รับความนิยมในการนำมาใช้เท่าที่ควร แต่แบบแผนการตอบที่ถูกจัดเรียงตามแนวคิดของกัณฑ์ได้ถูกนำไปประยุกต์เพื่อหาดัชนีชี้คุณภาพแบบสอบแบบต่าง ๆ มากมาย เช่น ดัชนีชี้เตือนของซาโต้ (Sato 's Caution Index)

ในปี 1980 ซาโต้ (Sato) ได้พัฒนาวิธีการในการหาค่าเบี่ยงเบนจากแบบแผนการตอบแบบสมบูรณ์ (Perfect response pattern) ของกัณฑ์ เรียกว่า ดัชนีชี้เตือนของซาโต้ (Sato's caution index) ดัชนีชี้เตือนของซาโต้มีคำนวณจากหลักของการกำหนดความสามารถในการตอบคำถามเป็นรายข้อ แบบแผนของการตอบคำถามที่ถูกต้องและตามลักษณะของข้อสอบที่มีคุณภาพดี ผู้สอบควรจะตอบคำถามที่ง่าย ๆ ได้ และตอบคำถามที่ยากไม่ได้ และคนที่มีความสามารถเท่ากันควรตอบข้อคำถามได้เหมือน ๆ กัน นั่นคือ ต้องมีแบบแผนการตอบถูกและผิดเหมือนกัน ในกลุ่มที่มีความสามารถเท่ากัน สมมุติว่ามีข้อคำถามอยู่ 20 ข้อ มีผู้สอบ 2 คนที่ได้คะแนนเท่ากัน คนละ 16 คะแนน ถ้าเรียงข้อคำถามจากง่ายไปหายากคนทั้งสองควรจะทำ 16 ข้อแรกถูกเหมือนกัน ส่วน 4 ข้อหลังนี้เป็นข้อยากก็ควรจะทำผิดเหมือนกัน ถ้าแบบแผนการตอบถูกและผิดของนักเรียนทั้งกลุ่มเป็นเช่นนี้ แสดงว่ากลุ่มผู้เรียนมีความสามารถเช่นนี้จริง แต่ถ้ากลุ่มผู้สอบที่ได้คะแนนเท่ากันมีแบบแผนการตอบถูกและผิดไม่เป็นรูปแบบเดียวกันแสดงว่ามีความผิดปกติเกี่ยวกับการเรียนหรือข้อคำถามชุดนั้นไม่เหมาะสมสำหรับผู้สอบกลุ่มนี้ ดัชนีชี้เตือนของซาโต้เป็นดัชนีที่ชี้ให้เห็นข้อบกพร่องของผู้สอบและข้อกระทงมีสูตรดังนี้ (Tatsuoka and Linn 1983: 83)

$$C_i = 1 - \frac{\text{COV}(X_{ij}, Y_j)}{\text{COV}(U_{ij}, Y_j)}$$

- เมื่อ Y_j คือ จำนวนผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อที่ j ถูก
- X_{ij} คือ คะแนน 0,1 ของผู้สอบคนที่ i ข้อที่ j ที่เรียงลำดับ
ข้อกระทงตามแนวคิดของกัตแมนคือ เรียงจากข้อง่ายไปหาข้อยาก
- U_{ij} คือ คะแนนในอุดมคติเมื่อข้อสอบเป็นไปตามเมตริกซ์ของกัตแมนที่สมบูรณ์
(U_{ij} จะเท่ากับ 1 เมื่อค่า j ซึ่งเป็นลำดับที่ของข้อนั้นที่เรียงตาม
ความยากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับคะแนนรวมของคนที่ i และ U_{ij}
จะเท่ากับ 0 เมื่อค่า j ซึ่งเป็นลำดับที่ของข้อนั้นที่เรียงตามความยาก
มีค่ามากกว่าคะแนนรวมของคนที่ i)
- C_i คือ ดัชนีชี้เดือนของชาโต้ของคนที่ i

ค่าดัชนีที่คำนวณได้มีค่าระหว่าง -0.5 ถึง 1.5 ถ้า C_i เท่ากับ 0 แสดงว่าสัดส่วน
ความแปรปรวนร่วมของแบบแผนการตอบของผู้สอบเป็นไปตามทฤษฎีที่คาดหวังไว้ ดังนั้นความ
แปรปรวนร่วมของสิ่งที่สังเกตจะเท่ากับทฤษฎี แต่ถ้าค่าของ C_i ยิ่งเข้าใกล้ 1.50 มากเท่าไร
จะแสดงถึงความบกพร่องมากขึ้นทวีคูณ ชาโต้ได้กำหนดเกณฑ์ตัดสินความบกพร่องของผู้ตอบแบบ
ทดสอบไว้ว่า ถ้าผู้ตอบแบบทดสอบทำข้อสอบมีค่าดัชนีของชาโต้มากกว่า 0.5 แสดงว่าผู้ตอบแบบ
ทดสอบนั้นมีความบกพร่องในแบบแผนการตอบข้อสอบ (Sato 1980: 20)

