153.94
ว111ก
ว3

การประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θและสูตร θ_k^*

ปริญญานิพนธ์
ของ
วรพร สกุลจิตรานนท์

28 ต.ค. 2541

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา
ตุลาคม 2541
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

109182

การประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

บทคัดย่อ

ของ

วรพร สกุลจิตรานนท์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา
ตุลาคม 2541

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาสูตรค่าความเชื่อมั่น สูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* ในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน โดยจุดมุ่งหมายในการศึกษาเพื่อ 1) หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจากสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 2) หาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจากสูตร 4 สูตร 3) หาค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจากสูตร 4 สูตร 4) เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจากสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดลพบุรี จาก 8 โรงเรียน จำนวน 600 คน โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น ใช้เป็นประชากรเทียม และสุ่มตัวอย่างจากประชากรเทียมแบบใส่คืน เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจากประชากรเทียมและกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม สูตร θ มีค่าต่ำสุด และสูตร Ω_w มีค่าสูงสุด

2. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความเชื่อมั่นจากประชากรเทียม และจากกลุ่มตัวอย่าง ทั้งแบบทดสอบฉบับย่อย และรวมฉบับ สูตร Ω_w มีค่าต่ำสุด และสูตร θ มีค่าสูงสุด

3. ค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นจากประชากรเทียม และจากกลุ่มตัวอย่าง ทั้งแบบทดสอบฉบับย่อย และรวมฉบับ สูตร θ มีค่าต่ำสุด และสูตร Ω_w มีค่าสูงสุด

4. การเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นและค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยที่คำนวณ ด้วยสูตร 4 สูตร จากประชากรเทียมและกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม พบว่าค่าความเชื่อมั่นของประชากรเทียมที่คำนวณด้วยสูตร θ มีค่าต่ำสุด และสูตร Ω_w มีค่าสูงสุด เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร UX_1 พบว่ากลุ่มตัวอย่างจากประชากรเทียมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล และแบบทดสอบรวมฉบับที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากนั้นนำมาทดสอบค่าความเชื่อมั่นรายคู่ด้วยสูตร UX_1 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ส่วนค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยที่คำนวณด้วยสูตร θ มีค่าต่ำสุด และสูตร Ω_w มีค่าสูงสุด เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ย โดยใช้สูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุทางเดียว พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อทดสอบค่าความแตกต่างรายคู่โดยใช้วิธีการของเชฟเฟ่ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

THE ESTIMATION OF THE RELIABILITY OF APTITUDE TEST THROUGH Ω FORMULA, Ω_w FORMULA, θ FORMULA AND θ_k^* FORMULA

AN ABSTRACT

BY

WORAPORN SAKULJITRANON

Presented in partial fulfillment of the requirement for the Master of Education degree in Educational Measurement at Srinakharinwirot University

October 1998

This research was to study the four different formulas used in the estimation of the reliability of aptitude test,ie. $\Omega_{.}$, $\Omega_{w.}$, θ and θ^{*}_{k} .The major purposes of this study were 1) To determine the reliability of aptitude test computed from the four formulas 2) to determine the standard error of estimation of the reliability of aptitude test, 3) to determine the statistical bias of the estimation of the reliability of aptitude test,and 4) to compare the reliability of aptitude test among the four formulas.

The sample consisted of Mathayom Suksa III 600 students of 8 schools under the Department of General Education in Lopburi Province in the second semester of the academic year 1997 and was selected by Stratifird Random Sampling method of the pseudopopulation and Sampling from the pseudopopulation by with replacement that was the small samples 40 students for 200 groups.

The finding were as follows:

1) The reliability of aptitude test at computed from the pseudopopulation : the θ formula had the lowest value while that computed by the Ω_{w} formula had highest value.

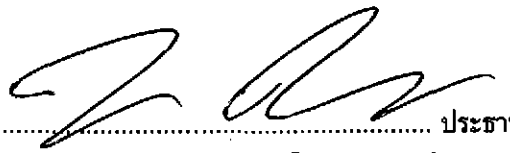
2) The standard error of the estimation of the reliability computed from the pseudopopulation : the Ω_{w} formula had the lowest value while that computed by the θ formula had the highest value.

3) The statistical bias of estimation of the reliability of aptitude test computed form the pseudopopulation : the θ formula had the lowest value while that computed by Ω_{w} formula had the highest value.

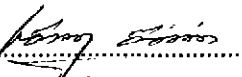
4) When comparing the reliability values and the mean values computed by the four formulas from the pseudopopulation and the small samples 40 students for 200 groups , it was found that the reliability of aptitude test computed by the θ formula had the lowest value while that computed by the Ω_{w} formula had the highest value. When computing the difference in the reliability values by using UX_1 method from the pseudopopulation, no significant different was found, but the was a significant difference in the Numerical Ability , the Machanical Reasoning and the Sum test at .05 level. When comparing of reliability value of each pair formula by the UX_1 method, the significant difference of each pair was found at .01 and .05 level. The mean of the reliability of aptitude test computed by the θ formula had the lowest value while that computed by the Ω_{w} formula had the highest value. When comparing the reliability value of each formula by the One Way Repeated MANOVA method, the significant different was found at .01 level. When comparing the reliability value of each pair formula computed by Scheffe' method, the significant difference was found at .05 level.

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม



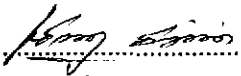
..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์)



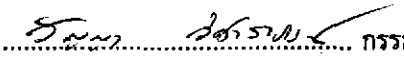
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชาวนา ชวลิตธำรง)

คณะกรรมการสอบ

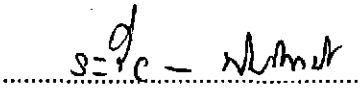
..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์)



..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชาวนา ชวลิตธำรง)

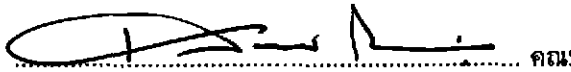


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์วัญญา วิศาลาภรณ์)



..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ระวีวรรณ พันธ์พานิช)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
วันที่ ..9.. เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2541

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ดร.บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์เชาวนา ชวลิตธำรง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ และผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์วัญญา วิศาลาภรณ์ และอาจารย์ระวีวรรณ พันธ์พานิช ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะ เพิ่มเติม ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ผ่องพรรณ เกิดพิทักษ์ ภาควิชาการแนะแนวและจิตวิทยาการศึกษาที่อนุเคราะห์แบบทดสอบความถนัดทางการเรียนจากต่างประเทศ ให้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางในการสร้างเครื่องมือการวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์พรรณพิศ วาณิชย์การ ภาควิชาการแนะแนวและจิตวิทยาการศึกษา ที่กรุณาตรวจ ปรับปรุงแก้ไข บทคัดย่อภาษาอังกฤษของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือ ขอบคุณผู้บริหารโรงเรียน คณาจารย์ทุกท่านของโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณคุณชัยยศ ประสมทอง ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอบคุณคุณมิ่ง-คุณฐิติกมล เทพครเมือง คุณวิศิษฏ์ พหลยุทธ และคุณลัดดา เสือสืบพันธุ์ ที่ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ ขอบคุณเพื่อน ๆ วิชาเอกการวัดวัดผลการศึกษา ภาคพิเศษ รุ่น 7 ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ น้องในครอบครัวทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนด้านการศึกษาด้วยดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา ครูอาจารย์ที่ได้การอบรมสั่งสอน ให้ผู้วิจัยมีความรู้ และประสบความสำเร็จในการศึกษา

วรพร สกุลจิตรานนท์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	3
	ความสำคัญในการศึกษาค้นคว้า	3
	ขอบเขตในการศึกษาค้นคว้า	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	ความหมายของความเชื่อมั่น	6
	วิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่น	7
	ทฤษฎีความเชื่อมั่น	10
	องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อค่าความเชื่อมั่น	12
	สูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_L^*	14
	ความถนัดทางการเรียน	23
	ทฤษฎีสมรรถภาพสมองและความถนัด	23
	แบบทดสอบ Differential Aptitude Test	25
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	31
	ประชากร	31
	กลุ่มตัวอย่าง	32
	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	32
	วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ	35
	วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	38
	การวิเคราะห์ข้อมูล	38
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	39
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	43
	สัญลักษณ์และอักษรย่อ	43
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	44
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	60
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	60

บทที่ หน้า

ประชากรเทียม..... 60
กลุ่มตัวอย่าง..... 60
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า..... 61
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 61
สรุปผลการวิจัย..... 62
อภิปรายผล..... 66
ข้อเสนอแนะ..... 67

บรรณานุกรม..... 68

ภาคผนวก..... 72

ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 134

บัญชีตาราง

ตาราง หน้า

1 น้ำหนักความสำคัญ และราก (Eigen Value) ขององค์ประกอบ 18
2 จำนวนประชากรเทียมจำแนกตามจำนวนห้องเรียนและจำนวนนักเรียน 31
3 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน 44
4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 45
5 ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตรΩ_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 46
6 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ 49
7 ค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ 50
8 เปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากประชากรเทียม 600 คน 51
9 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นรายคู่ของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 52
10 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลเชิงกลที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 53
11 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นรายคู่ของแบบทดสอบรวมฉบับที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 53
12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบที่คำนวณจากสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 54
13 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลทางภาษาที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 55
14 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 55
15 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรมที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 56
16 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 56
17 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลเชิงกลที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 57

ตาราง หน้า

18 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 57

19 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบสะกดคำที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 58

20 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบการใช้ภาษาที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 58

21 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบรวมฉบับที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* 59

22 สรุปสูตรในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับและรวมฉบับ..... 64

23 สรุปค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่น... 65

24 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน..... 73

25 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลทางภาษาที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม..... 80

26 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม..... 86

27 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรมที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม..... 92

28 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม..... 98

29 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลเชิงกลที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม..... 104

30 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม..... 110

31 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบสะกดคำที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม..... 116

32 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบการใช้ภาษาที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม..... 122

33 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบรวมฉบับที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม..... 128

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 แสดงลำดับขั้นในการสร้างเครื่องมือ..... 36
2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจาก
ประชากรเทียม 600 คน..... 47
3 ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจาก
กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม..... 48

1-14 23-25

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

แบบทดสอบเป็นเครื่องมือสำหรับวัดผลการศึกษาที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากแบบทดสอบมีส่วนช่วยในการพัฒนาคุณภาพของการศึกษาในระดับต่าง ๆ (อนันต์ ศรีโสภา. 2515 : 2) ดังนั้นจึงต้องพัฒนาแบบทดสอบให้มีคุณภาพสูง โดยพิจารณาจากสมบัติที่สำคัญของเครื่องมือวัดผลการศึกษาซึ่งได้แก่ ความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรง การสร้างแบบทดสอบจึงจำเป็นต้องทำการตรวจหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทุกครั้ง (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2527 : 49) ถ้าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นสูง แสดงว่าคะแนนที่ได้จากการสอบมีความเชื่อถือได้ใกล้เคียงกับคะแนนจริงของผู้สอบ แต่ถ้าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นต่ำแสดงว่าผลการสอบนั้นเชื่อถือไม่ได้ นั่นคือ มีความคลาดเคลื่อนของคะแนนอยู่มาก ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากความยาวของแบบทดสอบ ความยากของแบบทดสอบ ความเป็นปรนัยของแบบทดสอบ หรือสภาวะไม่ปกติในการสอบ เป็นต้น และในการสร้างแบบทดสอบที่ประกอบด้วย องค์ประกอบหลาย ๆ ด้าน ในฉบับเดียวกัน ถ้าพิจารณาโดยทั่ว ๆ ไปแล้ว อาจไม่มีปัญหาในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เพราะมีการนำเสนอสูตรการประมาณค่าความเชื่อมั่นให้เลือกใช้ไว้หลายสูตร อย่างไรก็ตามสูตรแต่ละสูตรต่างก็มีข้อตกลงเบื้องต้นที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ที่จะนำสูตรไปใช้จะต้องคำนึงถึงข้อตกลงที่แตกต่างกันของแต่ละสูตรก่อน มิฉะนั้นจะส่งผลให้การหาค่าความเชื่อมั่นเกิดความผิดพลาดจากความเป็นจริงได้

การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสูตรการประมาณค่าความเชื่อมั่น ได้มีการพัฒนาดำเนินการมาโดยลำดับ การประมาณค่าความเชื่อมั่นที่อาศัยพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง ได้แก่ การประมาณค่าความเชื่อมั่นของมาตรวัดตามแบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) และแบบจำลองมาตรวัดองค์ประกอบ (Factor Scaling Model) การประมาณค่าความเชื่อมั่นตามแบบจำลองสมการโครงสร้างต้องอาศัยการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญรายข้อ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) ส่วนแบบจำลองมาตรวัดองค์ประกอบ ต้องอาศัยการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบ หรือที่เรียกว่าค่าไอเกน (Eigen Value) และค่าสหสัมพันธ์ก่อนการหมุนแกนจากการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component)

การวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด เป็นการสกัดองค์ประกอบวิธีหนึ่งที่ขจัดปัญหาการประมาณค่าความร่วมกัน (Communality) ซึ่งมักจะให้คำตอบตัวประกอบต่างกัน ซึ่งเป็นวิธีที่มีการคำนวณทวนซ้ำ สหสัมพันธ์ของตัวแปรจะถูกถ่วงน้ำหนักด้วยอินเวอร์สขององค์ประกอบเฉพาะส่วนตัวแปร มีเกณฑ์ที่ใช้ในการหยุดการคำนวณทวนซ้ำซึ่งแตกต่างกันสามแบบ คือวิธีหาองค์ประกอบคาโนนิคอล (Canonical Factoring) วิธีดีเทอร์มิแนนท์ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์เศษเหลือมีค่าสูงสุด (Maximum residual Correlation matrix) และวิธีการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่นิยมใช้มาก นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2538 : 122) กล่าวว่าวิธีนี้มุ่งที่จะสกัดตัวประกอบโดยใช้หลักการวิเคราะห์คือตัวแปรสังเกตจะถูกเปลี่ยนรูปให้เป็นตัวแปรส่วนประกอบซึ่งเขียนในรูปผลบวกเชิงเส้นของตัวแปรสังเกตทั้งหมด โดยที่ตัวแปรส่วนประกอบตัวแรกต้องอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรสังเกตได้มากที่สุด จากนั้นจะสร้างตัวแปรส่วนประกอบตัวที่สองที่ไม่สัมพันธ์กับตัวแรกให้อธิบายความแปรปรวนของตัวแปรสังเกตที่เหลืออยู่ให้มากที่สุดเรื่อย ๆ ไป และจะได้ตัวแปรส่วนประกอบชุดหนึ่งที่ไม่สัมพันธ์กันเนื่องจากการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุดกับวิธีการ

วิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ มีข้อแตกต่างกันที่เกณฑ์ในการตัดสินหยุดการคำนวณซ้ำซึ่งวิธีการหาส่วนประกอบสำคัญใช้เกณฑ์ว่าจะคำนวณซ้ำจนกว่าค่าประมาณของการร่วมกัน (Communality) ไม่เปลี่ยนแปลงการสกัดองค์ประกอบทั้งสองวิธีนี้ จะได้เมตริกซ์องค์ประกอบซึ่งเป็นค่าน้ำหนักองค์ประกอบแต่ละตัวแปรซึ่งมีค่าแตกต่างกัน

นักทฤษฎีทดสอบที่นำค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาใช้ประมาณค่าความเชื่อมั่น กลุ่มแรกคือ ไฮส์และบอร์นสเตดท์ (Heise and Bohrnstedt. 1970) ได้เสนอสูตรประมาณค่าความเชื่อมั่นตามแบบจำลองสมการโครงสร้าง โดยอาศัยการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธีดความน่าจะเป็นสูงสุดที่ใช้ค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน คือ สูตร Ω (Omaga) ต่อมามีนักทฤษฎีทดสอบพบว่าในกรณีที่ค่าน้ำหนักความสำคัญไม่เท่ากัน จะส่งผลกระทบต่อการประมาณค่าความเชื่อมั่นและความคลาดเคลื่อนในการวัด อัลเลน (Allen. 1974) จึงได้เสนอสูตร Ω_w สำหรับประมาณค่าความเชื่อมั่นที่กำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญไม่เท่ากัน และจากการศึกษาของเบคอนและคนอื่น ๆ (Bacon and others. 1995 : 394 - 407) พบว่าการประมาณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตร Ω ที่มีข้อตกลงว่าน้ำหนักความสำคัญมีค่าเท่ากัน และสูตร Ω_w ที่มีข้อตกลงว่าน้ำหนักความสำคัญมีค่าไม่เท่ากัน ให้ค่าประมาณความเชื่อมั่นที่ดี และสูตร Ω_w ให้ค่าประมาณความเชื่อมั่นที่ดีที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีข้อคำถามจำนวนน้อย และค่าพิสัยของค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่มีช่วงกว้าง

กลุ่มที่สองคือ อาร์มอร์ (Armor.1974) ได้เสนอสูตรการประมาณค่าความเชื่อมั่นตามแบบจำลองมาตรวัดองค์ประกอบจากการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธีส่วนประกอบสำคัญสองสูตร คือสูตร θ (Theta) และสูตร θ_k^* และเชื่อว่าเป็นวิธีการประมาณค่าที่เหมาะสม (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2540 : 2) ซึ่งการประมาณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตร θ มีข้อตกลงว่าแบบทดสอบวัดองค์ประกอบเดียว (Single Factor) กล่าวคือ องค์ประกอบที่ 1 และ λ_1 มีความเพียงพอในการกำหนดลักษณะเฉพาะ (Specification) ตัวมาตรวัดและความเชื่อมั่นได้อย่างสมบูรณ์ และสูตร θ_k^* ของอาร์มอร์ (Armor. 1974) ซึ่งมีข้อตกลงว่า แบบทดสอบวัดหลายองค์ประกอบ (Multiple Factor) ที่ได้จากการหมุนแกนของ M องค์ประกอบ และค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบยังคงมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบหลังหมุนแกนแล้วยกกำลังสอง และมีข้อตกลงเบื้องต้นร่วมกันว่าข้อคำถามของแบบทดสอบต้องวัดมิติเดียวกัน (Unidimension)

ที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* ได้มีการศึกษาเฉพาะสูตรและเฉพาะกลุ่มแบบจำลอง ประกอบกับสูตรเหล่านี้ต้องอาศัยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบที่แตกต่างกัน ซึ่งยังไม่สามารถสรุปได้ว่าสูตรใดประมาณค่าความเชื่อมั่นได้ดีกว่ากัน ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบสูตรดังกล่าวโดยเลือกใช้ แบบทดสอบ Differential Aptitude Test (DAT) ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนเป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า ทั้งนี้เพราะแบบทดสอบ DAT เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยแบบทดสอบฉบับย่อย ๆ วัดความถนัดพหุคูณ (Multiple Aptitude Battery) ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 8 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบเหตุผลทางภาษา (Verbal Reasoning) แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข (Numerical Ability) แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม (Abstract Reasoning) แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ (Clerical Speed and Accuracy) แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล (Machanical Reasoning) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ (Space Relation) แบบทดสอบสะกดคำ (Spelling) และแบบทดสอบการใช้ภาษา (Language Usage) ซึ่งจะเอื้ออำนวยต่อการวิเคราะห์องค์ประกอบ และนำค่าน้ำหนักองค์ประกอบไปใช้ในการคำนวณค่าความเชื่อมั่น

ด้วยเหตุดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาสูตรในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนสี่สูตร คือสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* เพื่อศึกษาว่าสูตรใดมีความเหมาะสม

กับแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน โดยจะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความเชื่อมั่น และค่าความลำเอียงทางสถิติของการประมาณค่าความเชื่อมั่น ว่าสูตรใดจะมีความเหมาะสมในการประมาณค่าความเชื่อมั่นจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก นอกจากนี้ผู้วิจัยยังสนใจที่จะศึกษาว่าสูตรดังกล่าวข้างต้นจะประมาณค่าความเชื่อมั่นได้ใกล้เคียงกันมากน้อยเพียงใด

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาครั้งนี้มีจุดหมายสำคัญ เพื่อศึกษาว่าสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* สูตรใดประมาณค่าความเชื่อมั่นได้เหมาะสมที่สุด และให้ค่าความเชื่อมั่นใกล้เคียงกันหรือไม่ จำแนกเป็นจุดมุ่งหมายเฉพาะดังนี้

1. เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจากสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*
2. เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจากสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*
3. เพื่อหาค่าความลำเอียงทางสถิติของการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจากสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*
4. เพื่อเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนของสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนว่าจะมีสูตรใดที่เหมาะสมในการประมาณค่าความเชื่อมั่นมากที่สุด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักวัดผลนักวิจัยทางการศึกษาและบุคคลทั่วไปในการพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้สูตรได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์เชิงวิชาการต่อการพัฒนาการใช้สูตรประมาณค่าความเชื่อมั่นได้อย่างมีเหตุผล

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2540 สังกัดกองการมัธยมศึกษา กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในจังหวัดลพบุรี จำนวน 25 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 6,060 คน

2. ประชากรเทียม (Pseudopopulation)

ประชากรเทียมที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดลพบุรี ที่สุ่มจากประชากร ด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยมีขนาดโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) จำนวน 8 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 600 คน

3. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดลพบุรี โดยสุ่มแบบใส่คืน จากประชากรเทียมกลุ่มละ 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ในการศึกษาครั้งนี้ ตัวแปรอิสระได้แก่ สูตรการประมาณค่าความเชื่อมั่น จำแนกเป็น 4 สูตร คือ

1.1 สูตร Ω (Heise and Bohrnstedt. 1970)

1.2 สูตร Ω_w (Allen. 1974)

1.3 สูตร θ (Armor. 1974)

1.4 สูตร θ_k^* (Armor. 1974)

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความถนัดทางการเรียน หมายถึง ความสามารถที่บุคคลได้ประสบการณ์ฝึกฝนของตนเอง และมีการสั่งสมไว้มาก จนเกิดเป็นทักษะพิเศษเด่นชัดด้านใดด้านหนึ่งพร้อมที่จะปฏิบัติกิจกรรมด้านนั้นได้อย่างดี

2. แบบทดสอบ Differential Aptitude Test ประกอบด้วยความถนัดด้านต่าง ๆ 8 ด้าน ดังนี้

2.1 แบบทดสอบเหตุผลทางภาษา หมายถึง แบบทดสอบวัดความสามารถที่วัดเหตุผลทางภาษามากกว่าความเข้าใจทางภาษา โดยมีลักษณะเป็นอุปมาอุปไมยทางภาษา (Verbal Analogy) ให้หาคำตอบมาคู่หนึ่งจากคำถามที่กำหนด จากตัวเลือก 5 ตัวเลือก

2.2 แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข หมายถึงแบบทดสอบวัดความสามารถด้านตัวเลข เป็นการคำนวณทางเลขคณิตอย่างง่ายส่วนมากจะเป็นปัญหาเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ การหาร รากที่สอง และเศษส่วน จากตัวเลือก 5 ตัวเลือก

2.3 แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม หมายถึง แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลการคิดแบบนามธรรม โดยใช้อนุกรมของภาพ ในแต่ละข้อจะมีภาพรูปเรขาคณิตเปลี่ยนแปรรูปเป็นอนุกรมอยู่ทางซ้ายมือ จากตัวเลือก 5 ตัวเลือก

2.4 แบบทดสอบความเร็ว และความแม่นยำ หมายถึงแบบทดสอบวัดความรวดเร็วในการรับรู้วัดความคล้าย ความเหมือน ด้วยความเร็วและความแม่นยำ เป็นการวัดความเร็วในการสังเกต รู้ตำแหน่งที่แน่นอนและรวดเร็ว จากตัวเลือก 5 ตัวเลือก

2.5 แบบทดสอบด้านเหตุผลเชิงกล หมายถึง แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลและเน้นหนักไปทางวิทยาศาสตร์ เป็นรูปภาพเกี่ยวกับกลศาสตร์ทั้งหมด แต่เป็นภาพที่อาศัยหลักการอ่านง่าย ๆ จากตัวเลือก 3 ตัวเลือก

2.6 แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ หมายถึง แบบทดสอบวัดความสามารถในการพิจารณาความเกี่ยวเนื่องของมิติต่าง ๆ ทั้งมิติความกว้าง ยาว และหนา ตลอดจนพิจารณาการประกอบภาพได้อย่างถูกต้องโดยใช้จินตนาการ จากตัวเลือก 5 ตัวเลือก

2.7 แบบทดสอบสะกดคำ หมายถึง แบบทดสอบวัดความสามารถด้านสะกดคำได้ถูกจากการกำหนดคำศัพท์มาให้ แล้วให้พิจารณาว่าสะกดคำผิด หรือถูก จากตัวเลือก 2 ตัวเลือก

2.8 แบบทดสอบการใช้ภาษา หมายถึง แบบทดสอบวัดความสามารถการใช้ภาษา ด้านไวยากรณ์ เครื่องหมายวรรคตอน แล้วให้พิจารณาจากประโยคที่กำหนดให้ แบ่งเป็นหลายตอน จากตัวเลือก 5 ตัวเลือก

3. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความเชื่อมั่น หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มทั้งหมด 200 กลุ่ม

4. ความลำเอียงทางสถิติของการประมาณค่าความเชื่อมั่น หมายถึง ผลต่างระหว่างความเชื่อมั่นเฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่าง 200 กลุ่ม กับความเชื่อมั่นที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นประชากรเทียม 600 คน

5. ความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ หมายถึง อัตราส่วนของความแปรปรวนคะแนนจริงต่อความแปรปรวนคะแนนที่สอบได้

6. สูตร Ω หมายถึง สูตรที่ใช้ในการประมาณค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบที่คำนวณมาจากค่าน้ำหนักความสำคัญรายข้อที่วิเคราะห์จากวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) มี 2 สูตร คือ

6.1 สูตร Ω ของ ไฮส์ และ บอร์นสเตดท์ (Heise and Bohrnstedt.1970) ซึ่งมีข้อตกลงว่าน้ำหนักความสำคัญมีค่าเท่ากัน

6.2 สูตร Ω_w ของ อัลเลน (Allen .1974) ซึ่งมีข้อตกลงว่าค่าน้ำหนักความสำคัญมีค่าไม่เท่ากัน

7. สูตร θ หมายถึง สูตรที่ใช้ในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่คำนวณจากคะแนนรวมของมาตรวัดองค์ประกอบ ที่วิเคราะห์แบบส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component) มี 2 สูตร คือ

7.1 สูตร θ ของ อาร์มอร์ (Armor. 1974) ซึ่งมีข้อตกลงว่าแบบทดสอบวัดองค์ประกอบเดียว

7.2 สูตร θ_k^* ของ อาร์มอร์ (Armor. 1974) ซึ่งมีข้อตกลงว่าแบบทดสอบวัดหลายองค์ประกอบ

8. ประชากรเทียม (Pseudopopulation) หมายถึง กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ที่ใช้เป็นตัวกำหนดกรอบสำหรับการสุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก โดยวิธีการสุ่มแบบใส่คืน ซึ่งจะทำให้ได้สมาชิกจำนวนมาก

9. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง อาจารย์ผู้สอนวิชาการวัดผลการศึกษา หรือผู้ที่มีวุฒิปริญญาโททางการวัดผลการศึกษาขึ้นไป จำนวน 5 คน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. ความเชื่อมั่น
   - ความหมายของความเชื่อมั่น
   - วิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่น
   - ทฤษฎีความเชื่อมั่น
   - องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อค่าความเชื่อมั่น
   - สูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*
2. ความถนัดทางการเรียน
   - ความหมายของความถนัดทางการเรียน
   - ทฤษฎีสมรรถภาพสมองและความถนัด
   - แบบทดสอบ Differential Aptitude Test
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - งานวิจัยต่างประเทศ
   - งานวิจัยในประเทศ

1. ความเชื่อมั่น

ความหมายของความเชื่อมั่น

นักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้นิยามหรือให้ความหมายของความเชื่อมั่นไว้ต่าง ๆ กัน ดังนี้

กรอนลันด์ (Gronlund. 1976 :105) กล่าวว่า เป็นความคงที่ของคะแนนในการทดสอบหรือความคงที่จากการประเมินจากการวัดครั้งแรกและครั้งอื่น ๆ

อนาสตาซี (Anastasi. 1968 : 105) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นเป็นความคงที่ของคะแนนที่ได้รับจากการสอบกับบุคคลคนเดียวกัน แต่ต่างเวลาต่างโอกาสกัน

นันนอลลี (Nunnally. 1964 : 59) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นเป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากการสอบ

ลินด์วอลล์ และนิดโค (Lindvall and Nitko. 1967 : 126) ได้กล่าวว่า เป็นค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการสอบสองครั้ง โดยใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกัน และสอบในเวลาต่างกัน

ลอร์ดและโนวิด (Lord and Novick. 1968 : 46) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นเป็นความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบซ้ำและคะแนนที่ได้จากตอบแบบทดสอบทั้งสองครั้งเป็นอิสระไม่ขึ้นกับความคลาดเคลื่อนของการวัดใด ๆ

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2527 : 269) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นหมายถึง ความคงที่แน่นอนของคะแนนซึ่งได้จากการวัดนักเรียนกลุ่มเดียวกันด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง หรือด้วยแบบทดสอบสองฉบับที่มีลักษณะเหมือนกัน หรือภายใต้เงื่อนไขของตัวแปรอื่น ๆ ในการวัดนั้น

สำเริง บุญเรืองรัตน์ (2529 : 35) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่สามารถให้คะแนนได้คงที่ กล่าวคือถ้านำแบบทดสอบวัดกับนักเรียนคนเดิม คะแนนจากการสอบวัดทั้งสองครั้งควรจะสัมพันธ์กันดี ควรได้คะแนนคงที่เหมือนเดิม

สวัสดิ์ ประทุมราช (2531 : 72) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นหมายถึง ผลการวัดซ้ำที่มีความคงเส้นคงวา ไม่ว่าจะวัดซ้ำกี่ครั้ง หรือสอบด้วยแบบทดสอบที่คู่ขนานกัน ผลการวัดไม่ควรจะแตกต่างกันโดยเฉพาะลำดับที่ของผู้เรียนไม่ควรแตกต่างกันมากนัก

จากความหมายของความเชื่อมั่นที่ได้กล่าวข้างต้นนั้น สามารถสรุปได้ว่า ความเชื่อมั่นเป็นความคงที่ของคะแนนในการสอบทุกครั้ง จากผู้สอบกลุ่มเดียวกันด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกัน หรือแบบทดสอบที่คู่ขนานกันหลาย ๆ ครั้ง

วิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่น

เฟอร์กูสัน (Ferguson. 1966 : 365 - 366) และ สแตนเลย์และฮอปกินส์ (Standley and Hopkins. 1972 : 122 - 127) ได้กล่าวในลักษณะเดียวกันว่ามีวิธีการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 4 วิธี ดังนี้

1. วิธีสอบซ้ำ (Test Retest Method) หรือบางครั้งเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของความคงที่ (Coefficient of Stability) เป็นการนำแบบทดสอบฉบับเดียว ไปทำการทดสอบกับบุคคลเดียวกันซ้ำสองครั้ง ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันพอสมควร คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้งสองครั้งมีสหสัมพันธ์กัน ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

2. วิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนาน (Parallel Forms Method) เป็นการนำแบบทดสอบที่มีลักษณะคู่ขนานกันหรือเท่าเทียมกัน โดยมีเนื้อหา ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนเท่ากันไปทดสอบในเวลาเดียวกัน หรือเวลาที่แตกต่างกัน คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้งสองฉบับมีสหสัมพันธ์ ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

3. วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split - Half Method) เป็นการนำแบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบกับบุคคลกลุ่มเดียว แล้วแบ่งครึ่งแบบทดสอบเป็นชุดของคะแนนข้อคู่ และชุดคะแนนข้อคี่แล้วนำคะแนนที่ได้จากการแบ่งครึ่งแบบทดสอบไปหาสหสัมพันธ์กัน จากนั้นปรับขยายด้วยสูตรของสเปียร์แมน - บราวน์ เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

4. วิธีวัดความคงที่ภายในของแบบทดสอบ (Internal-Consistency Method) เป็นการนำแบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบกับบุคคลกลุ่มเดียว และนำไปหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยวิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson)

อนัสตาซี่ (Anastasi. 1968 : 105 - 133) กล่าวว่า การประมาณค่าความเชื่อมั่น มี 4 แบบ คือ

1. สัมประสิทธิ์ของความคงที่เป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบซ้ำในเวลาที่ต่างกัน ได้คะแนนสองชุดนำคะแนนสองชุดไปหาค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีอย่างง่าย (Product Moment Correlation) ซึ่งค่าสัมพันธ์ที่ได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

2. สัมประสิทธิ์ของความเท่าเทียมกัน เป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบสองฉบับที่มีลักษณะเป็นคู่ขนานกัน คือ มีเนื้อหา ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของคะแนนจากแบบทดสอบเท่ากัน ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มหนึ่งในเวลาเดียวกันและนำคะแนนจากแบบทดสอบทั้งสองฉบับ มาหาค่าสหสัมพันธ์ ค่าที่ได้เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

3. สัมประสิทธิ์ของความคงที่และความเท่าเทียมกัน เป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบสองฉบับที่มีลักษณะเป็นคู่ขนานกันคือ มีเนื้อหา ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของคะแนนจากแบบทดสอบเท่ากัน ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกัน ในเวลาที่ต่างกัน โดยเว้นช่วงเวลาระหว่างการทำแบบทดสอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 พอสมควร จากนั้นนำคะแนนจากแบบทดสอบทั้งสองมาหาค่าสหสัมพันธ์ ค่าที่ได้เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

4.สัมประสิทธิ์ของความคงที่ภายในเป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบฉบับเดียวไปสอบกับนักเรียนกลุ่มหนึ่งเพียงครั้งเดียวและแบ่งครึ่งซึ่งนิยมแบ่งข้อคี่และข้อคู่ นำคะแนนจากการแบ่งครึ่งแบบทดสอบทั้งสองชุดมาหาค่าสหสัมพันธ์ แล้วปรับขยายเป็นความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรปรับขยายของสเปียร์แมน-บราวน์

เมห์เรนส์และเลห์แมนน์ (Mehrens and Lehmann. 1984 : 271 - 272) ได้กล่าวถึง การประมาณค่าความเชื่อมั่นว่ามีวิธีการ ดังนี้

1. วิธีสอบซ้ำ (Measures of Stability)

2. วิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนาน (Measures of Equivalence)

3. วิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนานและสอบซ้ำ (Measures of Equivalence and Stability)

4. วิธีวัดความคงที่ภายใน (Measures of Internal - Consistency)

4.1 วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (Split - Half)

4.2 วิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson Estimates)

4.3 วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient Alpha)

4.4 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์ (Hoyt's Analysis of Variance Produce)

5. ความเชื่อมั่นของผู้ให้คะแนน (Score Judge Reliability)

ต่าย เชี่ยงฉี (2526 : 47 - 82) ได้กล่าวถึงแนวคิดในการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ และข้อจำกัดสรุปได้ดังนี้

1. แนวคิดการหาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แบบเพียร์สันโปรดัคท์โมเมนต์ (Pearson Product Moment) คือ การใช้ข้อสอบคู่ขนานหรือการสอบซ้ำก็จะได้คะแนนมาสองชุด แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ การหาความเชื่อมั่นโดยอาศัยแนวคิดนี้มีวิธีหาหลายวิธี ดังนี้

1.1 การใช้ข้อสอบคู่ขนาน (Parallel Form Method) การหาความเชื่อมั่นโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับข้อสอบประเภท Speed Test คือข้อสอบที่ง่าย ๆ มีจำนวนข้อมาก ๆ แต่ให้เวลาจำกัด ข้อจำกัดของการหาความเชื่อมั่นแบบใช้ข้อสอบคู่ขนานนี้คือ สร้างแบบทดสอบคู่ขนานได้ยากเนื่องจากต้องสร้างข้อสอบให้มีความยากง่ายเท่ากัน อำนาจจำแนกเท่ากัน จำนวนข้อเท่ากัน วัดเนื้อหาเดียวกัน วัดในพฤติกรรมเดียวกัน การวัดคุณลักษณะ (Trait) ที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายไม่ควรหาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีนี้ เพราะจะทำให้ค่าความเชื่อมั่นต่ำกว่าความเป็นจริง และถ้าเป็นข้อสอบหรืองานประเภทที่เมื่อนักเรียนสอบหรือทำแล้ว จะส่งผลให้เกิดทักษะในการทำข้อสอบหรือทำงาน ก็ไม่เหมาะที่จะหาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีนี้

1.2 การใช้แบบทดสอบฉบับเดียวสอบซ้ำ (Test Retest Method) มีข้อจำกัดคือ ถ้าเว้นระยะเวลาสั้นเกินไปนักเรียนอาจจำคำตอบจากการสอบครั้งแรกได้ หรือถ้าเว้นช่วงเวลานานเกินไปนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้น ความแตกต่างของคะแนนที่ได้จากการสอบทั้งสองครั้ง จึงไม่ใช่ความคลาดเคลื่อนจากตัวข้อสอบแต่เกิดจากตัวเด็กเอง

1.3 การใช้แบบทดสอบฉบับที่จะหาค่าความเชื่อมั่นกับนักเรียนครั้งเดียว แล้วนำมาแบ่งครึ่งข้อสอบ (Split - Half Method) สำหรับการแบ่งครึ่งข้อสอบนั้น อาจจะแบ่งเป็นคะแนนข้อคู่ - ข้อคี่ คะแนน

ข้อสอบครึ่งฉบับแรก - ครึ่งฉบับหลัง หรือแบ่งโดยการสุ่ม เป็นต้น ความเชื่อมั่นที่หาได้ในครั้งแรกนี้จะเป็นความเชื่อมั่นของข้อสอบครึ่งฉบับ ต้องนำมาหาความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของ สเปียร์แมน-บราวน์ (Spearman - Brown. 1910) แต่ในกรณีที่แบ่งข้อสอบออกเป็นสองส่วน แล้วมีจำนวนข้อไม่เท่ากัน (หรือเท่ากันก็ได้) ก็ใช้สูตรของฮอลส์ (Horse. 1936) หรือสูตรของกัตต์แมน (Guttman.1945) สำหรับการหาความเชื่อมั่นของข้อสอบโดยการแบ่งครึ่งข้อสอบมีข้อจำกัด คือ ข้อสอบที่แบ่งเป็นสองส่วนนั้นต้องคู่ขนานกัน

2. แนวคิดการหาความเชื่อมั่นของข้อสอบจากสัดส่วน ระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากการสอบ (s_T^2/s_X^2) การหาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบโดยอาศัยแนวคิดนี้ ใช้ข้อสอบที่จะหาความเชื่อมั่นไปสอบเพียงครั้งเดียว แล้วอาศัยหลักการวัดความคงที่ภายในของแบบทดสอบ (Internal Consistency) สูตรการหาความเชื่อมั่นของข้อสอบตามแนวคิดนี้มีหลายสูตร ดังนี้