จากการวิเคราะห์ดัชนีของกัตแมนและดัชนีของชาโต้พบว่า ดัชนีทั้งสองมีความเหมือนและ
ความแตกต่าง ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างดัชนีของกัตแมนกับ
ของชาโต้ ได้สรุปในประเด็นที่สำคัญแสดงไว้ในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ความเหมือนและความแตกต่างระหว่าง ดัชนีของกัตแมน กับดัชนีชี้เดือนของซาโต้

	ดัชนีของกัตแมน	ดัชนีชี้เดือนของซาโต้
ข้อตกลงเบื้องต้น	ผู้สอบที่ตอบคำถามที่ยากได้ก็ควร จะตอบคำถามที่ง่ายทั้งหมดได้	ผู้สอบที่ตอบคำถามที่ยากได้ ก็ควรจะตอบคำถามข้อที่ง่าย ทั้งหมดได้และผู้สอบที่มีคะแนน รวมเท่ากันควรตอบข้อคำถาม ได้เหมือนกัน
หลักเกณฑ์ในการ เรียงข้อกระทง (ในแนวหลัก)	ใช้ค่าความยากง่ายตามทฤษฎีดั้งเดิม เป็นเกณฑ์โดยเรียงจากข้อกระทงที่ มีผู้สอบตอบถูกมากไปหาข้อกระทงที่ มีผู้สอบตอบถูกน้อย	เหมือนกับกัตแมน
หลักเกณฑ์ในการ เรียงผู้สอบ (ในแนวแถว)	ใช้คะแนนรวมของผู้สอบเป็นเกณฑ์ใน การเรียงจากผู้สอบที่ได้คะแนนรวม มากตามลำดับลงไปหาผู้สอบที่ได้ คะแนนรวมน้อย	เหมือนกับกัตแมน
เกณฑ์ในการแบ่ง เขตระหว่างคะแนน 1 กับคะแนน 0	ไม่แน่นอนแต่พยายามใช้การสังเกต เป็นเกณฑ์ในการแยกระหว่างคะแนน 1 กับ คะแนน 0 ให้แยกจากกันให้ ชัดเจนที่สุด	ใช้คะแนนรวมของแต่ละบุคคล เป็นเกณฑ์ในการแบ่งเขตคะแนน 1 กับคะแนน 0 คือข้อกระทง ที่ถูกจัดเรียงจากข้อง่ายไปหา ข้อยาก ข้อกระทงข้อที่มีลำดับ ความยากน้อยกว่าหรือเท่ากับ คะแนนรวมของแต่ละคนควรจะ เป็น 1
ค่าของดัชนีที่ คำนวณได้	ค่าของดัชนีจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ถ้าค่าดัชนียังเข้าใกล้ 1.00 แสดงว่า แบบสอบฉบับนั้นสามารถจัดเรียงได้ เป็นไปตามทฤษฎีที่คาดหวัง	ค่าของดัชนีจะมีค่าตั้งแต่ -0.5 ถึง 1.5 ถ้าค่าดัชนียังเข้าใกล้ 1.5 มากเท่าไร จะแสดงถึง ความบกพร่องมากขึ้น