2.1 ใช้สูตรของ คูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) ซึ่งคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson. 1937) ได้เสนอสูตรไว้ 2 สูตร คือ KR - 20 และ KR - 21 การใช้สูตร KR - 20 นั้น ข้อสอบจะต้องเป็นแบบ 0-1 และเนื้อหาของข้อสอบแต่ละข้อภายในฉบับจะต้องเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) หรือวัดในองค์ประกอบเดียวกัน ส่วนสูตร KR - 21 นั้น มีข้อจำกัดเช่นเดียวกับสูตร KR - 20 นอกจากนั้นข้อสอบแต่ละข้อจะต้องมีความยากง่ายเท่ากันอีกด้วย

2.2 การใช้สูตรหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบแอลฟา (The Coefficient of Alpha หรือ α) ซึ่งครอนบัค (Cronbach.1951) ได้ปรับปรุงจากสูตร KR - 20 เพื่อให้ใช้ได้ทั้งแบบทดสอบแบบ 0 - 1 หรือเครื่องมือชนิดอื่นอาจเป็นข้อสอบอัตนัย หรือเครื่องมือวัดทัศนคติที่มีคะแนนเต็มแต่ละข้อไม่เท่ากัน การใช้สูตร Alpha มีข้อจำกัดคือ ข้อสอบภายในฉบับจะต้องวัดในองค์ประกอบเดียวกัน หรือมีความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous)

2.3 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์ (Hoyt's Analysis of Variance) ซึ่งฮอยท์ (Hoyt. 1941) ได้ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Two - Way Factorial Design for Analysis of Variance Without Replication) ซึ่งสูตรนี้ใช้ได้ทั้งข้อสอบประเภท 0 - 1 หรือเป็นข้อสอบแบบอัตนัย หรือการวัดทัศนคติที่มีคะแนนเต็มแต่ละข้อไม่เท่ากัน

นอกจากนี้ ล้วน สายยศ (2519 :78-79) กล่าวว่าการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบใดต้องดูข้อตกลงเบื้องต้นของแต่ละวิธีเสียก่อนพร้อมทั้งกล่าวถึงข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแต่ละวิธี ดังนี้

1. การหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแบบสอบซ้ำ มีข้อตกลงว่า พฤติกรรมที่วัดจะต้องคงที่ นั่นคือในช่วงเวลาที่เว้นก่อนการสอบซ้ำไม่มีผลทำให้พฤติกรรมเปลี่ยนแปลง ดังนั้นแบบทดสอบที่ใช้วัดพฤติกรรมบางอย่างที่เปลี่ยนแปลงเร็ว เช่น ทัศนคติ ความสนใจ ไม่ควรใช้วิธีนี้

2. การหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น โดยใช้แบบทดสอบคู่ขนานแบบนี้จำเป็นต้องสร้างแบบทดสอบให้คู่ขนานกันแบบทดสอบทั้งสองฉบับที่คู่ขนานกันนี้ มีเนื้อหาเหมือนกัน คะแนนเฉลี่ยเท่ากันความแปรปรวนและความยากง่ายของแบบทดสอบเท่ากัน แต่การสร้างเครื่องมือให้มีคุณสมบัติคู่ขนานกันไม่ใช่ของง่าย ต้องมีเวลาและมีงบประมาณเพียงพอ

3. การหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแบบแบ่งครึ่งแบบทดสอบ มีข้อตกลงว่าเมื่อแบ่งครึ่งแบบทดสอบแล้ว แบบทดสอบทั้งสองฉบับนั้น จะต้องมีคุณสมบัติเหมือนแบบทดสอบคู่ขนานทุกประการแต่โดยทั่วไปมักจะแบ่งแบบทดสอบเป็นข้อคู่ข้อคี่

4. การหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน มีข้อตกลงว่า คะแนนที่ให้แต่ละข้อเป็นลักษณะ 0 - 1 และถ้าใช้สูตร KR - 21 ความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อในแบบทดสอบต้องเท่ากัน

อัลเลนและเยน (Allen and Yen. 1979 : 88) ได้กล่าวว่า วิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่นที่แตกต่างกันจะให้ความเชื่อมั่นที่ต่างกันด้วยการพิจารณาค่าความเชื่อมั่นสำหรับแบบทดสอบที่อาศัยความเร็วนั้น ควรใช้แบบสอบซ้ำหรือแบบทดสอบคู่ขนาน ส่วนการใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (α) และวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสันให้ผลการประมาณค่าความเชื่อมั่นที่ต่ำ และใช้กับแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) เท่านั้น เพราะว่าสูตรเหล่านี้มีพื้นฐานมาจากความเป็นเอกพันธ์ของข้อสอบ ถ้าเป็นข้อสอบที่วัดคุณลักษณะที่แตกต่างกัน การหาความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา และคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน จะไม่เหมาะสมเพราะได้ค่าต่ำกว่า

ทฤษฎีความเชื่อมั่น

ทฤษฎีความเชื่อมั่นสามารถอธิบายได้โดยเริ่มต้นจากคะแนนที่สังเกตได้ (Observed Score) สำหรับคะแนนที่สังเกตได้นี้จะประกอบด้วย คะแนนจริง (Ture Score) และคะแนนความคลาดเคลื่อน (Error Score) ดังสมการ

$$X = T + E$$

เมื่อ X แทน คะแนนที่สังเกตได้

T แทน คะแนนจริง

E แทน คะแนนความคลาดเคลื่อน

คะแนนจริง (True Score) หมายถึง คะแนนที่ผู้สอบได้รับจากการวัดด้วยเครื่องมือที่มีคุณภาพสูงปราศจากความคลาดเคลื่อน หรือหมายถึง คะแนนเฉลี่ยของผู้สอบซึ่งได้จากการทำแบบทดสอบฉบับเดิมหลายๆ ครั้ง โดยมีข้อตกลงว่าจะต้องไม่มีอิทธิพลจากการฝึกฝน ความเมื่อยล้าและการเรียนรู้ในการทดสอบซ้ำ

คะแนนความคลาดเคลื่อน (Error Score) หมายถึงค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการวัด ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในลักษณะสุ่ม (Random Error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญกับความคลาดเคลื่อนอย่างมีระบบ (Systematic Error) สำหรับความคลาดเคลื่อนประเภทหลัง จะไม่มีผลกระทบต่อความเชื่อมั่น ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นโดยการสุ่มอาจเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ

ทฤษฎีการทดสอบแบบมาตรฐานเดิม (Classical Test Theory) เน้นความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงของการวัด ซึ่งหัวใจสำคัญของความเชื่อมั่นตามทฤษฎีการทดสอบแบบมาตรฐานเดิม คือ มโนมติ (Concept) ของการวัดที่คู่ขนานกันตามแนวของครอนบัคและคนอื่น ๆ (Cronbach and others. 1963 : 137) ซึ่งเป็นแนวทางพัฒนาวิธีประมาณค่าความเชื่อมั่นของการวัดทางจิตวิทยาอย่างแพร่หลาย การประมาณค่าความเชื่อมั่นของการวัดต้องอาศัย การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการวัดซ้ำหลายๆ ครั้ง อาจจะเป็นการสอบซ้ำด้วยแบบทดสอบฟอร์มเดียวกันหรือสองฟอร์มที่คู่ขนานกัน หรือวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนสอบภายในฉบับเดียวกัน จากแต่ละส่วนที่สามารถเปรียบเทียบ (Comparable Parts) (Kristof. 1974 : 491)

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2537 : 1 - 3) ได้จำแนกการประมาณค่าความเชื่อมั่นจากการวัดตามวิธีการคำนวณได้เป็นสามแนวทาง สำหรับสองแนวทางแรก เป็นการประมาณค่าความเชื่อมั่นจากการวัดซ้ำ ถ้าสอบซ้ำด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกัน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากแบบทดสอบทั้งสองครั้งเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของความคงที่ (Coefficient of Stability) ถ้าสอบซ้ำด้วยแบบทดสอบที่คู่ขนานสองฟอร์ม (Parallel Test Forms) หรือแบบสลับฟอร์ม (Alternate Forms) ซึ่งอาจสอบติดต่อกันทันที หรือสอบทิ้งช่วงเวลา สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากแบบทดสอบทั้งสองฟอร์มเรียกว่า สัมประสิทธิ์ของความสมมูล

(Coefficient of Equivalent) การประมาณค่าความเชื่อมั่นจากการสอบทิ้งช่วงเวลา ด้วยฟอร์มที่คู่ขนานเป็นวิธีที่ให้ค่าประมาณที่ดีที่สุด เพราะสัมประสิทธิ์ชนิดนี้สามารถละท้อนถึง ผลกระทบจากแหล่งความคลาดเคลื่อนในการวัดหมดทุกแหล่ง อย่างไรก็ตามแนวทางทั้งสองดังกล่าวต้องทำการสอบอย่างน้อยสองครั้งหรือต้องใช้แบบทดสอบอย่างน้อยสองฟอร์ม โดยเฉพาะแนวทางที่สองมักจะไม่สามารถสร้างแบบทดสอบสองฟอร์ม ให้ค่าขนานกันอย่างแท้จริงได้ จึงไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ สำหรับแนวทางสุดท้ายเป็นวิธีที่หลีกเลี่ยงการสอบซ้ำโดยอาศัยคะแนนของแบบทดสอบเพียงฉบับเดียวจากการสอบเพียงครั้งเดียวแล้วคำนวณสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องภายในแบบทดสอบ (Coefficient of Internal Consistency)

การประมาณค่าความสอดคล้องภายใน ได้รับความสนใจจากนักทฤษฎีการวัดมานานกว่า 80 ปีแล้ว นับตั้งแต่ สเปียร์แมน (Spearman. 1910) และบราวน์ (Brown.1910) ครอนบัคและคนอื่น ๆ (Cronbach and others.1963 :138-139) ได้เริ่มต้นศึกษาเรื่องนี้มาจนถึงปัจจุบัน ได้มีการเสนอสัมประสิทธิ์ในการประมาณค่าความเชื่อมั่นไว้หลายวิธี ซึ่งอาจจัดกลุ่มตามข้อตกลงของระดับความคู่ขนานได้สามรุ่น ดังนี้

รุ่นแรก แบบจำลองความคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิม (Classical Parallel Model) เป็นการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ที่แต่ละส่วนมีความคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิม (Classical Parallel Parts) มีข้อตกลงว่าแต่ละส่วนของแบบทดสอบที่แบ่งต้องมีข้อตกลงเคร่งครัด 6 ข้อ คือ

1. มีความเป็นเอกพันธ์ในเนื้อหา หรือวัดคุณลักษณะเดียวกัน
2. มีคะแนนจริงเท่ากัน และมีความแปรปรวนคลาดเคลื่อนเท่ากัน
3. มีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากัน
4. มีความแปรปรวนของคะแนนสอบเท่ากัน
5. มีความแปรปรวนร่วมของคะแนนสอบกับคะแนนสอบส่วนอื่น ๆ เท่ากัน
6. มีความแปรปรวนร่วมของคะแนนสอบกับคะแนนเกณฑ์ภายนอกเท่ากัน

นักทฤษฎีการทดสอบแบบมาตรฐานเดิม ที่มีชื่อเสียงสองท่านคือ สเปียร์แมน (Spearman. 1910) และบราวน์ (Brown.1910) ได้เสนอเทคนิคการประมาณค่าความเชื่อมั่นของการวัดที่แต่ละส่วนมีความคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิมด้วยสูตรที่เหมือนกัน จึงได้เรียกชื่อสูตรดังกล่าวว่า สูตรของสเปียร์แมนบราวน์ซึ่งมีทั้งกรณีเฉพาะที่แบ่งแบบทดสอบเป็นสองส่วนและกรณีทั่วไปที่แบ่งแบบทดสอบเป็นหลายๆ ส่วนเท่ากัน อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติแล้วเทคนิคนั้นแทบจะไม่สามารถสร้างแบบทดสอบให้แต่ละส่วนมีความคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิมได้ ดังนั้นนักทฤษฎีการทดสอบจึงได้พัฒนาเทคนิคที่เหมาะสมขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้ในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ผ่อนปรนเงื่อนไขของความคู่ขนานเดิมมาเป็นแต่ละส่วนจำเป็นต้องมีคะแนนจริงสมมูล

รุ่นที่สอง แบบจำลองคะแนนจริงสมมูล (Essentially Tau-Equivalent Model) เป็นการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามแบบจำลองคะแนนจริงสมมูล (Essentially Tau - Equivalent Model) วิธีนี้ได้ผ่อนปรนเงื่อนไข ข้อ 2) ข้อ 3) และข้อ 4) ให้มีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากขึ้นโดยผ่อนปรนให้คะแนนจริงของแต่ละส่วนไม่จำเป็นต้องเท่ากันพอดีแต่ยอมให้ต่างกันได้เท่ากับความยากที่ต่างกันในแต่ละส่วน นั่นคือผู้สอบแต่ละคนจะมีคะแนนจริงสองส่วนต่างกันเท่ากับค่าคงที่หรือคะแนนจริงส่วนที่หนึ่งเท่ากับคะแนนจริงส่วนที่สองรวมกับค่าคงที่ค่าหนึ่ง ผ่อนปรนให้แต่ละส่วนมีคะแนนสอบเฉลี่ยต่างกัน และค่าความแปรปรวนต่างกันได้เล็กน้อย แต่ยังเป็นไปตามเงื่อนไขข้อ 5) และ ข้อ 6) แต่ในทางปฏิบัติมีแบบทดสอบบางชนิดอาจต้องแบ่งส่วนให้เหมาะสมตามลักษณะของแบบทดสอบ ทำให้แต่ละส่วนมีขนาดความยาว หรือจำนวนข้อไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลกระทบต่อเงื่อนไข ข้อ 5) และข้อ 6) แม้ว่าแต่ละส่วนประกอบด้วยจำนวนข้อที่ไม่เท่ากันก็ตามแต่เมื่อนำไปสอบกับกลุ่มตัวอย่างแล้ว ปรากฏว่าแต่ละส่วนมีการกระจายของคะแนนมากน้อยต่างกัน

แสดงว่าความยาวที่แท้จริง (Functional Lengths) หรือความยาวที่เป็นผลมาจากการสอบ (Functionally) ของแต่ละส่วนมีขนาดไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงไม่สอดคล้องกับแบบจำลองคะแนนจริงสมมูล

รุ่นที่สาม เป็นการประมาณค่าความเชื่อมั่นตามแบบจำลองคะแนนจริงสัมพันธ์ (Congeneric Model) นักทฤษฎีทางการทดสอบได้ทำการศึกษา ทดลอง และเสนอวิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่นตามแบบจำลองคะแนนจริงสัมพันธ์ไว้หลายวิธี บุคคลแรกที่ได้ริเริ่มวางรากฐานทฤษฎีคือ คริสทอฟ (Kristof. 1974 : 491 - 499) ได้เสนอสูตรประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ที่แบ่งเป็นสามส่วนย่อยด้วยความยาวขนาดต่างกัน และกล่าวว่าค่าความแปรปรวน และค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณได้จะไม่แปรเปลี่ยนไปตาม การแบ่งส่วนย่อยของแบบทดสอบ เฟลดต์ (Feldt. 1975: 557) ได้ปรับปรุงของคริสทอฟ ให้สามารถประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่แบ่งเป็นสองส่วนย่อยด้วยความยาวที่ไม่เท่ากัน ต่อมา ราชู (Raju. 1977 : 549-565) ได้เสนอสูตรประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่แบ่งเป็นหลายส่วนย่อย ด้วยความยาวขนาดต่าง ๆ ที่ไม่เท่ากัน โดยต้องนำจำนวนข้อมาใช้ในการคำนวณ

นอกจากนี้นักทฤษฎีทดสอบได้คิดค้นทฤษฎีความเชื่อมั่นของมาตรวัดไว้หลายแบบจำลอง (Model) สำหรับใช้ประมาณค่าความเชื่อมั่นของคะแนนมาตรวัดที่ได้จากคะแนนส่วนย่อยประกอบรวมกัน (Composite Scores) หรือจากคะแนนส่วนย่อยที่ได้จากตัวแปรย่อยๆรวมกัน (Composite Variables)

รุ่นที่สี่ เป็นการประมาณค่าความเชื่อมั่นตามแบบจำลองการสรุปอ้างอิง (Generalizeability Model) เป็นแบบจำลองที่ปรับปรุงและพัฒนามาจากทฤษฎีการวัดแบบมาตรฐานเดิมโดยครอนบัคและคณะ (Cronbach and Others. 1963) ได้พัฒนาทฤษฎีความเชื่อมั่น ที่ไม่ยึดข้อตกลงของความเท่าเทียมกันอย่างเป็นระบบ และใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนในการหาค่าความคลาดเคลื่อนจากหลาย ๆ แหล่ง

รุ่นที่ห้า เป็นการประมาณค่าความเชื่อมั่น ตามแบบจำลองคะแนนคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error of Measurement Model) หรือ แบบจำลองสัมประสิทธิ์แอลฟาแบ่งกลุ่ม (Stratified Coefficient Alpha Model)

รุ่นที่หก แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบ ด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) และอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis)

รุ่นที่เจ็ด แบบจำลองมาตรวัดองค์ประกอบ (Factor Scaling Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component)

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อค่าความเชื่อมั่น

การประมาณค่าความเชื่อมั่นในแต่ละวิธีจะมีค่าสูงหรือไม่ขึ้นอยู่กับแหล่งความคลาดเคลื่อน ดังนั้นในการหาค่าความเชื่อมั่นจึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแต่ละวิธีด้วย และยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อค่าความเชื่อมั่น บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2521 : 312 - 317) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อค่าความเชื่อมั่น ดังนี้

1. พิสัยของความสามารถในกลุ่มตัวอย่าง สัมประสิทธิ์ของค่าความเชื่อมั่นเป็นค่าที่ได้จากการวัดในแต่ละครั้งว่าสามารถวัดลำดับที่ของคนในกลุ่มหนึ่ง ๆ ได้คงเส้นคงวาเพียงใด ถ้าความสามารถของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างมีพิสัยแตกต่างกันมากในแต่ละคน ผลที่ได้จากการวัดจะมีลำดับที่คงเดิมมาก เพราะช่วงความสามารถของแต่ละคนแตกต่างกันมาก แต่ถ้าวัดกับนักเรียนที่มีความสามารถใกล้เคียงกันโอกาสที่จะทำให้ผิดพลาดไปจะมีมาก

2. ระดับความสามารถของนักเรียนในกลุ่ม ถ้านักเรียนในกลุ่มมีความสามารถเฉลี่ยสูงจะสามารถทำข้อสอบได้ถูกต้องแน่นอนทุกครั้ง แต่ถ้านักเรียนในกลุ่มมีความสามารถเฉลี่ยต่ำก็มักจะตอบโดยการเดาเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้คะแนนจากการสอบไม่แน่นอนซึ่งทำให้ค่าความเชื่อมั่นต่ำลง

3. ระดับความยากรายข้อ ความยากของข้อสอบมีอิทธิพลต่อค่าความเชื่อมั่น ในแง่ที่ทำให้การกระจายของคะแนนมีมากน้อยต่างกัน การกระจายของคะแนนมากจะทำให้ค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าคะแนนที่มีการกระจายน้อย เนื่องจากข้อสอบที่ง่ายนักเรียนส่วนใหญ่ทำให้คะแนนแต่ละคนไม่แตกต่างกัน ข้อสอบที่ยากนักเรียนส่วนใหญ่ทำไม่ได้เหมือนกันคะแนนแต่ละคนไม่แตกต่างกัน เป็นเหตุให้ค่าความเชื่อมั่นต่ำลง เพราะคะแนนมีการกระจายแคบ

4. ความยาวของข้อสอบ จำนวนข้อสอบมีอิทธิพลต่อค่าความเชื่อมั่น แบบทดสอบใดมีจำนวนข้อน้อยจะมีค่าความเชื่อมั่นต่ำ แต่ถ้ามีจำนวนข้อมากจะมีค่าความเชื่อมั่นสูง

5. ความคล้ายคลึงของเนื้อหาที่ออกข้อสอบ ข้อสอบที่จัดลักษณะเดียวกันทั้งฉบับ ย่อมจะมีค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าข้อสอบที่มีเนื้อหาที่แตกต่างกันมาก ๆ

6. ข้อสอบเร่งรีบ (Speed test) ข้อสอบประเภทนี้เป็นข้อสอบ ที่ง่าย ๆ แต่มีมากข้อ ผู้ตอบต้องอาศัยความรวดเร็วในการตอบ ส่วนมากนักเรียนจะตอบถูกทุกข้อที่ทำทัน หมายความว่าทำถึงข้อใดก็มักจะได้คะแนนเท่านั้นเสมอ ดังนั้นการสอบแต่ละครั้งจึงมีคะแนนคงเดิมเสมอ ซึ่งทำให้ข้อสอบประเภทนี้มีความเชื่อมั่นสูง

7. ตัวอย่างประชากรที่ใช้ทดลอง จะมีผลกระทบต่อค่าความเชื่อมั่น ถ้าตัวอย่างมีจำนวนน้อยเกินไปหรือไม่เป็นตัวแทนของประชากรในสิ่งที่จะวัดความไม่คุ้นเคยกับแบบทดสอบ อารมณ์ การเจ็บป่วย ความวิตกกังวล สิ่งเหล่านี้มีผลต่อค่าความเชื่อมั่นทั้งสิ้น

8. ความเป็นปรนัย ข้อสอบใดมีความเป็นปรนัยในการให้คะแนนมากข้อสอบนั้นก็จะมีความเชื่อมั่นสูง

ดันนิงแฮม (Cunningham. 1986 : 112 - 118) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อความเชื่อมั่นดังนี้

1. คุณภาพของข้อสอบ แบบทดสอบที่มีข้อคำถามที่ง่ายเกินไป หรือยากเกินไป การเขียนข้อสอบที่ไม่ดี มีเงื่อนงำหรือกำกวม จะทำให้ข้อสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ

2. ความยาวของแบบทดสอบ โดยทั่วไปแบบทดสอบที่มีข้อคำถามมากจะมีความเชื่อมั่นสูง แต่ต้องเป็นคำถามที่มีคุณภาพดี แบบทดสอบที่ยาวแต่มีสัดส่วนของข้อคำถามที่แย่ๆ จำนวนมากจะไม่ให้ความเชื่อมั่นสูงกว่าแบบทดสอบที่สั้นกว่าแต่มีสัดส่วนของข้อคำถามที่ดีกว่า

3. ความสามารถที่หลากหลายความเชื่อมั่นจะสูงขึ้น เมื่อความแปรปรวนของคะแนนเพิ่มขึ้น ความแปรปรวนของคะแนนมาจากความสามารถที่แตกต่างกันของกลุ่มผู้สอบ ถ้ากลุ่มผู้สอบมีความสามารถที่หลากหลาย คะแนนจะแตกต่างกันและการจัดลำดับที่ของนักเรียนจะมีความคงที่สูง แต่ความแตกต่างของกลุ่มผู้สอบจะไม่มีผลถ้าข้อสอบนั้นยากหรือง่ายเกินไป

4. การเดานักเรียนที่ทำข้อสอบโดยการเดา ซึ่งจะมีผลในการทดสอบที่ใช้แบบทดสอบคู่ขนาน และการเดาจะมีมากในแบบทดสอบที่ใช้ความเร็ว เนื่องจากนักเรียนทำไม่ทัน

5. ความเชื่อถือได้ของผู้ให้คะแนน ซึ่งจะเป็นผลต่อคะแนนสอบของนักเรียน ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ความเชื่อมั่นของผู้ให้คะแนนไม่ใช่ประเด็นหลักที่จะกำหนดสัมประสิทธิ์ ความเชื่อมั่นแต่จะเป็นตัวกำหนดความเชื่อมั่นของคะแนนของผู้สอบ

6. ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่จะให้ค่าความเชื่อมั่นคงที่แน่นอนกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็กจะให้ค่าความเชื่อมั่นต่ำกว่า หรือสูงกว่าที่ควรจะเป็น

7. เงื่อนไขทางกายภาพอื่น ๆ ดังเช่น อากาศ แสงสว่าง การจัดที่นั่ง จะมีผลทำให้นักเรียนบางคนมีคะแนนที่แตกต่างกันในการสอบสองครั้ง

สูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

นักวิจัยอีกกลุ่มหนึ่งได้เสนอสูตรที่ใช้ในการคำนวณวิธีประมาณค่าความเชื่อมั่นโดยให้ความสำคัญกับค่าน้ำหนักองค์ประกอบ มาใช้ในการคำนวณ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) มีสองกรณี คือกรณีที่ค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน และกรณีที่ค่าน้ำหนักน้ำหนักความสำคัญไม่เท่ากัน การหาค่าความเชื่อมั่นในกลุ่มนี้ก็มีลักษณะคล้ายกับข้อตกลงคะแนนจริงสัมพันธ์ แต่กำหนดว่าข้อคำถามนั้นต้องวัด คำถามแบบมิติเดียว (Unidimension) ไฮส์ และบอร์นสเตดท์ (Heise and Bohrnstedt. 1910) เสนอสูตรสัมประสิทธิ์หาค่าความเชื่อมั่นที่ใช้ค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน คือ สูตร Ω ต่อมานักวิจัยพบว่าในกรณีที่น้ำหนักความสำคัญไม่เท่ากันจะส่งผลต่อการประมาณค่าความเชื่อมั่น และความคลาดเคลื่อน อัลเลน (Allen. 1974) ได้เสนอสูตรในรูปของการกำหนดน้ำหนักความสำคัญไม่เท่ากัน นั่นคือ สูตร Ω_w

การแสดงที่มาของสูตร Ω

ในกรณีที่น้ำหนักรายข้อเท่ากับ 1 สูตรได้มีการพัฒนาโดย ไฮส์ และ บอร์นสเต็ดท์ (Heise and Bohrntedt. 1970)

$$\Omega = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{k}\sigma_i^2 - \sum_{i=1}^{k}\sigma_i^2 h_i^2}{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{k}\mathrm{cov}(x_i, x_j)}$$

จากการทดสอบภายใต้เงื่อนไขที่แบบทดสอบต้องเป็นแบบมิติเดียว (Unidimension) ซึ่งในแต่ละข้อคำถามจะมีค่าน้ำหนักยกกำลังสอง

$$\sum_{i=1}^{k}\sigma_i^2 h_i^2 = \sum_{i=1}^{k} h_i^2 = \sum_{i=1}^{k}\lambda_i^2$$

$$\Omega = 1 - \frac{k - \sum_i \lambda_i^2}{k + \left[\sum_i \lambda_i\right]^2 - \sum_i \lambda_i^2}$$

จัดรูปใหม่จะได้สูตรดังนี้

$$\Omega = \frac{k + \left[\sum_i \lambda_i^2\right]^2 - \sum_i \lambda_i^2}{k + \left[\sum_i \lambda_i\right]^2 - \sum_i \lambda_i^2} - \frac{k - \sum_i \lambda_i^2}{k + \left[\sum_i \lambda_1\right]^2 - \sum_i \lambda_i^2}$$

$$\Omega = \frac{\sum \lambda_i^2}{k + \left[\sum_i \lambda_i\right]^2 - \sum_i \lambda_i^2}$$

การแสดงที่มาของสูตร Ω_w

สุทธิพงศ์ บุญผดุง (2541 : 18-19) ได้ศึกษาสูตรของ อัลเลน (Allen.1974) ซึ่งได้พัฒนาสูตร Ω ค่าน้ำหนักความสำคัญไม่เท่ากันขึ้นมา จากสูตร Ω ของไฮส์ และบอร์นสเตดท์ ดังนี้

จากโมเดลพื้นฐานของการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis Model)

$$R = FF' + U^2 \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ R แทน เมตริกซ์สหสัมพันธ์ (Observed Correlation Matrix)

F แทน เมตริกซ์ของน้ำหนักองค์ประกอบ (Pattern Matrix Of Factor Loadings)

F′ แทน ทรานสโพสของเมตริกซ์ F

U แทน เมตริกซ์เส้นทแยงมุมของ Uniqueness

นำ $F'U^{-2}$ คูณเข้าทางซ้ายทั้งสองข้างของสมการที่ (1) ซึ่งได้ผลดังนี้

$$F'U^{-2}R = (F'U^{-2}F + I)F' \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ I แทน เมตริกซ์เอกลักษณ์ (Identity Matrix)

นำ $(F'U^{-2}F + I)^{-1}$ คูณเข้าทางซ้ายทั้งสองข้างของสมการที่ (2)

และนำ R^{-1} คูณเข้าทางขวาทั้งสองข้างของผลลัพธ์ที่ได้ จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$F'R^{-1} = (F'U^{-2}F + I)^{-1}F'U^{-2} \quad \text{.....(3)}$$

เนื่องจาก $W' = F'R'$

เมื่อ W แทน เมตริกซ์ของเวคเตอร์ที่ Weight ของคะแนนตัวแปรสังเกต

R^{-1} แทน เมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์ R

ดังนั้นสมการที่ (3) สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$W' = (F'U^{-2}F + I)^{-1}F'U^{-2} \quad \text{.....(4)}$$

เพื่อความสะดวก จะกำหนดให้ $J = F'U^{-2}F$ เมื่อ J แทน เมตริกซ์เส้นทแยงมุมหลัก ดังนั้นจากสมการที่ (4) สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$W' = (J + I)^{-1}F'U^{-2} \quad \text{.....(5)}$$

จากสมการที่ (1) นำ W′ คูณเข้าทางซ้ายของสมการทั้งสองข้าง

และนำ W คูณเข้าทางขวาของสมการทั้งสองข้าง จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$W'(R)W = W'(FF' + U^2)W = W'(FF')W + W'(U^2)W \quad \text{.....(6)}$$

นำ W′ คูณเข้าทางซ้ายของ จากนั้นนำ FF′ คูณทางขวาของผลลัพธ์ จะได้ว่า

$$W'(FF')W = (I + J)^{-1}F'U^{-2}(FF')U^{-2}F(I + J)^{-1}$$

$$W'(FF')W = (I + J)^{-1}JJ(I + J)^{-1} \quad \text{..... (7)}$$

ทำนองเดียวกัน นำ W′ คูณเข้าทางซ้ายของ U^{-2} จากนั้นนำ W คูณทางขวาของผลลัพธ์ จะได้ว่า

$$W'(U^2)W = (I+J)^{-1}F'U^{-2}(U^2)U^{-2}F(I+J)^{-1}$$

$$W'(U^2)W = (I+J)^{-1}J(I+J)^{-1} \quad \text{.....(8)}$$

นำ $J^{-1}(I+J)$ คูณเข้าทั้งสองข้างในสมการที่ (7) และ (8) จากนั้นนำ $(I+J)$ คูณผลลัพธ์ที่ได้ซึ่งจะได้ว่า การขยายผลของสูตรสัมประสิทธิ์โอเมกาของ ไฮส์ และบอร์นสเตดท์ (Heise and Bohmstedt.1970) ใน เทอมสมการเมตริกซ์ ที่เป็น weight vector ($\Omega = W'(FF')W[W'(R)W]^{-1}$) มีค่าเท่ากับ $J(J+I)^{-1}$ กล่าวคือ

$$\Omega_w = \frac{\sum J}{1+\sum J}$$

หรือเขียนในเทอมของน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ได้ดังนี้

$$\Omega_w = \frac{\sum_i \frac{\lambda_i^2}{1-\lambda_i^2}}{1+\sum_i \frac{\lambda_i^2}{1-\lambda_i^2}}$$

เมื่อ แทนน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ของข้อที่ i

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2540 : 2 -12) ได้กล่าวว่า นักทฤษฎีได้ปรับปรุงโดยใช้ค่าความเชื่อมั่นที่อาศัยการวิเคราะห์องค์ประกอบ แบบส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component) วิธีการนี้ใช้คำนิยามของความเชื่อมั่นของคะแนนรวม (Composite Reliability) ที่สอดคล้องตามความเป็นจริงมากกว่าและมีความหมายแตกต่างไปจากเดิม ภายใต้แบบจำลองมาตรวัดองค์ประกอบ ซึ่งมีผู้ใช้รู้จักน้อยมาก อาร์มอร์ (Armor.1974) เรียกวิธีการนี้ว่าสัมประสิทธิ์ θ (Theta) เพื่อให้แตกต่างจากสัมประสิทธิ์แอลฟาของ ครอนบัค (Cronbach) และเชื่อว่าสัมประสิทธิ์ θ เป็นวิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่นที่เหมาะสมและเอื้อต่อการใช้วิธีการ Factor Scaling ที่สามารถนำไปใช้กับเซตของข้อสอบที่เป็นพหุมิติ (Multidimensionality) รวมทั้งเป็นวิธีการที่ทำให้ได้ค่าความเชื่อมั่น และค่าเที่ยงตรงสูงขึ้น

เนื่องจากได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการวิเคราะห์ตัวแปรพหุ (Multivariate) นักวิจัยจำนวนมากได้หันมาใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบ เพื่อช่วยในการค้นหาจำนวนมิติ หรือสมบัติเฉพาะในเซตของข้อมูลและดูความสัมพันธ์เฉพาะของข้อสอบแต่ละมิติ

การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component) สามารถนำมาเชื่อมโยงระหว่างความเชื่อมั่น วิธีการมาตรวัดโดยตรงได้แม่นยำที่สุด และสามารถนำมาใช้คำนวณ ความเชื่อมั่นได้อย่างเหมาะสม เรียกว่าสัมประสิทธิ์ θ และสามารถนำมาใช้แสดงที่มาของมาตรวัดได้อย่างเหมาะสมตามลำดับขั้นตอน เรียกว่ามาตรวัดองค์ประกอบ (Factor Scaling) การวิเคราะห์องค์ประกอบ แบบส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component) สามารถนำมาใช้ในการสร้างเซตของคะแนนองค์ประกอบหนึ่งเซตต่อหนึ่งองค์ประกอบ คะแนนองค์ประกอบคือ คะแนนของนักเรียนคนหนึ่งจากองค์ประกอบที่กำหนดให้ กล่าวคือ เป็นผลที่เกิดจากคะแนนมาตรวัดคะแนนรวมหนึ่งค่า ซึ่งได้มาจากการรวมที่ถ่วงน้ำหนักจากข้อสอบแต่ละข้อในองค์ประกอบนั้น ด้วยน้ำหนักความสำคัญ

สัมประสิทธิ์ θ เป็นการประมาณค่าความเชื่อมั่นของคะแนนรวมของมาตรวัดจากคะแนนองค์ประกอบจากการวิเคราะห์องค์ประกอบ แบบส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component) โดยมีปริมาณของ

ความแปรปรวนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบ เรียกว่า ราก (Root) เขียนแทนด้วย λ_k สำหรับองค์ประกอบที่ k ซึ่งศัพท์ทางเทคนิคจริง ๆ เรียกว่า รากแฝง (Latent Root) และคำศัพท์ทั่วไปอื่น ๆ ได้แก่ Eigen Value และ Characteristic Root ค่าเหล่านี้คำนวณได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์องค์ประกอบทั่วไป โดยมีความสัมพันธ์อย่างง่ายกับน้ำหนักองค์ประกอบ กล่าวคือ λ_k คือ ผลรวมของน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบที่ k ยกกำลังสอง ซึ่งเป็นปริมาณพื้นฐานในการคำนวณสัมประสิทธิ์ θ

การวิเคราะห์องค์ประกอบ แบบส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component) มีกรณีทั่วไป 2 กรณี ดังนี้

1. กรณีองค์ประกอบเดียว (Single Factor) องค์ประกอบที่ 1 และ λ_1 มีความเพียงพอในการกำหนดลักษณะเฉพาะ (Specification) ตัวมาตรวัด (Scale) และความเชื่อมั่นของตัวเองได้อย่างสมบูรณ์

2. กรณีหลายองค์ประกอบ (Multiple Factor) ต้องมีการแปลความหมายองค์ประกอบอย่างมีความหมาย และมีการหมุนแกนของ M องค์ประกอบที่เหลือ ความเพียงพอต้องเป็นค่าหลังหมุนแกน ค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบยังคงมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบหลังหมุนแกนแล้ว ยกกำลังสอง ใช้สัญลักษณ์ λ_k^* แทนความแปรปรวนขององค์ประกอบที่ k หลังหมุนแกน

กำหนดให้เซตข้อสอบ p ข้อ และใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเดียว ด้วยราก λ_1 ความเชื่อมั่นของคะแนนรวมมีสูตร ดังนี้

$$\theta = \left[\frac{p}{p-1}\right]\left[1-\frac{1}{\lambda_1}\right]$$

เมื่อ λ_1 เป็นรากที่ 1 ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ แบบส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component)

กรณีที่ใช้วิเคราะห์หลายองค์ประกอบ โดยใช้องค์ประกอบหลังหมุนแกนแล้ว ค่อนข้างมีความซับซ้อน ให้ ϕ^2_{hk} แทนค่ากำลังสองของสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนขององค์ประกอบ h ก่อนหมุนแกนแต่แรกกับองค์ประกอบ k ใหม่ และผลการหมุนแกนให้ M องค์ประกอบ ซึ่งมีรากแรกเริ่มเป็น $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_M$ ความเชื่อมั่นของเซตที่ k ของคะแนนองค์ประกอบหลังหมุนแกน มีสูตรดังนี้

$$\theta_k^* = \left[\frac{p}{p-1}\right]\left[\frac{1-\sum_{h=1}^{M}\phi^2_{hk}}{\lambda_k}\right]$$

สูตรนี้ใช้ได้เฉพาะการหมุนแกนแบบตั้งฉาก เช่น วิธี Varimax เท่านั้น ค่า ϕ_{hk} แท้ที่จริงเป็นสมาชิกในแถวที่ h และหลักที่ k ของเมตริกซ์การแปลงค่า ซึ่งจับคู่น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบแรกเริ่มเข้ากับน้ำหนักความสำคัญหลังหมุนแกน

การแสดงที่มาของ θ

กำหนดให้ x_{ij} เป็นคะแนนสอบในรูปคะแนนมาตรฐานของนักเรียน j บนข้อสอบ ที่ i แบบจำลองเบื้องต้นในการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component) มีดังนี้

$$x_{ij} = a_{i1} f_{1j} + a_{i2} f_{2j} + \ldots + a_{iM} f_{Mj} + e_{ij}$$

เมื่อ a_{ik} เป็นน้ำหนักความสำคัญของข้อ i บนองค์ประกอบ k

f_{kj} เป็นคะแนนองค์ประกอบสำหรับนักเรียน j บนองค์ประกอบ k

e_{ij} เป็นส่วนประกอบคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากการสุ่ม และอิทธิพลเฉพาะอื่น ๆ ของข้อสอบ i ที่ส่งผลต่อคะแนนสอบ