จากตารางที่ 1 พบว่าการเรียงเมตริกซ์ของข้อกระทงเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทั้งของ กัดแมนและของซาโต้เป็นการเรียงลำดับความยากง่ายของข้อกระทงตามทฤษฎีการทดสอบแบบ ตั้งเดิม ซึ่งต้องใช้คะแนนรวมของแต่ละข้อในกลุ่มเป็นหลักในการเรียงลำดับของข้อกระทง แต่ละข้อจากข้อที่มีผู้ตอบถูกมากไปน้อย ค่าของดัชนีของกัดแมนและซาโต้จึงเกี่ยวข้องกับกลุ่มผู้สอบ เพราะค่าความยากที่นำมาเรียงลำดับในเมตริกซ์เป็นความยากที่เกิดจากกลุ่มผู้สอบ จากข้อบกพร่อง เหล่านี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบโดยการวิเคราะห์ แบบแผนการตอบข้อกระทง ซึ่งเป็นดัชนีชี้ให้เห็นข้อบกพร่องของแบบแผนการตอบของแต่ละบุคคล ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายเดียวกับดัชนีของซาโต้ และเป็นการแก้ปัญหาข้อบกพร่องของดัชนีของซาโต้ ผู้วิจัยได้พัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบโดยเสนอวิธีการจัดเรียงข้อกระทงตาม ความยากของข้อกระทง (b) และเรียงผู้สอบตามความสามารถที่แท้จริงของแต่ละบุคคล (θ) ที่ไม่เกี่ยวกับคะแนนรวมของกลุ่มแต่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของข้อกระทงตามทฤษฎีการตอบสนองข้อกระทง และผู้วิจัยได้พัฒนาสูตรมาจากข้อตกลงเบื้องต้นที่ว่า ผู้สอบที่ตอบคำถามที่ยากได้ก็ควรจะตอบคำถาม ข้อที่ง่ายทั้งหมดได้ และผู้สอบที่มีคะแนนรวมเท่ากันควรตอบข้อคำถามได้เหมือนกัน เกณฑ์ในการ แบ่งเขตระหว่างคะแนน 1 กับคะแนน 0 ใช้นักคะแนนรวมของแต่ละบุคคลเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง เขตระหว่าง 1 กับคะแนน 0 คือ ข้อกระทงที่ถูกจัดเรียงจากข้อง่ายไปหายากข้อกระทงที่มี ลำดับความยากน้อยกว่าหรือเท่ากับคะแนนรวมของแต่ละคนควรจะเป็น 1 ซึ่งเป็นเกณฑ์เดียวกับ แนวคิดในการพัฒนาดัชนีของซาโต้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดที่ผู้วิจัยเสนอไว้ข้างต้นมาประยุกต์ร่วมกับ สูตรการหาค่าดัชนีของซาโต้ ผู้วิจัยได้เสนอสูตรการหาค่าดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบจาก ค่าผลต่างของ 1 กับอัตราส่วนของความแปรปรวนร่วมของเวกเตอร์ของคะแนนที่ได้จากการตอบ ข้อสอบแต่ละข้อกับโอกาสในการตอบข้อสอบข้อนั้นถูกเป็นตัวเศษ และความแปรปรวนร่วมของคะแนน ของผู้สอบเมื่อข้อสอบเป็นไปตามเมตริกซ์ของกัดแมนที่สมบุรณ์กับโอกาสในการตอบข้อสอบข้อนั้นถูก เป็นตัวส่วน ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยการเปรียบเทียบกับดัชนีของ ซาโต้ว่าสูตรใดจะมีคุณภาพมากกว่ากัน ซึ่งผู้วิจัยใช้การจำลองแบบแผนการตอบโดยวิธีการศึกษา ที่เรียกว่า ซิมูเลชัน (Simulation) ซึ่งจะให้ผลการศึกษาที่แน่นอนเพราะสามารถกำหนด แบบแผนการตอบที่ต้องการได้สอดคล้องตามแบบแผนการตอบตามแนวของกัดแมนและของซาโต้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบโดยการวิเคราะห์แบบแผนการตอบข้อกระทง
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพในการวินิจฉัยความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบในแบบแผนการตอบระหว่างดัชนีชี้ความบกพร่องที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น กับดัชนีของซาโต้

สมมุติฐานของการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบจากแบบแผนการตอบข้อกระทง ภายใต้พื้นฐานการวิเคราะห์แบบแผนการตอบข้อกระทงทั้งข้อถูกและข้อผิด และประยุกต์ร่วมกับสูตรการคำนวณหาค่าดัชนีของซาโต้ ซึ่งเป็นดัชนีชี้ให้เห็นข้อบกพร่องของแบบแผนการตอบของแต่ละบุคคล ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายเดียวกับดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เพราะฉะนั้นค่าดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นน่าจะสอดคล้องกับดัชนีของซาโต้ ซึ่งเป็นแนวทางเดียวกับที่ แฮนิสและลินน์ (Harnisch and Linn 1981) ได้ทำวิจัยเพื่อศึกษาความสอดคล้องของดัชนีของซาโต้กับดัชนีอื่น ๆ เพื่อศึกษาความสอดคล้องของดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับดัชนีของซาโต้ ผู้วิจัยจึงตั้งสมมุติฐานว่า

สมมุติฐานข้อที่ 1 ค่าดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นน่าจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีของซาโต้สูงในทางบวก

ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบอาจจะมาจากสาเหตุ การตอบข้อสอบด้วยการเดา ซึ่งการเดานี้ อีวคักดี อินทรมาศย์ (2520: 63-69) ได้วิจัยไว้และพบว่าปริมาณการเดามีความสัมพันธ์ทางลบกับความสามารถของผู้ตอบแบบทดสอบ คือผู้สอบที่มีความสามารถในระดับต่ำจะตอบแบบสอบโดยการเดามากกว่าผู้สอบที่มีความสามารถในระดับสูง นอกจากนี้ แฮนิสและลินน์ ได้วิจัยหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีของซาโต้กับคะแนนรวมของแต่ละบุคคล พบว่าดัชนีของซาโต้มีความสัมพันธ์กับคะแนนรวมของแต่ละบุคคลน้อยในทางลบ เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วผู้สอบที่ได้คะแนนรวมมากมีแนวโน้มที่จะมีความบกพร่องในการตอบน้อย และผู้สอบที่ได้คะแนนรวมน้อยมี

แนวโน้มที่จะมีความบกพร่องมาก ดังนั้นดัชนีของชาโตจึงมีความสัมพันธ์กับคะแนนรวมของแต่ละบุคคลในทางลบ แต่อย่างไรก็ตามผู้สอบส่วนใหญ่มักจะได้คะแนนรวมในระดับกลาง ซึ่งในผู้สอบกลุ่มนี้ดัชนีของชาโตกับคะแนนรวมจะไม่สัมพันธ์กันด้วยหลักการข้างต้น เนื่องจากผู้สอบกลุ่มนี้เป็นผู้สอบส่วนใหญ่มาหาความสัมพันธ์กับคะแนนรวมจึงทำให้มีค่าน้อยในทางลบด้วยเหตุผลที่กล่าวไว้ข้างต้น จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงตั้งสมมุติฐานว่า

สมมุติฐานข้อที่ 2 คะแนนรวมของแต่ละบุคคลน่าจะมีความสัมพันธ์กับดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และดัชนีของชาโตน้อยในทางลบ

เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับดัชนีของชาโต ผู้วิจัยจึงตั้งสมมุติฐานข้อที่ 3 และข้อ 4 ดังนี้

สมมุติฐานข้อที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมของแต่ละบุคคลกับดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นน่าจะน้อยกว่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมของแต่ละบุคคลกับดัชนีของชาโต

สมมุติฐานข้อที่ 4 ดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นน่าจะจำแนกผู้ตอบที่มีความบกพร่องในการตอบข้อสอบได้มากกว่าดัชนีของชาโต

เมื่อคัดเลือกผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่องในการตอบออกก่อนทำการวิเคราะห์หาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดน่าจะหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของแบบสอบต่ำลง ซึ่งความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบอาจจะมาจากสาเหตุ การตอบข้อสอบด้วยการเดา หรือการไม่ตั้งใจทำ ซึ่งการเดาก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดมาก เพราะการเดาเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดมาก แมกนุสสัน (Magnusson 1966: 101) กล่าวว่าแหล่งความคลาดเคลื่อนในการวัดที่สำคัญมี 3 แหล่ง คือ การบริหารการสอบ การคิดคะแนน และการเดา ถ้ามีการเดามากแบบทดสอบจะมีค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดสูง ผู้วิจัยจึงตั้งสมมุติฐานว่า

สมมุติฐานข้อที่ 5 แบบทดสอบที่นำผู้ตอบแบบทดสอบที่บกพร่องในการตอบออกน่าจะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของแบบสอบนี้มีค่าต่ำลง

ขอบเขตของการวิจัย

1. การพัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบโดยการวิเคราะห์แบบแผนการตอบข้อกระทงนี้ ใช้การจัดเรียงเมตริกซ์ความยากของข้อกระทง (b) และความสามารถของแต่ละบุคคล (θ) ที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของข้อกระทงตามทฤษฎีการตอบสนองข้อกระทง และประยุกต์ร่วมกับสูตรดัชนีของซาโต

2. แบบสอบที่ใช้ในการวิจัยมีลักษณะดังนี้

2.1 ข้อสอบเป็นแบบเลือกตอบจำนวน 5 ตัวเลือก ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 4 ฉบับ จำนวนข้อสอบแต่ละฉบับเท่ากับ 30 ข้อ 60 ข้อ 90 ข้อ และ 120 ข้อตามลำดับ ซึ่งเป็นจำนวนข้อกระทงที่สอดคล้องกับจำนวนข้อที่ครูใช้ในการสอบแต่ละรายวิชาในชั้นเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในปัจจุบัน (แหล่งข้อมูลจากการสัมภาษณ์ นายสุพัทธ์ พิบูลย์ ศึกษานิเทศน์กรมสามัญศึกษา)

2.2 มีค่าความยากตั้งแต่ -3 ถึง +3 ซึ่งเป็นค่าความยากของข้อกระทงที่เหมาะสมที่เก็บไว้ในธนาคารข้อสอบ (สุพัทธ์ สุกมลลันต์ 2530: 109)

3. ลักษณะประชากรมีการแจกแจงความสามารถแตกต่างกัน 3 ลักษณะ โดยแต่ละกลุ่มมีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างออกมา 3 ขนาด คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 35 คน 50 คน และ 200 คน ซึ่งเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดชั้นเรียนที่ครูแต่ละคนใช้สอนในชั้นเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในปัจจุบัน (กระทรวงศึกษาธิการ, กรมสามัญศึกษา, กองแผนงาน 2532: 66) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ลักษณะประชากรที่มีการแจกแจงความสามารถแตกต่างกัน คือ

3.1 ประชากรมีการแจกแจงความสามารถแบบเบ้บวก โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์คือ $\mu = -2$, $\sigma = 1$, Skewness = 1 และ Kurtosis = 3 มีฟังก์ชัน คือ

$$Y = -2.3268 + 1.16050961X + 0.2909708X^2 - 0.0886191X^3$$

เมื่อ X มีการแจกแจงแบบปกติ และ Y มีการแจกแจงแบบเบ้บวก (Fleishman 1978: 522)

3.2 ประชากรมีการแจกแจงความสามารถปานกลาง ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ ลักษณะการแจกแจงแบบปกติแทน โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์คือ $\mu = 0$, $\sigma = 1$, Skewness = 0 และ Kurtosis = 3 มีฟังก์ชัน คือ

$$f(X) = \left(\frac{1}{2\pi}\right)^{1/2} e^{-X^2/2}$$

3.3 ประชากรมีการแจกแจงความสามารถแบบเบ้ลบ โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์คือ $\mu = 2$, $\sigma = 1$, Skewness = -1 และ Kurtosis = 3 มีฟังก์ชันคือ

$$Y = 2.345 + 1.1605091X - 0.2710708X^2 - 0.092819X^3$$

เมื่อ X มีการแจกแจงแบบปกติ และ Y มีการแจกแจงแบบเบ้ลบ (Fleishman 1978: 522)

4. การวิจัยครั้งนี้จำลองการทดลองขั้นในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล หนึ่งแสน โดยการซ้ำ 100 ครั้ง

5. เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพของดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น คือ

5.1 ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องแสดงความตรงในการจำแนกผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่อง คือ เมื่อใช้ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาคัดเลือกผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่องในการตอบออกก่อนทำการวิเคราะห์หาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด ก็จะทำให้ผลการวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของแบบสอบนั้นมีค่าต่ำลง

ทั้งนี้เพราะความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบอาจจะมาจากสาเหตุของการตอบข้อสอบด้วยการเดา หรือการนั่งตั้งใจทำ ซึ่งการเดาเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด แมกนุสสัน (Magnusson 1966: 101) กล่าวว่าแหล่งความคลาด

เคลื่อนไหวในการวัดที่สำคัญ 3 แห่ง คือ การบริหารการสอบ การคิดคะแนน และการเดา ถ้ามีการเดามากแบบทดสอบจะมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดสูง เพราะฉะนั้นถ้าเราสามารถคัดเลือกผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่องในการตอบแบบทดสอบออก ก็จะทำให้ผลการวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของแบบสอบนั้นมีค่าต่ำลง นอกจากพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของแบบสอบแล้วยังต้องพิจารณาจากข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วย สำหรับเกณฑ์ข้อ 5.1 เป็นเกณฑ์สำคัญในการพิจารณาคุณภาพของดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ถ้าสูตรใดไม่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ข้อ 5.1 จะไม่พิจารณาเกณฑ์ในข้อต่อ ๆ ไป

5.2 ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องมีความสามารถวัดได้สอดคล้องกับดัชนีอื่นที่ชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบได้ดี นั่นคือดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องมีความสัมพันธ์กับดัชนีของชาโต้สูง

จากการวิจัยของ แฮนิส และลินน์ (Harnisch and Linn 1981) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพดัชนีของชาโต้กับดัชนีอื่น ๆ และพบว่าดัชนีของชาโต้เป็นดัชนีที่สามารถชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบได้ดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกดัชนีของชาโต้เป็นเกณฑ์ในการหาความสอดคล้องกับดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สำหรับเกณฑ์ข้อ 5.2 เป็นการดูลักษณะพื้นฐานของดัชนี