ถ้า M = p หรือองค์ประกอบที่สกัดได้มีจำนวนมากเท่ากับจำนวนข้อทั้งหมดแล้ว $e_{ij} = 0$ สำหรับ i, j ทั้งหมดและคะแนนแรกเริ่ม (Original Scores) แบ่งแยกออกมาได้สมบูรณ์แบบโดยปราศจากความคลาดเคลื่อน อย่างไรก็ตามนักวิจัยมักแปลความหมายเฉพาะกรณีที่ M < p โดยมี p-M เป็นองค์ประกอบที่สมมติให้แทนส่วนคลาดเคลื่อน ข้อสังเกตในการเลือกค่าน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบ ซึ่งเป็นเซตของเวคเตอร์แฝง (Latent Vectors) ได้แก่ Eigen Vector และ Characteristic Vectors ซึ่งทำให้คุณลักษณะเฉพาะ $(R - \lambda_i) v = 0$ มีค่าเหมาะสม เมื่อ R เป็นเมตริกซ์สหสัมพันธ์ โดยมีค่าทแยงเท่ากับ 1 , 0 , λ เป็นค่าคงที่ i เป็นเมตริกซ์เอกลักษณ์ (Identity Matrix) และ v เป็นเวคเตอร์แฝง ค่าน้ำหนักความสำคัญในสมการ x_i มีการกระจายปกติ จนทำให้ $a_k \; a_k = \lambda_k$ เมื่อ a_k เป็นเวคเตอร์ของน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบ k , เวคเตอร์แฝง v สมมติว่ามีการกระจายปกติเป็น 1.0 (v v = 1.0) ตามฟอร์มของเมตริกซ์ ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 น้ำหนักความสำคัญ และราก (Eigen Value) ขององค์ประกอบ

ข้อสอบ	องค์ประกอบ 1	องค์ประกอบ 2	.....	องค์ประกอบ M
1	a_{11}	a_{12}	.....	a_{1M}
2	a_{21}	a_{22}	.....	a_{2M}
⋮	⋮	⋮	.....	⋮
p	a_{p1}	a_{p2}	.....	a_{pM}
$\sum_i a_{ik}^2$	λ_1	λ_2	.....	λ_M

a_{ik} นำมาใช้ในการสร้างคะแนนองค์ประกอบ และตีความหมายองค์ประกอบในพจน์ของเนื้อหาของข้อสอบแรกเริ่ม ค่าสัมบูรณ์ของ a_{ik} ยิ่งมีค่าสูง ข้อสอบข้อนั้นก็ยิ่งส่งผลต่อองค์ประกอบนั้น ค่าน้ำหนักความสำคัญยังสามารถแปลความหมายในรูปของสหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบกับคะแนนองค์ประกอบ ค่าที่เป็นลบ แสดงว่าข้อสอบมีสหสัมพันธ์เป็นลบกับคะแนนองค์ประกอบ กล่าวคือ ข้อสอบยิ่งมีคะแนนมาก องค์ประกอบยิ่งมีคะแนนน้อยลง และในทางกลับกัน ถ้าข้อสอบมีคะแนนน้อย องค์ประกอบยิ่งมีคะแนนมาก

ส่วนราก λ_k เป็นปริมาณของความแปรปรวนของเซตแรกเริ่มของข้อสอบที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบ k อัตราส่วน λ_k / p เป็นสัดส่วนของความแปรปรวนรวมของมาตรวัดที่เนื่องมาจากองค์ประกอบ k ผลบวกของสัดส่วนเหล่านี้ M องค์ประกอบ บอกให้ทราบว่าความผันแปรโดยมากเพียงไร จากค่า a_{ik} และ λ_i ที่กำหนดให้ คะแนนองค์ประกอบที่ k ของนักเรียน j หาได้จากความสัมพันธ์

$$f_{kj} = \sum(a_{ik} / \lambda_k) x_{ij}$$

กล่าวคือ คะแนนองค์ประกอบ f_{kj} คือค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของคะแนนมาตรฐานแรกเริ่ม (x_{ij}) ซึ่งใช้อัตราส่วน a_{ik} / λ_k เป็นตัวถ่วงน้ำหนัก สำหรับข้อสอบ i ในองค์ประกอบที่ k

กรณีองค์ประกอบเดียว

การแสดงที่มาของ θ ในกรณีที่เป็นองค์ประกอบเดียว ต้องพิจารณาราก λ_1 ; น้ำหนักความสำคัญ , a_{i1} ; และคะแนนองค์ประกอบที่ 1 ของนักเรียนคนที่ j , f_{ij} ; โดยใช้คำนิยามของความเชื่อมั่นของคะแนนรวม (Composite Reliability) คือ C(p) / S(p-1) เป็นหลักซึ่งจำเป็นต้องหาค่า C และ S ของคะแนนองค์ประกอบ f_{ij} โดยเริ่มต้นจากต้องทราบค่าความสัมพันธ์ของ S จากผลรวมของคะแนนข้อสอบที่ถ่วงน้ำหนัก ดังนี้

$$S = \sum_i \omega_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i \neq h} \omega_i \omega_h \sigma_{ih} = I + C$$

เมื่อ ω_i เป็นตัวถ่วงน้ำหนัก ในกรณีที่คะแนนองค์ประกอบ x_i เป็นคะแนนมาตรฐาน ทำให้ σ_i^2 $\sigma_i^2 = 1.0$ และ $\sigma_{ih} = r_{ih}$ และเนื่องจาก $\omega_i = a_{i1} / \lambda_1$ เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} S &= \sigma_{f1}^2 \\ &= \sum_i (a_{i1} / \lambda_1)^2 + \sum_{i \neq h} (a_{i1} / \lambda_1)(a_{h1} / \lambda_1) r_{ih} \\ &= (\sum_i a_{i1}^2) / \lambda_1^2 + (\sum_{i \neq h} a_{i1} a_{h1} r_{ih}) / \lambda_1^2 \end{aligned}$$

และเนื่องจาก $\sum_i a_{i1}^2 = \lambda_1$

$$S = 1/\lambda_1 + (\sum_{i \neq h} a_{i1} a_{h1} r_{ih}) / \lambda_1^2$$

จากสมการเบื้องต้นของการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ จะได้ว่า $\sum_{i \neq h} a_{i1} a_{h1} r_{ih} = \lambda_1^2$ ดังนั้น

$$\begin{aligned} \sum_{i \neq h} a_{i1} a_{h1} r_{ih} &= \sum_{i \neq h} a_{i1} a_{h1} r_{ih} - \sum_i a_i^2 \\ &= \lambda_1^2 - \lambda_1 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} S &= 1 / \lambda_1 + (\lambda_1^2 - \lambda_1) / \lambda_1^2 \\ &= 1 / \lambda_1 + [1 - (1/\lambda_1)] \end{aligned}$$

ซึ่งหมายความว่า คะแนนองค์ประกอบของส่วนประกอบสำคัญที่หนึ่ง $S = 1.0$, $I = 1/\lambda_1$ และ $C = 1 - (1/\lambda_1)$ ดังนั้น ความเชื่อมั่นคะแนนรวม จะได้

$$\begin{aligned} \frac{C/s}{(p-1)/p} &= [p / (p-1)]\ c/s \\ &= [p / (p-1)]\ [1 - (1/\lambda_1)] \\ &= \theta \end{aligned}$$

ตามนิยามข้างต้น ส่วนประกอบสำคัญ สัมประสิทธิ์ θ เป็นสูตรที่ให้ ค่าความเชื่อมั่นของคะแนนรวมสูงสุด ทั้งนี้เพราะว่าปริมาณ λ_1 เป็นค่าสูงสุดในฟอร์มกำลังสอง $\sum_{i \neq h} a_{i1}\ a_{h1}\ r_{ih} = \lambda_1^2$ กล่าวคือ ไม่มีเซตน้ำหนักความสำคัญ a_{i1} ตัวใด นอกจากน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบในส่วนประกอบสำคัญองค์ประกอบแรกที่ให้ค่ามากกว่า รากที่หนึ่ง , λ_1 ตามทฤษฎีของส่วนประกอบสำคัญ โดยทั่วไปแล้วความสัมพันธ์นี้มีนิยามดังนี้ $v'_1\ R\ v_1 = \lambda_1$ เมื่อส่วนประกอบสำคัญที่หนึ่ง คือเวคเตอร์ V_1 ซึ่งทำให้รากมีค่ามากที่สุดและน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบที่ทำให้มีการกระจาย แบบโค้งปกติ จะได้ว่า $a'_1 R\ a_1 = \lambda_1^2$ ดังนั้น สัมประสิทธิ์ θ ให้ค่าอัตราส่วน C(p) / S(p-1) มีค่าสูงสุด

กรณีหลายองค์ประกอบ

การแสดงที่มาของ θ ในกรณีที่เป็นหลายองค์ประกอบ ก็มีลักษณะคล้ายคลึงกับกรณีองค์ประกอบเดียว แต่เพื่อให้เห็นความแตกต่าง จึงใช้สัญลักษณ์ * เพิ่ม ดังนั้น θ จึงเปลี่ยนเป็น θ^* เป็นต้นการแสดงที่มาเริ่มต้นจากความสัมพันธ์ S = I + C ดังนั้น ถ้าคะแนนองค์ประกอบที่ k หลังหมุนแกนเป็น f_k^* แล้ว

$$\begin{aligned} S_k &= \sigma^2_{f_k^*} \\ &= \sum_{i=1}^{p} \omega_{ik}^2 \sigma_i^2 + \sum_{i\neq j=1}^{p} \omega_{ik}\omega_{jk} r_{ij} \\ &= I_k + C_k \end{aligned}$$

เนื่องจากคะแนนหลังหมุนแกน S = 1.0 เช่นเดียวกับก่อนหมุนแกน ดังนั้นอัตราส่วน C(p) /S(p-1) ที่ต้องคำนวณ คือค่า $C_k = \sum_{i\neq j=1}^{p} \omega_{ik}\omega_{jk} r_{ij}$ ซึ่งในกรณีที่คะแนนองค์ประกอบหลังหมุนแกน , น้ำหนัก ω_{ik} มีความซับซ้อนกว่าคะแนนองค์ประกอบก่อนหมุนแกน

$$\omega_{ik} = \sum_{h=1}^{p} (a_{ih}\,\phi_{hk}) / \lambda_h$$

เมื่อ ϕ_{hk} เป็นสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนองค์ประกอบ h ก่อนหมุนแกนกับคะแนนองค์ประกอบ k หลังหมุนแกน หรือสมาชิก (h,k) ในเมตริกซ์การแปลงคะแนนแบบตั้งฉาก จากความสัมพันธ์นี้ หาค่า C_k ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} C_k &= \sum_{i\neq j=1}^{p} \omega_{ik}\omega_{jk} r_{ij} \\ &= \sum_{i\neq j=1}^{p} \left[\sum (a_{ih}\phi_{hk})/\lambda_h\right]\left[\sum (a_{jh}\phi_{hk})/\lambda_h\right] r_{ij} \\ &= \sum_{i\neq j=1}^{p} \left[\sum_{h=1}^{M} (a_{ih}\phi_{hk}\, a_{ih}\,\phi_{hk})\, r_{ij}/\lambda_h + \sum_{h\neq g=1}^{M} (a_{ih}\phi_{hk}\, a_{jg}\,\phi_{gk})\, r_{ij}/\lambda_h\,\lambda_g\right] \\ &= \sum_{h=1}^{M} \frac{\phi_{hk}^2}{\lambda_h^2} \sum_{i\neq j=1}^{p} a_{ih}\, a_{jh}\, r_{ij} + \sum_{h\neq g=1}^{M} (\phi_{hk}\,\phi_{gk})/\lambda_h\,\lambda_g \sum_{i\neq j=1}^{p} a_{ih}\, a_{jg}\, r_{ih} \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ ทำให้ทราบค่าความสัมพันธ์

$$\sum_{i\neq j} a_{ih}\, a_{jh}\, r_{ij} = \lambda^2_h - \lambda_h \qquad \text{และ} \qquad \sum_{i\neq j} a_{ih}\, a_{jg}\, r_{ih} = 0$$

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} C_k &= \sum_{h=1}^{M} \frac{\phi_{hk}^2}{\lambda_h^2}(\lambda_h^2 - \lambda_h) \\ &= \sum_{h=1}^{M} \frac{\phi_{hk}^2}{\lambda_h^2}\left(1 - \frac{1}{\lambda_h}\right) \\ &= \sum_{h=1}^{M} \phi_{hk}^2 - \sum_{h=1}^{M} \phi_{hk}^2 \;/\, \lambda_h \end{aligned}$$

และเนื่องจาก ϕ_{hk} มาจากเมตริกซ์การแปลงคะแนนแบบตั้งฉากทำให้ $\sum_{h=1}^{M}\phi_{hk}^2 = 1.0$

ดังนั้น $C_k = 1-\sum_{h=1}^{M}\phi_{hk}^2 / \lambda_h$

และสูตรความเชื่อมั่น เป็นดังนี้

$$\theta_k^* = [\,p/(p-1)\,]\,[\,1-\sum_{h=1}^{M}\phi_{hk}^2 / \lambda_h\,]$$

การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ Ω กับ θ

สัมประสิทธิ์ Ω เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นตัวใหม่อีกตัวหนึ่ง ซึ่งเสนอโดยไฮส์และบอร์นสเตดท์ (Heise and Bohmstedt. 1971) มีส่วนส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์องค์ประกอบกับความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์ Ω ใช้วิธีเฉพาะ โดยอาศัยเทคนิคของการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) พร้อมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบตามวิธีดั้งเดิม เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงที่น่าสนใจก็คือ Ω ใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเช่นเดียวกับ θ

สูตรสำหรับความเชื่อมั่นแบบ Ω เพื่อความสะดวก สมมติว่า ข้อสอบเป็นคะแนนมาตรฐาน จะได้

$$\Omega = \left(\sum_{i\neq j} r_{ij} + \sum_i h_i^2\right) \Big/ \left(\sum_{i\neq j} r_{ij} + p\right)$$

เมื่อ h_i^2 เป็น Communality ของข้อสอบ i นิยามดังนี้

$$h_i^2 = a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \ldots + a_{iM}^2$$

เมื่อ a_{iM} ได้มาจากวิธีขององค์ประกอบร่วม (Common Factor) ซึ่งไม่ใช่วิธีส่วนประกอบสำคัญ หรือผลรวมของกำลังสองของน้ำหนักความสำคัญของข้อสอบบน M องค์ประกอบที่สกัดได้เราจะไม่มี h^2 ที่ไม่ผันแปร ซึ่งจำนวนขององค์ประกอบที่มีความหมาย ไม่สามารถกำหนดได้จากการวิเคราะห์ แต่ขึ้นอยู่กับวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ และส่วนมากแล้วขึ้นอยู่กับดุลพินิจในการแปลความหมายของผู้วิเคราะห์ ดังนั้นสำหรับข้อสอบเซตเดียวกัน Ω มีความแตกต่างกันไปตามการวิเคราะห์แต่ละครั้ง ขึ้นอยู่กับวิธี และผู้วิจัย โดยทั่วไปจำนวนองค์ประกอบที่สกัดได้ยิ่งมีมาก สัมประสิทธิ์ Ω ยิ่งมีค่ามากการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ Ω กับ θ สามารถทำได้อย่างมีความหมาย เฉพาะกรณีองค์ประกอบเดียว และที่สำคัญอยู่ที่ h_i^2 ของ Ω ขึ้นอยู่กับวิธีองค์ประกอบร่วม (Common Factor Solution) เช่น วิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method) (Lawly and Maxwell. 1963) การประมาณค่า h_i^2 ในสมการไม่ควรใช้วิธีส่วนประกอบสำคัญในการคำนวณค่า a_i^2 เพราะจะทำให้สูตร Ω ส่งผลให้ความเชื่อมั่นมีค่าบิดเบือนสูงขึ้น ถ้าสหสัมพันธ์ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1 แล้ว α , θ และ Ω ควรได้ค่าเท่ากัน แต่เมื่อใช้น้ำหนักความสำคัญจากส่วนประกอบสำคัญทำให้ $\Omega = \alpha + (1-r)/p\lambda_1$ ทำให้ $\Omega > \alpha$ หรือ θ นอกเสียจาก r = 1.0 ที่ $\Omega = \alpha$ หรือ θ

มีประเด็นน่าสังเกตดังนี้ 1) ประสบการณ์ในทางปฏิบัติที่ใช้วิธีองค์ประกอบร่วมกับวิธีส่วนประกอบสำคัญ พบว่า น้ำหนักความสำคัญที่ได้มีขนาดแตกต่างกันในเชิงสัมพัทธ์เพียงเล็กน้อย กล่าวคือแม้ทั้งสองวิธีทำให้ค่าสัมบูรณ์ของน้ำหนักความสำคัญแตกต่างกันก็ตาม แต่โดยทั่วไปการจัดลำดับที่ของข้อสอบ จะอยู่ในอันดับเดียวกันตามส่วนที่ส่งผลต่อองค์ประกอบแรก ดังนั้นถ้ามาตรวัดที่ฟอร์มข้อสอบโดยใช้ข้อสอบที่มีน้ำหนักความสำคัญสูงสุด ทั้งสองวิธีควรมีผลให้มาตรวัดคล้ายกัน 2) ตามประสบการณ์ชี้ให้เห็นว่าค่าของ Ω และ θ

โดยทั่วไปแล้ว ให้ค่าที่ทัดเทียมกัน ความผันแปรมักจะต่ำกว่า .01 ประเด็นสำคัญที่ควรจดจำก็คือ สูตร θ ควรใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ และสูตร Ω ควรใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม โดยสมมติว่ามาตรวัดมีองค์ประกอบเดียว

แม้ว่าแนวคิดพื้นฐานของมาตรวัดความแปรปรวนร่วมแบบดั้งเดิมอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ก็ตามแต่ยังมีจุดอ่อนอยู่หลายข้อ เช่น สหสัมพันธ์ข้อสอบ มาตรวัด และความเชื่อมั่น α ไม่เหมาะที่จะใช้ในกรณีที่ข้อสอบส่งผลต่อโครงสร้างต่างกัน และไม่สามารถนำไปใช้กับโครงสร้างอิสระหลายๆ โครงสร้างค่าความเชื่อมั่น θ และมาตรวัดองค์ประกอบที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบส่วนประกอบสำคัญ ตามประเพณีนิยมสามารถใช้เป็นวิธีปรับปรุงค่าความเชื่อมั่นของมาตรวัดให้สูงขึ้น และแนวความคิดให้ชัดเจนขึ้น ซึ่งเป็นการนำเสนอวิธีค้นหาพหุมิติ และยอมให้ข้อสอบสัมพันธ์กับมิติเหล่านี้ได้แตกต่างกัน วิธีดังกล่าวนี้มีข้อดีที่เชื่อมโยงมาตรวัดพหุมิติให้เข้าใกล้กับแนวคิดของความเชื่อมั่นของมาตรวัด

ขั้นตอนการใช้เทคนิคมาตรวัดองค์ประกอบ เพื่อปรับปรุงให้ความเชื่อมั่นของมาตรวัดมีค่าสูงขึ้น สรุปได้ดังต่อไปนี้

1) เลือกเซตของตัวแปรที่เป็นตัวแทน domain เป็นมาตรวัด หรือตัวบ่งชี้หนึ่งชุดหรือมากกว่าเพื่อใช้ในการทำนาย

2) ในกรณีที่มีนักเรียนตอบข้อสอบไม่หมด หรือเว้นว่างไว้ การคำนวณมาตรวัดองค์ประกอบและความเชื่อมั่น ควรใช้ค่าเฉลี่ยไปแทนข้อมูลที่ขาดหายไป ในการวิเคราะห์องค์ประกอบจะทำให้ได้ ค่าประมาณที่ดี

3) ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบส่วนประกอบสำคัญ และทำการสกัดองค์ประกอบจนกระทั่งรากมีค่าใกล้ 1.0 หรือรากเริ่มต้นมีจุดบ่งบอกโดยมีค่าประมาณลดลง

4) ถ้าสมมติฐานองค์ประกอบเดียว ได้รับการสนับสนุน ค่าน้ำหนักสำคัญขององค์ประกอบแรกที่ยังไม่ได้หมุนแกนสามารถใช้ในการแปลความหมายของมาตรวัด ถ้าใช้คะแนนองค์ประกอบปกติ ในการสร้างมาตรวัด สามารถใช้สูตร $\theta = [p/(p-1)]\ [1-(1/\lambda_1)]$ ในการคำนวณความเชื่อมั่น

5) ถ้าองค์ประกอบที่ข้อสอบมีน้ำหนักความสำคัญน้อย เช่น ต่ำกว่า 0.3 หรือ 0.4 แล้ว ความเชื่อมั่นสามารถเพิ่มขึ้นได้ โดยตัดข้อสอบที่มีคุณภาพต่ำเหลือแต่เฉพาะข้อสอบที่มีคุณภาพสูง ในกรณีนี้ การสร้างมาตรวัดจากการรวมข้อสอบอย่างง่าย ๆ โดยสมมติว่าความแปรปรวนของข้อสอบประมาณใกล้เคียงกัน ถ้าไม่ใกล้เคียงกับข้อสอบควรทำเป็นมาตรฐานแล้วสามารถประมาณค่าความเชื่อมั่นด้วยสัมประสิทธิ์ α ทางเลือกอีกทางหนึ่งคือ จัดองค์ประกอบเซตย่อยใหม่ เพื่อใช้ในการหาคะแนนองค์ประกอบและใช้สัมประสิทธิ์ θ คำนวณ

6) ถ้าต้องใช้การวิเคราะห์ พหุองค์ประกอบ แล้วการหมุนแกนองค์ประกอบสอง หรือมากกว่าสององค์ประกอบควรจะต้องทำโดยใช้วิธีวาริแมกซ์ (Varimax) หรือวิธีคล้ายคลึงกัน จนกระทั่งสามารถแปลความหมายขององค์ประกอบที่ได้นั้น แม้ว่าคะแนนองค์ประกอบหลังหมุนแกนสามารถนำมาใช้ในมาตรวัด และคำนวณความเชื่อมั่นตามสมการความเชื่อมั่นจะมีค่าสูงมากเมื่อใช้ข้อสอบที่มีน้ำหนักความสำคัญสูงสุดบนแต่ละองค์ประกอบในการสร้างแบบวัดในกรณีนี้ถ้าใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเดียวแล้วสามารถสร้างมาตรวัดโดยการรวมข้อสอบอย่างง่าย ๆ แล้วการประมาณค่าความเชื่อมั่นสามารถใช้สัมประสิทธิ์ α ทางเลือกอีกทางหนึ่งคือจัดองค์ประกอบแต่ละเซตย่อยใหม่ แล้วสามารถใช้สัมประสิทธิ์ θ คำนวณความเชื่อมั่น

ความถนัดทางการเรียน

ความหมายของความถนัด

นักจิตวิทยาและนักการศึกษา ได้ให้ความหมายของความถนัด แตกต่างกัน ไว้มากมาย ดังนี้

ฟรีแมน (Freeman. 1966 : 431) กล่าวว่า ความถนัดเป็นผลรวมของคุณลักษณะต่าง ๆ ที่จะชี้ให้เห็นวิสัยของแต่ละคนในการที่จะได้มาซึ่งความรู้ทักษะหรือการตอบสนอง ดังนั้นแบบทดสอบวัดความถนัดจึงออกแบบเพื่อวัดศักยภาพของความสามารถในกิจกรรมเฉพาะภายในพิสัยที่จำกัด

ครอนบัค (Cronbach. 1970 : 38) กล่าวว่า ความถนัดทางการเรียน หมายถึง ความสามารถทางสมองที่ร่วมกันทำงานเพื่อเพิ่มพูนความสำเร็จในกิจกรรมทางปัญญา

บิงแฮม (Bingham. 1987 : 17) กล่าวว่า ความถนัดเป็นสภาวะที่แสดงถึงความเหมาะสมของบุคคลที่สำคัญประการแรกคือความพร้อมของบุคคลในการเพิ่มพูนความชำนิชำนาญให้แก่ตนเองหรือเป็นศักยภาพของบุคคลนั้น หรืออีกนัยหนึ่งคือความพร้อมที่จะสนใจในความสามารถของบุคคลนั้น ๆ

ชวาล แพรัตกุล (2517 : 50) กล่าวว่า ความถนัดเป็นความสามารถของบุคคลที่จะทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง จึงให้ความหมายของความถนัดว่า หมายถึง ความพยายามที่จะคาดคะเนหรือพยากรณ์ภายหน้าอันเป็นเรื่องราวของอนาคตกาล โดยอาศัยข้อเท็จจริงในปัจจุบันเป็นรากฐานว่าเด็กสามารถไปได้ไกลเพียงใดจะเรียนรู้สิ่งนั้น สิ่งนี้ได้เท่าไร ถ้าเขาได้รับประสบการณ์การฝึกสอนที่เหมาะสม

ทองห่อ วิภาวิน (2523 : 16 - 17) ได้ให้ความหมายของความถนัดว่า

1. ความถนัด หมายถึง ปัญญาของบุคคล หรือเรียกง่าย ๆ ว่า ไหวพริบ หรือความฉลาด หรือความสามารถในการแก้ปัญหา โดยการนำความรู้และหลักวิชาไปแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ซึ่งเป็นลักษณะของพลังงานความคิดที่สำคัญในการแก้ไขอุปสรรคและตัดสินเหตุการณ์เฉพาะหน้าได้ถูกต้อง

2. ความถนัดเป็นสมรรถภาพทางสมอง ที่ประกอบด้วยความสามารถเฉพาะหลายด้าน ซึ่งความสามารถแต่ละด้านจะมีคุณภาพแตกต่างกันออกไป ดังนั้นคนแต่ละคนจึงแตกต่างกันในเรื่องของความสามารถทางสมองอีกด้วย ฉะนั้นในการวัดจึงต้องวัดความสามารถหลายๆ ด้าน ถ้าบุคคลใดมีความสามารถทางสมองด้านใดมากก็จะมีความถนัดหรือเก่งด้านนั้นด้วย

3. ความถนัดไม่ได้หมายถึงกรรมพันธุ์ และพรหมลิขิตไม่ใช่เป็นสมรรถภาพทางสมองที่ติดตัวมาแต่กำเนิด หากแต่เป็นผลที่เกิดจากการที่ได้มีโอกาสฝึกฝน และคิดปัญหาหรือมีประสบการณ์ในด้านนั้นมากพอ

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2527 : 27) กล่าวว่า ความถนัดหมายถึง ความสามารถที่บุคคลได้รับประสบการณ์ฝึกฝนตนเอง และมีการสั่งสมไว้มากจนเกิดเป็นทักษะพิเศษที่เด่นชัดด้านใดด้านหนึ่งพร้อมที่จะปฏิบัติด้านนั้นได้อย่างดี

จากความหมายดังกล่าว พอสรุปได้ว่า ความถนัด เป็นความสามารถของแต่ละบุคคล ที่เกิดจากการเรียนรู้ ด้วยการฝึกฝนตนเอง และสะสมมาจนสามารถปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ได้สำเร็จตามความสามารถของตนเอง

ทฤษฎีสมรรถภาพสมอง และความถนัด

ทฤษฎีสมรรถภาพสมอง และความถนัด มีหลายทฤษฎี แต่ที่สำคัญที่จะกล่าวต่อไปนี้คือ ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2527 : 42-47)

1. ทฤษฎีองค์ประกอบเดียว (Unl - Factor Theory) บางทีทฤษฎีนี้เรียกว่า Global Theory ผู้คิดทฤษฎีนี้คือ บิเนท์ และซีมอน (Binet and Simon . 1905) ทฤษฎีนี้เสนอโครงสร้างเชาว์ปัญญาเป็นลักษณะ

อันหนึ่งอันเดียวไม่แบ่งออกเป็นส่วนย่อย คล้ายกับความสามารถทั่วไป (General Ability) นั่นเอง ในปี ค.ศ. 1905 หรือ พ.ศ. 2448 บิเนท์ และซีมอน ได้สร้างข้อสอบวัดตามแนวคิดของเขาเป็นครั้งแรก ข้อสอบนี้สร้างวัดเชาว์ปัญญาเป็นแบบ Global Measure คือ วัดออกมาเป็นคะแนนเดี่ยว แล้วแปลความหมายมีปัญญาระดับใด

2. ทฤษฎีสององค์ประกอบ (Bi - Factor Theory) ทฤษฎีนี้นำโดยนักจิตวิทยาชาวอังกฤษ ชื่อ สเปียร์แมน (Charles Spearman) ในปี ค.ศ.1927 เป็นทฤษฎีที่อาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า กิจกรรมทางสมองทั้งหลายเมื่อวิเคราะห์ดูแล้วมีองค์ประกอบร่วมกันอันหนึ่ง เรียกชื่อองค์ประกอบนี้ว่า องค์ประกอบทั่วไป (General Factor) เรียกว่า G - Factor และอีกองค์ประกอบหนึ่งเป็นองค์ประกอบประกอบเฉพาะ (Specific Factor) เรียกว่า S - Factor และแต่องค์ประกอบเฉพาะนี้มีกิจกรรมเฉพาะของมันเอง

3. ทฤษฎีหลายองค์ประกอบ (Multiple - Factor Theory) ทฤษฎีนี้เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางของนักจิตวิทยาชาวอเมริกัน ผู้นำในการสร้างทฤษฎีนี้คือ เธอร์สโตน (L.L Thurstone) เสนอทฤษฎีนี้เมื่อปี ค.ศ. 1933 โดยทำการวิจัยโครงสร้างทางสมองอย่างกว้างขวาง และใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ทำให้สามารถแยกแยะความสามารถทางสมองออกได้หลายอย่าง แต่ที่เห็นเด่นชัดและสำคัญ ๆ มีอยู่ 7 ประการ คือ

3.1 องค์ประกอบด้านภาษา (Verbal Factor ใช้อักษรย่อว่า V)

3.2 องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่วในการใช้ถ้อยคำ (word Fluency Factor ใช้อักษรย่อว่า w)

3.3 องค์ประกอบด้านจำนวน (Number Factor ใช้อักษรย่อว่า N)

3.4 องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Space Factor ใช้อักษรย่อว่า S)

3.5 องค์ประกอบด้านความจำ (Memory Factor ใช้อักษรย่อว่า M)

3.6 องค์ประกอบด้านสังเกต (Perceptual Speed Factor ใช้อักษรย่อว่า P)

3.7 องค์ประกอบด้านเหตุผล (Reasoning Factor ใช้อักษรย่อว่า R)

4. ทฤษฎีไฮราชิคอล (Hierarchical Theory) ผู้นำทฤษฎี คือ เวอร์นอน (Vernon) เบิร์ต (Burt) ชาวอังกฤษ และฮัมฟรีย์ (Humphreys) ชาวอเมริกา โดยเฉพาะเวอร์นอน ได้เสนอโครงสร้างทางสมองตามทฤษฎีสององค์ประกอบของสเปียร์แมน เสนอว่าในส่วนขององค์ประกอบทั่วไป (General Factor : G - Factor) แบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบใหญ่ ๆ คือ ความถนัดภาษา (Verbal Education ; v : ed) ความถนัดทางช่าง (Practical Mechanical ; k : m) ซึ่งองค์ประกอบใหญ่ทั้งสองรวมเรียกว่า Major Group Factors องค์ประกอบใหญ่ทั้งสองยังแบ่งองค์ประกอบย่อยลงไป อีกได้เรียกว่า Minor Group Factors เช่น ด้าน V : ed ยังแบ่งย่อยเป็นองค์ประกอบด้านภาษา (Verbal) องค์ประกอบด้านตัวเลข (Number) และอื่นๆ อีกส่วน K ; m ได้แบ่งย่อยออกเป็นความรู้เชิงกล (Mechanical Imformation) มิติสัมพันธ์ (Spatial) ความสามารถในการใช้กลไกของกล้ามเนื้อ (Psychomotor Abilities) และอื่น ๆ อีก ซึ่งแต่ละองค์ประกอบย่อย ยังแบ่งเป็นองค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factors)

5. ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญา (The Structure of Intellect Theory) ผู้ตั้งทฤษฎีนี้คือ กิลฟอร์ด (Guilford) นักจิตวิทยาชาวอเมริกา ได้ศึกษาพัฒนาจากทฤษฎีหลายองค์ประกอบของเธอร์สโตน ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบทดสอบวัดสติปัญญาแล้ว เสนอโครงสร้างทางสมองของมนุษย์ในปี ค.ศ. 1967 อธิบายโครงสร้างทางสมองในรูปแบบจำลองสามมิติ (Three - Dimensional Model) ดังนี้ (Guilford and Hoepfner. 1971 : 20-21)

มิติที่ 1 วิธีการคิด (Operations) เป็นการปฏิบัติงานทางสมอง หรือขบวนการแบบต่าง ๆ ซึ่งจะเกิดขึ้นตามลำดับจากง่ายไปหายาก เริ่มจากการรู้และเข้าใจ การจำ การคิดแบบอเนกนัย การคิดแบบเอกนัย และการประเมินค่า

มิติที่ 2 เนื้อหา (Contents) เป็นสิ่งเร้าต่าง ๆ ที่ได้รู้จักด้วยระบบประสาทสัมผัสทั้งหลายของมนุษย์ แบ่งเป็น 4 อย่าง คือ ภาพ สัญลักษณ์ ภาษา และพฤติกรรม

มิติที่ 3 ผลการคิด (Products) แบ่งเป็น 6 ลักษณะ คือ หน่วย จำนวน ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์

6. ทฤษฎีความสามารถทางสมองสองระดับ (Two - Level Theory of Mental Ability) ทฤษฎีนี้เสนอโดย เจนเซน (Jensen) เจนเซนเสนอทฤษฎีว่าความสามารถทางสมองมีอยู่สองระดับ คือ ระดับ 1 (Level s) เป็นความสามารถด้านการเรียนรู้และจำอย่างนกแก้ว นั่นคือเป็นความสามารถที่จะสะสมหรือเก็บข้อมูลไว้ได้ และพร้อมที่จะระลึกนึกออกได้ ระดับ II (Level II) เป็นระดับของการจัดกระทำทางสมองเป็นขั้นสร้างมโนภาพ เหตุผล และแก้ปัญหา ระดับ II นี้เหมือนกับองค์ประกอบทั่วไป (G - Theory) นั่นเอง

บุญชม ศรีสะอาด (2526 : 4-5) กล่าวว่า การจัดประเภทแบบทดสอบความถนัดของ เมห์เรนส์ และ เลห์แมน วิลเลี่ยม (William) จัดแบบทดสอบวัดความถนัดออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบความถนัดทั่วไปรายบุคคล (Individually Administer Tests of General Aptitude) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ทำนายผลสำเร็จทางการเรียน และใช้ทางคลินิก ได้แก่ แบบทดสอบวัดเชาว์ปัญญาเด็กของเวคสเลอร์ (Wechsler Intelligence Scale for Children) ฯลฯ

2. แบบทดสอบความถนัดทั่วไปของกลุ่ม (Group Tests of General Aptitude) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในสถาบันการศึกษาอย่างกว้างขวางกว่าแบบทดสอบรายบุคคล ได้แก่ แบบทดสอบอาร์มีแอลฟา (Army Alpha) แบบทดสอบโอติส-เลนนอน (Otis-Lennon Mental Ability Test) ฯลฯ

3. แบบทดสอบความถนัดพิเศษ (Special Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการพิจารณาตัดสินใจเกี่ยวกับการคัดเลือกทางอาชีพและทางการศึกษา ได้แก่ แบบทดสอบวัดการมองเห็น และการได้ยิน (Test of Visaul and Hearing) แบบทดสอบความถนัดด้านจักรกล (Mechanical Aptitude Test) ฯลฯ

4. แบบทดสอบความถนัดพหุคูณ (Multifactor Aptitude Test)ได้แก่แบบทดสอบดิฟเฟอร์เรนเชียล แอปติจูด เทสต์ (Differential Aptitude Test) ฯลฯ

แบบทดสอบ Differential Aptitude Test

บุญชม ศรีสะอาด (2526 : 128 - 129) กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของการสร้างแบบทดสอบ DAT เพื่อนำผลการสอบไปใช้ในการแนะแนวทางการศึกษา และอาชีพ โดยใช้ทดสอบเป็นกลุ่ม หรือทดสอบกับจำนวนผู้เข้าสอบครั้งละมาก ๆ วัดความแตกต่าง ความถนัด (Differential Aptitude Test หรือ DAT) สร้างโดย เบนเนตต์ (George K. Bennett) ซีชอร์ (Harold G. Seashore) และ เวสแมน (Alexander G. Wesman) พิมพ์ครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1947 โดยบริษัท The Psychological Coperation มีการปรับปรุงให้เป็นมาตรฐานในปี ค.ศ. 1963 เป็นฟอร์ม L และ M และปรับปรุงอีกครั้งในปี ค.ศ. 1973) ชื่อฟอร์ม S และ T เป็นแบบทดสอบชุดวัดความถนัดที่ใช้กว้างขวางมากที่สุด โครงสร้างของแบบทดสอบความถนัด DAT นี้สอดคล้องกับทฤษฎีไฮราชิคอล (Hierarchical Theory) ของเวอร์นอน (Vernon) ทอมสัน (Thomson) และเบิร์ท (Burt)

ระดับชั้น และเนื้อหา

แบบทดสอบ DAT สร้างขึ้นสำหรับทดสอบในระดับมัธยมศึกษา คือ เกรด 8 - 12 ระดับความยากของ DAT ยังพอใช้ได้กับระดับผู้ใหญ่อีกด้วย แบบทดสอบ DAT มี 2 ชุด คือชุด S และชุด T แต่ละชุดประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 8 ฉบับ ดังนี้

ชื่อแบบทดสอบ	จำนวนข้อ	เวลา(นาที)
1. เหตุผลทางภาษา (Verbal Reasoning หรือ VR)	50	30
2. ความสามารถด้านตัวเลข (Numerical Ability หรือ NA)	40	30
3. เหตุผลแบบนามธรรม (Abstract Reasoning หรือ AR)	50	25
4. ความเร็วและความแม่นยำ (Perceptual Speed and Accuracy หรือ PSA)	100	6
5. เหตุผลเชิงกล (Mecharical Reasoning หรือ MR)	70	30
6. มิติสัมพันธ์ (Space Relations หรือ SR)	60	25
7. สะกดคำ (Spelling หรือ SP)	100	10
8. การใช้ภาษา (Language Usage หรือ LU)	60	25

ตัวอย่างแบบทดสอบ

1. เหตุผลทางภาษา (Verbal Reasoning หรือ VR) ประกอบด้วยข้อสอบอุปมาอุปไมยทางภาษา ซึ่งเป็นการวัดความสามารถด้านเหตุผล มากกว่าความเข้าใจทางภาษาเลือกคู่ของคำที่จะมาเติมที่ว่างได้ถูกต้องเหมาะสมที่สุด คำแรกจะเติมลงในช่องว่างข้างหน้าของประโยค คำหลังที่เติมที่ว่างท้ายประโยค

.....is to water as eat is to .....