5.3 ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องมีความไว (Sensitivity) ในการจำแนกผู้ตอบที่มีความบกพร่องได้สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีของชาโต้ โดยพิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้คือ

5.3.1 เมื่อใช้ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาคัดเลือกผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่องในการตอบออกก่อนทำการวิเคราะห์หาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดก็จะทำให้ผลการวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของแบบสอบมีค่าต่ำกว่า เมื่อใช้ดัชนีของชาโต้คัดเลือกผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่องในการตอบออกก่อนทำการวิเคราะห์หาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด

5.3.2 ดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องจำแนกผู้ตอบที่มีความบกพร่องในการตอบข้อสอบได้มากกว่าดัชนีของชาโต้

5.4 ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องมีลักษณะที่แสดงถึงคุณสมบัติที่ดีตาม เกณฑ์ของแฮนิส มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีของชาโต้

นั่นคือดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องมีความสัมพันธ์กับคะแนนรวมของแต่ละบุคคลน้อยกว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีของชาโต้กับคะแนนรวมของแต่ละบุคคล ซึ่งแฮนิส และลินน์ (Harnisch and Linn 1981) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพดัชนีของชาโต้กับดัชนีอื่น ๆ และสรุปว่าดัชนีของชาโต้เป็นดัชนีที่ชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบได้ดี เพราะว่าดัชนีของชาโต้มีความสัมพันธ์กับคะแนนรวมของแต่ละบุคคลน้อยที่สุด เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วผู้สอบที่ได้คะแนนรวมมากมีแนวโน้มที่จะมีความบกพร่องในการตอบน้อย และผู้สอบที่ได้คะแนนรวมน้อยมีแนวโน้มที่จะมีความบกพร่องมาก ดังนั้นดัชนีชี้ความบกพร่องที่ดัชนีนี้มีความสัมพันธ์กับคะแนนรวมของแต่ละบุคคลในทางลบ แต่อย่างไรก็ตามผู้สอบส่วนใหญ่ก็จะได้คะแนนรวมในระดับกลาง ซึ่งในผู้สอบกลุ่มนี้ดัชนีชี้ความบกพร่องกับคะแนนรวมจะไม่สัมพันธ์กันด้วยหลักการข้างต้น เนื่องจากผู้สอบกลุ่มนี้เป็นผู้สอบส่วนใหญ่มาหาความสัมพันธ์กับคะแนนรวมจึงทำให้มีค่าน้อยในทางลบด้วยเหตุผลที่กล่าวไว้ข้างต้น

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การตอบข้อสอบโดยใช้ความสามารถที่แท้จริงจะมีแบบแผนการตอบข้อกระทงเป็นไปตามแนวความคิดของกัตแมน คือ ผู้สอบที่ตอบคำถามที่ยากได้ก็จะตอบคำถามที่ง่ายทั้งหมดได้
2. ความบกพร่องในการตอบข้อสอบของแต่ละบุคคลสามารถพิจารณาได้จากแบบแผนการตอบข้อกระทง
3. ข้อสอบที่จำลองขึ้นเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพดี มีคุณสมบัติครบตามลักษณะของข้อสอบที่ดี และค่าความยากของข้อสอบสามารถเรียงได้ในสเกลของกัตแมน

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

ดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ จะบ่งชี้ได้ว่าบุคคลใดมีความบกพร่องในการตอบแบบทดสอบ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าแหล่งที่ทำให้เกิดความบกพร่องมาจากสาเหตุใด เช่น จากการเดา ความสะเพร่า ในระหว่างการสอบมีความวิตกกังวลหรือทุจริตในการตอบข้อสอบ

ค่านิยมศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบแผนการตอบข้อกระทงตามแนวคิดของกัตแมน หมายถึง เมตริกซ์ที่แสดงการจัดเรียงผู้สอบและข้อกระทง โดยให้แถวแทนผู้สอบแต่ละคนเรียงจากผู้สอบที่ได้คะแนนมากที่สุดตามลำดับลงไปหาผู้สอบที่ได้คะแนนน้อย ให้หลักแทนข้อกระทงแต่ละข้อ เรียงจากข้อกระทงที่ง่ายไปหาข้อกระทงที่ยากโดยเรียงจากซ้ายไปขวา

2. แบบแผนการตอบข้อกระทงตามแนวคิดของซาใต้ หมายถึง เมตริกซ์ที่แสดงการจัดเรียงผู้สอบและข้อกระทง โดยใช้หลักการเรียงผู้สอบและข้อกระทงตามแนวคิดของกัตแมน โดยให้แถวแทนผู้สอบแต่ละคนเรียงจากผู้สอบที่ได้คะแนนมากที่สุดตามลำดับลงไปหาผู้สอบที่ได้คะแนนน้อย ให้หลักแทนข้อกระทงแต่ละข้อ เรียงจากข้อกระทงที่ง่ายไปหาข้อกระทงที่ยากโดยเรียงจากซ้ายไปขวา ให้เส้นโค้งเอส (S-Curve) เป็นเส้นโค้งที่แสดงการได้คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน และให้เส้นโค้งพี (P-Curve) เป็นเส้นที่แสดงจำนวนผู้สอบที่ตอบข้อกระทงนั้น ๆ ถูกต้อง

3. คำนีของกัตแมน หมายถึง คำนีการคืนกลับ (Reproducibility index) ซึ่งชี้ถึงระดับการจัดเรียงได้ของข้อกระทงในแบบสอบฉบับใด ๆ หลังจากการดำเนินการสอบมาแล้วด้วยวิธีการเรียงที่ยืดคะแนนรวมของแต่ละบุคคลและระดับความยากของข้อกระทงเป็นเกณฑ์ ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 ถ้าแบบสอบที่มีค่าคำนีสูง แสดงว่าสามารถจัดเรียงข้อกระทงได้ใกล้เคียงแบบแผนการตอบที่สมบูรณ์ของกัตแมน

การคำนวณค่าคำนีของกัตแมนใช้สูตรดังนี้ ค่าคำนีของกัตแมนของแต่ละข้อกระทง

$$R_i = 1 - \frac{E}{N}$$

ค่าคำนีของกัตแมนของแบบสอบทั้งฉบับ

$$R_t = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k E_i}{NK}$$

E คือ ความคลาดเคลื่อน ($\sum_{i=1}^k E_i$ คือ รวมความคลาดเคลื่อน)

i คือ ข้อสอบข้อที่ 1, 2, 3, ..., k

N คือ จำนวนผู้สอบ

K คือ จำนวนข้อกระทง

R_i คือ ดัชนีของข้อที่ i

R_i คือ ดัชนีของแบบสอบทั้งฉบับ

4. ดัชนีของซาโต้ หมายถึง ดัชนีชี้เตือนของซาโต้ (Sato's Caution index) คือ ตัวเลขที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินความบกพร่องในแบบแผนการตอบข้อกระทงของผู้ตอบแต่ละคน ค่าดัชนีของซาโต้มีค่าระหว่าง -0.5 ถึง 1.5 และค่าของตัวเลขที่เป็นเกณฑ์ในการบ่งชี้ความบกพร่องคือ 0.5 ถ้าผู้สอบบุคคลใดมีค่าดัชนีของซาโต้มากกว่า 0.5 ขึ้นไปถือว่าผู้สอบนั้นมีความบกพร่องในแบบแผนการตอบข้อกระทง

ค่าดัชนีชี้เตือนของซาโต้ของแต่ละบุคคล คำนวณโดยใช้สูตร

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (1 - U_{ij}) n_{.j} - \sum_{j=n_i+1}^J U_{ij} n_{.j}}{\sum_{j=1}^{n_i} n_{.j} - n_i \left[\frac{\sum_{j=1}^J n_{.j}}{J} \right]}$$

เมื่อ i คือ ผู้สอบคนที่ 1, 2, 3, ..., I

j คือ ข้อสอบข้อที่ 1, 2, 3, ..., J

U_{ij} คือ $\begin{cases} 1 & \text{คะแนนถ้าผู้สอบคนที่ } i \text{ ตอบข้อสอบข้อที่ } j \text{ ได้ถูกต้อง} \\ 0 & \text{คะแนนถ้าผู้สอบคนที่ } i \text{ ตอบข้อสอบข้อที่ } j \text{ ผิด} \end{cases}$

n_i คือ คะแนนรวมของผู้สอบคนที่ i

$n_{.j}$ คือ จำนวนคนที่ตอบข้อสอบข้อที่ j ถูก

C_i คือ ดัชนีชี้เตือนของซาโต้ของผู้สอบคนที่ i

5. ดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบ หมายถึง ตัวเลขที่ชี้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินความบกพร่องของผู้สอบในการตอบข้อกระทงเป็นรายบุคคลในแบบแผนการตอบข้อกระทง ผู้สอบที่มีค่าดัชนีชี้ความบกพร่องยิ่งมากเท่าไรแสดงถึงว่าผู้สอบผู้นั้นมีความบกพร่องในการตอบข้อกระทงมาก แต่ถ้าผู้สอบผู้ใดมีค่าดัชนีชี้ความบกพร่องน้อยแสดงว่าผู้สอบผู้นั้นไม่มีความบกพร่องในการตอบข้อกระทง เกณฑ์ในการบ่งชี้ความบกพร่อง คือ 0.5 ถ้าผู้สอบคนใดมีค่าดัชนีชี้ความบกพร่องมากกว่า 0.5 ขึ้นไปแสดงว่าผู้สอบผู้นั้นมีความบกพร่องในการตอบแบบทดสอบ