A. continue drive
B. foot enemy
C. drink food
D. girl industry
E. drink enemy

2. ความสามารถด้านตัวเลข (Numerical Ability หรือ NA) ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านตัวเลข เป็นการคำนวณเลขคณิตอย่างง่าย ดังตัวอย่าง

บวก 13 A. 14
12 B. 25
C. 16
D. 59
E. ไม่มีข้อถูก

3. เหตุผลแบบนามธรรม (Abstract Reasoning หรือ AR) เป็นการวัดความมีเหตุผล โดยการคิดแบบนามธรรม แต่ละข้อจะเป็นภาพ (ที่ไม่มีความหมาย) ให้ดูก่อน 4 ภาพ เป็นภาพอนุกรม ให้คิดดูว่าภาพต่อไปควรจะมีลักษณะเช่นไร ดังตัวอย่าง

A B C D E

4. ความเร็วและความแม่นยำ (Perceptual Speed and Accuracy หรือ PSA) เป็นการวัดความรวดเร็วในการรับรู้ ในแต่ละข้อ ทั้งในคำถาม และตัวเลือก จะมีชุดของตัวอักษรและ/หรือตัวเลขเป็นคู่ ๆ จำนวน 5 คู่ ให้หาคู่ที่เหมือนกันกับที่ขีดเส้นใต้ไว้ ตัวอย่างเช่น

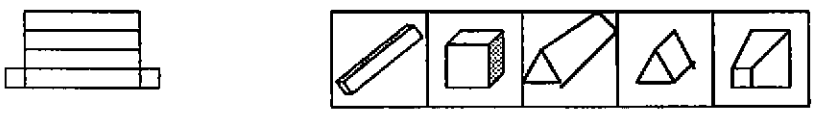
คำถาม						กระดาษคำตอบ					
V	AB	AC	AD	AE	AF	V	AC	AE	AF	AB	AD
W	aA	aB	BA	Ba	Bb	W	BA	Ba	Bb	aA	aB
X	A7	7A	B7	7B	AB	X	7B	B7	AB	7A	A7

5. เหตุผลเชิงกล (Mechanical Reasoning หรือ MR) เป็นการวัดความสามารถด้านเหตุผลและเชิงกล เน้นหนักไปทางวิทยาศาสตร์ เป็นรูปภาพเกี่ยวกับกลศาสตร์ทั้งนั้น แต่เป็นภาพที่อาศัยหลักการอ่านง่าย ๆ ประกอบด้วยภาพต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาทางจักรกล ดังตัวอย่าง

จากภาพรูปใดเป็นการแสดงผลของแรงโน้มถ่วงของน้ำ (ถ้าเป็นทั้งสองรูปให้กาข้อ C)

A B

6. มิติสัมพันธ์ (Space Relations หรือ SR) เป็นการวัดความสามารถในการมองความสัมพันธ์มิติต่าง ๆ ระหว่างกว้าง ยาว หนา โดยใช้การจินตนาการ เป็นแบบทดสอบประกอบภาพ ภาพสองมิติที่มองเห็นนั้น ถ้าประกอบเข้าเป็นกล่อง จะมีลักษณะเช่นไร



A B C D E

7. สะกดคำ (Spelling หรือ SP) เป็นการวัดความสามารถด้านจำศัพท์ว่า คำใดเขียนผิดหรือเขียนถูก แต่ละข้อจะยกคำต่าง ๆ มาข้อละคำ แล้วให้พิจารณาดูว่าถูกหรือผิด จึงเป็นข้อสอบแบบถูกผิด ดังตัวอย่าง

			R	W
W	man	W	☐	☐
X	gurl	X	☐	☐

8. การใช้ภาษา (Language Usage หรือ LU) เป็นการวัดความสามารถด้านการใช้ภาษา มุ่งวัดความเก่ง ความอ่อน ในด้านไวยากรณ์ เครื่องหมายวรรคตอน และการใช้คำ ซึ่งจะยกประโยคที่แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ A , B , C และ D ให้พิจารณาดูว่า ส่วนใดผิด (ถ้าไม่ผิดให้ตอบ N) ดังตัวอย่าง

X. Ain't we / going to / the office / next week ?

A B C D

ในจำนวนแบบทดสอบย่อย 8 ฉบับนี้ มี 2 ฉบับที่วัดด้านผลสัมฤทธิ์มากกว่าด้านความถนัด คือ แบบทดสอบสะกดคำ กับแบบทดสอบการใช้ภาษา ที่ผู้สร้างนำเอาทั้งสองฉบับนี้มารวมเข้าไว้ในแบบทดสอบชุดนี้ เพราะเห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางภาษาเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเรียน และประกอบอาชีพในขั้นต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้นผู้วิจัยได้แยกศึกษา จำแนกเป็นงานวิจัยต่างประเทศ และงานวิจัยภายในประเทศ

งานวิจัยต่างประเทศ มีดังนี้

คริสทอฟ (Kristof. 1974 : 491 - 499) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากผลการสอบของนักเรียน 2,000 คน โดยใช้แบบทดสอบมาตรฐานวัดความถนัดชุดคำศัพท์ จำนวน 144 ข้อ ซึ่งแบ่งแบบทดสอบออกเป็นส่วนย่อยสามส่วนที่แตกต่างกัน 7 แบบ มีดังนี้ แบบ A ส่วนที่ 1 ได้แก่ข้อ 1 – 4 จำนวน 48 ข้อ ส่วนที่ 2 ได้แก่ข้อ 49 - 96 จำนวน 48 ข้อ ส่วนที่ 3 ได้แก่ข้อ 97 - 144 จำนวน 48 ข้อ แบบ B ส่วนที่ 1 ได้แก่ข้อ 1, 3, 5, 7, ... จำนวน 72 ข้อ ส่วนที่ 2 ได้แก่ข้อ 2, 6, 10, 14, ... จำนวน 36 ข้อ ส่วนที่ 3 ได้แก่ข้อ 4, 8, 12, 16, ... จำนวน 36 ข้อ แบบ C_1 แบ่งด้วยการสุ่มด้วยความน่าจะเป็น 1/3 ทั้งสามส่วน ได้ส่วนที่ 1 จำนวน 47 ข้อ ส่วนที่ 2 จำนวน 49 ข้อ ส่วนที่ 3 จำนวน 48 ข้อ แบบ C_2 ทำเช่นเดียวกับแบบ C_1 ได้ส่วนที่ 1 จำนวน 45 ข้อ ส่วนที่ 2 จำนวน 59 ข้อ ส่วนที่ 3 จำนวน 40 ข้อ แบบ D_1 และแบบ D_2 แบ่งการสุ่มด้วยความน่าจะเป็น 1/6 , 1/3 และ 1/2 ตามลำดับ แบบ D_1 ได้จำนวนข้อเท่ากับ 27 , 47 และ 70 ข้อ และแบบ D_2 ได้จำนวนข้อเท่ากับ 19 , 61 และ 64 ข้อตามลำดับ แบบ E ส่วนที่ 1 ได้แก่ข้อ 1, 4, 7, 10, ... จำนวน 48 ข้อ ส่วนที่ 2 ได้แก่ข้อ 2, 5, 8, 11, ... จำนวน 48 ข้อ ส่วนที่ 3 ได้แก่ข้อ 3, 6, 9, 12, ... จำนวน 48 ข้อ จากนั้นคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ r_K ของเขา สัมประสิทธิ์ r_G ของกัตต์แมน (Guttman. 1945) และสัมประสิทธิ์ r_C ของครอนบัค (Cronbach. 1951) จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์โดยใช้สูตรทั้งสาม และนำค่าสัมประสิทธิ์มาเปรียบเทียบกัน ปรากฏว่าในการแบ่งแบบทดสอบแต่ละแบบดังกล่าวข้างต้น สัมประสิทธิ์ $r_K > r_G > r_C$

ราชู (Raju. 1977 : 549 - 565) ได้พัฒนาสัมประสิทธิ์แอลฟา r_C ของครอนบัค (Cronbach. 1951) ให้สามารถประมาณค่าความเชื่อมั่นจากแบบทดสอบที่แบ่งส่วนด้วยความยาวไม่เท่ากัน ราชู เรียกว่า สัมประสิทธิ์เบต้า (Coefficient β_K) และได้ทำการทดลองเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ r_R กับสัมประสิทธิ์แอลฟา r_C ของครอนบัค (Cronbach. 1951) สัมประสิทธิ์ r_{FS} ของเฟลดท์ (Feldt. 1975) สัมประสิทธิ์ r_H ของฮอร์ส (Horse. 1951) สัมประสิทธิ์ r_K ของคริสทอฟ (Kristof. 1974) โดยศึกษาจากนักเรียนชั้นเกรดหก จำนวน 300 คน ที่สอบแบบทดสอบการคิดคำนวณจำนวน 40 ข้อ จากชุดอนุกรมผลสัมฤทธิ์ เอส อาร์ เอ ระดับต้น (The SRA Achievement Series. Green Level , 1971) ในภาคการศึกษาต้นของปี 1975 ปรากฏว่ามีค่าความเชื่อมั่นแบบ KR - 20 เป็น 0.854 และจากการแบ่งแบบทดสอบออกเป็นหลาย ๆ ส่วน เป็น 4 แบบ ต่างกันคือแบ่งสองส่วน 2 แบบ แบ่งสามส่วน 1 แบบและแบ่งสี่ส่วน 1 แบบ ในการแบ่งแบบทดสอบแต่ละแบบจะกำหนดข้อสอบใส่ในแต่ละส่วนโดยการสุ่ม ผลปรากฏว่า สัมประสิทธิ์ r_R ประมาณค่าได้ดีเมื่อเทียบกับ KR - 20 ยกเว้นเฉพาะการแบ่งสองส่วนที่มีขนาด (35 , 5) ส่วนสัมประสิทธิ์ r_{FS} , r_H , r_K ก็ให้ผลดีเช่นเดียวกันแต่สัมประสิทธิ์แอลฟา r_C ให้ค่าประมาณที่ต่ำที่สุดทุกกรณี

เบคอน และคณะ (Bacon and others. 1995) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α) สูตรโอเมกากรณีที่มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากัน (Ω) และใช้สูตรโอเมกากรณีที่มีน้ำหนักองค์ประกอบไม่เท่ากัน (Ω_w) ทั้งสามสูตรใช้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ในการประมาณค่าความเชื่อมั่น โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้คือ ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบ เพื่อตรวจสอบความเป็นมิติเดียว (Unidimension) และกำหนดค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ข้อคำถามที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะต้องมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .3 - .9 และจำนวนข้อคำถามที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 3 – 15 ข้อ ผลจากการศึกษาพบว่าถ้ากำหนดชุดของค่าน้ำหนักองค์ประกอบให้ 2 ชุด ดังนี้ .95 , .95 , .95 , .01 และ .95 , .95 , .95 แล้วใช้สูตรโอเมกา (Ω_w) ในการประมาณค่าความเชื่อมั่น ข้อมูลชุดแรกได้ .9652408 ขณะที่ชุดที่สองได้ .9652406 แม้ว่าจะเกิดความแตกต่างเพียงเล็กน้อยแต่ก็มีผลต่อค่าความเชื่อมั่นที่ลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการตัดข้อคำถามที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่น้อยเกินไปออก ดังนั้น การที่ใช้สูตรแอลฟา (α) หรือสูตรโอเมกา (Ω) จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่คล้ายคลึงกับความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 คือปฏิเสธข้อคำถามที่ควรจะยอมรับได้ ผลจากการวิจัยอีกประการหนึ่งคือ ในกรณีที่จำนวนข้อคำถามน้อย และมีช่วงของค่าความเชื่อมั่นกว้างแล้ว ตัวอย่างเช่น ข้อคำถาม 3 ข้อ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .3 - .9 สูตรแอลฟา (α) หรือสูตรโอเมกา (Ω) จะให้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .596 และ .651 ตามลำดับ ขณะที่สูตรโอเมกา (Ω_w) จะให้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .831 ดังนั้นการใช้สูตรโอเมกา (Ω_w) ในการประมาณค่าความเชื่อมั่นจึงมีความเหมาะสมมากที่สุด

งานวิจัยภายในประเทศ มีดังนี้

โสภา บุณยศรีสวัสดิ์ (2520 : 85) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ได้จากวิธีการคำนวณที่ต่างกันโดยใช้แบบทดสอบความถนัดที่ได้ จากวิธีการคำนวณที่ต่างกันโดยใช้แบบทดสอบความถนัดทางการเรียนด้านภาษาและจำนวน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการสอบซ้ำ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับความเชื่อมั่นที่คำนวณได้จากการสอบครั้งเดียว คือวิธีแบ่งครึ่งข้อสอบวิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน สูตรที่ 20 และ 21 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ และได้สรุปว่าในเชิงปฏิบัติเพื่อความสะดวก รวดเร็ว และประหยัด จึงควรหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบด้วยวิธีใช้ทดสอบเพียงครั้งเดียว

สมเกียรติ คูหเวโรจนปกรณ์ (2535 : 67) ได้ศึกษาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบในวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่คำนวณจากสูตรเบต้าเด เมื่อแบ่งแบบทดสอบออกเป็นส่วนย่อย 4 ส่วน ที่มีขนาดความยาวไม่เท่ากัน โดยมีวิธีการแบ่งส่วนย่อยที่แตกต่างกัน 6 แบบ ผลปรากฏว่าค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตรสัมประสิทธิ์เบต้าเด β_K มีค่าความเชื่อมั่นไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อคำนวณด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา r_C จะมีค่าความเชื่อมั่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เกศเกล้า หมู่มิ่ง (2539 : 68) ได้ศึกษาค่าความเชื่อมั่นของมาตรวัดแบบประเมินค่าด้านมโนภาพแห่งตนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้แก่สูตร α , r_{L1} , r_{L2} , α_λ , Ω และ Ω_w ผลปรากฏว่าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความเชื่อมั่นด้วย สูตร α มีค่าต่ำสุด และสูตร r_{L1} มีค่าสูงสุด ค่าความลำเอียงทางสถิติของการประมาณค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณด้วยสูตร r_{L1} มีค่าต่ำสุด และสูตร α มีค่าสูงสุด การเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่น และค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยคำนวณด้วยสูตรทั้ง 6 พบว่าความเชื่อมั่นที่คำนวณด้วยสูตร α มีค่าต่ำสุด และสูตร Ω_w มีค่าสูงสุด เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ UX_1 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 จากนั้นทดสอบค่าความเชื่อมั่นรายคู่ด้วยวิธีการของมาราคุยโล พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกคู่ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ย โดยใช้สูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุทางเดียว พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

พนิดา ฟุ้งเกียรตินำสุข (2540 : 111) ได้ศึกษาค่าความเชื่อมั่นของมาตรวัดประเมินค่าที่มีรูปแบบการตอบแตกต่างกัน 3 รูปแบบ ได้แก่แบบตัวเลข แบบกราฟิก และแบบบรรยายโดยใช้สูตรประมาณค่า 2 สูตร คือ r_{L2} และ Ω_w พบว่าค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของมาตรวัดประมาณค่าแต่ละรูปแบบที่คำนวณจากสูตรทั้งสองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .01$) และสูตร Ω_w ให้ค่าความเชื่อมั่น และ ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยสูงกว่าสูตร r_{L2} ในมาตรวัดประเมินค่าทุกรูปแบบ

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ปัจจุบันเริ่มมีผู้สนใจศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าความเชื่อมั่นของสูตรที่ใช้ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) มากขึ้น แต่ยังไม่มีผู้ใดสำรวจความเหมาะสมของสูตรที่ใช้ค่าไอเกน (Eigen Value) ค่าสหสัมพันธ์และค่าน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบกับแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ซึ่งปัจจุบันมีผู้นิยมใช้แบบทดสอบความถนัดทางการเรียนมากขึ้น และสูตรที่ใช้กันมากคือสัมประสิทธิ์แอลฟา วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนว่าสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* สูตรใดเหมาะสมและให้การประมาณค่าความเชื่อมั่นดีที่สุด

สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณด้วย สูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* มีค่าแตกต่างกัน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีจุดหมายสำคัญเพื่อศึกษาว่าสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* สูตรใดประมาณค่าความเชื่อมั่นได้เหมาะสมที่สุด และให้ค่าความเชื่อมั่นใกล้เคียงกันหรือไม่ พิจารณาจากการทดสอบด้วยสถิติ UX_1 และสถิติ One Way Repeated MANOVA

ประชากร

ประชากร ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2540 สังกัดกองการมัธยมศึกษา กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในจังหวัดลพบุรี จำนวน 25 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 6,060 คน

ประชากรเทียม (Pseudopopulation)

ประชากรเทียมที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดลพบุรี ที่สุ่มจากประชากร ด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยมีขนาดโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม จำนวน 8 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 600 คน ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 จำนวนประชากรเทียมจำแนกตามห้องเรียน และจำนวนนักเรียน

โรงเรียน	จำนวนห้องเรียน	จำนวนนักเรียน
<u>ขนาดใหญ่</u>		
1. พระนารายณ์	2	100
2. โคกสำโรงวิทยา	2	100
<u>ขนาดกลาง</u>		
1. บ้านหมี่วิทยา	2	85
2. ปิยะบุตร์	2	80
3. พัฒนานิคม	2	80
4. ดงตาลวิทยา	2	75
5. โคกตูมวิทยา	1	40
<u>ขนาดเล็ก</u>		
1. บ้านชีวิทยา	1	40
รวม	14	600

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดลพบุรี โดยสุ่มแบบใส่คืนจากประชากรเทียม กลุ่มละ 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามลักษณะของแบบทดสอบ Differential Aptitude Test (DAT) จำนวนแนกเป็นฉบับย่อย 8 ฉบับ แบบทดสอบที่สร้างขึ้นนี้เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ประกอบด้วย

1. แบบทดสอบเหตุผลทางภาษา (Verbal Reasoning หรือ VR) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

2. แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข (Numerical Ability หรือ NA) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 15 นาที

3. แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม (Abstract Reason หรือ AR) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

4. แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ (Clerical Speed and Accuracy) จำนวน 80 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 5 นาที

5. แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล (Machanical Reasoning หรือ MR) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

6. แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ (Space Relation หรือ SR) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

7. แบบทดสอบสะกดคำ (Spelling หรือ SP) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 5 นาที

8. แบบทดสอบการใช้ภาษา (Language Usage หรือ LU) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

ตัวอย่างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน

ฉบับที่ 1 แบบทดสอบด้านเหตุผลทางภาษา เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถด้านเหตุผลอุปมา อุปไมยทางภาษา แต่ละข้อมีตัวเลือก 5 ตัวเลือก กำหนดนักเรียนเขียนเครื่องหมาย × ลงในตัวเลือกที่นักเรียนต้องการเพียงข้อละ 1 ตัวเลือก ให้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที ตัวอย่างเช่น

(0) ..... คู่กับคนเหมือนกับนกคู่กับ .....

ก. เสื้อผ้า..... บิน

ข. ความรู้ ..... อาหาร

ค. บ้าน ..... รัง

ง. อากาศ ..... ต้นไม้

จ. โรงเรียน ..... แมลง

คำตอบ คือ ข้อ ค.

ฉบับที่ 2 แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถด้านตัวเลข มีการคำนวณตัวเลขอย่างง่าย ๆ แต่ละข้อมีตัวเลือก 5 ตัวเลือก ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย × ลงในตัวเลือกที่นักเรียนต้องการเพียงข้อละ 1 ตัวเลือก กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 15 นาที ตัวอย่างเช่น

(0) B แทนจำนวนใดที่ทำให้ผลบวกต่อไปนี้เป็นจริง

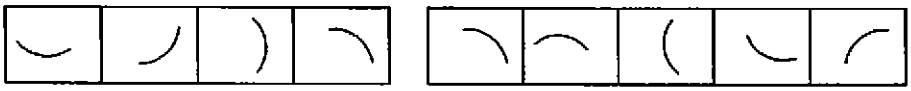
53BB +
1B9B
7062

ก. 1
ข. 2
ค. 4
ง. 6
จ. 8

คำตอบ คือ ข้อ ง.

ฉบับที่ 3 แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม เป็นแบบทดสอบที่วัดความมีเหตุมีผล โดยคิดแบบนามธรรม ในแต่ละข้อจะเป็นอนุกรมภาพ แต่ละข้อมีตัวเลือก 5 ตัวเลือก ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย × ลงในตัวเลือกที่นักเรียนต้องการเพียงข้อละ 1 ตัวเลือก กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที ตัวอย่างเช่น

(0)



ก ข ค ง จ

คำตอบ คือ ข้อ ข.

ฉบับที่ 4 แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรวดเร็วในการรับรู้โดยใช้การสังเกต รู้ตำแหน่งที่แน่นอน แต่ละข้อมีตัวเลือก 5 ตัวเลือก ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย × ลงในตัวเลือกที่นักเรียนต้องการเพียงข้อละ 1 ตัวเลือก กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 5 นาที ตัวอย่างเช่น

(0) ตัวอักษรที่ขีดเส้นใต้ตรงกับตัวอักษรในกระดาษคำตอบข้อใด

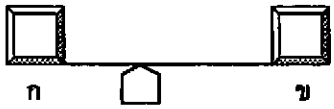
กค	ขง	กง	<u>งค</u>	คข

ก	ข	ค	ง	จ
คง	งข	งค	งก	คก

คำตอบ คือ ข้อ ค.

ฉบับที่ 5 แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถด้านเหตุผลเชิงกล เน้นหนักไปทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยหลักการง่าย ๆ แต่ละข้อมีตัวเลือก 3 ตัวเลือก ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย × ลงในตัวเลือกที่นักเรียนต้องการเพียงข้อละ 1 ตัวเลือก กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที ตัวอย่างเช่น

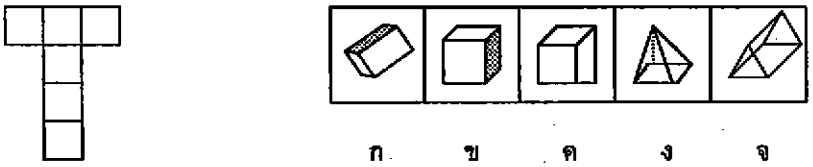
(0) จากรูปดานจะเอียงด้านไหน (ถ้าไม่เอียงด้านใดให้ตอบข้อ ค)



คำตอบ คือ ข้อ ข.

ฉบับที่ 6 แบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการมองความสัมพันธ์มิติต่าง ๆ มองการประกอบภาพโดยใช้การจินตนาการ แต่ละข้อมีตัวเลือก 5 ตัวเลือก ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย × ลงในตัวเลือกที่นักเรียนต้องการเพียงข้อละ 1 ตัวเลือก กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที ตัวอย่างเช่น

(0) จากภาพที่กำหนดให้เมื่อพับแล้วจะได้รูปใด



คำตอบ คือ ข้อ ข.

ฉบับที่ 7 แบบทดสอบสะกดคำ เป็นแบบทดสอบที่วัดความสามารถด้านจำศัพท์ สะกดคำว่าคำใดเขียนถูก หรือเขียนผิด แต่ละข้อมีตัวเลือก 2 ตัวเลือก ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย × ลงในตัวเลือกที่นักเรียนต้องการเพียงข้อละ 1 ตัวเลือก กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที ตัวอย่างเช่น

(0) คำที่กำหนดให้ต่อไปนี้ เขียนถูก หรือเขียนผิด

	กระดาษคำตอบ	
	ถูก	ผิด
1. ทะแยง	☐	☐
2. พะรุงพะรัง	☐	☐
3. กฎเกณฑ์	☐	☐

คำตอบ คือ ข้อ 1. ผิด
2. ถูก
3. ถูก

ฉบับที่ 8 แบบทดสอบการใช้ภาษา เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการใช้ประโยค การใช้คำกริยา โดยแบ่งประโยคเป็น 5 ส่วน แล้วให้หาส่วนที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งมีเพียงส่วนเดียว ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย × ลงในตัวเลือกที่นักเรียนต้องการเพียงข้อละ 1 ตัวเลือก กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที ตัวอย่างเช่น

(0) ให้พิจารณาว่าส่วนใดของประโยคใช้คำไม่ถูกต้อง

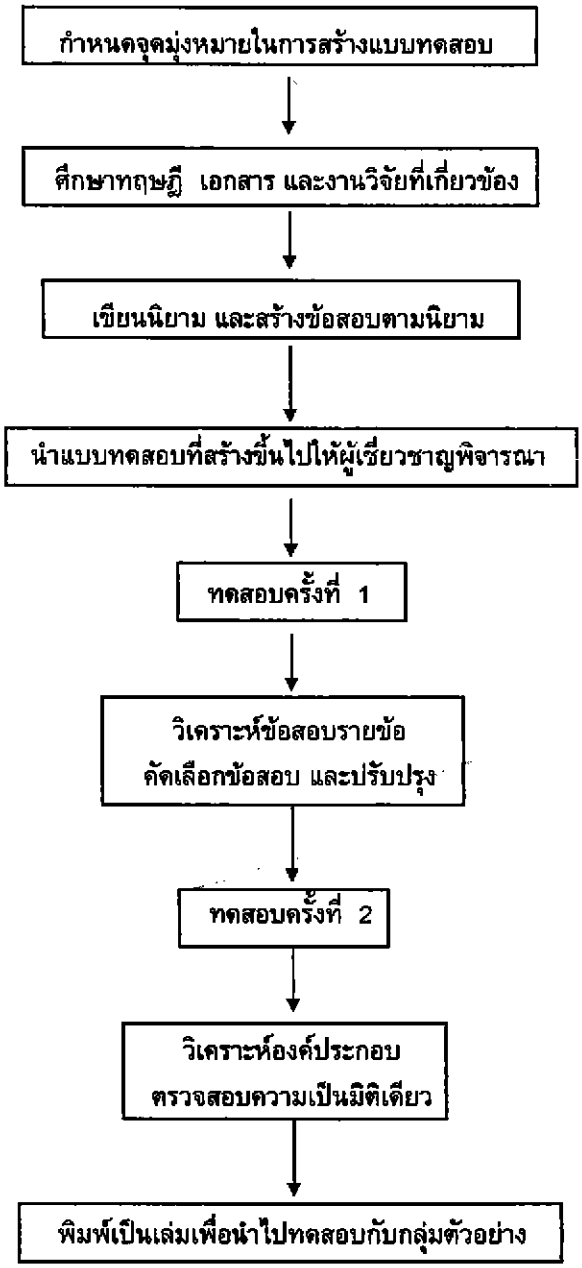
เมื่อวานนี้ นายสมเพช / ถูกรถชนถึงแก่ / อสัญกรรม / อย่างน่า / เวทนา

ก ข ค ง จ

คำตอบ คือ ข้อ ค.

วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียน ตามลักษณะของแบบทดสอบ DAT มีลำดับขั้น ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงลำดับขั้นในการสร้างเครื่องมือ

จากภาพประกอบ 1 แสดงลำดับขั้นการสร้าง และหาคุณภาพของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อใช้ในการศึกษาค่าความเชื่อมั่น

2. ศึกษานิยาม ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แก่ แบบทดสอบ Differential Aptitude Tests (DAT) และตัวอย่างแบบทดสอบชนิดต่าง ๆ

3. เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนทั้ง 8 ด้าน แล้วเขียนข้อสอบตามที่นิยามไว้ได้แบบทดสอบทั้ง 8 ฉบับ ดังนี้

3.1. แบบทดสอบเหตุผลทางภาษา จำนวน 40 ข้อ

3.2. แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข จำนวน 40 ข้อ

3.3. แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม จำนวน 40 ข้อ

3.4. แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ จำนวน 100 ข้อ

3.5. แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล จำนวน 40 ข้อ

3.6. แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ จำนวน 40 ข้อ

3.7. แบบทดสอบสะกดคำ จำนวน 40 ข้อ

3.8. แบบทดสอบการใช้ภาษา จำนวน 40 ข้อ

4. ตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) โดยนำแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนที่สร้างขึ้นทั้ง 8 ฉบับ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความ ถูกต้อง และวิจารณ์เกี่ยวกับความชัดเจนของข้อคำถามและตัวเลือกเพื่อปรับปรุงแก้ไขตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

4.1 ศาสตราจารย์ ดร.ผ่องพรรณ เกิดพิทักษ์	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4.2 อาจารย์ยุพา มานะจิตต์	ข้าราชการบำนาญ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4.3 อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4.4 อาจารย์สันติ สุขทรัพย์	โรงเรียนท่าวุ้งวิทยาคาร อำเภอท่าวุ้ง จังหวัดลพบุรี
4.5 อาจารย์วิศิษฏ์ พหลยุทธ	โรงเรียนวังม่วงวิทยาคม อำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี

5. นำแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนทั้ง 8 ฉบับ ไปทดสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนท่าวุ้งวิทยาคาร จำนวน100 คน

6. นำผลการทดสอบครั้งที่ 1 มาตรวจให้คะแนนคือ ถ้าตอบถูกให้คะแนน 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือเว้นว่างให้ 0 คะแนน และวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ เพื่อหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกได้ค่าความยากง่ายระหว่าง .20 ถึง .80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ดังนี้

6.1 แบบทดสอบเหตุผลทางภาษา จำนวน 25 ข้อ

6.2 แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข จำนวน 26 ข้อ

6.3 แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม จำนวน 30 ข้อ

6.4 แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ จำนวน 91 ข้อ

6.5 แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล จำนวน 27 ข้อ

6.6 แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ จำนวน 28 ข้อ

6.7 แบบทดสอบสะกดคำ จำนวน 26 ข้อ

6.8 แบบทดสอบการใช้ภาษา จำนวน 29 ข้อ

7. นำแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนทั้ง 8 ฉบับ ไปสอบครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองม่วงวิทยา แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เพื่อตรวจสอบความเป็นมิติเดียว (Unidimension) โดยพิจารณาจากค่าไอเกน (Eigen Value) ถ้าอันดับแรกมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับค่าอันดับที่ 2 และค่าไอเกนอันดับที่ 2 ต่างจากอันดับต่อไปไม่มากนักก็แสดงว่ามีความเป็นมิติเดียว และคัดเลือกข้อที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ตั้งแต่ .3 ขึ้นไป ได้จำนวน 8 ฉบับ

7.1 แบบทดสอบเหตุผลทางภาษา ได้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .4420 ถึง .7189

7.2 แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข ได้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .4708 ถึง .7110

7.3 แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม ได้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .4946 ถึง .7730

7.4 แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ ได้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .3730 ถึง .6730

7.5 แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล ได้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .4218 ถึง .6188

7.6 แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ ได้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .3667 ถึง .6295

7.7 แบบทดสอบสะกดคำ ได้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .3388 ถึง .6295

7.8 แบบทดสอบการใช้ภาษา ได้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .3736 ถึง .5659

8. นำแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนทั้ง 8 ฉบับ ไปทดสอบกับประชากรเทียม 600 คน

9. นำกระดาษคำตอบของนักเรียนมาตรวจให้คะแนน แล้วนำผลการสอบไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน และทดสอบสมมติฐาน

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการดังนี้

1. วางแผนในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทำหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัยถึงผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดลพบุรี เพื่อขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัด ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. นำแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนที่สร้างขึ้นจำนวน8 ฉบับ ไปทดสอบกับประชากรเทียม ระหว่างวันที่ 12 – 27 กุมภาพันธ์ 2541 โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ และวิธีการตอบแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน

3. นำผลการสอบในข้อ 2 มาตรวจให้คะแนน โดยกำหนดให้คะแนน ถ้าถูก ให้ 1 คะแนน ถ้าผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน

4. นำผลการสอบมาวิเคราะห์ทางสถิติ และทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Item Analysis, SPSS/PC+, SPSS FOR WINDOWS และ ALPHATST แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองเครื่องมือ ได้ดำเนินการดังนี้

1.1 หาค่าความยากง่าย (P) โดยวิธีการวิเคราะห์อย่างง่าย

1.2 หาค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์แบบพอยท์-ไบซีเรียล

2. การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย ใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/PC+ และเขียนคำสั่งเพิ่มเติมในกรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้โดยตรง และผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้น ดังนี้

2.1 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลพร้อมลงรหัส (Code) บันทึกข้อมูลเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ถือว่าเป็นข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด หรือเรียกว่าเป็นประชากรเทียม (Psuedopopulation)

2.2 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานที่จำเป็นของแบบทดสอบวัดความถนัด ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวนร่วมระหว่างส่วนย่อยของแบบทดสอบ

2.3 ตรวจสอบความเป็นมิติเดียว (Unidimension) โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) และหาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน

2.4 วิเคราะห์องค์ประกอบ ด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) เพื่อหาน้ำหนักองค์ประกอบ และด้วยวิธีส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component) เพื่อหาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่ากำลังสองของสหสัมพันธ์ ของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ จากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

2.5 นำค่าน้ำหนักองค์ประกอบ และค่ากำลังสองของสหสัมพันธ์ มาคำนวณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

2.6 สุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ 600 คน ซึ่งถือว่าเป็นประชากรเทียม (Psuedo-population) แบบใส่คืนของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กลุ่มละ 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม และดำเนินการเช่นเดียวกับ ข้อ 2.4 และ ข้อ 2.5

2.7 คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าความเชื่อมั่นแต่ละสูตร จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 200 กลุ่ม

2.8 คำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเชื่อมั่น ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความเชื่อมั่นของทั้ง 4 สูตร โดยหาจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 200 กลุ่ม

2.9 คำนวณค่าความลำเอียงทางสถิติของค่าความเชื่อมั่นของแต่ละสูตร โดยนำค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยที่คำนวณได้จากสูตร ($\bar{r}_i$) ลบด้วยค่าความเชื่อมั่นของสูตรนั้นจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (ρ_i)

2.10 ทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณด้วยสูตรทั้ง 4 สูตร จากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ โดยใช้สูตร UX_1 (Woodruff and Feldt. 1986) เพื่อให้แน่ใจว่าค่าความเชื่อมั่นที่ทดสอบนั้นแตกต่างกันโดยพิจารณาจากค่า UX_1 ที่มีค่ามาก

2.11 ทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ย ซึ่งประมาณจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 200 กลุ่ม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุทางเดียว (One Way Repeated MANOVA)

2.12 ทดสอบความแตกต่างรายคู่ของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ย หลังจากการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุทางเดียว ด้วยวิธีการของเชฟเฟ่ (Scheffe'. 1959)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบ คือ
   1.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)
   1.2 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
2. วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ (Item Analysis)

2.1 การหาค่าความยากง่าย (p) โดยใช้สัดส่วนของจำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้นกับจำนวนผู้ตอบในข้อนั้นทั้งหมด

2.2 การหาค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์แบบพอยท์-ไบซีเรียล (Allen and Yen. 1979 : 38)

$$r_{pbis} = \left[\frac{\overline{Y}_1 - \overline{Y}}{S_y}\right]\sqrt{\frac{P_x}{(1-P_x)}}$$

เมื่อ r_{pbis} แทน ค่าอำนาจจำแนก

$\overline{Y}_1$ แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก

$\overline{Y}$ แทน คะแนนเฉลี่ยทั้งหมดของแบบทดสอบ

S_y แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบฉบับนั้น

P_x แทน สัดส่วนของคนที่ทำข้อนั้นถูก

3. สถิติที่ใช้คำนวณค่าความเชื่อมั่น

3.1 สูตร Ω ของไฮส์ และบอร์นสเตดท์ (Heise and Bohrnstedt. 1970)

$$\Omega = \frac{\left(\sum_i \lambda_i\right)^2}{k + \left(\sum_i \lambda_i\right)^2 - \sum_i \lambda_i^2}$$

เมื่อ k แทน จำนวนข้อ

λ_i แทน ค่าน้ำหนักองค์ประกอบรายข้อ

3.2 สูตร Ω_w ของ อัลเลน (Allen. 1974)

$$\Omega_w = \frac{\sum_i \frac{\lambda_i^2}{1-\lambda_i^2}}{1 + \sum_i \frac{\lambda_i^2}{1-\lambda_i^2}}$$

เมื่อ λ_i แทน ค่าน้ำหนักองค์ประกอบรายข้อ

3.3 สูตร θ ของ อาร์มอร์ (Armor. 1974)

$$\theta = \left[\frac{p}{p-1}\right]\left[1 - \left(\frac{1}{\lambda_1}\right)\right]$$

เมื่อ p แทน จำนวนข้อ

λ_1 แทน รากที่ 1 ของการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component)

3.4 สูตร θ_k^* ของ อาร์มอร์ (Armor. 1974)

$$\theta_k^* = \left[\frac{p}{p-1}\right]\left[1-\left(\frac{\sum_{h=1}^{M}\phi_{hk}^2}{\lambda_k}\right)\right]$$

เมื่อ p แทน จำนวนข้อ

λ_k แทน ผลรวมของน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบที่ k ยกกำลังสอง

ϕ_{hk}^2 แทน ค่ากำลังสองของสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนขององค์ประกอบใหม่ องค์ประกอบ h ก่อนหมุนแกนกับองค์ประกอบ k

4. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานคำนวณได้จากสูตร (Parshall , Houghton , Kromrey. 1995 : 39)

$$SE(r_i) = \sqrt{\frac{\Sigma(r_{ij} - \bar{r}_i)^2}{N-1}}$$

เมื่อ $SE(r_i)$ แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความเชื่อมั่นของสูตรที่ i

r_{ii} แทน ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณได้ จากสูตรที่ i จากกลุ่มตัวอย่างที่ j

r_i แทน ความเชื่อมั่นเฉลี่ยของสูตรที่ i จากกลุ่มตัวอย่าง 200 กลุ่ม

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

5. ค่าความลำเอียงทางสถิติของการประมาณค่าความเชื่อมั่นคำนวณได้จากสูตร (Parshall , Houghton , Kromrey. 1995 : 39)

$$Bias\ (r_i) = \bar{r}_i - \rho_i$$

เมื่อ $Bias\ (r_i)$ แทน ค่าความลำเอียงทางสถิติของการประมาณค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณด้วยสูตรที่ i

$\bar{r}_i$ แทน ค่าเฉลี่ยของความเชื่อมั่นที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง 200 กลุ่ม ของสูตรที่ i

ρ_i แทน ค่าความเชื่อมั่นของกลุ่มตัวอย่าง 600 คน ของสูตรที่ i

6. ทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของความเชื่อมั่น ซึ่งประมาณค่าจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว ใช้สูตร UX_1 (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2537 : 57 อ้างอิงมาจาก Woodruff and Feldt. 1986 : 393 – 413) วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ALPHATST มีสูตรดังนี้

$$UX_1 = \sum_{i=1}^{m} \frac{(U_i - \bar{U})^2}{S_u^2 - C_u}$$

$$\bar{U} = \sum_{i=1}^{m} \frac{U_i}{m}$$

$$U_i = \frac{1}{(1-r_i)^{1/3}}$$

$$S_u^2 = \frac{2}{9m(N_c - 1)} \sum_{i=1}^{m} U_i^2$$

$$C_u = \frac{4}{9m(m-1)(N_C - 1)} \sum_{i=2}^{m} \sum_{j=1}^{i-1} r_{ij}^2 U_i U_j$$

$$N_c = N\left(\frac{\bar{n}_h - 1}{\bar{n}_h + 1}\right)$$

$$\bar{n}_h = \frac{M}{\Sigma(1/n_i)}$$

เมื่อ UX_1 แทน สถิติทดสอบที่มีการแจกแจงแบบ χ^2 , df = m – 1

N แทน จำนวนนักเรียนที่ทดสอบ

r แทน ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณได้

r_{ij} แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบ i และ j เมื่อใช้คะแนนรวมเป็นหน่วยการวิเคราะห์

S_u^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน U_i

C_u แทน ความแปรปรวนร่วมของ U_i

n แทน จำนวนค่าสังเกต หรือจำนวนข้อสอบ

h แทน จำนวนค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

$\bar{U}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน U_i

m แทน จำนวนค่าความเชื่อมั่น

7. ทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแต่ละสูตร ซึ่งประมาณจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 200 กลุ่ม ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรเชิงพหุ (One Way Repeated MANOVA) (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2537 : 59) วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS FOR WINDOWS

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ได้นำเสนอตามลำดับจุดหมายสำคัญของการวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน

ตอนที่ 2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับและรวมฉบับ

ตอนที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับและรวมฉบับ

ตอนที่ 4 ค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ฉบับย่อย 8 ฉบับและรวมฉบับ

ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

ตอนที่ 6 การเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

สัญลักษณ์และอักษรย่อ

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อต่าง ๆ ดังนี้

Ω	แทน	ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตรทั่วไปของไฮส์ และบอร์นสเต็ดท์
Ω_w	แทน	ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตรทั่วไปของเบคอน
θ	แทน	ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตรทั่วไปของอาร์มอร์ที่วัดองค์ประกอบเดียว
θ_k^*	แทน	ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตรทั่วไปของอาร์มอร์ ที่วัดหลายองค์ประกอบ
ρ_i	แทน	ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณด้วยสูตรที่ i จากกลุ่มตัวอย่าง 600 คน
$\bar{r}_i$	แทน	ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยที่คำนวณด้วยสูตรที่ i จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 200 กลุ่ม
K	แทน	จำนวนข้อ
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$SE(r_i)$	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความเชื่อมั่น
$Bias(r_i)$	แทน	ค่าความลำเอียงทางสถิติของการประมาณค่าความเชื่อมั่น
UX_i	แทน	สถิติทดสอบความแตกต่างของความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตรต่างกัน
p	แทน	ค่าระดับนัยสำคัญ
SS	แทน	ผลรวมกำลังสอง
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง
F	แทน	สถิติทดสอบที่มีการแจกแจงแบบเอฟ
DF	แทน	ระดับชั้นของความอิสระ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน

การวิเคราะห์ในตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ จากการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 600 คน มาคำนวณค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน

แบบทดสอบ	K	$\overline{X}$	SD
เหตุผลทางภาษา	20	13.738	3.926
ความสามารถด้านตัวเลข	20	13.685	4.275
เหตุผลทางนามธรรม	20	13.689	4.276
ความเร็วและความแม่นยำ	80	74.580	4.789
เหตุผลเชิงกล	20	13.533	4.167
มิติสัมพันธ์	20	11.580	4.158
สะกดคำ	20	12.963	3.940
การใช้ภาษา	20	15.275	3.159
รวมฉบับ	220	169.015	13.034

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 3 พบว่า แบบทดสอบเหตุผลทางภาษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.738 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.926 แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.685 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.275 แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.689 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.276 แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74.580 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.789 แบบทดสอบเหตุผลเชิงกลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.533 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.167 แบบทดสอบมิติสัมพันธ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.580 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.158 แบบทดสอบสะกดคำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.963 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.940 แบบทดสอบการใช้ภาษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.275 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.159 แบบทดสอบรวมฉบับมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 169.015 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.034

ตอนที่ 2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ฉบับย่อย 8 ฉบับและรวมฉบับ

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ จากประชากรเทียม 600 คน มาวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) และวิธีส่วนประกอบสำคัญ (Principle Component) แล้วนำค่าน้ำหนักองค์ประกอบแบบแรกมาคำนวณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบด้วยสูตร Ω และสูตร Ω_w และนำค่าไอเกน (Eigen Value) ค่าน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบ และค่ากำลังสองของสหสัมพันธ์ มาคำนวณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบด้วยสูตร θ และสูตร θ_k^* ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 4 ส่วนข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

40 คน จำนวน 200 กลุ่ม ได้ดำเนินการเช่นเดียวกับประชากรเทียมข้างต้น ได้ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* นำมาหาค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ย ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจากประชากรเทียม 600 คน ด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

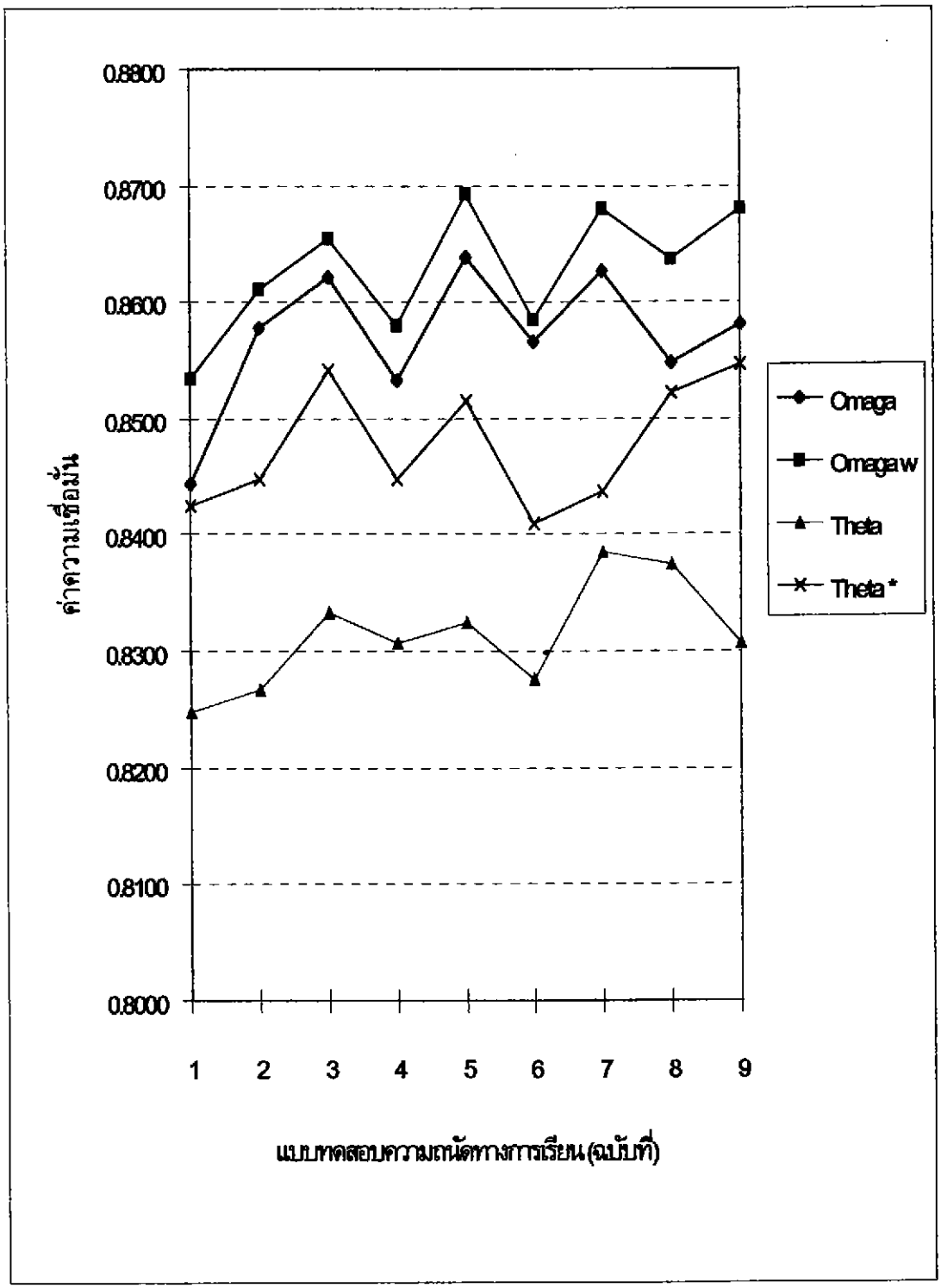
แบบทดสอบ	ρ_Ω	$\rho_{\Omega w}$	ρ_θ	$\rho_{\theta_k^*}$
เหตุผลทางภาษา	.8444	.8534	.8249	.8425
ความสามารถด้านตัวเลข	.8578	.8611	.8267	.8448
เหตุผลทางนามธรรม	.8621	.8655	.8334	.8541
ความเร็วและความแม่นยำ	.8532	.8580	.8308	.8447
เหตุผลเชิงกล	.8638	.8693	.8325	.8515
มิติสัมพันธ์	.8566	.8584	.8276	.8409
สะกดคำ	.8626	.8680	.8386	.8437
การใช้ภาษา	.8548	.8637	.8375	.8523
รวมฉบับ	.8582	.8680	.8308	.8547

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 4 พบว่า แบบทดสอบเหตุผลทางภาษาสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.8534) และสูตร θ คำนวณได้ความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8249) แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.8611) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8267) แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรมสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.8655) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด (.8334) แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.8580) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8308) แบบทดสอบเหตุผลเชิงกลสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (.8693) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8325) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์สูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.8584) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8276) แบบทดสอบสะกดคำสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.8680) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8386) แบบทดสอบการใช้ภาษาสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.8637) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด (.8375) แบบทดสอบรวมฉบับสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.8680) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8308)

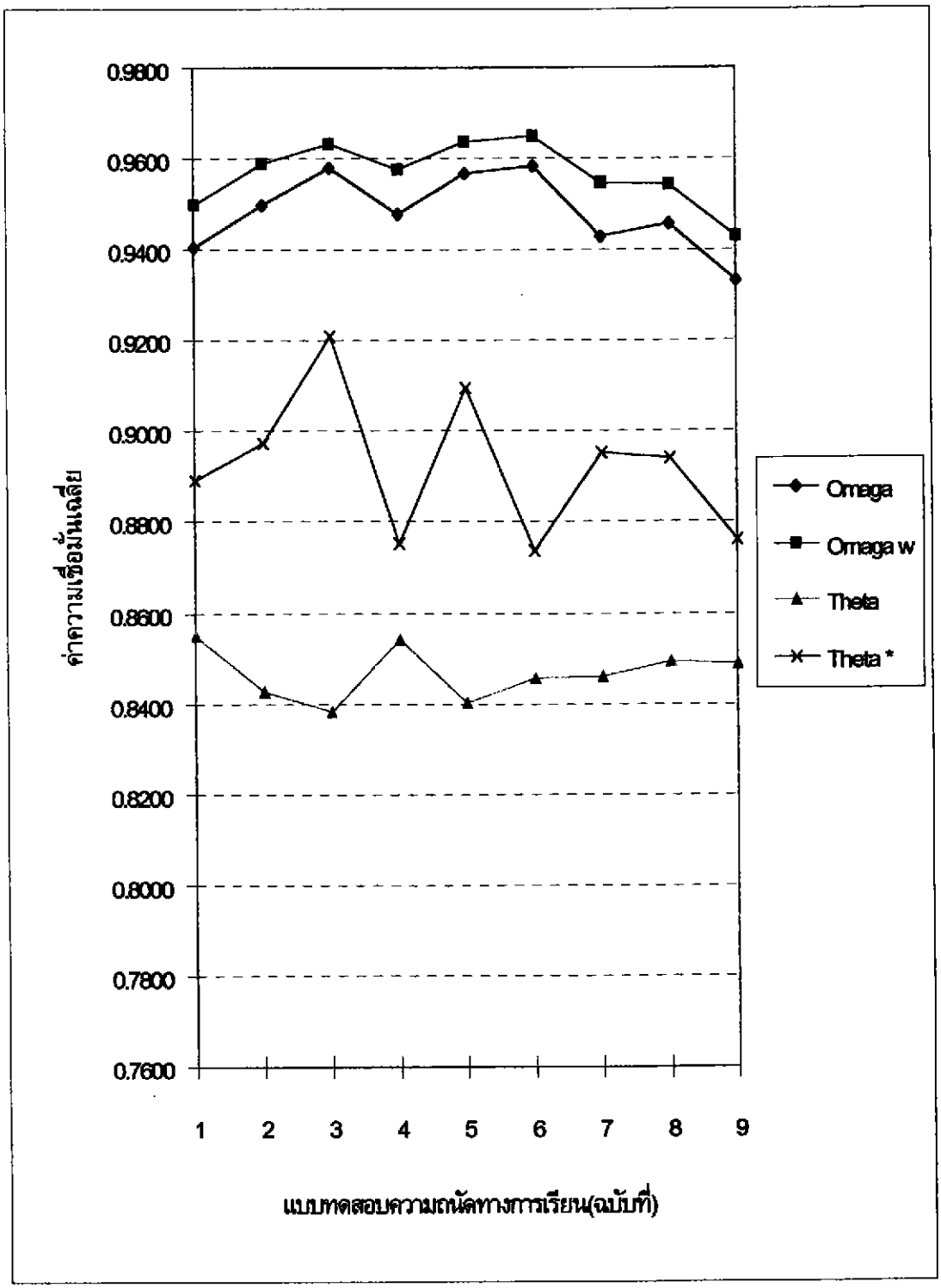
ตาราง 5 ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณด้วย สูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และ สูตร θ_k^*

แบบทดสอบ	$\bar{r}_{\Omega}$	$\bar{r}_{\Omega}$	$\bar{r}_{\theta}$	$\bar{r}_{\theta_k^*}$
เหตุผลทางภาษา	.9406	.9498	.8551	.8892
ความสามารถด้านตัวเลข	.9499	.9587	.8428	.8973
เหตุผลทางนามธรรม	.9580	.9634	.8383	.9209
ความเร็วและความแม่นยำ	.9480	.9577	.8854	.8752
เหตุผลเชิงกล	.9568	.9637	.8402	.9097
มิติสัมพันธ์	.9583	.9649	.8454	.8737
สะกดคำ	.9430	.9547	.8461	.8954
การใช้ภาษา	.9458	.9542	.8494	.8941
รวมฉบับ	.9332	.9430	.8490	.8763

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 5 พบว่า แบบทดสอบเหตุผลทางภาษาสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยสูงสุด(.9498) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยต่ำสุด(.8551) แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยสูงสุด(.9587) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยต่ำสุด (.8428) แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรมสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยสูงสุด(.9634) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยต่ำสุด(.8383) แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยสูงสุด(.9577) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยต่ำสุด(.8541) แบบทดสอบเหตุผลเชิงกลสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยสูงสุด(.9637) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยต่ำสุด(.8402) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์สูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยสูงสุด (.9649) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยต่ำสุด(.8454) แบบทดสอบสะกดคำสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยสูงสุด(.9547) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยต่ำสุด(.8461) แบบทดสอบการใช้ภาษาสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยสูงสุด(.9542) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยต่ำสุด (.8494) แบบทดสอบรวมฉบับสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยสูงสุด(.9430) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยต่ำสุด(.8490)



ภาพประกอบ 2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจากประชากรเทียม 600 คน



ภาพประกอบ 3 ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

ตอนที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับและรวมฉบับ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 3 นี้ ผู้วิจัยได้หาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณจาก สูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* โดยการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเชื่อมั่นของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กทั้ง 200 กลุ่ม ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ

แบบทดสอบ	SE(r_i)			
	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
เหตุผลทางภาษา	.0134	.0146	.0161	.0205
ความสามารถด้านตัวเลข	.0142	.0111	.0190	.0238
เหตุผลทางนามธรรม	.0101	.0079	.0156	.0168
ความเร็วและความแม่นยำ	.0091	.0084	.0250	.0233
เหตุผลเชิงกล	.0091	.0083	.0151	.0184
มิติสัมพันธ์	.0084	.0081	.0249	.0235
สะกดคำ	.0121	.0114	.0201	.0240
การใช้ภาษา	.0111	.0132	.0143	.0219
รวมฉบับ	.0121	.0115	.0253	.0239

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 6 พบว่า ในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลทางภาษา สูตร θ_k^* คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสูงสุด(.0205) และสูตร Ω คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าต่ำสุด(.0134) แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข สูตร θ_k^* คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสูงสุด(.0238) และสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าต่ำสุด(.0111) แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม สูตร θ_k^* คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสูงสุด(.0168) และสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าต่ำสุด(.0079) แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ สูตร θ คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสูงสุด(.0250) และสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าต่ำสุด(.0084) แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล สูตร θ_k^* คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสูงสุด(.0184) และสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าต่ำสุด(.0083) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ สูตร θ คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสูงสุด(.0249) และสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าต่ำสุด(.0081) แบบทดสอบสะกดคำ สูตร θ_k^* คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสูงสุด(.0240) และสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าต่ำสุด

(.0114) แบบทดสอบการใช้ภาษา สูตร θ_k^* คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสูงสุด (.0219) และสูตร Ω คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าต่ำสุด(.0111) แบบทดสอบรวมฉบับ สูตร θ คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสูงสุด(.0253) และสูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าต่ำสุด(.0115)

ตอนที่ 4 ค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ

การวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 4 นี้ ผู้วิจัยได้หาค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* โดยหาผลต่างระหว่างค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ย จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่มกับค่าความเชื่อมั่นจากประชากรเทียม ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ

แบบทดสอบ	Bias(r_i)			
	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
เหตุผลทางภาษา	.0962	.0964	.0302	.0467
ความสามารถด้านตัวเลข	.0921	.0976	.0161	.0525
เหตุผลทางนามธรรม	.0959	.0979	.0049	.0668
ความเร็วและความแม่นยำ	.0948	.0997	.0233	.0305
เหตุผลเชิงกล	.0930	.0944	.0077	.0582
มิติสัมพันธ์	.1017	.1065	.0178	.0328
สะกดคำ	.0804	.0867	.0075	.0517
การใช้ภาษา	.0910	.0905	.0119	.0418
รวมฉบับ	.0750	.0750	.0182	.0216

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 7 พบว่า ในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลทางภาษา สูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติสูงสุด(.0964) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติต่ำสุด(.0302) แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข สูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติสูงสุด (.0976) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติต่ำสุด(.0161) แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม สูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติสูงสุด(.0979) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติต่ำสุด (.0049) แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ สูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติสูงสุด (.0997) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติต่ำสุด(.0233) แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล สูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติสูงสุด(.0944) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติต่ำสุด(.0077) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ สูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติสูงสุด(.1065) และสูตร θ คำนวณได้ค่า

ความลำเอียงทางสถิติต่ำสุด(.0178) แบบทดสอบสะกดคำ สูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติสูงสุด (.0867) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติต่ำสุด(.0075) แบบทดสอบการใช้ภาษา สูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติสูงสุด(.0905) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติต่ำสุด(.0119) แบบทดสอบรวมฉบับ สูตร Ω และ สูตร Ω_w คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติสูงสุดเท่ากัน (.0750) และสูตร θ คำนวณได้ค่าความลำเอียงทางสถิติต่ำสุด (.0182)

ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

การวิเคราะห์ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ ที่คำนวณด้วยสูตรทั้ง 4 สูตร มาทดสอบความแตกต่างพร้อมกัน โดยใช้สูตร UX_1 ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณด้วยด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากประชากรเทียม 600 คน

แบบทดสอบ	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*	UX_1	P
เหตุผลทางภาษา	.8444	.8534	.8249	.8425	4.3892	<.22094
ความสามารถด้านตัวเลข	.8578	.8611	.8267	.8448	8.0499*	<.04401
เหตุผลทางนามธรรม	.8621	.8655	.8334	.8541	7.2608	<.06278
ความเร็วและความแม่นยำ	.8532	.8580	.8308	.8447	5.0937	<.16344
เหตุผลเชิงกล	.8638	.8693	.8325	.8515	9.6174*	<.02174
มิติสัมพันธ์	.8566	.8584	.8276	.8409	6.9484	<.07221
สะกดคำ	.8626	.8680	.8386	.8437	7.7287	<05086
การใช้ภาษา	.8548	.8637	.8375	.8523	4.2620	<.23314
รวมฉบับ	.8582	.8680	.8308	.8547	8.6968*	<.03288

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 8 พบว่า

ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* ให้ผลไม่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบจากค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลทางภาษา แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบสะกดคำ และแบบทดสอบการใช้ภาษา

ส่วนค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* ให้ผลแตกต่างกันเมื่อตรวจสอบจากค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล และแบบทดสอบรวมฉบับ

การพิจารณาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากประชากรเทียม 600 คน ของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล และแบบทดสอบรวมฉบับว่าสูตรใดมีความแตกต่างกันบ้าง ผู้วิจัยจึงทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นรายคู่อีกครั้ง ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 9 – 11

ตาราง 9 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นรายคู่ของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	UX_1	P
Ω กับ Ω_w	.0747	<.68816
Ω กับ θ	4.6882*	<.02846
Ω กับ θ_k^*	1.0363	<.30944
Ω_w กับ θ	5.9427*	<.01410
Ω_w กับ θ_k^*	1.6669	<.19356
θ กับ θ_k^*	1.3191	<.24924

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 9 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข ที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับ สูตร θ และสูตร Ω_w กับสูตร θ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง10 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลเชิงกล ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	UX_1	P
Ω กับ Ω_w	.2301	<.62564
Ω กับ θ	5.7851*	<.01536
Ω กับ θ_k^*	1.0123	<.31536
Ω_w กับ θ	8.3132**	<.00425
Ω_w กับ θ_k^*	2.2067	<.13333
θ กับ θ_k^*	1.9623	<.15745

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 10 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลเชิงกลที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร θ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสูตร Ω_w กับสูตร θ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 11 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นรายคู่ของแบบทดสอบรวมฉบับ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	UX_1	P
Ω กับ Ω_w	.6946	<.40960
Ω กับ θ	4.2218*	<.03742
Ω กับ θ_k^*	.0805	<.68861
Ω_w กับ θ	8.3266**	<.00422
Ω_w กับ θ_k^*	1.2479	<.26292
θ กับ θ_k^*	3.1380	<.07269

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 11 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบรวมฉบับ ที่คำนวณด้วย สูตร Ω กับสูตร θ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสูตร Ω_w กับสูตร θ แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 6 การเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม แล้วมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้วิธี One Way Repeated MANOVA ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

แบบทดสอบ	แหล่งความแปรปรวน	SS	DF	MS	F	P
เหตุผลทางภาษา	ระหว่างสูตร	1.13	3	.38	2029.35**	.000
	ความคลาดเคลื่อน	.11	597	.00		
ความสามารถด้านตัวเลข	ระหว่างสูตร	1.73	3	.58	2365.70**	.000
	ความคลาดเคลื่อน	.15	597	.00		
เหตุผลทางนามธรรม	ระหว่างสูตร	2.18	3	.73	140.01**	.000
	ความคลาดเคลื่อน	3.10	597	.01		
ความเร็วและความแม่นยำ	ระหว่างสูตร	1.61	3	.54	2236.53**	.000
	ความคลาดเคลื่อน	.14	597	.00		
เหตุผลเชิงกล	ระหว่างสูตร	1.94	3	.65	4217.08**	.000
	ความคลาดเคลื่อน	.09	597	.00		
มิติสัมพันธ์	ระหว่างสูตร	2.17	3	.72	3081.37**	.000
	ความคลาดเคลื่อน	.14	597	.00		
สะกดคำ	ระหว่างสูตร	1.48	3	.49	1826.32**	.000
	ความคลาดเคลื่อน	.16	597	.00		
การใช้ภาษา	ระหว่างสูตร	1.43	3	.48	2684.04**	.000
	ความคลาดเคลื่อน	.11	597	.00		
รวมฉบับ	ระหว่างสูตร	.09	3	.03	84.39**	.000
	ความคลาดเคลื่อน	.22	597	.00		

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 12 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งที่คำนวณจากแบบทดสอบย่อย 8 ฉบับและรวมฉบับ

การพิจารณาค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* ว่าสูตรใดมีความแตกต่างกันบ้าง ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบนัยสำคัญของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่โดยใช้วิธีการของเชฟเฟ่ (Scheffe') ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 13-21

ตาราง 13 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลทางภาษา ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
Ω	-	.0092**	.0824*	.0514*
Ω_w		-	.0916*	.0606*
θ			-	.0310*
θ_k^*				-

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 13 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลทางภาษาที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร Ω_w มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สูตร Ω กับสูตร θ , สูตร Ω กับสูตร θ_k^* , สูตร Ω_w กับสูตร θ, สูตร Ω_w กับสูตร θ_k^* และ สูตร θ กับสูตร θ_k^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 14 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
Ω	-	.0084*	.1076*	.0530*
Ω_w		-	.1160*	.0614*
θ			-	.0546*
θ_k^*				-

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 14 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร Ω_w , สูตร Ω กับสูตร θ , สูตร Ω กับสูตร θ_k^* , สูตร Ω_w กับสูตร θ , สูตร Ω_w กับสูตร θ_k^* และสูตร θ กับสูตร θ_k^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 15 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
Ω	-	.0038	.1297*	.0826*
Ω_w		-	.1259*	.0433*
θ			-	.0826*
θ_k^*				-

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 15 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรมที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร θ , สูตร Ω กับสูตร θ_k^* , สูตร Ω_w กับสูตร θ, สูตร Ω_w กับสูตร θ_k^* และสูตร θ กับสูตร θ_k^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับสูตร Ω กับสูตร Ω_w มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 16 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
Ω	-	.0118*	.0968*	.0475*
Ω_w		-	.1086*	.0593*
θ			-	.0493*
θ_k^*				-

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 16 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร Ω_w , สูตร Ω กับสูตร θ, สูตร Ω กับสูตร θ_k^* , สูตร Ω_w กับสูตร θ , สูตร Ω_w กับสูตร θ_k^* และสูตร θ กับสูตร θ_k^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 17 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลเชิงกล ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
Ω	-	.0068*	.1116*	.0472*
Ω_w		-	.1234*	.0540*
θ			-	.0694*
θ_k^*				-

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 17 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลเชิงกล ที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร Ω_w , สูตร Ω กับสูตร θ, สูตร Ω กับสูตร θ_k^* , สูตร Ω_w กับสูตร θ , สูตร Ω_w กับสูตร θ_k^* และสูตร θ กับสูตร θ_k^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 18 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
Ω	-	.0067*	.1129*	.0846*
Ω_w		-	.1196*	.0913*
θ			-	.0283*
θ_k^*				-

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 18 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร Ω_w , สูตร Ω กับสูตร θ, สูตร Ω กับสูตร θ_k^*, สูตร Ω_w กับสูตร θ , สูตร Ω_w กับสูตร θ_k^* และสูตร θ กับสูตร θ_k^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 19 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบสะกดคำ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
Ω	-	.0118*	.0968*	.0475*
Ω_w		-	.1086*	.0593*
θ			-	.0493*
θ_k^*				-

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 19 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบสะกดคำ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร Ω_w , สูตร Ω กับสูตร θ, สูตร Ω กับสูตร θ_k^* , สูตร Ω_w กับสูตร θ , สูตร Ω_w กับสูตร θ_k^* และ สูตร θ กับสูตร θ_k^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 20 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบการใช้ภาษา ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
Ω	-	.0084*	.0964*	.0516*
Ω_w		-	.1048*	.0600*
θ			-	.0448*
θ_k^*				-

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 20 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบการใช้ภาษา ที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร Ω_w , สูตร Ω กับสูตร θ , สูตร Ω กับสูตร θ_k^* , สูตร Ω_w กับสูตร θ , สูตร Ω_w กับสูตร θ_k^* และสูตร θ กับสูตร θ_k^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 21 ทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบรวมฉบับ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

สูตร	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
Ω	-	.0097*	.0842*	.0570*
Ω_w		-	.0939*	.0667*
θ			-	.0272*
θ_k^*				-

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 21 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ของแบบทดสอบรวมฉบับ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร Ω_w , สูตร Ω กับสูตร θ , สูตร Ω กับสูตร θ_k^* , สูตร Ω_w กับสูตร θ , สูตร Ω_w กับสูตร θ_k^* และสูตร θ กับสูตร θ_k^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาครั้งนี้มีจุดหมายสำคัญ เพื่อศึกษาว่าสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* สูตรใดประมาณค่าความเชื่อมั่นได้เหมาะสมที่สุด และให้ค่าความเชื่อมั่นใกล้เคียงกันหรือไม่ จำแนกเป็นจุดมุ่งหมายเฉพาะดังนี้

1. เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ที่คำนวณจากสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*
2. เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ที่คำนวณจากสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*
3. เพื่อหาค่าความลำเอียงทางสถิติของการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ที่คำนวณจากสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*
4. เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ที่คำนวณจากสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2540 สังกัดกองการมัธยมศึกษา กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในจังหวัดลพบุรี จำนวน 25 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 6,060 คน

ประชากรเทียม (Pseudopopulation)

ประชากรเทียมที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดลพบุรี ที่สุ่มจากประชากร ด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) มีขนาดโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) จำนวน 8 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 600 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดลพบุรี โดยสุ่มแบบใส่คืนจากประชากรเทียมกลุ่มละ 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามลักษณะของแบบทดสอบ Differential Aptitude Test (DAT) จำแนกเป็นฉบับย่อย 8 ฉบับ แบบทดสอบที่สร้างขึ้นนี้เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ประกอบด้วย

1. แบบทดสอบเหตุผลทางภาษา (Verbal Reasoning หรือ VR) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

2. แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข (Numerical Ability หรือ NA) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 15 นาที

3. แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม (Abstract Reason หรือ AR) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

4. แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ (Clerical Speed and Accuracy) จำนวน 80 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 5 นาที

5. แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล (Macharical Reasoning หรือ MR) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

6. แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ (Speace Relation หรือ SR) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

7. แบบทดสอบสะกดคำ (Spelling หรือ SP) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 5 นาที

8. แบบทดสอบการใช้ภาษา (Language Usage หรือ LU) จำนวน 20 ข้อ กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Item Analysis , SPSS / PC+ , SPSS FOR WINDOWS และ ALPHATST แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองเครื่องมือ ได้ดำเนินการดังนี้

1.1 หาค่าความยากง่าย (p) โดยวิธีการวิเคราะห์อย่างง่าย

1.2 หาค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์แบบพอยท์-ไบซีเรียล

2. การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย ใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS / PC+ และเขียนคำสั่งเพิ่มเติมในกรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้โดยตรง และผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นดังนี้

2.1. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลพร้อมลงรหัส (Code) บันทึกข้อมูลเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ถือว่าเป็นข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด หรือเรียกว่าเป็นประชากรเทียม (Psuedopopulation)

2.2. การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานที่จำเป็นของแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.3. ตรวจสอบความเป็นมิติเดียว (Unidimension) โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) และหาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน

2.4 วิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) เพื่อหาน้ำหนักองค์ประกอบ และวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธีส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component) เพื่อหาค่า

Eigen Value ค่าน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบ และค่ากำลังสองของสหสัมพันธ์ ของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ จากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

2.5 นำค่าน้ำหนักองค์ประกอบ มาคำนวณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตร Ω และสูตร Ω_w แล้วนำค่า Eigen Value และค่ากำลังสองของสหสัมพันธ์ มาคำนวณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตร θ และสูตร θ_k^*

2.6 สุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ 600 คน ซึ่งถือว่าเป็นประชากรเทียม แบบใส่คืนของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กลุ่มละ 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม และดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2.4 และ ข้อ 2.5

2.7 คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าความเชื่อมั่นแต่ละสูตร จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 200 กลุ่ม

2.8 คำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเชื่อมั่น ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความเชื่อมั่นของสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* โดยหาจาก ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 200 กลุ่ม

2.9 คำนวณค่าความลำเอียงทางสถิติของค่าความเชื่อมั่น โดยนำค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยที่คำนวณได้จากสูตร ($\bar{r}_i$) ลบด้วยค่าความเชื่อมั่นของสูตรนั้นจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (ρ_i)

2.10 ทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณจากสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ โดยใช้สูตร UX_1 (Woodruff and Feldt.1986) เพื่อให้แน่ใจว่าค่าความเชื่อมั่นที่ทดสอบนั้นแตกต่างกันจริง โดยพิจารณาจากค่า UX_1 ที่มีค่ามาก

2.11 ทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ย ซึ่งประมาณจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 200 กลุ่ม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุทางเดียว (One Way Repeated MANOVA)

สรุปผลการวิจัย

1. ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ ประกอบด้วย แบบทดสอบเหตุผลทางภาษา แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข แบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ แบบทดสอบเหตุผลเชิงกล แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบสะกดคำ แบบทดสอบการใช้ภาษา และแบบทดสอบรวมฉบับ มีค่าเฉลี่ย 13.738, 13.685, 13.689, 74.580, 13.533, 11.580, 12.963, 15.275 และ 169.015 ตามลำดับ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบมีค่า 3.926, 4.275, 4.276, 4.789, 4.167, 4.158, 3.940, 3.159 และ 13.034 ตามลำดับ

2. ค่าความเชื่อมั่นและค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

2.1 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับและรวมฉบับ จากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลทางภาษา สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (.8534) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8249)

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (.8611) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8267)

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (.8655) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8334)

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลความเร็วและความแม่นยำ สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.8580) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8308)

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลเชิงกล สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.8693) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8325)

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลมิติสัมพันธ์ สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (.8584) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8276)

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลสะกดคำ สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (.8680) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8386)

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลการใช้ภาษา สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (.8683) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8387)

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบรวมฉบับ สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.8680) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8308)

2.2 ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบเหตุผลทางภาษา สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (.9498) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8551)

ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.9587) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8428)

ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.9634) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8383)

ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบเหตุผลความเร็วและความแม่นยำ สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.9577) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8541)

ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบเหตุผลเชิงกล สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (.9637) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8402)

ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.9649) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8454)

ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบเหตุผลสะกดคำ สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (.9547) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8461)

ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบเหตุผลการใช้ภาษา สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (.9542) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8494)

ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบรวมฉบับ สูตร Ω_w ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด(.9430) สูตร θ ได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด(.8490)

2.3 สรุปสูตรในการประมาณค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม ได้ผลปรากฏในตาราง 22

ตาราง 22 สรุปสูตรในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่		กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก	
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด
เหตุผลทางภาษา	สูตร Ω_w	สูตร θ	สูตร Ω_w	สูตร θ
ความสามารถด้านตัวเลข	สูตร Ω_w	สูตร θ	สูตร Ω_w	สูตร θ
เหตุผลทางนามธรรม	สูตร Ω_w	สูตร θ	สูตร Ω_w	สูตร θ
ความเร็วและความแม่นยำ	สูตร Ω_w	สูตร θ	สูตร Ω_w	สูตร θ
เหตุผลเชิงกล	สูตร Ω_w	สูตร θ	สูตร Ω_w	สูตร θ
มิติสัมพันธ์	สูตร Ω_w	สูตร θ	สูตร Ω_w	สูตร θ
สะกดคำ	สูตร Ω_w	สูตร θ	สูตร Ω_w	สูตร θ
การใช้ภาษา	สูตร Ω_w	สูตร θ	สูตร Ω_w	สูตร θ
รวมฉบับ	สูตร Ω_w	สูตร θ	สูตร Ω_w	สูตร θ

3. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแต่ละฉบับที่คำนวณด้วยสูตร θ_k^* ได้ค่าสูงสุดเป็นส่วนใหญ่ และสูตร Ω_w ได้ค่าต่ำสุดเป็นส่วนใหญ่

4. ค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแต่ละฉบับที่คำนวณด้วยสูตร Ω_w ได้ค่าสูงสุดเป็นส่วนใหญ่ และสูตร θ ได้ค่าต่ำสุดเป็นส่วนใหญ่

5. สรุปค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ ดังตาราง 23

ตาราง 23 สรุปค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน

แบบทดสอบ	เกณฑ์	
	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	ค่าความลำเอียงทางสถิติ
เหตุผลทางภาษา	สูตร Ω เหมาะสมที่สุด	สูตร θ เหมาะสมที่สุด
ความสามารถด้านตัวเลข	สูตร Ω_w เหมาะสมที่สุด	สูตร θ เหมาะสมที่สุด
เหตุผลทางนามธรรม	สูตร Ω_w เหมาะสมที่สุด	สูตร θ เหมาะสมที่สุด
ความเร็วและความแม่นยำ	สูตร Ω_w เหมาะสมที่สุด	สูตร θ เหมาะสมที่สุด
เหตุผลเชิงกล	สูตร Ω_w เหมาะสมที่สุด	สูตร θ เหมาะสมที่สุด
มิติสัมพันธ์	สูตร Ω_w เหมาะสมที่สุด	สูตร θ เหมาะสมที่สุด
สะกดคำ	สูตร Ω_w เหมาะสมที่สุด	สูตร θ เหมาะสมที่สุด
การใช้ภาษา	สูตร Ω เหมาะสมที่สุด	สูตร θ เหมาะสมที่สุด
รวมฉบับ	สูตร Ω_w เหมาะสมที่สุด	สูตร θ เหมาะสมที่สุด

6. เปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ แบบทดสอบเหตุผลทางภาษาที่คำนวณด้วยสูตร Ω_w ได้ค่าสูงสุด และสูตร θ ได้ค่าต่ำสุด เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นแต่ละค่าด้วยสูตร UX_1 สรุปว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งแบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม แบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบสะกดคำ และแบบทดสอบการใช้ภาษา ก็ได้ผลทำนองเดียวกัน

ส่วนแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขที่คำนวณด้วย สูตร Ω_w ได้ค่าสูงสุด และสูตร θ ได้ค่าต่ำสุด เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นแต่ละค่าด้วยสูตร UX_1 สรุปว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งแบบทดสอบเหตุผลเชิงกลและแบบทดสอบรวมฉบับ ก็ได้ผลทำนองเดียวกัน

7. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นรายคู่ หลังทดสอบด้วย UX_1 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นรายคู่ของแบบทดสอบเหตุผลเชิงกลที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร θ และสูตร Ω_w กับ สูตร θ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ รวมทั้งแบบทดสอบรวมฉบับ ก็ได้ผลทำนองเดียวกัน ส่วนค่าความเชื่อมั่นรายคู่ของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร θ และสูตร Ω_w กับสูตร θ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

8. เปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ที่คำนวณด้วยสูตรΩ สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม โดยทดสอบทดสอบความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่น ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนเชิงพหุทางเดียว(One Way Repeated MANOVA) สรุปว่าค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยที่คำนวณด้วยสูตรทั้ง 4 สูตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยรายคู่ โดยใช้วิธีการของเชฟเฟ่ (Scheffe') สรุปว่าค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยที่คำนวณด้วยสูตร Ω กับสูตร Ω_w , สูตร Ω กับสูตร θ ,

สูตร Ω กับสูตร θ_k^* . สูตร Ω_w กับสูตร θ . สูตร Ω_w กับสูตร θ_k^* และสูตร θ กับสูตร θ_k^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

อภิปรายผล

ผลการศึกษาสามารถนำมาอภิปรายได้ดังนี้

1. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* นั้นสูตร Ω สูตร Ω_w มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสองสูตร และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงว่าการประมาณค่าความเชื่อมั่นของทั้งสองสูตร ค่าที่ได้ไม่แปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มตัวอย่าง ส่วนสูตร θ และสูตร θ_k^* มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสองสูตรแรก และทั้งสองสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพราะได้มีการตรวจสอบความเป็นมิติเดียวกันของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกศเกล้า หมู่มิ่ง (2539 : 68) ได้ศึกษาการประมาณค่าความเชื่อมั่นของมาตรวัดแบบประเมินค่า พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ สูตร Ω_w และสูตร Ω ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำ เพราะข้อตกลงเบื้องต้นมีการตรวจสอบความเป็นมิติเดียวของการวัดมีการนำค่าน้ำหนักความสำคัญรายข้อมาใช้ในการคำนวณทำให้แต่ละกลุ่มมีการกระจายต่ำ ส่วนสูตร θ กับสูตร θ_k^* ใช้ค่าน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบ ค่า Eigen Value และค่าสหสัมพันธ์มาคำนวณ ซึ่งจำนวนองค์ประกอบของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากันทำให้มีการกระจายสูง

2. ค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* มีค่าแตกต่างกัน สูตร Ω_w มีค่าความลำเอียงสูงสุดเป็นส่วนใหญ่ และสูตร θ มีค่าความลำเอียงต่ำสุดเป็นส่วนใหญ่ ส่วนสูตร Ω สูตร Ω_w ให้ค่าความลำเอียงทางสถิติที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพราะสูตรทั้งสองสูตรเป็นสูตรในกลุ่มแบบจำลองสมการโครงสร้าง ส่วนสูตร θ และสูตร θ_k^* เป็นสูตรในกลุ่มแบบจำลองมาตรวัดองค์ประกอบ และมีข้อตกลงเบื้องต้นที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พนิดา ฟุ้งเกียรตินำสุข (2540) ที่พบว่าข้อตกลงเบื้องต้นของแต่ละสูตรแตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าความลำเอียงทางสถิติ และค่าความเชื่อมั่นที่แตกต่างกัน จากการตรวจสอบความเป็นมิติเดียวซึ่งให้แบบทดสอบมีความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหาทำให้ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณได้ใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ค่าความเชื่อมั่นที่แท้จริง สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2537) ที่ว่าแต่ละสูตรคำนวณค่าความเชื่อมั่นได้ใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ ความเชื่อมั่นที่แท้จริงอาจเป็นผลมาจากแบบทดสอบที่มีความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหา

3. เปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนฉบับย่อย 8 ฉบับ และรวมฉบับที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่พบว่าแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข แบบทดสอบเหตุผลเชิงกลและแบบทดสอบรวมฉบับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน นอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบบทดสอบย่อยทั้ง 2 ฉบับ เป็นแบบทดสอบที่มีรูปแบบใหม่ นักเรียนไม่คุ้นเคย ทำให้มีการกระจายของคะแนนสูงซึ่งส่งผลต่อค่าความเชื่อมั่น ส่วนกลุ่มตัวอย่าง 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแต่ละสูตรมีข้อตกลงที่แตกต่างกัน มีวิธีการคำนวณเพื่อหาค่าความเชื่อมั่นที่แตกต่างกัน ซึ่งผลจาก

การศึกษาครั้งนี้ สูตร Ω สูตร Ω_w ให้ค่าความเชื่อมั่นและค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยสูงกว่า สูตร θ และสูตร θ_k^* ซึ่งสอดคล้องกับบทความของ บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2540) ที่กล่าวว่าค่าสัมประสิทธิ์ Ω มากกว่าค่าสัมประสิทธิ์ α หรือ θ นอกเสียจากสหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 1.0 แล้ว $\Omega = \alpha$ หรือ θ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกศเกล้า หมู่มิ่ง (2538) ซึ่งพบว่าการประมาณค่าความเชื่อมั่นของมาตรวัดประเมินค่าโดยใช้สูตรต่างกัน จะได้ค่าความเชื่อมั่นที่แตกต่างกัน จัดว่าสูตร Ω_w มีความเหมาะสมในการประมาณค่าความเชื่อมั่นมากกว่าสูตรอื่น ๆ ที่ทำการวิจัย และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยกว่า มีวิธีการคำนวณที่สะดวกกว่า สูตร θ และสูตร θ_k^* กล่าวคือ ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด เพื่อนำค่าน้ำหนักองค์ประกอบไปประมาณค่าความเชื่อมั่น ซึ่งสูตร Ω_w ได้รับการพัฒนาเพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้ได้มาก

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้ สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ และในการวิจัยได้ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนควรมีการเลือกใช้สูตรที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ค่าประมาณดีที่สุด

1.2 ถ้าพิจารณาค่าความเชื่อมั่น และค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยที่มีค่าสูง ควรเลือกใช้สูตร Ω_w

1.3 ถ้าต้องการค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความเชื่อมั่นที่มีค่าน้อย ควรเลือกใช้สูตร Ω_w

1.4 ถ้าต้องการค่าความลำเอียงทางสถิติในการประมาณค่าความเชื่อมั่นที่มีค่าน้อย ควรเลือกใช้สูตร θ

1.5 ถ้าคำนึงถึงความสะดวกในการคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น และให้ค่าความเชื่อมั่นที่ดีที่สุด ควรเลือกใช้สูตร Ω_w

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

2.1 ควรมีการศึกษาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนแบบต่าง ๆ กับนักเรียนในระดับชั้นอื่น ๆ ด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

2.2 ควรมีการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างๆ กัน ว่ากลุ่มตัวอย่างขนาดเท่าใด จึงจะเหมาะสมกับการประมาณค่าความเชื่อมั่น ด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* มากที่สุด

2.3 ควรมีการศึกษาช่วงคะแนนของค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เหมาะสมกับการประมาณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^*

2.4 ควรจะทำการวิจัยเช่นเดียวกับงานวิจัยนี้กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบทดสอบวัดบุคลิกภาพ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

เกศเกล้า หมู่มิ่ง. การประมาณค่าความเชื่อมั่นของมาตรวัดแบบประเมินค่าห้าระดับ. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2538. อัดสำเนา.

ชวาล แพรัตกุล. การทดสอบเพื่อค้นหาและพัฒนาสมรรถภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร , 2517.

ต่าย เชี่ยงฉี. ทฤษฎีการทดสอบและวัดผลการศึกษา. เชียงใหม่ : ภาควิชาประเมินผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 2526.

ทองห่อ วิภาวิน. การวัดความถนัด. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2523 . อัดสำเนา.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น (LISREL). พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพ : ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , , 2538.

บุญชม ศรีสะอาด. แบบทดสอบวัดความถนัด. มหาสารคาม:คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม , 2526. อัดสำเนา.

_____. การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น , 2540.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. การประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่แบ่งส่วนย่อยตามแบบจำลองคะแนนจริงสัมพันธ์. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2537. อัดสำเนา.

_____. การทดสอบแบบอิงเกณฑ์ : แนวคิดและปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. 2527.

_____. ความเชื่อมั่น : สัมประสิทธิ์ θ และมาตรวัดองค์ประกอบ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2540. อัดสำเนา.

พนิดา ฟุ้งเกียรตินำสุข. การประมาณค่าความเชื่อมั่นของมาตรวัดแบบประเมินค่าที่มีรูปแบบการตอบแตกต่างกัน. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2540. อัดสำเนา.

ล้วน สายยศ. " ความเชื่อมั่นอีกวิธีหนึ่ง, " พัฒนาวัดผล 12. กรุงเทพฯ : โดมการพิมพ์ , 2519.

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. หลักการสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน . พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช , 2527.

สมเกียรติ คูหเวโรจนปกรณ์. การศึกษาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบจากสัมประสิทธิ์เบต้าเค. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2535. อัดสำเนา.

สวัสดิ์ ประทุมราช. "การเรียนรู้," พัฒนาวัดผล10. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เจริญพัฒน์ , 2517.

_____. แนวคิดเชิงทฤษฎีการวิจัยและประเมินผล. กรุงเทพ ฯ : ม.ป.ท. , 2531.

โสภา บุณยศรีสวัสดิ์. อิทธิพลของช่วงเวลาที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแบบสอบซ้ำ. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2520. อัดสำเนา.

สุทธิพงศ์ บุญผดุง. การสร้างแบบทดสอบวัดลักษณะความรับผิดชอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง ความไม่เที่ยงตรงและความเชื่อมั่น.ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2541. อัดสำเนา.

สำเริง บุญเรืองรัตน์. "การพัฒนาทฤษฎีทาเร็นเทรทเพื่อการวิเคราะห์ข้อสอบ," วารสารการวัดผลการศึกษา. 7(21) : 41 - 68 ; มกราคม - เมษายน 2529.

อนันต์ ศรีโสภา. การวัดและการประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช : 2515.

Allen, M.J. and W.M. Yen . Introduction to Measurement Theory. Monterey , Calif Brooks/Cole, 1979.

Anastasi, Ann. Psychological Testing. New York : Mc.Graw - Hill , Inc. , 1968.

Bennett ,G.K., N.G. Seashore , and , A.G. Wesman, Differential Aptitude tests Directions for Administration and Norms. New York : The Psychological Corporation , 1974.

Bingham , Walter Van Duke. Aptitude and Aptitude testing. New York : Harper and Brothers , 1937.

Cronbach, L. J. , N. Rajaratnam and G. C. Gleser, " Theory of Generalizability : A Liberalzation of Reliability Theory " The British Journal of Statistical Psychology. XVI : 137 - 163 ;1963.

____. Essentials of Psychological Testing. New York : Harper & Row Publishers, 1970.

Cynthia, G. Parshall , Du Bose Houghton Pansy and Jeffrey D. Kromrey. " Equating Error and Statistical Bias in Small Sample Linear Equating, " Journal of Educational Measurement. 32 : 37 - 54 ; 1995.

Feldt, L. S. " Estimation of the Reliability of a Test devide into two parts of Unequal Length, " Psychometrika. 40 : 557 - 561 ; 1975.

Feldt, L. S. and R. L. Brennan, Reliability. in Linn, R. L. (Ed.) Education Measurement. New York : American Council on Education: MaCillan Publishing Company , 1989.

Ferguson, George A. Statistical Analysis in Psychology and Education. 3rd ed. New York : Mc.Graw - Hill Book Company , 1966.

Freeman , Frank S. Theory and Practice of Psychological Testing. 3 rd ed.New York : Holt Rinchart and Winston , 1966.

Gronlund, Norman E. Measurement and Evaluation in Teaching. 3rd ed. New York : Macmillan, 1976.

Guliksen, H. Theory Mental Tests. New York : John Wiley and Sons Inc., 1951.

Hays, W.L. Statistics. New York : Holt, Rinehart and Winston , Inc., 1988.

Kristof, W. " Estimation of reliability and True Score Variance from a Split of a Test into Three Arbitrary Parts, " Psychometrika. 39 : 491 - 499 ; 1974.

Lindvall, C. M. and Anthony J. Nitko. Measuring Pupil Achievement and Aptitude. New York : Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1967.

Lord, Frederic M. and Melvin R. Novick. Statistiical Theories of Mental Test Score. California : Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1968

Mehrens, William A. and Irvin J. Lehmann, Measurement and Evaluation in Educational and Psychology. New York : Rinehart and Winston , 1973.

Nunnally, Jum C. Education Measurement and Evaluation. New York : Mc.Graw - Hill Book Company , 1964.

Raju, N. S. " A Generalization of Coefficient Alpha, " Psychometrika. 42 : 549 - 565 ;1977.

Standley, Julian C. and Kenneth D. Hopkins. Educational and Psychology Evaluation. 5th ed. Engliwoods Cliff : Pretice - Hall , 1972.

Thorndike, Robert L. Measurement and Evaluation in Psychology and Education . New York : Willy , 1961.

ภาคผนวก

ตาราง 24 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าน้ำหนักองค์ประกอบของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน

แบบทดสอบ	ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ
เหตุผลทางภาษา	1	.740	.220	0.51306
	2	.250	.296	0.52811
	3	.790	.440	0.63278
	4	.420	.259	0.56979
	5	.770	.259	0.56753
	6	.220	.259	0.50622
	7	.750	.220	0.66678
	8	.780	.440	0.59765
	9	.590	.370	0.53573
	10	.350	.220	0.63296
	11	.400	.370	0.71892
	12	.290	..296	0.63533
	13	.560	.593	0.68577
	14	.660	.440	0.67035
	15	.720	.556	0.70953
	16	.500	.440	0.61964
	17	.330	.407	0.65955
	18	.630	.296	0.53955
	19	.490	.519	0.58761
	20	.220	.370	0.44204
ความสามารถด้านตัวเลข	1	.400	.220	0.57046
	2	.640	.407	0.66828
	3	.570	.259	0.59521
	4	.730	.220	0.47086
	5	.440	.440	0.61536
	6	.780	.370	0.60450
	7	.400	.519	0.60838
	8	.690	.667	0.71101
	9	.590	.370	0.59021
	10	.770	.593	0.54386
	11	.650	.407	0.62371
	12	.600	.630	0.59669

ตาราง 24 (ต่อ)

แบบทดสอบ	ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ
ความสามารถด้าน	13	.730	.333	0.58072
ตัวเลข	14	.530	.741	0.57880
	15	.370	.630	0.55625
	16	.750	.519	0.64440
	17	.540	.519	0.53691
	18	.520	.590	0.54918
	19	.610	.519	0.63689
	20	.320	.480	0.57465
เหตุผลทาง	1	.480	.778	0.57877
นามธรรม	2	.640	.630	0.65363
	3	.470	.593	0.69388
	4	.420	.556	0.60355
	5	.490	.704	0.49466
	6	.570	.741	0.61704
	7	.430	.593	0.57399
	8	.620	.667	0.56534
	9	.600	.667	0.77307
	10	.460	.519	0.54612
	11	.600	.667	0.50951
	12	.300	.593	0.62146
	13	.430	.556	0.54490
	14	.590	.630	0.60332
	15	.490	.778	0.53373
	16	.470	..556	0.71503
	17	.660	.667	0.56744
	18	.510	.889	0.61135
	19	.530	.667	0.64900
	20	.420	.741	0.63866
ความเร็วและ	1	.750	.285	0.50100
ความแม่นยำ	2	.710	.259	0.46692
	3	.750	.248	0.37306
	4	.730	.285	0.45806

ตาราง 24 (ต่อ)

แบบทดสอบ	ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ
ความเร็วและ	5	.730	.248	0.44297
ความแม่นยำ	6	.740	.285	0.45134
	7	.780	.296	0.39599
	8	.760	.259	0.44517
	9	.760	.333	0.46052
	10	.770	.259	0.42111
	11	.780	.222	0.48331
	12	.720	.285	0.51628
	13	.730	.285	0.47955
	14	.730	.222	0.54804
	15	.740	.285	0.65348
	16	.750	.248	0.50146
	17	.710	.259	0.55234
	18	.720	.222	0.46845
	19	.740	.285	0.50245
	20	.740	.248	0.37306
	21	.720	.222	0.56020
	22	.710	.333	0.46615
	23	.750	.285	0.47779
	24	.730	.248	0.54693
	25	.730	.222	0.39247
	26	.770	.333	0.41731
	27	.730	.285	0.43468
	28	.740	.222	0.56046
	29	.730	.259	0.58662
	30	.700	.370	0.51395
	31	.720	.222	0.60164
	32	.730	.259	0.61886
	33	.720	.296	0.53954
	34	.740	.222	0.52930
	35	.750	.285	0.55058
	36	.780	.333	0.58567

ตาราง 24 (ต่อ)

แบบทดสอบ	ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ
ความเร็วและ	37	.720	.222	0.67303
ความแม่นยำ	38	.740	.222	0.63444
	39	.730	.259	0.44676
	40	.740	.248	0.50206
	41	.730	.285	0.59237
	42	.740	.222	0.47699
	43	.750	.285	0.54551
	44	.740	.222	0.47941
	45	.760	.248	0.39024
	46	.740	.222	0.45192
	47	.750	.248	0.59214
	48	.730	.259	0.63183
	49	.730	.259	0.48232
	50	.740	.285	0.42369
	51	.730	.222	0.45587
	52	.740	.285	0.67754
	53	.700	.296	0.45599
	54	.730	.259	0.56617
	55	.720	.296	0.52133
	56	.790	.333	0.42530
	57	.730	.259	0.44480
	58	.780	.444	0.55376
	59	.720	.259	0.48736
	60	.740	.222	0.55610
	61	.780	.333	0.65780
	62	.760	.370	0.50232
	63	.700	.333	0.62713
	64	.740	.222	0.49253
	65	.730	.259	0.56986
	66	.740	.222	0.44481
	67	.700	.296	0.47033
	68	.790	.370	0.54783

ตาราง 24 (ต่อ)

แบบทดสอบ	ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ
ความเร็วและ	69	.710	.296	0.44859
ความแม่นยำ	70	.710	.296	0.50492
	71	.740	.222	0.43386
	72	.780	.370	0.41512
	73	.780	.407	0.57004
	74	.790	.407	0.59803
	75	.720	.296	0.52466
	76	.770	.296	0.52458
	77	.710	.296	0.50169
	78	.750	.248	0.6463
	79	.740	.222	0.50594
	80	.740	.222	0.5019
เหตุผลเชิงกล	1	.650	.333	0.50793
	2	.640	.333	0.53750
	3	.760	.444	0.57395
	4	.370	.259	0.55607
	5	.500	.259	0.47011
	6	.430	.222	0.52899
	7	.460	.370	0.45960
	8	.680	.519	0.45012
	9	.680	.444	0.43524
	10	.620	.333	0.53396
	11	.560	.259	0.45743
	12	.410	.296	0.42654
	13	.430	.259	0.61889
	14	.320	.330	0.58019
	15	.670	.259	0.50314
	16	.620	.333	0.44439
	17	.620	.296	0.49627
	18	.210	.296	0.58151
	19	.390	.222	0.42187
	20	.200	.296	0.56264

ตาราง 24 (ต่อ)

แบบทดสอบ	ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ
มิติสัมพันธ์	1	.360	.407	0.45342
	2	.550	.259	0.47519
	3	.440	.296	0.43824
	4	.450	.370	0.57328
	5	.520	.556	0.44532
	6	.380	.556	0.64089
	7	.590	.407	0.55679
	8	.590	.407	0.61847
	9	.220	.444	0.56343
	10	.800	.333	0.53079
	11	.530	.407	0.59879
	12	.300	.444	0.45501
	13	.380	.593	0.50349
	14	.280	.481	0.52836
	15	.500	.852	0.52503
	16	.340	.407	0.60803
	17	.550	.481	0.60400
	18	.390	.667	0.36891
	19	.420	.296	0.51252
	20	.360	.333	0.36674
สะกดคำ	1	.450	.259	0.47384
	2	.640	.259	0.51635
	3	.560	.407	0.49006
	4	.340	.407	0.62954
	5	.710	.259	0.39784
	6	.690	.370	0.47163
	7	.760	.222	0.56603
	8	.570	.481	0.34351
	9	.490	.481	0.47263
	10	.740	.407	0.36205
	11	.780	.222	0.58223
	12	.780	.444	0.61726

ตาราง 24 (ต่อ)

แบบทดสอบ	ข้อที่	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ
สะกดคำ	13	.300	.296	0.54294
	14	.630	.481	0.57769
	15	.790	.333	0.47975
	16	.740	.222	0.49443
	17	.480	.222	0.53964
	18	.510	.222	0.50622
	19	.590	.444	0.49407
	20	.680	.296	0.33885
การใช้ภาษา	1	.620	.407	0.48416
	2	.490	.333	0.48312
	3	.670	.370	0.50454
	4	.690	.333	0.42582
	5	.770	.444	0.49540
	6	.540	.370	0.56599
	7	.460	.333	0.54423
	8	.610	.481	0.43760
	9	.650	.370	0.43263
	10	.370	.704	0.50598
	11	.680	.407	0.37369
	12	.700	.481	0.47674
	13	.760	.556	0.42200
	14	.570	.370	0.53828
	15	.630	.444	0.43263
	16	.740	.667	0.50598
	17	.620	.593	0.37369
	18	.630	.667	0.47674
	19	.790	.556	0.42200
	20	.720	.519	0.53828

ตาราง 25 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลทางภาษา ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
1	0.9572	0.9677	0.8468	0.8709
2	0.9539	0.9583	0.8459	0.8830
3	0.9458	0.9488	0.8538	0.8728
4	0.9503	0.9678	0.8537	0.8898
5	0.9489	0.9583	0.8531	0.8810
6	0.9442	0.9525	0.8427	0.8849
7	0.9567	0.9647	0.8618	0.9110
8	0.9500	0.9590	0.8459	0.9522
9	0.9383	0.9475	0.8735	0.8891
10	0.9427	0.9530	0.853	0.9725
11	0.9273	0.9363	0.8716	0.9109
12	0.9417	0.9500	0.8791	0.8852
13	0.9547	0.9630	0.8738	0.8808
14	0.9327	0.9412	0.8459	0.8728
15	0.9268	0.9336	0.8670	0.8902
16	0.9464	0.9588	0.8742	0.9110
17	0.9381	0.9413	0.8560	0.8826
18	0.9490	0.9533	0.9055	0.9233
19	0.942	0.9511	0.8556	0.8575
20	0.9368	0.9403	0.8458	0.8838
21	0.9439	0.9507	0.8699	0.8826
22	0.9389	0.9441	0.8639	0.8716
23	0.9293	0.9361	0.8399	0.8519
24	0.9303	0.9391	0.8596	0.8826
25	0.9377	0.9456	0.856	0.8899
26	0.9362	0.9427	0.8726	0.9118
27	0.9428	0.9529	0.8427	0.8740
28	0.9189	0.9274	0.8597	0.8526
29	0.9288	0.9345	0.8451	0.8901
30	0.9401	0.9537	0.8454	0.9230
31	0.9323	0.9433	0.8448	0.8639
32	0.9396	0.9435	0.8487	0.8927
33	0.9426	0.9485	0.8514	0.8917

ตาราง 25 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
34	0.9340	0.9371	0.8519	0.8815
35	0.9298	0.9424	0.8429	0.8713
36	0.9546	0.9620	0.8593	0.9039
37	0.9260	0.9361	0.8371	0.8630
38	0.9316	0.9419	0.8687	0.9235
39	0.9510	0.9610	0.8611	0.9109
40	0.9344	0.9450	0.8402	0.883
41	0.9302	0.9412	0.8389	0.8827
42	0.9260	0.9330	0.8577	0.8895
43	0.9311	0.9361	0.8430	0.8762
44	0.9301	0.9354	0.8531	0.8835
45	0.9196	0.9329	0.8586	0.8877
46	0.9277	0.9335	0.8585	0.8767
47	0.9355	0.947	0.8512	0.8962
48	0.9334	0.9434	0.8178	0.8576
49	0.9416	0.9466	0.8599	0.9160
50	0.9286	0.9481	0.8303	0.8699
51	0.9201	0.8333	0.8557	0.8850
52	0.9340	0.9455	0.8585	0.8815
53	0.9496	0.9662	0.8522	0.8756
54	0.9372	0.9491	0.8458	0.8563
55	0.9494	0.9616	0.8607	0.9029
56	0.9159	0.9364	0.8616	0.8972
57	0.9209	0.9356	0.8439	0.8712
58	0.9471	0.9522	0.8351	0.8525
59	0.9556	0.9621	0.8581	0.8829
60	0.9396	0.9469	0.857	0.8868
61	0.9499	0.9614	0.8378	0.8761
62	0.9191	0.9374	0.8488	0.8928
63	0.9266	0.9380	0.8593	0.893
64	0.9206	0.9334	0.8317	0.8763
65	0.9245	0.9361	0.8604	0.8956
66	0.9190	0.9420	0.8748	0.9181
67	0.9340	0.9434	0.8611	0.9050

ตาราง 25 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
68	0.9118	0.9325	0.8712	0.9075
69	0.9252	0.9380	0.8482	0.8845
70	0.9430	0.9553	0.8702	0.8861
71	0.9371	0.9429	0.8605	0.8851
72	0.9293	0.9486	0.8857	0.8946
73	0.9487	0.9585	0.8946	0.9028
74	0.9302	0.9437	0.8577	0.8739
75	0.9535	0.9607	0.8753	0.8657
76	0.9240	0.9397	0.8732	0.8972
77	0.9516	0.9610	0.8667	0.8869
78	0.9393	0.9529	0.8659	0.8727
79	0.9240	0.9339	0.8512	0.9029
80	0.9229	0.9417	0.8584	0.8744
81	0.9301	0.9503	0.8803	0.8929
82	0.9408	0.9495	0.8723	0.8763
83	0.9383	0.9520	0.8578	0.8670
84	0.9556	0.9630	0.8837	0.8851
85	0.9227	0.9341	0.8748	0.8991
86	0.9406	0.9520	0.8826	0.8976
87	0.9188	0.9381	0.8788	0.9068
88	0.9250	0.9343	0.8827	0.9211
89	0.9147	0.9249	0.8775	0.9110
90	0.9403	0.9496	0.8595	0.8781
91	0.9400	0.9576	0.8537	0.9008
92	0.9210	0.9356	0.8692	0.9111
93	0.9349	0.9492	0.8575	0.9024
94	0.9208	0.9393	0.8690	0.8903
95	0.9413	0.9510	0.8729	0.9048
96	0.9245	0.9401	0.8576	0.8944
97	0.9306	0.9521	0.8801	0.9148
98	0.9265	0.9386	0.8672	0.8849
99	0.9507	0.9645	0.8704	0.9244
100	0.9528	0.9569	0.8687	0.9239
101	0.9368	0.9369	0.8407	0.8730

ตาราง 25 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
102	0.9414	0.9392	0.8803	0.9036
103	0.9585	0.9657	0.8596	0.8740
104	0.9647	0.9667	0.8683	0.9231
105	0.9426	0.9495	0.8926	0.9336
106	0.9584	0.9587	0.8742	0.9078
107	0.9440	0.9396	0.8824	0.9204
108	0.9339	0.9346	0.8664	0.8989
109	0.9652	0.9619	0.8759	0.9328
110	0.9418	0.9386	0.8767	0.9335
111	0.9576	0.9678	0.8492	0.8916
112	0.9551	0.9627	0.8387	0.8753
113	0.9626	0.9702	0.8723	0.9083
114	0.9642	0.9798	0.8603	0.8856
115	0.9536	0.9681	0.8800	0.8989
116	0.9654	0.9699	0.8796	0.9341
117	0.9396	0.9511	0.8675	0.9026
118	0.9383	0.9519	0.8627	0.8768
119	0.9385	0.9501	0.8796	0.9111
120	0.9515	0.9550	0.8591	0.8966
121	0.9572	0.9693	0.872	0.8874
122	0.9406	0.9500	0.8776	0.9027
123	0.9288	0.9392	0.8496	0.8939
124	0.9335	0.9432	0.8432	0.8767
125	0.9549	0.9587	0.8496	0.8686
126	0.9641	0.9719	0.8796	0.9159
127	0.9679	0.984	0.8614	0.8814
128	0.9546	0.9712	0.8824	0.8999
129	0.9444	0.9578	0.8583	0.8727
130	0.9466	0.9643	0.871	0.8864
131	0.9641	0.9732	0.8872	0.9182
132	0.9414	0.9467	0.8789	0.9017
133	0.9450	0.9503	0.8437	0.8709
134	0.9349	0.9518	0.8496	0.8581
135	0.9571	0.9654	0.8594	0.8820

ตาราง 25 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
136	0.9496	0.9589	0.8772	0.9014
137	0.9532	0.9574	0.8710	0.8871
138	0.9461	0.9442	0.8527	0.8774
139	0.9687	0.9593	0.8817	0.9038
140	0.9451	0.9465	0.8768	0.9091
141	0.9511	0.9564	0.8425	0.8757
142	0.9534	0.9603	0.8805	0.9220
143	0.9432	0.9468	0.8662	0.8887
144	0.9536	0.9578	0.8274	0.8577
145	0.9678	0.9741	0.8322	0.8472
146	0.9463	0.9502	0.8542	0.8853
147	0.9483	0.9582	0.8185	0.8634
148	0.9642	0.9657	0.8601	0.8908
149	0.9581	0.9686	0.8374	0.8599
150	0.9685	0.9787	0.8678	0.8976
151	0.9402	0.9451	0.8545	0.8622
152	0.9542	0.9614	0.8582	0.8938
153	0.9692	0.9770	0.8264	0.8786
154	0.9475	0.9473	0.8295	0.8559
155	0.9679	0.9739	0.8611	0.8966
156	0.9504	0.9551	0.8534	0.8946
157	0.9508	0.9559	0.8573	0.9029
158	0.9717	0.9769	0.8650	0.9158
159	0.9728	0.9713	0.8495	0.8794
160	0.9500	0.9566	0.8775	0.9166
161	0.9535	0.9639	0.8384	0.8715
162	0.9414	0.9564	0.8588	0.8965
163	0.9568	0.9781	0.8334	0.8769
164	0.9265	0.9492	0.8522	0.8879
165	0.9157	0.9423	0.8384	0.8653
166	0.9271	0.9383	0.8398	0.8538
167	0.9272	0.9462	0.8621	0.8904
168	0.9413	0.9613	0.8592	0.9065
169	0.9530	0.9613	0.8682	0.9067

ตาราง 25 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
170	0.9369	0.9532	0.8580	0.8877
171	0.9272	0.9446	0.8565	0.8789
172	0.9292	0.9340	0.8315	0.8572
173	0.9250	0.9414	0.8694	0.9102
174	0.9428	0.9464	0.8611	0.8824
175	0.9182	0.9272	0.8243	0.8514
176	0.9303	0.9374	0.8525	0.8546
177	0.9352	0.9507	0.8283	0.8568
178	0.9465	0.9638	0.8534	0.8794
179	0.9351	0.9520	0.8276	0.8486
180	0.9291	0.9427	0.8393	0.8620
181	0.9365	0.9466	0.8394	0.8820
182	0.9292	0.9400	0.8691	0.8903
183	0.9570	0.9520	0.8571	0.8836
184	0.9261	0.9359	0.8582	0.8903
185	0.9308	0.9415	0.8800	0.8884
186	0.9267	0.9386	0.8394	0.8689
187	0.9301	0.9388	0.8324	0.8627
188	0.9405	0.9533	0.8638	0.8908
189	0.9325	0.9404	0.8284	0.8675
190	0.9448	0.9564	0.8691	0.9128
191	0.9318	0.9392	0.8712	0.9140
192	0.9550	0.9494	0.8631	0.8810
193	0.9393	0.9544	0.8361	0.8685
194	0.9205	0.9328	0.8524	0.8875
195	0.9334	0.9383	0.8277	0.8725
196	0.9318	0.9379	0.8428	0.8708
197	0.9520	0.9650	0.8606	0.8927
198	0.9355	0.9478	0.8832	0.9212
199	0.9273	0.9387	0.8384	0.8927
200	0.9263	0.9513	0.8295	0.8908

ตาราง 26 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลข ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
1	0.9552	0.9616	0.8160	0.8233
2	0.9605	0.9651	0.8493	0.8542
3	0.9616	0.9663	0.8243	0.9116
4	0.9696	0.9715	0.8422	0.8887
5	0.9625	0.9671	0.8372	0.9062
6	0.9737	0.9759	0.8377	0.8901
7	0.9686	0.9741	0.8554	0.8954
8	0.9751	0.9784	0.8644	0.8857
9	0.9659	0.9689	0.8273	0.8971
10	0.9680	0.9724	0.8198	0.9111
11	0.9677	0.9731	0.8073	0.8753
12	0.9677	0.9721	0.8278	0.8948
13	0.9737	0.9803	0.8515	0.8848
14	0.9692	0.9734	0.8193	0.8663
15	0.968	0.9725	0.8048	0.8978
16	0.9651	0.9701	0.8327	0.8315
17	0.9616	0.9692	0.8293	0.8696
18	0.9604	0.9652	0.8368	0.9028
19	0.9666	0.9693	0.8198	0.9048
20	0.9665	0.9681	0.8635	0.9219
21	0.9643	0.9683	0.8254	0.8980
22	0.9648	0.9690	0.8569	0.8984
23	0.9757	0.9795	0.8595	0.9263
24	0.9558	0.9610	0.8568	0.9381
25	0.9636	0.9670	0.8321	0.8796
26	0.9635	0.9665	0.8727	0.9144
27	0.9642	0.9660	0.8446	0.8852
28	0.9704	0.9725	0.8223	0.9293
29	0.9670	0.9721	0.8546	0.8869
30	0.9640	0.9678	0.8406	0.9293
31	0.9478	0.9552	0.8203	0.8658
32	0.9391	0.9502	0.8542	0.9292
33	0.9505	0.9579	0.8663	0.9242

ตาราง 26 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
34	0.9425	0.9543	0.8176	0.8799
35	0.9423	0.9587	0.8509	0.9205
36	0.9459	0.9574	0.8423	0.9176
37	0.9464	0.9632	0.8213	0.8696
38	0.9584	0.9615	0.8454	0.8984
39	0.9552	0.9636	0.8229	0.8921
40	0.9406	0.9521	0.8532	0.9242
41	0.9449	0.9543	0.8659	0.9267
42	0.9524	0.9632	0.8543	0.8806
43	0.9445	0.9569	0.8267	0.8481
44	0.9406	0.9598	0.8646	0.9323
45	0.9329	0.9468	0.8713	0.9098
46	0.9357	0.9476	0.8242	0.8518
47	0.9591	0.9669	0.8607	0.8934
48	0.9552	0.9643	0.8249	0.9049
49	0.9439	0.9591	0.8269	0.8663
50	0.9759	0.9799	0.8485	0.8822
51	0.9436	0.9562	0.8163	0.8349
52	0.9322	0.9402	0.8332	0.8477
53	0.9307	0.9489	0.8476	0.9141
54	0.9481	0.9511	0.8571	0.9175
55	0.9495	0.9561	0.8622	0.9202
56	0.9602	0.9628	0.8553	0.9254
57	0.9314	0.9463	0.8392	0.9241
58	0.9491	0.9528	0.8618	0.9538
59	0.9497	0.9544	0.8536	0.8564
60	0.9543	0.9637	0.8442	0.8774
61	0.9415	0.9434	0.8611	0.9328
62	0.9548	0.9532	0.8249	0.9174
63	0.9633	0.9745	0.8322	0.9245
64	0.9593	0.9671	0.8577	0.9299
65	0.9522	0.9608	0.8281	0.8996
66	0.9437	0.9461	0.8395	0.8961
67	0.9499	0.9566	0.8302	0.8852

ตาราง 26 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
68	0.9444	0.9471	0.8614	0.8967
69	0.9517	0.9619	0.8491	0.8937
70	0.9535	0.9674	0.8497	0.9038
71	0.9443	0.9537	0.8443	0.9135
72	0.9513	0.9669	0.8515	0.9192
73	0.9426	0.9476	0.8298	0.9082
74	0.9496	0.9589	0.8632	0.9076
75	0.9469	0.9511	0.8645	0.9042
76	0.9386	0.9462	0.8524	0.9197
77	0.9512	0.9688	0.8435	0.9271
78	0.9466	0.9518	0.8292	0.8908
79	0.9369	0.9383	0.8507	0.8994
80	0.9345	0.9423	0.8547	0.9134
81	0.9518	0.9606	0.8405	0.9024
82	0.9642	0.9751	0.8227	0.8704
83	0.9567	0.9606	0.8745	0.9196
84	0.9693	0.9736	0.8373	0.8985
85	0.9521	0.9637	0.8536	0.8933
86	0.9433	0.9515	0.8491	0.8958
87	0.9353	0.9408	0.8343	0.8849
88	0.9505	0.9625	0.8378	0.8924
89	0.9631	0.9737	0.8299	0.8853
90	0.9642	0.9663	0.8697	0.9022
91	0.9381	0.9513	0.8475	0.8977
92	0.9496	0.9508	0.8262	0.8843
93	0.9421	0.9585	0.8107	0.8782
94	0.9503	0.9661	0.8297	0.8857
95	0.9332	0.9537	0.8492	0.8978
96	0.8362	0.9463	0.8598	0.9142
97	0.9376	0.9485	0.8302	0.9283
98	0.9322	0.9408	0.8669	0.9172
99	0.9231	0.9364	0.8289	0.8757
100	0.9664	0.9796	0.8245	0.8729
101	0.9517	0.9577	0.8655	0.9049

ตาราง 26 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
102	0.9398	0.9422	0.8496	0.8822
103	0.9527	0.9692	0.8499	0.8977
104	0.9421	0.9521	0.8065	0.9181
105	0.9589	0.9695	0.8289	0.9095
106	0.9442	0.9541	0.8338	0.8802
107	0.9469	0.9537	0.8261	0.8614
108	0.9609	0.9635	0.8612	0.9191
109	0.9331	0.9437	0.8377	0.8997
110	0.9324	0.9349	0.8412	0.9043
111	0.9417	0.9491	0.8294	0.8815
112	0.9572	0.9651	0.8349	0.8782
113	0.9499	0.9545	0.8165	0.8852
114	0.9476	0.9571	0.8756	0.9261
115	0.9496	0.9408	0.8343	0.8692
116	0.9396	0.9461	0.8471	0.9297
117	0.9496	0.9566	0.8188	0.8893
118	0.9369	0.9471	0.8721	0.9013
119	0.9322	0.9419	0.8103	0.8627
120	0.9575	0.9674	0.8767	0.8935
121	0.9421	0.9537	0.8351	0.9103
122	0.9452	0.9568	0.8384	0.8832
123	0.9536	0.9658	0.8346	0.8568
124	0.9424	0.9511	0.8028	0.8626
125	0.9699	0.9722	0.8603	0.9283
126	0.9686	0.9777	0.8208	0.8513
127	0.9466	0.9581	0.8763	0.9219
128	0.9366	0.9395	0.8632	0.9073
129	0.9367	0.9449	0.8394	0.9319
130	0.9322	0.9346	0.8118	0.8982
131	0.9418	0.9592	0.8239	0.8692
132	0.9392	0.9401	0.8597	0.9332
133	0.9542	0.9651	0.8217	0.9282
134	0.9496	0.9548	0.8699	0.8921
135	0.9358	0.9462	0.8332	0.8832

ตาราง 26 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
136	0.9681	0.9705	0.8529	0.9265
137	0.9506	0.9687	0.8384	0.8781
138	0.9484	0.9534	0.8158	0.8549
139	0.9321	0.9402	0.8701	0.8907
140	0.9284	0.9348	0.8476	0.8844
141	0.9587	0.9762	0.8078	0.8771
142	0.9406	0.9517	0.8646	0.8865
143	0.9557	0.9603	0.8612	0.9308
144	0.9455	0.9495	0.8103	0.9229
145	0.9493	0.9511	0.8201	0.8904
146	0.9351	0.9466	0.8643	0.9237
147	0.9669	0.9771	0.8069	0.8613
148	0.9356	0.9495	0.8532	0.8902
149	0.9204	0.9393	0.8158	0.8476
150	0.9401	0.9586	0.8675	0.9081
151	0.9504	0.9603	0.8601	0.9381
152	0.9479	0.9541	0.8221	0.8522
153	0.9569	0.9687	0.8474	0.8977
154	0.9419	0.9589	0.8569	0.9181
155	0.9604	0.9749	0.8735	0.9095
156	0.9675	0.9784	0.8685	0.9302
157	0.9565	0.9602	0.8594	0.8914
158	0.9551	0.9627	0.8566	0.8991
159	0.9566	0.9589	0.8290	0.8697
160	0.9544	0.9623	0.8386	0.9032
161	0.9347	0.9444	0.8692	0.8915
162	0.9424	0.9591	0.8306	0.8824
163	0.9634	0.9795	0.8325	0.8515
164	0.9496	0.9584	0.8671	0.9148
165	0.9474	0.9589	0.8774	0.9209
166	0.9561	0.9678	0.8306	0.8984
167	0.9328	0.9453	0.8419	0.8836
168	0.9525	0.9628	0.8507	0.8983
169	0.9483	0.9548	0.8607	0.9071

ตาราง 26 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
170	0.9606	0.9719	0.8289	0.9383
171	0.9601	0.9759	0.8322	0.8856
172	0.9598	0.9722	0.8588	0.8995
173	0.9532	0.9677	0.8475	0.9025
174	0.9325	0.9481	0.8322	0.8895
175	0.9293	0.9395	0.8477	0.9190
176	0.9285	0.9302	0.8181	0.8628
177	0.9545	0.9614	0.8095	0.8665
178	0.9448	0.9491	0.8302	0.9353
179	0.9334	0.9497	0.8614	0.8961
180	0.9499	0.9518	0.8491	0.9112
181	0.9534	0.9675	0.8497	0.8719
182	0.9613	0.9728	0.8943	0.9335
183	0.9513	0.9625	0.8515	0.8991
184	0.9452	0.9534	0.8349	0.8938
185	0.9554	0.9601	0.8542	0.8903
186	0.9452	0.9531	0.8633	0.9326
187	0.9457	0.9661	0.8030	0.8983
188	0.9498	0.9587	0.8375	0.8953
189	0.9485	0.9506	0.8229	0.8928
190	0.9408	0.9451	0.8438	0.8796
191	0.9493	0.9539	0.8526	0.8838
192	0.9283	0.9393	0.8231	0.9388
193	0.9353	0.9596	0.8023	0.8922
194	0.9461	0.9531	0.8659	0.8902
195	0.9622	0.9728	0.8646	0.9284
196	0.9591	0.9695	0.8597	0.8991
197	0.9643	0.9703	0.8602	0.8797
198	0.9561	0.9625	0.8425	0.9143
199	0.9594	0.9487	0.8846	0.8977
200	0.9495	0.9545	0.8548	0.9035

ตาราง 27 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลทางนามธรรม ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
1	0.9688	0.9739	0.8358	0.8936
2	0.9611	0.9650	0.8062	0.8935
3	0.9527	0.9698	0.7932	0.9137
4	0.9638	0.9676	0.8252	0.9313
5	0.9621	0.9679	0.8343	0.9271
6	0.9677	0.9696	0.8173	0.9335
7	0.9752	0.9796	0.8231	0.9198
8	0.9699	0.9755	0.8304	0.8916
9	0.9598	0.9643	0.8097	0.9359
10	0.9720	0.9754	0.8240	0.9252
11	0.9705	0.9781	0.8116	0.8906
12	0.9618	0.9659	0.8336	0.9015
13	0.9592	0.9631	0.8084	0.8935
14	0.9798	0.9744	0.8358	0.9299
15	0.9696	0.9746	0.8376	0.9287
16	0.9615	0.9644	0.8143	0.9092
17	0.9732	0.9756	0.8202	0.9191
18	0.9609	0.9644	0.8181	0.8918
19	0.9594	0.9652	0.8151	0.9124
20	0.9621	0.9648	0.8364	0.9067
21	0.9563	0.9601	0.8073	0.8970
22	0.9613	0.9656	0.8528	0.8639
23	0.9601	0.9653	0.8371	0.9094
24	0.9746	0.9785	0.8302	0.915
25	0.9603	0.9641	0.8252	0.9434
26	0.9698	0.9760	0.8459	0.9358
27	0.9616	0.9672	0.8253	0.9174
28	0.9689	0.9746	0.8391	0.9204
29	0.9572	0.9607	0.8550	0.9150
30	0.9569	0.9612	0.8359	0.9499
31	0.9545	0.9638	0.8363	0.9428
32	0.9505	0.9692	0.8272	0.9377
33	0.9603	0.9693	0.8522	0.9195

ตาราง 27 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
34	0.9493	0.9515	0.8545	0.9464
35	0.9526	0.9555	0.8425	0.9063
36	0.9496	0.9591	0.8557	0.9258
37	0.9711	0.9779	0.8466	0.9089
38	0.9674	0.9728	0.8409	0.9474
39	0.9552	0.9601	0.8096	0.8886
40	0.9466	0.9589	0.8617	0.9278
41	0.9546	0.9595	0.8499	0.9284
42	0.9637	0.9669	0.8434	0.9029
43	0.9491	0.9569	0.8532	0.9328
44	0.9495	0.9555	0.8537	0.9344
45	0.9547	0.9567	0.8198	0.9061
46	0.9573	0.9596	0.8228	0.9208
47	0.9715	0.9791	0.8242	0.9197
48	0.9615	0.9652	0.8468	0.9004
49	0.9564	0.9612	0.8498	0.9201
50	0.9581	0.9614	0.8164	0.9165
51	0.9454	0.9502	0.8396	0.9359
52	0.9543	0.9666	0.8469	0.9339
53	0.9624	0.9687	0.8206	0.9439
54	0.9727	0.9783	0.8239	0.9024
55	0.9484	0.9505	0.8463	0.9428
56	0.9603	0.9698	0.8571	0.9586
57	0.9455	0.9527	0.8535	0.9201
58	0.9453	0.9522	0.8214	0.9397
59	0.9603	0.9689	0.8211	0.9322
60	0.9423	0.9536	0.8481	0.9097
61	0.9481	0.9513	0.8418	0.9401
62	0.9621	0.9647	0.8106	0.9050
63	0.9515	0.9559	0.8393	0.9137
64	0.9473	0.9585	0.8443	0.9236
65	0.9675	0.9704	0.8244	0.9359
66	0.9422	0.9488	0.8346	0.9171
67	0.9639	0.9731	0.8202	0.9179

ตาราง 27 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
68	0.9554	0.9645	0.8371	0.9336
69	0.9465	0.9531	0.8409	0.9176
70	0.9491	0.9566	0.8261	0.9254
71	0.9628	0.9713	0.8507	0.9473
72	0.9460	0.9514	0.8404	0.9279
73	0.9573	0.9634	0.8512	0.9496
74	0.9709	0.9742	0.8124	0.8946
75	0.9732	0.9783	0.8474	0.9991
76	0.9486	0.9519	0.8219	0.9196
77	0.9699	0.9742	0.8527	0.9244
78	0.9436	0.9544	0.8472	0.9364
79	0.9635	0.9641	0.8157	0.917
80	0.9548	0.9641	0.8578	0.9434
81	0.9461	0.9525	0.8551	0.9297
82	0.9587	0.9603	0.8393	0.9116
83	0.9696	0.9749	0.8318	0.9095
84	0.9588	0.9649	0.8352	0.9066
85	0.9764	0.9794	0.8606	0.9323
86	0.9533	0.9599	0.8565	0.9433
87	0.9567	0.9877	0.8429	0.9487
88	0.9615	0.9644	0.8608	0.9283
89	0.9721	0.9784	0.8526	0.9273
90	0.9702	0.9722	0.8357	0.9027
91	0.9549	0.9555	0.8324	0.9261
92	0.9686	0.9677	0.8249	0.9337
93	0.9498	0.9579	0.8209	0.9079
94	0.9493	0.9537	0.8367	0.9276
95	0.9688	0.9697	0.8462	0.9241
96	0.9494	0.9577	0.8465	0.9465
97	0.9552	0.9672	0.8204	0.9297
98	0.9684	0.9695	0.8478	0.9342
99	0.9682	0.9729	0.8601	0.9327
100	0.9652	0.9708	0.8321	0.9149
101	0.9575	0.9616	0.8230	0.9323

ตาราง 27 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
102	0.9633	0.9652	0.8026	0.9479
103	0.9431	0.9545	0.8119	0.9226
104	0.9533	0.9574	0.8550	0.9233
105	0.9499	0.9537	0.8297	0.9093
106	0.9459	0.9558	0.8579	0.9279
107	0.9526	0.9531	0.8469	0.9123
108	0.9730	0.9635	0.8404	0.9286
109	0.9538	0.9574	0.8257	0.9162
110	0.9544	0.9569	0.8577	0.9329
111	0.9479	0.9589	0.8570	0.9331
112	0.9618	0.9647	0.8431	0.9131
113	0.9589	0.9689	0.8433	0.9056
114	0.9449	0.9536	0.8407	0.9107
115	0.9689	0.9735	0.8326	0.9225
116	0.9625	0.9689	0.8462	0.9114
117	0.9681	0.9761	0.8458	0.9175
118	0.9494	0.9563	0.8315	0.9295
119	0.9466	0.9501	0.8317	0.9381
120	0.9512	0.9686	0.8123	0.8988
121	0.9595	0.9605	0.8218	0.9138
122	0.9604	0.9639	0.8438	0.9214
123	0.9591	0.9666	0.8634	0.9353
124	0.9652	0.9707	0.8472	0.9211
125	0.9575	0.9648	0.8517	0.9333
126	0.9559	0.9658	0.8253	0.9066
127	0.9662	0.9752	0.8349	0.9189
128	0.9613	0.9712	0.8257	0.8904
129	0.9516	0.9621	0.8584	0.9294
130	0.9743	0.9758	0.8346	0.9381
131	0.9686	0.9736	0.8279	0.8986
132	0.9709	0.9758	0.8619	0.9555
133	0.9623	0.9649	0.8257	0.8967
134	0.9619	0.9731	0.8282	0.9027
135	0.9567	0.9663	0.8504	0.9177

ตาราง 27 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
136	0.9696	0.9726	0.8263	0.8962
137	0.9643	0.9686	0.8523	0.9455
138	0.9522	0.9648	0.8443	0.9363
139	0.9455	0.9567	0.8389	0.9274
140	0.9512	0.9697	0.8332	0.9177
141	0.9523	0.9636	0.8271	0.9185
142	0.9535	0.9609	0.8623	0.9302
143	0.9573	0.9615	0.8519	0.9387
144	0.9541	0.9648	0.8215	0.9447
145	2.9629	0.9706	0.8286	0.9073
146	0.9528	0.9589	0.8537	0.9217
147	0.9645	0.9687	0.8442	0.9303
148	0.9529	0.9539	0.8478	0.9278
149	0.9702	0.9723	0.8187	0.8932
150	0.9589	0.9672	0.8569	0.9119
151	0.9565	0.9679	0.8298	0.9296
152	0.9471	0.9527	0.8408	0.9358
153	0.9589	0.9651	0.8531	0.9234
154	0.9531	0.9648	0.8506	0.9328
155	0.9433	0.9526	0.8203	0.8918
156	0.9598	0.9606	0.8307	0.9053
157	0.9653	0.9623	0.8518	0.9153
158	0.9593	0.9623	0.8594	0.9052
159	0.9443	0.9527	0.8368	0.9015
160	0.9576	0.9651	0.8591	0.9266
161	0.9693	0.9711	0.8163	0.8943
162	0.9557	0.9577	0.8644	0.9305
163	0.9543	0.9599	0.8412	0.9211
164	0.9576	0.9681	0.8453	0.9222
165	0.9423	0.9502	0.8615	0.9361
166	0.9462	0.9526	0.8427	0.9294
167	0.9524	0.9547	0.8488	0.9126
168	0.9559	0.9646	0.8603	0.9208
169	0.9663	0.9743	0.8499	0.9179

ตาราง 27 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
170	0.9497	0.9561	0.8283	0.9341
171	0.9513	0.9537	0.8667	0.9420
172	0.9536	0.9662	0.8647	0.9391
173	0.9623	0.9763	0.8439	0.9221
174	0.9479	0.9516	0.8569	0.9322
175	0.9589	0.9673	0.8315	0.9235
176	0.9609	0.9697	0.8675	0.9132
177	0.9628	0.9649	0.8226	0.9034
178	0.9599	0.9676	0.8182	0.8926
179	0.9576	0.9613	0.8512	0.9361
180	0.9583	0.9659	0.8324	0.9067
181	0.9535	0.9617	0.8285	0.8988
182	0.9735	0.9763	0.8577	0.9223
183	0.9577	0.9687	0.8392	0.9071
184	0.9708	0.9754	0.8461	0.9286
185	0.9492	0.9547	0.8692	0.9159
186	0.9528	0.9545	0.8535	0.9233
187	0.9474	0.9522	0.8536	0.9315
188	0.9523	0.9684	0.8646	0.9248
189	0.9693	0.9745	0.8616	0.9262
190	0.9594	0.9624	0.8509	0.9106
191	0.9477	0.9567	0.8423	0.9153
192	0.9529	0.9607	0.8234	0.9064
193	0.9475	0.9608	0.8219	0.9030
194	0.9434	0.9577	0.8393	0.9110
195	0.9604	0.9766	0.8358	0.9156
196	0.9534	0.9641	0.8564	0.9261
197	0.9624	0.9638	0.8452	0.9199
198	0.9503	0.9608	0.8171	0.8946
199	0.9465	0.9552	0.8193	0.8911
200	0.9356	0.9458	0.8459	0.8856

ตาราง 28 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความเร็วและความแม่นยำ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
1	0.9385	0.9444	0.8455	0.8631
2	0.9498	0.9549	0.8324	0.8596
3	0.9532	0.9576	0.8548	0.8688
4	0.9494	0.9565	0.8812	0.8871
5	0.9550	0.9589	0.8400	0.8504
6	0.9393	0.9446	0.8678	0.8803
7	0.9411	0.9444	0.8840	0.9026
8	0.9522	0.9585	0.8993	0.9100
9	0.9545	0.9586	0.8487	0.8614
10	0.9605	0.9657	0.8144	0.8267
11	0.9446	0.9518	0.8015	0.8192
12	0.9514	0.9592	0.8563	0.8693
13	0.9470	0.9517	0.8373	0.8577
14	0.9562	0.9618	0.8435	0.8641
15	0.9489	0.9592	0.8357	0.8468
16	0.9662	0.9724	0.8551	0.8638
17	0.9527	0.9568	0.8771	0.892
18	0.9528	0.9578	0.8842	0.9084
19	0.9469	0.9535	0.8107	0.8247
20	0.9502	0.9544	0.8228	0.8414
21	0.9551	0.9630	0.8351	0.8559
22	0.9441	0.9488	0.8195	0.8572
23	0.9585	0.9624	0.9101	0.9131
24	0.9493	0.9549	0.8753	0.8874
25	0.9552	0.9606	0.8841	0.8969
26	0.9489	0.953	0.833	0.8548
27	0.9557	0.9612	0.8399	0.8613
28	0.9555	0.9635	0.8449	0.8700
29	0.9412	0.9471	0.8759	0.9014
30	0.9442	0.9520	0.8421	0.8720
31	0.9579	0.9644	0.8484	0.8570
32	0.9550	0.9651	0.8419	0.8581
33	0.9370	0.9418	0.8631	0.8945

ตาราง 28 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
34	0.9404	0.9584	0.8463	0.8821
35	0.9435	0.9479	0.8025	0.8083
36	0.9502	0.9619	0.8824	0.8978
37	0.9358	0.9420	0.8745	0.8920
38	0.9398	0.9456	0.8548	0.8660
39	0.9463	0.9533	0.8804	0.8914
40	0.9533	0.9700	0.8770	0.8817
41	0.9377	0.9499	0.8667	0.8841
42	0.9623	0.9768	0.8744	0.8914
43	0.9333	0.9432	0.8200	0.8503
44	0.9584	0.9663	0.8883	0.8990
45	0.9494	0.9530	0.7952	0.8058
46	0.9451	0.9544	0.8567	0.8751
47	0.9665	0.9702	0.8478	0.8713
48	0.9557	0.9628	0.8437	0.8602
49	0.9492	0.9514	0.8687	0.8868
50	0.9403	0.9457	0.8535	0.8805
51	0.9580	0.9659	0.8730	0.8950
52	0.9460	0.9477	0.8520	0.8822
53	0.9439	0.9530	0.8861	0.8962
54	0.9561	0.9636	0.8118	0.8405
55	0.9564	0.9590	0.8135	0.8329
56	0.9480	0.9533	0.8795	0.8937
57	0.9487	0.9567	0.8428	0.8755
58	0.9315	0.9408	0.8612	0.8683
59	0.9492	0.9524	0.8658	0.8740
60	0.9398	0.9423	0.8847	0.8990
61	0.9354	0.9490	0.8832	0.8941
62	0.9389	0.9467	0.8710	0.8818
63	0.9418	0.9560	0.8524	0.8937
64	0.9518	0.9592	0.8591	0.8538
65	0.9554	0.9652	0.8665	0.8834
66	0.9664	0.9708	0.8520	0.8861
67	0.9487	0.9582	0.8225	0.8430

ตาราง 28 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
68	0.9401	0.9527	0.8657	0.8817
69	0.9370	0.9470	0.8962	0.9029
70	0.9494	0.9580	0.8437	0.8435
71	0.9557	0.9671	0.9045	0.9173
72	0.9587	0.9678	0.8592	0.8808
73	0.9477	0.9540	0.8753	0.8872
74	0.9392	0.9426	0.8818	0.9070
75	0.9310	0.9468	0.8425	0.8564
76	0.9540	0.9629	0.8818	0.9113
77	0.9347	0.9606	0.8541	0.8672
78	0.9437	0.9566	0.8097	0.8428
79	0.9485	0.9653	0.9167	0.9279
80	0.9362	0.9557	0.8225	0.8462
81	0.9541	0.9622	0.8690	0.8802
82	0.9360	0.9532	0.8284	0.8348
83	0.9404	0.9599	0.8628	0.8858
84	0.9484	0.9641	0.8792	0.8975
85	0.9338	0.9419	0.9280	0.9489
86	0.9298	0.9449	0.8558	0.8798
87	0.9419	0.9557	0.8670	0.8920
88	0.9400	0.9486	0.8473	0.8685
89	0.9360	0.9484	0.8467	0.8599
90	0.9563	0.9693	0.9024	0.9052
91	0.9344	0.9417	0.8895	0.9177
92	0.9258	0.9430	0.8443	0.8678
93	0.9359	0.9562	0.8253	0.8502
94	0.9402	0.9536	0.8615	0.8926
95	0.9315	0.9447	0.8537	0.8753
96	0.9441	0.9588	0.8531	0.8623
97	0.9610	0.9694	0.8205	0.8505
98	0.9420	0.9526	0.9122	0.9269
99	0.9419	0.9540	0.8887	0.9018
100	0.9484	0.9619	0.8308	0.8599
101	0.9541	0.9631	0.8748	0.8992

ตาราง 28 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
102	0.9440	0.9539	0.7997	0.8293
103	0.9464	0.9560	0.8421	0.8635
104	0.9500	0.9620	0.8512	0.8792
105	0.9605	0.9728	0.8638	0.8846
106	0.9432	0.9584	0.8411	0.8735
107	0.9452	0.9587	0.8167	0.8304
108	0.9351	0.9436	0.8357	0.8554
109	0.9338	0.9510	0.8399	0.8564
110	0.9391	0.9511	0.8408	0.8626
111	0.9310	0.9496	0.8919	0.9189
112	0.9431	0.9524	0.8880	0.8924
113	0.9478	0.9624	0.8870	0.9136
114	0.9462	0.9576	0.9104	0.9268
115	0.9384	0.9543	0.8035	0.8330
116	0.9521	0.9639	0.8402	0.8729
117	0.9374	0.9540	0.8658	0.8850
118	0.9249	0.9437	0.8463	0.8753
119	0.9467	0.9569	0.8363	0.8609
120	0.9369	0.9533	0.8433	0.8585
121	0.9601	0.9729	0.8559	0.8716
122	0.9390	0.9550	0.8812	0.9126
123	0.9591	0.9674	0.8590	0.8803
124	0.9531	0.9630	0.8604	0.8912
125	0.9459	0.9713	0.8471	0.8523
126	0.9515	0.9594	0.8245	0.8559
127	0.9418	0.9573	0.8500	0.8766
128	0.9467	0.9608	0.8505	0.8714
129	0.9541	0.9637	0.8637	0.8843
130	0.9425	0.9597	0.8592	0.8786
131	0.9347	0.9469	0.8622	0.8837
132	0.9455	0.9599	0.8051	0.8477
133	0.9355	0.9473	0.8407	0.8784
134	0.9407	0.9513	0.8994	0.9146
135	0.9724	0.9736	0.8403	0.8567

ตาราง 28 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
136	0.9470	0.9570	0.8522	0.8674
137	0.9471	0.9539	0.8245	0.8535
138	0.9408	0.9473	0.8472	0.8712
139	0.9600	0.9726	0.9092	0.9172
140	0.9604	0.9656	0.8144	0.8559
141	0.9524	0.9646	0.8573	0.8663
142	0.9671	0.9753	0.8430	0.8618
143	0.9555	0.9588	0.8540	0.8856
144	0.9502	0.9601	0.8611	0.8934
145	0.9471	0.9560	0.8870	0.9039
146	0.9444	0.9503	0.8203	0.8643
147	0.9538	0.9598	0.8676	0.9010
148	0.9493	0.9580	0.8447	0.8788
149	0.9574	0.9674	0.8512	0.8777
150	0.9551	0.9661	0.8499	0.8805
151	0.9519	0.9573	0.8213	0.8553
152	0.9367	0.9479	0.8619	0.8710
153	0.9409	0.9517	0.8469	0.8871
154	0.9467	0.9552	0.8380	0.8603
155	0.9477	0.9616	0.8144	0.8402
156	0.9647	0.9714	0.8620	0.8785
157	0.9665	0.9708	0.8682	0.8916
158	0.9548	0.9657	0.8177	0.8574
159	0.9509	0.9616	0.8319	0.8678
160	0.9589	0.9672	0.8459	0.8772
161	0.9600	0.9693	0.8253	0.8650
162	0.9562	0.9606	0.8716	0.8964
163	0.9415	0.9478	0.8581	0.884
164	0.9441	0.9529	0.8281	0.8545
165	0.9610	0.9708	0.8448	0.8711
166	0.9520	0.9590	0.8314	0.8648
167	0.9519	0.9733	0.8509	0.8593
168	0.9384	0.9479	0.8759	0.9065
169	0.9420	0.9496	0.8550	0.8705

ตาราง 28 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
170	0.9501	0.9584	0.8286	0.8648
171	0.9401	0.9527	0.8363	0.8572
172	0.9607	0.9667	0.8830	0.8780
173	0.9544	0.9623	0.8613	0.8698
174	0.9453	0.9503	0.8320	0.8626
175	0.9372	0.9497	0.8597	0.8683
176	0.9375	0.9485	0.8790	0.8933
177	0.9515	0.9638	0.8622	0.8784
178	0.9542	0.9619	0.8582	0.8893
179	0.9594	0.9729	0.8238	0.8535
180	0.9423	0.9502	0.8812	0.9130
181	0.9534	0.9643	0.8300	0.8607
182	0.9544	0.9617	0.8781	0.9063
183	0.9605	0.9678	0.8456	0.8734
184	0.9475	0.9643	0.8364	0.8773
185	0.9735	0.9792	0.8511	0.8641
186	0.9432	0.9504	0.8272	0.8498
187	0.9632	0.9673	0.8337	0.8593
188	0.9561	0.9689	0.8164	0.8383
189	0.9538	0.9628	0.8737	0.9124
190	0.9391	0.9492	0.856	0.8881
191	0.9610	0.9709	0.8666	0.8898
192	0.9611	0.9693	0.8316	0.8478
193	0.9481	0.9590	0.8564	0.8791
194	0.9562	0.9718	0.8322	0.8575
195	0.9584	0.9636	0.8599	0.8821
196	0.9521	0.9628	0.8689	0.8910
197	0.9474	0.9606	0.8636	0.8881
198	0.9349	0.9477	0.8626	0.8842
199	0.9467	0.9597	0.8750	0.8941
200	0.9469	0.9544	0.8712	0.8941

ตาราง 29 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเหตุผลเชิงกล ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และ สูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
1	0.9688	0.9739	0.8358	0.8936
2	0.9611	0.9650	0.8062	0.8935
3	0.9527	0.9698	0.7932	0.9137
4	0.9638	0.9676	0.8252	0.9313
5	0.9621	0.9679	0.8343	0.9271
6	0.9677	0.9696	0.8173	0.9335
7	0.9752	0.9796	0.8231	0.9198
8	0.9699	0.9755	0.8304	0.8916
9	0.9598	0.9643	0.8097	0.9359
10	0.972	0.9754	0.824	0.9252
11	0.9705	0.9781	0.8116	0.8906
12	0.9618	0.9659	0.8336	0.9015
13	0.9592	0.9631	0.8084	0.8935
14	0.9798	0.9744	0.8358	0.9299
15	0.9696	0.9746	0.8376	0.9287
16	0.9615	0.9644	0.8143	0.9092
17	0.9732	0.9756	0.8202	0.9191
18	0.9609	0.9644	0.8181	0.8918
19	0.9594	0.9652	0.8151	0.9124
20	0.9621	0.9648	0.8364	0.9067
21	0.9563	0.9601	0.8073	0.8970
22	0.9613	0.9656	0.8528	0.8639
23	0.9601	0.9653	0.8371	0.9094
24	0.9746	0.9785	0.8302	0.9150
25	0.9603	0.9641	0.8252	0.9434
26	0.9698	0.9760	0.8459	0.9358
27	0.9616	0.9672	0.8253	0.9174
28	0.9689	0.9746	0.8391	0.9204
29	0.9572	0.9607	0.8550	0.9150
30	0.9569	0.9612	0.8359	0.9499
31	0.9545	0.9638	0.8363	0.9428
32	0.9505	0.9692	0.8272	0.9377
33	0.9603	0.9693	0.8522	0.9195

ตาราง 29 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
34	0.9493	0.9515	0.8545	0.9464
35	0.9526	0.9555	0.8425	0.9063
36	0.9496	0.9591	0.8557	0.9258
37	0.9711	0.9779	0.8466	0.9089
38	0.9674	0.9728	0.8409	0.9474
39	0.9552	0.9601	0.8096	0.8886
40	0.9466	0.9589	0.8617	0.9278
41	0.9546	0.9595	0.8499	0.9284
42	0.9637	0.9669	0.8434	0.9029
43	0.9491	0.9569	0.8532	0.9328
44	0.9495	0.9555	0.8537	0.9344
45	0.9547	0.9567	0.8198	0.9061
46	0.9573	0.9596	0.8228	0.9208
47	0.9715	0.9791	0.8242	0.9197
48	0.9615	0.9652	0.8468	0.9004
49	0.9564	0.9612	0.8498	0.9201
50	0.9581	0.9614	0.8164	0.9165
51	0.9454	0.9502	0.8396	0.9359
52	0.9543	0.9666	0.8469	0.9339
53	0.9624	0.9687	0.8206	0.9439
54	0.9727	0.9783	0.8239	0.9024
55	0.9484	0.9505	0.8463	0.9428
56	0.9603	0.9698	0.8571	0.9586
57	0.9455	0.9527	0.8535	0.9201
58	0.9453	0.9522	0.8214	0.9397
59	0.9603	0.9689	0.8211	0.9322
60	0.9423	0.9536	0.8481	0.9097
61	0.9481	0.9513	0.8418	0.9401
62	0.9621	0.9647	0.8106	0.905
63	0.9515	0.9559	0.8393	0.9137
64	0.9473	0.9585	0.8443	0.9236
65	0.9675	0.9704	0.8244	0.9359
66	0.9422	0.9488	0.8346	0.9171
67	0.9639	0.9731	0.8202	0.9179

ตาราง 29 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
68	0.9554	0.9645	0.8371	0.9336
69	0.9465	0.9531	0.8409	0.9176
70	0.9491	0.9566	0.8261	0.9254
71	0.9628	0.9713	0.8507	0.9473
72	0.9460	0.9514	0.8404	0.9279
73	0.9573	0.9634	0.8512	0.9496
74	0.9709	0.9742	0.8124	0.8946
75	0.9732	0.9783	0.8474	0.9991
76	0.9486	0.9519	0.8219	0.9196
77	0.9699	0.9742	0.8527	0.9244
78	0.9436	0.9544	0.8472	0.9364
79	0.9635	0.9641	0.8157	0.9170
80	0.9548	0.9641	0.8578	0.9434
81	0.9461	0.9525	0.8551	0.9297
82	0.9587	0.9603	0.8393	0.9116
83	0.9696	0.9749	0.8318	0.9095
84	0.9588	0.9649	0.8352	0.9066
85	0.9764	0.9794	0.8606	0.9323
86	0.9533	0.9599	0.8565	0.9433
87	0.9567	0.9877	0.8429	0.9487
88	0.9615	0.9644	0.8608	0.9283
89	0.9721	0.9784	0.8526	0.9273
90	0.9702	0.9722	0.8357	0.9027
91	0.9549	0.9555	0.8324	0.9261
92	0.9686	0.9677	0.8249	0.9337
93	0.9498	0.9579	0.8209	0.9079
94	0.9493	0.9537	0.8367	0.9276
95	0.9688	0.9697	0.8462	0.9241
96	0.9494	0.9577	0.8465	0.9465
97	0.9552	0.9672	0.8204	0.9297
98	0.9684	0.9695	0.8478	0.9342
99	0.9682	0.9729	0.8601	0.9327
100	0.9652	0.9708	0.8321	0.9149
101	0.9575	0.9616	0.8230	0.9323

ตาราง 29 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
102	0.9633	0.9652	0.8026	0.9479
103	0.9431	0.9545	0.8119	0.9226
104	0.9533	0.9574	0.855	0.9233
105	0.9499	0.9537	0.8297	0.9093
106	0.9459	0.9558	0.8579	0.9279
107	0.9526	0.9531	0.8469	0.9123
108	0.9730	0.9635	0.8404	0.9286
109	0.9538	0.9574	0.8257	0.9162
110	0.9544	0.9569	0.8577	0.9329
111	0.9479	0.9589	0.8570	0.9331
112	0.9618	0.9647	0.8431	0.9131
113	0.9589	0.9689	0.8433	0.9056
114	0.9449	0.9536	0.8407	0.9107
115	0.9689	0.9735	0.8326	0.9225
116	0.9625	0.9689	0.8462	0.9114
117	0.9681	0.9761	0.8458	0.9175
118	0.9494	0.9563	0.8315	0.9295
119	0.9466	0.9501	0.8317	0.9381
120	0.9512	0.9686	0.8123	0.8988
121	0.9595	0.9605	0.8218	0.9138
122	0.9604	0.9639	0.8438	0.9214
123	0.9591	0.9666	0.8634	0.9353
124	0.9652	0.9707	0.8472	0.9211
125	0.9575	0.9648	0.8517	0.9333
126	0.9559	0.9658	0.8253	0.9066
127	0.9662	0.9752	0.8349	0.9189
128	0.9613	0.9712	0.8257	0.8904
129	0.9516	0.9621	0.8584	0.9294
130	0.9743	0.9758	0.8346	0.9381
131	0.9686	0.9736	0.8279	0.8986
132	0.9709	0.9758	0.8619	0.9555
133	0.9623	0.9649	0.8257	0.8967
134	0.9619	0.9731	0.8282	0.9027
135	0.9567	0.9663	0.8504	0.9177

ตาราง 29 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
136	0.9696	0.9726	0.8263	0.8962
137	0.9643	0.9686	0.8523	0.9455
138	0.9522	0.9648	0.8443	0.9363
139	0.9455	0.9567	0.8389	0.9274
140	0.9512	0.9697	0.8332	0.9177
141	0.9523	0.9636	0.8271	0.9185
142	0.9535	0.9609	0.8623	0.9302
143	0.9573	0.9615	0.8519	0.9387
144	0.9541	0.9648	0.8215	0.9447
145	2.9629	0.9706	0.8286	0.9073
146	0.9528	0.9589	0.8537	0.9217
147	0.9645	0.9687	0.8442	0.9303
148	0.9529	0.9539	0.8478	0.9278
149	0.9702	0.9723	0.8187	0.8932
150	0.9589	0.9672	0.8569	0.9119
151	0.9565	0.9679	0.8298	0.9296
152	0.9471	0.9527	0.8408	0.9358
153	0.9589	0.9651	0.8531	0.9234
154	0.9531	0.9648	0.8506	0.9328
155	0.9433	0.9526	0.8203	0.8918
156	0.9598	0.9606	0.8307	0.9053
157	0.9653	0.9623	0.8518	0.9153
158	0.9593	0.9623	0.8594	0.9052
159	0.9443	0.9527	0.8368	0.9015
160	0.9576	0.9651	0.8591	0.9266
161	0.9693	0.9711	0.8163	0.8943
162	0.9557	0.9577	0.8644	0.9305
163	0.9543	0.9599	0.8412	0.9211
164	0.9576	0.9681	0.8453	0.9222
165	0.9423	0.9502	0.8615	0.9361
166	0.9462	0.9526	0.8427	0.9294
167	0.9524	0.9547	0.8488	0.9126
168	0.9559	0.9646	0.8603	0.9208
169	0.9663	0.9743	0.8499	0.9179

ตาราง 29 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
170	0.9497	0.9561	0.8283	0.9341
171	0.9513	0.9537	0.8667	0.9420
172	0.9536	0.9662	0.8647	0.9391
173	0.9623	0.9763	0.8439	0.9221
174	0.9479	0.9516	0.8569	0.9322
175	0.9589	0.9673	0.8315	0.9235
176	0.9609	0.9697	0.8675	0.9132
177	0.9628	0.9649	0.8226	0.9034
178	0.9599	0.9676	0.8182	0.8926
179	0.9576	0.9613	0.8512	0.9361
180	0.9583	0.9659	0.8324	0.9067
181	0.9535	0.9617	0.8285	0.8988
182	0.9735	0.9763	0.8577	0.9223
183	0.9577	0.9687	0.8392	0.9071
184	0.9708	0.9754	0.8461	0.9286
185	0.9492	0.9547	0.8692	0.9159
186	0.9528	0.9545	0.8535	0.9233
187	0.9474	0.9522	0.8536	0.9315
188	0.9523	0.9684	0.8646	0.9248
189	0.9693	0.9745	0.8616	0.9262
190	0.9594	0.9624	0.8509	0.9106
191	0.9477	0.9567	0.8423	0.9153
192	0.9529	0.9607	0.8234	0.9064
193	0.9475	0.9608	0.8219	0.9030
194	0.9434	0.9577	0.8393	0.9110
195	0.9604	0.9766	0.8358	0.9156
196	0.9534	0.9641	0.8564	0.9261
197	0.9624	0.9638	0.8452	0.9199
198	0.9503	0.9608	0.8171	0.8946
199	0.9465	0.9552	0.8193	0.8911
200	0.9356	0.9433	0.8387	0.8944

ตาราง 30 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และ สูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
1	0.9489	0.9539	0.8339	0.8595
2	0.9602	0.9644	0.8208	0.8560
3	0.9636	0.9671	0.8432	0.8652
4	0.9598	0.9660	0.8696	0.8835
5	0.9654	0.9684	0.8284	0.8468
6	0.9497	0.9541	0.8562	0.8767
7	0.9515	0.9539	0.8724	0.8990
8	0.9626	0.9680	0.8877	0.9064
9	0.9649	0.9681	0.8371	0.8578
10	0.9709	0.9752	0.8028	0.8231
11	0.9550	0.9613	0.7899	0.8156
12	0.9618	0.9687	0.8447	0.8657
13	0.9574	0.9612	0.8257	0.8541
14	0.9666	0.9713	0.8319	0.8605
15	0.9593	0.9687	0.8241	0.8432
16	0.9766	0.9819	0.8435	0.8602
17	0.9631	0.9663	0.8655	0.8884
18	0.9632	0.9673	0.8726	0.9048
19	0.9573	0.9630	0.7991	0.8211
20	0.9606	0.9639	0.8112	0.8378
21	0.9655	0.9725	0.8235	0.8523
22	0.9545	0.9583	0.8079	0.8536
23	0.9689	0.9719	0.8985	0.9095
24	0.9597	0.9644	0.8637	0.8838
25	0.9656	0.9701	0.8725	0.8933
26	0.9593	0.9625	0.8214	0.8512
27	0.9661	0.9707	0.8283	0.8577
28	0.9659	0.9730	0.8333	0.8664
29	0.9516	0.9566	0.8643	0.8978
30	0.9546	0.9615	0.8305	0.8684
31	0.9683	0.9739	0.8368	0.8534
32	0.9654	0.9746	0.8303	0.8545
33	0.9474	0.9513	0.8515	0.8909

ตาราง 30 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
34	0.9508	0.9679	0.8347	0.8785
35	0.9539	0.9574	0.7909	0.8047
36	0.9606	0.9714	0.8708	0.8942
37	0.9462	0.9515	0.8629	0.8884
38	0.9502	0.9551	0.8432	0.8624
39	0.9567	0.9628	0.8688	0.8878
40	0.9637	0.9795	0.8654	0.8781
41	0.9481	0.9594	0.8551	0.8805
42	0.9727	0.9863	0.8628	0.8878
43	0.9437	0.9527	0.8084	0.8467
44	0.9688	0.9758	0.8767	0.8954
45	0.9598	0.9625	0.7836	0.8022
46	0.9555	0.9639	0.8451	0.8715
47	0.9769	0.9797	0.8362	0.8677
48	0.9661	0.9723	0.8321	0.8566
49	0.9596	0.9609	0.8571	0.8832
50	0.9507	0.9552	0.8419	0.8769
51	0.9684	0.9754	0.8614	0.8914
52	0.9564	0.9572	0.8404	0.8786
53	0.9543	0.9625	0.8745	0.8926
54	0.9665	0.9731	0.8002	0.8369
55	0.9668	0.9685	0.8019	0.8293
56	0.9584	0.9628	0.8679	0.8901
57	0.9591	0.9662	0.8312	0.8719
58	0.9419	0.9503	0.8496	0.8647
59	0.9596	0.9619	0.8542	0.8704
60	0.9502	0.9518	0.8731	0.8954
61	0.9458	0.9585	0.8716	0.8905
62	0.9493	0.9562	0.8594	0.8782
63	0.9522	0.9655	0.8408	0.8901
64	0.9622	0.9687	0.8475	0.8502
65	0.9658	0.9747	0.8549	0.8798
66	0.9768	0.9803	0.8404	0.8825
67	0.9591	0.9677	0.8109	0.8409

ตาราง 30 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
68	0.9505	0.9622	0.8541	0.8796
69	0.9474	0.9565	0.8846	0.9008
70	0.9598	0.9675	0.8321	0.8414
71	0.9661	0.9756	0.8929	0.9152
72	0.9691	0.9763	0.8476	0.8787
73	0.9581	0.9625	0.8637	0.8851
74	0.9496	0.9511	0.8702	0.9049
75	0.9464	0.9553	0.8309	0.8543
76	0.9694	0.9714	0.8702	0.9092
77	0.9501	0.9691	0.8425	0.8651
78	0.9591	0.9651	0.8001	0.8407
79	0.9639	0.9738	0.9071	0.9258
80	0.9516	0.9642	0.8129	0.8441
81	0.9695	0.9707	0.8594	0.8781
82	0.9514	0.9617	0.8188	0.8327
83	0.9558	0.9684	0.8532	0.8837
84	0.9638	0.9726	0.8696	0.8954
85	0.9492	0.9504	0.9184	0.9468
86	0.9452	0.9534	0.8462	0.8777
87	0.9573	0.9642	0.8574	0.8899
88	0.9554	0.9571	0.8377	0.8664
89	0.9514	0.9569	0.8371	0.8578
90	0.9717	0.9778	0.8928	0.9031
91	0.9498	0.9502	0.8799	0.9156
92	0.9412	0.9515	0.8347	0.8657
93	0.9513	0.9647	0.8157	0.8481
94	0.9556	0.9621	0.8519	0.8905
95	0.9469	0.9532	0.8441	0.8732
96	0.9595	0.9673	0.8435	0.8602
97	0.9764	0.9779	0.8109	0.8484
98	0.9574	0.9611	0.9026	0.9248
99	0.9573	0.9625	0.8791	0.8997
100	0.9638	0.9704	0.8212	0.8578
101	0.9695	0.9716	0.8652	0.8971

ตาราง 30 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
102	0.9594	0.9624	0.7901	0.8272
103	0.9618	0.9645	0.8325	0.8614
104	0.9654	0.9705	0.8416	0.8771
105	0.9759	0.9813	0.8542	0.8825
106	0.9586	0.9669	0.8315	0.8714
107	0.9606	0.9672	0.8071	0.8283
108	0.9505	0.9521	0.8261	0.8533
109	0.9492	0.9595	0.8303	0.8543
110	0.9545	0.9596	0.8312	0.8605
111	0.9464	0.9581	0.8823	0.9168
112	0.9585	0.9609	0.8784	0.8903
113	0.9632	0.9709	0.8774	0.9115
114	0.9616	0.9661	0.9008	0.9247
115	0.9538	0.9628	0.7939	0.8309
116	0.9675	0.9724	0.8306	0.8708
117	0.9528	0.9625	0.8562	0.8829
118	0.9403	0.9522	0.8367	0.8732
119	0.9621	0.9654	0.8267	0.8588
120	0.9523	0.9618	0.8337	0.8564
121	0.9755	0.9814	0.8463	0.8695
122	0.9544	0.9635	0.8716	0.9105
123	0.9745	0.9759	0.8494	0.8782
124	0.9685	0.9715	0.8508	0.8891
125	0.9613	0.9798	0.8375	0.8502
126	0.9669	0.9679	0.8149	0.8538
127	0.9572	0.9658	0.8404	0.8745
128	0.9621	0.9693	0.8409	0.8693
129	0.9695	0.9722	0.8541	0.8822
130	0.9579	0.9682	0.8496	0.8765
131	0.9501	0.9554	0.8526	0.8816
132	0.9609	0.9684	0.7955	0.8456
133	0.9509	0.9558	0.8311	0.8763
134	0.9561	0.9598	0.8898	0.9125
135	0.9778	0.9821	0.8307	0.8546

ตาราง 30 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
136	0.9524	0.9605	0.8426	0.8653
137	0.9525	0.9574	0.8149	0.8514
138	0.9462	0.9508	0.8376	0.8691
139	0.9654	0.9761	0.8996	0.9151
140	0.9658	0.9691	0.8048	0.8538
141	0.9578	0.9681	0.8477	0.8642
142	0.9725	0.9788	0.8334	0.8597
143	0.9609	0.9623	0.8444	0.8835
144	0.9556	0.9636	0.8515	0.8913
145	0.9525	0.9595	0.8774	0.9018
146	0.9498	0.9538	0.8107	0.8622
147	0.9592	0.9633	0.8641	0.8989
148	0.9547	0.9615	0.8412	0.8767
149	0.9628	0.9709	0.8477	0.8756
150	0.9605	0.9696	0.8464	0.8784
151	0.9573	0.9608	0.8178	0.8532
152	0.9421	0.9514	0.8584	0.8731
153	0.9463	0.9552	0.8434	0.8892
154	0.9521	0.9587	0.8345	0.8624
155	0.9531	0.9651	0.8109	0.8423
156	0.9701	0.9749	0.8585	0.8806
157	0.9719	0.9743	0.8647	0.8937
158	0.9602	0.9692	0.8142	0.8595
159	0.9563	0.9651	0.8284	0.8699
160	0.9643	0.9707	0.8424	0.8793
161	0.9654	0.9728	0.8218	0.8671
162	0.9616	0.9641	0.8681	0.8985
163	0.9469	0.9513	0.8546	0.8861
164	0.9495	0.9564	0.8246	0.8566
165	0.9664	0.9743	0.8413	0.8732
166	0.9574	0.9625	0.8279	0.8669
167	0.9573	0.9768	0.8474	0.8614
168	0.9438	0.9514	0.8724	0.9086
169	0.9474	0.9531	0.8515	0.8726

ตาราง 30 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
170	0.9555	0.9619	0.8251	0.8669
171	0.9455	0.9562	0.8328	0.8593
172	0.9661	0.9702	0.8795	0.8801
173	0.9598	0.9658	0.8578	0.8719
174	0.9507	0.9538	0.8285	0.8647
175	0.9426	0.9532	0.8562	0.8704
176	0.9429	0.9520	0.8755	0.8954
177	0.9569	0.9673	0.8587	0.8805
178	0.9596	0.9654	0.8547	0.8914
179	0.9648	0.9764	0.8203	0.8556
180	0.9477	0.9537	0.8777	0.9151
181	0.9588	0.9678	0.8265	0.8628
182	0.9598	0.9652	0.8746	0.9084
183	0.9659	0.9713	0.8421	0.8755
184	0.9529	0.9678	0.8329	0.8794
185	0.9789	0.9827	0.8476	0.8662
186	0.9486	0.9539	0.8237	0.8519
187	0.9686	0.9708	0.8302	0.8614
188	0.9615	0.9724	0.8129	0.8404
189	0.9592	0.9663	0.8702	0.9145
190	0.9445	0.9527	0.8525	0.8902
191	0.9664	0.9744	0.8631	0.8919
192	0.9665	0.9728	0.8281	0.8499
193	0.9535	0.9625	0.8529	0.8812
194	0.9616	0.9753	0.8287	0.8596
195	0.9638	0.9671	0.8564	0.8842
196	0.9575	0.9663	0.8654	0.8931
197	0.9528	0.9641	0.8601	0.8902
198	0.9403	0.9512	0.8591	0.8863
199	0.9521	0.9632	0.8715	0.8962
200	0.9523	0.9579	0.8677	0.8962

ตาราง 31 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบสะกดคำ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
1	0.9388	0.9555	0.8139	0.8269
2	0.9441	0.9567	0.8472	0.8578
3	0.9452	0.9619	0.8222	0.9152
4	0.9532	0.9575	0.8401	0.8923
5	0.9461	0.9663	0.8351	0.9098
6	0.9573	0.9645	0.8356	0.8937
7	0.9522	0.9688	0.8533	0.8990
8	0.9587	0.9593	0.8623	0.8893
9	0.9495	0.9628	0.8252	0.9007
10	0.9516	0.9635	0.8177	0.9147
11	0.9513	0.9625	0.8052	0.8789
12	0.9513	0.9707	0.8257	0.8984
13	0.9573	0.9638	0.8494	0.8884
14	0.9528	0.9629	0.8172	0.8699
15	0.9516	0.9605	0.8027	0.9014
16	0.9487	0.9596	0.8306	0.8351
17	0.9452	0.9556	0.8272	0.8732
18	0.9440	0.9597	0.8347	0.9064
19	0.9502	0.9585	0.8177	0.9084
20	0.9501	0.9587	0.8614	0.9255
21	0.9479	0.9594	0.8233	0.9016
22	0.9484	0.9699	0.8548	0.9020
23	0.9593	0.9514	0.8574	0.9299
24	0.9394	0.9574	0.8547	0.9417
25	0.9472	0.9569	0.8300	0.8832
26	0.9471	0.9564	0.8706	0.9180
27	0.9478	0.9629	0.8425	0.8888
28	0.9540	0.9625	0.8202	0.9329
29	0.9506	0.9582	0.8525	0.8905
30	0.9476	0.9456	0.8385	0.9329
31	0.9314	0.9406	0.8182	0.8694
32	0.9227	0.9483	0.8521	0.9328
33	0.9341	0.9447	0.8642	0.9278

ตาราง 31 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
34	0.9261	0.9491	0.8155	0.8835
35	0.9259	0.9478	0.8488	0.9241
36	0.9295	0.9536	0.8402	0.9212
37	0.9300	0.9519	0.8192	0.8732
38	0.9420	0.9540	0.8433	0.9020
39	0.9388	0.9425	0.8208	0.8957
40	0.9242	0.9447	0.8511	0.9278
41	0.9285	0.9536	0.8638	0.9303
42	0.9360	0.9473	0.8522	0.8842
43	0.9281	0.9502	0.8246	0.8517
44	0.9242	0.9372	0.8625	0.9359
45	0.9165	0.9380	0.8692	0.9134
46	0.9193	0.9573	0.8221	0.8554
47	0.9427	0.9547	0.8586	0.8970
48	0.9388	0.9495	0.8228	0.9085
49	0.9275	0.9703	0.8248	0.8699
50	0.9595	0.9466	0.8464	0.8858
51	0.9272	0.9306	0.8142	0.8385
52	0.9158	0.9393	0.8311	0.8513
53	0.9143	0.9415	0.8455	0.9177
54	0.9317	0.9465	0.8550	0.9211
55	0.9331	0.9532	0.8601	0.9238
56	0.9438	0.9367	0.8574	0.9290
57	0.9150	0.9432	0.8413	0.9277
58	0.9327	0.9448	0.8639	0.9574
59	0.9333	0.9541	0.8557	0.8600
60	0.9379	0.9338	0.8463	0.8810
61	0.9251	0.9436	0.8632	0.9364
62	0.9408	0.9649	0.8270	0.9210
63	0.9493	0.9575	0.8343	0.9219
64	0.9453	0.9512	0.8598	0.9273
65	0.9382	0.9365	0.8302	0.8970
66	0.9297	0.9470	0.8416	0.8935
67	0.9359	0.9487	0.8323	0.8826

ตาราง 31 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
68	0.9304	0.9635	0.8635	0.8941
69	0.9377	0.9690	0.8512	0.8911
70	0.9395	0.9553	0.8518	0.9012
71	0.9303	0.9685	0.8464	0.9109
72	0.9373	0.9492	0.8536	0.9166
73	0.9286	0.9605	0.8319	0.9056
74	0.9356	0.9527	0.8653	0.9050
75	0.9329	0.9478	0.8666	0.9016
76	0.9246	0.9704	0.8545	0.9171
77	0.9372	0.9534	0.8456	0.9245
78	0.9326	0.9399	0.8313	0.8882
79	0.9229	0.9439	0.8528	0.8968
80	0.9205	0.9622	0.8568	0.9108
81	0.9378	0.9767	0.8426	0.8998
82	0.9502	0.9622	0.8248	0.8678
83	0.9427	0.9752	0.8766	0.9170
84	0.9553	0.9653	0.8394	0.8959
85	0.9381	0.9531	0.8557	0.8907
86	0.9293	0.9424	0.8512	0.8932
87	0.9213	0.9641	0.8364	0.8823
88	0.9365	0.9753	0.8399	0.8898
89	0.9491	0.9624	0.8320	0.8827
90	0.9502	0.9474	0.8718	0.8996
91	0.9241	0.9469	0.8496	0.8951
92	0.9356	0.9546	0.8283	0.8817
93	0.9398	0.9622	0.8128	0.8756
94	0.9480	0.9498	0.8318	0.8831
95	0.9309	0.9424	0.8513	0.8952
96	0.9339	0.9446	0.8619	0.9116
97	0.9353	0.9369	0.8323	0.9257
98	0.9299	0.9325	0.8690	0.9146
99	0.9208	0.9325	0.8310	0.8731
100	0.9641	0.9757	0.8266	0.8703
101	0.9494	0.9538	0.8676	0.9023

ตาราง 31 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
102	0.9375	0.9383	0.8517	0.8796
103	0.9504	0.9653	0.8520	0.8951
104	0.9398	0.9482	0.8086	0.9155
105	0.9566	0.9656	0.8310	0.9069
106	0.9419	0.9502	0.8359	0.8776
107	0.9446	0.9498	0.8282	0.8588
108	0.9586	0.9596	0.8633	0.9165
109	0.9308	0.9398	0.8398	0.8971
110	0.9301	0.9310	0.8433	0.9017
111	0.9394	0.9452	0.8315	0.8789
112	0.9549	0.9612	0.8370	0.8756
113	0.9476	0.9506	0.8186	0.8826
114	0.9453	0.9532	0.8777	0.9235
115	0.9473	0.9369	0.8364	0.8666
116	0.9373	0.9422	0.8492	0.9271
117	0.9473	0.9527	0.8209	0.8911
118	0.9357	0.9432	0.8742	0.9031
119	0.9310	0.9380	0.8124	0.8645
120	0.9563	0.9635	0.8788	0.8953
121	0.9409	0.9498	0.8372	0.9121
122	0.9440	0.9529	0.8405	0.8850
123	0.9524	0.9619	0.8367	0.8586
124	0.9412	0.9472	0.8049	0.8644
125	0.9687	0.9683	0.8624	0.9301
126	0.9674	0.9738	0.8229	0.8531
127	0.9454	0.9542	0.8784	0.9237
128	0.9354	0.9356	0.8653	0.9091
129	0.9355	0.9410	0.8431	0.9337
130	0.9310	0.9307	0.8155	0.9000
131	0.9406	0.9553	0.8276	0.8710
132	0.9380	0.9362	0.8634	0.9350
133	0.9530	0.9612	0.8254	0.9300
134	0.9484	0.9509	0.8736	0.8939
135	0.9346	0.9423	0.8369	0.8850

ตาราง 31 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
136	0.9669	0.9666	0.8566	0.9283
137	0.9494	0.9648	0.8421	0.8799
138	0.9472	0.9495	0.8195	0.8567
139	0.9309	0.9363	0.8738	0.8925
140	0.9272	0.9309	0.8513	0.8862
141	0.9575	0.9723	0.8115	0.8769
142	0.9394	0.9478	0.8683	0.8883
143	0.9545	0.9564	0.8649	0.9326
144	0.9443	0.9456	0.8140	0.9247
145	0.9481	0.9472	0.8238	0.8922
146	0.9339	0.9427	0.8747	0.9255
147	0.9657	0.9732	0.8173	0.8631
148	0.9344	0.9456	0.8636	0.8804
149	0.9216	0.9402	0.8262	0.8378
150	0.9389	0.9595	0.8779	0.8983
151	0.9492	0.9612	0.8705	0.9283
152	0.9491	0.955	0.8325	0.8424
153	0.9581	0.9696	0.8578	0.8879
154	0.9431	0.9598	0.8673	0.9083
155	0.9616	0.9758	0.8839	0.8997
156	0.9687	0.9793	0.8789	0.9204
157	0.9577	0.9611	0.8698	0.8816
158	0.9563	0.9636	0.8670	0.8893
159	0.9578	0.9598	0.8394	0.8599
160	0.9556	0.9632	0.8490	0.8934
161	0.9359	0.9453	0.8796	0.8817
162	0.9436	0.9600	0.8410	0.8726
163	0.9646	0.9804	0.8429	0.8417
164	0.9508	0.9593	0.8775	0.9050
165	0.9486	0.9598	0.8878	0.9111
166	0.9573	0.9687	0.8410	0.8886
167	0.9340	0.9462	0.8523	0.8738
168	0.9537	0.9637	0.8611	0.8885
169	0.9495	0.9557	0.8711	0.8973

ตาราง 31 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
170	0.9618	0.9728	0.8393	0.9285
171	0.9613	0.9768	0.8426	0.8758
172	0.9610	0.9731	0.8692	0.8897
173	0.9544	0.9686	0.8579	0.8927
174	0.9337	0.9490	0.8426	0.8797
175	0.9305	0.9404	0.8581	0.9092
176	0.9297	0.9311	0.8285	0.8530
177	0.9557	0.9623	0.8199	0.8567
178	0.9460	0.9500	0.8406	0.9255
179	0.9346	0.9506	0.8718	0.8863
180	0.9511	0.9527	0.8595	0.9014
181	0.9546	0.9684	0.8601	0.8621
182	0.9625	0.9737	0.9047	0.9237
183	0.9525	0.9634	0.8619	0.8893
184	0.9464	0.9543	0.8453	0.8840
185	0.9566	0.9610	0.8646	0.8805
186	0.9464	0.9540	0.8737	0.9228
187	0.9469	0.9670	0.8134	0.8885
188	0.9510	0.9596	0.8479	0.8855
189	0.9497	0.9515	0.8333	0.8830
190	0.9420	0.9460	0.8542	0.8698
191	0.9505	0.9548	0.8630	0.8740
192	0.9295	0.9402	0.8335	0.9290
193	0.9365	0.9605	0.8127	0.8824
194	0.9473	0.9540	0.8763	0.8804
195	0.9634	0.9737	0.8750	0.9186
196	0.9603	0.9704	0.8701	0.8893
197	0.9655	0.9712	0.8706	0.8699
198	0.9573	0.9634	0.8529	0.9045
199	0.9606	0.9696	0.8950	0.8879
200	0.9507	0.9554	0.8652	0.8937

ตาราง 32 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบการใช้ภาษา ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
1	0.9677	0.9775	0.8365	0.8835
2	0.9644	0.9681	0.8356	0.8956
3	0.9563	0.9586	0.8435	0.8854
4	0.9608	0.9776	0.8434	0.9024
5	0.9594	0.9681	0.8428	0.8936
6	0.9547	0.9623	0.8324	0.8975
7	0.9672	0.9745	0.8515	0.9236
8	0.9605	0.9688	0.8356	0.9648
9	0.9488	0.9573	0.8632	0.9017
10	0.9532	0.9628	0.8427	0.9851
11	0.9378	0.9461	0.8613	0.9235
12	0.9522	0.9598	0.8688	0.8978
13	0.9652	0.9728	0.8635	0.8934
14	0.9432	0.9510	0.8356	0.8854
15	0.9373	0.9434	0.8567	0.9028
16	0.9569	0.9686	0.8639	0.9236
17	0.9486	0.9511	0.8457	0.8952
18	0.9595	0.9631	0.8952	0.9359
19	0.9525	0.9609	0.8453	0.8701
20	0.9473	0.9501	0.8355	0.8964
21	0.9544	0.9605	0.8596	0.8952
22	0.9494	0.9539	0.8536	0.8842
23	0.9398	0.9459	0.8296	0.8645
24	0.9408	0.9489	0.8493	0.8952
25	0.9482	0.9554	0.8457	0.9025
26	0.9467	0.9525	0.8623	0.9244
27	0.9533	0.9627	0.8324	0.8866
28	0.9294	0.9372	0.8494	0.8652
29	0.9393	0.9443	0.8475	0.9027
30	0.9506	0.9635	0.8478	0.9356
31	0.9428	0.9531	0.8472	0.8765
32	0.9501	0.9533	0.8511	0.9053
33	0.9531	0.9583	0.8538	0.9043

ตาราง 32 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
34	0.9445	0.9469	0.8543	0.8941
35	0.9403	0.9522	0.8453	0.8839
36	0.9651	0.9718	0.8617	0.9165
37	0.9365	0.9459	0.8395	0.8756
38	0.9421	0.9517	0.8711	0.9361
39	0.9615	0.9708	0.8635	0.9235
40	0.9449	0.9552	0.8426	0.8956
41	0.9407	0.9514	0.8413	0.8953
42	0.9365	0.9432	0.8601	0.9021
43	0.9416	0.9463	0.8454	0.8858
44	0.9406	0.9456	0.8555	0.8931
45	0.9301	0.9431	0.8610	0.8973
46	0.9382	0.9437	0.8609	0.8863
47	0.9460	0.9572	0.8536	0.9058
48	0.9439	0.9536	0.8202	0.8672
49	0.9521	0.9568	0.8623	0.9256
50	0.9402	0.9583	0.8327	0.8795
51	0.9317	0.8435	0.8581	0.8946
52	0.9456	0.9557	0.8609	0.8911
53	0.9612	0.9764	0.8546	0.8852
54	0.9488	0.9593	0.8482	0.8659
55	0.9610	0.9718	0.8631	0.9125
56	0.9275	0.9466	0.864	0.9068
57	0.9325	0.9458	0.8463	0.8808
58	0.9587	0.9624	0.8375	0.8621
59	0.9672	0.9723	0.8605	0.8925
60	0.9512	0.9571	0.8594	0.8964
61	0.9615	0.9716	0.8402	0.8857
62	0.9307	0.9476	0.8512	0.9024
63	0.9382	0.9482	0.8617	0.9026
64	0.9322	0.9436	0.8341	0.8859
65	0.9361	0.9463	0.8628	0.9052
66	0.9306	0.9522	0.8772	0.9277
67	0.9456	0.9536	0.8635	0.9146

ตาราง 32 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
68	0.9234	0.9427	0.8736	0.9171
69	0.9368	0.9482	0.8506	0.8941
70	0.9546	0.9655	0.8531	0.8957
71	0.9487	0.9531	0.8434	0.8947
72	0.9409	0.9588	0.8686	0.9042
73	0.9603	0.9687	0.8775	0.9124
74	0.9418	0.9539	0.8406	0.8835
75	0.9651	0.9673	0.8582	0.8753
76	0.9356	0.9463	0.8561	0.9068
77	0.9632	0.9676	0.8496	0.8965
78	0.9509	0.9595	0.8488	0.8823
79	0.9356	0.9405	0.8341	0.9125
80	0.9345	0.9483	0.8413	0.884
81	0.9417	0.9569	0.8632	0.9025
82	0.9524	0.9561	0.8552	0.8859
83	0.9499	0.9586	0.8407	0.8766
84	0.9672	0.9696	0.8666	0.8947
85	0.9343	0.9407	0.8577	0.9087
86	0.9522	0.9586	0.8655	0.9072
87	0.9304	0.9447	0.8617	0.9164
88	0.9366	0.9409	0.8656	0.9807
89	0.9263	0.9315	0.8604	0.9055
90	0.9519	0.9562	0.8424	0.9726
91	0.9516	0.9642	0.8366	0.8953
92	0.9326	0.9422	0.8521	0.9056
93	0.9465	0.9558	0.8404	0.8969
94	0.9324	0.9459	0.8519	0.8848
95	0.9529	0.9576	0.8558	0.8993
96	0.9361	0.9467	0.8405	0.8889
97	0.9422	0.9587	0.8630	0.9093
98	0.9381	0.9452	0.8501	0.8794
99	0.9623	0.9711	0.8533	0.9189
100	0.9505	0.9635	0.8516	0.9184
101	0.9345	0.9435	0.8236	0.8675

ตาราง 32 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
102	0.9391	0.9458	0.8632	0.8981
103	0.9562	0.9723	0.8425	0.8685
104	0.9624	0.9733	0.8512	0.9176
105	0.9403	0.9561	0.8755	0.9281
106	0.9561	0.9653	0.8571	0.9023
107	0.9417	0.9462	0.8653	0.9149
108	0.9316	0.9412	0.8493	0.8934
109	0.9629	0.9685	0.8588	0.9273
110	0.9395	0.9452	0.8596	0.9280
111	0.9553	0.9632	0.8321	0.8861
112	0.9528	0.9581	0.8216	0.8698
113	0.9603	0.9656	0.8552	0.9028
114	0.9619	0.9752	0.8432	0.8801
115	0.9513	0.9635	0.8629	0.8934
116	0.9631	0.9653	0.8625	0.9286
117	0.9373	0.9465	0.8504	0.8971
118	0.9360	0.9473	0.8456	0.8713
119	0.9362	0.9455	0.8625	0.9056
120	0.9492	0.9504	0.842	0.8911
121	0.9549	0.9647	0.8549	0.8819
122	0.9383	0.9454	0.8605	0.8972
123	0.9265	0.9346	0.8325	0.8884
124	0.9312	0.9386	0.8261	0.8712
125	0.9526	0.9541	0.8325	0.8631
126	0.9618	0.9673	0.8625	0.9104
127	0.9656	0.9794	0.8443	0.8759
128	0.9523	0.9666	0.8653	0.8944
129	0.9421	0.9532	0.8412	0.8672
130	0.9443	0.9597	0.8539	0.8809
131	0.9618	0.9686	0.8701	0.9127
132	0.9391	0.9421	0.8618	0.8962
133	0.9427	0.9457	0.8266	0.8654
134	0.9326	0.9472	0.8325	0.8526
135	0.9548	0.9608	0.8423	0.8765

ตาราง 32 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
136	0.9473	0.9543	0.8601	0.8959
137	0.9456	0.9528	0.8539	0.8816
138	0.9385	0.9396	0.8356	0.8719
139	0.9611	0.9547	0.8646	0.8983
140	0.9375	0.9419	0.8709	0.9036
141	0.9435	0.9518	0.8366	0.8702
142	0.9458	0.9557	0.8746	0.9165
143	0.9356	0.9422	0.8603	0.8916
144	0.9460	0.9532	0.8215	0.8606
145	0.9602	0.9706	0.8263	0.8501
146	0.9387	0.9467	0.8483	0.8882
147	0.9407	0.9547	0.8126	0.8663
148	0.9566	0.9622	0.8542	0.8937
149	0.9505	0.9651	0.8315	0.8628
150	0.9609	0.9752	0.8619	0.9005
151	0.9326	0.9416	0.8486	0.8651
152	0.9466	0.9579	0.8523	0.8967
153	0.9616	0.9735	0.8205	0.8815
154	0.9399	0.9438	0.8236	0.8588
155	0.9603	0.9704	0.8552	0.8995
156	0.9428	0.9516	0.8475	0.8975
157	0.9432	0.9524	0.8514	0.9058
158	0.9641	0.9734	0.8591	0.9187
159	0.9642	0.9678	0.8436	0.8823
160	0.9424	0.9531	0.8716	0.9195
161	0.9588	0.9604	0.8325	0.8744
162	0.9467	0.9529	0.8529	0.8994
163	0.9621	0.9746	0.8275	0.8798
164	0.9318	0.9457	0.8463	0.8908
165	0.9210	0.9388	0.8325	0.8682
166	0.9324	0.9422	0.8339	0.8567
167	0.9325	0.9501	0.8562	0.8933
168	0.9466	0.9652	0.8533	0.9094
169	0.9583	0.9652	0.8623	0.9096

ตาราง 32 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
170	0.9422	0.9571	0.8521	0.8906
171	0.9325	0.9485	0.8506	0.8818
172	0.9345	0.9379	0.8256	0.8601
173	0.9303	0.9453	0.8635	0.9131
174	0.9481	0.9503	0.8552	0.8853
175	0.9235	0.9311	0.8184	0.8543
176	0.9356	0.9413	0.8466	0.8575
177	0.9405	0.9546	0.8224	0.8597
178	0.9518	0.9677	0.8475	0.8823
179	0.9404	0.9559	0.8217	0.8515
180	0.9344	0.9466	0.8334	0.8649
181	0.9418	0.9505	0.8335	0.8849
182	0.9345	0.9439	0.8632	0.8932
183	0.9623	0.9559	0.8512	0.8865
184	0.9314	0.9398	0.8523	0.8932
185	0.9361	0.9454	0.8741	0.8913
186	0.9320	0.9425	0.8335	0.8718
187	0.9354	0.9427	0.8265	0.8656
188	0.9458	0.9572	0.8579	0.8937
189	0.9378	0.9443	0.8225	0.8704
190	0.9501	0.9603	0.8632	0.9157
191	0.9371	0.9431	0.8653	0.9169
192	0.9603	0.9533	0.8572	0.8839
193	0.9446	0.9583	0.8302	0.8714
194	0.9258	0.9367	0.8465	0.8904
195	0.9387	0.9422	0.8218	0.8754
196	0.9371	0.9418	0.8369	0.8737
197	0.9573	0.9689	0.8547	0.8956
198	0.9408	0.9517	0.8773	0.9241
199	0.9326	0.9426	0.8325	0.8956
200	0.9316	0.9552	0.8236	0.8937

ตาราง 33 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบรวมฉบับ ที่คำนวณด้วยสูตร Ω สูตร Ω_w สูตร θ และสูตร θ_k^* จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก 40 คน จำนวน 200 กลุ่ม

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
1	0.9552	0.9616	0.8339	0.8595
2	0.9605	0.9651	0.8208	0.8560
3	0.9616	0.9663	0.8432	0.8652
4	0.9696	0.9715	0.8696	0.8835
5	0.9625	0.9671	0.8284	0.8468
6	0.9737	0.9759	0.8562	0.8767
7	0.9686	0.9741	0.8724	0.8990
8	0.9751	0.9784	0.8877	0.9064
9	0.9659	0.9689	0.8371	0.8578
10	0.9680	0.9724	0.8028	0.8231
11	0.9677	0.9731	0.7899	0.8156
12	0.9677	0.9721	0.8447	0.8657
13	0.9737	0.9803	0.8257	0.8541
14	0.9692	0.9734	0.8319	0.8605
15	0.9680	0.9725	0.8241	0.8432
16	0.9651	0.9701	0.8435	0.8602
17	0.9616	0.9692	0.8655	0.8884
18	0.9604	0.9652	0.8726	0.9048
19	0.9666	0.9693	0.7991	0.8211
20	0.9665	0.9681	0.8112	0.8378
21	0.9643	0.9683	0.8235	0.8523
22	0.9648	0.9690	0.8079	0.8536
23	0.9757	0.9795	0.8985	0.9095
24	0.9558	0.9610	0.8637	0.8838
25	0.9636	0.9670	0.8725	0.8933
26	0.9635	0.9665	0.8214	0.8512
27	0.9642	0.9660	0.8283	0.8577
28	0.9704	0.9725	0.8333	0.8664
29	0.9670	0.9721	0.8643	0.8978
30	0.9640	0.9678	0.8305	0.8684
31	0.9478	0.9552	0.8368	0.8534
32	0.9391	0.9502	0.8303	0.8545
33	0.9505	0.9579	0.8515	0.8909

ตาราง 33 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
34	0.9425	0.9543	0.8347	0.8785
35	0.9423	0.9587	0.7909	0.8047
36	0.9459	0.9574	0.8708	0.8942
37	0.9464	0.9632	0.8629	0.8884
38	0.9584	0.9615	0.8432	0.8624
39	0.9552	0.9636	0.8688	0.8878
40	0.9406	0.9521	0.8654	0.8781
41	0.9449	0.9543	0.8551	0.8805
42	0.9524	0.9632	0.8628	0.8878
43	0.9445	0.9569	0.8084	0.8467
44	0.9406	0.9598	0.8767	0.8954
45	0.9329	0.9468	0.7836	0.8022
46	0.9357	0.9476	0.8451	0.8715
47	0.9591	0.9669	0.8362	0.8677
48	0.9552	0.9643	0.8321	0.8566
49	0.9439	0.9591	0.8571	0.8832
50	0.9759	0.9799	0.8419	0.8769
51	0.9436	0.9562	0.8614	0.8914
52	0.9322	0.9402	0.8404	0.8786
53	0.9307	0.9489	0.8745	0.8926
54	0.9481	0.9511	0.8002	0.8369
55	0.9495	0.9561	0.8019	0.8293
56	0.9602	0.9628	0.8679	0.8901
57	0.9314	0.9463	0.8312	0.8719
58	0.9491	0.9528	0.8496	0.8647
59	0.9497	0.9544	0.8542	0.8704
60	0.9543	0.9637	0.8731	0.8954
61	0.9415	0.9434	0.8716	0.8905
62	0.9548	0.9532	0.8594	0.8782
63	0.9633	0.9745	0.8408	0.8901
64	0.9593	0.9671	0.8475	0.8502
65	0.9522	0.9608	0.8549	0.8798
66	0.9437	0.9461	0.8404	0.8825
67	0.9499	0.9566	0.8109	0.8409

ตาราง 33 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
68	0.9444	0.9471	0.8541	0.8796
69	0.9517	0.9619	0.8846	0.9008
70	0.9535	0.9674	0.8321	0.8414
71	0.9443	0.9537	0.8929	0.9152
72	0.9513	0.9669	0.8476	0.8787
73	0.9426	0.9476	0.8637	0.8851
74	0.9496	0.9589	0.8702	0.9049
75	0.9469	0.9511	0.8309	0.8543
76	0.9386	0.9462	0.8702	0.9092
77	0.9512	0.9688	0.8425	0.8651
78	0.9466	0.9518	0.8001	0.8407
79	0.9369	0.9383	0.9071	0.9258
80	0.9345	0.9423	0.8129	0.8441
81	0.9518	0.9606	0.8594	0.8781
82	0.9642	0.9751	0.8188	0.8327
83	0.9567	0.9606	0.8532	0.8837
84	0.9693	0.9736	0.8696	0.8954
85	0.9521	0.9637	0.9184	0.9468
86	0.9433	0.9515	0.8462	0.8777
87	0.9353	0.9408	0.8574	0.8899
88	0.9505	0.9625	0.8377	0.8664
89	0.9631	0.9737	0.8371	0.8578
90	0.9642	0.9663	0.8928	0.9031
91	0.9381	0.9513	0.8799	0.9156
92	0.9496	0.9508	0.8347	0.8657
93	0.9421	0.9585	0.8157	0.8481
94	0.9503	0.9661	0.8519	0.8905
95	0.9332	0.9537	0.8441	0.8732
96	0.9362	0.9463	0.8435	0.8602
97	0.9376	0.9485	0.8109	0.8484
98	0.9322	0.9408	0.9026	0.9248
99	0.9231	0.9364	0.8791	0.8997
100	0.9664	0.9796	0.8212	0.8578
101	0.9517	0.9577	0.8652	0.8971

ตาราง 33 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
102	0.9398	0.9422	0.7901	0.8272
103	0.9527	0.9692	0.8325	0.8614
104	0.9421	0.9521	0.8416	0.8771
105	0.9589	0.9695	0.8542	0.8825
106	0.9442	0.9541	0.8315	0.8714
107	0.9469	0.9537	0.8071	0.8283
108	0.9609	0.9635	0.8261	0.8533
109	0.9331	0.9437	0.8303	0.8543
110	0.9324	0.9349	0.8312	0.8605
111	0.9417	0.9491	0.8823	0.9168
112	0.9572	0.9651	0.8784	0.8903
113	0.9499	0.9545	0.8774	0.9115
114	0.9476	0.9571	0.9008	0.9247
115	0.9496	0.9408	0.7939	0.8309
116	0.9396	0.9461	0.8306	0.8708
117	0.9496	0.9566	0.8562	0.8829
118	0.9369	0.9471	0.8367	0.8732
119	0.9322	0.9419	0.8267	0.8588
120	0.9575	0.9674	0.8337	0.8564
121	0.9421	0.9537	0.8463	0.8695
122	0.9452	0.9568	0.8716	0.9105
123	0.9536	0.9658	0.8494	0.8782
124	0.9424	0.9511	0.8508	0.8891
125	0.9699	0.9722	0.8375	0.8502
126	0.9686	0.9777	0.8149	0.8538
127	0.9466	0.9581	0.8404	0.8745
128	0.9366	0.9395	0.8409	0.8693
129	0.9367	0.9449	0.8541	0.8822
130	0.9322	0.9346	0.8496	0.8765
131	0.9418	0.9592	0.8526	0.8816
132	0.9392	0.9401	0.7955	0.8456
133	0.9542	0.9651	0.8311	0.8763
134	0.9496	0.9548	0.8898	0.9125
135	0.9358	0.9462	0.8307	0.8546

ตาราง 33 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
136	0.9681	0.9705	0.8426	0.8653
137	0.9506	0.9687	0.8149	0.8514
138	0.9484	0.9534	0.8376	0.8691
139	0.9321	0.9402	0.8996	0.9151
140	0.9284	0.9348	0.8048	0.8538
141	0.9587	0.9762	0.8477	0.8642
142	0.9406	0.9517	0.8334	0.8597
143	0.9557	0.9603	0.8444	0.8835
144	0.9455	0.9495	0.8515	0.8913
145	0.9493	0.9511	0.8774	0.9018
146	0.9351	0.9466	0.8107	0.8622
147	0.9669	0.9771	0.8641	0.8989
148	0.9356	0.9495	0.8412	0.8767
149	0.9204	0.9393	0.8477	0.8756
150	0.9401	0.9586	0.8464	0.8784
151	0.9504	0.9603	0.8178	0.8532
152	0.9479	0.9541	0.8584	0.8731
153	0.9569	0.9687	0.8434	0.8892
154	0.9419	0.9589	0.8345	0.8624
155	0.9604	0.9749	0.8109	0.8423
156	0.9675	0.9784	0.8585	0.8806
157	0.9565	0.9602	0.8647	0.8937
158	0.9551	0.9627	0.8142	0.8595
159	0.9566	0.9589	0.8284	0.8699
160	0.9544	0.9623	0.8424	0.8793
161	0.9347	0.9444	0.8218	0.8671
162	0.9424	0.9591	0.8681	0.8985
163	0.9634	0.9795	0.8546	0.8861
164	0.9496	0.9584	0.8246	0.8566
165	0.9474	0.9589	0.8413	0.8732
166	0.9561	0.9678	0.8279	0.8669
167	0.9328	0.9453	0.8474	0.8614
168	0.9525	0.9628	0.8724	0.9086
169	0.9483	0.9548	0.8515	0.8726

ตาราง 33 (ต่อ)

กลุ่มที่	Ω	Ω_w	θ	θ_k^*
170	0.9606	0.9719	0.8251	0.8669
171	0.9601	0.9759	0.8328	0.8593
172	0.9598	0.9722	0.8795	0.8801
173	0.9532	0.9677	0.8578	0.8719
174	0.9325	0.9481	0.8285	0.8647
175	0.9293	0.9395	0.8562	0.8704
176	0.9285	0.9302	0.8755	0.8954
177	0.9545	0.9614	0.8587	0.8805
178	0.9448	0.9491	0.8547	0.8914
179	0.9334	0.9497	0.8203	0.8556
180	0.9499	0.9518	0.8777	0.9151
181	0.9534	0.9675	0.8265	0.8628
182	0.9613	0.9728	0.8746	0.9084
183	0.9513	0.9625	0.8421	0.8755
184	0.9452	0.9534	0.8329	0.8794
185	0.9554	0.9601	0.8476	0.8662
186	0.9452	0.9531	0.8237	0.8519
187	0.9457	0.9661	0.8302	0.8614
188	0.9498	0.9587	0.8129	0.8404
189	0.9485	0.9506	0.8702	0.9145
190	0.9408	0.9451	0.8525	0.8902
191	0.9493	0.9539	0.8631	0.8919
192	0.9283	0.9393	0.8281	0.8499
193	0.9353	0.9596	0.8529	0.8812
194	0.9461	0.9531	0.8287	0.8596
195	0.9622	0.9728	0.8564	0.8842
196	0.9591	0.9695	0.8654	0.8931
197	0.9643	0.9703	0.8601	0.8902
198	0.9561	0.9625	0.8591	0.8863
199	0.9594	0.9687	0.8715	0.8962
200	0.9495	0.9545	0.8677	0.8962

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	นางสาววรพร สกุลจิตรานนท์
วัน เดือน ปีเกิด	13 มิถุนายน 2503
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	12/42 ถนนปิยะบุตร์ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนบ้านหมี่วิทยา อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี
ตำแหน่ง	อาจารย์ 2 ระดับ 7
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2521	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบ้านหมี่วิทยา อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี
พ.ศ.2523	ประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง วิชาเอกคณิตศาสตร์ วิทยาลัยครูเทพสตรี จังหวัดลพบุรี
พ.ศ.2525	ครุศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกคณิตศาสตร์ วิทยาลัยครูเทพสตรี จังหวัดลพบุรี
พ.ศ.2541	การศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