6. ค่าความยากของข้อกระทง หมายถึง ตำแหน่งของข้อกระทงบนสเกลของความยากที่โอกาสของการตอบถูกมี ค่า 0.5 ตามวราสซ์โมเดล

7. ความสามารถของผู้สอบ (θ) หมายถึง ค่าความสามารถของผู้สอบที่ประมาณค่าได้จากคะแนนรวมของการทำข้อสอบแบบวราสซ์โมเดล

8. ระดับความสามารถของผู้สอบ หมายถึง ความสามารถระดับสูง ความสามารถปานกลาง และความสามารถต่ำ ซึ่งพิจารณาจากสเกลความสามารถ (θ) และแทนความสามารถของผู้สอบด้วยการแจกแจงต่อไปนี้

ผู้สอบที่มีความสามารถสูง ใช้ลักษณะการแจกแจงแบบเบ้กลับแทน โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ คือ $\mu = 2$, $\sigma = 1$, Skewness = -1 และ Kurtosis = 3

ผู้สอบที่มีความสามารถปานกลาง ใช้ลักษณะการแจกแจงแบบปกติแทน โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์คือ $\mu = 0$, $\sigma = 1$, Skewness = 0 และ Kurtosis = 3

ผู้สอบที่มีความสามารถต่ำ ใช้ลักษณะการแจกแจงแบบเบ้บวกแทน โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ คือ $\mu = -2$, $\sigma = 1$, Skewness = 1 และ Kurtosis = 3

9. ความบกพร่องของผู้สอบ หมายถึง การที่ผู้สอบตอบข้อสอบไม่เป็นไปตามแบบแผนการตอบแบบสมบูรณ์ (Perfect response pattern) ตามแนวคิดของกัตแมน ที่ว่าผู้สอบที่ตอบข้อกระทงที่ยากได้ก็ควรจะตอบข้อกระทงที่ง่ายทั้งหมดได้

10. แบบแผนการตอบข้อกระทงที่บกพร่อง หมายถึง แบบแผนการตอบข้อกระทงที่เบี่ยงเบนจากแบบแผนการตอบแบบสมบูรณ์ตามแนวคิดของกัตแมน ดังแบบแผนการตอบข้อกระทงต่อไปนี้ ซึ่งแสดงแบบแผนการตอบข้อกระทงที่มีความบกพร่องน้อยจนถึงแบบแผนการตอบข้อกระทงที่มีความบกพร่องมาก

ผู้สอบ (i)	ข้อสอบ (j) เรียงตามความยาก						ระดับความบกพร่อง
	1	2	3	4	5	6	
1	1	1	1	0	0	0	ไม่บกพร่อง
2	1	1	0	1	0	0	น้อย
3	1	1	0	0	0	1	.
4	1	0	1	0	1	0	.
5	0	1	1	0	0	1	.
6	1	0	0	1	1	0	.
7	0	0	0	1	1	1	มาก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้สูตรที่ใช้หาค่าดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบแต่ละบุคคล ที่ไม่เกี่ยวข้องกับกลุ่มผู้สอบ
2. ข้อความรูที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบว่าดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถบ่งชี้ความบกพร่องในแบบแผนการตอบข้อกระทงของผู้สอบได้
3. ดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบสามารถใช้ร่วมกับคะแนนรวมของผู้สอบ ในการเปรียบเทียบความสามารถระหว่างบุคคล เช่นกรณีการตัดสินผลการเรียน การสอบคัดเลือกบุคคล เข้าทำงานเมื่อผู้สอบมีคะแนนรวมเท่ากันสามารถนำเอาค่าของดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้สอบเข้ามาช่วยในการพิจารณาการคัดเลือกบุคคลได้
4. ดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบสามารถใช้ในการจำแนกผู้สอบที่มีความบกพร่องออกมาเพื่อประโยชน์ในการจัดสอนซ่อมเสริม
5. เป็นแนวทางในการพัฒนาดัชนีชี้คุณภาพของผู้สอบในลักษณะอื่น ๆ
6. การพัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบเป็นการขยายฐานความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการศึกษา