การพัฒนาโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ: การเปรียบเทียบระหว่าง PLS-SEM และ CB-SEM

นางสาวมารยาท โยทองยศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

DEVELOPMENT OF A MEASUREMENT MODEL AND A CAUSAL MODEL OF UNDERGRADUATE STUDENTS STATISTICAL LITERACY WITH BACKGROUND AS THE MODERATORS: A COMPARISON BETWEEN PLS-SEM AND CB-SEM ANALYSES

Miss Marayat Yotongyos

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Educational Research Methodology
Department of Educational Research and Psychology
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ: การเปรียบเทียบระหว่าง PLS-SEM และ CB-SEM
โดย	นางสาวมารยาท โยทองยศ
สาขาวิชา	วิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณี แกมเกตุ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิตา รักษ์พลเมือง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล ว่องวาณิช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณี แกมเกตุ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อวยพร เรืองตระกูล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สิริพันธุ์ สุวรรณมรรคา)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ กิตติคุณ ดร.นงลักษณ์ วิรัชชัย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มารยาท โยทองยศ : การพัฒนาโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ: การเปรียบเทียบระหว่าง PLS-SEM และ CB-SEM. (DEVELOPMENT OF A MEASUREMENT MODEL AND A CAUSAL MODEL OF UNDERGRADUATE STUDENTS' STATISTICAL LITERACY WITH BACKGROUND AS THE MODERATORS: A COMPARISON BETWEEN PLS-SEM AND CB-SEM ANALYSES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร. วรรณี แกมเกตุ, 356 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ 2) พัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ และ 3) เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่าง PLS-SEM และ CB-SEM ตัวอย่างในการวิจัย คือ นิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่กำลังศึกษาในมหาวิทยาลัย จำนวน 1,014 คน ได้จากการสุ่มแบบสองขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามการรู้สถิติ โมเดลการวิจัยที่ใช้ตรวจสอบมี 2 ลักษณะ คือ โมเดลการวัดการรู้สถิติซึ่งการรู้สถิติประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ และลักษณะนิสัย โดยองค์ประกอบด้านความรู้มี 5 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย มี 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีซึ่งมีตัวแปรการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติส่งผลต่อการรู้สถิติ โดยทั้งสองโมเดลมีตัวแปรภูมิหลัง คือ เพศ กลุ่มสาขาวิชาการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีเป็นตัวแปรกำกับ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเบื้องต้น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันกลุ่มพหุ และการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุกลุ่มพหุ ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PLSPM และ LISREL

ผลการวิจัยที่สำคัญสรุปได้ว่า 1) โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีซึ่งประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ และลักษณะนิสัย โดยองค์ประกอบด้านความรู้มี 5 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย มี 2 ตัวบ่งชี้ คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยน้ำหนักองค์ประกอบขององค์ประกอบทั้งสองด้านและตัวบ่งชี้ทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 องค์ประกอบด้านความรู้มีน้ำหนักองค์ประกอบมากกว่าองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย ทั้งนี้ตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดใกล้เคียงกัน คือ ทักษะการรู้หนังสือและความรู้สถิติศาสตร์ รองลงมาคือ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และตัวบ่งชี้ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบน้อยที่สุด คือ ทักษะเชิงวิพากษ์ ส่วนตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยพบว่า ท่าทีเชิงวิพากษ์มีน้ำหนักองค์ประกอบมากกว่าความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ นอกจากนี้ภูมิหลังด้านการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีอิทธิพลเป็นตัวแปรกำกับน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ทักษะเชิงวิพากษ์ โดยกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติมีน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ทักษะเชิงวิพากษ์สูงกว่ากลุ่มนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติ 2) โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีตัวแปรการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีและการมีประสบการณ์กับสถิติส่งผลต่อการรู้สถิติมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีและการมีประสบการณ์กับสถิติส่งผลต่อการรู้สถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการมีประสบการณ์กับสถิติมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติมากกว่าการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี นอกจากนี้อิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีต่อการรู้สถิติในกลุ่มนิสิตนักศึกษาชายสูงกว่านิสิตนักศึกษาหญิง 3) การเปรียบเทียบโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีทั้งโมเดลในภาพรวมและโมเดลที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับระหว่าง PLS-SEM กับ CB-SEM พบว่า ผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีต่างกันเรื่องการมีนัยสำคัญและขนาดของพารามิเตอร์ ค่าประเมินโมเดล (R^2) และผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา ในขณะที่โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีต่างกันเรื่องขนาดของพารามิเตอร์และค่าประเมินโมเดล (R^2)

ภาควิชา วิจัยและจิตวิทยาการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5484234127 : MAJOR EDUCATIONAL RESEARCH METHODOLOGY
KEYWORDS: STATISTICAL LITERACY / STRUCTURAL EQUATION MODEL / PARTIAL LEAST SQUARED STRUCTURAL EQUATION MODEL / COVARIANCE-BASED STRUCTURAL EQUATION MODEL

MARAYAT YOTONGYOS: DEVELOPMENT OF A MEASUREMENT MODEL AND A CAUSAL MODEL OF UNDERGRADUATE STUDENTS STATISTICAL LITERACY WITH BACKGROUND AS THE MODERATORS: A COMPARISON BETWEEN PLS-SEM AND CB-SEM ANALYSES. ADVISOR: ASSOC. PROF. DUANGKAMOL TRAIWICHITKHUN, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. WANNEE KAEMKATE, Ph.D., 356 pp.

The objectives of this research were to: 1) develop a measurement model and 2) a causal model of undergraduate students' statistical literacy with background variables as the moderators, and 3) compare the measurement model and the causal model of undergraduate students' statistical literacy with background variables as the moderators between PLS-SEM and CB-SEM analysis. The sample, randomly selected using two-stage sampling, consisted of 1,014 undergraduate students. The research instrument was a questionnaire using Likert scale and multiple choices. The research variables were divided in two parts; knowledge and disposition. The first part consisted of 5 indicators: Literacy, statistical knowledge, mathematical knowledge, context knowledge and critical skill, and the latter consisted of 2 indicators: critical stance and believe and attitude toward Statistics. Data analyses were descriptive statistics, independent t-test, confirmatory factory analysis, confirmatory factory analysis multiple groups, path analysis, path analysis multiple groups using XLSTAT-PLSPM and LISREL analysis for model validation.

The major findings were summarized as follows: 1) the measurement model of undergraduate students' statistical literacy with background variables as moderators fit to the empirical data. The analysis results revealed that all indicators had significant loadings with the causal relationships between indicators and constructs. The comparison of the measurement model between background variables indicated measurement invariance. 2) The casual model of undergraduate students' statistical literacy with background variables as the moderators fit to the empirical data. Two factors: learning statistics with technology and experience with statistics had significant effects on statistical literacy. The comparison of the causal models of undergraduate students' statistical literacy between background variables indicated model invariance. 3) The comparison between using PLS-SEM and CB-SEM methods to validate the measurement model and casual model of undergraduate students' statistical literacy both overall and with background variables as moderators provided significantly different results in parameters' statistical significance and magnitude, R^2 for model assessment and result in comparison of parameter between groups for the measurement model of undergraduate students' statistical literacy. Nevertheless, the casual model of undergraduate students' statistical literacy provided significantly different results in parameters' magnitude and R^2 for model assessment.

Department: Educational Research and Psychology
Field of Study: Educational Research Methodology
Academic Year: 2013

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....
Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของ รศ.ดร.ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ และ รศ. ดร. วรรณี แกมเกตุ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เสียสละเวลา ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาและแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่อง ชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนมีความปรารถนาดีต่อผู้วิจัยในทุกด้านอย่างสม่ำเสมอ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศ.ดร.สุวิมล ว่องวาณิช ประธานสอบวิทยานิพนธ์ ครูผู้ให้ความรู้ในหลายรายวิชาโดยเฉพาะอย่างยิ่งรายวิชาสัมมนาและปฏิบัติการวิจัยที่เกิดวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้น ขอกราบขอบพระคุณ ศ.กิตติคุณ ดร.นงลักษณ์ วิรัชชัย และ รศ.ดร.อวยพร เรืองตระกูล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และครูผู้ให้ความรู้ และคำแนะนำที่ดีเสมอมา และ รศ.ดร.สิริพันธุ์ สุวรรณมรรคา คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และกรรมการสอบท่านอื่นที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา และคณาจารย์คณะครุศาสตร์ ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และทักษะอันมีคุณค่ายิ่ง รวมทั้งเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ช่วยเหลือและดูแลผู้วิจัยอย่างเป็นมิตรด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ศิริเดช สุชีวะ รศ.ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์ ผศ.ดร.ชัชพงศ์ ตั้งมณี ผศ.ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์ และ ดร.ภิญญาพันธ์ เพียซ้าย ผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนในการตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือวิจัย ขอขอบคุณน้องนิสิตนักศึกษาทุกคนที่ให้ข้อมูลทั้งเพื่อพัฒนาเครื่องมือในวิจัยและวิเคราะห์ผลการวิจัยสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ความร่วมมือในการประสานงานเก็บข้อมูลกับนักศึกษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งมหาวิทยาลัยกรุงเทพ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยกรุงเทพที่สนับสนุนทุนการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอบคุณท่าน ผศ.ดร. ลักคณา วรศิลป์ชัย และ ผศ.ปราณี สวัสดิ์สรรค์ที่เป็นผู้สนับสนุนให้ได้รับทุนการศึกษานี้ และขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่สถาบันส่งเสริมการวิจัยนวัตกรรมและอาจารย์ที่มหาวิทยาลัยกรุงเทพที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือเป็นอย่างดีในทุกเรื่อง

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอย่างสูงที่สนับสนุน “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย”

ความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้เกิดขึ้นจากกำลังใจและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งตลอดเวลาในการศึกษาจากครอบครัวทั้งคุณแม่ยอด และคุณพ่อสามารถ คุณป้าสมัย และน้องชายนายสายยันต์ โยทองยศและครอบครัวของน้องชาย ญาติพี่น้องทุกคน และผู้คนรอบข้างที่มีได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ รวมทั้งสามี คุณธเนศ ลิมป์ลาวัณย์และครอบครัวสามี และที่ขาดไม่ได้คือลูกน้อยทั้งสองคน ดญ.เมยาวี และ ดช.จักรพันธ์ ลิมป์ลาวัณย์ ลูกที่น่ารักทั้งสองคน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
คำถามวิจัย 5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5
ขอบเขตการวิจัย 6
นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย 6
ประโยชน์ที่จะได้รับ 7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
ตอนที่ 1 การรู้สถิติ 9
ตอนที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 45
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง 48
ตอนที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัยและสมมติฐานการวิจัย 82
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 85
ประชากรและตัวอย่าง 85
ตัวแปรในการวิจัย 87
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 88
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 89
การเก็บรวบรวมข้อมูล 101
การวิเคราะห์ข้อมูล 102
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 109
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 111

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ 123
ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี 152
ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM 171
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 186
สรุปผลการวิจัย 187
อภิปรายผลการวิจัย 194
ข้อเสนอแนะ 201
รายการอ้างอิง 204
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 215
ภาคผนวก ข เครื่องมือวิจัย 217
ภาคผนวก ค ข้อมูลประกอบบทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 228
ภาคผนวก ง ข้อมูลประกอบบทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 241
ภาคผนวก จ ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติในภาพรวม ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PLSPM (นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ) 287
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลการวัดการรู้สถิติ ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PLSPM (นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ) 296
ภาคผนวก ช ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติในภาพรวม ด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL (นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ) 298
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างภูมิหลังด้านการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี ด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL (นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ) 307
ภาคผนวก ฌ ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PM (นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ) 325
ภาคผนวก ญ ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PM (นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ) 331
ภาคผนวก ฎ ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL (นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ) 333

หน้า

ภาคผนวก ฎ ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL (นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ)..... 342
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 356

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 นิยามการรู้สถิติ การรู้คณิตศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์ และการรู้วิจัย 15
ตาราง 2.2 องค์ประกอบการรู้สถิติ และการรู้อื่นที่เกี่ยวข้อง 25
ตาราง 2.3 ความรู้ทางสถิติสำหรับบรรยายลักษณะการรู้สถิติ 29
ตาราง 2.4 ความรู้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นต่อการรู้สถิติ 31
ตาราง 2.5 ความรู้เชิงบริบทที่จำเป็นต่อการรู้สถิติ 33
ตาราง 2.6 เครื่องมือวัดองค์ประกอบการรู้สถิติ 43
ตาราง 2.7 เกณฑ์การประเมินโมเดลการวัดแบบสะท้อนและแบบรวมตัว 60
ตาราง 2.8 เกณฑ์การประเมินโมเดลโครงสร้าง 63
ตาราง 2.9 การเปรียบเทียบลักษณะของ CB-SEM และ PLS-SEM 80
ตาราง 3.1 ขนาดตัวอย่างจำแนกตามสังกัดของมหาวิทยาลัย กลุ่มสาขาวิชา และเพศของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี 87
ตาราง 3.2 แผนผังการสร้างเครื่องมือวิจัย (TABLE OF SPECIFICATION) สำหรับเครื่องมือวิจัย 90
ตาราง 3.3 ค่า IOC และสรุปข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ 91
ตาราง 3.4 ความเที่ยงของการวัดตัวแปรในการวิจัยและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (CITC) จากการทดลองใช้กับใช้จริง 94
ตาราง 3.5 ความยากง่าย และอำนาจจำแนกของข้อคำถามแบบเลือกตอบจากการทดลองใช้กับใช้จริง 95
ตาราง 3.6 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างข้อคำถามวัดตัวแปรท่าทีเชิงวิพากษ์ 97
ตาราง 3.7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดท่าทีเชิงวิพากษ์ 97
ตาราง 3.8 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดตัวบ่งชี้องค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัยและปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 100
ตาราง 4.1 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างจำแนกตามข้อมูลภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี 113
ตาราง 4.2 ค่าสถิติเบื้องต้นตัวแปรสังเกตได้ขององค์ประกอบการรู้สถิติและปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี 118
ตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรสังเกตได้ระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี 121
ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรในโมเดลการวัดการรู้สถิติ 124
ตาราง 4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM 128
ตาราง 4.6 ค่าสถิติเบื้องต้นของคะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธี CB-SEM และ PLS-SEM 131

ตาราง 4.7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจากวิธี CB-SEM กับ PLS-SEM 131
ตาราง 4.8 จำนวนและร้อยละของนิสิตนักศึกษาจำแนกตามระดับการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี 131
ตาราง 4.9 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการรู้สถิติจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา 132
ตาราง 4.10 การพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา 136
ตาราง 4.11 รายละเอียดการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี 139
ตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM 148
ตาราง 4.13 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM 154
ตาราง 4.14 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM 156
ตาราง 4.15 การพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา 160
ตาราง 4.16 รายละเอียดการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี 163
ตาราง 4.17 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM 168
ตาราง 4.18 รายละเอียดการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี 172
ตาราง 4.19 การเปรียบเทียบจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง 174
ตาราง 4.20 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการมีนัยสำคัญของพารามิเตอร์ระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง 175
ตาราง 4.21 สรุปผลการเปรียบเทียบอันดับของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์และขนาดตัวอย่างด้านอันดับของน้ำหนักองค์ประกอบ 175
ตาราง 4.22 การเปรียบเทียบความแตกต่างของอันดับของพารามิเตอร์ระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง 176
ตาราง 4.23 สรุปผลการเปรียบเทียบทิศทางของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง 177

ตาราง 4.24 การเปรียบเทียบความแตกต่างของทิศทางของพารามิเตอร์ระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง..... 178
ตาราง 4.25 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์และขนาดตัวอย่างด้านขนาดของน้ำหนักองค์ประกอบ.... 179
ตาราง 4.26 การเปรียบเทียบค่าประเมินโมเดล (R^2) ของการรู้สถิติในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี..... 180
ตาราง 4.27 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง..... 181
ตาราง 4.28 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง..... 181
ตาราง 4.29 รายละเอียดการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี..... 182
ตาราง 4.30 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์..... 183
ตาราง 4.31 สรุปค่าประเมินโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ..... 184
ตาราง 4.32 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างภูมิหลังของนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM. 185

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 2.1 โมเดลการรู้สถิติของ GAL (2004) 17
ภาพ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการรู้สถิติของ WATSON 19
ภาพ 2.3 โมเดลการรู้เชิงปริมาณของ WILKINS (2010) 22
ภาพ 2.4 องค์ประกอบและกรอบโครงสร้างการประเมินการรู้คณิตศาสตร์ของ PISA 23
ภาพ 2.5 กรอบโครงสร้างการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 24
ภาพ 2.6 โมเดลการวัดการรู้สถิติ 26
ภาพ 2.7 ตัวอย่างบทความในข้อสอบการรู้ตัวเลข 38
ภาพ 2.8 ตัวอย่างข้อสอบในแบบสำรวจการรู้สถิติของโครงการ W.M. KECK STATISTICAL LITERACY 40
ภาพ 2.9 ลักษณะตัวแปรแฝงแบบสะท้อนและรวมตัว 50
ภาพ 2.10 ลักษณะโมเดลสมการโครงสร้าง 52
ภาพ 2.11 กระบวนการวิเคราะห์ PLS 55
ภาพ 2.12 การประเมินโมเดลการวัดและโมเดลโครงสร้างของ PLS-SEM 57
ภาพ 2.13 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง 66
ภาพ 2.14 โมเดลองค์ประกอบแบบลดหลั่น 68
ภาพ 2.15 โมเดลองค์ประกอบแบบสองขั้นตอน 68
ภาพ 2.16 โมเดลองค์ประกอบอันดับที่สองแบบ CB-SEM 69
ภาพ 2.17 โมเดลกำกับ 70
ภาพ 2.18 กรอบแนวคิดในการวิจัย 83
ภาพ 4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติ ของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี 129
ภาพ 4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM 151
ภาพ 4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติ ของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM 156
ภาพ 4.4 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุของโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM 170

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันทุกคนล้วนต้องเกี่ยวข้องกับสถิติไม่ว่าจะเป็นวิชาสถิติหรือตัวเลขทางสถิติ สำหรับคนที่ต้องทำงานเกี่ยวข้องกับข้อมูลตัวเลข สถิติจัดเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยทำให้ได้ข้อมูลหรือข้อค้นพบที่มีคุณภาพน่าเชื่อถือ สำหรับคนที่ไม่ได้ใช้สถิติในการทำงานการได้รู้จักกับแนวคิดและวิธีการทางสถิติช่วยให้บุคคลนั้นรู้เท่าทันข้อมูลสถิติที่บิดเบือนที่เกิดจากการเจตนาหรือไม่เจตนาของผู้นำเสนอข้อมูลนั้น เรียกได้ว่า เป็นผู้บริโภคข้อมูลสารสนเทศทางสถิติอย่างชาญฉลาด (Huff, 2013; OECD, 2010; OECD Statistics Canada, 2011) หนึ่งในความสามารถที่ต้องการคือความรู้เกี่ยวกับตัวเลขโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การรู้สถิติ (statistical literacy) ซึ่งมีความจำเป็นต่อประชาชนทุกชนชั้นทั้งการเป็นผู้บริโภคข้อมูลในชีวิตประจำวัน และเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพ การขาดการรู้สถิติทำให้เกิดความเข้าใจผิด มีการรับรู้ที่ผิด มีความเชื่อผิด และมีความสงสัยในคุณค่าของสถิติ (Gal, 2004) ซึ่งสามารถบอกเป็นนัยได้ถึงคุณลักษณะของพลเมืองในอนาคตของชาติว่าน่าจะมีศักยภาพในการแข่งขันได้มากหรือน้อยเพียงใด (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554)

การวัดการรู้สถิติระดับนานาชาติภายใต้การวัดการรู้คณิตศาสตร์ที่ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International student assessment; PISA) ซึ่งประเมินนักเรียนอายุ 15 ปี และการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ พ.ศ. 2550 (Trends in International Mathematics and Science Study; TIMSS) ซึ่งประเทศไทยได้เข้าร่วมประเมินในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ผลการประเมินของเด็กไทยได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติ ทั้ง PISA และ TIMSS โดยคะแนน PISA เด็กไทยได้ 419 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.2 คะแนน (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ส่วน TIMSS ประเทศไทย มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ 441 คะแนน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ปรีชาญ เดชศรี & เกตุวดี กัมพลาศิริ, 2552) ส่วนการทดสอบระดับชาติของไทยได้มีการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Testing : O-NET) วิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีผู้เข้าสอบ 356,591 คน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.99 คะแนน ผลการทดสอบความรู้ทางคณิตศาสตร์สะท้อนให้เห็นถึงความรู้ทางสถิติของคนไทยที่ควรมีการส่งเสริมและพัฒนาต่อไป

การเรียนสถิติเป็นวิธีการพื้นฐานในการส่งเสริมการรู้สถิติ การศึกษาระดับปริญญาตรีมีการเรียนการสอนวิชาสถิติเป็นวิชาพื้นฐานเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพในอนาคต การเรียนสถิติในสาขาวิชาที่ไม่เกี่ยวข้องกับตัวเลขการเรียนการสอนสถิติมุ่งเน้นให้สามารถเข้าใจ และแปลความหมายข้อมูลสถิติได้ ส่วนสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เศรษฐศาสตร์ หรือบริหารธุรกิจ เป็นต้น การเรียนสถิติมีจุดมุ่งหมายที่

มากกว่าความเข้าใจ และแปลความหมาย คือ สามารถสร้างข้อมูลสถิติที่มีคุณภาพได้ เนื้อหาที่มีการเรียนการสอนในวิชาสถิติระดับปริญญาตรีว่าด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูล นำเสนอข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และการตีความหมายข้อมูล (Hand, 2555; Schield, 2010; กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554)

การศึกษาเกี่ยวกับการรู้สถิติมีการระบุองค์ประกอบที่แตกต่างกัน (Gal, 2004) เสนอองค์ประกอบการรู้สถิติว่าประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบด้านความรู้ (knowledge) ซึ่งประกอบด้วย ทักษะการรู้หนังสือ (literacy skills) ความรู้ทางสถิติ (statistical knowledge) ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (mathematical knowledge) ความรู้เชิงบริบท (context knowledge) และการตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ (critical questions) และองค์ประกอบด้านอุปนิสัย (disposition) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย ได้แก่ ความเชื่อและทัศนคติ (beliefs and attitudes) และท่าทีเชิงวิพากษ์ (critical stance) (Bugett & Pfannkuch, 2007; Gal, 2002, 2004) ส่วน Watson (2006 อ้างถึงใน Martinez-Dawson (2010)) ได้กล่าวว่าองค์ประกอบของการรู้สถิติประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ทักษะทางคณิตศาสตร์/สถิติ (mathematical/statistical skills) บริบท (context) แรงจูงใจในงาน (task motivation) รูปแบบงาน (task format) ทักษะการรู้หนังสือ (literacy skills) และความรู้เกี่ยวกับความผันแปร (knowledge concerning variation) สำหรับการศึกษาการรู้สถิติของคนไทยผู้วิจัยยังไม่พบการศึกษาในเรียนนี้ ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาลักษณะโมเดลการวัดการรู้สถิติที่เหมาะสมกับคนไทย

การศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติจากงานวิจัยที่ผ่านมาโดยเฉพาะในกลุ่มนักศึกษา พบว่า การรู้สถิติได้รับอิทธิพลจากปัจจัยส่วนบุคคล การเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ โดยปัจจัยส่วนบุคคลที่ส่งผลต่อการรู้สถิติที่สำคัญ คือ สาขาวิชาที่ศึกษา ซึ่งนักศึกษาที่ศึกษาในสาขาวิชาที่ต้องเกี่ยวข้องกับตัวเลขมีความต้องการเกี่ยวกับความรู้และทักษะในการรู้สถิติ เช่น วิทยาศาสตร์ บริหารธุรกิจ จำเป็นต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล ส่วนสาขาที่ไม่เกี่ยวข้องกับตัวเลข เช่น มนุษยศาสตร์ ต้องการเพียงความสามารถในการเข้าใจผลลัพธ์ทางสถิติ เป็นต้น (Kim, 2006; Schield, 2010) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเรื่องเพศที่ผู้ชายมักมีความรู้ทางสถิติสูงกว่าผู้หญิง (Kim, 2006) และประสบการณ์การเรียนคณิตศาสตร์และประสบการณ์การเรียนสถิติ ซึ่งพบว่าผู้ที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์และสถิติมาก่อนจะมีแนวโน้มที่จะมีการรู้สถิติสูงกว่าผู้ที่ยังไม่เคยเรียนวิชาดังกล่าวมาก่อนหรือเรียนจบไปนานแล้ว (Onwuegbuzie, 2003; B. Wade & Goodfellow, 2009) การเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีมีผลต่อการรู้สถิติ (Garfield & Ben-Zvi, 2004; Mittag, 2010; Nikiforidou, Lekka, & Pange, 2010; Utts, 2003) โดยเทคโนโลยี ได้แก่ เครื่องคำนวณที่ใช้สร้างกราฟ โปรแกรมสร้างกราฟ และเว็บไซต์ทางอินเตอร์เน็ต (World Wide Web) ช่วยสร้างความรู้ให้กับผู้เรียนด้วยการที่ผู้เรียนได้ลงมือทำและการได้เห็นข้อมูลทางสถิติ ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสสะท้อนคิดต่อปรากฏการณ์ที่ได้เห็น (Garfield & Ben-Zvi, 2004) นอกจากนี้การมีประสบการณ์กับสถิติมีผลต่อการรู้สถิติ (Gal, 2003; Garfield & Ben-Zvi, 2004; Garfield & Ben-Zvi, 2007; Lawson, Schwiers, Doellman, Grady, & Kelnhofer, 2003; Martinez-Dawson, 2010; Temme, Kreis, & Hildebrandt, 2006)

เนื่องจากผู้ที่มีประสบการณ์กับสถิติในด้านต่างๆ เช่น ในห้องเรียน สื่อ จะมีโอกาสได้เรียนรู้ ทั้งจากการปฏิบัติ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้รู้อื่น (Lawson et al., 2003; Martinez-Dawson, 2010) ดังนั้น จึงควรศึกษาอิทธิพลของการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีและการมีประสบการณ์ต่อการรู้สถิติ และศึกษาความแตกต่างของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังด้านเพศ สาขาวิชา การเรียนสถิติ และคณิตศาสตร์แตกต่างกัน

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (stractual equation model: SEM) ที่ใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood, ML) สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม LISREL EQS AMOS และ Mplus เป็นที่รู้จักกันดีในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ รวมทั้งการวิจัยทางการศึกษา วิธีการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประมาณค่าเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมจากโมเดลการวิจัยให้ใกล้เคียงกับเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมจากข้อมูลตัวอย่างมากที่สุด เรียกว่า การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่ใช้ความแปรปรวนร่วมเป็นฐาน (covariance-based: CB-SEM) การประมาณค่าที่ใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุด ซึ่งลักษณะข้อมูลของตัวบ่งชี้ต้องผ่านข้อตกลงเบื้องต้น โดยเฉพาะเรื่องข้อมูลต้องมีการแจกแจงปกติ และตัวอย่างมีจำนวนมากพอ ถ้าข้อมูลมีบางส่วนไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นเหล่านี้ประสิทธิภาพในการประมาณค่าจะลดลง (Rigdon, Ringle, & Sarstedt, 2010; Wold, 1975) ควรมีการพิจารณาเทคนิคอื่นมาใช้แทน เทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่เป็นที่รู้จักการดีในงานวิจัยทางระบบสารสนเทศ (IS) (Qureshi & Compeau, 2009) และเริ่มใช้กันมากขึ้นในสาขาอื่น เช่น การจัดการ (J. F. Hair, Sarstedt, Pieper, & Ringle, 2012b) การตลาด (J. F. Hair, Sarstedt, Ringle, & Mena, 2012c) คือ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (partial least square: PLS) เรียกว่า PLS-SEM เทคนิคนี้มีจุดหมายเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลที่อธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝงภายในให้ได้มากที่สุดโดยใช้ชุดของการประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (ordinary least squares; OLS) จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่ใช้ความแปรปรวนเป็นฐาน (variance-based SEM) หรือองค์ประกอบเป็นฐาน (component-based SEM) จากการใช้ OLS ในการประมาณค่าจึงทำให้ความต้องการข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงปกติและตัวอย่างขนาดใหญ่ไม่จำเป็นนัก (Haenlein & Kaplan, 2004; J. F. Hair, Ringle, & Sarstedt, 2012a; J. F. Hair et al., 2012b; J. F. Hair et al., 2012c; Henseler, Ringle, & Sinkovics, 2009; Lee, Petter, Fayard, & Robinson, 2011; Qureshi & Compeau, 2009; Reinartz, Haenlein, & Henseler, 2009; P. N. Sharma & Kim, 2013; M. Tenenhaus, Winzi, Chatelin, & Lauro, 2005; Wold, 1974, 1975)

การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบระหว่างวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ซึ่งส่วนใหญ่ใช้การจำลองข้อมูลแบบมอนติคาร์โล (Monte-Carlo simulation) (Goodhue, Lewis, & Thompson, 2012a; Lu, Kwan, Thomas, & Cedzynski, 2011; Reinartz et al., 2009; P. N. Sharma & Kim, 2013) แต่งานวิจัยที่เป็นการเปรียบเทียบด้วยข้อมูลจริงยังมีน้อย (Hsu, Chen, &

Hsieh, 2006; Oleksiak, 2009) งานวิจัยเหล่านี้มีผลสรุปในทิศทางเดียวกันคือผลการวิเคราะห์จากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จะให้ผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน เรื่อง ทิศทางความสัมพันธ์และการมีนัยสำคัญ แต่อาจมีความแตกต่างกันเรื่องค่าประมาณพารามิเตอร์ (J. Hair, Black, Babin, & Anderson, 2010) เนื่องจากจุดมุ่งหมายและวิธีการประมาณค่าที่ต่างกันอาจทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์โมเดลการวิจัยเดียวกันให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ต่างกัน นอกเหนือจากนี้ในสถานการณ์ที่ต่างกัน เช่น การแจกแจงปกติกับไม่ใช่การแจกแจงปกติ ตัวอย่างขนาดใหญ่หรือขนาดเล็ก ได้ผลการวิเคราะห์ที่ได้แตกต่างกัน (Fornell & Bookstein, 1982) การพิจารณาเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะอาจพิจารณาจาก 3 ประเด็นนี้ คือ 1) เป้าหมายของการวิจัย ถ้าการวิจัยมุ่งที่การพยากรณ์ตัวแปรแฝงในโมเดลหรือต้องการระบุความสัมพันธ์ของโมเดลเพื่อพัฒนาทฤษฎีควรใช้ PLS-SEM 2) วิธีการประมาณค่า CB-SEM ใช้การประมาณค่าด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด จึงต้องการข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติและขนาดตัวอย่างที่มากพอ ในการประมาณค่าเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solutions) (Boomsma & Hoogland, 2001; Dijkstra, 1983) ในขณะที่วิธี PLS-SEM การแจกแจงปกติไม่จำเป็นและต้องการขนาดตัวอย่างที่น้อยกว่า 3) ความซับซ้อนของโมเดล PLS-SEM สามารถใช้ได้กับโมเดลที่มีจำนวนตัวแปรแฝงและตัวบ่งชี้มากได้สะดวกกว่า CB-SEM รวมทั้งสะดวกในการวิเคราะห์โมเดลที่มีตัวแปรแฝงแบบก่อตัว (formative) (J. F. Hair et al., 2012a; J. F. Hair et al., 2012b; Henseler, Ringle, & Sarstedt, 2012; Henseler et al., 2009) ปัจจัยเหล่านี้สามารถใช้ประกอบการพิจารณาเบื้องต้นในการพิจารณาเลือกใช้วิธิการทั้งสอง แต่ยังมีการถกเถียงกันอยู่เกี่ยวกับการประมาณค่าที่เอนเอียงในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ PLS-SEM (Chin, 2010) การขาดเกณฑ์การประเมินทั้งโมเดลจึงทำให้ไม่สามารถยืนยันโมเดลการวิจัยกับโมเดลทางทฤษฎีและแข่งขันระหว่างโมเดลได้ อีกทั้งการใช้นันพารามิเตอร์ในการทดสอบค่าพารามิเตอร์ทำให้ขาดความน่าเชื่อถือ (Reinartz et al., 2009) ซึ่งต้องมีการพิจารณาประเด็นเหล่านี้ด้วย นอกจากนี้ ในบางกรณีที่ไม่อาจสามารถตัดสินใจเลือกใช้วิธีการใดที่เหมาะสมได้ชัดเจนอาจทำการวิเคราะห์ด้วยทั้งวิธี CB-SEM และ PlS-SEM เพื่อเป็นการตรวจสอบซึ่งกันและกันหรือให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ชัดเจนขึ้นได้เช่นกัน (J. F. Hair et al., 2012a; Henseler et al., 2009; Peng & Lai, 2012; Reinartz et al., 2009)

นอกเหนือจากการใช้ SEM ในการวิเคราะห์โมเดลพื้นฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวบ่งชี้และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงด้วยกันแล้ว SEM ยังสามารถประยุกต์ใช้กับโมเดลที่มีความซับซ้อนอย่างการวิเคราะห์ผลของตัวแปรกำกับเรียกว่า การวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multi group analysis) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้การตรวจสอบผลของเพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนสถิติในระดับปริญญาตรี และการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวบ่งชี้และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงด้วยกัน ซึ่งผลของการวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันคือวิธี CB-SEM กับ PLS-SEM อาจส่งผลต่อการพบว่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มได้ งานวิจัยที่ศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุระหว่างสองวิธีนี้มีน้อยมาก Qureshi

และ Compeau (2009) แสดงว่า ข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติและตัวอย่างมีขนาดใหญ่การมีความแตกต่างระหว่างกลุ่มเหมือนกันทั้งสองวิธี แต่ถ้าข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและตัวแปรแฝงภายหลังมีความสัมพันธ์กัน วิธี PLS-SEM มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มมากกว่าวิธี CB-SEM

ดังนั้น การศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างระหว่างวิธี CB-SEM และ PLS-SEM กับข้อมูลจริงจึงเป็นการตรวจสอบซึ่งกันและกันระหว่างสองวิธี และเป็นการเพิ่มหลักฐานยืนยันแนวคิดในการเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสมกับสถานการณ์

การวิจัยครั้งนี้จึงวัตถุประสงค์ในการพัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติที่เหมาะสมกับนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังต่างกัน และเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบความแปรปรวนร่วมเป็นฐาน (CB-SEM) และแบบองค์ประกอบเป็นฐาน (PLS-SEM) เพื่อประโยชน์ต่อวงการศึกษาที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติต่อไป

คำถามวิจัย

1. โมเดลการวัดของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีมีลักษณะอย่างไร มีความต่างกันระหว่างนิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังแตกต่างกันหรือไม่
2. โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีมีลักษณะเป็นอย่างไร มีความต่างกันระหว่างนิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังแตกต่างกันหรือไม่
3. ผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่าง PLS- SEM และ CB-SEM มีความเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับซึ่งมีวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

1. เพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ
2. เพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่าง PLS- SEM และ CB-SEM

ขอบเขตการวิจัย

การพัฒนาโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับในครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ 2 ด้าน ดังนี้

ขอบเขตการวิจัยด้านแนวคิดเกี่ยวกับการวัดการรู้สถิติโดยยึดแนวคิดโมเดลสององค์ประกอบของ Gal (2004) ซึ่งประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้ (knowledge) และลักษณะนิสัย (disposition) โดยองค์ประกอบด้านความรู้ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 5 ตัว คือ 1) ทักษะการรู้หนังสือ 2) ความรู้สถิติศาสตร์ 3) ความรู้คณิตศาสตร์ 4) ความรู้เชิงบริบท และ 5) ทักษะเชิงวิพากษ์ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือ 1) ท่าทีเชิงวิพากษ์ และ 2) ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติประกอบด้วย 2 ตัวแปร คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ รวมทั้งกำหนดลักษณะภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาที่พิจารณาเป็นตัวแปรกำกับเฉพาะเรื่องเพศ กลุ่มสาขาวิชา การเคยเรียนสถิติ และการเคยเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี

ขอบเขตด้านประชากรและตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาเฉพาะนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่ศึกษาในมหาวิทยาลัยที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร เนื่องจากนักศึกษาระดับนี้บางส่วนมีการเรียนวิชาสถิติระบุไว้ในหลักสูตรและการศึกษาเฉพาะนิสิตนักศึกษาที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อเป็นการจำกัดขอบเขตของบริบททางสังคมเกี่ยวข้องกับนักศึกษาให้มีลักษณะเหมือนกัน

นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

การรู้สถิติ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการเข้าใจ แปลความหมายและประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศและผลลัพธ์ทางสถิติที่พบในชีวิตประจำวัน และสามารถสื่อสารปฏิกิริยาของตนต่อข้อมูลและผลลัพธ์ทางสถิตินั้นๆ ได้

ความรู้ หมายถึง ความเข้าใจเรื่องใดเรื่องหนึ่งและความสามารถในการนำเรื่องนั้นไปใช้เพื่อความเข้าใจ แปลความหมาย และประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติ ประกอบด้วยความรู้ทางสถิติ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท ทักษะการรู้หนังสือ และทักษะการวิพากษ์

ทักษะการรู้หนังสือ หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายและเข้าใจข้อความเพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่ผู้เขียนต้องการสื่อสาร

ความรู้สถิติศาสตร์ คือ ความเข้าใจในสถิติศาสตร์และความสามารถในการนำสถิติศาสตร์ไปใช้เพื่อความเข้าใจ แปลความหมาย และประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติได้

ความรู้คณิตศาสตร์ คือ ความเข้าใจในคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการรู้สถิติ เพื่อช่วยให้สามารถเข้าใจ แปลความหมาย และประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติได้

ความรู้เชิงบริบท คือ ความสามารถในการเลือกและประเมินความเหมาะสมของการใช้สถิติในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อช่วยให้สามารถเข้าใจ แปลความหมาย และประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติได้

ทักษะเชิงวิพากษ์ หมายถึง ความสามารถในการตั้งคำถามเกี่ยวกับความถูกต้องเหมาะสมของข้อมูลทางสถิติ

ลักษณะนิสัย หมายถึง พฤติกรรม และความรู้สึกภายในซึ่งเป็นกระบวนการทางจิตใจที่มีผลต่อการแสดงพฤติกรรมที่ช่วยให้มีความสามารถในการโต้แย้งและสื่อสารปฏิกิริยาของตนต่อข้อมูลทางสถิติ ประกอบด้วย ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ

ท่าทีเชิงวิพากษ์ หมายถึง ลักษณะนิสัยที่สามารถตั้งคำถามที่ควรสงสัยเกิดขึ้นในใจเมื่ออ่านและตีความผลหรือข้อสรุปจากข้อความทางสถิติ

ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ หมายถึง ความรู้สึกที่พัฒนาจากการตอบสนองในเชิงบวกหรือเชิงลบต่อสถิติ

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบองค์ประกอบเป็นฐาน (PLS-SEM) หมายถึง การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่มีเป้าหมายในการตรวจสอบความสามารถในการพยากรณ์โมเดลการวิจัยบางส่วนด้วยโมเดลการวิจัยส่วนอื่นหรือต้องการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝงภายในจากตัวแปรแฝงอื่นที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรแฝงภายในนั้นให้มากที่สุด ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการถดถอยแบบกำลังสองน้อยที่สุด (ordinary least square regression) วิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม เช่น PLS-Graph 3.0, SmartPLS, XLSTAT-PLSPM เป็นต้น

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบความแปรปร่วนร่วมเป็นฐาน (CB-SEM) หมายถึง การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่มุ่งเน้นการประมาณค่าชุดของพารามิเตอร์ในโมเดลด้วยการสร้างเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมตามทฤษฎีแสดงในรูปของสมการโครงสร้างใกล้เคียงกับเมทริกซ์ความแปรปรวมร่วมข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการประมาณค่าจากตัวอย่าง ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (maximum-likelihood: ML) วิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม เช่น LISREL EQS AMOS และ Mplus เป็นต้น

Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่จะได้รับ

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ประโยชน์เชิงนโยบาย และประโยชน์เชิงวิชาการ ดังนี้

ประโยชน์เชิงนโยบาย

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาระดับอุดมศึกษา เช่น มหาวิทยาลัย คณะวิชา ภาควิชา สาขาวิชา เป็นต้น สามารถนำผลการวิจัยเกี่ยวกับการรู้สถิติไปใช้ในกำหนดนโยบายหลักสูตรสำหรับการเรียนการสอนวิชาสถิติหรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับวิชาสถิติได้เพื่อส่งเสริมการรู้สถิติให้กับนิสิตนักศึกษา

2. ครู อาจารย์หรือผู้สอนวิชาสถิติหรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับวิชาสถิติ เช่น คณิตศาสตร์ ระเบียบวิธีวิจัย เป็นต้น สามารถนำผลการวิจัยเกี่ยวกับการรู้สถิติไปประยุกต์ใช้ในออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการรู้สถิติให้กับนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีได้

ประโยชน์เชิงวิชาการ

1. ได้รูปแบบการวัดและเครื่องมือการวัดการรู้สถิติเพื่อใช้วัดระดับการรู้สถิติของนักศึกษาปริญญาตรี ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้สอนวิชาสถิติ และผู้เกี่ยวข้องในการประเมินนิสิตนักศึกษาในด้านการรู้สถิติ

2. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมการรู้สถิตินักศึกษาปริญญาตรีได้อย่างเหมาะสม

3. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกำกับความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะตัวแปรแฝงคือการรู้สถิติกับตัวบ่งชี้ในโมเดลการวัดการรู้สถิติและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ซึ่งเป็นความรู้อันมีประโยชน์ต่อส่งเสริมการรู้สถิติของนักศึกษาปริญญาตรี

4. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์โมเดลพื้นฐาน เช่น โมเดลการวัด โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และโมเดลที่มีความซับซ้อน เช่น โมเดลที่มีตัวแปรกำกับด้วยการวิเคราะห์สมการโครงสร้างแบบกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (PLS-SEM) และโมเดลการสมการโครงสร้างแบบความแปรปรวนเป็นฐาน (CB-SEM) เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำไปใช้ได้เหมาะสมกับสถานการณ์การวิจัยต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของการวิจัยครั้งนี้มีการนำเสนอแบ่ง 3 ตอน คือ การรู้สถิติ วิธีการส่งเสริมการรู้สถิติ และการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบกำลังสองที่สุดบางส่วน รายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การรู้สถิติ

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้สถิติครั้งนี้มีการนำเสนอแบ่งหัวข้อสำคัญ ได้แก่ ความสำคัญ ความหมาย องค์ประกอบ การวัดและปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ รายละเอียดดังนี้

ความสำคัญของการรู้สถิติ

ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมาสังคมทั่วโลกได้มีความพยายามในการระบุเกี่ยวกับความสามารถของบุคคลที่จะดำเนินชีวิตเพื่อทำให้คนทำงานสามารถทำงานกับเทคโนโลยีที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นผู้บริโภคข้อมูลสารสนเทศทางสถิติอย่างชาญฉลาด (OECD, 2010; OECD Statistics Canada, 2011) หนึ่งในความสามารถที่ต้องการคือความรู้เกี่ยวกับตัวเลขโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การรู้สถิติ (statistical literacy) ซึ่งมีความจำเป็นต่อประชาชนทุกชนชั้น ทั้งการเป็นผู้บริโภคข้อมูลในชีวิตประจำวัน และเพื่อการทำงาน

นักวิจัยที่สนใจกระบวนการรู้คิดกล่าวว่า การรู้สถิติมีส่วนช่วยในกระบวนการตัดสินใจและความเหตุมีผลในการตัดสินใจ เนื่องจากบุคคลต้องพบข้อมูลสารสนเทศ ทั้งจากโฆษณา รายงานสื่อ การเข้าใจสถิติที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น รายงานต่างๆ ในที่ทำงานจึงเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญเหมือนกับการอ่าน ซึ่งการเข้าใจสถิติจะช่วยให้พลเมืองสามารถมีเหตุมีผลในโลก สถิติต้องสะท้อนความสมเหตุสมผลทางสังคม เช่น อัตราอาชญากรรม การแพร่ระบายของเชื้อโรค อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากร อัตราการจ้างงาน ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา หรือนโยบายการประกัน การพัฒนาความเข้าใจในเรื่องนี้ขึ้นอยู่กับช่วงอายุ ซึ่งข้อมูลสารสนเทศทำให้เข้าใจสังคมมากขึ้น การรู้ว่าจะใช้และสื่อสารสถิติจำเป็นสำหรับผู้เรียนที่จะกลายเป็นผู้บริโภคที่เชี่ยวชาญในสังคมปัจจุบัน ความสามารถในการตัดสินใจที่สำคัญ การขาดการรู้สถิติทำให้เกิดความเข้าใจผิด มีการรับรู้ที่ผิด มีความเชื่อผิด และมีความสงสัยในคุณค่าของสถิติ (Gal, 2004; Garfield & Ben-Zvi, 2004; Martinez-Dawson, 2010; Nikiforidou et al., 2010; Rumsey, 2002b; Schield, 2004, 2011; B. A. Wade, 2009)

ด้านการทำงานการรู้สถิติจะช่วยให้คนทำงานพัฒนาคุณภาพของงานและการจัดการตนเองทำให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนักการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการอบรมทางสถิติสามารถช่วยให้บุคคลแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น (Gal, 2004; Garfield & Ben-Zvi, 2004; Martinez-Dawson, 2010; Nikiforidou et al., 2010; Rumsey, 2002b; Schield, 2004, 2011;

B. A. Wade, 2009) ส่วนนักการศึกษาให้ความสำคัญกับบทบาทของการรู้และเข้าใจสถิติว่าเป็นทักษะหนึ่งที่สำคัญต่อคนทำงาน (Garfield & Ben-Zvi, 2004; Rumsey, 2002b; B. A. Wade, 2009)

บ่อยครั้งที่พบว่าข้ออ้างเชิงตัวเลขมีการนำเสนอที่ผิดพลาด มีการนำเสนอข้อมูลที่ลำเอียง เช่น ข้อมูลจากการทำการศึกษาซ้ำๆ จนได้ผลการศึกษาที่ต้องการ ใช้ตัวอย่างขนาดเล็กหรือลำเอียงไม่เป็นตัวแทนที่ดีในการอ้างอิง ทุกคนจึงต้องตระหนักว่า ข้อมูลทางสถิติสามารถให้ประโยชน์และหลอกลวงจากการนำเสนอที่ผิดได้ ดังนั้นความสามารถในการประเมินข้ออ้างและตัดสินใจว่าจะเชื่อหรือไม่จึงเป็นทักษะสำคัญ (Ben-Zvi & Garfield, 2004; Garfield & Ben-Zvi, 2004; Huff, 2013) ดังนั้นการรู้สถิติจึงช่วยไม่ให้เกิดการเข้าใจผิด การรับรู้ที่ผิดพลาด และทำให้เกิดทัศนคติที่ไม่ดีต่อคุณค่าของสถิติศาสตร์ได้

หน่วยงานในระดับประเทศและระดับนานาชาติได้มีการสำรวจการรู้สถิติ โดยรวมอยู่ในการสำรวจการรู้คณิตศาสตร์หรือตัวเลข เช่น OECD Statistics Canada (2011) ทำการสำรวจการรู้และทักษะชีวิตในผู้ใหญ่ (the Adult Literacy and Life Skills Survey: ALL) ในปี ค.ศ. 2002 และ 2008 ซึ่งเดิมเป็นโครงการสำรวจการรู้หนังสือในผู้ใหญ่ระดับนานาชาติ (the International Adult Literacy Survey: IALS) ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ การรู้ความเรียง (prose literacy) การรู้เอกสาร (document literacy) และการรู้เชิงปริมาณหรือการรู้เชิงตัวเลข (quantitative literacy or numeracy) การรู้สถิติเกี่ยวข้องกับการรู้เอกสาร และการรู้เชิงปริมาณหรือการรู้เชิงตัวเลข เช่นเดียวกันกับโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International student assessment (PISA) ในปี ค.ศ. 2003 ซึ่งเน้นการประเมินด้านการรู้คณิตศาสตร์ มีประเมินเรื่องความไม่แน่นอน (uncertain) ซึ่งเป็นหลักการสำคัญของสถิติศาสตร์ (François, Monteiro, & Vanhoof, 2008; โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ในประเทศออสเตรเลียได้บรรจุการประเมินการรู้สถิติในการจัดสอบทั่วประเทศ เรียกว่า Assessment Program-Literacy and Numeracy (NAPLAN) (Pierce & Chick, 2011)

การรู้สถิติมีความสำคัญในบริบทที่หลากหลายหน่วยงานระดับชาติในหลายประเทศ เช่น NCTM (National Council of Teachers of Mathematics) AFC (Australian Education Council) เป็นต้น โดย NCTM (1989 อ้างถึงใน J. Watson and Callingham (2003)) จึงได้กำหนดให้มีการเรียนสถิติศาสตร์และการศึกษาสถิติในหลักสูตรทั้งในระดับโรงเรียนและมหาวิทยาลัย ได้จัดให้มีการเรียนสถิติตั้งแต่ชั้นเตรียมอนุบาล ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีเป้าหมายให้ผู้เรียนมีความรู้ดีทางสถิติใน 4 เรื่อง คือ (1) นักเรียนทุกคนมีความสามารถในการตั้งคำถามและค้นหาข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล การประมวลผล และการนำเสนอผลเพื่อตอบคำถามที่ตั้งไว้ได้ (2) เลือกและใช้วิธีการทางสถิติที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ (3) พัฒนาและประเมินการอ้างอิงและทำนายจากการใช้ข้อมูล และ (4) เข้าใจและประยุกต์แนวคิดพื้นฐานเรื่องความน่าจะเป็นได้ (Garfield & Ben-Zvi, 2004; S. Sharma, Doyle, Shandil, & Talakia'atu, 2010; J. Watson & Callingham, 2003) ส่วน

ในระดับมหาวิทยาลัย สถิติศาสตร์มีการเรียนการสอนทั้งในระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษาในหลายสาขา เพื่อเตรียมตัวให้นักศึกษาเป็นผู้ใช้สถิติในอนาคต เป็นผู้สร้างข้อมูลทางสถิติในสาขาต่างๆ เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี อุตสาหกรรม การแพทย์ เป็นต้น หรือเป็นนักสถิติหรือครูสอนสถิติในอนาคต (Garfield & Ben-Zvi, 2004; Schield, 2004, 2010) นอกจากนี้ Gal และ Garfield (1997 อ้างถึงใน Aoyama (2007)) เสนอเป้าหมายของสถิติศึกษาไว้ว่าผู้เรียนที่สำเร็จศึกษาวิชาสถิติต้องสามารถ (1) เข้าใจและจัดการกับความไม่แน่นอน ความผันแปร และข้อมูลทางสถิติที่อยู่ในโลกรอบตัวได้ และ (2) อภิปรายผลิตผล แปลความหมาย และสื่อสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่พบในชีวิตการทำงานได้

สถิติศาสตร์เป็นศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ เช่น พีชคณิต เรขาคณิต เดิมสถิติศาสตร์เป็นสาขาวิชาที่อยู่ภายใต้สาขาวิชาคณิตศาสตร์แต่ได้แยกตัวออกมาเนื่องจากแนวคิดหลักของสาขาวิชาสถิติ คือ ความแปรผัน (variation) ข้อมูล (data) และความไม่แน่นอน (uncertainty) ซึ่งไม่ใช่หลักทางคณิตศาสตร์ที่มักจะดำเนินการในสถานการณ์ที่แน่นอน แต่สถิติศาสตร์เป็นวิธีการที่จัดการกับความไม่แน่นอน (François et al., 2008) สถิติศาสตร์เกี่ยวข้องกับการหาความเป็นไปได้หรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งจากข้อมูลสารสนเทศและการสรุปอ้างอิงจากตัวอย่างไปสู่ประชากร (Weisstein, 2003 อ้างถึงใน Kassim, Ismail, Mahmud, and Zainol (2010) นอกจากนี้ยังเป็นศาสตร์ในการเก็บรวบรวม ประมวลผล วิเคราะห์ และแปลความหมายข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554) รวมถึงเป็นวิธีการศึกษาเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยสถิติบรรยายและสถิติอ้างอิง สถิติศาสตร์จึงเป็นวิชาที่ใช้ในการทำข้อมูลให้เข้าใจง่ายสำหรับใช้ในการตัดสินใจ (Kassim et al., 2010) แม้สถิติศาสตร์จะแยกออกจากคณิตศาสตร์ แต่ทั้งสองศาสตร์ยังมีส่วนที่เหมือนและแตกต่างกันจึงทำให้สองศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ส่งผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์และสถิติศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันสูงด้วยเช่นกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งการรู้คณิตศาสตร์ (mathematical literacy) และการรู้สถิติ (statistical literacy) (François et al., 2008) ดังนั้น การศึกษาถึงแนวคิดเรื่องการรู้สถิติจึงได้นำแนวคิดเกี่ยวกับการรู้คณิตศาสตร์มาใช้ในการศึกษาด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความหมายของการรู้สถิติ

เพื่อให้เข้าใจถึงความหมายของการรู้สถิติ ผู้วิจัยจึงขอเสนอนิยามของคำที่เกี่ยวข้องการการรู้สถิติ ได้แก่ การรู้คณิตศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์ และการรู้วิจัย ได้มีผู้ให้นิยามไว้ดังนี้

การรู้สถิติ ภาษาอังกฤษใช้คำว่า statistical literacy ซึ่งพิจารณาคำว่า literacy โดยทั่วไปมักหมายถึงการรู้หนังสือหรือการอ่านออกเขียนได้และคิดเลขได้ในชีวิตประจำวัน แต่คำนี้สามารถตีความได้นอกเหนือไปเมื่อใช้ประกอบกับคำอื่นที่เกี่ยวข้องกับความรู้เฉพาะ เช่น computer literacy จะสะท้อนภาพของชุดย่อยที่เล็กที่สุดของทักษะพื้นฐานที่คาดหวังให้มีในผู้เรียนหรือบุคคลทุกคน ซึ่งตรงข้ามกับชุดทักษะและสมรรถนะขั้นสูง ซึ่งอาจมีได้เฉพาะบางคน (Gal, 2002) ยิ่งกว่านั้นคำนี้ยังมีความหมายรวมถึงความสามารถที่จะใช้ความรู้และทักษะในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง และเพื่อการวิเคราะห์

ให้เหตุผล และสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ ในการตั้งปัญหา ตีความ แปลความ และแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลายด้วย สำหรับคำภาษาไทยโครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554) ใช้คำว่า “การรู้” ดังนั้นเมื่อรวมคำว่า statistical เป็น statistical literacy จึงใช้คำภาษาไทยว่า “การรู้สถิติ” และมีความหมายว่าเป็นความรู้ระดับพื้นฐานที่สุดเกี่ยวกับแนวคิด เครื่องมือ และขั้นตอนทางสถิติ ที่อาจรวมถึงทักษะการตีความ ซึ่งเป็นการอธิบายความสามารถของบุคคลที่รู้จริง และทักษะอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการ และยังบ่งบอกถึงความเชื่อ นิสัยใจคอ หรือทัศนคติ รวมทั้งการตระหนักรู้และมุมมองเชิงวิพากษ์อีกด้วย (Gal, 2002) หรือความรู้ที่จำเป็นในการเข้าใจและตัดสินใจที่ได้จากข้อมูลสารสนเทศทางสถิติ (François et al., 2008) นอกจากนี้การแปลความหมายข้อมูลสารสนเทศทางสถิติจำเป็นต้องมีการพิจารณาและพินิจพิเคราะห์ในด้านต่างๆ อย่างแน่ชัด เช่น แหล่งข้อมูล ชนิดของข้อมูล ปัญหาในการนิยามและวัดและตัวอย่างในการสำรวจ (Kacck, 1979 อ้างถึงใน François et al. (2008) จากแนวคิดพื้นฐานดังกล่าว จึงได้มีการนิยามการรู้สถิติที่หลากหลาย ดังนี้

Wallman (1993) กล่าวว่า การรู้สถิติ คือความสามารถในการเข้าใจและประเมินเชิงวิพากษ์ผลลัพธ์ทางสถิติที่พบในชีวิตประจำวัน ควบคู่กับความสามารถในการให้ความสำคัญกับการสนับสนุนการคิดเชิงสถิติในการตัดสินใจสาธารณะกับส่วนบุคคล วิชาชีพกับส่วนตัว

Watson (1998) ระบุว่าการรู้สถิติแบ่งเป็นระดับขั้น คือ (1) การเข้าใจคำศัพท์ทางสถิติพื้นฐาน (2) การเข้าใจคำศัพท์ทางสถิติที่อยู่ในบริบทสังคม และ (3) ความสามารถในตั้งข้อสงสัยเกี่ยวกับคำกล่าวอ้าง

Kimura (1999 อ้างถึงใน Aoyama (2007)) มีแนวคิดคล้าย Watson (1998) ว่าการรู้สถิติแบ่งเป็นระดับขั้น คือ (1) ความสามารถในการสกัดข้อมูลสารสนเทศเชิงคุณภาพจากข้อมูลสารสนเทศเชิงปริมาณ และ/หรือ (2) ความสามารถในการสร้างข้อมูลสารสนเทศใหม่จากข้อมูลสารสนเทศเชิงปริมาณและคุณภาพ

Rumsey (2002a, 2002b) กล่าวว่า การรู้สถิติ คือ การเข้าใจและใช้คำศัพท์และเครื่องมือพื้นฐานทางสถิติ ได้แก่ การรู้ความหมายของศัพท์ทางสถิติ เข้าใจการใช้สัญลักษณ์ทางสถิติ และสามารถจำและตีความการเป็นตัวแทนของข้อมูลได้ ซึ่งเป็นพื้นฐานจำเป็นสำหรับบุคคลที่จะนำไปสู่การมีเหตุผลเชิงสถิติและการคิดเชิงสถิติ

Gal (2002, 2004) กล่าวว่า การรู้สถิติประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (1) ความสามารถของบุคคลในการตีความและประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศ ข้อสรุปของข้อมูลหรือปรากฏการณ์ทางสถิติที่พบและเกี่ยวข้องในบริบทที่หลากหลาย และ (2) ความสามารถอภิปรายหรือสื่อสารปฏิกิริยาของตนที่มีต่อข้อมูลสารสนเทศทางสถิติ เช่น ความเข้าใจความหมายของข้อมูลสารสนเทศ ความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อสรุปของข้อมูล และการพิจารณาที่จะยอมรับข้อสรุปของข้อมูลนั้นๆ

Ben-Zvi and Garfield (2004) กล่าวว่า การรู้สถิติ คือ ความสามารถในการจัดระบบข้อมูล สร้าง และนำเสนอข้อมูล และทำงานกับข้อมูลที่แสดงไว้แตกต่างกัน รวมถึงการเข้าใจแนวคิด คำศัพท์ และสัญลักษณ์ทางสถิติและเข้าใจเรื่องความน่าจะเป็น

Best (2004 อ้างถึงใน Schield (2004)) กล่าวว่า การรู้สถิติ คือ การรู้ว่าข้อมูลทางสถิติ กำหนด เลือก และนำเสนออย่างไร บริบทและส่วนประกอบมีความสำคัญอย่างไร

Schield (2010) กล่าวว่า การรู้สถิติ คือ ความสามารถในการอ่านและตีความข้อสรุปทางสถิติจากสื่อในชีวิตประจำวันเป็นการรู้ที่จำเป็นต่อผู้บริโภคข้อมูล

Aliaga et al. (2005) กล่าวว่า การรู้สถิติ คือ ความเข้าใจภาษาพื้นฐานทางสถิติ เช่น การรู้ความหมายของศัพท์และสัญลักษณ์ทางสถิติ และสามารถอ่านกราฟได้ เป็นต้น และสามารถความเข้าใจแนวคิดเบื้องต้นของสถิติศาสตร์ได้

และ UNECE :United Nations Economic Commission for Europe (2012) กล่าวว่า การรู้สถิติ คือ ความสามารถในการเข้าและสร้างความเข้าใจในสถิติศาสตร์ของบุคคลและกลุ่มบุคคล

นอกจากนิยามการรู้สถิติแล้วผู้วิจัยยังได้ศึกษานิยามของการรู้อื่นที่เกี่ยวข้องกับการรู้สถิติ ได้แก่ การรู้คณิตศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์ การรู้ข้อมูลสารสนเทศ และการรู้วิจัย รายละเอียดดังนี้

การรู้คณิตศาสตร์ มีการคำที่แตกต่างกัน 3 คำ คือ การรู้คณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) การรู้เชิงปริมาณ (Quantitative Literacy) และการรู้ตัวเลข (Numeracy) ซึ่งมีการให้นิยามที่แตกต่างกันแต่ก็ใกล้เคียงกันดังนี้

โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554; François et al. (2008)) ซึ่งการประเมินนี้มีกรอบการประเมินที่เกี่ยวข้องกับสถิติศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องความไม่แน่นอน ได้ให้นิยามการรู้คณิตศาสตร์จากคำว่า “Mathematics Literacy” ว่าคือ สมรรถนะของบุคคลในการที่จะบ่งบอกและเข้าใจบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีในโลก เพื่อให้สามารถตัดสินใจบนพื้นฐานความรู้ที่เข้มแข็ง เพื่อใช้และผูกพันกับคณิตศาสตร์ที่จะตอบสนองความจำเป็นต่อชีวิตของแต่ละบุคคล ในอันที่จะเป็นพลเมืองที่มีความคิดมีความห่วงใยและสร้างสรรค์สังคม

OECD Statistics Canada (2011) ทำการสำรวจการรู้และทักษะชีวิตในผู้ใหญ่ (the Adult Literacy and Life Skills Survey: ALL) ในปี ค.ศ. 2002 และ 2008 ซึ่งเดิมเป็นโครงการสำรวจการรู้ในผู้ใหญ่นานาชาติ (the International Adult Literacy Survey: IALS) ในปี ค.ศ. 1994 และ 1998 กล่าวว่า การรู้ตัวเลข (numeracy) คือ ความรู้และทักษะที่จำเป็นในการจัดการและตอบสนองความต้องการทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพ หรือภายใต้โครงการ IALS ได้นิยามการรู้ตัวเลขว่าเกี่ยวข้องกับความสามารถในการตีความ ประยุกต์ใช้ และสื่อสารข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์ที่พบในสถานการณ์ทั่วไปให้การใช้ชีวิตมีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ (Queensland Department of Education, 1994 อ้างถึงใน OECD Statistics Canada (2011))

และ Ojose (2011) กล่าวว่า การรู้ตัวเลข คือ ความรู้ในเรื่องการรู้และประยุกต์ใช้ความรู้พื้นฐานทางสถิติศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

การรู้วิทยาศาสตร์ โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554; OECD, 2010) ให้ความหมายว่า การรู้วิทยาศาสตร์ คือ การที่บุคคลหนึ่งมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และใช้ความรู้นั้นระบุปัญหา หาความรู้ใหม่ อธิบายปรากฏการณ์วิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุปจากหลักฐานหรือประจักพยาน เกี่ยวกับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ มีความเข้าใจในลักษณะเด่นของวิทยาศาสตร์ในฐานะที่เป็นความรู้และการค้นหา รูปแบบหนึ่งของมนุษย์ มีความตระหนักรู้ว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถสร้างสรรค์วัสดุ สติปัญญา และสิ่งแวดล้อมทางวัฒนธรรม และมีความเต็มใจที่จะผูกพันกับประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เฉกเช่นพลเมืองที่มีความคิดและรับผิดชอบ

การรู้วิจัย ได้มีผู้ให้นิยามไว้ เช่น Kreitzer และคณะ (Kreitzer, Sierpina, & Fleishman, 2010) กล่าวว่า การรู้วิจัย คือ ความสามารถในการวางกรอบคำถามที่สามารถหาคำตอบได้ และเข้าถึงและประเมินข้อมูลสารสนเทศนั้นได้ และ Brody และคณะ (Brody, Dalen, Annett, Scherer, & Turner, 2012) กล่าวว่า การรู้วิจัย คือ ความเข้าใจเชิงการรู้คิดและสังคมเกี่ยวกับเป้าหมาย กระบวนการ และคุณค่าของการวิจัยและมีส่วนร่วมในการวิจัย นิยามที่ได้จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการรู้สถิติจะเห็นได้ว่านิยามมีความคล้ายคลึงกันทั้งด้านทักษะและสถิติที่เกี่ยวข้อง ด้านทักษะนิยามกล่าวว่าการรู้สถิติ คือ ความสามารถในการเข้าใจ (Aliaga et al., 2005; Ben-Zvi & Garfield, 2004; Rumsey, 2002a; UNECE :United Nations Economic Commission for Europe, 2012; Wallman, 1993; J. M. Watson, 1998) แต่มีบางส่วนเห็นว่านอกจากความเข้าใจแล้วควรสามารถที่จะตีความสถิติได้ด้วย (Gal, 2004; Rumsey, 2002a; Schield, 2010) และมีผู้เห็นว่านอกจากการเป็นเพียงผู้บริโภคข้อมูลอาจไม่เพียงพอควรมีความสามารถในการผลิตหรือสร้างด้วย (Ben-Zvi & Garfield, 2004; Kimura, 1999 อ้างถึงใน Aoyama, 2007) นอกจากต้องมีทักษะที่ใช้พื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์และสถิติศาสตร์แล้วมีบางคนให้นิยามว่า การรู้สถิติควรมีทักษะด้านอื่นด้วย คือ ความสามารถในการประเมินเชิงวิพากษ์ (Gal, 2004; Wallman, 1993; J. M. Watson, 1998) และความสามารถในการสื่อสาร (Gal, 2004) ยิ่งไปกว่านี้ผู้นิยามบางคนยังเห็นว่านอกจากทักษะแล้วความมีความรู้สึกทางบวกต่อสถิติด้วย คือ การเห็นคุณค่าของสถิติ และมีเรื่องสถิติที่เกี่ยวข้องด้วย คือ ภาษาทางสถิติ เช่น คำศัพท์ และสัญลักษณ์ (Aliaga, et al., 2010; Ben-Zvi & Garfield , 2004; Rumsey, 2002; Watson, 1998) แนวคิดทางสถิติ (Aliaga, et al., 2010, Ben-Zvi & Garfield, 2004) และผลลัพธ์ทางสถิติทั้งที่เป็นข้อมูล ข้อมูลสารสนเทศ และข้อสรุปทางสถิติ (Best, 2004 อ้างถึงใน Scheild, 2004; Gal, 2004, Schield, 2010; Wallman; 1993; Kimura, 1999 อ้างถึงใน Aoyama, 2003) ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 นิยามการรู้สถิติ การรู้คณิตศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์ และการรู้วิจัย

ลักษณะการรู้เรื่องสถิติ	สิ่งที่ต้องรู้	ผู้นิยาม
1. ความสามารถในการเข้าใจ	- ผลลัพธ์ทางสถิติในชีวิตประจำวันทั้งส่วนบุคคลและส่วนรวม	Wallman (1993)
	- ข้อสรุปทางสถิติในชีวิตประจำวัน	Schield (2010)
	- คำศัพท์ทางสถิติพื้นฐานห้องเรียนและบริบทสังคม	Watson (1997); Rumsey (2002); Ben-Zvi & Garfield (2004); UNECE (2012)
	- สัญลักษณ์และเครื่องมือทางสถิติ	Rumsey (2002); Ben-Zvi & Garfield (2004); UNECE(2012)
	- กระบวนการและแนวคิดทางสถิติ	Ben-Zvi & Garfield (2004); Aliaga, et al., (2010); UNECE (2012)
	- คณิตศาสตร์ใช้ชีวิตประจำวัน	OECD (2010)
	- เป้าหมาย กระบวนการ และคุณค่าของการวิจัย	Brody et al.(2011)
2. ความสามารถในการตีความ	- คำศัพท์ สัญลักษณ์และเครื่องมือทางสถิติ	Rumsey (2002)
	- ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติ	Gal (2004)
	- ข้อสรุปทางสถิติในชีวิตประจำวัน	Schield (2010)
3. ความสามารถในการประเมินเชิงวิพากษ์	- ผลลัทธ์ทางสถิติในชีวิตประจำวันทั้งส่วนบุคคลและส่วนรวม	Wallman (1993)
	- ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติ	Gal (2004)
	- ข้อกล่าวอ้างจากข้อมูลทางสถิติ	Watson (1997)
4. ความสามารถในการใช้	- คำศัพท์ สัญลักษณ์และเครื่องมือทางสถิติ	Rumsey (2002); Ben-Zvi & Garfield (2004)
	- กระบวนการและแนวคิดทางสถิติ	Ben-Zvi & Garfield (2004)
	- คณิตศาสตร์ใช้ชีวิตประจำวัน	OECD (2010)
	- วิทยาศาสตร์	OECD (2010); Barry (2011)
5. ความสามารถในการสื่อสาร	- ความคิดเห็นต่อข้อมูลสารสนเทศทางสถิติ	Gal (2004)
6. การเห็นคุณค่า	- สถิติ	Wallman (1993)
	- วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	OECD (2010); Barry (2011)
	- การวิจัย	Brody et al.(2011)
7. การผูกพัน	- คณิตศาสตร์ใช้ชีวิตประจำวัน	OECD (2010)
	- ประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	OECD (2010); Barry (2011)
	- การวิจัย	Brody et al.(2011)
8. การจัดการ	- สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์	Groenestijn (2003)
	- ข้อมูลสารสนเทศทางการวิจัย	Kreitzer(2010)
9. ความสามารถในการสกัดข้อมูล	- ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติ	Kimura (1999 อ้างถึงใน Aoyama, 2003)
10. ความสามารถในการสร้างข้อมูลใหม่จากข้อมูลเดิม	- ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติ	Kimura (1999 อ้างถึงใน Aoyama, 2003)
11. การรู้จัก	- ข้อมูลทางสถิติ	Best (2004 อ้างถึงใน Scheild, 2004)
12. การตอบสนองความต้องการ	- สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์	Groenestijn (2003)

ดังนั้น ในการวิจัยเรื่องนี้ได้นิยามการรู้สถิติว่า หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการเข้าใจ ตีความหมายและประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศและผลลัพธ์ทางสถิติที่พบในชีวิตประจำวัน และสามารถสื่อสารปฏิกิริยาของตนต่อข้อมูลและผลลัพธ์ทางสถิตินั้นได้

องค์ประกอบการรู้สถิติ

การศึกษาเรื่ององค์ประกอบของการรู้สถิติได้ศึกษาจากการรู้ในสองเรื่อง คือ การรู้สถิติ และการรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบที่ได้จากการรู้สถิติและการรู้คณิตศาสตร์มีลักษณะใกล้เคียงกันดังนี้

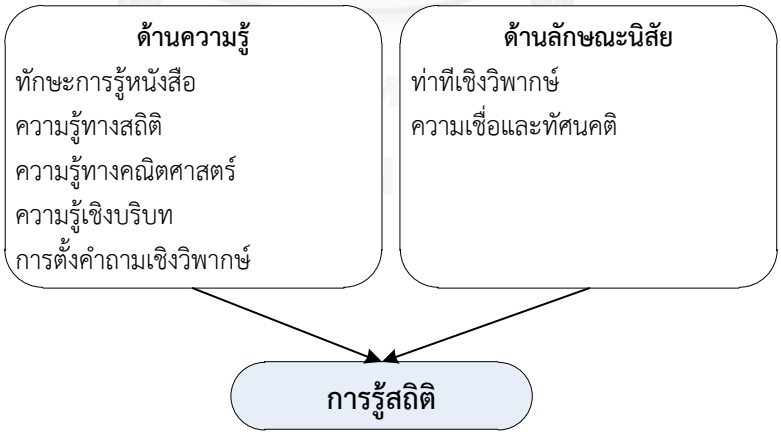
การรู้สถิติ

การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบของการรู้สถิติ พบว่า ได้มีการระบุองค์ประกอบของการรู้สถิติไว้ใกล้เคียงกัน ดังนี้

1) โมเดลสององค์ประกอบ (The two element model) Gal (2004) เสนอโมเดลการรู้สถิติสององค์ประกอบในบริบทของการใช้ชีวิตของผู้ใหญ่ เป็นโมเดลความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่างการตีความกับการประเมินเชิงวิพากษ์เกี่ยวกับข้อมูลในบริบทที่หลากหลาย และยังเกี่ยวข้องกับความสามารถกับการอภิปรายและสื่อสารสารสนเทศทางสถิติ ซึ่งองค์ประกอบของโมเดลนี้ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบด้านความรู้ (knowledge) และ องค์ประกอบด้านอุปนิสัย (disposition) ซึ่ง**องค์ประกอบด้านความรู้ (knowledge)** ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 5 ด้าน ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ (literacy skills) ความรู้ทางสถิติ (statistical knowledge) ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (mathematical knowledge) ความรู้เชิงบริบท (context knowledge) และการตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ (critical questions) เป็นองค์ประกอบที่สนับสนุนความสามารถของบุคคลในการเข้าใจ ตีความและประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติโดย 1) ทักษะการรู้หนังสือ เป็นความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการรู้สถิติเนื่องจากข้อความทางสถิติทั้งหมดจะส่งผ่านทางข้อความที่เป็นตัวอักษรหรือคำพูดที่ต้องอ่าน หรือผ่านทางข้อมูลสารสนเทศในรูปตารางหรือกราฟ ซึ่งต้องใช้ทักษะในการทำความเข้าใจ ตีความ และประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศทางสถิตินั้น 2) ความรู้ทางสถิติ สิ่งที่จำเป็นเบื้องต้นในการเข้าใจและตีความข้อความทางสถิติ เป็นความรู้เกี่ยวกับแนวคิดและกระบวนการทางสถิติและความน่าจะเป็น ประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ (1) การรู้ว่าทำไมข้อมูลจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและข้อมูลผลิตขึ้นได้อย่างไร (2) การรู้จักกับคำศัพท์และแนวคิดของสถิติบรรยาย (3) การรู้จักกับคำศัพท์และแนวคิดทางสถิติกับการแสดงกราฟและตารางทางสถิติ (4) การเข้าใจสัญลักษณ์พื้นฐานเรื่องความน่าจะเป็น และ (5) การรู้ว่าการอ้างอิงทางสถิติทำอย่างไร 3) ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ผู้รู้สถิติจำเป็นต้องรู้เรื่องกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณค่าสถิติพื้นฐาน เช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย เป็นต้น ความรู้คณิตศาสตร์ช่วยให้สามารถผลิตข้อมูลทางสถิติได้ และเข้าใจแนวคิดพื้นฐานทางสถิติที่จะมีการเรียนการสอนในระดับสูงขึ้น 4) ความรู้เชิงบริบท ความสามารถในการวางข้อความทางสถิติไว้ในบริบทที่เหมาะสม หรือเรียกว่าเข้าถึงความรู้เกี่ยวกับโลก (world knowledge) ซึ่งช่วยสร้าง ตีความ และความเข้าใจความหมายข้อความทางสถิติต่างๆ ได้ดีขึ้น และ 5) ทักษะเชิงวิพากษ์ จัดเป็นทักษะเมื่อพบข้อความทางสถิติที่เผยแพร่ทางสื่อ ผู้รู้สถิติต้องประเมินเชิงวิพากษ์

ข้อความที่เผยแพร่ ต้องมีความกังวลและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้ออ้างที่นำเสนอในสื่อ ในเรื่องของความถูกต้องหรือความตรงของข้อความ ความเป็นธรรมชาติและน่าเชื่อถือของหลักฐานที่นำเสนอ และแสดงการตีความทางอื่นๆ ที่เป็นไปได้ของข้อสรุปเหล่านั้น

ส่วน**องค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย (disposition)** ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 2 ด้าน ได้แก่ ท่าทีเชิงวิพากษ์ (critical stance) และความเชื่อและทัศนคติ (beliefs and attitudes) เนื่องจากการปฏิบัติเกี่ยวกับการรู้สถิติทำได้หลายรูปแบบ ทั้งที่แสดงออกให้เห็นหรือซ่อนอยู่ภายในซึ่งเป็นกระบวนการทางจิตใจ เช่น กระบวนการคิดเกี่ยวกับความหมายของบทความที่อ่าน คำถามเชิงวิพากษ์ในใจของบุคคล หรือปฏิกิริยาของตนต่อข้อความเชิงสถิติ เช่น การอ่านบทความซ้ำๆ การมองหากราฟในหนังสือพิมพ์เพื่ออ่าน เป็นต้น ซึ่งการกระทำดังกล่าวอาจเกิดขึ้นเพียงบางครั้งคราวหรือเป็นประจำ ก็ถือว่าเป็นอุปนิสัยที่จำเป็นต่อการรู้สถิติ ซึ่งประกอบด้วย 2 ด้าน ได้แก่ 1) ท่าทีเชิงวิพากษ์ (critical stance) สิ่งแรกที่คาดหวังอยากให้ยึดเป็นนิสัย เพราะท่าทีเชิงวิพากษ์เป็นทัศนคติในการตั้งคำถามเกี่ยวกับข้อมูลที่อาจชี้นำในทางผิด เข้าข้างใดข้างหนึ่ง เอนเอียง หรือไม่สมบูรณ์ทางใดการทางหนึ่ง ทั้งที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจ ผู้รู้สถิติต้องสามารถนึกถึงคำถามที่ควรสงสัย (worry questions) เพื่อนำมาใช้ในการตั้งคำถามกับข้อสรุปที่พบในการรายงานผลหรือข้อมูลจากการสำรวจหรือการวิจัยเชิงประจักษ์ต่างๆ และ 2) ความเชื่อและทัศนคติ (beliefs and attitudes) เป็นสิ่งรองรับจุดยืนเชิงวิพากษ์และความเต็มใจของบุคคลในการพยายามทำสิ่งต่างๆเกี่ยวกับการรู้สถิติ เช่น มุมมองเชิงบวกเกี่ยวกับการมีเหตุผลทางสถิติและความน่าจะเป็น ความสนใจในการคิดเชิงสถิติ หรือเห็นความสำคัญของอำนาจของกระบวนการทางสถิติ และยอมรับว่าการศึกษาที่มีการวางแผนอย่างเหมาะสมจะนำไปสู่ข้อสรุปที่ตรงและดีกว่าการใช้ข้อมูลจากเรื่องเล่าหรือประสบการณ์ของบุคคล ซึ่งความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและองค์ประกอบย่อยของโมเดลสององค์ประกอบของ Gal (2004) ดังภาพ 2.1



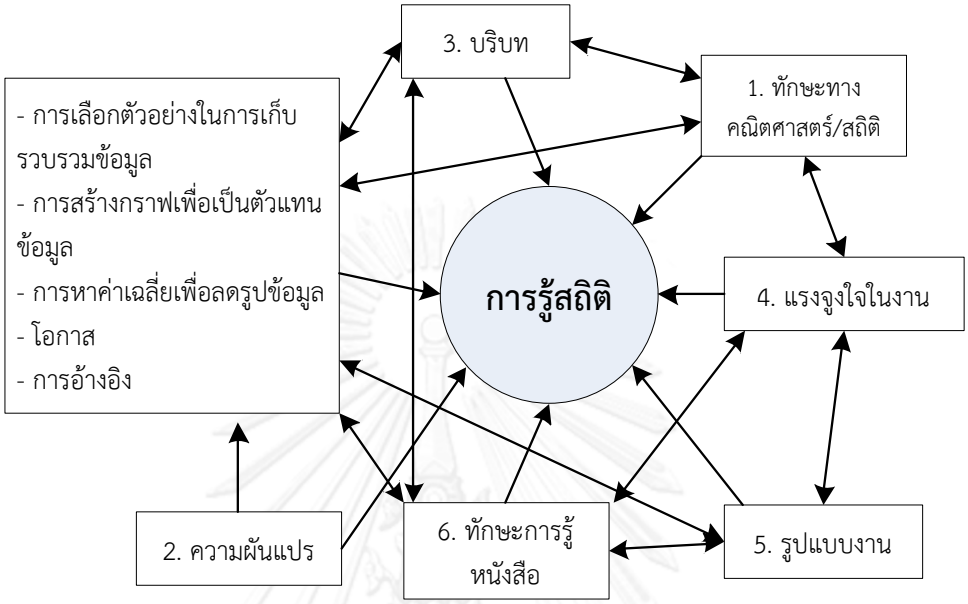
ภาพ 2.1 โมเดลการรู้สถิติของ Gal (2004)

Bugett และ Pfannkuch (2007) ได้พัฒนาการวัดการรู้สถิติจากแนวคิดของ Gal (2004) โดยเพิ่มองค์ประกอบด้านการมีเหตุผล (reasoning) เนื่องจากพบว่าการมีความคิดเห็นที่มีเหตุผลต้องอาศัย

มากกว่าความรู้ทางสถิติ ซึ่งยังต้องประกอบด้วยประสบการณ์ส่วนบุคคลและความคิดที่มีอยู่เดิมด้วย ดังนั้นองค์ประกอบนี้จึงประกอบด้วย 2 ด้าน คือ ความรู้เชิงโต้แย้ง (argumentation knowledge) ความมีเหตุผลเชิงอ้างอิงทางสถิติ และสร้างสถานการณ์สภาพทางสถิติได้และความรู้เหตุการณ์ประจำวัน (everyday event knowledge) ที่รวมความตระหนักพฤติกรรมของคนในการใช้เหตุผลและการมอง และการให้เหตุผลเกี่ยวกับเหตุการณ์ประจำวันที่หลากหลายจากมุมมองทางสถิติ

2) องค์ประกอบของการรู้สถิติ (components of statistical literacy model) Watson (2006 อ้างถึงใน Martinez-Dawson, 2010) ได้กล่าวว่าองค์ประกอบของโมเดลการรู้สถิติ (component of statistical literacy model) ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ทักษะทางคณิตศาสตร์/สถิติ (mathematical/statistical skills) บริบท (context) แรงจูงใจในงาน (task motivation) รูปแบบงาน (task format) ทักษะการรู้หนังสือ (literacy skills) และความรู้เกี่ยวกับความผันแปร (knowledge concerning variation) เนื่องจาก 1) *ทักษะทางคณิตศาสตร์และสถิติ* จำเป็นสำหรับการรู้สถิติในการเพิ่มความเข้าใจและความสามารถในคำนวณค่าเฉลี่ยและคำนวณความน่าจะเป็นพื้นฐาน รวมทั้งความน่าจะเป็นเกี่ยวกับความผันแปรในทางสถิติอีกด้วย 2) *ความผันแปร* ประกอบด้วย (1) ความผันแปรที่เกิดจากการเลือกตัวอย่างในการเก็บรวบรวมข้อมูล (2) การสร้างกราฟเพื่อเป็นตัวแทนข้อมูล (3) การหาค่าเฉลี่ยเพื่อลดรูปข้อมูล (4) โอกาสที่จะเกิดขึ้น และ (5) การอ้างอิงประชากรจากตัวอย่าง การเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนี้จะทำให้ผู้รู้สถิติมีความเข้าใจในธรรมชาติของข้อมูลทางสถิติมากขึ้น *3) บริบท* มีบทบาทต่อการรู้สถิติ การอยู่ในบริบทหรือสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการรู้สถิติ ซึ่งบริบทแบ่งเป็น 3 ระดับ แต่ละระดับมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นเป็นลำดับขั้น คือ *ระดับแรก* บริบทเกี่ยวข้องกับตัวอย่างที่เห็นกันทั่วไปในห้องเรียนสถิติ เช่น การทอยลูกเต๋า การอ่านตารางทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น *ระดับที่สอง* บริบทเกี่ยวข้องกับบริบทส่วนบุคคลมากขึ้น และ*ระดับที่สาม* บริบทเกี่ยวข้องกับสื่อที่นำเสนอข้อมูลทางสถิติ หรือข้อมูลทางสถิติที่ไม่คุ้นเคย นอกจากนี้องค์ประกอบของการรู้สถิติยังประกอบด้วยรูปแบบงานและแรงจูงใจในงาน *4) รูปแบบงาน* ซึ่งในที่นี้ Watson (2006 อ้างถึงใน Martinez-Dawson, 2010) เน้นที่รูปแบบคำถามที่สร้างขึ้นเพื่อวัดการรู้สถิติ จัดเป็น 2 กลุ่ม คือ คำถามปลายเปิด และคำถามแบบหลายตัวเลือก Watson (2006 อ้างถึงใน Martinez-Dawson, 2010) ชอบใช้คำถามแบบหลายตัวเลือกในการประเมินการรู้สถิติของนักเรียน เพราะคำถามชนิดนี้ทำให้ผู้เรียนแสดงการรับรู้ของตนต่อสถิติมากกว่าสร้างคำตอบที่เหมาะสม 5) แรงจูงใจในงาน (องค์ประกอบที่ 5) เกี่ยวข้องกับอุปนิสัยที่มีต่องานทางการรู้สถิติ เช่นเดียวกับองค์ประกอบด้านอุปนิสัยของ Gal (2004) ได้แก่ จุดยืนเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติ ส่วนอุปนิสัยที่จำเป็นอื่นๆ สำหรับการรู้สถิติ คือ ความช่างสงสัย ความอยากรู้อยากเห็น มีจินตนาการ มีตรรกะ และมีความอดทน และองค์ประกอบสุดท้าย ทักษะการอ่านออกเขียนได้ (องค์ประกอบที่ 6) เป็นองค์ประกอบสำคัญของการรู้สถิติมี 4 กลยุทธ์ที่จำเป็นสำหรับการรู้สถิติ ได้แก่ (1) การถอดรหัส (code breaking) ช่วยในการเข้าใจและตีความกราฟ (2) การเข้าใจการตีความที่แตกต่างของค่าเฉลี่ย ซึ่งช่วยให้เข้าใจบริบทพื้นฐาน (3) การเข้าใจว่าข้อมูลใช้อย่างไร เช่น การเลือกตัวอย่าง (4) การอ่าน

ระหว่างบรรทัด (reading between the lines) และเน้นการเข้าใจความหมายที่ซ้อนอยู่ในข้อความ รวมทั้งทราบว่าการอ้างอิงใช้ทำอะไร ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละองค์ประกอบ ดังภาพ 2.2



ภาพ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการรู้สถิติของ Watson
ที่มา: Watson (2006 อ้างถึงใน Martinez-Dawson, 2010)

3) องค์ประกอบการรู้สถิติของ UNECE: United Nations Economic Commission for Europe (UNECE :United Nations Economic Commission for Europe, 2012) ได้แบ่งระดับของการเรื่องรู้สถิติไว้ 3 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 การรู้คณิตศาสตร์เชิงสถิติ (statistical numeracy) ประกอบด้วยทักษะทางคณิตศาสตร์และสถิติ ซึ่งเป็นความต้องการอย่างแรกเพื่อที่จะเข้าใจข้อมูลสนเทศทางสถิติ การรู้คณิตศาสตร์เชิงสถิติต้องการให้รู้สึกถึงข้อมูล เช่น ตระหนักถึงระดับความถูกต้อง การประเมินเข้าใจได้ ตระหนักถึงความหลากหลายของการตีความรูปภาพ และเข้าใจการใช้ค่าทางสถิติที่ใช้ในกว้างขวาง เช่น ค่าเฉลี่ย ร้อยละ อย่างถ่องแท้ และมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิธีการทางสถิติ ขั้นที่ 2 การสื่อสารเชิงสถิติ (communicating statistics) เป็นความสามารถในการอ่านและสื่อสารความหมายของข้อมูล ขั้นที่ 3 การค้นพบการใช้ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติเพื่อการตัดสินใจเพื่อส่วนรวมและส่วนบุคคล (discovering the use of statistics for professional and personal decisions) การเห็นคุณค่าของข้อมูลสารสนเทศทางสถิติและใช้ในการตัดสินใจในเรื่องต่างๆทั้งเรื่องส่วนตัวและส่วนรวม

การรู้คณิตศาสตร์

การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบของการรู้คณิตศาสตร์ พบว่า ได้มีการระบุองค์ประกอบไว้ใกล้เคียงกันดังนี้

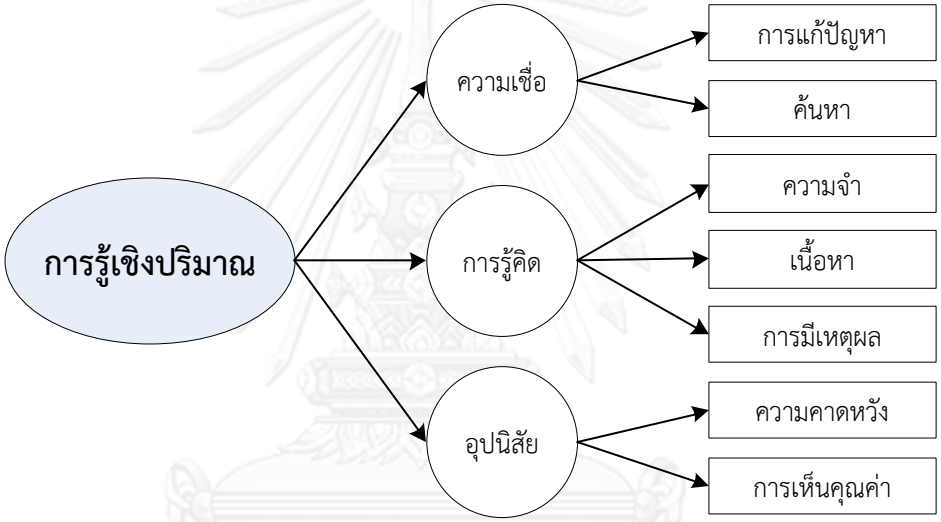
1) องค์ประกอบการรู้ตัวเลขของโครงการสำรวจการรู้และทักษะชีวิตในผู้ใหญ่ (the Adult Literacy and Life Skills Survey: ALL) องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) และ Statistics Canada (OECD Statistics Canada, 2011) ร่วมกันดำเนินการสำรวจการรู้และทักษะชีวิตในผู้ใหญ่ในประเทศต่างๆ ได้กล่าวว่าการรู้ตัวเลข (numeracy) ไม่สามารถวัดได้โดยตรงแต่อาจวัดได้จากพฤติกรรมเรียกว่า พฤติกรรมการรู้ตัวเลข (numerate behavior) ซึ่งสังเกตเห็นได้เมื่อบุคคลจัดการกับสถานการณ์หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อสารสนเทศเกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปแบบที่หลากหลาย และต้องการการปฏิบัติเกี่ยวกับความรู้ ปัจจัยและกระบวนการที่หลากหลาย การรู้ตัวเลขเป็นการรวมกันของความรู้และทักษะ (knowledge and skills) ที่จำเป็นในการจัดการ (manage) ความต้องการทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ส่วนบุคคล สังคม และการทำงาน ประกอบด้วยความสามารถในการจัดและปรับไปสู่ความต้องการใหม่ๆของสังคมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากอิทธิพลข้อมูลสารสนเทศทางปริมาณและเทคโนโลยี

จากนิยามของการรู้เรื่องตัวเลขดังกล่าว Van Groenestijn (2003) ได้ระบุองค์ประกอบของพฤติกรรมการรู้ตัวเลขเป็น 4 องค์ประกอบคือ **1) ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ (mathematical knowledge and skills)** ในสถานการณ์ชีวิตจริง ประกอบด้วย ชุดพื้นฐานความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ที่ทุกคนควรมีและที่เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ประกอบด้วยชุดความรู้และทักษะส่วนบุคคลที่จำเป็นในการทำหน้าที่ของบุคคล ได้แก่ (1) ปริมาณและตัวเลข (quantity and number) (2) มิติและรูปทรง (dimension and shape) (3) รูปแบบและความสัมพันธ์ (pattern and relationships) (4) ข้อมูลและโอกาส (data and chance) (สถิติศาสตร์) และ (5) การเปลี่ยนแปลง (change**) 2) ทักษะการจัดการ (management skills)** เพื่อจัดการกับสถานการณ์ที่มีตัวเลข อาจประกอบด้วยทักษะที่เกี่ยวข้องอื่นๆ คือ (1) ความเข้าใจและฉลาดเรื่องคณิตศาสตร์ทั่วไป (generative mathematical understanding and insight) เพื่อช่วยให้รู้ความหมายและแปลความตัวเลขและวางแผนการปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสม (2) ทักษะการรู้หนังสือ (literacy skills) เพื่ออ่านและเข้าใจปัญหาและชี้แจงเหตุผลเกี่ยวกับปัญหาเหล่านั้นได้ (3) ทักษะการสื่อสาร (communication skills) เพื่อสามารถแลกเปลี่ยนปัญหากับผู้อื่นได้ อภิปรายข้อมูลสารสนเทศ เรียนรู้การแก้ปัญหาจากผู้อื่นและทำงานร่วมกันได้ (4) ทักษะการแก้ปัญหา (problem-solving skills) เพื่อกำหนดและวิเคราะห์ และสร้างโครงสร้างของปัญหา วางแผนขั้นตอนการปฏิบัติ เลือกการปฏิบัติที่เหมาะสม จัดการกับปัญหาและตัดสินใจได้ และ (5) ทักษะการสะท้อนผล (reflection skills) เพื่อให้สามารถควบคุมสถานการณ์ ตรวจสอบการคำนวณ

และประเมินการตัดสินใจ และตัดสินใจตามบริบท **3) ทักษะการดำเนินการกับข้อมูลสารสนเทศใหม่ (skills for processing new information)** นอกเหนือจากสถานการณ์ในห้องเรียน วิธีการเรียนรู้ในโรงเรียนจะต่างจากวิธีการเรียนรู้นอกห้องเรียนที่ผู้ใหญ่ได้รับและดำเนินการกับข้อมูลใหม่ บุคคลจำเป็นต้องเรียนรู้จาก (1) การอ่าน ดู หรือฟังข้อมูลสารสนเทศ (2) บ่งบอกจุดสำคัญของข้อมูลสารสนเทศนั้น (3) สะท้อนว่าข้อมูลที่ได้มีอะไรใหม่ (4) สนทนาหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น และ (5) สะท้อนความหมายที่เป็นไปได้กับชีวิต(เช่น มีความหมายอะไรกับฉัน) และ (6) สะท้อนความหมายต่อสังคมและการทำงาน และ **4) เข้าใจลึกซึ้งถึงทักษะการเรียนรู้ของตนเอง (insight into one's own learning skills)** เพื่อให้สามารถพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่องในอนาคตและได้รับความรู้แล้วทักษะใหม่ๆ ในสถานการณ์จริงได้ยอย่างอิสระ สังคมมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างรวดเร็วบุคคลจำเป็นต้องการพัฒนาทักษะและกลยุทธ์การเรียนรู้ตลอดชีวิตเพื่อจัดและปรับให้เข้ากับสถานการณ์ในห้องเรียนชีวิต เพื่อให้สามารถพัฒนาทักษะและกลยุทธ์ดังกล่าวบุคคลจำเป็นต้องรู้ทักษะการเรียนรู้ของตนเองอย่างถ่องแท้ เช่น วิธีใดเป็นการปฏิบัติกับข้อมูลที่ดีที่สุด หาข้อมูลเฉพาะที่ต้องการเพื่อบรรลุเป้าหมายได้จากที่ไหนและอย่างไร เรียนรู้จากผู้อื่นได้อย่างไร ซึ่งการเรียนรู้มักเกิดจากการได้ปฏิบัติ บุคคลจำเป็นต้องตระหนักสถานการณ์การรู้เรียนที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย (1) ตระหนักถึงความจำเป็นของการเรียนรู้ตลอดชีวิต (2) เน้นที่การควบคุมตนเอง (self-directed) พึ่งพาตนเอง (autonomous) ปราศจากครู (teacher-free) และการเรียนรู้ร่วมกัน (cooperative learning) (3) เน้นสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้จากปัญหาและการเรียนรู้เชิงบริบท 4) สร้างโอกาสการเรียนรู้จากการปฏิบัติ (5) การสร้างสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิต และช่วยให้เรียนรู้ที่จะใช้ประโยชน์จากสิ่งเหล่านั้น และ (6) ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ (creativity) และอยากรู้อยากเห็น (curiosity)

2) องค์ประกอบการรู้คณิตศาสตร์ของ Wilkins (2010) ได้จัดประเภทขององค์ประกอบการรู้คณิตศาสตร์ไว้ 3 ด้าน ได้แก่ องค์ประกอบ **1) ด้านการรู้คิด (cognitive)** เน้นที่ระดับความรู้เนื้อหาทางคณิตศาสตร์เป็นการอ้างอิงถึงความสามารถของบุคคลใน *(1) การจัดการคณิตศาสตร์*ที่อาจพบในชีวิตประจำวัน (2) *เนื้อหาทางคณิตศาสตร์*ที่ควรรู้คือ แนวคิดเกี่ยวกับตัวเลข พีชคณิต เรขาคณิต การวัด การวัด การวิเคราะห์ข้อมูล และความน่าจะเป็น **2) นิสัยทางคณิตศาสตร์ (mathematics dispositive)** นิสัยที่ดีต่อคณิตศาสตร์และการตระหนักถึงคุณค่าของคณิตศาสตร์ต่อสังคม ด้านนี้มีความสำคัญต่อการรู้คณิตศาสตร์ของบุคคล จากโมเดลความคาดหวังทางคุณค่าของทฤษฎีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความสามารถของบุคคล ความอดทน และความผูกพันกันสิ่งนั้นมีปฏิสัมพันธ์กับความคาดหวังและคุณค่าเกี่ยวกับสิ่งนั้น *(1) ความคาดหวัง (expectancy)* เป็นความคาดหวังของบุคคลต่อความสำเร็จและเกี่ยวข้องกับการรับรู้ความสามารถในการทำสำเร็จในสิ่งนั้น สำหรับการรู้สถิติความคาดหวังคือความเชื่อในความสามารถของตนที่จะประสบความสำเร็จในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวเลข ความเชื่อเกี่ยวกับความคาดหวังเหมือนกับความเชื่อในความสามารถแห่งตน เช่น self-concept ส่วน *(2) คุณค่า (value)* เป็นความเชื่อของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งนั้นโดยสนใจที่คุณค่าของสิ่งนั้น

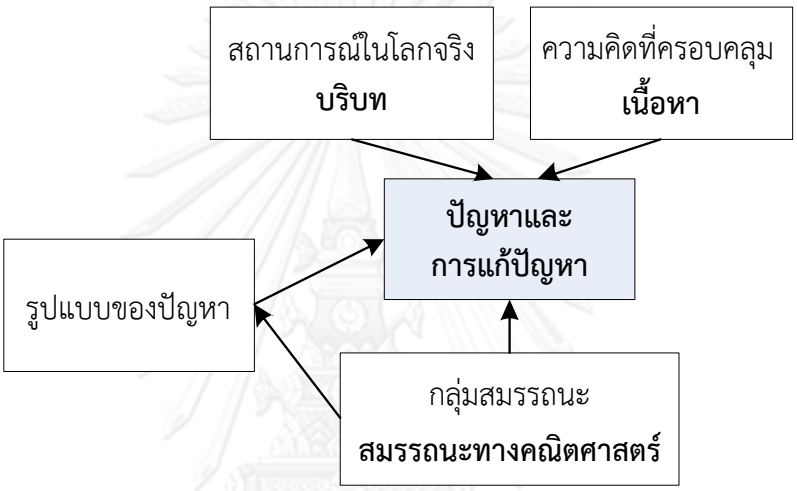
ทั้งในมุมมองส่วนบุคคลและทั่วไป คุณค่าของสิ่งนั้นเกิดจากการใช้ประโยชน์หรือความสนใจภายใน คุณค่าคือความสนใจคณิตศาสตร์หรือแรงจูงใจภายในต่อสถิติของบุคคล บุคคลที่มีการรู้สถิติจะมีความเชื่อมั่นทางสถิติเพิ่มขึ้น การตระหนักถึงคุณค่าของของสถิติเพิ่มขึ้น และความเต็มใจในการผูกพันและอดทนอยู่สถานการณ์ทางสถิติหรือมีแรงจูงใจภายในที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมและพยายามกับสถานการณ์เชิงปริมาณในชีวิตประจำวัน และ **3) ความเชื่อ (beliefs)** ความเชื่อของบุคคลมีความเกี่ยวข้องกับแก่นและความเป็นมาของคณิตศาสตร์ เป็นเนื้อหาสำคัญของการรู้สถิติ เนื่องจากมีสมมติฐานความเชื่อมีอิทธิพลต่อแรงจูงใจทางคณิตศาสตร์ของบุคคล แก่นของคณิตศาสตร์อันหนึ่งคือ *(1) การค้นหา* และ (2) *แก้ปัญหา* เป็นกระบวนการที่สำคัญต่อชีวิตประจำวันของทุกคน ซึ่งลักษณะการรู้สถิติของบุคคลเกิดจากปฏิสัมพันธ์รวมกันระหว่างสามองค์ประกอบนี้ตามทฤษฎีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (theories of achievement motivation) ดังภาพ 2.3



ภาพ 2.3 โมเดลการรู้เชิงปริมาณของ Wilkins (2010)

3) องค์ประกอบการรู้คณิตศาสตร์ของโครงการประเมิน PISA องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ได้กำหนดกรอบการประเมินการรู้คณิตศาสตร์ในกลุ่มนักเรียนอายุ 15 ปี ว่ามีความรู้เรื่องคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใดหรือสามารถนำฐานความรู้คณิตศาสตร์มาใช้ และเผชิญหน้ากับปัญหาในโลกจริงได้เพียงใด ขอบเขตของคณิตศาสตร์ครอบคลุมองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ *1) สถานการณ์หรือบริบทที่ปัญหานั้นตั้งอยู่ (situation on context)* ประกอบด้วยบริบทที่ใกล้ตัวเด็กมากที่สุด คือ บริบทส่วนตัว ถัดมาคือบริบทในโรงเรียน ในการงานอาชีพ บริบทในชุมชนหรือสังคมสาธารณะ และบริบทที่ห่างออกไปคือบริบททางวิทยาศาสตร์ที่บางกรณีมีคณิตศาสตร์เข้าไปเกี่ยวข้อง *2) เนื้อหาคณิตศาสตร์ (mathematical content)* ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ครอบคลุม 4 เรื่อง ได้แก่ ปริภูมิและรูปทรงสามมิติ การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ ปริมาณ และความไม่แน่นอน และ *3) สมรรถนะ*

*ทางคณิตศาสตร์*ของนักเรียนที่ควรได้รับการกระตุ้นเร้าให้สามารถเชื่อมต่อกับโลกจริงๆ ที่ปัญหานั้นๆ เกิดขึ้นโดยใช้คณิตศาสตร์และให้สามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 8 สมรรถนะ คือ (1) การคิดและการใช้เหตุผล (thinking and reasoning) (2) การสร้างข้อโต้แย้ง (argumentation) (3) การสื่อสาร (communication) (4) การสร้างตัวแบบ (modeling) 5) การตั้งและแก้ปัญหา (problem posing and solving) (6) การแสดงเครื่องหมายแทน (representation) (7) การใช้สัญลักษณ์ ภาษา และการดำเนินการ (using symbolic, language and operation) และ (8) ใช้ตัวช่วย และเครื่องมือ (using aids and tools) ดังภาพ 2.4

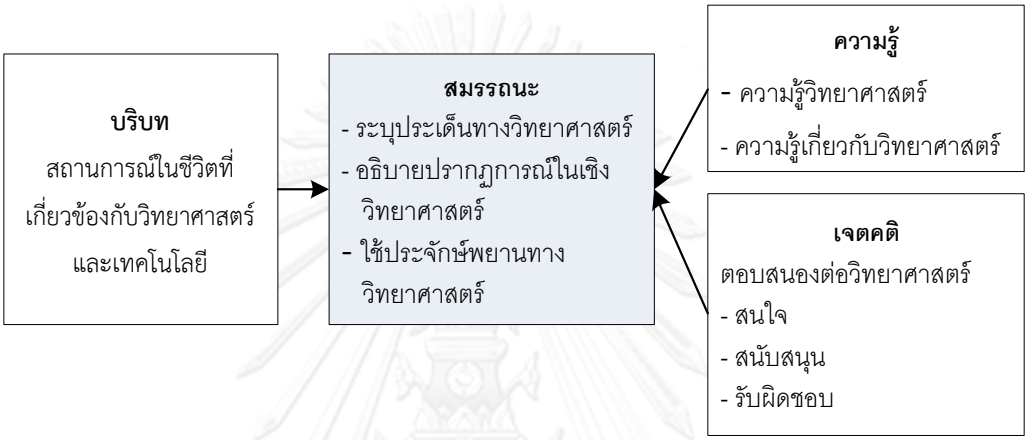


ภาพ 2.4 องค์ประกอบและกรอบโครงสร้างการประเมินการรู้คณิตศาสตร์ของ PISA
ที่มา: โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554)

นอกจากนี้ Ojose (2011) กล่าวว่า การรู้คณิตศาสตร์นอกจากมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์แล้ว ยังต้องสามารถใช้ความรู้พื้นฐานและสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ และมีความมั่นใจที่จะประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตจริง ผู้ที่รู้เรื่องคณิตศาสตร์จะต้องสามารถประมาณ ตีความข้อมูล แก้ปัญหา มีเหตุผลเชิงตัวเลข สื่อสารการใช้คณิตศาสตร์ได้

4) องค์ประกอบการรู้วิทยาศาสตร์ การประเมิน PISA 2009 (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ได้กำหนดกรอบการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ 4 องค์ประกอบ คือ *1) บริบทของการประเมินผลวิทยาศาสตร์* ได้แก่ การรับรู้ถึงสถานการณ์ในชีวิตที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี *2) สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์* หมายถึง การใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (Identifying scientific issues) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (Using scientific evidence) *3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์* ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน คือความรู้ในเรื่องโลกธรรมชาติ เรียกว่า “ความรู้วิทยาศาสตร์” กับความรู้ที่เกี่ยวข้องกับความรู้

วิทยาศาสตร์นั้นๆ เรียกว่า “ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์” และ *4) เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์* ได้แก่ การแสดงการตอบสนองต่อวิทยาศาสตร์ด้วยความสนใจสนับสนุนการสืบหาความรู้วิทยาศาสตร์ และแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งต่างๆ เช่น ในประเด็นของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบทั้งสี่ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กล่าวคือ บริบทที่ต้องใช้ชีวิตหรือเผชิญอยู่กดดันให้คนต้องมีสมรรถนะที่จะเผชิญหรือตอบสนองต่อความกดดันนั้นๆ และการที่จะต้องสนองได้ดีเพียงใดเป็นผลมาจากความรู้และเจตคติของแต่ละคน ดังภาพ 2.5



ภาพ 2.5 กรอบโครงสร้างการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA

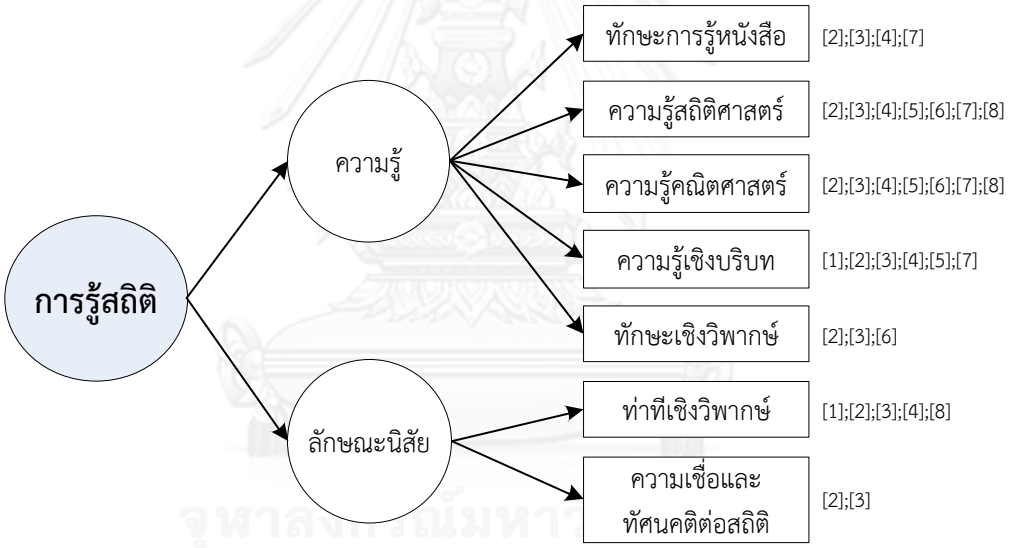
ที่มา: โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554)

จากการศึกษาองค์ประกอบการรู้สถิติและการรู้อื่นที่เกี่ยวข้องกับการรู้สถิติ ได้แก่ การรู้คณิตศาสตร์ การรู้ตัวเลข การรู้ปริมาณ การรู้วิทยาศาสตร์ และการรู้วิจัย สามารถสังเคราะห์องค์ประกอบของการรู้สถิติได้ 3 องค์ประกอบ คือ 1) ความรู้ (knowledge) ประกอบด้วย ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (mathematics knowledge) ความรู้ทางสถิติ (statistical knowledge) และความรู้บริบท (context knowledge) 2) ทักษะ (skills) ประกอบด้วย ทักษะการรู้หนังสือ (Literacy skills) ทักษะเชิงวิพากษ์ (critical skills) ทักษะการแก้ปัญหา (problem solving skills) ทักษะการสื่อสาร ทักษะการคิดและการใช้เหตุผล ทักษะการสะท้อนผล ทักษะการดำเนินการกับข้อมูลใหม่ การสร้างข้อโต้แย้ง การสร้างตัวแบบ การแสดงเครื่องหมายแทน การใช้สัญลักษณ์ ภาษา และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ และสมรรถนะใช้ตัวช่วย และเครื่องมือ และ 3) อุปนิสัย (disposition) ประกอบด้วย ความเชื่อและทัศนคติ (belief and attitude) และการรู้รับความสามารถแห่งตน (self-efficacy) แรงจูงใจ เช่น ความคาดหวัง การเห็นคุณค่า ท่าทีเชิงวิพากษ์ การรับรู้ความสามารถแห่งตน จิตสำนึกรับผิดชอบและจริยธรรม และความสนใจ ดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 องค์ประกอบการรู้สถิติ และการรู้อื่นที่เกี่ยวข้อง

กลุ่มองค์ประกอบ	องค์ประกอบย่อย	ผู้เสนอ
1. ความรู้ (knowledge)	- ความรู้ทางสถิติ	Bugett & Pfannkuch (2007); Gal (2004); Groenestijn (2003); OECD (2010); Reston (2005); Watson (2006); Wilkins (2010)
	- ความรู้ทางคณิตศาสตร์	Gal (2004); Bugett & Pfannkuch (2007); Groenestijn (2003) ; OECD (2010); Watson (2006); Wilkins (2010)
	- ความรู้เชิงบริบท	Barry (2011) ; Bugett & Pfannkuch (2007); Gal (2004); OECD (2010); Watson (2006)
2. ทักษะและสมรรถนะ (skill and competency)	- ทักษะการรู้หนังสือ	Bugett & Pfannkuch (2007); Gal (2004); Groenestijn (2003); Watson (2006)
	- ทักษะเชิงวิพากษ์	Bugett & Pfannkuch (2007); Gal (2004); Reston (2005)
	- ทักษะการแก้ปัญหา	Barry (2011); Groenestijn (2003); Kreitzer (2010); Ojose (2011); OECD (2010)
	- ทักษะการสื่อสาร	Barry (2011); Groenestijn (2003); Ojose (2011); OECD (2010)
	- ทักษะการคิดและการใช้เหตุผล	Bugett & Pfannkuch (2007); Ojose (2011); OECD (2010)
	- ทักษะการสะท้อนผล	Groenestijn (2003); Kreitzer (2010)
	- ทักษะการดำเนินการกับข้อมูลใหม่	Groenestijn (2003)
	- สมรรถนะการสร้างข้อโต้แย้ง - สมรรถนะการสร้างตัวแบบ - สมรรถนะการแสดงเครื่องหมายแทน - สมรรถนะการใช้สัญลักษณ์ ภาษา และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ - สมรรถนะใช้ตัวช่วย และเครื่องมือ	OECD (2010)
3. อุปนิสัย (disposition)	- ความเชื่อและทัศนคติ	Brody et al.; Barry (2011); Bugett & Pfannkuch (2007) ;Gal (2004); Wilkins (2010)
	- แรงจูงใจ เช่น ความคาดหวัง การเห็นคุณค่า	Brody et al. ; Watson (2006); Wilkins (2010)
	- ท่าทีเชิงวิพากษ์	Bugett & Pfannkuch (2007);Gal (2004)
	- การรับรู้ความสามารถแห่งตน	Brody et al. ; Wilkins (2010)
	- จิตสำนึกรับผิดชอบและจริยธรรม	Barry (2011); Kreitzer (2010)
	- ความสนใจ	Barry (2011)

การพิจารณาองค์ประกอบของการรู้สถิติในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาโดยยึดองค์ประกอบการรู้สถิติของ Watson (2006 อ้างถึงใน Martinez-Dawson, 2010) และ Gal (2004) สรุปได้ว่า ผู้ที่รู้สถิติจะมีความสามารถในการความเข้าใจและการตีความข้อมูลสารสนเทศทางสถิติต้องการความรู้ทางสถิติ แต่ความรู้ทางสถิติอย่างเดียวก็ยังไม่เพียงพอยังต้องการมีความรู้และความสามารถอย่างอื่น เช่น ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และมีทักษะการรู้หนังสือ (Gal, 2004; Watson, 2006 อ้างถึงใน Martinez-Dawson, 2010) ส่วนความสามารถในการประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติจะขึ้นอยู่กับทักษะการวิพากษ์ที่สามารถตั้งคำถามเชิงวิพากษ์และกระตุ้นให้เกิดการวิพากษ์ข้อมูล ซึ่งเกิดจากการสนับสนุนของความเชื่อและทัศนคติ มีท่าทีเชิงวิพากษ์ (Gal, 2004) ดังนั้น การวิจัยนี้จึงกำหนดองค์ประกอบการรู้สถิติได้ 2 องค์ประกอบ คือ 1) ความรู้ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อย คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ความรู้ทางสถิติ ความรู้บริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ 2) ลักษณะนิสัย ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบย่อย คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติ ดังภาพ 2.6



[1] Barry (2011); [2] Bugett & Pfannkuch (2007); [3] Gal (2004);[4] Groenestijn (2003); [5] OECD (2003); [6] Reston (2005);[7] Watson (2006);[8] Wilkins (2010)

ภาพ 2.6 โมเดลการวัดการรู้สถิติ

แนวคิดเกี่ยวกับการรู้สถิติด้านความรู้

ความรู้เป็นองค์ประกอบแรกของการรู้สถิติซึ่งองค์ประกอบนี้ประกอบด้วยความรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ (literacy skills) ความรู้สถิติศาสตร์ (statistical knowledge) ความรู้คณิตศาสตร์ (mathematical knowledge) ความรู้เชิงบริบท (context knowledge) และทักษะเชิงวิพากษ์ (critical skill) ซึ่งองค์ประกอบนี้จะช่วยให้บุคคลสามารถเข้าใจ ตีความ และประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติได้ ดังนี้

ทักษะการรู้หนังสือ (literacy skills)

ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการรู้สถิติ คือ การรู้หนังสือ เนื่องจากข้อความทางสถิติทั้งหมดจะรายงานผ่านข้อความที่เป็นตัวอักษรหรือการบรรยายเป็นคำพูด หรือแสดงด้วยตาราง หรือรูปภาพ ซึ่งต้องการทักษะการรู้หนังสือที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น ทักษะการรู้หนังสือเป็น ความสามารถการแปลความหมายและเข้าใจข้อความเรียงเพื่อให้ทราบถึงสิ่งผู้เขียนต้องการสื่อสาร (Gal, 2004)

ความเข้าใจข้อความทางสถิติต้องการกระตุ้นทักษะทางภาษาที่หลากหลายเพื่อให้เข้าใจความหมายที่เสนอ บทความที่เขียนอาจมีความยาว และต้องการทักษะการเข้าใจข้อความที่ซับซ้อน อาจมีการนำเสนอตารางหรือกราฟที่มีการบรรยายเล็กน้อย ผู้อ่านต้องสามารถเข้าใจข้อความที่ล้อมรอบ ผู้อ่านต้องสามารถเข้าใจความสมเหตุสมผลของข้อความทางสถิติ ซึ่งมีระดับความซับซ้อนแตกต่างกันและมีรูปแบบการเขียนและบรรยายต่างกันด้วย เช่น นักเขียน พนักงานของรัฐ นักการเมือง นักโฆษณาหรืออื่นๆ ที่มีทักษะทางภาษาและตัวเลขแตกต่างกัน (Gal, 2004) ดังนั้น ข้อความทางสถิติที่นำเสนอต้องการทักษะการรู้หนังสือของผู้อ่านที่หลากหลาย ตัวอย่างเช่น ผู้อ่านต้องตระหนักว่าความหมายของศัพท์ทางสถิติที่ใช้ในสื่อ เช่น การสุ่ม การเป็นตัวแทน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ความน่าจะเป็น เป็นต้น คำเหล่านี้อาจต่างจากภาษาพูดหรือความหมายทั่วไป หรือบางข้อความที่ใช้คำศัพท์ทางสถิติในระดับมืออาชีพแต่เป็นภาษาที่เข้าใจเฉพาะกลุ่ม

ความสามารถในการอ่าน เขียน และพูดเป็นทักษะสำคัญในการเข้าใจงาน กิจกรรมและการสื่อสารเชิงตัวเลข กรณีที่อยู่ในข้อมูลเชิงตัวเลขรูปของข้อความผู้ที่มีความสามารถทางตัวเลขจะไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถทางคณิตศาสตร์หรือสถิติเพียงอย่างเดียวแต่จะขึ้นอยู่กับทักษะการเข้าใจและการรู้หนังสือ กลยุทธ์การอ่าน และประสบการณ์การรู้หนังสือมาก่อนด้วย เช่น การสอนการคำนวณการปรับขึ้นภาษีอาจต้องการกลยุทธ์การอ่านเฉพาะเนื่องจากข้อความจะสั้นกระชับเป็นโครงสร้าง เป็นต้น

ความรู้ทางสถิติศาสตร์ (statistical knowledge)

ความรู้ทางสถิติศาสตร์ คือ ความเข้าใจในสถิติศาสตร์และความสามารถในการนำสถิติศาสตร์ไปใช้เพื่อความเข้าใจ แปลความหมาย และประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติได้ มีผู้เสนอว่าผู้รู้เรื่องสถิติควรมีความรู้เกี่ยวกับสถิติดังนี้

Schield (2011) กล่าวว่า การรู้สถิติสามารถเกี่ยวข้องกับการทักษะการอ่าน 2 ด้าน คือ (1) ความสามารถในการเข้าใจ และ (2) ความสามารถในการตีความ *ด้านแรก* ความสามารถในการเข้าใจนั้นผู้เรียนที่รู้เรื่องสถิติต้องสามารถแยกแยะความแตกต่างของแนวคิดทางสถิติที่สำคัญ 3 เรื่องได้ *เรื่องแรก* ความสัมพันธ์กับความเป็นสาเหตุ (association and causation) ผู้เรียนต้องสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่าง 1) สถานการณ์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ (correlation) กับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความเป็นสาเหตุ (causal) ได้ 2) ต้องรู้ว่าการเปรียบเทียบเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์และความเป็นสาเหตุ *เรื่องที่สอง* ตัวอย่างและประชากร ผู้เรียนที่รู้เรื่องสถิติต้องสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่าง 1) ค่าสถิติจากตัวอย่างกับพารามิเตอร์จากประชากรได้ 2) ประชากรเป้าหมายหรือประชากรที่สนใจ (population) กับประชากรตัวอย่างที่มีอยู่ (sampling population) เนื่องจากใน

บางครั้งประชากรที่สนใจหายากจึงต้องใช้ข้อมูลจากประชากรที่ใกล้เคียงกัน และ*เรื่องสุดท้าย* คุณภาพกับอำนาจการทดสอบ (quality and power of test) ผู้ที่รู้เรื่องสถิติแยกแยะความแตกต่างระหว่างคุณภาพของการทดสอบที่พิจารณาได้จากอำนาจในการทำนาย *ด้านที่สอง* การตีความ ผู้ที่รู้เรื่องสถิติต้องสามารถ 1) แปลความหมายสิ่งที่อ่านได้ว่ามีหมายความว่าอย่างไร 2) ต้องมีการตั้งคำถามว่า “สถิตินี้ถูกต้องหรือไม่” และ “สถิตินี้เป็นตัวแทนที่ดีหรือไม่” 3) ต้องสามารถแยกแยะได้ว่าสถิตินี้เป็นเรื่องของความจริงหรือความคิดเห็น 4) สามารถระบุคุณภาพ (quality) ข้อสรุปทางสถิติได้ เช่น 1) ต้องสามารถแยกแยะความแตกต่างของการวิจัยเชิงสำรวจและการวิจัยเชิงทดลอง 2) ความสามารถแยกแยะการวิจัยเชิงทดลองที่ดีและไม่ดี 3) ปัญหาเกี่ยวกับการวัด (problem of measurement) 4) ต้องทราบถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในการวัด ความคลาดเคลื่อน (error) หรือ สิ่งกระตุ้น (spurious)

Gal (2004) ระบุว่า ทักษะการรู้สถิติควรมีความรู้เกี่ยวกับแนวคิดและกระบวนการทางสถิติและความน่าจะเป็น ประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ 1) การรู้ว่าทำไมข้อมูลจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและข้อมูลผลิตขึ้นได้อย่างไร 2) การรู้จักคำศัพท์และแนวคิดของสถิติบรรยาย 3) การรู้จักกับคำศัพท์และแนวคิดการแสดงกราฟและตารางทางสถิติ 4) การเข้าใจสัญลักษณ์พื้นฐานของความน่าจะเป็น และ 5) การรู้ว่าข้อสรุปหรือการอ้างอิงทางสถิติทำอย่างไร

Rumsey (2002a; 2002b) ได้ระบุสมรรถนะการรู้สถิติพื้นฐาน ไว้ ได้แก่ 1) การตระหนักถึงข้อมูล 2) เข้าใจแนวคิดและคำศัพท์เชิงสถิติพื้นฐาน 3) มีความรู้เกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและสร้างสถิติบรรยาย และ 4) ทักษะการตีความพื้นฐาน (ความสามารถในการบรรยายได้ว่าผลลัพธ์มีความหมายอะไรในบริบทของปัญหา) และ 5) มีทักษะการสื่อสารพื้นฐาน (สามารถอธิบายผลให้ผู้อื่นได้)

Utts (2003) ได้เสนอประเด็นทางสถิติที่คนทั่วไป รวมถึงผู้ที่ต้องเขียนบทความเชิงสถิติในวารสารควรรู้ไว้ 7 ประเด็น ซึ่งการมีความรู้ในประเด็นเหล่านี้จะช่วยลดความสับสนในการใช้และตีความผิด *ประเด็นแรก* สามารถสรุปได้ว่าเมื่อใดที่ความสัมพันธ์เป็นส่วนหนึ่งของความเป็นสาเหตุและอิทธิพล รวมถึงความแตกต่างระหว่างการทดลองเชิงสุ่มกับการวิจัยเชิงสำรวจ *ประเด็นที่สอง* ความแตกต่างระหว่างการมีนัยสำคัญทางสถิติกับการมีนัยสำคัญในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะเมื่อใช้ตัวอย่างขนาดใหญ่ *ประเด็นที่สาม* ความแตกต่างระหว่างการพบว่า “ไม่มีอิทธิพลหรือผลกระทบ” หรือ “ไม่มีความแตกต่าง” กับการพบอิทธิพลหรือความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อใช้ตัวอย่างขนาดใหญ่ *ประเด็นที่สี่* แหล่งความเอนเอียงในการสำรวจและการทดลอง เช่น ความกำกวมของข้อความถาม การตอบสนองของอาสาสมัคร และการตอบตามที่สังคมต้องการกับคำถามละเอียดอ่อน *ประเด็นที่ห้า* ความคิดว่า ความบังเอิญเกิดขึ้นพร้อมกันและเหมาะเจาะไม่ปกติเพราะมีโอกาสจะเกิดขึ้นมากกว่า *ประเด็นที่หก* ความสับสนเรื่องส่วนกลับ (inverse) ในความน่าจะเป็นภายใต้เงื่อนไข และ*ประเด็นสุดท้าย* ความเข้าใจว่าความผันแปรเป็นเรื่องธรรมชาติ และปกติ (normal) ไม่เหมือนกับค่าเฉลี่ย (mean)

GAISE (Aliaga, et al., 2005) ได้ระบุความรู้ทางสถิติที่ผู้ที่มีการรู้สถิติควรเข้าใจ ประกอบด้วย 1) สาระของข้อมูล 2) การสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับในการสำรวจและการทดลองที่ขยายสู่ประชากรจากตัวอย่างที่ได้มา 3) การจัดสมาชิกเข้ากลุ่มในการทดลองเชิงเปรียบเทียบที่ยอมรับการสรุปผลเชิงสาเหตุและผลกระทบ 4) ความสัมพันธ์ไม่ใช้ความเป็นสาเหตุ 5) การมีนัยสำคัญทางสถิติไม่จำเป็นต้องมีความสำคัญในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะการศึกษาที่มีตัวอย่างขนาดใหญ่ และ 6) การพบความแตกต่างและความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติไม่จำเป็นต้องไม่มีความแตกต่างหรือความสัมพันธ์ในประชากรโดยเฉพาะกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ส่วนผู้จบการศึกษาระดับมัธยมที่รู้สถิติ (1) จะสามารถเข้าใจข้อสรุปจากการศึกษาและแสดงความคิดเห็นที่ความถูกต้องต่อผลการศึกษา และ (2) ทราบว่าจะแปลความหมายข้อมูลในหนังสือพิมพ์และตั้งคำถามเกี่ยวกับความถูกต้องของข้ออ้างทางสถิติได้

จากลักษณะการรู้สถิติข้างต้นสามารถสรุปลักษณะการรู้สถิติของนักวิชาการแต่ละคนได้ดังตาราง 2.3

ตาราง 2.3 ความรู้ทางสถิติสำหรับบรรยายลักษณะการรู้สถิติ

ความรู้ทางสถิติ	รายละเอียด	ผู้เสนอ
1. สถิติบรรยาย	- คำศัพท์ และแนวคิดของสถิติบรรยาย	Gal(2004); Rumsey (2002)
	- ความสัมพันธ์กับความเป็นสาเหตุ	Schield (2001); Utts (2003); Aliaga, et al. (2010)
2. การแสดงกราฟและตารางทางสถิติ	- คำศัพท์และแนวคิดการแสดงกราฟและตารางทางสถิติ	Gal (2004)
3. ความน่าจะเป็น	- เข้าใจสัญลักษณ์พื้นฐานของความน่าจะเป็น - แนวคิดพื้นฐานของความน่าจะเป็น	Gal (2004); Rumsey (2002)
4. สถิติอ้างอิง	- ข้อสรุปหรือการอ้างอิงทางสถิติ - การมีนัยสำคัญทางสถิติกับการมีนัยสำคัญในทางปฏิบัติ	Gal (2004); Utts (2003); Aliaga, et al. (2010)
	- คุณภาพกับอำนาจการทดสอบ	Schield (2001)
5. ข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล	- ตัวอย่างและประชากร - ค่าสถิติกับพารามิเตอร์	Schield (2001)
	- ข้อมูลเป็นสิ่งที่จำเป็นและข้อมูลผลิต	Gal (2004)
	- การตระหนักถึงข้อมูล - การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน	Rumsey (2002); Utts (2003); Aliaga, et al. (2010)

การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับความรู้ทางสถิติ สรุปได้ว่าความรู้ทางสถิติศาสตร์ที่ผู้รู้สถิติควรรู้ประกอบด้วย 5 เรื่อง คือ 1) สถิติบรรยาย ซึ่งเกี่ยวข้องกับคำศัพท์ และแนวคิดทางสถิติบรรยาย รวมถึงความสัมพันธ์และความเป็นสาเหตุ 2) การแสดงกราฟและตารางทางสถิติ ซึ่งเกี่ยวข้องกับคำศัพท์ แนวคิดการแสดงกราฟและตารางทางสถิติ 3) ความน่าจะเป็น ซึ่งประกอบด้วย คำศัพท์ สัญลักษณ์และแนวคิดพื้นฐานของความน่าจะเป็น 4) สถิติอ้างอิง ซึ่งเกี่ยวข้องกับแนวคิดของการสรุป

หรืออ้างอิงทางสถิติ และการมีนัยสำคัญทางสถิติและการมีนัยสำคัญทางปฏิบัติ และ 5) ข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้องกับลักษณะของตัวอย่างและประชากรซึ่ง Gal (2003) ได้ให้รายละเอียดที่ผู้รู้สถิติต้องทราบดังนี้

1) ข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้รู้สถิติควรเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและแหล่งข้อมูล นำมาสรุปเป็นข้อค้นพบ เข้าใจกระบวนการประมวลผลข้อมูล และการออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สามารถต้องคำถามการวิจัยได้เหมาะสม

2) สถิติบรรยาย เมื่อถือได้ว่าผู้รู้สถิติมีความเข้าใจว่าการประมวลผลข้อมูลทำอย่างไรและเพื่ออะไรแล้ว สิ่งที่ผู้รู้สถิติควรเข้าใจคือแนวคิดและนำเสอนผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้แสดงข้อค้นพบให้กับผู้อ่าน แนวคิดพื้นฐานที่สำคัญ 2 เรื่อง คือ ร้อยละ และการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางซึ่งนิยมใช้ค่าเฉลี่ย และมัธยฐานในการนำเสนอข้อมูล

3) การแสดงกราฟและตารางทางสถิติ ผู้รู้สถิติควรรู้ว่าการนำเสนอข้อมูลสามารถแสดงในรูปของกราฟและตาราง สามารถเข้าใจแนวโน้มที่ได้จากข้อมูลและมองภาพรวมของข้อมูลได้ พบความแตกต่างระหว่างกราฟหรือตารางที่นำเสนอ และสามารถทราบว่ากราฟหรือตารางที่นำเสนอสามารถทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

4) ความน่าจะเป็นพื้นฐาน สถานการณ์ที่เกี่ยวกับโอกาสและการสุ่มมักแสดงให้เห็นหรือแฝงอยู่ในข้อความทางสถิติหลายแบบ รายงานทางสถิติจำนวนมากใช้ความน่าจะเป็นในการนำเสนอข้อค้นพบจากการสำรวจหรือการทดลอง เช่น การพยากรณ์อากาศ ดังนั้นผู้รู้สถิติควรมีความไวต่อปัญหาเรื่องการแปลความหมายคำศัพท์ในเรื่องความน่าจะเป็น ซึ่งการประมาณค่าความน่าจะเป็นหรือความเสี่ยงสามารถสื่อได้หลายทาง เช่น ร้อยละ อัตราส่วน odds เป็นต้น

5) สถิติอ้างอิง ผู้รู้สถิติจำเป็นต้องเข้าใจวิธีการสรุปรวมข้อมูล เช่น การใช้ค่าเฉลี่ยหรือมัธยฐาน ร้อยละ กราฟ นอกจากนี้ ผู้รู้สถิติมีความไวเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลและการสรุปผลและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นๆ คือ 1) ความแตกต่างระหว่างความคลาดเคลื่อน เช่น ความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง ความคลาดเคลื่อนในการวัด และความคลาดเคลื่อนในการอ้างอิง เป็นต้น และกับความคงทนและการสรุปนัยของข้อค้นพบ 2) ความคลาดเคลื่อนสามารถควบคุมได้ด้วยการออกแบบการวิจัยที่เหมาะสม และสามารถประมาณค่าและบรรยายได้จากความน่าจะเป็น 3) วิธีการตัดสินเรื่องความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ และ 4) ตระหนักว่าความแตกต่างที่สังเกตได้หรือแนวโน้มแตกต่างกันมีอยู่แต่อาจไม่มากพอที่จะมีนัยสำคัญ

ความรู้คณิตศาสตร์ (Mathematics knowledge)

ความรู้ทางคณิตศาสตร์ คือ ความเข้าใจในคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการรู้สถิติ เพื่อช่วยให้สามารถเข้าใจ แปลความหมาย และประเมินเชิงวิพากษ์ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติได้ มีผู้เสนอว่าผู้รู้สถิติควรมีความรู้คณิตศาสตร์ดังนี้

Chiesi และ Primi (2010) กล่าวว่า ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในการรู้สถิติประกอบด้วย 6 เรื่อง ได้แก่ การดำเนินงาน (operations) เศษส่วน (fractions) ทฤษฎีเซต (set theory) สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นอันดับที่หนึ่ง (first order equations) ความสัมพันธ์ (relations) (น้อยกว่า มากกว่า) และความน่าจะเป็น (probability) ซึ่งความรู้เรื่องการดำเนินงาน (operations) และเศษส่วน (fractions) ใช้ในการคำนวณทั้งสถิติบรรยายและสถิติอ้างอิง เช่น คำนวณส่วนเบนเบี่ยงมาตรฐาน สถิติทดสอบ t และ z เป็นต้น เรื่องสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นอันดับที่หนึ่ง (first order equations) ใช้ในการคำนวณการวิเคราะห์การถดถอย เรื่องความสัมพันธ์จำเป็นในการทดสอบสมมติฐาน เช่น การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้กับค่าวิกฤตเพื่อการตัดสินใจปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้เป็นต้น เรื่องทฤษฎีเซตจะช่วยให้เข้าใจเรื่องของกฎเกี่ยวกับความน่าจะเป็น และเรื่องความน่าจะเป็นต้องมีไว้สำหรับการทดสอบสมมติฐาน

Gal (2002) กล่าวว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้รู้สถิติควรมีทักษะทางคณิตศาสตร์ที่เพียงพอในการแปลความจำนวนและตัวเลขทางสถิติได้ถูกต้อง

กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้ในการสรุปข้อมูลจำนวนมากเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่กระชับ เช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และความน่าจะเป็น เป็นต้น กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ชนิดของจำนวน (type of number) รวมถึงทศนิยม เศษส่วน ร้อยละ สัดส่วน และอัตราส่วน สรุปได้ดังตาราง 2.4

ตาราง 2.4 ความรู้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นต่อการรู้สถิติ

หัวเรื่องสถิติ	ความรู้คณิตศาสตร์	แหล่งที่มา
1. ค่าสถิติบรรยาย	- การดำเนินงาน - เศษส่วน (รวมถึง ร้อยละ สัดส่วนและอัตราส่วน) - ทฤษฎีเซต - ชนิดของตัวเลข	Chiesi & Primi (2010);Gal (2004)
2. สถิติอ้างอิง	- สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นอันดับที่หนึ่ง - ความน่าจะเป็น - ความสัมพันธ์	Chiesi & Primi (2010)

การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับความรู้ทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่าความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้รู้เรื่องสถิติควรรู้เพื่อการคำนวณค่าสถิติบรรยายและสถิติอ้างอิง ได้แก่ 1) การดำเนินการ 2) เศษส่วน (รวมถึง ร้อยละ สัดส่วนและอัตราส่วน) 3) ทฤษฎีเซต 4) ชนิดของตัวเลข และ 5) ความสัมพันธ์ (relations) (น้อยกว่า/มากกว่า) ซึ่งความรู้เหล่านี้มีความสำคัญต่อการเข้าใจและการคำนวณค่าสถิติบรรยาย เช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย เป็นต้น ส่วนความรู้ที่สำคัญต่อการเข้าและการคำนวณค่าสถิติอ้างอิงที่นอกเหนือจากความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถิติบรรยาย คือ ความรู้เรื่องสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นอันดับที่หนึ่ง ความน่าจะเป็น (probability) สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้เน้นที่ความสามารถในการแปลความหมายข้อความทางสถิติในสื่อต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสถิติบรรยาย ดังนั้นความรู้ทางคณิตศาสตร์จึงเน้นที่ความรู้ที่เกี่ยวกับกับสถิติบรรยาย ได้แก่ 1) การดำเนินการ 2) เศษส่วน (รวมถึง ร้อยละ สัดส่วนและอัตราส่วน) 3) ทฤษฎีเซต และ 4) ชนิดของจำนวน มีรายละเอียดดังนี้

1) **การดำเนินการ** คือ การกระทำหรือลำดับขั้นตอนซึ่งสร้างค่าใหม่ขึ้นเป็นผลลัพธ์ เช่น การบวก การลบ การคูณ การหาร การยกกำลัง เป็นต้น

2) **เศษส่วน** คือ ความสัมพันธ์ตามสัดส่วนระหว่างชิ้นส่วนของวัตถุหนึ่งเมื่อเทียบกับวัตถุทั้งหมดหรือเรียกว่า สัดส่วน หรืออาจอยู่ในรูปตัวเลขที่เทียบกับ 100 เรียกว่า ร้อยละ เศษส่วนนี้รวมเรื่องของอัตราส่วน ซึ่งพิจารณาจากปริมาณของสองวัตถุที่แตกต่างกัน ดังนั้นความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้จะเป็นการดำเนินการต่างๆเกี่ยวกับข้อมูลในรูปของเศษส่วน สัดส่วน ร้อยละ และอัตราส่วน

3) **ทฤษฎีเซต** เป็นทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับเรื่องเซต ซึ่งใช้นำเสนอการรวบรวมวัตถุนามธรรม ซึ่งเซตหมายถึงคำที่ใช้บ่งบอกถึงกลุ่มของสิ่งต่างๆ และเมื่อกล่าวถึงกลุ่มใดแน่นอนว่าสิ่งใดอยู่ในกลุ่ม สิ่งใดไม่อยู่ในกลุ่ม ซึ่งทฤษฎีเซตประกอบด้วย สัญลักษณ์ ประเภท สมาชิกในเซต เป็นต้น

4) **ชนิดของจำนวน** เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ ชนิดของจำนวน คุณสมบัติ และการคำนวณจำนวนแต่ละชนิด

ความรู้เชิงบริบท (context knowledge)

การแปลความหมายข้อมูลทางสถิติได้ดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการเลือกใช้และประเมินการใช้สถิติในสถานการณ์ที่เหมาะสม หรือเรียกว่าความรู้เชิงบริบทหรือเข้าถึงการรู้โลก (world knowledge) ซึ่งการรู้โลกจะช่วยในกระบวนการรู้ทั่วไปและมีความสำคัญต่อการรู้ข้อความนั้นๆ สมเหตุสมผลหรือไม่ ซึ่งช่วยสร้างตีความ และความเข้าใจความหมายข้อความทางสถิติต่างๆ ได้ดีขึ้นและประเมินเชิงวิพากย์ได้ด้วย (Gal, 2004) ดังนั้น การรู้โลกจึงเป็นสิ่งที่ต้องการอันดับแรกเพื่อที่จะสะท้อนความสำคัญของข้อความทางสถิติและเข้าใจนัยยะของข้อค้นพบหรือตัวเลขที่รายงานได้

การสำรวจ ALL (OECD Statistics Canada, 2011) บุคคลพยายามจัดการและตอบสนองสถานการณ์ทางตัวเลขเพราะพวกเขาต้องการพอใจเป้าหมายหรือบรรลุเป้าหมาย จุดมุ่งหมายหรือเป้าหมาย คือ 1) ชีวิตประจำวัน (everday life) สถานการณ์ที่มักพบในชีวิตส่วนตัวและครอบครัว หรืองานอดิเรก การพัฒนาตนเอง หรือความสนใจ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดการเงินและงบประมาณ

การเปรียบเทียบการซื้อของ การวางแผนโภชนาการ การจัดการเวลาส่วนตัว การตัดสินใจเกี่ยวกับการเดินทาง การวางแผนการท่องเที่ยว และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับงานอดิเรก การเล่นเกมส์เสี่ยงทาย เข้าใจคะแนนและสถิติทางกีฬา เป็นต้น 2) *การทำงาน* บุคคลจะพบกับสถานการณ์เกี่ยวกับตัวเลขที่มักเป็นเรื่องเฉพาะทางมากกว่าที่เห็นในชีวิตประจำวัน บุคคลต้องพัฒนาทักษะในการจัดการสถานการณ์ เช่น การคำนวณการเปลี่ยนแปลง การทำให้สำเร็จและตีความกราฟควบคุมหรือกราฟแสดงคุณภาพ 3) สังคมหรือชุมชน ผู้ใหญ่ต้องการรู้เกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโลกรอบตัว เช่น แนวโน้มอาชญากรรม อัตราค่าจ้างหรือการจ้างงาน ประชากร การแพทย์ หรือความอันตรายทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากต้องมีส่วนร่วมกับเหตุการณ์ในสังคมหรือชุมชน หรือการดำเนินการทางการเมือง ความต้องการเหล่านี้สามารถอ่านและตีความจากข้อมูลสารสนเทศที่เสนอในสื่อ รวมทั้งข้อความทางสถิติ และกราฟต่างๆ ซึ่งจะต้องจัดการสถานการณ์เช่น การวางแผนทางการเงินเกี่ยวกับโครงการของชุมชน ตีความผลการศึกษาความเสี่ยงของค่านิยมทางสุขภาพใหม่ 4) การเรียนรู้เพิ่มเติม (further learning) การรู้ตัวเลขทำให้บุคคลสามารถเรียนรู้เพิ่มเติมทางวิชาการและการอบรมทางวิชาชีพ เนื่องจากการรู้คณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ กฎและสูตร และการเข้าใจกฎและหลักการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ สองคล้องกับการสำรวจ ALL การประเมินของ PISA (OECD, 2010; โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) กล่าวว่า บริบทเป็นสถานการณ์ใกล้ตัวที่สุดแบ่งเป็นบริบทส่วนตัว บริบทห้องเรียน บริบทชุมชนหรือสังคมสาธารณะ ซึ่งการสรุปกดังกล่าวนำเสนอในตาราง 2.5

ตาราง 2.5 ความรู้เชิงบริบทที่จำเป็นต่อการรู้สถิติ

บริบท	แหล่งที่มา
1. ชีวิตประจำวัน/ส่วนตัว	OECD (2010); OECD, Statistics Canada (2011)
2. การทำงาน	OECD, Statistics Canada (2011)
3. ชุนชนหรือสังคมสาธารณะ	OECD (2010); OECD, Statistics Canada (2011)
4. การเรียน	OECD (2010); OECD, Statistics Canada (2011)

จากการศึกษาความรู้เชิงบริบทที่จำเป็นต่อการรู้สถิติพบว่าประกอบด้วย 4 ด้าน คือ 1) ชีวิตประจำวัน/ส่วนตัว 2) การทำงาน 3) ชุนชนหรือสังคมสาธารณะ และ4) การเรียนรู้ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ศึกษากับนักศึกษาปริญญาตรีซึ่งยังไม่ได้ทำงานหรือประกอบอาชีพจึงยังไม่ศึกษาในบริบทของการทำงาน ความรู้เชิงบริบทของการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) ชีวิตประจำวัน/ส่วนตัว 2) ชุนชนหรือสังคมสาธารณะ และ 3) การเรียน

ทักษะเชิงวิพากษ์ (critical skills)

ทักษะเชิงวิพากษ์เป็นความสามารถในการตั้งคำถามเกี่ยวกับความถูกต้องเหมาะสมของข้อมูลทางสถิติที่เผยแพร่ (Gal, 2004) เนื่องจากข้อความที่นำเสนอในสื่อโดยทั่วไปจะมาจากหลายแหล่ง เช่น นักเขียน นักการเมือง หรือนักโฆษณา ขึ้นอยู่กับความต้องการและเป้าหมายของบุคคล เมื่อบุคคลพบการข้อความทางสถิติที่เผยแพร่ทางสื่อ ผู้รู้สถิติต้องประเมินเชิงวิพากษ์ข้อความที่เผยแพร่ต้องมีความกังวลและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้ออ้างที่นำเสนอว่าถูกต้องหรือความตรงประเด็น มีหลักฐานที่น่าเชื่อถือ หรือแสดงการตีความทางอื่นๆ ที่เป็นไปได้ของข้อสรุปเหล่านั้น ซึ่งข้อคำถามที่ควรมีในใจเมื่อพิจารณาข้อความทางสถิติเรียกว่า “ข้อคำถามที่ควรสงสัย (worry questions)” ประกอบด้วย 10 ข้อคำถาม ซึ่งจะช่วยให้บุคคลสามารถประเมินเชิงวิพากษ์ข้อความทางสถิติได้ ได้แก่ 1) ข้อมูลมาจากไหน ใช้การศึกษาประเภทไหน ประเภทที่ใช้ในการศึกษามีความสมเหตุสมผลกับบริบทหรือไม่ 2) ใช้ตัวอย่างหรือไม่ เลือกตัวอย่างอย่างไร ผู้มีส่วนร่วมจริงๆมีกี่คน ตัวอย่างมีขนาดใหญ่พอหรือไม่ ตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวแทนที่ดีของประชากรหรือไม่ ตัวอย่างมีความเอนเอียงหรือไม่ ตัวอย่างนี้สมเหตุสมผลที่จะนำไปสู่ความตรงในการอ้างอิงในยังกลุ่มประชากรหรือไม่ 3) เครื่องมือและการวัด (แบบทดสอบ แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์) ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมีความเชื่อมั่นและความตรงอย่างไร 4) การแจกแจงของข้อมูลดิบมีรูปร่างเป็นอะไร เป็นไปตามจริงหรือไม่ 5) สถิติที่รายงานมีความเหมาะสมกับชนิดของข้อมูลหรือไม่ ค่าผิดปกติเป็นสาเหตุให้การสรุปทางสถิติผิดพลาดได้หรือไม่ 6) กราฟที่สร้างเหมาะสมหรือไม่ หรือมีแนวโน้มที่คลาดเคลื่อนในข้อมูลหรือไม่ 7) สภาวะความน่าจะเป็นมีลักษณะอย่างไร ข้อมูลน่าเชื่อถือเพียงพอหรือไม่ในการประมาณค่าความน่าจะเป็นอย่างสมเหตุสมผล 8) ทั้งหมดเป็นข้ออ้างที่เข้าใจได้และได้รับการสนับสนุนจากข้อมูลหรือไม่ 9) ข้อมูลหรือขั้นตอนเพิ่มเติมควรทำเพื่อให้สามารถประเมินความไวของข้อสรุปหรือไม่ บางสิ่งขาดหายไปหรือไม่ และ 10) ความหมายที่ได้จากข้อค้นพบมีการตีความไปทางอื่นๆ หรือมีอธิบายที่แตกต่างไปหรือไม่ อะไรคือสาเหตุของสิ่งเหล่านี้ เช่น การจัดกระทำหรือตัวแปรกำกับที่มีผลกระทบต่อผลลัพธ์ มีการสรุปความเพิ่มเติมหรือแตกต่างที่ไม่ได้นำเสนอหรือไม่

นอกจากนี้ ทั้ง Wallman (1993) และ Gal (2004) ได้ระบุว่า การรู้สถิติต้องสามารถประเมินเชิงวิพากษ์ได้ ดังนั้นการรู้สถิติจึงเชื่อมโยงกับการรู้เชิงวิพากษ์ (critical literacy) เมื่อการประยุกต์ใช้การรู้สถิติที่เกี่ยวข้องกับการอ่านที่ปฏิบัติการทั่วไปของ Luke และ Freebody (1997 อ้างถึงใน Watson & Callingham, 2003) ซึ่งระบุว่า ผู้อ่านข้อความทางสถิติมีบทบาท 4 แบบ คือ 1) ผู้ถอดรหัส (code breaker) เช่น เข้าใจคำศัพท์พื้นฐานทางสถิติ 2) มีส่วนร่วมในข้อความ (text participant) เช่น ใช้ความรู้ดูความสมเหตุสมผลของข้อมูล กราฟ และข้ออ้างในข้อความได้ 3) ผู้ใช้ข้อความ (text user) เช่น ใช้ข้อมูล กราฟ และแนวคิดเกี่ยวกับโอกาสที่จะเกิดขึ้นในบริบททางสังคม และ 4) ผู้วิเคราะห์ข้อความ (text analyst) เช่น อ่านและดูข้อความอย่างพินิจพิเคราะห์ว่ากรอบของสังคมสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างอย่างไร

แนวคิดเกี่ยวกับการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย

Gal (2004) ความรู้สึกเป็นส่วนสำคัญในการเรียนรู้ของผู้เรียน ความสามารถในการรู้คิดหลายอย่างมีการพัฒนาการร่วมไปกับกระบวนการการทางความรู้สึก ทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์โดยมีความสำคัญที่สุดในระยะของการพัฒนา ความเชื่อของผู้เรียนเรื่องสมรรถนะของตนส่งผ่านความสัมพันธ์ระหว่างความสนใจ ความรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้เรียนที่มีแรงจูงใจในการยึดมั่นสิ่งที่เขาสนใจ องค์ประกอบอุปนิสัยเป็นองค์ประกอบของการรู้สถิติ ประกอบด้วย ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการโต้แย้งและสื่อสารปฏิกิริยาของตนต่อข้อมูลทางสถิติ เช่น ความเข้าใจความหมายของข้อมูล ความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลหรือการคำนึงถึงความสามารถยอมรับข้อสรุปที่ให้ไว้ รายละเอียดดังนี้

ท่าทีเชิงวิพากษ์

ท่าทีเชิงวิพากษ์เกี่ยวข้องกับความสามารถในการมีทัศนคติการตั้งคำถามต่อข้อความทางสถิติโดยปราศจากเครื่องช่วย ผู้รู้เรื่องสถิติควรสามารถตั้งคำถามที่ควรสงสัยเกิดขึ้นในใจเมื่ออ่านและตีความผลหรือข้อสรุปจากข้อความทางสถิติต่างๆ ซึ่งคำถามเหล่านั้นอาจเป็นคำถามที่ควรสงสัยของ Gal (2004) ความสามารถที่จะมีท่าทีเชิงวิพากษ์และเต็มใจท้าทายข้อความทางสถิติเกิดขึ้นจากความเชื่อและทัศนคติของบุคคลนั้น (Gal, 2004)

ความเชื่อและทัศนคติ

ความเชื่อและทัศนคติเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดท่าทีเชิงวิพากษ์และความเต็มใจในอุทิศเวลาและความพยายามหรือการทำสิ่งต่างเกี่ยวกับการรู้สถิติ เป็นเครื่องวัดความชอบสิ่งใดสิ่งหนึ่งในบริบทเฉพาะ เช่น นักเรียน นักศึกษา หรือผู้ใหญ่ (Gal, 2004) ทัศนคติ คือ ความรู้สึกที่พัฒนาจากการตอบสนองในเชิงบวกหรือเชิงลบต่อคนหรือต่อสิ่งของ ในสภาวะแวดล้อมของบุคคลนั้นๆ และทัศนคตินั้นสามารถที่จะรู้หรือถูกตีความได้จากสิ่งที่คนพูดออกมาอย่างไม่เป็นทางการ หรือจากการสำรวจที่เป็นทางการ หรือจากพฤติกรรมของบุคคลเหล่านั้น ส่วนความเชื่อคือความคิดเห็น บุคคลควรพัฒนามุมมองเชิงบวกเกี่ยวกับการมีเหตุผลทางสถิติและความน่าจะเป็น รวมถึงความตั้งใจและความสนใจในการคิดเชิงสถิติในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับตนเอง หรือเห็นความสำคัญของอำนาจของกระบวนการทางสถิติ และยอมรับว่าการศึกษาที่มีการวางแผนอย่างเหมาะสมจะนำไปสู่ข้อสรุปที่ตรงและดีกว่าการใช้ข้อมูลจากเรื่องเล่าหรือประสบการณ์ของบุคคล

ทัศนคติและความเชื่อมีบทบาทในการศึกษาสถิติ เนื่องจากการแก้ไขปัญหาทางสถิติผู้เรียนต้องการความรู้ปลอดภัยในการค้นหา คาดเดา และรู้สึกอุ่นใจกับความสับสนชั่วคราวหรือความไม่แน่นอน เมื่อมีความรู้สึกปลอดภัยในการค้นหาและตั้งสมมติฐาน รู้สึกอุ่นใจที่เป็นผู้อ่านหรือผู้ฟังที่วิพากษ์และเชื่อในความสามารถของตนที่จะเข้าใจข้อความได้ จึงมีความมั่นใจที่จะพัฒนาและรักษาแรงจูงใจที่จะทำการวิพากษ์ (Gal, 2002)

Schau และคณะ (Schau, Dauphinee, Del Vecchio & Stevens, 1995 อ้างถึงใน Wade, 2009) กล่าวว่าทัศนคติต่อวิชาสถิติ ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ *1) ความรู้สึก (affect)* เป็นการวัดความรู้สึกทางบวกและลบต่อสถิติ *2. สมรรถนะการรู้คิด (cognitive competence)* เป็นการวัดทัศนคติเกี่ยวกับความรู้และทักษะที่นำมาใช้กับสถิติ *3) คุณค่า (value)* เป็นการวัดทัศนคติเกี่ยวกับประโยชน์ ความเกี่ยวข้อง และคุณค่าของสถิติต่อชีวิตส่วนตัวและการทำงาน *และ4) ความยาก (difficulty)* เป็นการวัดทัศนคติเกี่ยวกับความยากของวิชาสถิติ

การวัดการรู้สถิติ

เครื่องมือวัดการรู้สถิติได้มีการพัฒนาในหลายระดับทั้งในระดับนานาชาติ ชาติ และห้องเรียน ซึ่งในระดับนานาชาติและชาติมักเป็นเครื่องมือวัดที่วัดการรู้คณิตศาสตร์ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการรู้สถิติ ได้แก่ การสำรวจการรู้หนังสือและทักษะชีวิตของผู้ใหญ่ (OECD, 2010) การประเมินผลของ PISA และแบบสำรวจการรู้สถิติของโครงการ W.M. Keck Statistical Literacy ส่วนการวัดการรู้สถิติโดยตรงยังเป็นการวัดระดับชาติ ได้แก่ แบบวัดการรู้สถิติของ Watson & Callingham (2003) และเครื่องมือวัดในระดับห้องเรียน ได้แก่มาตรวัดการรู้สถิติ (Statistical Literacy Assessment Scale: SLAS) ของ Reston (2005) แบบวัดการรู้สถิติของ Wade (2009) และแบบวัดการรู้สถิติแบบรูบริกซ์ของ Martinez-Dawson (2010) รายละเอียดดังนี้

1) แบบสำรวจการรู้ตัวเลขของโครงการสำรวจการรู้หนังสือและทักษะชีวิตของผู้ใหญ่ (The Adult Literacy and Life Skills Survey: ALL) (Satherley, Lawes, & Sok, 2008) วัดทักษะพื้นฐาน 4 อย่างคือ การรู้ความเรียง (prose literacy) การรู้เอกสาร (document literacy) การรู้ตัวเลข (numeracy) และ การแก้ปัญหา (problem solving) ซึ่งการรู้เอกสาร และการรู้ตัวเลขมีความเกี่ยวข้องกับการรู้สถิติ โครงการสำรวจ ALL ระบุว่า การรู้ตัวเลขเป็นมากกว่าการประยุกต์ใช้ทักษะทางพีชคณิตกับข้อมูลที่อยู่สื่อสิ่งพิมพ์ การรู้ตัวเลขของผู้ใหญ่รวมเรื่องการมีความฉลาดทางตัวเลข ทักษะการประมาณค่า การวัดและการรู้สถิติ คุณลักษณะพฤติกรรมการรู้ตัวเลขที่สำคัญ 4 ประการ คือ ชนิดของเป้าหมายและบริบท ชนิดของการตอบสนอง ชนิดของข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์และสถิติ และชนิดของการแทนข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์และสถิติ รายละเอียดดังนี้

ชนิดของเป้าหมายและบริบท บุคคลพยายามจัดการและตอบสนองสถานการณ์ทางตัวเลขเพราะพวกเขาต้องการพอใจเป้าหมายหรือบรรลุเป้าหมาย จุดมุ่งหมายหรือเป้าหมาย คือ 1) ชีวิตประจำวัน (everday life) สถานการณ์ที่มักพบในชีวิตส่วนตัวและครอบครัว หรืองานอดิเรก การพัฒนาตนเอง หรือความสนใจ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดการเงินและงบประมาณ การเปรียบเทียบการซื้อของ การวางแผนโภชนาการ การจัดการเวลาส่วนตัว การตัดสินใจเกี่ยวกับการเดินทาง การวางแผนการท่องเที่ยว และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับงานอดิเรก การเล่นเกมส์เสี่ยงทาย เข้าใจคะแนนและสถิติทางกีฬา เป็นต้น 2) *การทำงาน* บุคคลจะพบกับสถานการณ์เกี่ยวกับตัวเลขที่มักเป็นเรื่องเฉพาะทาง

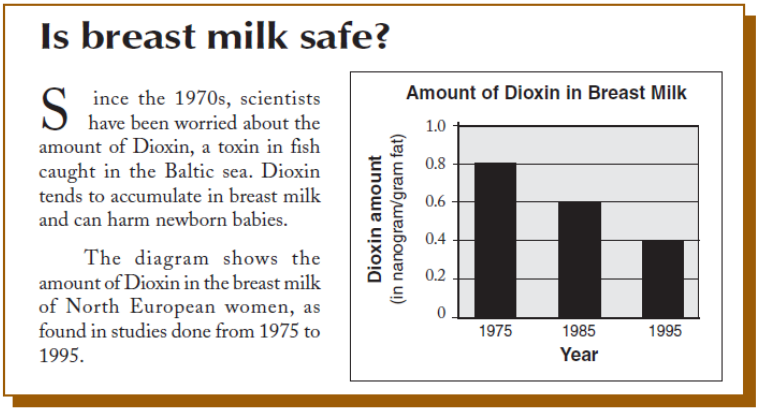
มากกว่าที่เห็นในชีวิตประจำวัน บุคคลต้องพัฒนาทักษะในการจัดการสถานการณ์ เช่น การคำนวณ การเปลี่ยนแปลง การทำให้สำเร็จและตีความกราฟควบคุมหรือกราฟแสดงคุณภาพ 3) สังคมหรือชุมชน ผู้ใหญ่ต้องการรู้เกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโลกรอบตัว เช่น แนวโน้มอาชญากรรม อัตราค่าจ้างหรือการจ้างงาน ประชากร การแพทย์ หรือความอันตรายทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากต้องมีส่วนร่วมกับเหตุการณ์ในสังคมหรือชุมชน หรือการดำเนินการทางการเมือง ความต้องการเหล่านี้สามารถอ่านและตีความจากข้อมูลสารสนเทศที่เสนอในสื่อ รวมทั้งข้อความทางสถิติ และกราฟต่างๆ ซึ่งจะต้องจัดการสถานการณ์เช่น การวางแผนทางการเงินเกี่ยวกับโครงการของชุมชน ตีความผลการศึกษาความเสี่ยงของค่านิยมทางสุขภาพใหม่ 4) การเรียนรู้เพิ่มเติม (further learning) การรู้ตัวเลขทำให้บุคคลสามารถเรียนรู้เพิ่มเติมทางวิชาการและการอบรมทางวิชาชีพ เนื่องจากการรู้คณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ กฎและสูตร และการเข้าใจกฎและหลักการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์

ชนิดของการตอบสนอง สถานการณ์ในชีวิตจริงที่แตกต่างกัน บุคคลอาจจะต้องตอบสนองไม่ทางใดก็หนึ่งหรือหลายทางร่วมกันขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างความต้องการทางสถานการณ์และเป้าหมาย ทักษะ อุปนิสัย และความรู้ที่มีอยู่ของบุคคล *การระบุปัญหา* (Identify or locate) ข้อมูลสารสนเทศทางสถิติบางอย่างเสนอในรูปแบบหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องการจุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายของบุคคล การปฏิบัติหรือตอบสนอง (act upon or react) ต่อสารสนเทศในสถานการณ์ มี 6 อย่างที่มีในทุกวัฒนธรรม คือ counting locating measuring designing playing และอธิบาย (explaining) หรือการปฏิบัติอื่น เช่น การคำนวณในใจหรือเครื่องคิดเลข (calculation) จัดอันดับหรือเรียงลำดับ (ordering or sorting) ประมาณ (estimating) วัด (measuring) และจำลอง (modeling) โดยใช้สูตร เป็นต้น *การตีความ (interpret)* สารสนเทศที่อยู่ในสถานการณ์หรือการทำความเข้าใจว่าสิ่งนั้นหมายความว่าหรือมีนัยยะอะไร รวมถึงการตัดสินข้อมูลสารสนเทศหรือข้อเท็จจริงนั้นใช้ในสถานการณ์และบริบทนั้นอย่างไร การตัดสินเชิงบทต้องอาศัยการตัดสินว่าคำตอบนั้นสมเหตุสมผลกับสถานการณ์หรือไม่ *การสื่อสาร (communicate)* เกี่ยวกับสารสนเทศหรือผลของการปฏิบัติของบุคคลหรือการตีความของบุคคลอื่น สามารถทำได้โดยการพูด เขียนหรือการวาดแผน เช่น แผนผัง แผนที่ กราฟ

ชนิดของข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์และสถิติ ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งได้เป็น 6 เรื่อง ได้แก่ ปริมาณและตัวเลข (quantity and number) มิติและรูปร่าง (dimension and shape) รูปแบบ ฟังก์ชั่นและความสัมพันธ์ (pattern, functions and relationships) การเปลี่ยนแปลง (change) และข้อมูลและโอกาส (data and chance) ซึ่งเป็นเรื่องของสถิติ โดยข้อมูลจะประกอบด้วยเรื่องของ ความแปรผัน การเลือกตัวอย่าง ความคลาดเคลื่อน การพยากรณ์ และเรื่องที่เกี่ยวสถิติเช่น การเกี่ยวรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางหรือการกระจาย หรือสถิติอ้างอิง ส่วนโอกาสจะครอบคลุมเรื่องความน่าจะเป็น และแนวคิดและเครื่องมือทางสถิติ

ชนิดของตัวแทนสารสนเทศทางคณิตศาสตร์ ข้อมูลสารสนเทศในกิจกรรมหรือสถานการณ์อาจอยู่แสดงได้หลายรูปแบบ อาจปรากฏเป็นวัตถุ หรือภาพของสิ่งของ แสดงเป็นสัญลักษณ์ เช่น ตัวเลข ตัวอักษร เครื่องหมาย สูตรที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ลักษณะของข้อสอบการรู้ตัวเลข แบ่งเป็น 40 ภาระงาน ที่มีคะแนนตั้งแต่ 174 ถึง 380 คะแนน ซึ่งภาระงานที่เกี่ยวข้องกับสถิติตัวอย่าง “Is breast milk safe?” ดังภาพ 2.7 ซึ่งเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของอาหาร คำถามข้อ 1 ความยากอยู่ที่ 280 “ปริมาณ Dioxin มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรในช่วงปี ค.ศ. 1975 ถึง 1995” ข้อ 2 ความยากอยู่ที่ 377 “จงเปรียบเทียบร้อยc และการเปลี่ยนแปลงของระดับ Dioxinจากปี ค.ศ. 1975 ถึง 1985 กับร้อยละการเปลี่ยนแปลงในปี ค.ศ. 1985 ถึง 1995 ช่วงได้สูงกว่ากัน เพราะเหตุใด”



ภาพ 2.7 ตัวอย่างบทความในข้อสอบการรู้ตัวเลข
ที่มา: (OECD, 2010)

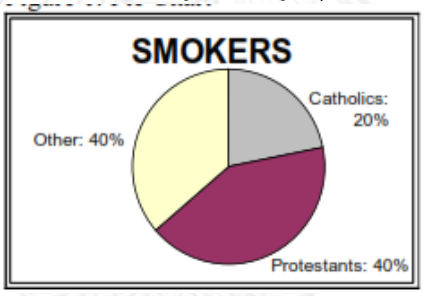
2) แบบประเมินการรู้คณิตศาสตร์ของ PISA มีการประเมินการรู้คณิตศาสตร์ (Mathematics literacy) กับเยาวชนอายุ 15 ปี ซึ่งมีเนื้อหาบางส่วนเกี่ยวข้องกับสถิติ คือ ค่าไม่แน่นอน (uncertainty) ซึ่งประกอบด้วย 2 เรื่อง คือ ข้อมูล (data) และโอกาส (chance) ซึ่งเป็นจุดเน้นของการประเมินนี้ เนื่องจากในโลกปัจจุบันในยุคของ สังคมข้อมูลข่าวสาร มีข้อมูลข่าวสารที่หลั่งไหลเข้ามาและแม้ว่าจะอ้างว่าเป็นข้อมูลที่ถูกต้องตรวจสอบได้จริง แต่ในชีวิตจริงเราก็ต้องเผชิญกับความไม่แน่นอนหลายอย่าง เช่น ผลการเลือกตั้งที่ไม่คาดคิด การพยากรณ์อากาศที่ไม่เที่ยงตรง การล้มละลายทางเศรษฐกิจ การเงิน การพยากรณ์ต่างๆ ที่ผิดพลาด การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การเสนอข้อมูล ความน่าจะเป็น และการอ้างอิงทางสถิติจึงเข้ามามีส่วนสำคัญในการแสดงให้เห็นถึงความไม่แน่นอนของโลก การสร้างข้อสอบของ PISA จะไม่สร้างข้อสอบเพื่อวัดสมรรถนะต่างๆ เฉพาะแต่ละสมรรถนะโดยลำพังเนื่องจากสมรรถนะของคนไม่ใช้สิ่งที่จะแยกออกมาวัดได้โดดๆ แต่ในการแสดความสามารถอย่างใดอย่างหนึ่งอาจมีหลายสมรรถนะซ้อนกันอยู่ ดังนั้นในการตอบข้อสอบของ PISA ผู้ตอบจำเป็นต้องมีและสามารถใช้สมรรถนะดังกล่าว หรือใช้หลายสมรรถนะในการ

แก้ปัญหาได้ ข้อสอบของ PISA จะใช้สถานการณ์ที่มีอยู่ในโลกของความเป็นจริง ที่ต้องการให้นักเรียนรู้จักคิด ใช้เหตุผล และคำอธิบายมาประกอบคำตอบของตนอีกด้วย

การสร้างข้อสอบของ PISA 2009 จำแนกออกตามกรอบโครงสร้างการประเมินการรู้คณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็นลักษณะเฉพาะ 5 อย่าง คือ เนื้อหา แขนงวิชา สถานการณ์ สมรรถนะ และแบบของข้อสอบ ตัวอย่างเช่น ข้อสอบเรื่อง “การสนับสนุนประธานาธิบดี” ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ มีเนื้อหา: ความไม่แน่นอน แขนงวิชา: ไม่มี สถานการณ์: ในเชิงชุมชน สมรรถนะ: การเชื่อมโยง แบบของข้อสอบ: สร้างคำตอบแบบอิสระ

การสนับสนุนประธานาธิบดี
ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ เนื้อหา : ความไม่แน่นอน แขนงวิชา : ไม่มี สถานการณ์ : ในเชิงชุมชน สมรรถนะ : การเชื่อมโยง แบบของข้อสอบ : สร้างคำตอบแบบอิสระ
ในประเทศเซดแลนด์ มีการสำรวจความเห็นเกี่ยวกับการสนับสนุนประธานาธิบดีในการเลือกตั้งที่กำลังจะมาถึง หนังสือพิมพ์สี่ฉบับแยกกันสำรวจความเห็นทั่วประเทศ ปรากฏผลการสำรวจดังนี้ หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 1: 36.5% (ทำแบบสำรวจในวันที่ 6 มกราคม ใช้กลุ่มตัวอย่าง 500 คน โดยสุ่มจากประชากรที่มีสิทธิเลือกตั้ง) หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 2: 41.0% (ทำแบบสำรวจในวันที่ 20 มกราคม ใช้กลุ่มตัวอย่าง 500 คน โดยสุ่มจากประชากรที่มีสิทธิเลือกตั้ง) หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 3: 39.0% (ทำแบบสำรวจในวันที่ 20 มกราคม ใช้กลุ่มตัวอย่าง 1000 คน โดยสุ่มจากประชากรที่มีสิทธิเลือกตั้ง) หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 4: 44.5% (ทำแบบสำรวจในวันที่ 20 มกราคม ใช้กลุ่มตัวอย่าง 1000 คน โดยผู้อ่านหนังสือพิมพ์โทรศัพท์เข้ามาออกเสียง)
คำถามที่ 1 : การสนับสนุนประธานาธิบดี ผลสำรวจของหนังสือพิมพ์ฉบับใด น่าจะพยากรณ์ระดับการสนับสนุนประธานาธิบดีได้ดีที่สุด ถ้าการเลือกตั้งจะมีขึ้นในวันที่ 25 มกราคม จงให้เหตุผลสองข้อเพื่อสนับสนุนคำตอบด้วย
คำตอบ **คะแนนเต็ม** หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 3 การสำรวจฯ เป็นปัจจุบันมากกว่า เป็นการสุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่กว่า และถามเฉพาะผู้มีสิทธิ์เลือกตั้ง (ให้เหตุผลอย่างน้อยสองเหตุผล) ไม่สนใจข้อมูลเพิ่มเติม (รวมถึงข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ถูกต้อง) เช่น • หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 3 เพราะว่าเขาได้สุ่มเลือกประชาชนที่มีสิทธิ์ลงคะแนนมากกว่า • หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 3 เพราะว่าเขาได้ถาม 1000 คน โดยการสุ่มเลือก และดำเนินการในวันที่ใกล้กับวันเลือกตั้ง ดังนั้นผู้มีสิทธิ์เลือกตั้งมีเวลาที่จะเปลี่ยนใจน้อยลง • หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 3 เพราะว่าพวกเขาถูกสุ่มเลือก และต่างมีสิทธิ์ลงคะแนน • หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 3 เพราะว่าเขาสำรวจจำนวนประชาชนมากกว่าและใกล้วันเลือกตั้งมากกว่า • หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 3 เพราะว่าคนทั้ง 1000 คนถูกสุ่มเลือก ***ได้คะแนนบางส่วน:*** ตอบว่าหนังสือพิมพ์ฉบับที่ 3 แต่ให้เหตุผลเพียงหนึ่งข้อ หรือไม่มีคำอธิบายเลย • หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 3 เพราะว่าวันสำรวจใกล้วันเลือกตั้งมากกว่า • หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 3 มีคนถูกสำรวจมากกว่าฉบับที่ 1 และ 2 • หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 3 ***ไม่มีคะแนน:*** คำตอบอื่นๆ • หนังสือพิมพ์ฉบับที่ 4 การที่มีประชาชนมากกว่า ย่อมหมายถึงผลที่แน่นอนกว่า และคนที่โทรศัพท์เข้ามาออกเสียง จะต้องพิจารณาการออกเสียงของเขาเป็นอย่างดีแล้ว

3) แบบสำรวจการรู้สถิติของโครงการ W.M. Keck Statistical Literacy Schield (2006) ได้พัฒนาแบบสำรวจการรู้สถิติภายใต้โครงการ W.M. Keck Statistical Literacy Project เพื่อใช้สำรวจการรู้สถิติระดับนานาชาติในกลุ่มนักศึกษา นักวิเคราะห์ข้อมูล และครูสอนสถิติในประเทศสหรัฐอเมริกาและแอฟริกาใต้ เรียกว่า Statistical Literacy Inventory (SLI) เป็นการสำรวจการรู้สถิติจากอ่านค่าอัตราส่วนและร้อยละจากกราฟ และตารางสถิติที่สามารถพบได้ในบทความทางหนังสือพิมพ์ ลักษณะแบบประเมินประกอบด้วย 69 ข้อคำถาม แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ *ลักษณะแรก* เป็นลักษณะทางประชากร จำนวน 8 ข้อ ได้แก่ 1-8 *ลักษณะสอง* เป็นการสำรวจว่าบุคคลมีมุมมองที่แตกต่างอย่างไรระหว่างความสัมพันธ์กับปัจจัยเชิงเหตุผล จำนวน 7 ข้อ ได้แก่ ข้อ 13 - 18 และ 20 *ลักษณะสาม* มีจำนวน 48 ข้อ เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับ กราฟ 7 ข้อ และตาราง 41 ข้อ และ*ลักษณะสุดท้าย* การประเมินผลการสำรวจ จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ 64-69 การตอบให้เลือกตอบ 3 ลักษณะ คือ “ใช่” “ไม่ใช่” และ “ไม่รู้” ตัวอย่างเช่น จากภาพ 2.8 คุณคิดว่าข้อความต่อไปนี้กล่าวถูกต้องแล้วใช่หรือไม่ *1) 20% ของผู้ที่สูบบุหรี่เป็นคาทอลิก [ใช่]*
2) ชาวโปรแตสแตนท์ (40%) มีเป็นสองเท่าของผู้ที่น่าจะสูบบุหรี่ที่เป็นคาทอลิก [ไม่ใช่]



ภาพ 2.8 ตัวอย่างข้อสอบในแบบสำรวจการรู้สถิติของโครงการ W.M. Keck Statistical Literacy
ที่มา: Schield (2006)

4) แบบวัดการรู้สถิติของ Watson & Callingham แบบวัดของ Watson & Callingham (2003) พัฒนาแบบวัดการรู้สถิติสำหรับนักเรียนชั้นประถมในประเทศออสเตรเลียจากกรอบแนวคิด 2 ส่วน คือ กรอบการรู้คิด (Biggs & Collis, 1982 อ้างถึงใน Watson & Callingham, 2003) และกรอบการคาดหวังเกี่ยวกับการรู้สถิติในนักเรียนเมื่อจบจากโรงเรียนและเข้าไปอยู่ในสังคมของ Watson (1997 อ้างถึงใน Watson & Callingham, 2003) และ Gal (2005) แต่แบบวัดนี้เน้นเฉพาะการวัดคุณลักษณะหรือความสามารถ คือ ความสามารถในการพิจารณาความผันแปรรวมถึงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับโอกาสและข้อมูล และความสามารถในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบริบทที่นำเสนอ นอกจากนี้ยังวัดการใช้คำศัพท์และทักษะทางสถิติที่เหมาะสมกับสถานการณ์ ส่วนการวัดการสื่อสาร แบบวัดนี้ไม่ได้มีการวัดเกี่ยวกับแรงจูงใจซึ่งเป็นเรื่องของอุปนิสัย ข้อคำถามมีจำนวน 80 ข้อ การให้คะแนนคำตอบเป็นแบบรูบริก แบบ 2 – 6 ระดับ คือ (1) ให้คะแนน 0-1 หรือ (2) ให้คะแนน 0-5 ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของข้อคำถาม

5) มาตรวัดการรู้สถิติของ Reston (Statistical Literacy Assessment Scale: SLAS) ซึ่งพัฒนาโดย Reston (2005) เพื่อที่ใช้วัดการรู้สถิติกับนักศึกษาระดับบัณฑิตที่เรียนวิชาสถิติพื้นฐานและผู้สอนวิชาสถิติในระดับมหาวิทยาลัย และพนักงานของรัฐ Reston (2005) ซึ่งสร้างจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Watson, 1997; Gal, 2002; Rumsey, 2002 อ้างถึงใน Reston, 2005) ประกอบด้วยข้อคำถาม 15 ข้อ ที่ใช้วัดการรู้สถิติของผู้ใหญ่ใน 2 มิติ คือ 1) ความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานและศัพท์ทางสถิติที่ใช้ในสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน และ 2) เข้าใจการกล่าวอ้างและข้อโต้แย้งเกี่ยวกับข้อมูลจากสื่อที่หลากหลาย ในมิติแรกวัดโดยการให้ตอบคำถามที่เป็นสถานการณ์จริงที่มีการใช้คำศัพท์ทางสถิติ และมิติที่สองวัดโดยการให้ตีความข้อมูลจากตารางและกราฟในสถานการณ์ที่แตกต่างกันที่เผยแพร่ในสื่อหนังสือพิมพ์ รายงานวิจัย และโฆษณาสินค้า ข้อความในข้อคำถามเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในบริบทของประเทศฟิลิปปินส์ แต่ละคำถามจะนำเสนอตาราง สรุป กราฟ หรือข้อสรุปทางสถิติ และถามคำถามแบบปลายปิดเกี่ยวกับข้อมูลที่นำเสนอ เช่น คุณเห็นด้วยกับคำกล่าวอ้างของผู้เขียนข้อความนี้หรือไม่ การตอบส่วนแรกให้เลือกตอบ 3 ลักษณะ คือ “ใช่” “ไม่ใช่” และ “บอกไม่ได้” กรณีที่ผู้ตอบไม่มั่นใจที่จะตอบ ใช่ หรือไม่ใช่ สามารถเลือก “บอกไม่ได้” เนื่องจากเชื่อว่าจำเป็นต้องมีข้อมูลเพิ่มเติม และเมื่อตอบในส่วนแรกแล้วผู้ตอบต้องอธิบายเหตุผลที่ตอบในส่วนคำถามปลายเปิดเป็นส่วนที่สอง ซึ่งการตอบคำถามทั้งสองส่วนมีผลต่อการให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกในส่วนแรกได้ 1 คะแนน และส่วนที่สองคำตอบจะถูกประเมินให้คะแนนแบบรูบริก 3 ระดับ คือ 2 คะแนน สำหรับการให้เหตุผลที่ถูกต้องบนพื้นฐานของแนวคิดทางสถิติ 1 คะแนน สำหรับการให้เหตุผลบางส่วนถูกต้อง และ 0 คะแนนกรณีที่ไม่พยายามให้เหตุผล

6) มาตรวัดการรู้สถิติ (Statistical Literacy Scale) ของ Callingham และ Watson (2005) มาตรวัดนี้พัฒนาขึ้นเพื่อประเมินการรู้สถิตินักเรียนเกรด 5 ถึง 10 มีจำนวน 50 ข้อ แบ่งตามแนวคิดทางสถิติ 3 ส่วน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและโอกาสที่จะเกิดขึ้น (average/chance; AC) ตัวอย่าง/การอ้างอิง (sample/inference; SI) และการสร้างกราฟและความผันแปร (graphing/variation; GV) การให้คะแนนมีค่าเท่ากับ 0-1 หรือ 0-5 ขึ้นอยู่กับระดับความยากง่ายของข้อคำถาม ตัวอย่างเช่น ข้อคำถาม ในส่วน AC คือ

ข้อคำถาม: นักเรียน 9 คน ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ร่วมกันชั่งวัตถุชิ้นเล็กๆ ชิ้นหนึ่ง และบันทึกน้ำหนักที่ตนเองชั่งได้(หน่วยเป็นกรัม) น้ำหนักของวัตถุที่นักเรียนแต่ละคนบันทึก คือ

6.3 6.0 6.0 15.3 6.1 6.3 6.2 6.15 6.3

นักเรียนต้องหาวิธีที่ดีที่สุดในการตัดสินน้ำหนักของวัตถุชิ้นนี้ Ben บอกว่าจะใช้ค่าที่มีคนวัดได้ตรงกันมากที่สุดเพื่อหาฐานนิยม คุณคิดว่าวิธีของ Ben ดีหรือไม่ โปรดอธิบาย

7) แบบวัดการรู้สถิติของ Wade แบบวัด Wade (2009) เป็นเครื่องมือวัดองค์ประกอบของการรู้สถิติตามแนวคิดโมเดลของการรู้สถิติของ Gal (2004) ใช้กับนักศึกษาปริญญาตรี ประกอบด้วยเครื่องมือ 4 อย่าง ได้แก่

1) แบบวัดความรู้และทักษะที่ใช้วัดการองค์ประกอบด้านความรู้ 4 เรื่อง คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้ทางสถิติ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และความรู้เชิงบริบท ซึ่งข้อคำถามได้มาจากเว็บไซต์ ARTIST ซึ่งเป็นเว็บที่โครงการร่วมเพื่อการประเมินผลทางสถิติในระดับอุดมศึกษาระดับชาติและนานาชาติ มี 18 ข้อ

2) แบบวัดการตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ เป็นแบบวัดที่สร้างจากคำถามที่ต้องสงสัยตามแนวคิดของ Gal (2004) มีจำนวน 10 ข้อ เช่น 1) ข้อมูลมาจากไหน ใช้การศึกษาประเภทไหน ประเภทที่ใช้ในการศึกษามีความสมเหตุสมผลกับบริบทหรือไม่

3) แบบวัดทัศนคติและความเชื่อ ได้ใช้แบบวัด ทัศนคติต่อสถิติ (Survey of Attitudes Toward Statistics (SATS) ของ Schau และคณะ (Schau, Stevens, Dauphine, & Del Vecchio, 1995) ร่วมกับแบบวัดความเชื่อทางสถิติของ Wade (2009) ที่พัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Gal โดย SATS มี 28 ข้อคำถาม แบ่งเป็น 4 ด้านคือ ความรู้สึก (affect) สมรรถนะการรู้คิด (cognitive competence) คุณค่า (Value) และความยาก (difficult) เป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า 7 ระดับ 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 = เฉยๆ และ 7 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง มีข้อความเชิงบวกและเชิงลบ กรณีข้อความเชิงลบจะกลับคะแนนก่อนจะนำไปวิเคราะห์ ถ้าได้คะแนน SATS สูงแสดงว่ามีทัศนคติที่ดีต่อวิชาสถิติ ตัวอย่างเช่น 1) ฉันชอบสถิติ 2) สถิติไม่มีประโยชน์ และแบบวัดของ Wade (2009) แบ่งเป็นคำถามปลายเปิดหรือเติมคำ ตัวอย่างเช่น ด้านคุณค่าของสถิติ “ฉัน*สามารถ*หรือ*ไม่สามารถ*เรียนสถิติได้” ผู้ตอบต้องเลือกต้องอย่างได้อย่างหนึ่งและตอบคำถามต่อว่า “ทำไมจึงตอบเช่นนั้น” “เหตุการณ์ใดที่ทำให้ตอบเช่นนี้” สำหรับแบบเติมคำ เช่น ฉันคิดว่าสถิติ คือ ..... (มีประโยชน์ น่าเบื่อ น่ากลัว) เพราะ .....

4) แบบวัดท่าทีเชิงวิพากษ์ (Scale of Critical Stance: SCS) ซึ่งท่าทีเชิงวิพากษ์คือ ความเต็มใจที่จะกระทำเมื่อพบกับข้อความทางสถิติในสื่อ เนื่องจากแต่ละคนจะไม่อยู่เฉยเมื่อตีความข้อมูลสารสนเทศทางสถิติ แต่จะตั้งคำถามต่อข้อความนั้น ประกอบด้วย 10 สถานการณ์ (B. A. Wade, 2009) และใช้มาตรวัดประมาณค่า 7 ระดับ คือ 1 = ไม่เห็นด้วย 4 = เฉยๆ และ 7 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง มีข้อความเชิงบวกและเชิงลบ กรณีข้อความเชิงลบจะกลับคะแนนก่อนจะนำไปวิเคราะห์ เมื่อได้คะแนนสูงแสดงว่ามีท่าทีเชิงวิพากษ์สูง ตัวอย่างเช่น 1) ฉันไม่เคยสงสัยบทความทางหนังสือพิมพ์ที่เป็นรายงานผลการวิจัยของหน่วยงานของรัฐเลย 2) ฉันมักสงสัยเกี่ยวกับโฆษณาทางการแพทย์เมื่อโฆษณาโดยบุคคลที่เป็นที่รู้จักเป็นต้น

8) แบบวัดการรู้สถิติแบบรูบริกซ์ Martinez-Dawson (2010) พัฒนามาตรวัดองค์ประกอบการรู้สถิติแบบรูบริกซ์ เรียกว่า Statistical Literacy Components Rubrics (SLCR) เป็นแบบสอบถามออนไลน์ เพื่อวัดการตระหนักรู้ถึงองค์ประกอบของการรู้สถิติของนักศึกษาระดับ

มหาวิทยาลัย ตามแนวคิดของ (Utts, 2003) ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความเอนเอียง (bias) (2) ความเป็นสาเหตุ (causality) (2) การนิยาม (definitions) (3) การสรุปอ้างอิง (generalize) (4) ตัวแปรปะปน (lurking variable) (5) วิธีการ(method) (6) รายงานเชิงสถิติ (reported statistics) และ (7) การแปรผัน (variation) เป็นคำถามปลายเปิดหรืออัตนัย จำนวน 10 ข้อ การให้คะแนนเป็นแบบรูบริก 4 ระดับ คือ คะแนน 0 ถึง 3 เมื่อ 0 แสดงถึงความตระหนักน้อย และ 3 แสดงถึงความตระหนักสูง ตัวอย่างเช่น *1) จากบทความในหนังสือพิมพ์คำถามอะไรบ้างที่ควรมีจากสรุปของ Allstate ที่ว่ามีอุบัติเหตุทางรถยนต์ 6 ล้านคันทุกปีในประเทศสหรัฐอเมริกา จงอภิปรายว่าทำไมแต่ละคำถามถึงสำคัญ*

9) แบบวัดทัศนคติต่อสถิติ เนื่องจากทัศนคติและความเชื่อมีปฏิสัมพันธ์กัน ทัศคติสามารถตรวจสอบได้จากเครื่องมือ การสำรวจทัศนคติต่อสถิติ (Survey of attitudes toward statistics; SATS) ซึ่งมีการวัดความเชื่อในเครื่องมือนี้ด้วย SATS พัฒนาโดย Schau และคณะ (Schau et al., 1995) ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ *1) ความรู้สึก (affect)* เป็นการวัดความรู้สึกทางบวกและลบต่อสถิติ *2. สมรรถนะการรู้คิด (cognitive competence)* เป็นการวัดทัศนคติเกี่ยวกับความรู้และทักษะที่นำมาใช้กับสถิติ *3) คุณค่า (value)* เป็นการวัดทัศนคติเกี่ยวกับประโยชน์ ความเกี่ยวข้อง และคุณค่าของสถิติต่อชีวิตส่วนตัวและการทำงาน *และ4) ค่ายาก (difficulty)* เป็นการวัดทัศนคติเกี่ยวกับความยากของวิชาสถิติ มีจำนวน 28 ข้อ แบบมาตรประมาณค่า 7 ระดับ 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 = ไม่ทั้งเห็นด้วยและไม่เห็นด้วย 7= เห็นด้วยอย่างยิ่ง มีบางข้อความเป็นเชิงบวกและบางข้อความเป็นเชิงลบซึ่งต้องกลับคะแนนก่อนนำไปวิเคราะห์ ถ้ามีคะแนนสูงแสดงว่ามีทัศนคติที่ดีต่อสถิติ แบบวัดนี้ Martinez-Dawson (2010) และ Wade (2009) ใช้ในการวัดทัศนคติต่อสถิติเพื่อวัดการรู้สถิติ

เครื่องมือการรู้สถิติสามารถสรุปตามองค์ประกอบของการรู้สถิติ คือ องค์ประกอบด้านความรู้ซึ่งแบ่งได้ 5 องค์ประกอบย่อย คือ สถิติศาสตร์ คณิตศาสตร์ บริบาท การรู้หนังสือ และองค์ประกอบด้านอุปนิสัยซึ่งแบ่งเป็น 2 องค์ประกอบย่อย คือ ทัศนคติ และท่าทีเชิงวิพากษ์ ดังตาราง 2.6

ตาราง 2.6 เครื่องมือวัดองค์ประกอบการรู้สถิติ

เรื่องที่วัด	เครื่องมือวัด	งานที่ใช้
1. ความรู้ - สถิติศาสตร์	- แบบสำรวจการรู้ตัวเลขของ ALL	OECD,Statistics Canada (2011)
	- แบบประเมินการรู้คณิตศาสตร์ของ PISA	OECD (2010)
	- แบบสำรวจการรู้สถิติของโครงการ W.M. Keck Statistical Literacy	Schield (2006)
	- แบบวัดการรู้สถิติของ Watson & Callingham	Watson & Callingham (2003)
	- มาตรวัดการรู้สถิติของ Reston	Reston (2005)
	- มาตรวัดการรู้สถิติ	Callingham และ Watson (2005)
	- แบบวัดการรู้สถิติของ Wade	Wade (2009)
	- แบบวัดการรู้สถิติแบบรูบริกซ์	Martinez-Dawson (2010)

เรื่องที่วัด	เครื่องมือวัด	งานที่ใช้
- คณิตศาสตร์	- แบบสำรวจการรู้ตัวเลขของ ALL	OECD,Statistics Canada (2011)
	- แบบประเมินการรู้คณิตศาสตร์ของ PISA	OECD (2010)
	- แบบสำรวจการรู้สถิติของโครงการ W.M. Keck Statistical Literacy	Schield (2006)
	- แบบวัดการรู้สถิติของ Watson & Callingham	Watson & Callingham (2003)
	- แบบวัดการรู้สถิติของ Wade	Wade (2009)
- บริบท	- แบบสำรวจการรู้ตัวเลขของ ALL	OECD,Statistics Canada (2011)
	- แบบประเมินการรู้คณิตศาสตร์ของ PISA	OECD (2010)
	- แบบสำรวจการรู้สถิติของโครงการ W.M. Keck Statistical Literacy	Schield (2006)
	- แบบวัดการรู้สถิติของ Watson & Callingham	Watson & Callingham (2003)
	- มาตรวัดการรู้สถิติของ Reston	Reston (2005)
	- แบบวัดการรู้สถิติของ Wade	Wade (2009)
- การรู้หนังสือ	- แบบสำรวจการรู้ตัวเลขของ ALL	Reston (2005)
	- แบบประเมินการรู้คณิตศาสตร์ของ PISA	OECD (2010)
	- แบบวัดการรู้สถิติของ Wade	Wade (2009)
- การวิพากษ์	- แบบประเมินการรู้คณิตศาสตร์ของ PISA	OECD (2010)
	- แบบสำรวจการรู้สถิติของโครงการ W.M. Keck Statistical Literacy	Schield (2006)
	- แบบวัดการรู้สถิติของ Watson & Callingham	Watson & Callingham (2003)
	- มาตรวัดการรู้สถิติของ Reston	Reston (2005)
	- แบบวัดการรู้สถิติของ Wade	Wade (2009)
	- แบบวัดการรู้สถิติแบบรูบริกซ์	Martinez-Dawson (2010)
2. อุปนิสัย - ทัศนคติต่อสถิติ	- แบบวัดทัศนคติต่อสถิติ	Martinez-Dawson (2010); Wade (2009)
- ท่าทีเชิงวิพากษ์	- แบบวัดการรู้สถิติของ Wade	Wade (2009)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแบบวัดการรู้สถิติผู้วิจัยได้นำเครื่องมือวัดการรู้สถิติ**ของ** Wade (2009) มาประยุกต์ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากแบบวัดนี้เป็นแบบวัดที่พัฒนาตามแนวคิดโมเดลของการรู้สถิติของ Gal (2004) ข้อคำถามหนึ่งข้อวัดองค์ประกอบเดียว และเป็นแบบวัดที่ใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีจึงมีเนื้อหาในแบบวัดที่สอดคล้องกับเนื้อหาการเรียนการสอนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรี

ตอนที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ

ผลการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการรู้สถิติ และเรื่องที่เกี่ยวข้องกับได้แก่ ความสามารถทางสถิติ ผลสัมฤทธิ์ทางสถิติ เป็นต้น พบว่ามีตัวแปรหลายตัวที่ส่งผลต่อการรู้สถิติซึ่งเป็นปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชาที่ศึกษา การเรียนสถิติ และการเรียนคณิตศาสตร์ รายละเอียดดังนี้

เพศ

งานวิจัยพบว่า เพศมีความสัมพันธ์กับทัศนคติและความสามารถในการรู้คิดของผู้เรียน สมมติฐานโดยทั่วไประบุว่า ในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ผู้ชายจะทำได้ดีและมีผลสำเร็จสูงกว่าผู้หญิงรวมถึงวิชาสถิติด้วย มีการวิจัยหลายชิ้นเกี่ยวกับเพศกับผลสำเร็จในการศึกษาวิชาสถิติผลการศึกษามีความแตกต่างกัน โครงการ ALL (OECD Statistics Canada, 2011) สำรวจพบว่า ผู้ชายมีการรู้ตัวเลขสูงกว่าผู้หญิง และเมื่อศึกษาร่วมกันระหว่างตัวแปรเพศกับความรู้สึกที่สนองต่อการรู้ตัวเลข พบว่า ความรู้ต่อการรู้ตัวเลขเป็นสาเหตุหนึ่งของความแตกต่างของการรู้ตัวเลขระหว่างเพศ เนื่องจากผู้ชายมีความมั่นใจในทักษะทางคณิตศาสตร์ของตนเองมากกว่าผู้หญิง ในขณะที่ผู้หญิงมีความกังวลในความสามารถในการคำนวณของตนเอง จากความรู้สึกสามารถสะท้อนถึงพฤติกรรมที่ผู้ชายมักจะเข้าร่วมภาระงานเกี่ยวกับการรู้ตัวเลขได้ทุกระดับในขณะที่ผู้หญิงมีการเข้าร่วมน้อย ในทางตรงข้ามมีงานวิจัยของ (Brooks, 1987 อ้างถึงใน Martinez-Dawson, 2010) พบว่าผู้หญิงจะได้เกรดสูงกว่าและมีคะแนนรวมสูงกว่า ส่วน Ware & Chastain (1991 อ้างถึงใน Martinez-Dawson, 2010) และ Buck (1985 อ้างถึงใน Martinez-Dawson, 2010). กล่าวว่า ผู้หญิงกับผู้ชายมีคะแนนวิชาสถิติไม่แตกต่างกัน

กลุ่มสาขาวิชา

กลุ่มสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับตัวเลขมีผลต่อการรู้สถิติของนักศึกษา ตามการศึกษาระดับการรู้สถิติของ Schield (2011) ที่พบว่า ผู้ที่เรียนสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เศรษฐศาสตร์ บริหารธุรกิจ เป็นต้น สามารถเข้าใจสถิติที่นำเสนอในรูปตาราง กราฟ และข้อความได้ดีกว่านักศึกษาที่เรียนสาขาวิชาที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถิติ เช่น สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ ศิลปกรรมศาสตร์ เป็นต้น เช่นเดียวกับ Philips (1990 อ้างถึงใน Kim (2006)) กล่าวคือ ผู้เรียนในสาขาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และสถิติมีทัศนคติที่ดีต่อสถิติ แต่ผู้เรียนในสาขาอื่นจะไม่เป็นเช่นนี้ Gal และ Ginsburg (1994 อ้างอิงใน Wade, 2009) กล่าวว่า เนื่องจากบทบาทและความสำคัญของสถิติในการเรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคตของแต่ละสาขาวิชาแตกต่างกัน

การเรียนวิชาสถิติ

การมีประสบการณ์กับเรื่องนั้นๆ มีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยเฉพาะการเรียนรู้เรื่องใหม่ๆ ในสิ่งที่เคยเรียนรู้มาก่อนตามทฤษฎีการรู้คิดที่เกี่ยวกับการประมวลข้อมูลกล่าวว่าข้อมูลที่เคยเรียนมาก่อนจะสามารถเรียกคืนจากหน่วยความจำระยะยาวช่วยสนับสนุนการประมวลข้อมูลใหม่ (Woolfolk, 1995 อ้างถึงใน Kim, 2006) จากการศึกษาของ Onwuegbuzie (2003) พบว่า จำนวนรายวิชาสถิติที่

เรียนในระดับมหาวิทยาลัยมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสถิติ Brown & Brown (1995 อ้างถึงใน Onwuegbuzie (2003)) ศึกษาพบอิทธิพลของเกรดของวิชาสถิติก่อนหน้าต่อทัศนคติของผู้เรียนวิชาสถิติ เนื่องจากความสำเร็จของประสบการณ์และผลสัมฤทธิ์ก่อนหน้ามีผลทางบวกต่อความรู้สึกของผู้เรียนทั้งการรับรู้ความสามารถและทัศนคติ และ Wade และ Goodfellow (2009) ศึกษาพบว่าผู้ที่มีประสบการณ์เรียนวิชาสถิติมีการรู้สถิติสูงกว่าผู้ที่ไม่ได้เรียนมาก่อนทั้งด้านความรู้คณิตศาสตร์ สถิติ และรู้หนังสือ และการตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ เช่นเดียวกับ McAlevey และ Sallivan (2010) พบว่านักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติมาก่อนสามารถตอบคำถามเกี่ยวสถิติได้ถูกมากกว่ากลุ่มที่ไม่เคยเรียบสถิติมาก่อน

การเรียนวิชาคณิตศาสตร์

การเรียนวิชาคณิตศาสตร์นี้รวมถึงการอบรมทางคณิตศาสตร์มีอาจผลต่อความสามารถทางสถิติ ผู้เรียนที่ไม่ได้เรียนคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาใกล้ๆ จะไม่สามารถประยุกต์ใช้สถิติได้ดีเท่ากับผู้เรียนที่เรียนคณิตศาสตร์มาไม่นาน (Bandalos, Yates, & Thorndike-Christ, 1995) จำนวนรายวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนสำเร็จมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Elmere et al., 1993 อ้างถึงใน B. A. Wade (2009); Fenster, 1992 อ้างถึงใน B. A. Wade (2009); Wilson, 1997 อ้างถึงใน B. A. Wade (2009)) นอกจากนี้ Chiesi และ Primi (2010) พบว่าคะแนนคณิตศาสตร์มีผลอย่างมากต่อผลสัมฤทธ์ทางสถิติ

การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี

Garfield และ Ben-Zvi (2004) กล่าวว่า การรู้สถิติสามารถพัฒนาได้ด้วยการใช้เทคโนโลยี (technological tool) ได้แก่ เครื่องคำนวณที่ใช้สร้างกราฟ โปรแกรมสร้างกราฟ และเว็บไซต์ทางอินเตอร์เน็ต (World Wide Web) โดยอาจช่วยสร้างความรู้ให้กับผู้เรียนด้วยการที่ผู้เรียนได้ลงมือทำและการได้เห็นข้อมูลทางสถิติ ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสสะท้อนคิดต่อปรากฏการณ์ที่ได้เห็น นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ยังเป็นเครื่องมือทางปัญญา (cognitive tool) ที่ช่วยในการข้ามขีดจำกัดของจิตใจมนุษย์ ดังนั้นเทคโนโลยีไม่เพียงแต่เพิ่มความสามารถทางสถิติของผู้เรียนยังจัดระบบการทำงานทั้งร่างกายและจิตใจ (ผู้เรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการรู้คิดซึ่งเป็นความรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิด และการควบคุมและกำกับตนเอง) เช่นเดียวกับ Ben-Zvi (2011) กล่าวว่า เครื่องมือทางเทคโนโลยี (technological tool) ไม่เพียงช่วยในการสร้างข้อมูลสถิติ กราฟ และวิเคราะห์ข้อมูลแต่ยังช่วยผู้เรียนเห็นภาพเกี่ยวกับแนวคิดทางสถิติและพัฒนาความเข้าเกี่ยวกับแนวคิดทางสถิตนี้ผ่านสถานการณ์ต่างๆ ในโปรแกรม ตัวอย่างของเครื่องมือทางเทคโนโลยี ได้แก่ 1) โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเชิงพาณิชย์ (Commercial statistical packages) สำหรับวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล เช่น Excel SPSS Minitab SAS เป็นต้น 2) เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษา (Educational data analysis tools) 3) เว็บไซต์หรือ Computer-based applets แสดงตัวอย่างและรูปภาพเกี่ยวกับแนวคิดทางสถิติ นอกจากนี้ Garfield และ Ben-Zvi (2004; 2007) กล่าวว่า เครื่องมือทางเทคโนโลยี

เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องสร้างกราฟ โปรแกรม และอินเตอร์เน็ต สามารถช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการรู้สถิติ โดยช่วยผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางสถิติซึ่งเป็นนามธรรมจากการนำเสนอข้อมูลชุดเดียวกันในหลายรูปแบบแตกต่างกัน และผู้เรียนสามารถจัดการข้อมูลในรูปแบบที่แตกต่างกันตามต้องการ Nikiforidou และคณะ (2010) ให้ความเห็นว่า การเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐานมีความสำคัญอย่างมากในการเรียนสถิติในระดับมหาวิทยาลัย ผู้เรียนและผู้สอนมีการเรียนจากแหล่งข้อมูลออนไลน์อย่างมาก งานวิจัยของ Hilton และ Christensen (2002) พบว่าสื่อที่ใช้ในการสอนบรรยายแบบเดิมไม่ได้เพิ่มความรู้และทัศนคติต่อสถิติได้ เช่นเดียวกับ Utts (2003) ที่ พบว่าการใช้อินเตอร์เน็ตและเว็บไซต์ที่เหมาะสมอาจช่วยเพิ่มความมั่นใจและศักยภาพในการสอนของผู้สอน ดังเช่น งานวิจัยของ Mittag (2010) ใช้การสื่อสารผ่านทางเว็บไซต์และบทเรียนออนไลน์ในการพัฒนาการรู้สถิติ

การวัดการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีในการวิจัยครั้งนี้พัฒนาจากมาตรวัดการเรียนรู้ด้วยตนเองกับเทคโนโลยี (the self-directed learning with technology scale: SDLTS) ซึ่งประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ การบริหารตนเอง (self-management) และความมุงมั่นในการที่จะเรียนรู (intentional learning) ในบริบทของเทคโนโลยี เช่น คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต ฯลฯ ในการวิจัยครั้งนี้นำมาประยุกต์ใช้ในบริบทของการเรียนรู้สถิติในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การทำงานและการเพิ่มเติมความรู้และความสามารถทางสถิติในบริบทของเทคโนโลยี คือ คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต ฯลฯ

การมีประสบการณ์กับสถิติ

Gal(2004) กล่าวว่าการที่บุคคลได้บริโภคข้อมูลสถิติจากสื่อหนังสือพิมพ์หรือสื่อช่องทางอื่นวารสาร โฆษณาจะช่วยพัฒนาทักษะและคำถามเชิงวิพากษ์แก่ผู้อ่าน อีกทั้งยังเพิ่มความไวต่อความไม่เหมาะสมของรายงานผลทางสถิติ เช่นเดียวกับ Tishkovakay และ Lancaster (Tishkovskaya & Lancaster, 2010) ที่กล่าวว่าข้อมูลสถิติในสื่อหรือหนังสือพิมพ์สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้สถิติ ช่วยพัฒนาความคิดวิเคราะห์ทางสถิติ Garfield และ Ben-Zvi (2004; 2007) กล่าวสอดคล้องกันว่า ข้อมูลเป็นหัวใจสำคัญของงานทางสถิติ จึงพยายามสร้างข้อมูลที่ทำให้การเรียนรู้ทางสถิติได้ดี ในห้องเรียนการตรวจสอบว่าชุดของข้อมูลมีการเก็บรวบรวมที่ดีและสร้างแรงจูงใจและมีส่วนร่วมของผู้เรียน ทำให้นักเรียนมีโอกาสในการสำรวจและเรียนรู้จากข้อมูลตามวิธีของตัวเอง อีกทั้ง การที่บุคคลได้มีโอกาสสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเกี่ยวกับข้อมูลสถิติที่ได้พบจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้มากขึ้น รวมถึงการเรียนรู้ของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นถ้าผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นและได้รับความคิดตอบกลับ สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงว่า การใช้บทความในสื่อเช่น หนังสือ นิตยสาร เว็บไซต์ เป็นต้น ในการสอนช่วยเพิ่มการรู้สถิติของผู้เรียน (Martizez & Dawson, 2010) นอกจากนี้การให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นสถานการณ์จริงมีผลทำให้การใช้สถิติอย่างสมเหตุสมผลของนิสิตนักศึกษาเพิ่มขึ้น (Lawson et al., 2003)

การวัดการมีประสบการณ์กับสถิติ ประยุกต์จากวงจรการเรียนรู้จากประสบการณ์ของ Kolb (1984 อ้างถึงใน Kolb, Boyatzis, and Mainemelis (2001)) กระบวนการเรียนรู้และการปรับตัวของบุคคล ประกอบด้วย 4 ขั้น ตอนที่เป็นวงจรต่อเนื่องกัน ขั้นที่ 1 ประสบการณ์รูปธรรม เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนเข้าไป มีส่วนร่วมและรับรู้ประสบการณ์ต่างๆ เน้นการใช้ความรู้สึก และยึดถือสิ่งที่เกิดขึ้นจริงตามที่ตนประสบในขณะนั้น ขั้นที่ 2 การไตร่ตรองเป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมุ่งที่จะทำความเข้าใจความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับโดยการสังเกตอย่างรอบคอบเพื่อการไตร่ตรองพิจารณา ขั้นที่ 3 การสรุปเป็นหลักการนามธรรม เป็นขั้นที่ผู้เรียนใช้เหตุผลและใช้ความคิดในการสรุปรวบยอดเป็นหลักการต่างๆ ขั้นที่ 4 การทดลองปฏิบัติจริง เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำเอาความเข้าใจที่สรุปได้ในขั้นที่ 3 ไปทดลองปฏิบัติจริง เพื่อทดสอบว่าถูกต้องหรือขั้นตอนนี้เน้นที่การประยุกต์ใช้ ในการวิจัยครั้งนี้นำมาประยุกต์ใช้ในบริบทของการเรียนรู้สถิติเก่ยวกับ การอ่าน ฟัง หรือพูดคุย และปฏิบัติเกี่ยวกับสถิติและใช้ประโยชน์จากสถิติ

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง

โมเดลการวิเคราะห์เส้นทางพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกโดยนักชีวสถิติชื่อ Sewall Wright (1921 อ้างถึงใน J. Hair et al. (2010)) ในราวปี ค.ศ. 1920 และโมเดลสมการโครงสร้าง (structural equation model: SEM) เริ่มมีการใช้ในทางสังคมศาสตร์เมื่อปี ค.ศ. 1970 SEM เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ตรวจสอบชุดของสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหนึ่งตัวหรือมากกว่าที่เป็นตัวแปรต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องกับตัวแปรตามหนึ่งหรือมากกว่าที่ทั้งตัวแปรต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องในครั้งเดียว นอกจากนี้ SEM ยังสามารถตรวจสอบโมเดลการวัดซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงนั้นและโมเดลโครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงในโมเดลได้ในครั้งเดียวด้วย เนื่องจาก SEM เป็นการรวมกันของวิธีการทางสถิติที่มีอำนาจสูง 2 วิธี คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) และการวิเคราะห์เส้นทาง (path analysis) การวิเคราะห์เส้นทาง SEM ถูกกล่าวว่าเป็นสถิติวิเคราะห์ตัวแปรพหุนามยุคที่สองที่มีประโยชน์มากกว่าสถิติวิเคราะห์ตัวแปรพหุนามยุคแรก เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal components analysis) การวิเคราะห์ปัจจัยหรือองค์ประกอบ (factor analysis) การวิเคราะห์จำแนก (discriminant analysis) การวิเคราะห์การถดถอยพหุ (multiple regression) เป็นต้น เนื่องจากวิธีการนี้มีความยืดหยุ่นการวิเคราะห์ข้อมูลสอดคล้องกับกรอบทางทฤษฎีมากกว่า

SEM สามารถทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับโมเดลการวิจัยที่มักมีตัวแปรส่งผ่าน จึงทำให้เข้าใจโมเดลการวิจัยลักษณะนี้ได้ดีขึ้น เนื่องจากวิธีนี้ช่วยอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้สูงขึ้น เพราะมีการพิจารณาอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งการใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยสำหรับการวิเคราะห์โมเดลที่มีตัวแปรส่งผ่านต้องแยกวิเคราะห์และทำหลายขั้นตอน นอกจากนี้การวิเคราะห์ SEM ยังสามารถใช้วิเคราะห์ตัวแปรแฝงซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรง โดยที่ตัวแปรแฝงนี้เป็นได้ทั้งตัวแปรแฝงแบบสะท้อน (reflective) หรือแบบรวมตัว (formative) ซึ่งการวิเคราะห์ตัวแปรแฝง

แบบเดิม เช่น การวิเคราะห์การถดถอยต้องดำเนินการ 2 ขั้นตอน คือ 1) การหาคะแนนองค์ประกอบตัวแปรแฝงจากตัวแปรบ่งชี้ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ และ 2) นำคะแนนองค์ประกอบที่ได้ไปใช้วิเคราะห์การถดถอยต่อ เป็นต้น ในขณะที่ SEM สามารถดำเนินการทั้ง 2 ขั้นตอนได้ในครั้งเดียว

วิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้างที่เป็นที่รู้จักกันดี คือ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่ใช้การประมาณค่าด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood) เรียกว่า covariance-based (CB-SEM) มีการประยุกต์ใช้กันมากในการวิจัยทางจิตวิทยา การจัดการ การตลาด และสาขาวิชาอื่นทางสังคมศาสตร์ วิธี CB-SEM มุ่งประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลโดยพยายามให้ความแตกต่างระหว่างค่าประมาณเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมจากโมเดลกับตัวอย่างมีน้อยที่สุด และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์คือ LISREL (Linear Structural Relations) AMOS (Analysis of Moment Structures) EQS (Jöreskog & Sörbom,1982 อ้างถึงใน Lee et al. (2011)) หรือ MPlus (Qurshi & Compeau, 2009) แต่เนื่องจาก CB-SEM ใช้การประมาณค่าด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood) ซึ่งมีข้อตกลงเบื้องต้นที่ต้องตรวจสอบ เช่น ตัวแปรสังเกตได้ต้องมีการแจกแจกปกติ ขนาดตัวอย่างที่เพียงพอ เป็นต้น แต่เมื่อมีข้อตกลงเบื้องต้นบางข้อถูกละเมิดการใช้ CB-SEM อาจไม่เหมาะสม จึงควรใช้วิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้างอื่นแทน วิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้างที่นิยมใช้แทนคือ variance-based หรือ partial least squares (PLS-SEM) ซึ่งเริ่มมีการนำมาใช้มากขึ้นในงานวิจัยทางด้านบริหารธุรกิจ เช่น สาขาการตลาด (marketing) ระบบสารสนเทศ (Information system) การจัดการกลยุทธ์ (strategic management) การจัดการดำเนินการ (operations management) บัญชี (accounting) เป็นต้น PLS-SEM ไม่เหมือนกัน CB-SEM เพราะมีจุดมุ่งหมายเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลให้สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝงภายในในโมเดลให้ได้มากที่สุด โดยประมาณค่าด้วยวิธีการถดถอยแบบกำลังสองน้อยที่สุด (ordinary least square: OLS) PLS-SEM มีข้อตกลงเบื้องต้นน้อยกว่า เช่น ตัวแปรสังเกตได้ไม่จำเป็นต้องมีการแจกแจงปกติ เป็นต้น (Rigdon et al., 2010; Wold, 1975)

ลักษณะโมเดลสมการโครงสร้าง

โมเดลสมการโครงสร้างมีลักษณะทั่วไปเป็นชุดของตัวแปรแฝงภายนอก (ξ_i) ซึ่งวัดจากตัวบ่งชี้ภายนอก (x_i) ที่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด (δ_i) และชุดของตัวแปรแฝงภายใน (η_j) ซึ่งวัดจากตัวบ่งชี้ภายนอก (y_i) ที่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด (ε_j) ถ้าตัวแปรแฝงทุกตัวในโมเดลเป็นตัวแปรแฝงแบบสะท้อน มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงภายนอกกับตัวแปรแฝงภายใน ($\mathbf{B}$) และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงภายในด้วยกันเอง (Γ) ที่มีเศษเหลือ (ζ)

โมเดลสมการโครงสร้างแบบมีตัวแปรแฝงจะประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ โมเดลโครงสร้าง (structural model) และโมเดลการวัด (measurement model) (Lee et al., 2011; Monecke & Leisch, 2012) ซึ่งสองโมเดลมีลักษณะแตกต่างกันดังนี้

โมเดลโครงสร้าง (structural model)

โมเดลโครงสร้างเป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงตามทฤษฎีในโมเดล ใน PLS-SEM เรียกโมเดลนี้ว่า โมเดลภายใน (inner model) ตัวแปรแฝงในโมเดลแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ตัวแปรแฝงภายนอก (exogenous) และตัวแปรแฝงภายใน (endogenous) ซึ่งตัวแปรแฝงภายนอกเป็นตัวแปรแฝงในโมเดลที่เกิดก่อน (predecessor) และที่ไม่มีเส้นทางความสัมพันธ์ชี้มาที่ตัวแฝงนี้ ส่วนตัวแปรแฝงภายในที่เป็นตัวแปรปลายทางในโมเดลโครงสร้างซึ่งอธิบายได้ด้วยตัวแปรแฝงอื่นที่สัมพันธ์กับตัวแปรนี้ในโมเดล ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงเป็นดังสมการที่ 1

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \qquad (1)$$

เมื่อ ξ, η คือ เวกเตอร์ของตัวแปรแฝงภายนอกและภายใน ตามลำดับ

$\mathbf{B}, \Gamma$ คือ เมทริกซ์แสดงสัมประสิทธิ์เส้นทาง

ζ คือ เวกเตอร์ส่วนเหลือของโมเดลภายใน (inner model residual)

โมเดลการวัด (measurement model)

โมเดลการวัดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวบ่งชี้ที่สังเกตได้ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรแฝงนั้น ใน PLS-SEM เรียกนี้ว่า โมเดลภายนอก (outer model) เนื่องจากตัวแปรแฝง (latent variable) เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรงอธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ในกลุ่มของตัวแปรแฝงนั้นที่เรียกว่า ตัวบ่งชี้ (indicator) หรือตัวแปรจัดกระทำ (manipulated variable) โมเดลการวัดมี 2 แบบ คือ โมเดลการวัดแบบรวมตัว (formative) และโมเดลการวัดแบบสะท้อน (reflective) ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงทั้งสองแบบดังภาพ 2.9

(ก) ตัวแปรแฝงแบบสะท้อน (reflective) (ข) ตัวแปรแฝงแบบรวมตัว (formative)

ภาพ 2.9 ลักษณะตัวแปรแฝงแบบสะท้อนและรวมตัว

1) ตัวแปรแฝงแบบสะท้อน (reflective) เป็นตัวแปรแฝงและการเปลี่ยนแปลงตัวแปรแฝงจะสะท้อนการเปลี่ยนในตัวแปรบ่งชี้ ตัวบ่งชี้สะท้อนแทนด้วยลูกศรที่พุ่งออกจากตัวแปรแฝงไปสู่ตัวแปรบ่งชี้ สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์นี้ใน PLS-SEM เรียกว่า น้ำหนักองค์ประกอบภายนอก (outer loading) ตัวแปรแฝงแบบสะท้อนหรือ Mode A โมเดลนี้ตัวแปรบ่งชี้จะสะท้อนตัวแปรแฝงนั้นๆ ตัวแปรบ่งชี้มีความสัมพันธ์กันตัวแปรแฝงในรูปแบบของสมการถดถอย ดังนี้

$$X = \Lambda_x \xi + \delta \qquad (2)$$

$$Y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \qquad (3)$$

เมื่อ δ,ε คือ เวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนจากการวัดของตัวแปรสังเกตได้ภายนอกและภายในตามลำดับ; X, Y คือ เวกเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้ภายนอกและภายใน Λ_x, Λ_y ตามลำดับ; คือ เมทริกซ์น้ำหนักภายนอก (outer loading) ของตัวแปรสังเกตได้ภายนอกและภายในตามลำดับ ใน PLS-SEM มีข้อตกลงเบื้องต้นว่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดกับตัวแปรแฝงในบล็อกเดียวกัน

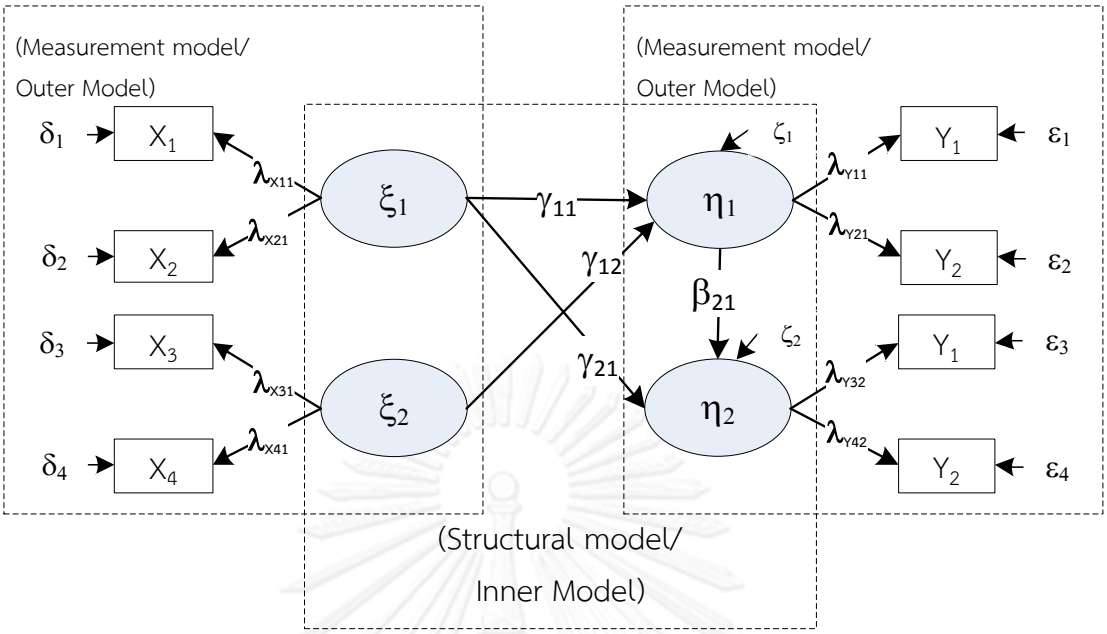
2) ตัวแปรแฝงแบบรวมตัว (formative) เป็นสาเหตุของตัวแปรแฝงและการเปลี่ยนแปลงตัวบ่งชี้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรแฝง ตัวแปรบ่งชี้แบบรวมตัว (formative) แทนด้วยลูกศรจากตัวแปรบ่งชี้พุ่งเข้าหาตัวแปรแฝง ใน PLS-SEM เรียกสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่า น้ำหนักภายนอก (outer weight) นักวิจัยที่ใช้ PLS-SEM มักเรียกโมเดลการวัดแบบสะท้อนว่า Mode A และโมเดลการวัดแบบรวมตัว (formative) ว่า Mode B (Rigdon et al., 2010) ตัวแปรบ่งชี้มีความสัมพันธ์กันตัวแปรแฝงในรูปแบบของสมการถดถอย ดังนี้

$$\xi = \Lambda_x X + \zeta \qquad (4)$$

เมื่อ Λ_x คือ เมทริกน้ำหนักภายนอก (outer weight)

โมเดลสมการโครงสร้างของ CB-SEM และ PLS-SEM มีความแตกต่างในบางประการ คือ PLS-SEM มีข้อตกลงเบื้องต้นในโมเดลโครงสร้างว่าเศษเหลือ (residual) ไม่มีความสัมพันธ์กันและเศษเหลือของตัวแปรแฝงภายในและตัวแปรแฝงภายนอกไม่มีความสัมพันธ์กัน และข้อตกลงเบื้องต้นในโมเดลการวัดที่ว่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดกับตัวแปรแฝงในบล็อกเดียวกัน และอนุญาตให้ตัวบ่งชี้เกี่ยวข้องกับตัวแปรแฝงเพียงตัวเดียว ซึ่งต่างจาก CB-SEM ที่อนุญาตให้ตัวบ่งชี้เกี่ยวข้องกับตัวแปรแฝงได้มากกว่าหนึ่งตัว

จากลักษณะของโมเดลสมการโครงสร้างที่กล่าวมาผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างลักษณะโมเดลสมการโครงสร้างเพื่อให้เห็นภาพได้ดียิ่งขึ้น โดยโมเดลสมการโครงสร้างนี้ประกอบด้วยตัวแปรแฝงภายใน 2 ตัว (η) และตัวแปรแฝงภายนอก 2 ตัว (ξ) ตัวแปรแฝงมีตัวแปรบ่งชี้ตัวละ 2 ตัวบ่งชี้ (X,Y) และตัวบ่งชี้เป็นแบบสะท้อน มีน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงภายนอก (λx) และตัวแปรแฝงภายใน (λy) มีสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงภายนอกกับตัวแปรแฝงภายใน (γ) และมีสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงภายในด้วยกัน (β) ดังแสดงในภาพ 2.8



ภาพ 2.10 ลักษณะโมเดลสมการโครงสร้าง

เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง

โมเดลสมการโครงสร้างนี้สามารถวิเคราะห์ได้ด้วย 2 วิธี คือ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (PLS-SEM) และการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบใช้ความแปรปรวนร่วมเป็นฐาน (CB-SEM) ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีการดำเนินการดังนี้

1. การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (PLS-SEM)

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างมีประวัติความเป็นมา กระบวนการพื้นฐาน การทดสอบพารามิเตอร์ และการประเมินโมเดลดังนี้

ประวัติความเป็นมา

PLS-SEM เป็นวิธีการที่ใช้ความแปรปรวนเป็นพื้นฐาน (variance-based) ใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์เหมือนกันการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component) ด้วยการถดถอยพหุคูณ มีชื่ออื่นที่เรียกกัน ‘component-based’ ‘PLS path modeling’ หรือ ‘Soft-Modeling’ เป็นต้น Herman Wold อาจารย์ที่ปรึกษาระดับปริญญาเอกของ Joreskog เป็นผู้เสนอแนวคิดเรื่อง partial least squares (PLS) เป็นคนแรกไว้ในบทความเกี่ยวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal components analysis) เรียกว่า NIPALS (nonlinear iterative partial least squares) ใน ปี ค.ศ. 1973 และ Wold (1975) ได้ประยุกต์การใช้ PLS กับการวิเคราะห์เส้นทางกับตัวแปรแฝงและเผยแพร่ในปี ค.ศ. 1979 ต่อมา Lohmoller (1987 อ้างถึงใน Haenlein and Kaplan (2004) ได้เพิ่มเติม PLS และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์เรียกว่า LVPLS

1.8 (เวอร์ชั่นล่าสุด) ต่อมาได้มีผู้พัฒนาโปรแกรมตามหลักการของ Lohmoller คือ โปรแกรม PLS-Graph 3.0 ของ Chin โปรแกรม *PLS-GUI* พัฒนาโดย Li โปรแกรม *VisualPLS* ของ Fu โปรแกรม *SmartPLS* พัฒนาโดย Ringle และคณะ โปรแกรม *SPAD-PLS* พัฒนาโดย Test และ Go (Temme et al., 2006) และโปรแกรมล่าสุดที่พัฒนาขึ้นคือ XLSTATPLS เป็นต้น

ผลจากการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ PLS-SEM และอิทธิพลจากบทความเกี่ยวกับการใช้ PLS-SEM ของ Chin และคณะ (Chin, 1998; Chin & Newsted, 1999 อ้างถึงใน J. F. Hair et al. (2012b)) ทำให้งานวิจัยที่ใช้ PLS-SEM ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิจัยด้าน บริหารธุรกิจ เช่น สาขาการตลาด (marketing) ระบบสารสนเทศ (Information system) การจัดการกลยุทธ์ (strategic management) การจัดการดำเนินการ (operations management) บัญชี (accounting) เป็นต้น ดังงานวิจัยของ Hair และคณะ (2011a) ได้ประเมินการใช้ PLS-SEM ในการวิจัยทางการตลาดที่ตีพิมพ์ในวารสารชั้นนำ 30 อันดับแรก เช่น Advances in Consumer Research ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981- 2010 พบว่า งานวิจัยด้านนี้มีการใช้ PLS –SEM ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1982 เป็นงานของ Fornell and Bookstein (1982 อ้างถึงใน J. F. Hair et al. (2012b)) และมีงานวิจัยจำนวนมากขึ้นหลังจากปี ค.ศ. 2000 คือ เพิ่มจาก 39 เรื่อง ในช่วงก่อนปี ค.ศ. 2000 เป็น 165 เรื่อง ในช่วงหลังปี ค.ศ. 2000 การศึกษาของ Hair และคณะ (2012b) ในสาขาการจัดการมีการใช้ PLS-SEM มีจำนวน 37 เรื่อง เริ่มตีพิมพ์ครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1985 เป็นวิจัยของ Fornell และคณะ (1985 อ้างถึงใน Hair et al., 2012b) และพบว่าการใช้ PLS-SEM มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน การวิจัยทางการศึกษาได้เริ่มมีการใช้ PLS-SEM แต่ส่วนใหญ่ยังอยู่ในสาขาทางคอมพิวเตอร์และธุรกิจ เช่น การศึกษาของ Escobar-Rodriguez และ Monge-Lozano (2012) เรื่องโมเดลเชิงสาเหตุการยอมรับเทคโนโลยีของนักศึกษาบริหารธุรกิจ การพัฒนาโมเดลความสำเร็จของระบบแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ของ Balaban, Mu และ Divjak (2013) และ Lau และ Yuen (2011) ศึกษาเรื่องการพัฒนาโมเดลความสามารถในการเขียนโปรแกรม

สำหรับในเมืองไทยได้เริ่มมีการใช้ PLS-SEM เช่นกัน โดยส่วนใหญ่ใช้ในการวิจัยทางบริหารธุรกิจ เช่น งานวิจัยของมนตรี พิริยะกุล และชญานันท์ เกิดพิทักษ์ (2554) ที่ศึกษาโมเดลเชิงสาเหตุของผลการดำเนินงานด้านการตลาดและด้านการแข่งขันในธุรกิจปาล์มน้ำมันโดยมีผลการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์เป็นตัวส่งผ่าน ปรียา ปันธิยะ (2554) ศึกษาความผูกพันองค์กรและคุณภาพชีวิตในการทำงานของบุคลากรในวิทยาลัยการอาชีพเกาะคา อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง วิชาญ อมรากุล บัณฑิต ผังนิรันดร์ และอภิชาต อนุกูลอำไพ (2554) ศึกษาบุพปัจจัยและผลลัพธ์ของการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเชิงบูรณาการในการลดข้อขัดแย้งของชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่โขงส่วนที่ 1 และลุ่มน้ำกก นอกจากนี้ศุภรา เจริญภูมิ (2554) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจซื้อในอนาคตของร้านค้าปลีกดั้งเดิมในเขตธนบุรีกรุงเทพมหานคร เป็นต้น

กระบวนการพื้นฐาน PLS

กระบวนการพื้นฐานในการวิเคราะห์ PLS (Haenlein & Kaplan, 2004; Hair Jr, Hult, Ringle, & Sarstedt, 2013; Henseler et al., 2009; Lee et al., 2011; Monecke & Leisch, 2012) มี 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ประมาณค่าคะแนนตัวแปรแฝง และขั้นตอนที่ 2 ประมาณสัมประสิทธิ์สุดท้าย รายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การประมาณค่าคะแนนตัวแปรแฝง ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ประมาณค่าคะแนนตัวแปรแฝงจากน้ำหนักภายนอก (outside weights) ขั้นนี้จะคำนวณคะแนนตัวแปรแฝงจากผลรวมเชิงเส้นของตัวบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรแฝงนั้นและน้ำหนักภายนอกที่ได้จากขั้นที่ 4 เช่น คะแนนตัวบ่งชี้ X_1 และ X_2 และน้ำหนักภายนอก (λx_{11} และ λx_{21}) ใช้ในการคำนวณคะแนนตัวแปรแฝง (ξ_1) สำหรับค่าน้ำหนักภายนอกเมื่อเริ่มคำนวณจะใช้ค่าคงที่คือเท่ากับ 1 $\hat{Y} = XW$ ดังสมการ เมื่อ $\hat{Y}$ คือ เมทริกซ์คะแนนตัวแปรแฝง W คือ เมทริกซ์น้ำหนักคะแนนภายนอกจากขั้นตอนที่ 4 (กรณีเริ่มต้นเท่ากับ 1) และ X คือ เมทริกซ์คะแนนตัวบ่งชี้

ขั้นที่ 2 ประมาณค่าน้ำหนักภายใน (inner weight) เป็นการคำนวณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงในโมเดลโครงสร้าง (β_{11}, β_{21}, β_{12} และ γ_{21}) แบบแผนในการหาค่าน้ำหนักภายในมี 3 แบบ คือ

1. Centroid ที่ใช้เครื่องหมายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง สมาชิกในเมทริกซ์ E เท่ากับ $e_{ij} = sign\,(r_{ij})$ เมื่อ r_{ij} สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง X กับ Y

2. Factor weighting ใช้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง สมาชิกในเมทริกซ์ E เท่ากับ $e_{ij} = r_{ij}$ เมื่อ r_{ij} สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง X กับ Y

3. Path weighting ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงและสัมประสิทธิ์การถดถอย สมาชิกในเมทริกซ์ E เท่ากับ $e_{ij} = \begin{cases} r_{ij} \\ \beta_{ij} \end{cases}$ ถ้าตัวแปรแฝง X เป็นตัวแปรพยากรณ์ Y จะใช้ r_{ij} แต่ถ้าตัวแปรแฝง X เป็นตัวแปรตามของ Y จะใช้ β_{ij} สัมประสิทธิ์การถดถอย

สำหรับสมาชิกอื่นในเมทริกซ์นอกเหนือจากนี้ทั้ง 3 แบบแผน e_{ij} เท่ากับ 0

ขั้นที่ 3 ประมาณค่าคะแนนตัวแปรแฝงจากน้ำหนักภายใน (inside weights) คำนวณตัวแปรแฝง (ξ_1, ξ_2, η_3 และ η_4) จากผลรวมเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรแฝงนั้นโดยใช้น้ำหนักภายในที่คำนวณได้จากขั้นที่ 2 ดังสมการ $\tilde{Y} = \hat{Y}E$ เมื่อ $\tilde{Y}$ คือ เมทริกซ์คะแนนตัวแปรแฝงใหม่ $\hat{Y}$ คือ เมทริกซ์คะแนนตัวแปรแฝงจากขั้นตอนที่ 1 และ E คือ เมทริกซ์นำหนักภายใน (inner weights)

ขั้นที่ 4 ประมาณค่าน้ำหนักภายนอก (outer weight) การคำนวณจากสมการหาค่าคะแนนตัวบ่งชี้จากคะแนนตัวแปรแฝงและค่าน้ำหนักคะแนนภายนอก (λx และ λy) ซึ่งวิธีการคำนวณขึ้นอยู่กับลักษณะโมเดลการวัด คือ ถ้าใช้โมเดลการวัดแบบสะท้อนหรือแบบ A ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนตัวแปรแฝงแบบภายใน แต่ถ้าโมเดลการวัดแบบรวมตัว (formative) หรือแบบ B จะใช้น้ำหนักการถดถอยจากวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด

1) โมเดลการวัดแบบสะท้อน (Mode A) จากสมการ $X = W\widetilde{Y}$

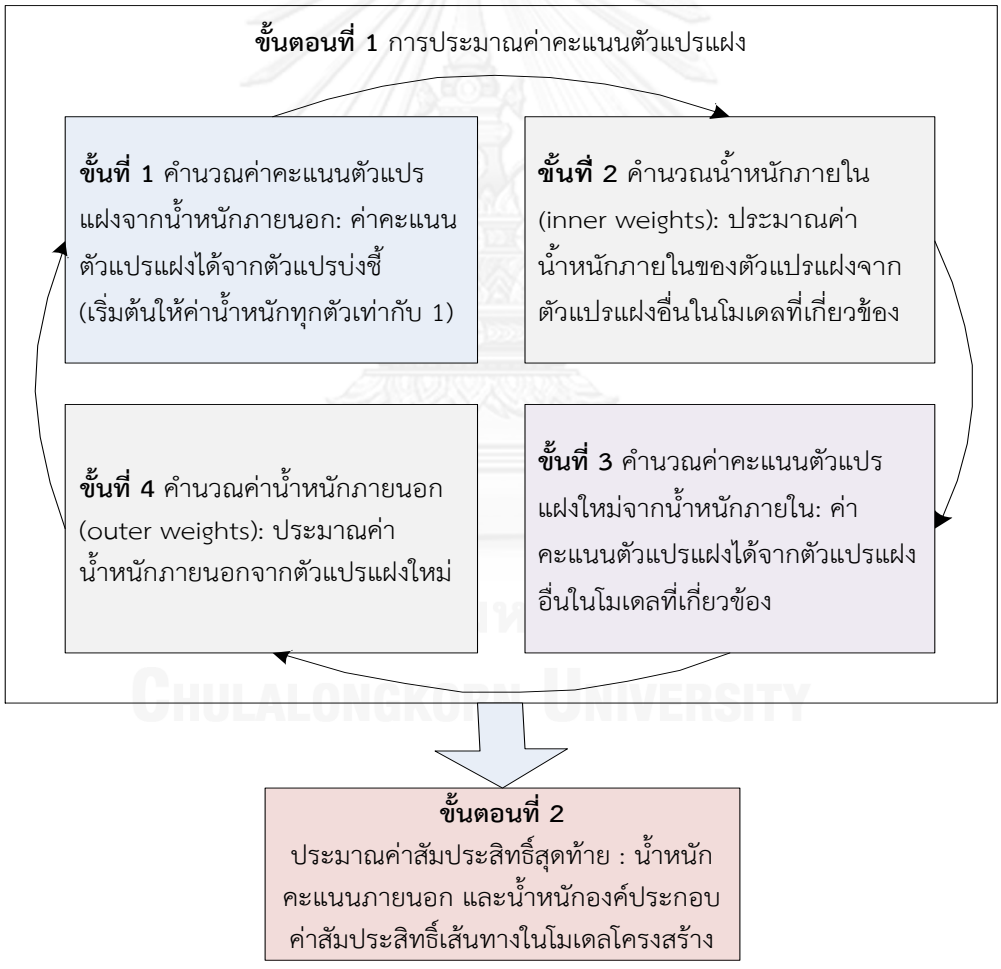
$$W = (\widetilde{Y}'\widetilde{Y})^{-1}\widetilde{Y}'X$$

2) โมเดลการวัดแบบรวมตัว (Mode B) จากสมการ $\widetilde{Y} = WX$

$$W = (X'X)^{-1}X'\widetilde{Y}$$

การดำเนินการ 4 ขั้นจะทำซ้ำจนกระทั่งผลรวมของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักภายนอกระหว่างการซ้ำกัน 2 ครั้งแตกต่างกันต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด หรือ 10^{-5} ทำให้มั่นใจได้ว่ากระบวนการ PLS-SEM ลู่เข้าสู่ค่าที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อการดำเนินการในขั้นตอนที่ 1 เรียบร้อยแล้ว ค่าน้ำหนักภายนอกที่ได้จะใช้ในการคำนวณคะแนนตัวแปรแฝง คะแนนตัวแปรแฝงนี้จะใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดเพื่อประมาณค่าความสัมพันธ์ในโมเดลโครงสร้างหรือสัมประสิทธิ์เส้นทาง ดังภาพ 2.11



ภาพ 2.11 กระบวนการวิเคราะห์ PLS

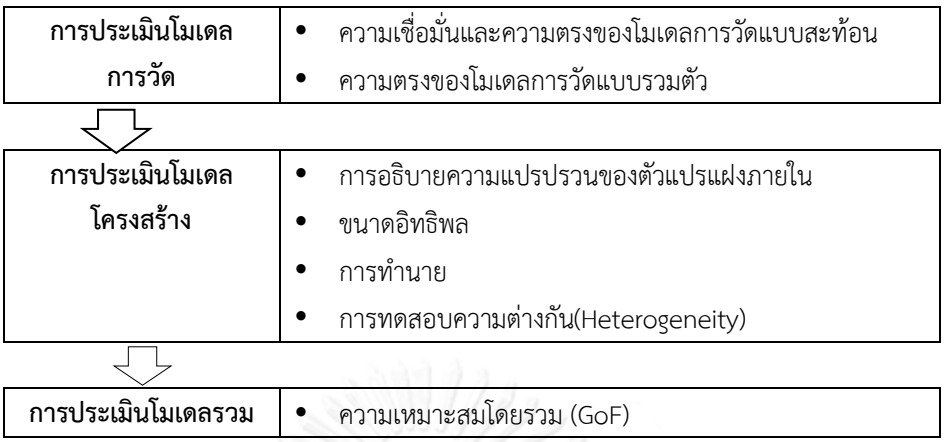
การทดสอบพารามิเตอร์ด้วยกระบวนการ Bootstrap

หลังจากดำเนินการในกระบวนการวิเคราะห์ PLS จะทำให้ได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ต่างๆ ในโมเดล ผู้วิจัยที่ต้องการตรวจสอบการมีนัยสำคัญทางสถิติของพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้ใน PLS-SEM จะใช้กระบวนการ bootstrap ในการตรวจสอบ ซึ่งกระบวนการ bootstrap ใช้ในการหาช่วงความเชื่อมั่นของการประมาณค่าพารามิเตอร์และหาค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละพารามิเตอร์ เพื่อใช้การสรุปอ้างอิงทางสถิติ (Haenlein & Kaplan, 2004; Hair Jr et al., 2013; Henseler et al., 2009) โดยทั่วไปจะมองกลุ่มตัวอย่างที่เก็บรวบรวมมาเป็นกลุ่มประชากร ทำการสร้างตัวอย่าง bootstrap ให้มีจำนวนมากขึ้นด้วยการสุ่มข้อมูลจากตัวอย่างแบบไม่ใส่คืน จำนวนการสร้างตัวอย่าง bootstrap ควรมีค่าเท่ากับ 5,000 และขนาดตัวอย่างควรเท่ากับขนาดตัวอย่างเดิม สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ H_0 : w = 0 และ H_1 : w ≠ 0 สถิติทดสอบ คือ $t = \frac{w}{se(w)}$; df = m+n-2 เมื่อ w คือ ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการทดสอบ SE(w) คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจากกระบวนการ bootstrap ; m คือ จำนวนตัวอย่างเดิมที่ใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ และ n คือ จำนวนครั้งในการสุ่มตัวอย่าง bootstrap ในการประมาณค่าพารามิเตอร์

นอกจากพิจารณาจากค่าสถิติทีแล้วยังสามารถพิจารณาได้จากช่วงความเชื่อมั่นของการประมาณค่าพารามิเตอร์ ถ้าช่วงความเชื่อมั่นไม่รวมศูนย์สมมติฐานที่ว่าพารามิเตอร์เท่ากับศูนย์จะถูกปฏิเสธ

การประเมินโมเดลสมการโครงสร้าง

PLS-SEM ต้องการการประเมินผลลัพธ์ท้ายสุดเช่นเดียวกับเทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรพหุนามอื่นๆ แต่ PLS-SEM ไม่มีเกณฑ์ประเมินความสอดคล้องของโมเดลโดยรวม Chin (1998) ให้เกณฑ์ในการประเมินโมเดลบางส่วน โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การประเมินโมเดลภายนอกหรือโมเดลการวัดและการประเมินโมเดลภายในหรือโมเดลโครงสร้าง การประเมินควรเริ่มที่การประเมินโมเดลภายนอกโดยการตรวจสอบความเชื่อมั่นและความตรงของการวัดเพื่อให้มั่นใจว่าได้วัดตัวแปรแฝงที่สนใจมีความน่าเชื่อถือและถูกต้องเหมาะสม เมื่อการประเมินในส่วนที่หนึ่งมีความเหมาะสมแล้วจึงดำเนินการประเมินโมเดลในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นการประเมินโมเดลโครงสร้างต่อไป การประเมินโมเดลโครงสร้างโดยการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝงภายใน ขนาดอิทธิพล ความสามารถในการทำนาย และการทดสอบความต่างกัน (Heterogeneity) นอกจากนี้ยังค่าประเมินความเหมาะสมโดยรวมของโมเดลที่ประกอบด้วยโมเดลการวัดและโมเดลโครงสร้าง ลักษณะการประเมินทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังภาพ 2.12



ภาพ 2.12 การประเมินโมเดลการวัดและโมเดลโครงสร้างของ PLS-SEM

สำหรับรายละเอียดของเกณฑ์การประเมินโมเดลการวัดเน้นที่ความเชื่อมั่นและความตรงของโมเดล โมเดลโครงสร้างเน้นที่การอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรภายใน ขนาดอิทธิพล การทำนาย และการทดสอบความต่างกัน (Heterogeneity) และโมเดลรวมเน้นที่ความเหมาะสมโดยรวมของโมเดล รายละเอียดดังนี้

การประเมินโมเดลการวัด

ค่าสถิติที่ใช้ในการประเมินโมเดลการวัดจะแยกตามประเภทของโมเดล คือ โมเดลการวัดแบบสะท้อน (reflective) และแบบรวมตัว (formative) (Hair Jr et al., 2013; Henseler et al., 2009; Lee et al., 2011; Monecke & Leisch, 2012) ดังนี้

1. โมเดลการวัดแบบสะท้อน ควรมีการตรวจสอบความเที่ยงและความตรง โดยความเชื่อมั่นเกณฑ์ในการตรวจสอบความเที่ยงของตัวแปรแฝงที่มักใช้กัน คือ ค่าความเที่ยงด้วย Cronbach's α ค่าความเที่ยงประกอบ (composite reliability) น้ำหนักองค์ประกอบภายนอก (outer loading) ในขณะที่การตรวจสอบความตรง เป็นการประเมินความความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ใน 2 ลักษณะ คือ ความตรงเชิงลู่เข้า (convergent validity) และความตรงเชิงจำแนก (discriminant validity) ซึ่งแต่ละค่ามีรายละเอียดดังนี้

1) ความเที่ยง มีเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา *3* ตัว ประกอบด้วย

ค่าความเที่ยง Cronbach's α เป็นค่าที่ใช้ประเมินความสอดคล้องภายในของโมเดลแบบสะท้อน ซึ่งเป็นค่าประมาณค่าความเที่ยงจากความสอดคล้องภายในของตัวบ่งชี้ที่มีข้อสมมติว่า ตัวบ่งชี้ทุกตัวมีความเชื่อมั่นเท่ากัน ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ควรมากกว่า .70 จึงถือว่าเหมาะสม ถ้าน้อยกว่า .60 แสดงว่าขาดความเที่ยง Cronbach (1951 อ้างถึงใน Henseler et al. (2009))

ค่าความเชื่อมั่นประกอบ (composite reliability) เป็นค่าการประมาณความคล้องภายในเช่นเดียวกับค่าความเชื่อมั่น Cronbach's α แต่ต่างกันตรงที่ค่าความเชื่อมั่นประกอบมีข้อ

สมมติว่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้ที่จะนำมาคำนวณความเชื่อมั่นไม่เท่ากัน ค่าความเชื่อมั่นประกอบจึงมีแนวโน้วที่จะมีค่าสูงกว่าค่าความเชื่อมั่น Cronbach's α ค่านี้จึงเหมาะในการประเมินโมเดลการวัดใน PLS-SEM ในการวิจัยเชิงสำรวจค่าความเชื่อมั่นประกอบควรมีค่า .60 ถึง .70 แต่ถ้าน้อยกว่า .60 แสดงว่ามีความเชื่อมั่นต่ำ (Nunnally & Bernstein, 1994 อ้างถึงใน Henseler et al. (2009))

น้ำหนักองค์ประกอบภายนอก (outer loading) ใช้วัดความเชื่อมั่นระดับตัวบ่งชี้เป็นค่าที่ตัวแปรแฝงอธิบายความแปรปรวนของตัวบ่งชี้ Churchill (1979 *อ้างถึงใน* Lee et al. (2011)) แนะนำว่าน้ำหนักองค์องค์ประกอบมาตรฐาน (standardized outer loading) ควรมีค่าอย่างน้อยร้อยละ 50 แสดงว่าตัวแปรแฝงอธิบายความแปรปรวนของตัวบ่งชี้แบบสะท้อนได้อย่างน้อยร้อยละ 50 หรือพิจารณาจากความสัมพันธ์ระ)หว่างตัวแปรแฝงและตัวบ่งชี้ควรมีค่ามากกว่า .70 เมื่อน้ำหนักองค์ประกอบที่มีค่าต่ำกว่า .40 ควรพิจารณาว่าควรตัดตัวบ่งชี้ออกหรือไม่ ควรตัดตัวบ่งชี้ออกเมื่อทำให้ความเชื่อมั่นประกอบเพิ่มขึ้นและมีความสมเหตุสมผล ส่วน Hulland (1999) แนะนำว่าน้ำหนักองค์องค์ประกอบมาตรฐาน (standardized outer loading) ควรมีค่ามากกว่า .70 และสำหรับงานวิจัยเชิงสำรวจควรมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ .40

2) ความตรง เป็นการประเมินความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ใน 2 ลักษณะ คือ ความตรงเชิงลู่เข้า (convergent validity) และความตรงเชิงจำแนก (discriminant validity) (Campbell & Fiske, 1959 อ้างถึงใน Lee et al. (2011)) ดังนี้

ความตรงเชิงลู่เข้า มีค่าที่ใช้ตรวจสอบ 3 ตัว คือ ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (Average Variance Extracted; AVE) น้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ และค่าความร่วมกัน (communality) ดังนี้

- ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (Average Variance Extracted; AVE) เป็นการตรวจสอบระดับตัวแปรแฝง Fornell และ larcker (1981) กล่าวว่าค่า AVE เป็นค่าที่แสดงว่าความแปรปรวนของตัวบ่งชี้ที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรแฝง ค่า AVE ควรมีค่ามากกว่า .50 แสดงว่าตัวแปรแฝงอธิบายความแปรปรวนของตัวบ่งชี้ได้มากกว่าร้อยละ 50

- น้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ เป็นการตรวจสอบระดับตัวบ่งชี้ ควรมีค่ามากกว่า .7 และมีนัยสำคัญทางสถิติ (Chin, 1998, 2010)

- ค่าความร่วมกัน (communality) และ ความซ้ำซ้อน (redundancy) ดัชนีความร่วมกันใช้วัดคุณภาพของโมเดลวัดในแต่ละกลุ่ม ในขณะที่ดัชนีความซ้ำซ้อนเป็นดัชนีวัดคุณภาพของโมเดลการวัดในแต่ละกลุ่มตัวแปรแฝงภายใน (M. Tenenhaus et al., 2005)

ความตรงเชิงจำแนก (discrimnant valitdity) สามารถตรวจสอบได้จากเกณฑ์ 2 ตัว คือ เกณฑ์ของ Fornell-Larcker (Fornell-Larcker's criterion) (Fornell & Larcker, 1981) และค่าน้ำหนักไขว้ (cross loading) เป็นการตรวจสอบระดับตัวบ่งชี้

- เกณฑ์ของ Fornell-Larcker (Fornell-Larcker's criterion) (Fornell & Larcker, 1981) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่า AVE ของตัวแปรแฝงแต่ละตัวกับค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรแฝงอื่นในโมเดล โดยค่า AVE ของตัวแปรแฝงแต่ละตัวควรมีค่าสูงกว่าค่า

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรแฝงอื่นในโมเดลกำลังสอง (AVE > cor(ξi, ξj)^2 หรือ $\sqrt{AVE}$ > cor(ξi, ξj) ซึ่งแสดงว่าตัวแปรแฝงนั้นมีความแปรปรวนร่วมกันกับตัวบ่งชี้ในบล็อกเดียวกันมากกว่าตัวแปรอื่นในโมเดลที่มาจากตัวบ่งชี้ต่างบล็อกกัน

- ค่าน้ำหนักไขว้ (cross loadings) เป็นการพิจารณาค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงนั้นกับน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้กับตัวแปรแฝงอื่นในโมเดล ซึ่งแต่ละตัวบ่งชี้ควรมีน้ำหนักองค์ประกอบกับตัวแปรแฝงที่ตัวบ่งชี้เกี่ยวข้องสูงมากกว่าตัวแปรแฝงอื่น ค่าน้ำหนักควรมีค่าอย่างน้อย .70 (Carmines and Zeller; 1979 อ้างถึงใน Lee et al. (2011);Barclay et.al., 1995 อ้างถึงใน Lee et al. (2011)) ถ้าต่ำกว่าค่านี้แต่ไม่ควรต่ำกว่า .50 และค่าน้ำหนักควรมีค่าเป็นบวกหากเป็นลบแสดงว่ามีความผิดปกติในข้อมูลสามารถแก้ไขได้ 3 แนวทาง คือ 1) การแปลงข้อมูลเป็นคะแนนมาตรฐาน 2) เปลี่ยนสมการมาตรวัดเป็นแบบรวมตัว (formative) หรือ 3) ตัดตัวบ่งชี้นั้นออก

2. โมเดลการวัดแบบรวมตัว (formative measurement model)

เกณฑ์การประเมินสำหรับโมเดลการวัดแบบสะท้อนไม่สามารถใช้ได้กับโมเดลการวัดแบบรวมตัว เนื่องจากโมเดลการวัดแบบรวมตัวไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด ดังนั้นแนวคิดเกี่ยวกับความเชื่อมั่นและความตรงเชิงลู่เข้าจึงใช้ไม่ได้กับโมเดลการวัดแบบนี้ การประเมินความตรงของโมเดลการวัดจึงอยู่ความสมเหตุสมผลตามทฤษฎีและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็นอันดับแรก (Rossiter, 2002 อ้างถึงใน Lee et al. (2011)) ต่อมาควรตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวแปรแฝงแบบรวมตัวด้วยสถิติวิเคราะห์ทั้งระดับตัวแปรแฝงและระดับตังบ่งชี้ดังนี้

ระดับตัวแปรแฝง สิ่งที่ควรตรวจสอบคือ nomological validity ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แบบรวมตัวกับตัวแปรแฝงในโมเดลจากงานวิจัยก่อนหน้าควรมีความเข้มและมีนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับตัวบ่งชี้ ควรพิจารณาใน 2 ประเด็นดังนี้

1) การมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำหนักคะแนน (weight) ของตัวบ่งชี้ในโมเดลการวัดแบบรวมตัวที่ได้จากทฤษฎีอาจไม่เป็นไปตามนั้น โดยใช้กระบวนการ bootstrap ทดสอบสัมประสิทธิ์ตัวบ่งชี้แบบรวมตัวทั้งน้ำหนักคะแนน(weight) และน้ำหนักองค์ประกอบ (loading) ของตัวบ่งชี้ เมื่อพบว่าน้ำหนักคะแนน (weight) และน้ำหนักองค์ประกอบ (loading) ของตัวบ่งชี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าไม่มีหลักฐานสนับสนุนว่าตัวบ่งชี้เกี่ยวข้องกับตัวแปรแฝงนี้ ผู้วิจัยต้องพิจารณาว่าจะเก็บตัวบ่งชี้นี้ไว้หรือตัดทิ้ง ถ้ามีหลักฐานทางทฤษฎีที่เข้มแข็งว่าตัวบ่งชี้นี้ควรอยู่ เช่น ความเป็นจริงผู้เชี่ยวชาญ หรือความตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยควรเก็บตัวบ่งชี้นี้ไว้และมุ่งอธิบายผลลัพธ์เชิงประจักษ์ (Hair Jr et al., 2013; Henseler et al., 2009; Lee et al., 2011; Monecke & Leisch, 2012)

2) การประเมินระดับของความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แบบรวมตัว (multicollinearity) (Hair Jr et al., 2013; Henseler et al., 2009; Lee et al., 2011; Monecke & Leisch, 2012)

คำนวณได้จากค่า VIF (variance inflation factor) หรือค่า tolerance กฎแห่งความเจนจัด (rule of thumb) ทางเศรษฐมิติระบุว่า VIF มากกว่า 10 แสดงว่าเกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ ((Henseler et al., 2009)ส่วน (Hair Jr et al., 2013) ระบุว่า VIF มากกว่า 5 แสดงว่าเกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ เมื่อมีปัญหานี้เกิดขึ้นควรตัดตัวบ่งชี้ที่มีค่า VIF สูงออกเพื่อลดปัญหานี้

เกณฑ์การประเมินโมเดลการวัดทั้งแบบสะท้อนและแบบรวมตัวสามารถสรุปได้ดังตาราง 2.7

ตาราง 2.7 เกณฑ์การประเมินโมเดลการวัดแบบสะท้อนและแบบรวมตัว

ประเภทตัวแปรแฝง	เกณฑ์	รายละเอียด
โมเดลการวัดแบบสะท้อน		
- ความเชื่อมั่น	Cronbach's α	ใช้วัดความสอดคล้องภายในของตัวแปรแฝงควรมีค่าอย่างน้อย .70
	Composite reliability; CR	ใช้วัดความสอดคล้องภายในของตัวแปรแฝงอย่างน้อย .70 หรือ .60
	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (standard outer loading)	อย่างน้อย 0.50 (Chruchill, 1979) หรือ .70 (Hulland, 1999)
ความตรงเชิงลู่เข้า	ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (AVE)	AVEอย่างน้อย .50
	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (standard outer loading)	มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าอย่างน้อย .70
ความตรงเชิงจำแนก	เกณฑ์ AVE ของ Fornell-Larcker	พิจารณาจากค่า AVE ของตัวแปรแฝงที่ควรมีค่าสูงกว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงนั้นกับตัวแปรแฝงอื่นยกกำลังสอง
	ค่าน้ำหนักไขว้ (Cross loading)	ตัวบ่งชี้ควรมีน้ำหนักองค์ประกอบกับตัวแปรแฝงที่ตัวบ่งชี้เกี่ยวข้องสูงมากกว่าตัวแปรแฝงอื่น ค่าน้ำหนักควรมีค่าอย่างน้อย .70
โมเดลวัดแบบรวมตัว		
ความตรงเชิงโครงสร้าง	nomological validity	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวบ่งชี้มีทฤษฎีรองรับที่เข้มแข็ง
	การมีนัยสำคัญของค่าน้ำหนัก	ค่าน้ำหนักของตัวแปรมีนัยสำคัญทางสถิติ
	ความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวบ่งชี้	VIF ควรน้อยกว่า 5

การประเมินโมเดลโครงสร้าง

เนื่องจาก PLS-SEM มีเป้าหมายเพื่ออธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝงภายในให้มากที่สุด ซึ่งค่าที่ใช้ประเมินคือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจของตัวแปรแฝงภายใน และค่าประมาณสัมประสิทธิ์เส้นทาง ขนาดอิทธิพล (effect size) ความสามารถในการทำนาย และการทดสอบความแตกต่างกัน (Heterogeneity) (J. F. Hair et al., 2012a; J. F. Hair et al., 2012b; J. F. Hair et al., 2012c; Henseler et al., 2009; Lee et al., 2011; Monecke & Leisch, 2012; Peng & Lai, 2012) ดังนี้

- สัมประสิทธิ์การตัดสินใจของตัวแปรแฝงภายใน (R^2) คือ สัดส่วนความแปรปรวนของตัวแปรตามที่เป็นตัวแปรแฝงภายในที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรต้น ค่า R^2 ควรมีค่าสูงหรือมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ .10 เนื่องจากค่านี้มั่นใจได้ว่าความแปรปรวนที่อธิบายได้มีนัยสำคัญทางสถิติและทางปฏิบัติการตัดสินใจว่า R^2 สูงหรือไม่ ขึ้นอยู่กับสาขาวิชาที่ศึกษาวิจัย เช่น ในสาขาพฤติกรรมผู้บริโภค R^2 เท่ากับ .20 ถือว่าสูง หรือในการศึกษาเกี่ยวกับการขับขี่รถ R^2 เท่ากับ .70 จึงถือว่าสูง ในสาขาการตลาด R^2 เท่ากับ .75 .50 และ .25 ถือว่าสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ ((J. F. Hair et al., 2012a; J. F. Hair et al., 2012b; J. F. Hair et al., 2012c)) ส่วน Chin (1998) ระบุว่าค่า R^2 เท่ากับ .67 .33 และ .19 ถือว่าสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ

- ค่าประมาณสัมประสิทธิ์เส้นทาง (path coefficients) สัมประสิทธิ์เส้นทางใน PLS-SEM แปลความหมายเช่นเดียวกับ สัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐานในการวิเคราะห์การถดถอยแบบกำลังสองน้อยที่สุด เมื่อใช้กระบวนการ Bootstraping ในการตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติของสัมประสิทธิ์เส้นทาง ถ้าสัมประสิทธิ์เส้นทางมีนัยสำคัญแสดงว่าผลการประมาณค่าสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้แต่ถ้าสัมประสิทธิ์เส้นทางไม่มีนัยสำคัญหรือมีทิศทางตรงข้ามแสดงว่าการประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางไม่สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้

- ขนาดอิทธิพล (effect size) อิทธิพลในโมเดลโครงสร้างสามารถประเมินได้จากขนาดอิทธิพล (f^2) ของ Cohen (1988 อ้างถึงใน Peng & Lai (2010)) ซึ่งขนาดอิทธิพลนี้คำนวณได้จากการเพิ่มขึ้นของค่า R^2 ที่เป็นสัดส่วนที่เหลืออยู่ของความแปรปรวนที่อธิบายไม่ได้ของตัวแปรแฝงภายใน ดังสมการ

$$f^2 = \frac{R^2_{included} - R^2_{excluded}}{1 - R^2_{included}}$$

เมื่อ $R^2_{included}$ $(R^2_{excluded})$ แทน R^2 ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตามเมื่อตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรทำนายที่เพิ่มและตัดออกจากโมเดล ขนาดอิทธิพลสามารถใช้เกณฑ์ของ Cohen (1988 อ้างถึงใน Peng & Lai (2010)) คือ .02 .15 และ .35 แสดงว่าอิทธิพลขนาดเล็ก ปานกลาง และใหญ่ตามลำดับ

- **ความสามารถในการทำนาย** การประเมินโมเดลโครงสร้างอีกเรื่องหนึ่ง คือ ความสามารถในการทำนายของโมเดล วิธีการวัดที่ใช้กันคือ ค่า Stone-Geisser's Q^2 (Geisser, 1974 อ้างถึงใน Henseler et al. (2009); Stone, 1974 อ้างถึงใน Henseler et al. (2009) ซึ่งใช้วัดว่าโมเดลต้องสามารถทำนายตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงภายในได้ถูกต้อง กระบวนการ blindfolding ใช้ในการหาค่า Q^2

ที่มาจาก cross-validated redundancy ซึ่งเหมาะสมกับวิธี PLS-SEM ถ้าค่า Q^2 มากกว่า 0 แสดงว่าตัวแปรแฝงที่พยากรณ์ตัวแปรแฝงภายในสามารถทำนายตัวแปรแฝงภายในได้ ถ้า Q^2 มีค่า .02 .15 และ .35 แสดงว่าตัวแปรแฝงทำนายได้ต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ (Henseler et al., 2009)

- **การทดสอบความแตกต่างกัน** (Heterogeneity) การประเมินโมเดลโครงสร้างคือความแตกต่างของผู้ให้ข้อมูลซึ่งเป็นการวัดความตรงของผลการวิเคราะห์ด้วย PLS-SEM ระหว่างประชากรกลุ่มย่อย เช่น กลุ่มผู้บริโภค บริษัท ประเทศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงควรตรวจสอบความแตกต่างของแหล่งข้อมูลและทดสอบด้วยการเปรียบเทียบกลุ่มพหุ หรือการวิเคราะห์ตัวแปรกำกับ (Rigdon et al., 2010) ในบางครั้งแหล่งของความแตกต่างที่แท้จริงอาจไม่สามารถรู้ก่อนการวิเคราะห์ ความแตกต่างอาจไม่สามารถสังเกตได้และไม่สามารถระบุลักษณะเป็นตัวแปรได้ PLS-SEM ได้พัฒนาวิธีจัดการกับความแตกต่างที่สังเกตไม่ได้ เช่น REBUS-PLS FIMIX-PLS (Sarstedt, Henseler, & Ringle, 2011)

การประเมินโมเดลโดยรวม

นอกจากค่าประเมินสำหรับโมเดลการวัดและโมเดลโครงสร้างแล้ว นักวิจัย PLS-SEM ได้พัฒนาค่าประมาณโมเดลสมการโครงสร้างโดยรวมคือ Goodness of fit (GoF) (Henseler & Sarstedt, 2013; M. Tenenhaus et al., 2005; Wetzels, Odekerken-Schröder, & Van Oppen, 2009) ซึ่งค่า GoF นี้คำนวณจากค่า R^2 ที่ได้จากโมเดลโครงสร้างและค่าความร่วมกัน (communality) ในโมเดลการวัด ค่าความร่วมกันคำนวณได้จากสมการ ค่าความร่วมกันแต่ละบล็อก หรือโมเดลการวัดจะถูกคำนวณดังนั้นค่าความร่วมกันเฉลี่ย ส่วน GoF คำนวณจากรากที่สองของค่าความร่วมกันเฉลี่ยคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเฉลี่ย (Tenenhaus et al., 2005) นอกจากนี้ WetZel และคณะ (2009) กำหนดค่า GoF เท่ากับ .10 .25 และ .36 หมายถึง โมเดลเหมาะสมระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ

นอกจากนี้ Peng และ Lai (2012) แนะนำว่านักวิจัยควรวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีอื่นด้วยเพื่อตรวจสอบความแกร่งของผลการวิเคราะห์ เช่น เปรียบเทียบกับ CB-SEM (Barroso et al., 2010; Vilares et al., 2010 อ้างใน Peng & Lai (2012) การวิเคราะห์เส้นทางแบบกำลังสองน้อยที่สุด (Klein& Rai, 2009 อ้างใน Peng & Lai (2012) เป็นต้น การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ PLS-SEM กับวิเคราะห์ CB-SEM ช่วยนักวิจัยได้มาก เมื่อนักวิจัยเลือกใช้การวิเคราะห์ PLS-SEM เนื่องจากข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของข้อมูล เพราะถึงแม้จะละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นนี้แต่การประมาณค่าด้วย ML ยังมีความแกร่งและมีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ดีสมเหตุสมผลอยู่ (Chin, 1998) ดังตาราง 2.8

ตาราง 2.8 เกณฑ์การประเมินโมเดลโครงสร้าง

เกณฑ์	รายละเอียด
สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)	1) R^2 เท่ากับ .75 .50 และ .25 ถือว่าสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ (Hair et al., 2011) 2) R^2 เท่ากับ .67 .33 และ .19 ถือว่าสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ (Chin, 1998)
สัมประสิทธิเส้นทาง (path coefficient)	การมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .10, .05 และ .01
การทำนาย (predictive relevance)	Q^2 มากกว่า 0 และ Q^2 = .02 .15 และ .35 แสดงว่าตัวแปรแฝงทำนายได้ต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ (Henseler et al., 2009)
ขนาดอิทธิพล (effect size)	f^2 เท่ากับ .02 .15 และ .35 แสดงว่าอิทธิพลขนาดเล็ก ปานกลาง และใหญ่ ตามลำดับ
ความต่างกัน (heterogeneity) ที่สังเกตได้และสังเกตไม่ได้	ถ้าความต่างกันเกิดจากตัวแปรสังเกตได้ใช้การวิเคราะห์กลุ่มพหุหรือการวิเคราะห์ตัวแปรกำกับ แต่ถ้าความแตกต่างไม่สามารถสังเกตได้ใช้การวิเคราะห์ REBUS-PLS หรือ FIMIX-PLS (Sarstedt et al., 2011)
Goodness of fit (GoF)	GoF =.10, .25 และ .36 ถ้าว่าต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ (WetZel et al., 2009)

2) การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบใช้ความแปรปรวนร่วมเป็นฐาน (CB-SEM)

นักวิจัยจำนวนมากใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่ใช้การประมาณค่าด้วย maximum-likelihood (ML) หรือเรียกกันว่าการวิเคราะห์ที่ใช้ความแปรปร่วนร่วมเป็นฐาน (covariance-based analysis) ตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ LISREL (Joreskeg & Sorbom, 1982) การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่ใช้ความแปรปรวนร่วมเป็นฐาน (covariance-based SEM: CB-SEM) มุ่งเน้นที่การประมาณค่าชุดของพารามิเตอร์ในโมเดลที่เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมตามทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสมการโครงสร้างใกล้เคียงกับเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการประมาณค่าจากตัวอย่างมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โปรแกรมที่สามารถวิเคราะห์สมการโครงสร้างแบบ CB-SEM มีหลายโปรแกรมที่สามารถใช้วิเคราะห์ได้ทั้งโปรแกรมเชิงพาณิชย์และไม่ใช่โปรแกรมเชิงพาณิชย์ สำหรับโปรแกรมเชิงพาณิชย์ของบริษัทเอกชน ได้แก่ LISREL ของบริษัท Scientific Software Inc., AMOS ของ Smallwaters Corp. and SPSS Inc., EQS ของ Multivariate Software, LISCOMP ของ Scientific Software นอกจากนี้ยังมีผู้ผลิตรายอื่น เช่น Mplus ของ Muthen and Muthen และ CALIS ซึ่งเป็นคำสั่งย่อยใน SAS ส่วนโปรแกรมที่ไม่ใช่เชิงพาณิชได้แก่ MX และ GENBLIS

CB-SEM มีขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ 6 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ขั้นที่สอง การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล (specification of the model) ขั้นที่สาม การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียว ขั้นที่สี่ การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล ขั้นที่ห้าการ

ทดสอบความกลมกลืนหรือความสอดคล้อง โดยใช้การเปรียบเทียบเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่ได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์และจากโมเดลสมการโครงสร้าง ขั้นที่หก การปรับโมเดลและการแปลความหมายผลการวิเคราะห์ ซึ่งรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นแรก การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ความสำคัญของการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการศึกษานอกจากจะทำให้นักวิจัยสามารถพัฒนากรอบแนวคิดของการวิจัยได้เหมาะสมแล้ว ยังช่วยให้นักวิจัยทราบว่าควรเลือกตัวแปรใดบ้างเข้ามาอยู่ในโมเดลและทำให้ทราบว่าตัวแปรที่เลือกมานั้นควรสร้างเครื่องมือวัดตัวแปรเหล่านั้นอย่างไร

ขั้นที่สอง การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล (specification of the model) เป็นการกำหนดค่าเมทริกซ์ต่างๆในโมเดลให้สอดคล้องกับโมเดลการวิจัย เพื่อให้โปรแกรมประมาณค่าพารามิเตอร์ การกำหนดค่าเมทริกซ์ทำได้ 3 แบบ ตามลักษณะของพารามิเตอร์ในโมเดล คือ

1. พารามิเตอร์กำหนด (fixed parameters) เมื่อโมเดลการวิจัยไม่มีเส้นแสดงอิทธิพลระหว่างตัวแปร พารามิเตอร์ขนาดอิทธิพลตัวนั้นมีค่าเป็นศูนย์

2. พารามิเตอร์บังคับ (constrained parameter) เมื่อโมเดลการวิจัยมีเส้นแสดงอิทธิพลระหว่างตัวแปร และพารามิเตอร์ตัวนั้นเป็นค่าที่ต้องประมาณค่า แต่นักวิจัยมีเงื่อนไขกำหนดให้พารามิเตอร์บางตัวมีค่าเฉพาะคงที่

พารามิเตอร์อิสระ (free parameters) เมื่อพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่าและมิได้บังคับให้มีค่าอย่างหนึ่งอย่างใด

ขั้นที่สาม การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียว เป็นการระบุว่าโมเดลนั้นสามารถนำมาประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เป็นค่าเดียวหรือไม่ ถ้าจำนวนสมการเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดล และจะประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ค่าเดียวสำหรับพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าแต่ละตัว เรียกว่าโมเดลนั้นว่าโมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวหรือ โมเดลพอดี (just identified model) ถ้าจำนวนสมการมากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดล อาจเนื่องจากมีการกำหนดเงื่อนไขบังคับเพิ่มเติมหรือปรับโมเดลการวิจัยจากโมเดลเต็มรูปเป็นโมเดลลดรูป เรียกว่า โมเดลระบุเกินพอดี (over identified model) แต่ถ้าจำนวนสมการน้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า เรียกว่า โมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวไม่พอดี (under identified model) และโมเดลประเภทนี้จะไม่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ ซึ่งการกำหนดเงื่อนไขจำเป็นของการระบุได้พอดี โมเดลระบุค่าได้พอดีเมื่อ $t<(1/2(NI*(NI+1))$

ขั้นที่สี่ การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล หลักการวิเคราะห์ CB-SEM คือ การตรวจสอบความกลมกลืนระหว่างโมเดลที่เป็นสมมติฐานวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ การเปรียบเทียบใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมเป็นตัวเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ โดยนำเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่างอันเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ มาเทียบกับเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่ถูกสร้างขึ้นจากพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้จากโมเดลที่เป็นสมมติฐาน ถ้าเมทริกซ์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันหมายความว่า โมเดลที่เป็นสมมติฐานมีความ

กลมกลืนกันกับข้อมูลเชิงประจักษ์ วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลที่เป็นสมมติฐานมีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood: ML) ด้วยฟังก์ชั่น $F = \log|\Sigma| - \log|S| + \mathrm{tr}(S\Sigma - 1) - k$ การประมาณค่าด้วยวิธีนี้มีความคงเส้นคงวา มีประสิทธิภาพ และเป็นอิสระจากมาตรวัด การแจกแจงสุ่มของค่าประมาณพารามิเตอร์เป็นแบบปกติ และความแกรงของค่าประมาณขึ้นอยู่กับขนาดของค่าพารามิเตอร์

ขั้นที่ห้า การทดสอบความกลมกลืนหรือความสอดคล้อง โดยใช้การเปรียบเทียบเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่ได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์และจากโมเดลสมการโครงสร้าง การประเมินผลความถูกต้องของโมเดลค่าที่นิยมใช้ ได้แก่

1. ค่าสถิติไค-สแควร์ (chi-square statistics) ถ้าค่าสถิติไค-สแควร์มีค่าสูงมากแสดงว่าฟังก์ชั่น ความกลมกลืนมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ โมเดลไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าค่าไค-สแควร์มีค่าต่ำมากยิ่งมีค่าใกล้ศูนย์มากเท่าไร แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าไค-สแควร์ควรมีค่าเท่ากับองศาอิสระ

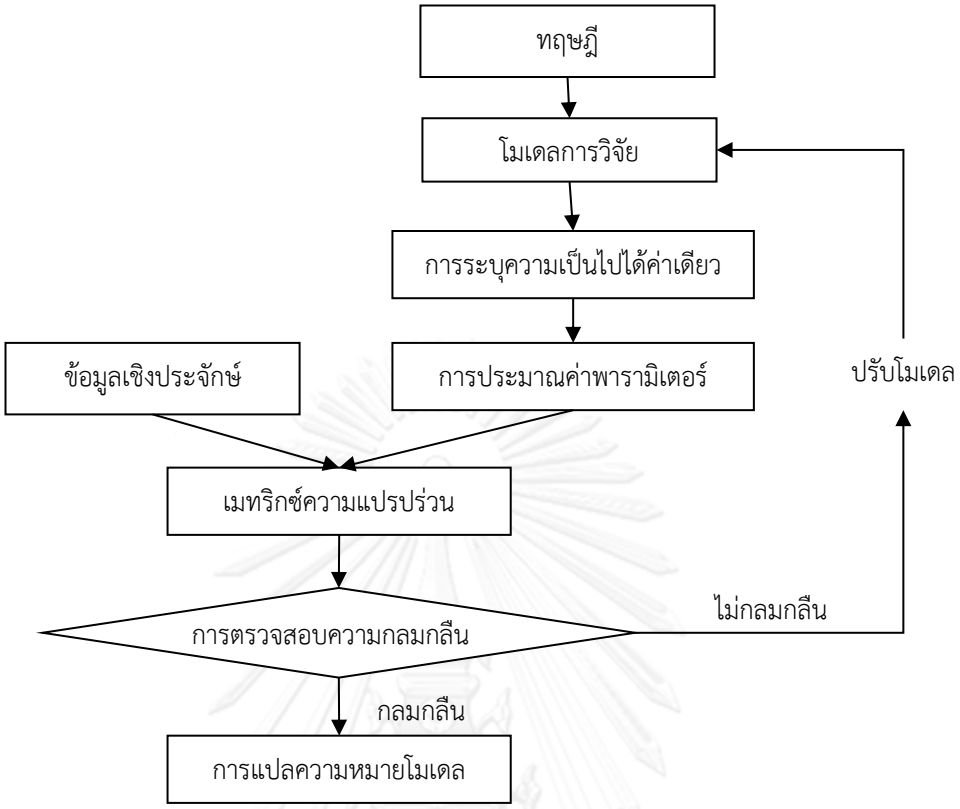
2. ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (goodness of fit index; GFI) เป็นดัชนีที่ใช้ในการเปรียบเทียบระดับความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลสองโมเดล ค่า GFI มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้า GFI มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3. ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแล้ว (adjusted goodness of fit index; AGFI) เมื่อนำดัชนี GFI มาปรับแก้โดยคำนึงถึงขนาดขององศาอิสระ ดังดัชนี AGFI มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับดัชนี GFI

4. ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (root mean squared residual: RMR) เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลสองโมเดล เฉพาะกรณีที่เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน ในขณะที่ GFI และ AGFI สามารถใช้เปรียบเทียบได้ทั้งกรณีข้อมูลชุดเดียวกันและต่างชุดกัน ค่า RMR ยิ่งเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ขั้นที่หก การปรับโมเดลและการแปลความหมายผลการวิเคราะห์ เมื่อโมเดลการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ยังไม่สอดคล้องกัน ผู้วิจัยจะต้องปรับโมเดลแล้วดำเนินการวิเคราะห์ใหม่จนกว่าโมเดลการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์จะสอดคล้องกัน จากนั้นจึงจะนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในโมเดลไปแปลความหมายต่อไป

ขั้นตอนการวิเคราะห์ทั้งหกสามารถสรุปเป็นภาพ 2.13



ภาพ 2.13 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ตัวแปรแฝงอันดับสูง (higher-order constructs)

การวิเคราะห์ตัวแปรแฝงอันดับสูงเป็นการวิเคราะห์เพื่อศึกษาว่าองค์ประกอบย่อยที่ได้อยู่ภายใต้องค์ประกอบใหญ่เดียวกันหรือไม่ องค์ประกอบใดมีความสำคัญมากกว่ากัน การวิเคราะห์ตัวแปรแฝงอันดับสูงในการศึกษาทางสังคมศาสตร์มักเกี่ยวกับตัวแปรแฝงที่มีหลายมิติ (multi-dimensional) ซึ่งสามารถทำการวิเคราะห์ได้ทั้งวิธี PLS-SEM และ CB-SEM ซึ่งแต่ละวิธีมีขั้นตอนการดำเนินการแตกต่างกันดังนี้

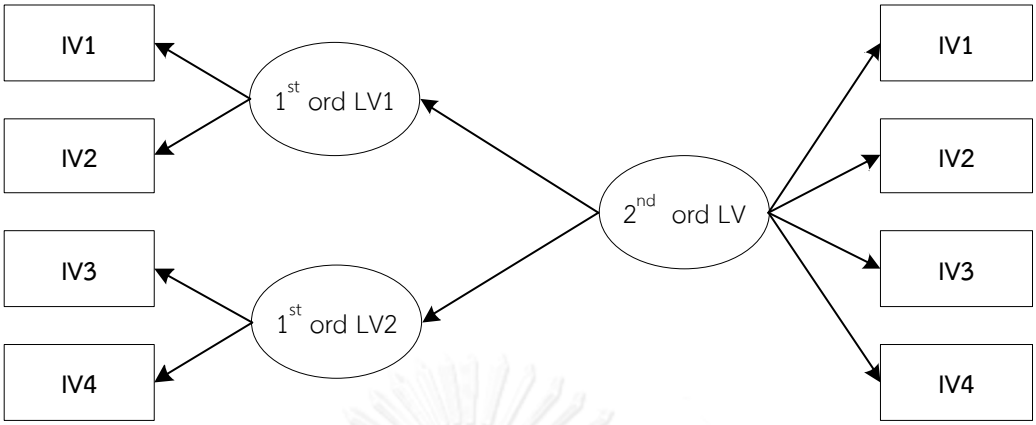
1) การวิเคราะห์ตัวแปรแฝงอันดับสูงด้วย PLS-SEM

PLS-SEM สามารถประมาณค่าโมเดลที่ซับซ้อนที่มีตัวแปรแฝงอันดับสูงได้ใน 2 ลักษณะ คือ โมเดลองค์ประกอบแบบลดหลั่น และโมเดลองค์ประกอบแบบสองขั้นตอน (Becker, Klein, & Wetzels, 2012; Wetzels et al., 2009; Wilson & Henseler, 2007) ดังนี้

1.1) โมเดลองค์ประกอบแบบลดหลั่น (hierarchical component model)

PLS-SEM ที่ออกแบบโดย Wold (1982 อ้างถึงใน Wilson and Henseler (2007)) ไม่มีการตรวจสอบเกี่ยวกับตัวแปรแฝงอันดับสูงที่ตัวแปรแฝงมีความสัมพันธ์กับตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการประมาณ แต่ Lohmoller (1989 อ้างถึงใน Wilson and Henseler (2007)) เสนอขั้นตอนวิเคราะห์ในกรณีที่ตัวแปรแฝงมีการลดหลั่น เรียกว่า โมเดลองค์ประกอบแบบลดหลั่น (hierarchical component model) หรือวิธีตัวบ่งชี้ซ้ำ (repeated indicators approach) ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นการประมาณตัวแปรอันดับสูงด้วย PLS-SEM ที่นิยมใช้มากที่สุด ขั้นตอนการดำเนินการเริ่มจากการกำหนดให้องค์ประกอบอันดับที่สอง(second-order factor) วัดโดยตรงจากตัวแปรสังเกตได้ของทุกองค์ประกอบอันดับที่หนึ่ง (first-order factor) การใช้ตัวบ่งชี้ซ้ำทำให้สามารถการประมาณค่าได้ด้วยกระบวนการ PLS พื้นฐาน ตัวบ่งชี้จะแทนตัวแปรแฝงอันดับสูงไปเรื่อยตามลำดับ เช่น ตัวแปรแฝงอันดับที่หนึ่งมีสองตัวคือ 1^{st}ord.LV1 และ 1^{st}ord.LV2 โดยที่ 1^{st}ord. LV1 มีตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือ IV1 และ IV2 ส่วน 1^{st}ord. LV2 มีตัวบ่งชี้ 2 ตัวคือ IV3 และ IV4 ตัวแปรแฝงอันดับที่สอง 2^{nd}ord. LV1 จะประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 4 ตัว คือ IV1 ถึง IV4 แต่สิ่งที่ต้องทำก่อนใช้วิธีตัวบ่งชี้ซ้ำคือตัวบ่งชี้ทุกตัวในองค์ประกอบอันดับที่หนึ่งและอันดับที่สองควรเป็นโมเดลวัดแบบสะท้อน

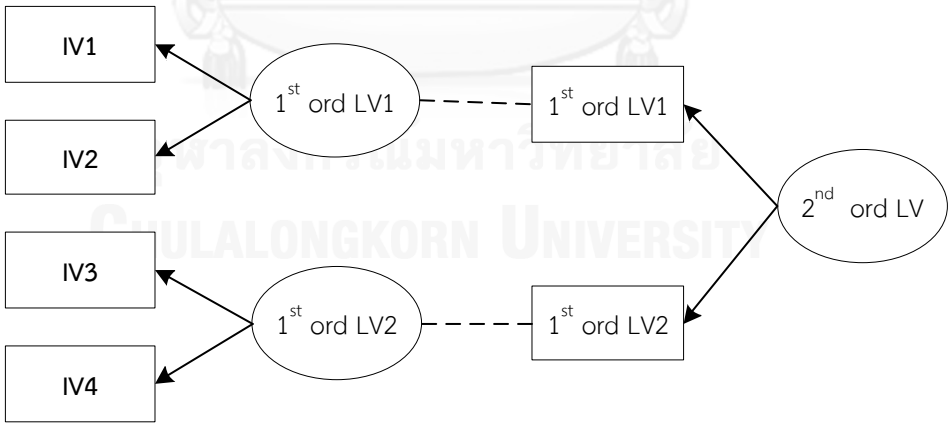
วิธีการนี้เป็นที่ชื่นชอบของนักวิจัยที่ใช้ PLS-SEM ในการสร้างตัวแปรแฝงอันดับสูง แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้คือความเอนเอียงที่อาจเกิดขึ้นในการประมาณค่าเมื่อตัวแปรสัมพันธ์กัน ดังภาพ 2.14



ภาพ 2.14 โมเดลองค์ประกอบแบบลดหลั่น

1.2) วิธีสองขั้นตอน (two-step approach)

วิธีการอื่นที่ในการสร้างตัวแปรแฝงอันดับสูงคือวิธีสองขั้นตอน (two-step approach) ซึ่งเป็นวิธีที่คะแนนตัวแปรแฝงประมาณค่าเริ่มต้นในโมเดลโดยไม่มีตัวแปรแฝงอันดับที่สอง (Agarwal et al., 2000 อ้างถึงใน Wilson and Henseler (2007)) แต่ทุกตัวแปรแฝงในโมเดลเป็นตัวแปรแฝงอันดับที่หนึ่งคะแนนตัวแปรแฝงเป็นสิ่งที่ใช้บอกถึงการวิเคราะห์โมเดลโครงสร้างอันดับที่สูงขึ้น เช่น วิธีนี้อาจมีประโยชน์เมื่อการประมาณค่าโมเดลอันดับสูงที่มีตัวบ่งชี้แบบรวมตัว (formative) (Reinartz et al., 2009) การวิเคราะห์วิธีนี้ไม่สามารถใช้ PLS-SEM วิเคราะห์ได้ในครั้งเดียว ข้อจำกัดที่เห็นได้ชัดคือตัวแปรแฝงแต่ละตัวในขั้นตอนสองไม่มีการพิจารณาเมื่อประมาณค่าคะแนนตัวแปรแฝงในขั้นหนึ่ง ดังภาพ 2.15

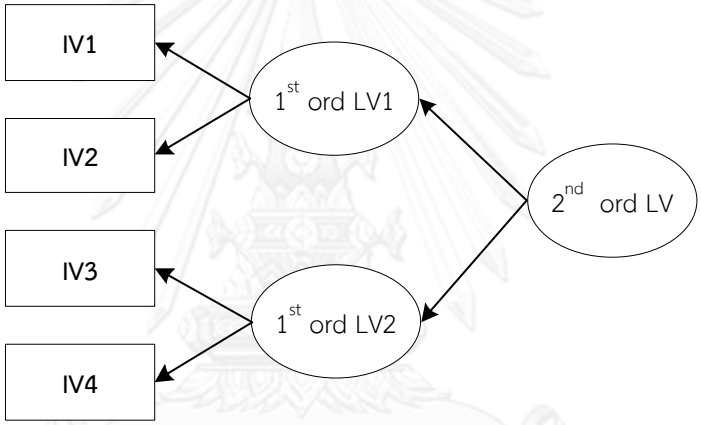


ภาพ 2.15 โมเดลองค์ประกอบแบบสองขั้นตอน

2) การวิเคราะห์ตัวแปรแฝงอันดับสูงด้วย CB-SEM

การวิเคราะห์ตัวแปแฝงอันดับสูงด้วย CB-SEM ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (comfirmatory factor analysis) (Jöreskog & Sörbom, 2012; นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542; พูลพงศ์ สุขสว่าง, 2556; สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณา, & รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2551) มีการดำเนินการดังนี้

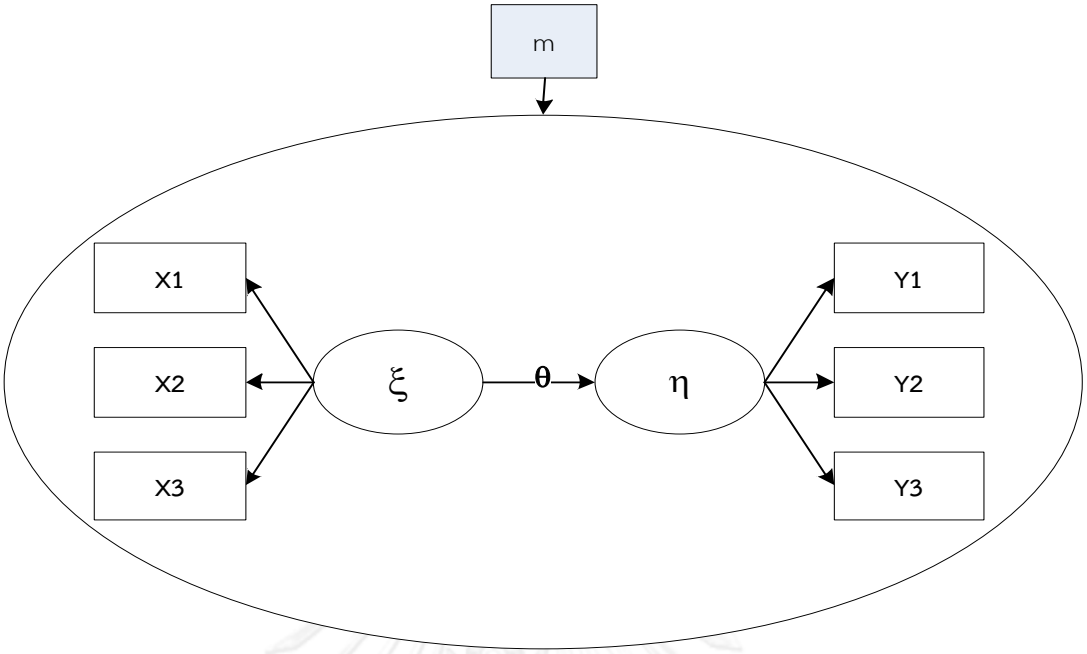
1. กำหนดให้องค์ประกอบอันดับที่สอง (second-order factor) เป็นตัวแปรแฝงภายนอกที่ส่งผลต่อทุกองค์ประกอบอันดับที่หนึ่ง (first-order factor) ซึ่งเป็นตัวแปรแฝงภายในที่วัดจากตัวแปรสังเกตได้ เช่น ตัวแปรแฝงอันดับที่หนึ่งมีสองตัวคือ 1st ord.LV1 และ 1st ord.LV2 โดยที่1st ord. LV1 มีตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือ IV1 และ IV2 ส่วน 1st ord. LV2 มีตัวบ่งชี้ 2 ตัวคือ IV3 และ IV4 ความสัมพันธ์สามารถแสดงได้ดังภาพ 2.16



ภาพ 2.16 โมเดลองค์ประกอบอันดับที่สองแบบ CB-SEM

การวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group analysis)

การวิเคราะห์กลุ่มพหุเป็นการวิเคราะห์โมเดลสำหรับกรณีที่มีประชากรหรือกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม เพื่อตรวจสอบว่าโมเดลสมการโครงสร้างที่เป็นกรอบแนวคิดการวิจัยที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มหรือไม่ การเปรียบเทียบอิทธิพลเฉพาะกลุ่มจากการพิจารณาตัวแปรกำกับที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายกับตัวแปรตาม (Baron & Kenny, 1986 อ้างถึงใน Sarstedt et al. (2011)) ซึ่งสามารถแสดงโมเดลกำกับได้ดังภาพ 2.17



ภาพ 2.17 โมเดลกำกับ

ภาพแสดงแนวคิดของตัวแปรกำกับเชิงกลุ่มที่มี x1 ถึง x3 แทนตัวแปรบ่งชี้แบบสะท้อนของตัวแปรแฝงภายนอก ξ และ y1 ถึง y3 แทนตัวแปรบ่งชี้แบบสะท้อนภายใน η และ θ แทนพารามิเตอร์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงภายในและภายนอก m แทนตัวแปรกำกับเชิงกลุ่มซึ่งมีอิทธิพลต่อทุกความสัมพันธ์ในโมเดล นักวิจัยมักสนใจวิเคราะห์กลุ่มที่มีผลกระทบตัวความสัมพันธ์โมเดลโครงสร้าง และมีสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของประชากรว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มย่อยของประชากร m

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก่อนการเปรียบเทียบการประมาณค่าโมเดลระหว่างกลุ่มของตัวแปรกำกับคือต้องแน่ใจว่าการวัดตัวแปรแฝงไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม สิ่งนี้บอกเป็นนัยว่าอิทธิพลของตัวแปรกำกับจำกัดอยู่ที่พารามิเตอร์ θ ไม่ใช่ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักองค์ประกอบของข้อคำถาม

หลักการสำคัญของการวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วย CB-SEM และ PLS-SEM แตกต่างกัน คือ CB-SEM จะกำหนดเงื่อนไขว่าโมเดลที่มาจากกรอบแนวคิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะแบบเดียวกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งโมเดลที่ได้จากทฤษฎีสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทุกกลุ่ม โดยมีลักษณะโมเดลเป็นแบบเดียวกันจะเรียกว่าโมเดลสมการโครงสร้างไม่แปรเปลี่ยนหรือมีความยืนยงระหว่างกลุ่ม (invariance across groups) ซึ่งการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลจะใช้การทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าโมเดลสมการโครงสร้างมีเมทริกซ์พารามิเตอร์ไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มประชากร โดยพิจารณาจากค่าไคสแควร์ ถ้าค่าไคสแควร์ต่ำกว่าค่าวิกฤติอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าโมเดลสมการโครงสร้างของประชากรทุกกลุ่มสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ในทางตรงข้ามถ้าค่าไคสแควร์สูงกว่าค่าวิกฤตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าโมเดลสมการ

โครงสร้างของประชากรทุกกลุ่มไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ในขณะที่ PLS-SEM เป็นการเปรียบเทียบและทดสอบความแตกต่างของสัมประสัมสิทธิ์เส้นทางระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบที

ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์กลุ่มพหุของวิธี PLS-SEM และ CB-SEM มีแตกต่างกัน รายละเอียดดังนี้

1) การวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วย PLS-SEM

มีวิธีการวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วยการวิเคราะห์ PLS-SEM มีหลายวิธีกรณีตัวแปรกำกับมี 2 กลุ่ม มีผู้เสนอวิธีการ 3 แบบ ดังนี้

1) วิธีการของ Keil et al. (2000 อ้างถึงใน Sarstedt et al. (2011)) เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบที ซึ่งเริ่มจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแต่ละกลุ่มย่อยของประชากรแยกกัน และใช้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap เป็นข้อมูลที่จะใช้ในการทดสอบพารามิเตอร์ วิธีนี้เรียกโดยทั่วไปว่าวิธีพารามิเตอร์ (parametric approach) ค่าสถิติคำนวณได้จากสมการ

$$t = \frac{b^{(1)} - b^{(2)}}{\sqrt{\frac{\left(n^{(1)}-1\right)^2}{n^{(1)}+n^{(2)}-2} se(b^{(1)})^2 + \frac{\left(n^{(2)}-1\right)^2}{n^{(1)}+n^{(2)}-2} se(b^{(2)})^2} \sqrt{\frac{1}{n^{(1)}} + \frac{1}{n^{(2)}}}}$$

เมื่อ t มีการแจกแจงแบบที df = $n^{(1)}+n^{(2)}-2$; b คือ สัมประสิทธิเส้นทางของแต่ละกลุ่ม; n คือ ขนาดตัวอย่างของแต่ละกลุ่ม; SE คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์เส้นทางจากกระบวนการ bootstrap แต่วิธีการนี้ข้อมูลต้องมีการแจกแจงปกติซึ่งไม่สอดคล้องกับหลักการใช้ PLS–SEM ที่ใช้ได้กับข้อมูลที่มีการแจกแจงทุกแบบ

2) วิธีการของ Chin (2003 อ้างถึงใน Sarstedt et al. (2011)) เสนอวิธีการเรียงสับเปลี่ยน (permutation-based approach) ซึ่งประยุกต์ใช้การทดสอบแบบเรียงสับเปลี่ยน (permutation test) เป็นกระบวนการนอนพาราเมทริกซ์ (nonparametric) แบบหนึ่ง วิธีการนี้จึงสามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีการแจกแจงทุกแบบ ขั้นตอนของวิธีนี้มีดังนี้

1. เริ่มจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลแยกกลุ่มทำให้ได้ ค่าพารามิเตอร์ของแต่ละกลุ่ม ($\theta^{(1)}$และ $\theta^{(2)}$)

2. ดำเนินการกระบวนการเรียงสับเปลี่ยน นำข้อมูลทั้งสองกลุ่มมารวมกันโดยทำการสุ่มข้อมูลจำนวนเท่ากับขนาดตัวอย่างของกลุ่มแรก (n(1)) แบบไม่ใส่คืนจากข้อมูลทั้งสองกลุ่มรวมกัน ส่วนข้อมูลที่เหลือจะเป็นข้อมูลของกลุ่มที่สองมีจำนวนเท่ากับ n(2) นำข้อมูลที่ได้ไปประมาณค่าพารามิเตอร์ทำให้ได้ค่า $\tilde{\theta}_u^{(1)}$ และ $\tilde{\theta}_u^{(2)}$ การดำเนินการเรียบสับเปลี่ยนควรมีอย่างน้อย 5,000 ครั้ง (J. F. Hair et al., 2012a; J. F. Hair et al., 2012b; J. F. Hair et al., 2012c)

3. คำนวณความแตกต่างระหว่างค่าพารามิเตอร์จากกระบวนการเรียนสับเปลี่ยนแต่ละครั้ง $d_u = \tilde{\theta}_u^{(1)} - \tilde{\theta}_u^{(2)}$ และหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของค่าสถิตินี้

4. ทดสอบสมมติฐานหลักที่ว่าค่าประมาณพารามิเตอร์จากทั้งสองกลุ่มเท่ากัน $(H_0: \theta^{(1)} = \theta^{(2)})$ โดยเปรียบเทียบผลต่างของค่าพารามิเตอร์กับความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจากข้อ 3 ถ้าค่าสูงกว่าค่าวิกฤตที่กำหนดไว้ จะปฏิเสธสมมติฐานหลักทางสถิติ และสรุปว่าค่าพารามิเตอร์มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

3) วิธีของ Henseler (2007 อ้างถึงใน Sarstedt et al. (2011)) เป็นกระบวนการนอนพาราเมทริกซ์ที่ใช้การเปรียบเทียบค่าประมาณจากการ Bootstap ของแต่ละกลุ่ม มีขั้นตอนเริ่มที่การวิเคราะห์ Bootstrap แยกกลุ่มและใช้ข้อมูลที่ได้ไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

$$P\left(b^{(1)} > b^{(2)} \middle| \beta^{(1)}\right) \leq \beta^{(2)} = 1 - \sum_{\forall j,i} \frac{\Theta(2\bar{b}^{(1)} - b_j^{(1)} - 2\bar{b}^{(2)} + b_i^{(2)})}{J^2}$$

เมื่อ J คือ จำนวนตัวอย่าง bootstrap, $b_j^{(1)}$ และ $b_i^{(2)}$ เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ และ $\bar{b}^{(1)}$ และ $\bar{b}^{(2)}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าพารามิเตอร์สูงกว่าตัวอย่าง bootstrap

2) การวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วย CB-SEM

การวิเคราะห์กลุ่มพหุใช้หลักการการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลซึ่งเป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลและการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของพารามิเตอร์ในโมเดล (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, 2554; สุภมาส อังศุโชติ et al., 2551) ซึ่งนงลักษณ์ วิรัชชัย (2554) อธิบายว่า การวิเคราะห์เพื่อทดสอบความไม่เปลี่ยนของรูปแบบโมเดล หมายถึง การทดสอบว่าโมเดลตามสมมติฐานที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในแต่ละกลุ่มนั้นประกอบด้วยจำนวนตัวแปรและรูปแบบลักษณะโครงสร้างเป็นแบบเดียวกันทุกกลุ่ม ส่วนการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของพารามิเตอร์ในโมเดลเป็นการทดสอบต่อจากการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลเดียวกัน แล้วก็ทดสอบต่อว่าค่าพารามิเตอร์ในแต่ละเมทริกซ์มีค่าเท่ากันทุกกลุ่มประชากร โดยใช้หลักการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเมทริกซ์พารามิเตอร์ที่มีความเข้มงวดน้อยที่สุด (least restriction) ไปจนถึงการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเมทริกซ์พารามิเตอร์ที่มีความเข้มงวดมากที่สุด (most restriction) โดยการกำหนดสมมติฐานให้มีลักษณะซ้อนกันเป็นระดับลดหลั่น (hierarchical nested hypotheses) ในการทดสอบนอกจากจะทดสอบนัยสำคัญของสมมติฐานแล้วยังต้องทดสอบความแตกต่างระหว่างสมมติฐานแต่ละข้อด้วย รายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

ขั้นตอนการวิเคราะห์กลุ่มพหุ

การวิเคราะห์โมเดลกลุ่มพหุ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์แบบไม่กำหนดเงื่อนไข การวิเคราะห์แบบกำหนดเงื่อนไข แล้วจึงสรุปผลการวิเคราะห์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, 2554; สุภมาส อังศุโชติ et al., 2551) แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนแรก การวิเคราะห์แบบไม่กำหนดเงื่อนไข เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่มโดยใช้กลยุทธ์กลุ่มพหุใน CB-SEM เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลสมการโครงสร้างสำหรับกลุ่มประชากรแยกกันแต่ละกลุ่ม เพื่อทดสอบว่าโมเดลสำหรับประชากรแต่ละกลุ่มนั้นสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ค่าไคสแควร์รวมไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าโมเดลแต่ละกลุ่มประชากรสอดคล้องกลมกลืมกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทุกกลุ่ม ถ้าได้ค่าไคสแควร์รวมมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า โมเดลของประชากรอย่างน้อยหนึ่งกลุ่มไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าผลไม่สอดคล้องให้ปรับแก้โมเดลตามที่โปรแกรมโมเดลสมการโครงสร้างรายงานในส่วนดัชนีแก้ไข (modification indices) หรือปรับแก้ตามข้อสังเกตของนักวิจัยบนพื้นฐานของทฤษฎี เมื่อโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้วจึงดำเนินการวิเคราะห์ขั้นตอนที่สองต่อไป

สมมติฐานในการตรวจสอบรูปแบบโมเดลว่ามีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มประชากรหรือไม่ กรณีมีประชากร 2 กลุ่ม คือ H_0 : model $form_{(1)}$ = model $form_{(2)}$

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์แบบกำหนดเงื่อนไขบังคับ ในขั้นนี้ต้องทำต่อจากขั้นตอนที่ 1 โดยการกำหนดเงื่อนไขบังคับเพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลระหว่างกลุ่ม การวิเคราะห์ในขั้นนี้ต้องทำการวิเคราะห์หลายครั้ง ตามจำนวนชุดของสมมติฐานที่ต้องการตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเมทริกซ์พารามิเตอร์ โดยกำหนดลัญลักษณ์แทนค่าเมทริกซ์พารามิเตอร์ดังนี้

Λx, Λy หมายถึง เมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงภายนอกและภายใน

θx,θy หมายถึง เมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวบ่งชี้ภายนอกและภายใน

B หมายถึง เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงภายใน

Γ หมายถึง เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงภายนอกไปยังตัวแปรแฝงภายใน

Φ หมายถึง เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรแฝงภายใน

Ψ หมายถึง เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของความคลาดเคลื่อน z

การวิเคราะห์ดำเนินการตามจำนวนชุดของสมมติฐานที่ต้องการตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเมทริกซ์พารามิเตอร์ มีดังนี้

1. การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading matrix) ระหว่างกลุ่มประชากร สมมติฐานหลักทางสถิติที่ทดสอบ คือ H_0 : $\Lambda x_i = \Lambda x_j$ และ $\Lambda y_i = \Lambda y_j$

ถ้าไม่ปฏิเสธสมมติฐาน สรุปได้ว่าการวัดความไม่แปรเปลี่ยนของน้ำหนักองค์ประกอบระหว่างกลุ่มประชากร

2. การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของความคลาดเคลื่อนในโมเดลการวัด (measurement error matrix) เป็น

$H_0 : (\Lambda x_i, \theta x_i) = (\Lambda x_j, \theta x_j)$ และ $(\Lambda y_i, \theta y_i) = (\Lambda y_j, \theta y_j)$

3. การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของสัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่างตัวแปรแฝง (matrix)

$H_0 : (\Lambda x_i, \theta x_i, \mathbf{B}_i) = (\Lambda x_j, \theta x_j, \mathbf{B}_i)$ และ $(\Lambda y_i, \theta y_i, \Gamma_i) = (\Lambda y_j, \theta y_j, \Gamma_j)$

4. การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างความแปรปรวนร่วมของตัวแปรแฝงภายนอกและภายใน

$H_0 : (\Lambda x_i, \theta x_i, \mathbf{B}_i, \Phi_i) = (\Lambda x_j, \theta x_j, \mathbf{B}_j, \Phi_j)$ และ$(\Lambda y_i, \theta y_i, \Gamma_i, \Psi_i) = (\Lambda y_j, \theta y_j, \Gamma_j, \Psi_j)$

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์สรุป เป็นการวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาผลต่างของดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานในขั้นตอนที่ 2 ระหว่างคู่ที่มีเงื่อนไขบังคับน้อยกับมีเงื่อนไขบังคับมากกว่า ผลต่างของค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ได้จะนำมาตีความหมายเพื่อสรุปผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุทั้งหมด

การเปรียบเทียบระหว่างวิธี PLS-SEM กับ CB-SEM

การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างวิธี PLS-SEM และ CB-SEM ที่ผ่านมายังมีไม่มากนักแต่จากผลการเปรียบเทียบ พบว่า ผลการวิเคราะห์จากทั้งสองวิธีส่วนใหญ่ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แต่การประมาณค่าที่เอนเอียงในบางสถานการณ์ของทั้งสองวิธีจึงมีการพิจารณาเลือกใช้วิธีหนึ่งแทนอีกวิธีหนึ่ง (Goodhue et al., 2012a; Goodhue, Lewis, & Thompson, 2012b; Haenlein & Kaplan, 2004; J. F. Hair et al., 2012a; J. F. Hair et al., 2012b; J. F. Hair et al., 2012c; Hair Jr et al., 2013; Henseler et al., 2009) ซึ่งลักษณะที่นักวิจัยมักอ้างเมื่อมีการนำ PLS-SEM มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลแทนการใช้ CB-SEM ได้แก่ วัตถุประสงค์ของการวิจัยมุ่งทำนายและพัฒนาโมเดล การมีตัวแปรแฝงแบบรวมตัวในโมเดลการวิจัย ตัวอย่างในการวิจัยมีขนาดเล็ก โมเดลการวิจัยมีความซับซ้อน การแจกแจงของตัวบ่งชี้มีความเบ้สูงหรือไม่สามารถระบุการแจกแจงได้ ความแตกต่างระหว่างวิธี PLS-SEM กับ CB-SEM สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เป้าหมายของการวิจัย (การยืนยันและการสำรวจ) PLS-SEM มีเป้าหมายในการตรวจสอบความสามารถในการพยากรณ์โมเดลการวิจัยบางส่วนด้วยโมเดลการวิจัยส่วนอื่นหรือต้องการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝงภายในจากตัวแปรแฝงอื่นที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรแฝงภายในนั้นให้มากที่สุด เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุเชิงพยากรณ์ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนสูงแต่ข้อมูลสนับสนุนทางทฤษฎีมีน้อย เรียกได้ว่าเป็นวิธีที่มุ่งการพยากรณ์ (prediction-oriented) ในทางตรงข้าม CB-SEM จะประมาณค่าโมเดลการวิจัยทุกส่วนและให้ค่าสถิติความสอดคล้องที่อธิบายว่าข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกับโมเดลเชิงทฤษฎีอย่างไร หรือทำให้ความแตกต่างระหว่าง

ความแปรปรวนร่วมของข้อมูลจากตัวอย่างกับโมเดลทางทฤษฎีมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด เรียกได้ว่าเป็นวิธีที่มุ่งพารามิเตอร์ (parameter-oriented) และเน้นการเปลี่ยนจากการสำรวจเป็นการวิเคราะห์เชิงยันยืน

หลักการที่แตกต่างกันระหว่างสองวิธีนี้ คือ CB-SEM เหมาะสมกับการทดสอบและพัฒนาทฤษฎีส่วน PLS-SEM ใช้สำหรับการพยากรณ์ กล่าวคือ เมื่อเป้าหมายของการวิจัยคือทดสอบและพัฒนาโมเดลเชิงสาเหตุมีทฤษฎีก่อนหน้ารองรับอย่างเข้มแข็ง CB-SEM เป็นวิธีที่เหมาะสม แต่วิธีการนี้ไม่ได้มีการประมาณค่าคะแนนองค์ประกอบจึงทำให้ขาดความถูกต้องในการทำนาย สถานการณ์นี้ไม่เกี่ยวข้องกับการทดสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุกับทฤษฎี การสร้างสมมติฐานและการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ด้วย CB-SEM ด้วยดัชนีความสอดคล้องโดยรวมเน้นการทดสอบทฤษฎีมากกว่าสร้างทฤษฎี (Anderson & Gerbing, 1988) ในขณะที่ PLS-SEM เหมาะสมในการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุที่มีเป้าหมายเพื่อพยากรณ์และ/หรือสร้างทฤษฎี แม้ PLS-SEM จะสามารถใช้ในการยืนยันทฤษฎี แต่วิธีมีข้อตกลงว่าความแปรปรวนที่วัดได้ทั้งหมดมีประโยชน์ในการอธิบายในการวิเคราะห์และบ่งชี้ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่นัยสำคัญดังนั้นการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้จากความสามารถในการทำให้ความแปรปรวนที่อธิบายไม่ได้ของตัวแปรตามทั้งตัวแปรสังเกตได้และสังเกตไม่ได้มีน้อยที่สุด การประเมินผลการวิเคราะห์ PLS-SEM เป็นการประเมินเป็นส่วนๆ ยังขาดการประเมินโมเดลโครงสร้างโดยรวมจึงเป็นข้อจำกัดในการใช้ PLS-SEM ในการทดสอบทฤษฎี (Hair Jr et al., 2013; Henseler et al., 2009)

ดังนั้น ถ้างานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและยืนยันทฤษฎีจะเหมาะสมกับการใช้ CB-SEM แต่ถ้าวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือการพยากรณ์หรือพัฒนาทฤษฎีการใช้ PLS-SEM จะเหมาะสมกว่า

2. ขนาดตัวอย่าง *ขนาดตัวอย่าง*เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการวิเคราะห์ SEM เพราะมีผลกระทบต่อความเชื่อมั่นในการประมาณพารามิเตอร์ ความสอดคล้องของโมเดล และอำนาจทางสถิติของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ขนาดตัวอย่างที่ต้องการของ CB-SEM กับ PLS-SEM แตกต่างกัน ขนาดตัวอย่างโดยทั่วไปของ CB-SEM ตามกฎแห่งความเจนจัดคือพิจารณาจากอัตราส่วนของขนาดตัวอย่างต่อจำนวนพารามิเตอร์ทั้งหมดที่ต้องประมาณค่า ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมใน CB-SEM อย่างน้อย 200 ตัวอย่าง หรือ 5 (Tanaka, 1987 อ้างถึงใน Peng and Lai (2012)) ถึง 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า (Bentler & Chou, 1987; Bollen, 1989 อ้างถึงใน Peng and Lai (2012)) ในขณะที่ PLS-SEM ดำเนินการได้กับขนาดตัวอย่างที่น้อยกว่า Wold (1989 อ้างถึงใน Peng and Lai (2012)) แสดงให้เห็นว่า PLS-SEM ต้องการตัวอย่างขนาดเล็กในการวิเคราะห์ คือ ผู้ให้ข้อมูล 10 คน และตัวบ่งชี้ 27 ตัว กฎแห่งความเจนจัด (rule of thumb) แนะนำขนาดตัวอย่างที่ทำให้การประมาณค่ามีความแกร่ง คือ ขนาดตัวอย่างควรเท่ากับจำนวนที่มากกว่าระหว่าง 1) ถ้ามีตัวแปรแบบรวมตัว (formative) ในโมเดลการวิจัย ให้ใช้ 10 เท่าของจำนวนตัวแปรบ่งชี้ของตัวแปรแฝงแบบรวมตัวมากที่สุดในโมเดล หรือ 2) 10 เท่าของจำนวนตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรพยากรณ์ของตัวแปรแฝงภายในที่มีจำนวนมากที่สุด งานวิจัยที่ใช้สถานการณ์จำลอง Monte Carlo

(Fornell & Bookstein, 1982; Goodhue et al., 2012a; Reinartz et al., 2009; P. N. Sharma & Kim, 2013) แสดงว่า PLS-SEM ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเหมาะสมของตัวบ่งชี้ขนาดตัวอย่างต่ำสุด คือ 20 และความคงเส้นคงวาเมื่อตัวน้ำหนักองค์ประกอบสูงเมื่อขนาดตัวอย่างมากขึ้นและตัวบ่งชี้ต่อโมเดลการวัดเพิ่มขึ้น

ผลจากลักษณะพิเศษนี้ทำให้นักวิจัยและผู้ปฏิบัติใช้ PLS-SEM แทน CB-SEM เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก ความเชื่อนี้ทำให้เข้าใจผิดในวงการนักวิจัยอย่างไม่ตั้งใจที่ถามถึงความถูกต้องก่อนอำนาจการทดสอบทางสถิติ Goodhue และคณะ (Goodhue, Lewis & Thompson, 2006 อ้างถึงใน Goodhue et al. (2012b)) กล่าวว่า นักวิจัยควรพิจารณานัยสำคัญทางสถิติเป็นสิ่งแรกและตามด้วยความถูกต้อง ถ้าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแล้วความถูกต้องก็ไม่มีความหมาย ซึ่งทำให้ PLS-SEM อาจไม่มีประโยชน์เมื่อมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีตัวอย่างขนาดเล็ก งานวิจัยของ Goodhue และคณะ (2012a) กล่าวว่าไม่พบหลักฐานว่ากระบวนการ Bootstrap ให้อำนาจการทดสอบทางสถิติมากกว่า CB-SEM เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก การใช้กฎ 10 เท่า แห่งความเจนจัดของ PLS-SEM ทำให้อำนาจการทดสอบทางสถิติต่ำกว่าที่จะยอมรับได้ มีเพียงในกรณีที่ขนาดอิทธิพลสูงและความเชื่อมั่นสูงที่ทำให้อำนาจการทดสอบทางสถิติยอมรับได้

การเลือกขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมนอกจากขึ้นอยู่ขนาดความสัมพันธ์หรือระดับอำนาจการทดสอบแล้วนักวิจัยต้องพิจารณาคุณลักษณะการแจกแจงของข้อมูล ข้อมูลสูญหาย คุณสมบัติทางจิตมิติของตัวแปร และขนาดความสัมพันธ์ก่อนการตัดสินใจกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้การวิเคราะห์และมั่นใจได้ว่าขนาดตัวอย่างเพียงพอในการศึกษาสถานการณ์ที่สนใจ (Marculides & Saunders, 2006 อ้างถึงใน Goodhue et al. (2012a)) Goodhue และคณะ (2012b) เน้นว่า PLS-SEM อาจไม่มีความสามารถพิเศษเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก ความสามารถเท่ากับเทคนิคอื่นเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ นักวิจัยยังเห็นว่าเทคนิคนี้ยังเหมาะสมและมีพลังในหลายๆ สถานการณ์ เช่น โมเดลการวิจัยซับซ้อนที่ใช้ขนาดตัวอย่างน้อยกว่า CB-SEM มาก

งานวิจัยของ Reinartz และคณะ (2009) เปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านอำนาจการทดสอบของ CB-SEM และ PLS-SEM พบว่า อำนาจการทดสอบของ PLS-SEM มีมากกว่าหรือเท่ากับ CB-SEM และในหลายกรณี PLS-SEM ต้องการข้อมูลเพียงครึ่งหนึ่งของการวิเคราะห์ด้วย CB-SEM คือ PLS-SEM ให้อำนาจการทดสอบ .80 เมื่อขนาดอิทธิพลระดับปานกลางตัวอย่างมีขนาด 100 ตัวอย่าง และเมื่อขนาดอิทธิพลระดับต่ำตัวอย่างมีขนาด 250 ตัวอย่าง ในขณะที่ขนาดอิทธิพลระดับเดียวกัน CB-SEM ต้องการขนาดตัวอย่าง 250 ถึง 1,000 ตัวอย่าง

3. ความซับซ้อนของโมเดล ในขณะที่ความซับซ้อนของโมเดลการวิจัยโดยรวมเช่น มีตัวบ่งชี้และตัวแปรแฝงจำนวนมากส่งผลโดยตรงต่อขนาดตัวอย่างใน CB-SEM แต่ไม่มีผลต่อ PLS-SEM ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์พหุระดับ (multi-level analysis) การวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับสูง (higher-order factor analysis) การวิเคราะห์ตัวแปรส่งผ่าน (moderation analysis) การวิเคราะห์ตัวแปรกำกับ (moderation analysis) การวิเคราะห์เหล่านี้ พารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า

จะเพิ่มขึ้นทำให้ใน CB-SEM มีปัญหาเรื่องการระบุความเป็นไปได้ค่าเดียว (identification) และการลู่เข้าสู่คำตอบ (convergence) แต่ปัญหานี้จะไม่เกิดกับ PLS-SEM เนื่องจาก PLS-SEM ใช้หลักการทำซ้ำแก้โมเดลการวัดแต่ละส่วนและประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางโครงสร้าง (structural path coefficients)

Boomsma และ Hoogland (2001) ทำการศึกษาโมเดลซับซ้อนที่จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าและจำนวนองศาอิสระที่หลากหลายด้วย CB-SEM ผลการวิจัยพบว่า พารามิเตอร์ที่ประมาณค่าที่มากกว่านำไปสู่ปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (nonconvergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) การแก้ปัญหานี้คือ ขนาดตัวอย่าง ขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นจะช่วยลดปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (nonconvergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) ผลการศึกษาสถานการณ์จำลองของ Boomsma และ Hoogland (2001) ยังพบอีกว่าขนาดตัวอย่างและน้ำหนักองค์ประกอบที่เหมือนกัน โมเดลที่มีความซับซ้อนกว่าจะเกิดปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (nonconvergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) เพิ่มขึ้น

PLS-SEM มีความเหมาะสมในการอธิบายความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน Wold (1985 อ้างถึงใน Boomsma and Hoogland (2001)) กล่าวว่า PLS-SEM เป็นวิธีแรกๆ ที่ถูกเลือกใช้วิเคราะห์โมเดลมีขนาดใหญ่ ดังนั้นเมื่อโมเดลการวิจัยมีความซับซ้อนมากและอาจเกิดปัญหาเมื่อใช้ CB-SEM นักวิจัยสามารถนำ PLS-SEM มาใช้วิเคราะห์แทนได้

3. คุณลักษณะของข้อมูล Joreskog (1967 อ้างถึงใน Reinartz et al. (2009)) กล่าวว่า CB-SEM ต้องการข้อมูลที่มีการแจกแจงพหุนาม (multivariate normal distribution) เนื่องจากข้อมูลที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติทำให้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสูงเกินจริงและค่าสถิติทดสอบความสอดคล้อง (goodness of fit) สูงเกินจริง (MacCallum et al., 1992 อ้างถึงใน Henseler et al. (2009)) แม้ผลกระทบนี้จะเกิดขึ้นน้อยเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ (Lei & Lomax, 2005) แต่โดยทั่วไปข้อมูลในทางสังคมศาสตร์มักไม่ใช่การแจกแจงปกติดังนั้นในบางสถานการณ์อาจมีข้อจำกัดในการใช้ CB-SEM ในขณะที่ PLS-SEM ไม่เคร่งครัดกับข้อตกลงเบื้องเรื่องการแจกแจงของข้อมูล ข้อมูลไม่จำเป็นต้องมีการแจกแจงพหุนาม เนื่องจาก PLS-SEM ใช้การวิเคราะห์การถดถอยเป็นฐาน ดังนั้นข้อตกลงเบื้องต้นที่ต้องการมีเพียงข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยแบบกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) PLS-SEM ไม่มีข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับประชากรหรือระดับการวัดของข้อมูล และใช้ได้กับข้อมูลนามบัญญัติ เรียงลำดับ และมาตรวัดช่วง (Hair Jr et al., 2013; Henseler et al., 2009)

ดังนั้น ถ้าข้อมูลละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงข้อมูลทำให้ศักยภาพในการประมาณค่าด้วย CS-SEM ลดลง ผู้วิจัยอาจใช้ PLS-SEM แทนได้

4. การมีตัวแปรแฝงแบบรวมตัว (formative) ในโมเดล โมเดลสมการเชิงโครงสร้างโดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับตัวแปรแฝงที่มีตัวบ่งชี้หลายตัว โมเดลการวัดหรือโมเดลภายในซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงนั้น ทิศทางของความสัมพันธ์ของโมเดลการวัดอาจเป็นแบบสะท้อนหรือแบบรวมตัว แม้ CB-SEM สามารถใช้วิเคราะห์ตัวแปรแฝงแบบรวมตัว

ได้แต่การวิเคราะห์มักพบกับปัญหาการระบุความเป็นไปได้ค่าเดียว เมื่อมีตัวแปรแฝงแบบรวมตัวในโมเดล CB-SEM จะใช้การกำหนดตัวบ่งชี้แต่ละตัวเป็นตัวแปรแฝงภายนอกทีละตัว กำหนดค่าน้ำหนักองค์ประกอบและกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนการวัด (Williams, Edwards & Vandenberg, 2003) ในขณะที่ปัญหาเหล่านี้จะไม่เกิดขึ้นเมื่อใช้ PLS-SEM เนื่องจากกระบวนการ PLS มีสามารถการวิเคราะห์โมเดลที่มีทั้งตัวแปรแฝงแบบรวมตัวและตัวแปรแฝงแบบสะท้อน

นักวิจัยควรระมัดระวังในการตัดสินใจว่าโมเดลการวัดควรเป็นแบบสะท้อนหรือแบบรวมตัว ซึ่งการระบุโมเดลการวัดผิดมักเกิดขึ้น Jarvis และคณะ (2003 อ้างถึงใน Peng and Lai (2012)) พบว่าบทความในวารสารชั้นนำทางการตลาดร้อยละ 28 มีการระบุโมเดลการวัดที่ผิด การระบุประเภทโมเดลการวัดผิดทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลโครงสร้างหรือโมเดลภายในเอนเอียงและการประเมินความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง การตัดสินใจว่าตัวแปรแฝงเป็นแบบรวมตัวหรือแบบสะท้อน และให้แนวทางในตัดสินใจไว้ 4 ประการ คือ 1) มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุทางตรงควรมาจากตัวบ่งชี้ไปสู่ตัวแปรแฝง 2) ตัวแปรบ่งชี้หรือข้อคำถามที่อยู่ต่างมิติกันไม่สามารถแทนกันได้ เช่น การวัดความสามารถในการปฏิบัติงานประกอบด้วย ด้านค่าใช้จ่าย คุณภาพ ความยืดหยุ่น ซึ่งข้อคำถามการวัดความยืดหยุ่นไม่สามารถแทนได้ด้วยข้อคำถามของด้านค่าใช้จ่าย คุณภาพ เป็นต้น 3) การเปลี่ยนแปลงของตัวบ่งชี้หนึ่งไม่จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้อื่น เช่น ข้อคำถามความยืดหยุ่นไม่ต้องมีความสัมพันธ์กับข้อคำถามด้านค่าใช้จ่าย และ 4) ตัวบ่งชี้มีความเป็น nomological network ดังนั้น PLS-SEM สามารถใช้ประมาณค่าได้ทั้งตัวแปรแฝงแบบรวมตัว และสะท้อน

5. ความแกร่งของการประมาณค่าพารามิเตอร์ การศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง CB-SEM กับ PLS-SEM มีน้อยและสถานการณ์ที่ใช้เปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ของทั้งสองวิธีก็ยังมีไม่มาก อาจยังไม่ครอบคลุมลักษณะพิเศษอื่นที่นักวิจัยใช้ นักวิจัยและนักปฏิบัติจึงต้องการข้อมูลเกี่ยวกับการเปรียบเทียบนี้เพื่อใช้เลือกวิธีการประมาณค่าในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่เหมาะสมกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาของตน การศึกษาเปรียบเทียบการประมาณค่าดังนี้

การศึกษาสถานการณ์จำลองด้วย Monte Carlo ของ Vilares, Almeida และ Coello (2009 อ้างถึงใน Henseler et al. (2009)) ได้วิเคราะห์อิทธิพลของข้อตกลงเบื้องต้น 2 ข้อต่อความสามารถของ CB-SEM และ PLS-SEM คือ การแจกแจงที่สมมาตรและตัวแปรแฝงแบบสะท้อน ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของสองวิธีเมื่อข้อมูลเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น และเมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น คือ ข้อมูลมีความเบ้และมีตัวแปรแฝงแบบรวมตัวอยู่ในโมเดล ผลการศึกษาพบว่า โมเดลฐานที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบสมมาตรและมีตัวแปรแฝงแบบสะท้อนทั้งหมด คุณภาพของการประมาณค่าของทั้งสองวิธีใกล้เคียงกันโดยเฉพาะค่าน้ำหนักองค์ประกอบภายนอก และสนับสนุนปรากฏการณ์ที่ว่า PLS-SEM การประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบภายนอกสูงเกินจริง และประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางไม่สูงเกินจริง ในขณะที่ CB-SEM ให้ผลตรงกันข้าม คือ ประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางสูงเกินจริงและประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่ำกว่าเป็นจริง

เมื่อตัวแปรแฝงแบบรวมตัวในโมเดลการวิจัย PLS-SEM มีความแกร่งมากกว่า CB-SEM แม้ข้อมูลจะมีความเบ้ นอกจากนี้ในกรณีที่ข้อมูลมีความเบ้ การประมาณค่า PLS จะดีกว่า ML ทั้งด้านความเอนเอียงและความถูกต้องและ ML จะมีความไวต่อข้อมูลที่ขาดคุณสมบัติและการกำหนดค่าของโมเดล

การศึกษาสถานการณ์จำลอง Monte Carlo ของ Ringle และคณะ (Ringle, Götz, Wetzels, & Wilson, 2009) เปรียบเทียบความสามารถของ CB-SEM และ PLS-SEM ที่มีตัวแปรแฝงแบบรวมตัวในโมเดลเชิงสาเหตุ พบว่า ทั้งสองวิธีให้ค่าประมาณจากข้อมูลที่จำลองขึ้นใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ของประชากรอย่างมาก แม้ค่าประมาณ CB-SEM ของโมเดลการวัดแบบรวมตัวและโมเดลโครงสร้างจะถูกต้องและแกร่งลดลงเมื่อข้อมูลไม่มีการแจกแจงปกติ ในขณะที่โมเดลการวัดแบบสะท้อนไม่ได้รับผลกระทบมากนักจากคุณลักษณะของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง Ringle และคณะ (2009) เผยว่า ทั้งสองวิธีให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกันแต่ CB-SEM มีความถูกต้องและความแกร่งกว่า PLS-SEM

จากผลการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าสถานการณ์ที่ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ CB-SEM ให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้องและแกร่งกว่าหรือเท่ากับการประมาณค่าของ PLS-SEM ทั้งโมเดลการวัดแบบรวมตัวและแบบสะท้อน แต่ถ้าข้อมูลละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นของ CB-SEM เช่น จำนวนผู้ให้ข้อมูลน้อยที่สุดสำหรับการประมาณค่าโมเดลให้แกร่ง หรือการแจกแจงพหุนาม การวิเคราะห์ด้วย PLS-SEM ให้การประมาณค่าที่มีความแกร่ง

PLS-SEM สามารถประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่กว้างขว้างกว่า ดังนั้นนักวิจัยต้องระวังเรื่องความแตกต่างในตีความผลการวิเคราะห์โดยเฉพาะคุณสมบัติการวัดตัวแปรแฝง ตัวอย่างเช่น PLS-SEM สามารถประยุกต์ใช้เมื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันไม่ผ่านเกณฑ์การวัดตามทฤษฎี ได้แก่ การทดสอบความตรงเชิงลู่เข้าและความตรงเชิงจำแนก PLS-SEM ประมาณค่าน้ำหนักตัวแปรตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงภายนอกจากตัวแปรพยากรณ์ของตัวแปรแฝงภายในนั้นและไม่มีความแปรปรวนร่วมกันระหว่างตัวบ่งชี้กับตัวแปรแฝงเดียวกัน ดังนั้น น้ำหนักใน PLS-SEM คือ สัมประสิทธิ์เส้นทาง Hair และคณะ (J. F. Hair et al., 2012b) แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่าง 2 วิธี คือ CB-SEM ให้โมเดลการวัดที่ไม่ค่อยดีแต่ความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลมีนัยสำคัญ ในขณะที่ PLS-SEM ให้โมเดลการวัดที่ยอมรับได้แต่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลไม่มีนัยสำคัญ ในทางตรงข้าม Tenenhaus (2008 อ้างถึงใน J. F. Hair et al. (2012b)) เปรียบเทียบ CB-SEM กับ PLS-SEM พบว่าทั้งสองวิธีให้ผลสอดคล้องกัน ดังนั้นผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณภาพการวัดเป็นหลัก การใช้เครื่องมือวัดและข้อมูลที่ดีจะทำให้ผลการวิเคราะห์ของทั้งสองวิธีเหมือนกัน

ความเหมือนและแตกต่างของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างทั้งสองแบบนี้ Genfen Straub และ Boudreau (2000) ได้สรุปไว้ดังตาราง 2.9

ตาราง 2.9 การเปรียบเทียบลักษณะของ CB-SEM และ PLS-SEM

หัวข้อ	CB-SEM	PLS-SEM
1. ตัวอย่างโปรแกรม	LISREL, AMOS,EQS, Mplus	PLS-Graph, *SmartPLS*, XLSTATPLS
2. วัตถุประสงค์	มุ่งการประมาณค่าพารามิเตอร์ (parameter-oriented)	มุ่งการพยากรณ์ (prediction-oriented)
3. ลักษณะโมเดลการวัด	สนับสนุนโมเดลการวัดแบบสะท้อน (reflective)	สนับสนุนโมเดลการวัดทั้งแบบสะท้อน (reflective) และแบบรวมตัว (formetive)
4. เทคนิคการประมาณค่า	ส่วนใหญ่ใช้ Maximum likelihood (ML)	Ordinary least square (OLS)
5. เป้าหมายการวิเคราะห์	สร้างความแปรปรวนร่วมจากโมเดลให้ใกล้เคียงกับความแปรปรวนร่วมจากข้อมูลเชิงประจักษ์ให้มากที่สุด	อธิบายความแปรปรวนของข้อมูลเชิงประจักษ์ให้ได้
6. ความซับซ้อนของโมเดลการวจัย	โมเดลซับซ้อนน้อยถึงปานกลาง เช่น ตัวแปรแฝงน้อยกว่า 100 ตัว และตัวบ่งชี้ 200-800 ตัว	โมเดลซับซ้อนมาก เช่น ตัวแปรแฝง 100 ตัว และตัวบ่งชี้ 1,000 ตัว
7. การระบุค่าเป็นไปได้ของโมเดล	โมเดลมีอิทธิพลย้อนกลับ (non-recursive model) และควรมีตัวบ่งชี้อย่างน้อย 4 ตัวต่อตัวแปรแฝง	โมเดลไม่มีอิทธิพลย้อนกลับ (recursive model)
8. ข้อตกลงเบื้องต้น	ข้อมูลมีการแจกแจงพหุนาม (multivariate nomal distibution) และข้อมูลที่สังเกตเป็นอิสระกัน	ข้อมูลไม่จำเป็นต้องแจกแจงพหุนาม เนื่องจากมีความแกร่งต่อการเบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงปกติ
10. ขนาดตัวอย่างน้อยที่สุดที่ต้องการ	อย่างน้อย 100-150 ตัวอย่าง หรือ 15-20 เท่าของจำนวนตัวบ่งชี้ทั้งหมด	อย่างน้อย 10 เท่าของจำนวนตัวบ่งชี้ที่มีจำนวนมากที่สุด หรืออย่างน้อย 30 ตัวอย่าง
11. ผลของขนาดตัวอย่าง	ถ้าตัวอย่างขนาดเล็กอาจเกิดปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence) แต่ถ้าขนาดตัวอย่างใหญ่ค่าสถิติความสอดคล้องอาจเกิดความเอนเอียง	ตัวอย่างขนาดใหญ่ไม่ทำให้ค่าสถิติเอนเอียง
12. พื้นฐานทางทฤษฎี	พื้นฐานทางทฤษฎีมีความจำเป็นและสนับสนุนการวิจัยเชิงยืนยัน	พื้นฐานทางทฤษฎีไม่จำเป็นและสนับสนุนทั้งการวิจัยเชิงยืนยันและสำรวจ
13. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน	สนับสนุนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและให้ค่าสถิติเพื่อเลือกโมเดลแข่งขัน	สนับสนุนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแต่ไม่ให้ค่าสถิติเพื่อเลือกโมเดลแข่งขัน

ที่มา: Genfen, Straub และ Boudreau (2000)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

การศึกษางานวิจัยที่ศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง CB-SEM กับ PLS-SEM ส่วนใหญ่เป็นการใช้สถานการณ์จำลอง เช่น Monte Carlo ส่วนการศึกษาเปรียบเทียบที่ใช้ข้อมูลจริงมีไม่มากนัก งานวิจัยที่ใช้สถานการณ์จำลองมีการวัดประสิทธิภาพของแต่ละวิธีดังนี้

1. การแก้สมการที่เหมาะสม (proper solution) CB-SEM อาจไม่ลู่เข้าสู่คำตอบและอาจแก้สมการไม่เหมาะสม เช่น ความแปรปรวนติดลบ การวัดประสิทธิภาพในการแก้สมการที่เหมาะสมวัดจากความน่าจะเป็นหรือร้อยละของการแก้สมการเหมาะสม (Lu et al., 2011; Reinartz et al., 2009) จำนวนครั้งที่ไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (P. N. Sharma & Kim, 2013) และจำนวนครั้งที่แก้สมการไม่เหมาะสม (Reinartz et al., 2009)

2. ความถูกต้องของการประมาณค่าพารามิเตอร์ (accuracy) การวัดประสิทธิภาพของการประมาณค่ามีหลายวิธี ได้แก่ ความเอนเอียงสัมพัทธ์ (relative bias: RB) และค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย mean absolute deviation: MAD) การลู่เข้า (Coverage) ซึ่งเป็นค่าความน่าจะเป็นที่ช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์จะมีค่าพารามิเตอร์จริงอยู่ด้วย (confidence interval: CI) (Lu et al., 2011) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Goodhue และคณะ (2012a) ที่มีการวัดความเอนเอียงแต่แทนจะใช้ค่าเบี่ยงเบนสัมบรูณ์เฉลี่ย นอกจากนี้ Goodhue และคณะ (2012a) ยังใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ในขณะที่ Sharma และ Kim (2013) มีการคำนวณความเอนเอียงเฉลี่ย (average bias) และรากที่สองค่าเบี่ยงเบนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square deviation: RMSD) และหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)

3. อำนาจการทดสอบ (power) อำนาจการทดสอบต้องการความคลาดเคลื่อนมาตรฐานซึ่ง CB-SEM จะใช้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ ML ส่วน PLS-SEM จะใช้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ Bootstrap (Lu et al., 2011) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Goodhue และคณะ (2012a) ที่การทดสอบอำนาจของการทดสอบ

ในขณะที่งานวิจัยที่ศึกษาเปรียบเทียบสองวิธีกับข้อมูลจริงมีการเปรียบเทียบค่าสถิติดังนี้

1. การประเมินความเหมาะสมของโมเดล เนื่องจากวิธีการทั้งสองมีจุดมุ่งหมายและข้อตกลงเบื้องต้นที่แตกต่างกัน จึงไม่มีค่าประเมินความสอดคล้องกับข้อมูลโดยรวมที่มีอยู่ในทั้งสองวิธี ดั้งนั้นค่าที่สามารถเปรียบเทียบกันได้คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของตัวแปรแฝงภายใน (R^2) (Hsu et al., 2006) โดยใช้อัตราส่วนของค่า R^2 ของสองวิธี (Oleksiak, 2009)

2. ค่าประมาณพารามิเตอร์ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบค่าประมาณพารามิเตอร์ระหว่างสองวิธีได้จึงให้ค่าประมาณที่เป็นค่ามาตรฐาน (Hsu et al., 2006) นอกจากค่าประมาณพารามิเตอร์แล้วงานวิจัยของ Oleksiak (2009) ความแตกต่างของการประมาณค่าด้วยค่าเบี่ยงเบน และความเบี่ยงเบนสมบูรณ์ ซึ่งต้องมีค่าอย่างน้อย 0.10 และวัดการกระจายของการประมาณค่า เช่น specific variance พิสัยและความแปรปรวนของความแตกต่างในการประมาณค่าโมเดลการวัด

นอกจากการเปรียบเทียบโมเดลสมการโครงสร้างพื้นฐานที่ประกอบด้วยโมเดลการวัดและโมเดลโครงสร้างแล้ว การเปรียบเทียบโมเดลสมการโครงสร้างขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multigroup analysis) จากงานวิจัยของ Qureshi และ Compeau (2009) ศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุระหว่าง CB-SEM และ PLS-SEM โดยใช้ค่าความแตกต่างของค่าประมาณพารามิเตอร์เฉพาะค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่างโมเดลของกลุ่มหนึ่งและกลุ่มสองและร้อยละของค่าประมาณพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันระหว่างโมเดลของกลุ่มหนึ่งและกลุ่มสอง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Chumney (2012) ที่ศึกษากับข้อมูลจริงใช้ค่าสัมประสิทธิเส้นทางเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์กลุ่มพหุระหว่าง CB-SEM และ PLS-SEM

วิธีการทั้งสองมีหลักการวิเคราะห์และข้อจำกัดที่แตกต่างกันซึ่งหลักการและข้อจำกัดเหล่านี้อาจส่งผลให้การวิเคราะห์โมเดลการวิจัยเดียวกันและข้อมูลชุดเดียวกันได้ผลการวิเคราะห์ที่ต่างกันได้ (Chumney, 2012; Fornell & Bookstein, 1982; Oleksiak, 2009; Qureshi & Compeau, 2009; Reinartz et al., 2009; P. N. Sharma & Kim, 2013; Michel Tenenhaus, 2003)

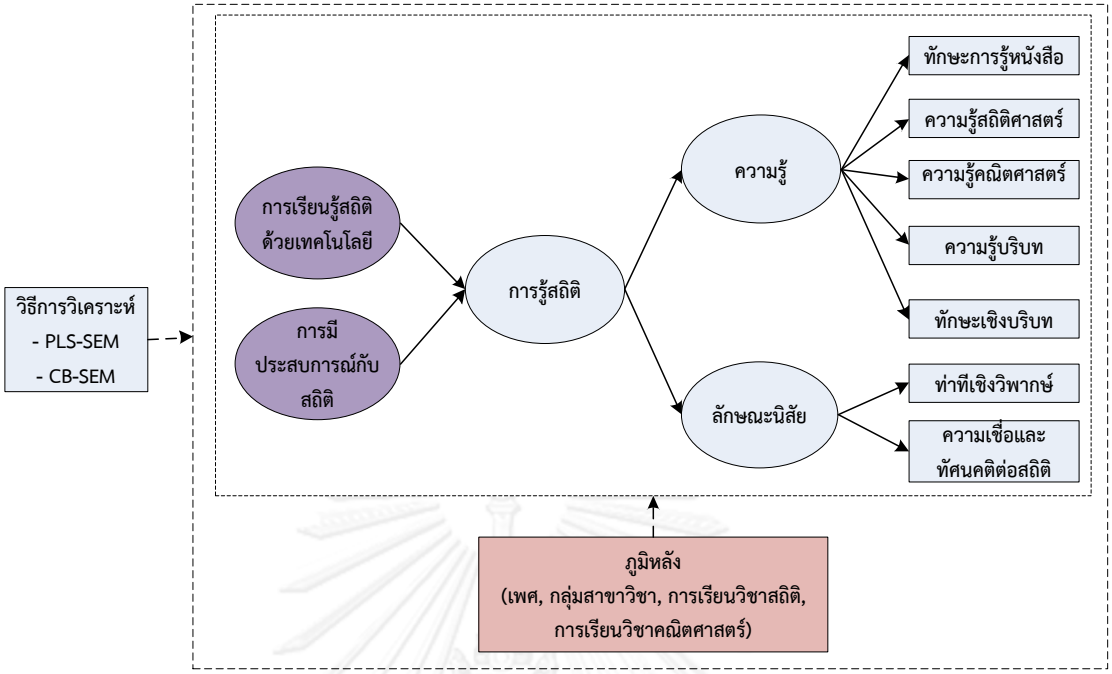
ตอนที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัยและสมมติฐานการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาโมเดลการวัดการรู้สถิติและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติ มีกรอบแนวคิดการวิจัยและสมมติฐานการวิจัยดังนี้

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนากรอบแนวคิดการวิจัยที่ประกอบด้วยตัวแปร 3 ส่วน คือ 1) ตัวแปรแฝงการรู้สถิติ 2) ตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ และ 3) ตัวแปรภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา ซึ่งตัวแปรแฝงการรู้สถิติผู้วิจัยได้พัฒนาตามแนวคิดของ Gal (2004) และ Watson (2006 อ้างถึงใน Martinez-Dawson (2010)) มีลักษณะเป็นตัวแปรอันดับที่สองประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้ (knowledge) และลักษณะนิสัย (disposition) โดยองค์ประกอบ**ด้านความรู้** ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 5 ตัว คือ 1) ทักษะการรู้หนังสือ 2) ความรู้สถิติศาสตร์ 3) ความรู้คณิตศาสตร์ 4) ความรู้เชิงบริบท และ 5) ทักษะการวิพากษ์ และองค์ประกอบ**ด้านลักษณะนิสัย** ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือ 1) ท่าทีเชิงวิพากษ์ และ 2) ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ โดยตัวแปรแฝงการรู้สถิตินี้ได้รับอิทธิพลจากการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ และลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวบ่งชี้และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงด้วยกันได้รับอิทธิพลจากภูมิหลังของนักศึกษาปริญญาตรี ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี ผลการตรวจสอบกรอบแนวคิดในการวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบองค์ประกอบเป็นฐาน (PLS-SEM) และแบบความแปรปรวนร่วมเป็นฐาน (CB-SEM)

ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้ ดังภาพ 2.18



ภาพ 2.18 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1) โมเดลการวัดการรู้สถิติที่ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้ (knowledge) และลักษณะนิสัย (disposition) โดยองค์ประกอบด้านความรู้ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะการวิพากษ์ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติมีความตรงเชิงโครงสร้าง

2) ภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้านเพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีส่งผลให้โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีมีความแปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม

3) โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติ ที่การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติส่งผลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4) ภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้านเพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีส่งผลให้โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีมีความแปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม

5) ผลการตรวจสอบโมเดลการวัดและอิทธิพลของตัวแปรภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับต่อโมเดลการวัดของการรู้สถิติด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM ต่างกัน

6) ผลการตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและอิทธิพลของตัวแปรภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับต่อโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM ต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธีการวิเคราะห์ PLS-SEM และ CB-SEM ดังนั้นเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับประชากรและตัวอย่าง ตัวแปรในการวิจัย เครื่องมือในการวิจัย การสร้างและตรวจสอบเครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัย คือ นิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่กำลังศึกษาในมหาวิทยาลัยทั่วประเทศ จำนวน 1,786,774 คน (ข้อมูลล่าสุดปีการศึกษา 2555) (กลุ่มสารนิเทศ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2556)

ตัวอย่างในการวิจัย คือ นิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่กำลังศึกษาในมหาวิทยาลัยอย่างน้อย จำนวน 600 คน มีรายละเอียดการกำหนดขนาดตัวอย่างและการสุ่มตัวอย่างดังนี้

กำหนดขนาดตัวอย่าง การกำหนดขนาดตัวอย่างพิจารณาจาก 2 ส่วน คือ แบบแรกขนาดตัวอย่างที่พิจารณาตามแนวคิดการใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบ CB-SEM และแบบที่สองพิจารณาตามแนวคิดการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบ PLS-SEM ดังนี้

1. ขนาดตัวอย่างจากการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบ CB-SEM ตามแนวคิดของ Hair และคณะ (2010) แนะนำว่าขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม สำหรับโมเดลการการวิจัยที่มีตัวแปรแฝงอย่างน้อย 7 ตัวแปรว่า คืออย่างน้อย 300 ตัวอย่าง โมเดลการวิจัยนี้มีตัวแปรแฝงจำนวน 5 ตัว ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 300 ตัวอย่าง และสอดคล้องกับเกณฑ์จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าในโมเดลที่ต้องประมาณค่า 5 (Tanaka, 1987 อ้างถึงใน Peng and Lai (2012)) ถึง 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า (Bentler & Chou, 1987 อ้างถึงใน Peng and Lai (2012); Bollen, 1989 อ้างถึงใน Peng and Lai (2012)) พารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า โมเดลการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า มีจำนวน 30 ตัว ใช้เกณฑ์ 10 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ทำให้ได้ขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 300 ตัวอย่าง

2. ขนาดตัวอย่างจากการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบ PLS-SEM ผู้วิจัยพิจารณาขนาดตัวอย่างจาก 2 แนวคิด คือ 1) กฎแห่งความเจนจัด (rule of thump) ตามแนวคิดของ Barclay et al. (1995 อ้างถึงใน Lee et al. (2011)) ที่กล่าวว่าขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมคืออย่างน้อย 10 คนต่อจำนวนเส้นอิทธิพลที่มากที่สุดระหว่างตัวแปรสาเหตุกับจำนวนตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงแบบก่อตัว (formative construct) สำหรับโมเดลการวิจัยนี้มีตัวแปรสาเหตุจำนวน 2 ตัว เมื่อพิจารณาตัวแปรแฝง

ถ้าสมมติให้ตัวแปรแฝงทุกตัวเป็นตัวแปรแฝงแบบก่อตัวพบว่าตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงความรู้ มี 5 ตัว และตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงลักษณะนิสัยมี 2 ตัว จำนวนเส้นทางมากที่สุดคือ 5 เส้น ดังนั้น ขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 50 ตัวอย่าง 2) โปรแกรม G*power สำหรับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ จากจำนวนเส้นอิทธิพลมากที่สุด คือ 5 เส้น กำหนดขนาดอิทธิพล (effect size) เท่ากับ 0.15 อำนาจการทดสอบ เท่ากับ 0.95 คำนวณได้ขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 138 ตัวอย่าง ผลการคำนวณขนาดตัวอย่างจากทั้งสองวิธีพบว่าขนาดตัวอย่างจากวิธี G*power มีขนาดใหญ่กว่าผู้วิจัยจึงใช้ขนาดตัวอย่างนี้สำหรับการพิจารณาขนาดตัวอย่างด้วยวิธี PLS-SEM

ผู้วิจัยพิจารณาเลือกขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยจากการคำนวณตามวิธี CB-SEM ที่ต้องมีอย่างน้อย 300 คนซึ่งมากกว่าขนาดตัวอย่างที่คำนวณจากวิธี PLS-SEM ที่ต้องมีอย่างน้อย 138 คน ดังนั้นเพื่อให้ขนาดตัวอย่างครอบคลุมการวิเคราะห์ทั้งสองแบบ ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 300 คน และเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้มีการวิเคราะห์กลุ่มพหุเพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่างตามภูมิหลัง ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนสถิติ และการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งแต่ละตัวแปรมี 2 กลุ่มด้วย ทำให้ต้องมีขนาดตัวอย่างกลุ่มละอย่างน้อย 300 คน รวมเป็นอย่างน้อย 600 คน ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 600 คน

การสุ่มตัวอย่าง สุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 สุ่มมหาวิทยาลัยแบบสุ่มอย่างง่าย แบ่งมหาวิทยาลัยเป็น 4 สังกัด ได้แก่ สถาบันอุดมศึกษาของรัฐ สถาบันอุดมศึกษาในกำกับรัฐ มหาวิทยาลัยเอกชน และสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ (ราชภัฏ) จำนวนสังกัดละ 1-4 มหาวิทยาลัย รวม 10 แห่ง นักศึกษาตัวอย่างประมาณแห่งละ 50-100 คน ขั้นที่ 2 สุ่มนิสิตนักศึกษา ในมหาวิทยาลัยแต่ละแห่งที่สุ่มได้ในขั้นที่ 1 ผู้วิจัยทำการสุ่มนักศึกษาแบบสุ่มอย่างง่ายตามกลุ่มสาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและบริหารธุรกิจ และสาขาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ เพศชายกับหญิง การเรียนและไม่เคยเรียนสถิติศาสตร์ในระดับปริญญาตรี และการเรียนและไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี โดยให้ตัวอย่างในแต่ละกลุ่มมีจำนวนอย่างน้อย 300 คน และเนื่องจากอัตราการตอบกลับของการเก็บข้อมูลกับนิสิตนักศึกษาอยู่ที่ร้อยละ 79.74 และใช้ได้จริง ร้อยละ 65.34 (วรงค์ศรี แสงบรรจง, 2555) และสอดคล้องกับนิสิตนักศึกษาบางกลุ่มอาจมีจำนวนน้อย เช่น เพศชายไม่เคยเรียนสถิติ หรือไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงทำการแจกแบบสอบถาม จำนวน 1,500 คน เพื่อให้ได้ตัวอย่างในแต่ละกลุ่มมีจำนวนอย่างน้อย 300 คน รายละเอียดดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ขนาดตัวอย่างจำแนกตามสังกัดของมหาวิทยาลัย กลุ่มสาขาวิชา และเพศของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี

สังกัดมหาวิทยาลัย	รวม	กลุ่มสาขาวิชา			
		วิทยาศาสตร์ฯ		สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์	
		ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
สถาบันอุดมศึกษาของรัฐ	150	37	38	37	38
สถาบันอุดมศึกษาในกำกับรัฐ	150	37	38	37	38
สถาบันอุดมศึกษาของรัฐ (ราชภัฏ)	150	37	38	37	38
มหาวิทยาลัยเอกชน	150	37	38	37	38
รวม		148	152	148	152
รวมทั้งหมด	600	300		300	

ตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยตัวแปรการรู้สถิติและตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ มี 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการดังนี้

การรู้สถิติ มี 2 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบด้านความรู้ซึ่งมีตัวบ่งชี้ 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย ซึ่งมีตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวบ่งชี้มีดังนี้

ทักษะการรู้หนังสือ หมายถึง ระดับความสามารถในการเข้าใจและตีความข้อความที่เกี่ยวข้องกับสถิติที่บรรยายด้วยตัวอักษร แสดงด้วยตาราง กราฟหรือรูปภาพ วัดจากข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ

ความรู้สถิติศาสตร์ หมายถึง ระดับความเข้าใจในเนื้อหาทางสถิติศาสตร์เรื่องชนิดของข้อมูลและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติบรรยาย การแสดงกราฟและตารางทางสถิติ ความน่าจะเป็นพื้นฐาน และสถิติอ้างอิง วัดจากข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 7 ข้อ

ความรู้คณิตศาสตร์ หมายถึง ระดับความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์เรื่องจำนวนและการดำเนินการ เศษส่วนและทศนิยม วัดจากข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 4 ข้อ

ความรู้เชิงบริบท หมายถึง ระดับความสามารถในการเลือกและประเมินการใช้สถิติในข้อมูลสารสนเทศและผลลัพธ์ทางสถิติให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่พบในการเรียนและในสังคม วัดจากข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 4 ข้อ

ทักษะเชิงวิพากษ์ หมายถึง ระดับความสามารถในการประเมินความถูกต้องเหมาะสมของแหล่งข้อมูล กลุ่มตัวอย่าง ลักษณะข้อมูล ผลการวิจัย และการใช้สถิติในบทความที่มีการนำเสนอข้อมูลทางสถิติ วัดจากข้อคำถามแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก จำนวน 8 ข้อ

ท่าทีเชิงวิพากษ์ หมายถึง ระดับพฤติกรรมที่บุคคลแสดงถึงความเข้าใจเนื้อหาของข้อความทางสถิติ บอกได้ถึงความสมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์ของข้อความทางสถิติ และโต้แย้งเกี่ยวกับความถูกต้องเหมาะสมของการเสนอข้อมูลในข้อความทางสถิติที่พบในสื่อต่างๆ ได้ วัดจากข้อคำถามแบบมาตรวัดประมาณค่า 7 ระดับ จำนวน 8 ข้อ

ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ หมายถึง ระดับความคิดเห็นทางบวกและลบที่มีต่อสถิติทั้งที่เป็นสถิติศาสตร์หรือข้อมูลทางสถิติในด้านสมรรถนะการรู้คิดซึ่งเป็นความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้และทักษะที่นำมาใช้กับสถิติ ด้านคุณค่าซึ่งความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ ความเกี่ยวข้อง และคุณค่าของสถิติต่อชีวิตส่วนตัวและการทำงาน และด้านความยากซึ่งเป็นความคิดเห็นเกี่ยวกับความยากของเนื้อหาวิชาสถิติ วัดจากข้อคำถามแบบมาตรวัดประมาณค่า 7 ระดับ จำนวน 25 ข้อ

การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี หมายถึง ระดับพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยี เช่น คอมพิวเตอร์ อินเตอร์เน็ต ฯลฯ ในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ในการทำงาน และในการเพิ่มเติมความรู้และความสามารถทางสถิติ วัดจากข้อคำถามแบบมาตรวัดประมาณค่า 7 ระดับ จำนวน 5 ข้อ

การมีประสบการณ์กับสถิติ หมายถึง ระดับพฤติกรรมการอ่าน ฟัง หรือพูดคุย และการปฏิบัติเกี่ยวกับสถิติ และการใช้ประโยชน์จากสถิติ วัดจากข้อคำถามแบบมาตรวัดประมาณค่า 7 ระดับ จำนวน 10 ข้อ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบถามการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย 5 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป มีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบ (checklist) จำนวน มี 7 ข้อ เกี่ยวกับ เพศ ชั้นปีที่ศึกษา สาขาวิชา คณะวิชา เกรดเฉลี่ยสะสม การเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรี และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี

ตอนที่ 2 พฤติกรรมการเรียน มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (rating scale) 7 ระดับ มี 5 ข้อ เพื่อวัดการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี โดยมีระดับการให้คะแนนดังนี้ 1 = ไม่ปฏิบัติเลย 4 = ปฏิบัติปานกลาง และ 7= ปฏิบัติประจำ นำคะแนนจากข้อคำถามมาหาคะแนนเฉลี่ย คะแนนเฉลี่ยสูงแสดงว่ามีการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีสูง

ตอนที่ 3 ประสบการณ์ระหว่างเรียน มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (rating scale) 7 ระดับ 1 = ไม่ปฏิบัติเลย 4 = ปฏิบัติปานกลาง และ 7= ปฏิบัติประจำ มี 10 ข้อ เพื่อวัดการมีประสบการณ์กับสถิติ นำคะแนนจากข้อคำถามมาหาคะแนนเฉลี่ย คะแนนเฉลี่ยสูงแสดงว่ามีประสบการณ์กับสถิติสูง

ตอนที่ 4 ลักษณะนิสัย มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (rating scale) 7 ระดับ 1= ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 =เฉยๆ และ 7= เห็นด้วยอย่างยิ่ง มี 33 ข้อ แบ่งเป็นวัดท่าทีเชิงวิพากษ์ จำนวน 8 ข้อ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ จำนวน 25 ข้อ

ตอนที่ 5 ความรู้ที่ใช้ในการรู้สถิติ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ (multiple choices) เพื่อวัดทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ โดยข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ถ้าตอบถูกจะได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดจะได้ 0 คะแนน ใช้วัดทักษะการรู้หนังสือ มีจำนวน 5 ข้อ ความรู้สถิติศาสตร์ มีจำนวน 7 ข้อ ความรู้คณิตศาสตร์ มีจำนวน 4 ข้อ และความรู้เชิงบริบท มีจำนวน 4 ข้อ ตามลำดับ คะแนนสูงแสดงว่ามีความรู้ในเรื่องดังกล่าวสูง และข้อคำถามแบบเลือกตอบ (multiple choices) 3 ตัวเลือก ใช้วัดทักษะเชิงวิพากษ์ โดยมีตัวเลือก คือ 1) น่าเชื่อถือ/เหมาะสม/สนับสนุน/ทำได้ 2) ไม่น่าเชื่อถือ/ไม่เหมาะสม/ไม่สนับสนุน/ทำไม่ได้ 3) ไม่แน่ใจ ถ้าตอบถูกจะได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดจะได้ 0 คะแนน แบบวัดนี้มีจำนวน 8 ข้อ คะแนนสูงแสดงว่ามีทักษะเชิงวิพากษ์สูง

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือแบบสอบถามซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากเครื่องมือวิจัยของต่างประเทศและสร้างด้วยตนเอง ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้สถิติและปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ เพื่อกำหนดนิยามเชิงทฤษฎีและสร้างนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรในกรอบแนวคิดการวิจัย คือ ตัวบ่งชี้ของการรู้สถิติ จำนวน 7 ตัว การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ

ขั้นที่ 2 การสร้างตารางกำหนดผังการสร้างเครื่องมือวิจัย (table of specification) สร้างตารางกำหนดผังการสร้างเครื่องมือวิจัยจากนิยามเชิงปฏิบัติการที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 เพื่อกำหนดจำนวนข้อคำถาม และร่างข้อคำถามตามประเด็นที่ต้องการวัดซึ่งในแต่ละประเด็นจะสร้างข้อคำถามสำรองไว้ 1 ถึง 2 ข้อคำถาม พัฒนาเป็นแบบสอบถามฉบับร่าง นำแบบสอบถามฉบับร่างพร้อมโครงร่างฉบับย่อซึ่งมีรายละเอียดหัวข้อวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย กรอบแนวคิด นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรในการวิจัย และตารางกำหนดแผนผังการสร้างเครื่องวิจัย ให้อาจารย์ที่ปรึกษาหลักและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมพิจารณาความตรงตามนิยาม ความถูกต้องเหมาะสมและความชัดเจนของการใช้ภาษา ความเหมาะสมของรูปแบบการวัดตัวแปร และข้อแนะนำเพิ่มเติมอื่นๆ หลังจากนั้นจึงนำข้อเสนอแนะดังกล่าวมาปรับปรุงแก้ไข ดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 แผนผังการสร้างเครื่องมือวิจัย (table of specification) สำหรับเครื่องมือวิจัย

องค์ประกอบ	ตัวบ่งชี้	ค่าน้ำหนักร้อยละ	จำนวนข้อ
การรู้สถิติ			
- ความรู้	ทักษะการรู้หนังสือ	14.0	8
	ความรู้สถิติศาสตร์	16.0	13
	ความรู้คณิตศาสตร์	14.0	7
	ความรู้เชิงบริบท	14.0	6
	ทักษะเชิงวิพากษ์	14.0	10
- ลักษณะนิสัย	ท่าทีเชิงวิพากษ์	14.0	10
	ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ	14.0	28
	รวม	100.0	82
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี		100.0	5
การมีประสบการณ์กับสถิติ		100.0	10
รวมทั้งหมด			**97**

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ผู้วิจัยนำเครื่องมือวิจัยฉบับร่างที่ผ่านการพิจารณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาพร้อมโครงร่างฉบับย่อซึ่งรายละเอียดหัวข้อวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย กรอบแนวคิด นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรในการวิจัย และตารางกำหนดแผนผังการสร้างเครื่องวิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ผู้เชี่ยวชาญแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการรู้สถิติหรือสถิติศาสตร์และด้านการวัดและประเมินผล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการรู้สถิติหรือสถิติศาสตณ์เป็นผู้มีประสบการณ์ในสอนสถิติหรือมีผลงานเขียนบทความเกี่ยวกับสถิติไม่น้อยกว่า 5 ปี มีจำนวน 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลเป็นผู้มีประสบการณ์ด้านการวัดและประเมินผลและมีผลงานเขียนเอกสารหรือตำราเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล จำนวน 2 ท่าน รายชื่อดังแสดงในภาคผนวก ก

การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ ความถูกต้องเหมาะสมและความชัดเจนของภาษา ความเหมาะสมของรูปแบบการวัดตัวแปร และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ประกอบกับการใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามรายข้อกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งกำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญตัดสินว่าคำถามในแบบสอบถามแต่ละข้อสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการที่มุ่งวัดหรือไม่ ตามเกณฑ์ดังนี้

1 หมายถึง ข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามที่ใช้ในการวิจัย

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามที่ใช้ในการวิจัย

-1 หมายถึง ข้อคำถามไม่สอดคล้องกับนิยามที่ใช้ในการวิจัย

ผลการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำมาคำนวณหาค่า IOC พบว่า ข้อคำถามการรู้สถิติจำนวน 82 ข้อ พบว่า มีข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า .8 ถึง 1.00 จำนวน 47 ข้อ มีข้อคำถามที่มีค่า

IOC อยู่ระหว่าง .60 ถึง .80 จำนวน 30 ข้อ และข้อคำถามที่มีค่า IOC น้อยกว่า .60 จำนวน 5 ข้อ ข้อคำถามเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี จำนวน 5 ข้อ พบว่า มีข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า .80 ถึง 1.00 จำนวน 4 ข้อ มีข้อคำถามที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง .60 ถึง .80 จำนวน 1 ข้อ และการมีประสบการณ์กับสถิติ พบว่า มีข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า .80 ถึง 1.00 จำนวน 9 ข้อ มีข้อคำถามที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง .60 ถึง .80 จำนวน 1 ข้อ เมื่อพิจารณาค่า IOC ตามเกณฑ์ของ Cox และ Vargas (1996 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี (2552)) ควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ .60 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตัดข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่าเกณฑ์นี้ออก ทำให้ตัวบ่งชี้ทักษะการรู้หนังสือมีข้อคำถามถูกตัดออก 1 ข้อ เหลือข้อคำถามจำนวน 7 ข้อ ตัวบ่งชี้ท่าทีเชิงวิพากษ์ มีข้อคำถามถูกตัดออก 2 ข้อ เหลือข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติข้อคำถามถูกตัดออก 2 ข้อ เหลือข้อคำถามจำนวน 26 ข้อ โดยข้อคำถามที่ถูกตัดออกเหล่านี้ไม่มีผลกระทบต่อประเด็นที่ต้องการวัดเนื่องจากยังมีข้อคำถามอื่นที่เหลือที่วัดประเด็นเดียวกัน ส่วนข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ผู้วิจัยทำการปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและนำไปทดลองใช้ต่อไป ดังตาราง 3.3 และตาราง ภ 5.1 ภาคผนวก ค

ตาราง 3.3 ค่า IOC และสรุปข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

ตัวแปร	ค่า IOC			รวม	ข้อคำถามที่ไม่มีคุณภาพ	จำนวนข้อที่มีคุณภาพ	ข้อเสนอแนะ
	<.60	.60 -.80	>.80-1.0				
การรู้สถิติ							
ด้านความรู้							
ทักษะการรู้หนังสือ	1	2	5	8	1	7	- ควรปรับข้อความในข้อคำถามครอบคลุมนิยาม
ความรู้สถิติศาสตร์		2	11	13	0	13	
ความรู้คณิตศาสตร์		2	5	7	0	7	- ควรปรับข้อความในข้อคำถามให้กระชับและชัดเจน และเข้าใจง่าย และใช้คำให้สม่ำเสมอ
ความรู้เชิงบริบท		1	5	6	0	6	
ทักษะเชิงวิพากษ์		10		10	0	10	
ด้านลักษณะนิสัย							
ท่าทีเชิงวิพากษ์	2	3	5	10	2	8	- มีข้อคำถามบางข้อซ้ำซ้อนกับตัวบ่งชี้อื่น - มีข้อคำถามบางข้อไม่สอดคล้องกับนิยาม
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ	2	10	16	28	2	26	
รวม	**5**	**30**	**47**	**82**	5	77	
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี		1	4	5	0	5	
การมีประสบการณ์กับสถิติ		1	9	10	0	10	
รวมทั้งหมด	**5**	**32**	**60**	**97**	**5**	**92**	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 4 การทดลองใช้แบบสอบถาม เมื่อผู้วิจัยปรับปรุงเครื่องมือวิจัยฉบับร่างจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญให้มีคุณภาพและเหมาะสมต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว จึงนำเครื่องมือไปทดลองใช้การนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยทำแบบสอบถามฉบับร่าง จำนวน 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 เก็บข้อมูลการนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 60 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือและคัดเลือกข้อคำถามที่เหมาะสม และครั้งที่ 2 เก็บข้อมูลกับนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 76 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่จะนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

ขั้นที่ 5 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยนำเครื่องมือวิจัยซึ่งเป็นแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรีเพื่อหาคุณภาพของแบบสอบถามด้านความเที่ยงในการวัดของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย และหาความยากง่าย และอำนาจจำแนกเฉพาะข้อคำถามแบบเลือกตอบ ผู้วิจัยทำการทดลองใช้เครื่องมือกับนิสิตนักศึกษาที่ไม่ใช้jตัวอย่าง จำนวน 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ทดลองใช้แบบสอบถามกับนิสิตนักศึกษาจำนวน 60 คน และครั้งที่ 2 ทดลองใช้กับนิสิตจำนวน 76 คน และเก็บข้อมูลจริงกับตัวอย่าง จำนวน 1,014 คน ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

1) การหาค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (internal consistency reliability) โดยใช้ความเที่ยงของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson; KR-20) กับตัวแปรที่วัดจากข้อคำถามแบบเลือกตอบ และสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s alpha coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (CITC) ของตัวแปรที่วัดจากข้อคำถามแบบมาตรวัดประมาณค่า ผลการวิเคราะห์ดังนี้

การทดลองใช้ครั้งที่ 1 ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวแปรที่วัดจากข้อคำถามแบบเลือกตอบ คือ ตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านความรู้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ มีค่าความเที่ยงของ KR-20 เท่ากับ .603 .777 .486 .242 และ .738 ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s alpha coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (CITC) ของตัวแปรที่วัดจากข้อคำถามแบบมาตรวัดประมาณค่า คือ ตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย ได้แก่ ท่าทีเชิงวิพากษ์ ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และตัวแปรสาเหตุการรู้สถิติ ได้แก่ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ .918 .916 .910 และ .916 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่า CITC พบว่า ตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย ได้แก่ ท่าทีเชิงวิพากษ์ ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ มีค่า CITC อยู่ระหว่าง .571 ถึง .803 และ .085 ถึง .571 ตามลำดับ และตัวแปรสาเหตุการรู้สถิติ ได้แก่ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ มีค่า CITC อยู่ระหว่าง .626 ถึง .843 และ .768 ถึง .805 ตามลำดับ

การทดลองใช้ครั้งที่ 2 หลังจากมีการคัดเลือกข้อคำถามที่เหมาะสมแล้ว ซึ่งพิจารณาจากความยากและอำนาจจำแนกซึ่งจะกล่าวในตอนต่อไป ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวแปรที่วัดจากข้อคำถามแบบเลือกตอบ คือ ตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านความรู้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ มีค่าความเที่ยงของ KR-20 เท่ากับ .458

.578 .196 .309 และ .585 ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (CITC) ของตัวแปรที่วัดจากข้อคำถามแบบมาตรวัดประมาณค่า คือ ตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย ได้แก่ ท่าทีเชิงวิพากษ์ ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และตัวแปรสาเหตุการรู้สถิติ ได้แก่ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ .860 .924 .904 และ .932 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่า CITC พบว่า ตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย ได้แก่ ท่าทีเชิงวิพากษ์ ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ มีค่า CITC อยู่ระหว่าง .603 ถึง .815 และ .083 ถึง .787 ตามลำดับ และตัวแปรสาเหตุการรู้สถิติ ได้แก่ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ มีค่า CITC อยู่ระหว่าง .667 ถึง .800 และ .664 ถึง .777 ตามลำดับ จากค่า CITC ของตัวบ่งชี้ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ มีค่าต่ำกว่า .200 จำนวน 1 ข้อ ผู้วิจัยจึงทำการตัดข้อคำถามนี้ออกทำให้ข้อคำถามวัดความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติเหลือ 25 ข้อ โดยข้อคำถามที่ถูกตัดออกเหล่านี้ไม่มีผลกระทบต่อประเด็นที่ต้องการวัดเนื่องจากยังมีข้อคำถามอื่นที่เหลือที่วัดประเด็นเดียวกันและนำไปใช้เก็บข้อมูลกับนักศึกษาจริงต่อไป

การเก็บข้อมูลจริง ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวแปรที่วัดจากข้อคำถามแบบเลือกตอบ คือ ตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านความรู้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ มีค่าความเที่ยงของ KR-20 เท่ากับ .458 .578 .196 .309 และ .585 ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (CITC) ของตัวแปรที่วัดจากข้อคำถามแบบมาตรวัดประมาณค่า คือ ตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย ได้แก่ ท่าทีเชิงวิพากษ์ ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และตัวแปรสาเหตุการรู้สถิติ ได้แก่ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ .860 .911 .908 และ .920 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่า CITC พบว่า ตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย ได้แก่ ท่าทีเชิงวิพากษ์ ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ มีค่า CITC อยู่ระหว่าง .531 ถึง .715 และ .167 ถึง .726 ตามลำดับ และตัวแปรสาเหตุการรู้สถิติ ได้แก่ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ มีค่า CITC อยู่ระหว่าง .753 ถึง .807 และ .570 ถึง .783 ตามลำดับ ดังตาราง 3.4 และตาราง ภ 5.2 ภาคผนวก ค

ตาราง 3.4 ความเที่ยงของการวัดตัวแปรในการวิจัยและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (CITC) จากการทดลองใช้กับใช้จริง

ตัวแปร	ทดลองใช้ครั้งที่ 1			ทดลองใช้ครั้งที่ 2			ใช้จริง		
	ความเที่ยง		CITC	ความเที่ยง		CITC	ความเที่ยง		CITC
	จำนวน	Alpha/ KR-20		จำนวน	Alpha/ KR-20		จำนวน	Alpha/ KR-20	
การรู้สถิติด้านความรู้									
ทักษะการรู้หนังสือ	7	.603	-	5	.458	-	5	.501	-
ความรู้สถิติศาสตร์	13	.777	-	7	.578	-	7	.229	-
ความรู้คณิตศาสตร์	7	.486	-	4	.196	-	4	.352	-
ความรู้เชิงบริบท	6	.242	-	4	.309	-	4	.169	-
ทักษะเชิงวิพากษ์	10	.738	-	8	.577	-	8	.283	-
ด้านลักษณะนิสัย									
ท่าทีเชิงวิพากษ์	8	.918	.571-.803	8	.897	.603-.815	8	.860	.531-.713
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ	26	.916	.085-.727	26	.924	.083-.785	25	.911	.167-.726
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี	5	.910	.626-.843	5	.904	.667-.800	5	.908	.753-.807
การมีประสบการณ์กับสถิติ	10	.916	.768-.805	10	.932	.664-.777	10	.920	.570-.783

2) ความยากง่าย และอำนาจจำแนกของข้อคำถามแบบเลือกตอบ

การหาความยากง่าย และอำนาจจำแนกของข้อคำถามแบบเลือกตอบจากการทดลองใช้เครื่องมือกับนิสิตนักศึกษาที่ไม่ใช่ตัวอย่าง จำนวน 2 ครั้ง และเก็บข้อมูลจริงกับตัวอย่าง ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

การทดลองใช้ครั้งที่ 1 การวิเคราะห์ความยากง่าย และอำนาจจำแนกของข้อคำถามแบบเลือกตอบเพื่อวัดตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านความรู้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ เพื่อคัดเลือกข้อคำถาม พบว่า ตัวบ่งชี้ทักษะการรู้หนังสือ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .37-.59 และ .04-.77 ตามลำดับ ความรู้สถิติศาสตร์ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .22 -.57 และ -.09 -.69 ตามลำดับ ความรู้คณิตศาสตร์ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .19 -.61 และ -.13 -.73 ตามลำดับ ความรู้เชิงบริบท ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .17-.36 และ .19 -.44 ตามลำดับ และทักษะเชิงวิพากษ์ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .30 -.67 และ .20 -.80 ตามลำดับ ผู้วิจัยคัดเลือกข้อคำถามตามประเด็นที่ต้องการวัดประเด็นละ 1-2 ข้อ โดยพิจารณาข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่ดีที่สุด โดยข้อคำถามที่ถูกตัดออกไปไม่มีผลกระทบต่อประเด็นที่ต้องการวัดเนื่องจากยังมีข้อคำถามอื่นที่เหลือที่วัดประเด็นเดียวกัน ทำให้ได้ข้อคำถามที่วัดตัวบ่งชี้แต่ละตัว คือ

ทักษะการรู้หนังสือ มีจำนวน 5 ข้อ ความรู้สถิติศาสตร์ มีจำนวน 7 ข้อ ความรู้คณิตศาสตร์ มีจำนวน 4 ข้อ ความรู้เชิงบริบท มีจำนวน 4 ข้อ และทักษะเชิงวิพากษ์ มีจำนวน 8 ข้อ และนำไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 ต่อไป

การทดลองใช้ครั้งที่ 2 การวิเคราะห์ความยากง่าย และอำนาจจำแนกของข้อคำถามที่วัดตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านความรู้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ พบว่า ตัวบ่งชี้ทักษะการรู้หนังสือ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .61-.82 และ .27-.64 ตามลำดับ ความรู้สถิติศาสตร์ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .21-.70 และ .10-.76 ตามลำดับ ความรู้คณิตศาสตร์ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .50-.67 และ .21-.54 ตามลำดับ ความรู้เชิงบริบท ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .29-.43 และ .33-.55 ตามลำดับ และทักษะเชิงวิพากษ์ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .22-.55 และ .20-.80 ตามลำดับ ซึ่งข้อคำถามมีความเหมาะสม

การเก็บข้อมูลจริง การวิเคราะห์ความยากง่าย และอำนาจจำแนกของข้อคำถามที่วัดตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านความรู้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ พบว่า ตัวบ่งชี้ทักษะการรู้หนังสือ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .48-.77 และ .33-.62 ตามลำดับ ความรู้สถิติศาสตร์ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .34-.72 และ .24-.61 ตามลำดับ ความรู้คณิตศาสตร์ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .43-.71 และ .39-.55 ตามลำดับ ความรู้เชิงบริบท ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .28-.59 และ .36-.74 ตามลำดับ และทักษะเชิงวิพากษ์ ความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .20-.57 และ .28-.50 ตามลำดับ ซึ่งข้อคำถามมีความเหมาะสม รายละเอียดดังตาราง 3.5 และตาราง ภ 5.3 ถึง 5.5 ภาคผนวก ค

ตาราง 3.5 ความยากง่าย และอำนาจจำแนกของข้อคำถามแบบเลือกตอบจากการทดลองใช้กับใช้จริง

ตัวแปร	ทดลองใช้ครั้งที่ 1			ทดลองใช้ครั้งที่ 2			ใช้จริง		
	จำนวน	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก	จำนวน	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก	จำนวน	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก
การรู้สถิติด้านความรู้									
ทักษะการรู้หนังสือ	7	.37-.59	.04-.77	5	.61-.82	.27-.64	5	.48-.77	.33-.62
ความรู้สถิติศาสตร์	13	.22-.57	-.09-.69	7	.21-.70	.10-.76	7	.34-.72	.24-.61
ความรู้คณิตศาสตร์	7	.19-.61	-.13-.73	4	.50-.67	.21-.54	4	.43-.71	.39-.55
ความรู้เชิงบริบท	6	.17-36	.19-.44	4	.29-.43	.33-.55	4	.28-.59	.36-.74
ทักษะเชิงวิพากษ์	10	.30-.67	.20-.80	8	.22-.55	.20-.80	8	.20-.57	.28-.50

ขั้นที่ 7 การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวแปรในโมเดลการวิจัยเฉพาะตัวแปรแฝงแบบสะท้อน (reflective construct) มีการวัดตัวแปรด้วยมาตรวัดประมาณค่าคิดคะแนนด้วยคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามของตัวแปรนั้น (Freeze & Raschke, 2007) ได้แก่ ตัวบ่งชี้ของการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และตัวแปรสาเหตุการรู้สถิติ ได้แก่ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ รวม 4 ตัว ส่วนตัวบ่งชี้การรู้สถิติด้านความรู้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ จัดเป็นตัวแปรแฝงแบบประกอบ (composite construct) ที่วัดด้วยข้อคำถามแบบตัวเลือกคิดคะแนนจากคะแนนรวมของข้อคำถามของตัวแปรนั้น (Freeze & Raschke, 2007) ซึ่งการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันไม่เหมาะสมกับตัวแปรประเภทนี้ (Diamantopoulos & Siguaw, 2006; Finn & Wang, 2014; Freeze & Raschke, 2007)

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวแปรในองค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน มีการนำเสนอแบ่งตามตัวบ่งชี้ดังนี้

ความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดท่าทีเชิงวิพากษ์

โมเดลการวัดท่าทีเชิงวิพากษ์ประกอบด้วยข้อคำถาม 5 ข้อ แทนด้วย CS1-CS5 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าดัชนี KMO และค่า Bartlett's Test พบว่าผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนข้อคำถามวัดท่าทีเชิงวิพากษ์ จำนวน 8 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน มีจำนวน 28 คู่ พบว่า ข้อคำถามมีค่าสหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .324 ถึง .789 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำถึงสูง คู่ข้อคำถามที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดคือ คือ LS4 กับ LS5 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .306 และคู่ข้อคำถามที่มีความสัมพันธ์กันต่ำสุดคือ คือ LS2 กับ LS5 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .030 เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .827 แสดงว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบในระดับดี และค่า Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 3,760.050 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อคำถามมีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้ ดังตาราง 3.5

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบโมเดลการวัดท่าทีเชิงวิพากษ์ พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 14.832; df = 9; p = .096; GFI = .996; AGFI = .985; CFI = .999; NNFI = .997; RMSEA = .025; RMR = .026 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของข้อคำถามวัดตัวแปรแฝงทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ข้อคำถามที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน

อยู่ระหว่าง .478 ถึง .786 ซึ่งข้อคำถามที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุด คือ CS1 และ CS3 มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ .786 และ .730 ตามลำดับ รองลงมาคือ CS2 และ CS8 มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ .693 และ .652 ตามลำดับ และข้อคำถามที่มีน้ำหนักองค์ประกอบน้อยที่สุด คือ CS6 มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ .478 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของข้อคำถาม (R^2) พบว่า ค่าความแปรปรวนร่วมของข้อคำถามในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 22.8 ถึง 61.8 ดังตาราง 3.7

ตาราง 3.6 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างข้อคำถามวัดตัวแปรท่าทีเชิงวิพากษ์

ตัวแปร	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8
CS1	1							
CS2	.789**	1						
CS3	.495**	.501**	1					
CS4	.467**	.457**	.624**	1				
CS5	.450**	.418**	.440**	.469**	1			
CS6	.396**	.480**	.331**	.257**	.240**	1		
CS7	.421**	.473**	.346**	.278**	.282**	.715**	1	
CS8	.456**	.427**	.479**	.480**	.401**	.324**	.399**	1
M	3.844	3.644	3.943	4.374	4.276	3.118	3.174	4.254
S.D.	1.396	1.263	1.357	1.422	1.296	1.275	1.322	1.667
	KMO = .827; Bartlett's Test = 3,760.050; df = 28; p = <.001							

ตาราง 3.7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดท่าทีเชิงวิพากษ์

ตัวแปร	น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
	Beta	B(SE)			
CS1	.786	1.000(---)	-	.618	.338
CS2	.693	0.796(.03)	23.575**	.480	-.014
CS3	.730	0.905(.05)	17.983**	.534	.262
CS4	.593	0.768(.06)	13.581**	.351	-.003
CS5	.585	0.692(.05)	14.885**	.343	.121
CS6	.478	0.556(.04)	12.749**	.228	.062
CS7	.509	0.613(.05)	13.301**	.259	.040
CS8	.652	0.992(.06)	16.896**	.425	.137
	χ^2 = 14.832; df = 9; p = .090; GFI = .996; AGFI = .985; CFI = .999; NNFI =.997; RMSEA = .025; RMR = .026				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติมีการดำเนินการเช่นเดียวกับการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดท่าทีเชิงวิพากษ์ คือ ผลการพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าดัชนี KMO และค่า Bartlett's Test การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ผลการวิเคราะห์ดังนี้

โมเดลการวัดความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติประกอบด้วยข้อคำถาม 25 ข้อ แทนด้วย AS1-AS25 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าดัชนี KMO และค่า Bartlett's Test พบว่าผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนข้อคำถามวัดความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ จำนวน 25 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน มีจำนวน 300 คู่ พบว่า ข้อคำถามมีค่าสหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .002 ถึง .683 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และลักษณะความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นทางบวกมีขนาดต่ำมากถึงสูง เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .926 แสดงว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบในระดับดี และค่า Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 11,289.516 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า ข้อคำถามมีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบโมเดลการวัดท่าทีเชิงวิพากษ์ พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 135.79; df = 112; p = .063; GFI = .989; AGFI = .969; CFI = 1.00; NNFI =.998; RMSEA = .015; RMR = .057 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของข้อคำถามวัดตัวแปรแฝงทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ข้อคำถามที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานอยู่ระหว่าง .197 ถึง .859 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของข้อคำถาม (R^2) พบว่า ค่าความแปรปรวนร่วมของข้อคำถามในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 3.9 ถึง 73.9 ดังตาราง 3.8 และตาราง ภ 5.6 ถึง 5.7 ภาคผนวก ค

ความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีมีการดำเนินการเช่นเดียวกับการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดท่าทีเชิงวิพากษ์ คือ ผลการพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าดัชนี KMO และค่า Bartlett's Test การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ผลการวิเคราะห์ดังนี้

โมเดลการวัดการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีประกอบด้วยข้อคำถาม 5 ข้อ แทนด้วย LST1-LST5 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยค่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าดัชนี KMO และค่า Bartlett's Test พบว่าผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนข้อคำถามวัดการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี จำนวน 5 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน มีจำนวน 10 คู่ พบว่า ข้อคำถามมีค่าสหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .548 ถึง .739 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และลักษณะความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นทางบวกมีขนาดปานกลางถึงสูง เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .863 แสดงว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบในระดับดี และค่า Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 3,354.419 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า ข้อคำถามมีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบโมเดลการวัดการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 7.480; df = 3; p = .058; GFI = .997; AGFI = .985; CFI = .999; NNFI =.997; RMSEA = .0384; RMR = .019 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของข้อคำถามวัดตัวแปรแฝงทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ข้อคำถามที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานอยู่ระหว่าง .682 ถึง .891 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของข้อคำถาม (R^2) พบว่า ค่าความแปรปรวนร่วมของข้อคำถามในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 46.4 ถึง 79.5 ดังตาราง 3.8 และตาราง ภ 5.8 ถึง 5.9 ภาคผนวก ค

ความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดการมีประสบการณ์กับสถิติ

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดการมีประสบการณ์กับสถิติมีการดำเนินการเช่นเดียวกับการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดท่าทีเชิงวิพากษ์ คือ ผลการพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าดัชนี KMO และค่า Bartlett's Test การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ผลการวิเคราะห์ดังนี้

โมเดลการวัดการมีประสบการณ์กับสถิติประกอบด้วยข้อคำถาม 5 ข้อ แทนด้วย EXS1-EXS7 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าดัชนี KMO และค่า Bartlett's Test พบว่า ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนข้อคำถามวัดการมีประสบการณ์กับสถิติ จำนวน 10 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน มีจำนวน 45 คู่ พบว่า ข้อคำถามมีค่าสหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .363 ถึง .774 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และลักษณะความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นทางบวกมีขนาดปานกลางถึงสูง เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .917 แสดงว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบในระดับดี และค่า Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 6,445 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ข้อคำถามมีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบโมเดลการวัดการมีประสบการณ์กับสถิติ พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 19.776; df = 17; p = .286; GFI = .996; AGFI = .987; CFI = 1.000; NNFI =.999; RMSEA = .013; RMR = .018 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของข้อคำถามวัดตัวแปรแฝงทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ข้อคำถามที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานอยู่ระหว่าง .542 ถึง .801 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของข้อคำถาม (R^2) พบว่าค่าความแปรปรวนร่วมของข้อคำถามในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 29.4 ถึง 64.1 ดังตาราง 3.8 และตาราง ภ 5.10 ถึง 5.11 ภาคผนวก ค

ตาราง 3.8 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดตัวบ่งชี้องค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัยและปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ

รายการ	องค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย		ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ	
	ท่าทีเชิงวิพากษ์	ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ	การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี	ประสบการณ์กับสถิติ
1) การพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูล				
- จำนวนคู่ความสัมพันธ์	28 คู่	300 คู่	10 คู่	45 คู่
- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	.324** – .789**	.002 – .683**	.548** – .739**	.363** – .774**
- จำนวนคู่ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05	28 คู่	286 คู่	10 คู่	45 คู่
- ดัชนี KMO	.827	.926	.863	.917
- Bartlette's test	3,760.050 (p=<.001)	11,289.516 (p=<.001)	3,354.419 (p=<.001)	6,445.986 (p=<.001)
2) การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง				
- ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ				
Beta	.478** – .786**	.197** – .859**	.682** – .891**	.542** – .801**
B	0.556**– 1.000**	0.343**–1.764**	1.000**–1.280**	1.000**–1.546**
- R^2	.228 – .618	.039 – .739	.464 – .795	.294 – .641
- สปส.คะแนนองค์ประกอบ	-.014 – .338	-.050 – .309	.014 – .286	.007 – .143
- การประเมินโมเดล	χ^2= 14.832; df = 9; p = .096; GFI = .996; AGFI = .985; CFI = .999; NNFI = .997; RMSEA =.025; RMR= .026	χ^2 = 135.790; df = 112; p = .063; GFI = .989; AGFI = .969; CFI = 1.00; NNFI = .998; RMSEA=.015; RMR= .057	χ^2 = 7.480; df = 3; p = .058; GFI = .997; AGFI = .985; CFI = .999; NNFI =.997; RMSEA=.0384; RMR= .019	χ^2 = 19.776; df = 17; p = .286; GFI = .996; AGFI = .987; CFI = 1.000; NNFI =.999; RMSEA=.013; RMR= .018

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวแปรในองค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติสรุปได้ว่า ตัวแปรในองค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติมีความตรงเชิงโครงสร้าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยมีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1) ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนิสิตนักศึกษาในคณะหรือสาขาวิชาที่กำหนดไว้ โดยเสนอหนังสือขอความร่วมมือเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยให้รองคณบดีคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ลงนามและดำเนินการส่งให้กับคณะและสาขาวิชาที่เป็นตัวอย่าง

2) ผู้วิจัยติดต่อขอความร่วมมือจากคณะวิชาตัวอย่างด้วยตนเอง พร้อมทั้งแนบหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คำชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย รายละเอียดของแบบสอบถาม วิธีการเก็บแบบสอบถาม และจำนวนนิสิตนักศึกษาที่ขอเก็บข้อมูล

3) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึง 10 มีนาคม 2557 โดยเก็บข้อมูลในลักษณะตามความสะดวกของอาจารย์ที่ดูแลนิสิตนักศึกษา คือ กรณีที่อาจารย์ที่ดูแลสะดวกให้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลด้วยตนเองผู้วิจัยทำการแจกแบบสอบถามและดูแลการตอบแบบสอบถามของนิสิตนักศึกษาด้วยตนเองใช้เวลาทำแบบสอบถามประมาณ 30-50 นาที และกรณีอาจารย์ที่รับผิดชอบนิสิตนักศึกษาไม่สะดวกให้ผู้วิจัยเข้าไปเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองแต่สะดวกที่จะดำเนินการเก็บข้อมูลให้ผู้วิจัยฝากแบบสอบถามให้อาจารย์ที่รับผิดชอบดำเนินการเก็บข้อมูลตามเอกสารชี้แจงการเก็บรวบรวมข้อมูลและกลับมาเก็บแบบสอบถามคืนภายหลัง ผู้วิจัยดำเนินการแจกแบบสอบถาม จำนวน 1,500 ฉบับ เนื่องจากอัตราการตอบกลับของการเก็บข้อมูลกับนิสิตนักศึกษาอยู่ที่ร้อยละ 79.74 และใช้ได้จริง ร้อยละ 65.34 (วรงค์ศรี แสงบรรจง, 2555) และสอดคล้องกับนิสิตนักศึกษาบางกลุ่มอาจมีจำนวนน้อย เช่น นิสิตนักศึกษาชาย ไม่เคยเรียนสถิติ หรือไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงทำการแจกแบบสอบถาม จำนวน 1,500 คน เพื่อให้ได้ตัวอย่างในแต่ละกลุ่มมีจำนวนอย่างน้อย 300 คน ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่าได้รับแบบสอบถามกลับคืนมา 1,233 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 82.2 ของแบบสอบถามที่แจกทั้งหมด หลังจากนั้นผู้วิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม พบว่าใช้ได้จริง จำนวน 1,014 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 67.6 ของแบบสอบถามที่แจกทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลนี้ประกอบด้วยการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล การตรวจสอบเครื่องมือวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามวิจัย ดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินตรวจสอบความถูกต้องในแบบสอบถามที่ได้รับคืนมาและทำการบันทึกข้อมูลในคอมพิวเตอร์ พบว่ามีข้อมูลขาดหาย (missing) ไม่เกินร้อยละ 20 ผู้วิจัยใช้การประมาณค่าทดแทนข้อมูลขาดหายใน 2 ลักษณะคือ 1) ข้อคำถามแบบมาตรวัดประมาณค่ามีข้อมูลขาดหายระหว่างร้อยละ 0 ถึง 1 ซึ่งไม่เกินร้อยละ 20 จึงใช้การประมาณค่าทดแทนด้วยคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามนั้น และ 2) ข้อคำถามแบบเลือกตอบแทนที่ข้อมูลขาดหายโดยให้คะแนนข้อนั้นเป็น 0

2. การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้วย ความเที่ยงด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ความยากง่าย อำนาจจำแนก สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (corrected item- total correlation; CITC) และความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis; CFA) แบบ CB-SEM

3. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 2 ลักษณะ คือ 1) วิเคราะห์ข้อมูลภูมิหลังของตัวอย่างด้วยความถี่และร้อยละ และ 2) ลักษณะของตัวแปรในการวิจัยโมเดล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ความเบ้ ความโด่ง การทดสอบการแจกแจงปกติ เพื่อศึกษาลักษณะกระจายและการแจกแจงของตัวแปรในแบบวัด และสถิติทดสอบที (independent sample t-test) เพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรที่ในการวิจัยจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา

3. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 เกี่ยวกับการตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง และเพื่อตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่มีภูมิหลัง คือ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนสถิติ และการเรียนคณิตศาสตร์ของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันกลุ่มพหุ (multi group confirmatory factor analysis) ด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM

3.2 การวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 เกี่ยวกับการตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยการวิเคราะห์อิทธิเชิงสาเหตุ (path analysis) และตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลัง คือ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนสถิติ และการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรกำกับด้วยการวิเคราะห์อิทธิเชิงสาเหตุกลุ่มพหุ (multi group path analysis) ด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM

3.3 การวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบความผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธี PLS- SEM และ CB-SEM โดยพิจารณาจากค่าประมาณพารามิเตอร์ในโมเดลและค่าการตรวจสอบโมเดล คือ R^2

เกณฑ์คะแนนตัวบ่งชี้

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีเกณฑ์การประเมินคะแนนตัวบ่งชี้ 2 แบบ คือ เกณฑ์คะแนนของตัวบ่งชี้ที่วัดจากข้อสอบแบบเลือกตอบ และคะแนนของตัวบ่งชี้ที่วัดจากข้อคำถามแบบมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ รายละเอียดดังนี้

1) เกณฑ์คะแนนของตัวบ่งชี้ที่วัดจากข้อสอบแบบเลือกตอบ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เกณฑ์คะแนนของตัวบ่งชี้ที่วัดจากข้อสอบแบบเลือกตอบซึ่งใช้กับตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ของการรู้สถิติ คะแนนการรู้สถิติ คะแนนองค์ประกอบด้านความรู้ และคะแนนองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย มี 4 ระดับ ดังนี้

ระดับคะแนน	**หมายถึง**
ร้อยละ 80 ขึ้นไป	ดีมาก
ร้อยละ 65 - 79	ดี
ร้อยละ 50 - 64	พอใช้
ร้อยละต่ำกว่า 50	ปรับปรุง

2) เกณฑ์คะแนนของตัวบ่งชี้ที่วัดจากข้อสอบแบบมาตรวัดประมาณค่า

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เกณฑ์คะแนนของตัวบ่งชี้ที่วัดจากข้อสอบแบบมาตรวัดประมาณค่าซึ่งใช้กับตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยของการรู้สถิติ เป็นแบบ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับคะแนน	**หมายถึง**
5.81 – 7.00	มากที่สุด
4.61 – 5.80	มาก
3.41 – 4.60	ปานกลาง
2.21 – 3.40	น้อย
1.00 – 2.20	น้อยที่สุด

รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี PLS-SEM และวิธี CB-SEM

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ ด้วยวิธี PLS-SEM และวิธี CB-SEM มีรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้

การวิเคราะห์นี้ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) พิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบหรืออิทธิพลเชิงสาเหตุจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 2) การวิเคราะห์องค์ประกอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เชิงยืนยันหรืออิทธิพลเชิงสาเหตุ 3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบพารามิเตอร์โมเดลการวัดหรือโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. การพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน/อิทธิพลเชิงสาเหตุจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การวิเคราะห์ทั้งสองวิธีใช้เกณฑ์การพิจารณาเดียวกัน คือ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในองค์ประกอบ ค่าดัชนีไกเซอร์-เมเยอร์-ออลคิน (Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy: KMO) และค่าสถิติ Bartlett's Test รายละเอียดดังนี้

1) ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในองค์ประกอบ

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในองค์ประกอบต้องมีความสัมพันธ์กันไม่น้อยกว่า .30 (Salkind, 2000 อ้างถึงใน (อวยพร เรืองตระกูล, 2553) และมีเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าสหสัมพันธ์ ดังนี้

ขนาดความสัมพันธ์	ความหมาย
.00 – .30	มีความสัมพันธ์กันต่ำมาก
.31 – .49	มีความสัมพันธ์กันต่ำ
.50 – .69	มีความสัมพันธ์กันปานกลาง
.70 – .89	มีความสัมพันธ์กันสูง
.90 – 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก

2) ค่าดัชนีไกเซอร์-เมเยอร์-ออลคิน

ค่าดัชนีไกเซอร์-เมเยอร์-ออลคิน Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy: KMO มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้ามีค่าน้อยหรือเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปรภายในองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กันน้อย ในขณะที่ถ้ามีค่ามากหรือเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรภายในองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กันสูง ดังนั้นค่าดัชนี KMO ควรจะมีค่าเข้าใกล้ 1 จึงถือว่าเหมาะที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบได้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) และมีเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าดัชนี KMO ดังต่อไปนี้

ค่าดัชนี	ความหมาย
.80 ขึ้นไป	เหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบระดับดีมาก
.70 – .79	เหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบระดับดี
.60 – .69	เหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบระดับปานกลาง
.50 – .59	เหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบระดับน้อย
น้อยกว่า .50	ไม่เหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบ

3) ค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity

ค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity ใช้ทดสอบว่าตัวแปรต่างๆมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0: เมทริกซ์สหสัมพันธ์เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ เมทริกซ์ที่มีค่าในแนวทแยงเป็น 1 ส่วนค่านอกแนวทแยงมีค่าเป็น 0 หรือตัวแปรต่างๆ ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: เมทริกซ์สหสัมพันธ์ไม่เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ หรือตัวแปรต่างๆไม่มีความสัมพันธ์กัน

การมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าตัวแปรต่างๆ มีความสัมพันธ์กันสามารถนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

2. การพิจารณาความเหมาะสมของผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยันยืน/อิทธิพลเชิงสาเหตุ

เมื่อข้อมูลที่จะนำมาตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างผ่านเกณฑ์การพิจารณาในขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดตัวแปรแฝงและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ซึ่งแต่ละวิธีมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

วิธี CB-SEM

การวิเคราะห์ด้วยวิธี CB-SEM ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood) ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ LISREL มีการพิจารณา 2 อย่าง คือ 1) ความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และ 2) ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้ต่างจากศูนย์หรือไม่ รายละเอียดดังนี้

1) ความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์(χ^2) GFI AGFI RMSEA RMR CFI และ NNFI (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542; พูลพงศ์ สุขสว่าง, 2556) รายละเอียดดังนี้

- ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้ ต้องมีค่าน้อยกว่าค่าไคสแควร์เกณฑ์ หรือค่าไคสแควร์สัมพัทธ์มีค่าน้อยกว่า 2
- ดัชนีตรวจสอบความกลมกลืน ได้แก่ GFI AGFI CFI และ NNFI ควรมีค่ามากกว่า .95
- ค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า ได้แก่ RMSEA และ RMR ควรมีค่าน้อยกว่า .05

2) ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้ต่างจากศูนย์หรือไม่

การตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณแตกต่างจากศูนย์หรือไม่ สถิติที่ใช้ในการทดสอบคือสถิติทดสอบคือสถิติทดสอบที t-test โดยที่ผลการทดสอบจะต้องปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งแสดงว่าค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวแตกต่างจากศูนย์ พิจารณาจากค่าสัมบูรณ์ของสถิติทดสอบทีมากกว่า 1.96 และ 2.58 แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ

3) ค่าสัมประสิทธิ์พยากรณ์ของตัวแปรแฝงภายใน (R^2)

วิธี PLS-SEM

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองด้วยวิธี PLS-SEM ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ XLSTAT-PLSPM เกณฑ์การพิจารณามี 2 อย่าง คือ 1) ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้ต่างจากศูนย์หรือไม่ และ 2) ประเมินโมเดลโดยรวม ดังนี้

1) ประเมินโมเดลโดยรวม

การประเมินโดยรวมของวิธี PLS-SEM ใช้ค่า Goodness of fit; GoF คำนวณได้จากรากที่สองของผลคูณของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ยกับค่าเฉลี่ย R^2

เกณฑ์การพิจารณาค่า GoF ของ Wetzels et al. (2009) ดังนี้

.10 – น้อยกว่า .25 หมายถึง โมเดลมีความเหมาะสมน้อย

.25 – น้อยกว่า .35 หมายถึง โมเดลมีความเหมาะสมปานกลาง

.35 ขึ้นไป หมายถึง โมเดลมีความเหมาะสมมาก

2) ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้ต่างจากศูนย์หรือไม่

การตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณแตกต่างจากศูนย์หรือไม่ ใช้กระบวนการ bootstrap โดยกำหนดให้สร้างตัวอย่าง bootstrap จำนวน 5,000 กลุ่ม และกลุ่มละ 1,014 ตัวอย่าง ตามที่ Hair และคณะ (2012a; 2012b) แนะนำว่าจำนวนตัวอย่าง bootstrap อย่างน้อย 5,000 กลุ่ม และขนาดตัวอย่าง boostrap ในแต่ละกลุ่มควรเท่ากับขนาดตัวอย่างจริง จะทำให้ผลการทดสอบที่ได้มีความเหมาะสม สถิติทดสอบ คือ สถิติทดสอบที (t-test) โดยที่ผลการทดสอบจะต้องปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งแสดงว่าค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวแตกต่างจากศูนย์ พิจารณาจากค่าสัมบูรณ์ของสถิติทดสอบทีมากกว่า 1.96 และ 2.58 แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ

3. การวิเคราะห์กลุ่มพหุ

การวิเคราะห์กลุ่มพหุใช้ในการการทดสอบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ คือ เมทริกซ์สัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรสังเกตได้บนตัวแปรแฝงภายใน (Λ_Y) และเมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุจากตัวแปรแฝงนอกไปตัวแปรแฝงภายใน (Γ) ระหว่างกลุ่ม ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ดังนี้

- **วิธี CB-SEM** นำเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันกลุ่มพหุ (multiple group confirmatory factor analysis) และเทคนิคการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุกลุ่มพหุ (multiple group path analysis) มาประยุกใช้ในการทดสอบอิทธิพลของภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี ที่มีต่อค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ตามลำดับ โดยวิธีการนี้ใช้การเปรียบเทียบความเหมาะสมของผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มี

การบังคับให้พารามิเตอร์เท่ากันกับปล่อยเป็นอิสระ ด้วย ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์(χ^2) χ^2/df RMSEA CFI NNFI และความแตกต่างของค่าไคสแควร์ ($\Delta\chi^2$) ถ้าค่า $\Delta\chi^2$ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดหรือโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าค่า $\Delta\chi^2$ มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดหรือโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างกลุ่มแตกต่างกันทำการหาค่าพารามิเตอร์ใดที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542; พูลพงศ์ สุขสว่าง, 2556)

- **วิธี PLS-SEM** ใช้วิธีการเรียงสับเปลี่ยน (permutation-based approach) ด้วยจำนวนครั้งของสุ่มข้อมูลด้วยการเรียงสับเปลี่ยน 5,000 ครั้ง (Henseler et al., 2009) มาใช้ในการทดสอบความแตกต่างของพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่ม โดยวิธีนี้ใช้การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มกับความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าพารามิเตอร์ (SE) จากการสุ่มข้อมูลจากตัวอย่างทั้งหมดแบ่งเป็น 2 กลุ่ม จำนวนเท่ากับขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มแบบไม่ใส่คืนนำมาคำนวณหาความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างกลุ่มทำซ้ำๆ กัน

4. เกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM

เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM ในการวิจัยครั้งนี้ มี 4 เกณฑ์ คือ 1) รายละเอียดการวิเคราะห์ 2) ค่าประมาณพารามิเตอร์ในโมเดล 3) ค่าประเมินโมเดล และ 4) ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มภูมิหลัง ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM ที่ใช้ข้อมูลที่ไม่ใช้ข้อมูลจำลอง รายละเอียดดังนี้

1) การเกิดปัญหาในการประมวลผล คือ การแก้สมการที่เหมาะสม การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างควรลู่เข้าสู่คำตอบและให้ประมาณพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เช่น ไม่มีความแปรปรวนติดลบ (Lu et al., 2011; Reinartz et al., 2009; P. N. Sharma & Kim, 2013)

2) ค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ ค่าพารามิเตอร์จากการประมาณค่าด้วยวิธี PLS-SEM มีแนวโน้มที่จะประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้สูงเกินจริง แต่ประมาณค่าอิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรแฝงด้วยกันเองต่ำกว่าที่เป็นจริงเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติและตัวอย่างขนาดใหญ่ ตรงข้ามกับวิธี CB-SEM ที่มีแนวโน้มที่จะประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้ต่ำกว่าที่เป็นจริง แต่ประมาณค่าอิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรแฝงด้วยกันเองสูงเกินจริง (Chin, 1995 อ้างถึงใน Oleksiak (2009)) และเนื่องจากการใช้ข้อมูลจากตัวอย่างจึงไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงของประชากร จึงใช้ผลต่างของค่าพารามิเตอร์ของทั้งสองวิธีที่น้อยกว่า .10 แสดงว่าค่าประมาณของทั้งสองวิธีใกล้เคียงกับพารามิเตอร์ที่เป็นจริง (Oleksiak, 2009)

3) ค่าประเมินโมเดล ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของตัวแปรแฝงภายใน (R^2) (Hsu et al., 2006) ค่า R^2 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรแฝงภายนอกอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝงภายในได้ดี การเปรียบเทียบโดยใช้อัตราส่วนของค่า R^2 ของวิธี PLS-SEM ต่อวิธี CB-SEM ถ้ามากกว่า 1 แสดงว่าวิธี PLS-SEM อธิปรายความแปรปรวนของตัวแปรแฝงภายในได้ดีกว่า CB-SEM (Oleksiak, 2009)

4) ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่ม การวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM ควรพบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มไม่ต่างกัน (Chumney, 2012)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ 2) พัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ และ 3) เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธีการวิเคราะห์ PLS-SEM และ CB-SEM

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของตัวอย่างเกี่ยวกับภูมิหลังของตัวอย่างและตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ และตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธีการวิเคราะห์ PLS-SEM และ CB-SEM ทั้งนี้เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์และความหมายของตัวแปร/ข้อความที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปร

STATLIT หมายถึง การรู้สถิติ (Statistics Literacy)

KN หมายถึง ความรู้ (knowledge)

LS หมายถึง ทักษะการรู้หนังสือ (literacy skill)

SK หมายถึง ความรู้สถิติศาสตร์ (Statistical knowledge)

MK หมายถึง ความรู้คณิตศาสตร์ (Mathematical knowledge)

CK หมายถึง ความรู้เชิงบริบท (context knowledge)

CRS หมายถึง ทักษะเชิงวิพากษ์ (critical skill)

DIS หมายถึง องค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย (disposition)

CS หมายถึง ท่าทีเชิงวิพากษ์ (critical stance)

AS หมายถึง ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (belief and attitude toward Statistics)

LST หมายถึง การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (learning Statistics with technology)

EXS หมายถึง การมีประสบการณ์กับสถิติ (experience with Statistics)

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติ

** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01;

* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

M หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

S.D. หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

C.V หมายถึง สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation)

SK หมายถึง ความเบ้ (skewness)

KU หมายถึง ความโด่ง (kurtosis)

χ^2 หมายถึง ค่าสถิติไค-สแควร์

df หมายถึง องศาอิสระ (degree of freedom)

p หมายถึง ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

R^2 หมายถึง สัมประสิทธิ์การทำนาย (coefficient determination)

B หมายถึง สัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบ/เส้นทาง

Beta หมายถึง สัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบ/เส้นทางในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน

RMR หมายถึง ดัชนีรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือ (root mean square residual)

RMSEA หมายถึง ดัชนีรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือมาตรฐาน (root mean square error of approximation)

GFI หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (goodness of fit index)

AGFI หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (adjust goodness of fit index)

CFI หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องเปรียบเทียบ (comparative fit index)

NNFI หมายถึง ดัชนีวัดความสอดคล้องเชิงสัมพัทธ์ (non-normed fit index)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

การนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อ คือ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาตัวอย่าง และผลการวิเคราะห์สถิติเบื้องต้นของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย รายละเอียดดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาตัวอย่าง

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของนิสิตนักศึกษาตัวอย่าง ประกอบด้วย ผลการวิเคราะห์ค่าความถี่และร้อยละของตัวแปรภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาตัวอย่าง ได้แก่ เพศ ชั้นปี สาขาวิชา คณะวิชา เกรดเฉลี่ยสะสม การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี รายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรีในสถาบันอุดมศึกษา จำนวน 1,014 คน เป็นนิสิตนักศึกษาหญิง จำนวน 694 คน คิดเป็นร้อยละ 68.44 เป็นนิสิตนักศึกษาชาย จำนวน 320 คน คิดเป็นร้อยละ 31.56 นิสิตนักศึกษาศึกษาอยู่ในระดับชั้นปี 2 มีจำนวนมากที่สุด คือ 414 คน คิดเป็นร้อยละ 40.83 ใกล้เคียงกับชั้นปี 3 คือมีจำนวน 390 คน คิดเป็นร้อยละ 38.46 ตามลำดับ รองลงมาคือศึกษาอยู่ในระดับชั้นปี 1 และ 4 มีจำนวน 133 คน และ 63 คน คิดเป็นร้อยละ 13.12 และ 6.21 ตามลำดับ ส่วนที่เหลืออยู่ในระดับชั้นปี 5 ขึ้นไป จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 0.89 นิสิตนักศึกษามีเกรดเฉลี่ยสะสมอยู่ระหว่าง 2.51-3.00 มีจำนวนมากที่สุด คือ 343 คน คิดเป็นร้อยละ 33.83 ซึ่งใกล้เคียงกับเกรดเฉลี่ยสะสมระหว่าง 3.01 – 3.50 มีจำนวน 324 คน คิดเป็นร้อยละ 31.95 รองลงมาคือ เกรดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.00 – 2.50 มีจำนวน 155 คน และเกรดเฉลี่ย 3.51 – 4.00 มีจำนวน 149 คน คิดเป็นร้อยละ 15.29 และ 14.69 ตามลำดับ

เมื่อสำรวจเรื่องการเรียนวิชาสถิติและคณิตศาสตร์พบว่า นิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี คือมีจำนวน 664 คน คิดเป็นร้อยละ 65.48 ส่วนที่เหลือไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี มีจำนวน 350 คน คิดเป็นร้อยละ 34.52 ในทำนองเดียวกันกับวิชาคณิตศาสตร์พบว่า นิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี มีจำนวน 683 คน คิดเป็นร้อยละ 67.36 ส่วนที่เหลือไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีจำนวน 331 คน คิดเป็นร้อยละ 32.64

เมื่อสำรวจเรื่องมหาวิทยาลัย กลุ่มสาขาวิชา สาขาวิชา และคณะวิชาที่นิสิตนักศึกษาเรียนอยู่ พบว่า นิสิตนักศึกษาศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยเอกชนมากที่สุด มีจำนวน 592 คน คิดเป็นร้อยละ 58.38 แบ่งเป็นมหาวิทยาลัยกรุงเทพมากที่สุด มีจำนวน 486 คน ร้อยละ 47.93 ส่วนที่เหลือคือมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี มหาวิทยาลัยอิสเทิร์นเอเชีย และมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย มีจำนวนใกล้เคียงกันคือ 42 36 และ 28 คน คิดเป็นร้อยละ 4.14 3.55 และ 2.76 นิสิตนักศึกษาศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาในกำกับของรัฐใกล้เคียงกับศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ โดยสถาบันอุดมศึกษาในกำกับของรัฐมีแห่งเดียวคือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีจำนวน 171 คน คิดเป็นร้อยละ 16.86 ในขณะที่สถาบันอุดมศึกษาของรัฐ มีจำนวน 170 คน คิดเป็นร้อยละ 16.76 แบ่งเป็นมหาวิทยาลัยศรีนครินรวิโรฒ มหาวิทยาลัย

ศิลปากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีจำนวน 95 49 และ 26 คน คิดเป็นร้อยละ 9.37 4.83 และ 2.56 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ (ราชภัฏ) มีจำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 7.99 แบ่งเป็นมหาวิทยาลัยราชภัฏวลัยลงกรณ์และมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร มีจำนวน 58 และ 23 คน คิดเป็นร้อยละ 5.72 และ 2.27 ตามลำดับ

เมื่อสำรวจกลุ่มสาขาวิชาและคณะวิชาของนิสิตนักศึกษา พบว่า นิสิตนักศึกษาศึกษาอยู่ในสาขาวิชาที่แตกต่างกัน 38 สาขาวิชาแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มสาขาวิชา คือ กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และบริหาธุรกิจ จำนวน 18 สาขาวิชา และกลุ่มสาขาวิชาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ จำนวน 20 สาขาวิชา โดยนิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่ศึกษาอยู่ในสาขาวิชาที่อยู่ในกลุ่มวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และบริหาธุรกิจ มีจำนวน 561 คน คิดเป็นร้อยละ 55.53 แบ่งเป็นนิสิตนักศึกษาสาขาวัสดุศาสตร์(อัญมณีและเครื่องประดับ) มากที่สุด มีจำนวน 95 คน คิดเป็นร้อยละ 9.37 รองลงมาคือ สาขาการเงินมัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) และบริหารธุรกิจ มีจำนวนใกล้เคียงกัน คือ 59 57 และ 53 คน คิดเป็นร้อยละ 5.82 5.62 และ 5.23 ตามลำดับ สาธารณสุขศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ บัญชี การตลาดและเศรษฐศาสตร์ระหว่างประเทศ มีจำนวน 42 34 34 และ 30 คน คิดเป็นร้อยละ 4.14 3.35 3.35 และ 2.96 ตามลำดับ คณิตศาสตร์ศึกษา การจัดการโลจิสติกส์ ธุรกิจระหว่างประเทศ มีจำนวน 26 22 และ 21 คน คิดเป็นร้อยละ 2.56 2.17 และ 2.07 ตามลำดับ เทคโนโลยีการศึกษา คอมพิวเตอร์แอนิเมชั่นและธุรกิจและอาชีวศึกษา มีจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 1.28 ส่วนที่เหลือคือการจัดการธุรกิจระหว่างประเทศ/สมัยใหม่ เทคโนโลยีสารสนเทศทางการบัญชี/การจัดการสารสนเทศและเทคโนโลยี/มัลติมีเดีย และสอบบัญชีและตรวจสอบภายใน มีจำนวน 8 7 และ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 0.79 0.69 และ 0.20 ตามลำดับ สาขาวิชาเหล่านี้จัดอยู่ในคณะวิชาที่แตกต่างกัน 12 คณะ โดยนิสิตนักศึกษาศึกษาในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ มีจำนวน 304 คน คิดเป็นร้อยละ 29.98 รองลงมาคือ บริหารธุรกิจ นิเทศศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 195 167 และ 108 ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 19.23 16.47 และ 10.65 ตามลำดับ นิสิตนักศึกษาศึกษาอยู่ในคณะวิชาบัญชี สาธารณสุข เศรษฐศาสตร์ มนุษยศาสตร์และการจัดการการท่องเที่ยว มีจำนวนใกล้เคียงกันคือ 42 และ 41 คน คิดเป็นร้อยละ 4.14 และ 4.04 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นนิสิตนักศึกษาคณะศิลปศาสตร์ มีจำนวน 35 23 14 และ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.45 2.27 1.38 และ 0.20 ตามลำดับ ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างจำแนกตามข้อมูลภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

ข้อมูลภูมิหลัง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
- ชาย	320	31.56
- หญิง	694	68.44
รวม	**1,014**	**100.0**
2. ชั้นปีที่ศึกษา		
- ปีที่ 1	133	13.12
- ปีที่ 2	414	40.83
- ปีที่ 3	390	38.46
- ปีที่ 4	63	6.21
- ปีที่ 5 ขึ้นไป	9	0.89
- ไม่ระบุ	5	0.49
รวม	**1,014**	**100.0**
3. เกรดเฉลี่ยสะสม		
- 0.00- 2.50	155	15.29
- 2.51 – 3.00	343	33.83
- 3.01 – 3.50	324	31.95
- 3.51 – 4.00	149	14.69
- ไม่ระบุ	43	4.24
รวม	**1,014**	**100.00**
4. การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี		
- เคยเรียน	664	65.48
- ไม่เคยเรียน	350	34.52
รวม	**1,014**	**100.00**
5. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี		
- เคยเรียน	683	67.36
- ไม่เคยเรียน	331	32.64
รวม	**1,014**	**100.00**
6. สังกัดมหาวิทยาลัย		
<u>มหาวิทยาลัยเอกชน</u>		
- มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	486	47.93
- มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี	42	4.14
- มหาวิทยาลัยอิสเทิร์นเอเชีย	36	3.55
- มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	28	2.76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลภูมิหลัง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
รวม	**592**	**58.38**
สถาบันอุดมศึกษาในกำกับของรัฐ		
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	171	16.86
รวม	**171**	**16.86**
สถาบันอุดมศึกษาของรัฐ		
- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	95	9.37
- มหาวิทยาลัยศิลปากร	49	4.83
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	26	2.56
รวม	**170**	**16.76**
สถาบันอุดมศึกษาของรัฐ(ราชภัฏ)		
- มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยลงกรณ์	58	5.72
- มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	23	2.27
รวม	**81**	**7.99**
รวมทั้งหมด	**1,014**	**100.00**

7. สาขาวิชา

กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และบริหาธุรกิจ		
- วัสดุศาสตร์(อัญมณีและเครื่องประดับ)	95	9.37
- การเงิน	59	5.82
- มัธยมศึกษา(วิทยาศาสตร์)	57	5.62
- บริหารธุรกิจ	53	5.23
- สาธารณสุขศาสตร์	42	4.14
- เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ	34	3.35
- บัญชี	34	3.35
- การตลาด	32	3.16
- เศรษฐศาสตร์ระหว่างประเทศ	30	2.96
- คณิตศาสตร์ศึกษา	26	2.56
- การจัดการโลจิสติกส์	22	2.17
- ธุรกิจระหว่างประเทศ	21	2.07
- เทคโนโลยีการศึกษา	13	1.28
- คอมพิวเตอร์แอนิเมชั่น	13	1.28
- ธุรกิจและอาชีวศึกษา	13	1.28
- การจัดการธุรกิจระหว่างประเทศ/สมัยใหม่	8	0.79
- เทคโนโลยีสารสนเทศทางการบัญชี/การจัดการสารสนเทศและ	7	0.69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลภูมิหลัง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เทคโนโลยี/มัลติมีเดีย		
- สอบบัญชีและตรวจสอบภายใน	2	0.20
รวม	**561**	**55.33**
กลุ่มสาขาวิชาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์		
- วิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์	81	7.99
- สื่อสารตรา	64	6.31
- ภาษาอังกฤษ	39	3.85
- การจัดการธุรกิจสายการบิน	39	3.85
- ประถมศึกษา	33	3.25
- สังคมศึกษา	31	3.06
- การศึกษาปฐมวัย	28	2.76
- การจัดการการท่องเที่ยว	23	2.27
- มัธยมศึกษา(ศิลป์)	20	1.97
- ภาพยนต์	14	1.38
- ออกแบบแฟชั่นและสิ่งทอ	14	1.38
- มัธยมศึกษา(มนุษยศาสตร์-สังคมศาสตร์)	13	1.28
- อังกฤษธุรกิจ	11	1.08
- การศึกษานอกระบบโรงเรียน	11	1.08
- จิตวิทยาการศึกษา	11	1.08
- สุขศึกษาและพลศึกษา	7	0.69
- การประชาสัมพันธ์	6	0.59
- การจัดการการโรงแรม	3	0.30
- ดนตรีศึกษา/ศิลปศึกษา	3	0.30
- การโฆษณา/วารสารศาสตร์	2	0.20
รวม	**453**	**44.67**
รวมทั้งหมด	**1,014**	**100.00**
8. คณะวิชา		
- ครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์	304	29.98
- บริหารธุรกิจ	195	19.23
- นิเทศศาสตร์	167	16.47
- วิทยาศาสตร์	108	10.65
- บัญชี	42	4.14
- สาธารณสุข	42	4.14
- เศรษฐศาสตร์	41	4.04

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลภูมิหลัง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
- มนุษยศาสตร์และการจัดการการท่องเที่ยว	41	4.04
- ศิลปศาสตร์	35	3.45
- วิทยาการจัดการ	23	2.27
- ศิลปกรรมศาสตร์	14	1.38
- วิศวกรรมศาสตร์/เทคโนโลยีสารสนเทศ	2	0.20
รวม	**1,014**	**100.00**

1.2 ผลการวิเคราะห์สถิติเบื้องต้นของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

การนำเสนอผลการวิเคราะห์สถิติเบื้องต้นของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็นส่วนคือ 1) ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ และ 2) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวบ่งชี้ระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา รายละเอียดดังนี้

1.2.1 ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้

การนำเสนอค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบของการรู้สถิติ ได้แก่ องค์ประกอบด้านความรู้ ซึ่งมีตัวบ่งชี้ 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ ที่ได้จากข้อคำถามแบบเลือกตอบ และตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย มี 2 ตัว คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติที่ได้จากข้อคำถามแบบมาตรประมาณค่า และตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าสัมประสิทธิความแปรปรวน ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง และค่าสถิติซี (Z test) เพื่อทดสอบความเบ้และความโด่ง

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นพบว่าตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) นิสิตนักศึกษามีคะแนนทักษะการรู้หนังสือเฉลี่ย (LS) เท่ากับ 3.31 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 66.21 ซึ่งอยู่ในระดับดี มีคะแนนต่ำสุด (MIN) และสูงสุด (MAX) เท่ากับ 0 และ 5 ตามลำดับ มีความรู้สถิติศาสตร์เฉลี่ย (SK) เท่ากับ 3.79 คะแนน จากคะแนนเต็ม 7 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 54.11 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง มีคะแนนต่ำสุด (MIN) และสูงสุด (MAX) เท่ากับ 0 และ 7 ตามลำดับ ความรู้คณิตศาสตร์เฉลี่ย (MK) เท่ากับ 2.23 คะแนน และความรู้เชิงบริบทเฉลี่ย (CK) เท่ากับ 1.83 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 55.70 และ 45.76 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง และพอใช้ มีคะแนนต่ำสุด(MIN) และสูงสุด (MAX) เท่ากันคือ 0 และ 4 ตามลำดับ และทักษะเชิงวิพากษ์เฉลี่ย (CRS) เท่ากับ 2.74 คะแนน จากคะแนนเต็ม 8 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 34.20 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ มีคะแนนต่ำสุด (MIN) และสูงสุด(MAX) เท่ากับ 0 และ 7 ตามลำดับ และตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย (DIS) นิสิตนักศึกษามีคะแนนท่าทีเชิงวิพากษ์เฉลี่ย (CS) เท่ากับ 3.83 คะแนนจากเต็ม 7 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 54.69 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง มีคะแนนต่ำสุด (MIN) และสูงสุด(MAX) เท่ากับ 1 และ 6.5 ตามลำดับ และมีคะแนนความเชื่อและ

ทัศนคติต่อสถิติเฉลี่ย (AS) เท่ากับ 4.21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 7 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 60.17 ซึ่งอยู่ในระดับดี มีคะแนนต่ำสุด (MIN) และสูงสุด (MAX) เท่ากับ 1.32 และ 6.76 ตามลำดับ ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิตินิสิตนักศึกษามีคะแนนการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีเฉลี่ย (LST) เท่ากับ 4.01 คะแนน จากคะแนนเต็ม 7 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 57.30 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง มีคะแนนต่ำสุด (MIN) และสูงสุด (MAX) เท่ากับ 1 และ 7 ตามลำดับ และการมีประสบการณ์กับสถิติเฉลี่ย (EXS) เท่ากับ 3.56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 7 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 50.88 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง มีคะแนนต่ำสุด (MIN) และสูงสุด (MAX) เท่ากับ 1 และ 6.6 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลด้วยความเบ้ (SK) ความโด่ง (KU) สถิติทดสอบ Z และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) พบว่า ตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ทุกตัวมีลักษณะการแจกแจงไม่เป็นปกติ คือ ทักษะการรู้หนังสือ (LS) มีลักษณะเบ้ซ้ายและโด่งต่ำค่อนข้างมาก ความรู้สถิติศาสตร์ (SK) ความรู้คณิตศาสตร์ (MK) มีลักษณะเบ้ซ้ายเล็กน้อยแต่โด่งต่ำค่อนข้างมาก กล่าวคือ นิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่มีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยและคะแนนกระจายตัวค่อนข้างมาก ในขณะที่ความรู้เชิงบริบท (CK) ลักษณะเบ้ขวาเล็กน้อยและโด่งต่ำค่อนข้างมาก และทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) มีลักษณะเบ้ขวาและโด่งต่ำค่อนข้างมาก กล่าวคือ นิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่มีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยและคะแนนกระจายตัวค่อนข้างมาก โดยตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบนี้ที่มีการกระจายสูงที่สุด คือ ความรู้เชิงบริบท (CK) และปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติมีลักษณะการแจงแจงไม่ใช่โค้งปกติ คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีเฉลี่ย (LST) มีลักษณะเบ้ซ้ายเล็กน้อยและโด่งต่ำค่อนข้างมาก กล่าวคือ นิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่มีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยและคะแนนกระจายตัวค่อนข้างมาก และการมีประสบการณ์กับสถิติเฉลี่ย (EXS) มีลักษณะไม่เบ้ซ้ายและโด่งต่ำค่อนข้างมาก กล่าวคือ นิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่มีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยและคะแนนกระจายตัวค่อนข้างมาก โดยตัวแปรการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีเฉลี่ย (LST) มีการกระจายสูงกว่าการมีประสบการณ์กับสถิติเฉลี่ย (EXS) ในขณะที่ตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์เฉลี่ย (CS) และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS) มีลักษณะการแจกแจงปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.2 ค่าสถิติเบื้องต้นตัวแปรสังเกตได้ขององค์ประกอบการรู้สถิติและปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	M	S.D.	MIN	MAX	C.V	SK	KU	ร้อยละ	ระดับ
การรู้สถิติ										
ความรู้										
ทักษะการรู้หนังสือ (LS)	5	3.31	1.32	0	5	39.88	-0.52**	-0.54**	66.21	ดี
ความรู้สถิติศาสตร์ (SK)	7	3.79	1.46	0	7	38.52	-0.13	-0.33**	54.11	พอใช้
ความรู้คณิตศาสตร์ (MK)	4	2.23	1.13	0	4	50.67	-0.18	-0.72**	55.70	พอใช้
ความรู้เชิงบริบท (CK)	4	1.83	1.04	0	4	56.83	0.03	-0.66**	45.76	ปรับปรุง
ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS)	8	2.74	1.45	0	7	52.92	0.23**	-0.31**	34.20	ปรับปรุง
ลักษณะนิสัย										
ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS)	7	3.83	.98	1	6.5	25.59	-0.16	-0.10		ปานกลาง
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS)	7	4.21	.90	1.32	6.76	21.38	-0.17	0.14		ปานกลาง
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ										
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี(LST)	7	4.01	1.37	1	7	34.16	-0.08	-0.46**		ปานกลาง
การมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS)	7	3.56	1.09	1	6.60	30.62	0.00	-0.50**		ปานกลาง
Std. Error ของความเบ้ = 0.08; Std. Error ของความโด่ง = 0.15;										

หมายเหตุ:; การทดสอบนัยสำคัญของความเบ้และความโด่ง คำนวณจากค่าสถิติ $Z_{SK} = SK/SE_{sk}$ และ $Z_{KU} = KU/SE_{KU}$

1.2.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

การนำเสนอค่าผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบของการรู้สถิติด้านความรู้ 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ องค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย มี 2 ตัว คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และการเรียนวิชาคณิศาสตตร์ระดับปริญญาตรี โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (independent t-test) และทดสอบความแปรปรวนระหว่างกลุ่มด้วย Levene's test ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ระหว่างเพศของนิสิตนักศึกษาพบว่า นิสิตนักศึกษาชายจำนวน 320 คน กับหญิง จำนวน 694 คน มีคะแนนเฉลี่ยของตัวบ่งชี้องค์ประกอบด้านความรู้ คือ ทักษะการรู้หนังสือ (LS) ความรู้สถิติศาสตร์ (SK) ความรู้คณิตศาสตร์ (MK) ความรู้เชิงบริบท (CK) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) นิสิตนักศึกษาชายกับหญิงมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทีระดับ .05 โดยนิสิตนักศึกษาชายมีคะแนนทักษะเชิงวิพากษ์สูงกว่านิสิตนักศึกษาหญิง ส่วนตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย นิสิตนักศึกษาชายกับหญิงมีคะแนนท่าทีเชิงวิพากษ์เฉลี่ย (CS) และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติเฉลี่ย (AS) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ในขณะที่ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติเรื่องการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีเฉลี่ย (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติเฉลี่ย (EXS) นิสิตนักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน

เมื่อพิจารณาคะแนนตัวบ่งชี้ระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษาพบว่า นิสิตนักศึกษากลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ฯ จำนวน 561 คน กับกลุ่มสาขาวิชาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ จำนวน 453 คน มีคะแนนเฉลี่ยของตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ คือ ทักษะการรู้หนังสือ (LS) ความรู้สถิติศาสตร์ (SK) ความรู้คณิตศาสตร์ (MK) ความรู้เชิงบริบท (CK) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนิสิตนักศึกษากลุ่มวิทยาศาสตร์ฯ มีคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 4 ตัวนี้สูงกว่านิสิตนักศึกษากลุ่มสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ ในขณะที่นิสิตนักศึกษากลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ฯ กับกลุ่มสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทีระดับ .05 ส่วนตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย นิสิตนักศึกษากลุ่มวิทยาศาสตร์ฯ กับสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์มีคะแนนท่าทีเชิงวิพากษ์เฉลี่ย (CS) และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติเฉลี่ย (AS) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยนิสิตนักศึกษากลุ่มวิทยาศาสตร์ฯ มีคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้สูงกว่านิสิตนักศึกษากลุ่มสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ ในขณะที่ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติเรื่องการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีเฉลี่ย (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติเฉลี่ย (EXS) นิสิตนักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน โดยนิสิตนักศึกษากลุ่มวิทยาศาสตร์ฯ มีคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้สูงกว่านิสิตนักศึกษากลุ่มสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์

เมื่อพิจารณาคะแนนตัวบ่งชี้ระหว่างการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษา ซึ่งนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีจำนวน 664 คน และไม่เคยเรียน จำนวน 350 คน พบว่า นิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนกับไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีคะแนนเฉลี่ยของตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ (LS) ความรู้สถิติศาสตร์ (SK) และทักษะเชิงวิพากษ์เฉลี่ย (CRS) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนสถิติในระดับปริญญาตรีมีคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 3 ตัวนี้สูงกว่านิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียน ในขณะที่นิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนกับไม่เคยเรียนมีคะแนนความรู้คณิตศาสตร์ (MK) ความรู้เชิงบริบท (CK) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทีระดับ .05 ส่วนตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย พบว่า นิสิต

นักศึกษาที่เคยเรียนกับไม่เคยเรียนสถิติในระดับปริญญาตรีมีคะแนนท่าทีเชิงวิพากษ์เฉลี่ย (CS) และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติเฉลี่ย (AS) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้สูงกว่านิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียน ในขณะที่ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ ได้แก่ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) นิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนกับไม่เคยเรียนสถิติในระดับปริญญาตรีมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้สูงกว่านิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียน

เมื่อพิจารณาคะแนนตัวบ่งชี้ระหว่างการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษา ซึ่งนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีจำนวน 664 คน กับไม่เคยเรียน จำนวน 350 คน พบว่า ตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ (LS) ความรู้สถิติศาสตร์ (SK) ความรู้คณิตศาสตร์ (MK) ความรู้เชิงบริบท (CK) มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 4 ตัวนี้สูงกว่านิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียน แต่นิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนกับที่ไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีคะแนนเฉลี่ยทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทีระดับ .05 ส่วนตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย นิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนกับไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีคะแนนท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS) และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS) มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียน มีคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้สูงกว่านิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียน สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ ได้แก่ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) นิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนกับไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน โดยนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้สูงกว่านิสิตนักศึกษาไม่เคยเรียน ดังตาราง 4.3

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรสังเกตได้ระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาแสดงให้เห็นว่าภูมิหลังทุกตัวคือ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีมีแนวโน้มที่จะมีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลการวัด และโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติ

ตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรสังเกตได้ระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	1. เพศ				Levene's test		t	p
		ชาย (n=320)		หญิง(n=694)					
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
การรู้สถิติ									
ความรู้									
ทักษะการรู้หนังสือ (LS)	5	3.378	1.336	3.280	1.308	0.243	.623	1.108	.268
ความรู้สถิติศาสตร์ (SK)	7	3.719	1.482	3.820	1.448	0.002	.966	1.026	.305
ความรู้คณิตศาสตร์ (MK)	4	2.212	1.076	2.235	1.148	2.174	.141	0.294	.769
ความรู้เชิงบริบท (CK)	4	1.631	0.990	1.922	1.046	0.205	.651	**4.187**	**<.001**
ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS)	8	2.738	1.412	2.735	1.464	0.258	.612	0.027	.979
ลักษณะนิสัย									
ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS)	7	3.893	1.043	3.799	0.951	4.052	.044	1.423	.169
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS)	7	4.268	0.922	4.186	0.896	0.022	.882	1.341	.180
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ									
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี(LST)	7	3.919	1.298	4.054	1.402	2.924	.088	1.460	.145
การมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS)	7	3.593	1.107	3.547	1.085	0.045	.833	0.611	.541
ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	**2. กลุ่มสาขาวิชา**				Levene's test		t	p
		วิทยาศาสตร์ฯ (n=561)		สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ (n=453)					
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
การรู้สถิติ									
ความรู้									
ทักษะการรู้หนังสือ (LS)	5	3.417	1.318	3.179	1.306	.002	.967	**2.875**	**.004**
ความรู้สถิติศาสตร์ (SK)	7	3.982	1.461	3.547	1.421	.995	.319	**4.768**	**<.001**
ความรู้คณิตศาสตร์ (MK)	4	2.383	1.107	2.035	1.118	2.234	.135	**4.952**	**<.001**
ความรู้เชิงบริบท (CK)	4	1.963	1.018	1.667	1.038	5.533	.019	**4.553**	**<.001**
ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS)	8	2.795	1.465	2.662	1.423	.139	.709	1.453	.145
ลักษณะนิสัย									
ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS)	7	4.036	.904	3.571	1.013	9.457	.002	**7.620**	**<.001**
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS)	7	4.507	.801	3.846	.893	1.970	.161	**12.407**	**<.001**
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ									
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี(LST)	7	4.164	1.286	3.822	1.449	6.946	**.009**	**3.927**	**<.001**
การมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS)	7	3.824	1.025	3.237	1.086	3.221	.073	**8.834**	**<.001**

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	3. การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี				Levene's test		t	p
		เคยเรียน (n=664)		ไม่เคยเรียน (n=350)					
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
การรู้สถิติ									
ความรู้									
ทักษะการรู้หนังสือ (LS)	5	3.482	1.273	2.986	1.340	.205	.651	**5.795**	**<.001**
ความรู้สถิติศาสตร์ (SK)	7	3.917	1.452	3.543	1.441	.303	.582	**3.912**	**<.001**
ความรู้คณิตศาสตร์ (MK)	4	2.259	1.110	2.169	1.152	.074	.786	1.218	.224
ความรู้เชิงบริบท (CK)	4	1.834	1.030	1.823	1.050	.179	.672	.168	.868
ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS)	8	2.810	1.464	2.594	1.406	.159	.690	**2.264**	**.024**
ลักษณะนิสัย									
ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS)	7	3.932	.967	3.631	.980	.065	.799	**4.697**	**<.001**
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS)	7	4.292	.938	4.060	.820	7.439	.006	**4.060**	**<.001**
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ									
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี(LST)	7	4.248	1.285	3.561	1.416	2.967	.085	**7.812**	**<.001**
การมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS)	7	3.725	1.044	3.253	1.116	3.759	.053	**6.683**	**<.001**

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี				Levene's test		t	p
		เคยเรียน(n=683)		ไม่เคยเรียน(n=331)					
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
การรู้สถิติ									
ความรู้									
ทักษะการรู้หนังสือ (LS)	5	3.395	1.264	3.136	1.407	8.247	.004	**2.844**	**.005**
ความรู้สถิติศาสตร์ (SK)	7	3.870	1.427	3.619	1.510	3.320	.069	**2.570**	**.010**
ความรู้คณิตศาสตร์ (MK)	4	2.357	1.125	1.961	1.079	6.422	.011	**5.410**	**<.001**
ความรู้เชิงบริบท (CK)	4	1.896	1.007	1.695	1.085	8.105	.005	**2.834**	**.005**
ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS)	8	2.723	1.456	2.761	1.429	0.021	.885	0.392	.695
ลักษณะนิสัย									
ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS)	7	3.949	.938	3.580	1.023	4.323	.038	**5.534**	**<.001**
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS)	7	4.399	.838	3.825	0.917	1.745	.187	**9.908**	**<.001**
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ									
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี(LST)	7	4.143	1.293	3.740	1.485	13.021	<.001	**4.216**	**<.001**
การมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS)	7	3.739	1.046	3.196	1.097	1.579	.209	**7.621**	**<.001**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ

การพัฒนาโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีครั้งนี้ได้พัฒนาตามแนวคิดของ Gal (2004) ซึ่งการรู้สถิติ (STATLIT) ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบซึ่งจัดเป็นตัวแปรแฝง คือ ความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) โดยองค์ประกอบด้านความรู้วัดจากตัวบ่งชี้ 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ (LS) ความรู้สถิติศาสตร์ (SK) ความรู้คณิตศาสตร์ (MK) ความรู้เชิงบริบท (CK) และทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยวัดจากตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS) กับความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS) จากโมเดลการวัดการรู้สถิติที่ได้นำไปตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) กับข้อมูลจากนิสิตนักศึกษาตัวอย่างด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM และตรวจสอบอิทธิพลกำกับของตัวแปรภูมิหลัง คือ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีต่อโมเดลการวัดการรู้สถิติด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM เช่นกัน เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1 เรื่องการตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับกับข้อมูล

ผลการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) การตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีในภาพรวม และ 2) ผลการตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีเป็นตัวแปรกำกับ รายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีในภาพรวม

การตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) กับข้อมูลจากแบบสอบถามที่ใช้กับนิสิตนักศึกษาตัวอย่างด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ 1) พิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และ 2) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการคำนวณคะแนนองค์ประกอบของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี รายละเอียดดังนี้

2.1.1 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าดัชนี KMO และค่าสถิติ Bartlett's Test ผลการพิจารณามีดังนี้

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้การรู้สถิติ 7 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน มีจำนวน 21 คู่ พบว่า ค่าสหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .020 ถึง .422 โดยส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 17 คู่ ส่วนที่เหลือมีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำ

มากถึงต่ำ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS) กับความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .422 ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันต่ำสุดคือ ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) กับความรู้คณิตศาสตร์ (MK) และความรู้เชิงบริบท (CK) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .020 และ .021 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .757 ซึ่งเข้าใกล้ 1 และค่าสถิติ Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 800.776 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้ของข้อมูลมีความสัมพันธ์มากพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้ ดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรในโมเดลการวัดการรู้สถิติ

ตัวแปร		KN					DIS	
		LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS
KN	LS	1						
	SK	.418**	1					
	MK	.305**	.310**	1				
	CK	.163**	.148**	.158**	1			
	CRS	.034	.026	.020	.021	1		
DIS	QS	.275**	.270**	.285**	.111**	.091**	1	
	AS	.265**	.260**	.244**	.134**	.110**	.422**	1
M		3.311	3.788	2.228	1.830	2.736	3.828	4.212
SD		1.317	1.459	1.125	1.037	1.447	0.981	0.905
KMO = .757; Bartlett's Test = 800.776; df = 21; p = <.001								

2.1.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ผลการวิเคราะห์แบ่งตามวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

วิธี CB-SEM

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลการวัดการรู้สถิติด้วยวิธี CB-SEM เกิดปัญหาไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) ผู้วิจัยจึงมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในโมเดลเพิ่มเติมดังนี้

1. กำหนดค่าเริ่มต้นให้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวบ่งชี้บนตัวแปรแฝง (LY) จำนวน 2 ค่า คือ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของความรู้สถิติศาสตร์ (SK) บนความรู้ (KN) (LY(2,1)) และค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของความรู้สถิติศาสตร์ (SK) บนลักษณะนิสัย (DIS) (LY(6,2)) ให้เท่ากับ 1

2. กำหนดค่าเริ่มต้นให้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงภายใน (PS) คือ ความคลาดเคลื่อนของลักษณะนิสัย PS(2,2) เท่ากับ 0.16

ซึ่งการกำหนดค่าเพิ่มเติมในโมเดลแต่ละค่าจะทำการวิเคราะห์โมเดลใหม่ทุกครั้ง ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองเพื่อตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติด้วยวิธี CB-SEM พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 21.048; df = 13; p = .099; GFI = .99; AGFI = .99; CFI = .99; NNFI =.99; RMSEA = .025; RMR = .03

ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด คือ ทักษะการรู้หนังสือ (LS) และความรู้สถิติศาสตร์ (SK) มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ .628 และ .622 ตามลำดับ รองลงมาคือ ความรู้คณิตศาสตร์ (MK) มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ .518 ในขณะที่ความรู้เชิงบริบท (CK) และทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ .263 และ .080 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของตัวบ่งชี้ (R^2) พบว่า ค่าความแปรร่วมร่วมของตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 0.60 ถึง 40.0 ในขณะที่ตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุด คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS) เท่ากับ .667 รองลงมาคือความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS) ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน เท่ากับ .633 ตามลำดับ

สมการสร้างคะแนนองค์ประกอบการรู้สถิติจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลการวัดการรู้สถิติด้วยวิธี CB-SEM มีดังนี้

ความรู้ (KN) = .228xLS + .202xSK + .182xMK + .079xCK + .016xCRS + .140xCS + .133xAS

ลักษณะนิสัย (DIS) = .065xLS + .057xSK + .052xMK + .022xCK + .005xCRS + .276xCS + .262xAS

เมื่อพิจารณาระดับองค์ประกอบ พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา พบว่า องค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยมีค่าเป็นบวก และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยองค์ประกอบที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุด คือ ความรู้ (KN) มีน้ำหนักองค์ประกอบ เท่ากับ .898และองค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .772 ความแปรปรวนร่วมกับการรู้สถิติ (STATLIT) ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) ได้ร้อยละ 76.6 และ 62.6 ตามลำดับ

การประเมินโมเดลการวัดด้วยความเที่ยง ความตรงเชิงลู่เข้า และความตรงเชิงจำแนก พบว่าตัวบ่งชี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากกว่า .50 จำนวน 3 ตัว และมีค่าน้อยกว่า .50 จำนวน 2 ตัว โดยตัวบ่งชี้ทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 องค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และด้านลักษณะนิสัย (DIS) เมื่อพิจารณามีค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (AVE) เท่ากับ .246 และ .379 ตามลำดับ ค่าความเที่ยงประกอบ (CR) เท่ากับ .535 และ .592 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า .60 แสดงว่ามีความตรงเชิงลู่เข้าน้อย และเมื่อพิจารณาค่ารากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$)ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และด้านลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าเท่ากับ .474 และ .650 ตามลำดับซึ่งน้อยกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้งสองตัวซึ่งมีค่าเท่ากับ .693 แสดงว่าโมเดลไม่ค่อยมีความตรงเชิงจำแนก รายละเอียดดังตาราง 4.5 และภาพ 4.1

วิธี PLS-SEM

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองเพื่อตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติด้วยวิธี PLS-SEM พบว่า โมเดลมีความเหมาะสมระดับมาก มีค่า GoF เท่ากับ .568 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด คือ ทักษะการรู้หนังสือ (LS) และความรู้สถิติศาสตร์ (SK) มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ .753 และ .748 ตามลำดับ รองลงมาคือ ความรู้คณิตศาสตร์ (MK) มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ .684 ในขณะที่ความรู้เชิงบริบท (CK) และทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ .413 และ .135 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของตัวบ่งชี้ (R^2) พบว่า ค่าความแปรร่วมร่วมของตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 1.80 ถึง 56.7 ในขณะที่ตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุด คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS) เท่ากับ .847 รองลงมาคือความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS) ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ .839 ค่าความแปรร่วมร่วมของตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 71.8 และ 70.5 ตามลำดับ

สมการสร้างคะแนนองค์ประกอบการรู้สถิติจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลการวัดการรู้สถิติด้วยวิธี CB-SEM มีดังนี้

ความรู้ (KN) = .259xLS+ .232xSK+ .281xMK+ .173xCK+ .054xCRS

ลักษณะนิสัย (DIS) = .485xCS+ .515xAS

เมื่อพิจารณาระดับองค์ประกอบ พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา พบว่า องค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยมีค่าเป็นบวก และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยองค์ประกอบที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุด คือ ความรู้ (KN) มีน้ำหนักองค์ประกอบ เท่ากับ .881 และองค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .806 ความแปรปรวนร่วมกับการรู้สถิติ (STATLIT) ขององค์ประกอบ

ด้านความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) ได้ร้อยละ 84.9 และ 55.9 ตามลำดับ โมเดลมีความเหมาะสมในระดับมาก มีค่าเท่ากับ .568

การประเมินโมเดลการวัดด้วยความเที่ยง ความตรงเชิงลู่เข้า และความตรงเชิงจำแนก พบว่าตัวบ่งชี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากกว่า .50 จำนวน 3 ตัว และมีค่าน้อยกว่า .50 จำนวน 2 ตัว โดยตัวบ่งชี้ทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 องค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และด้านลักษณะนิสัย (DIS) ซึ่งจัดเป็นตัวแปรแฝง เมื่อพิจารณามีค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (AVE) พบว่าองค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และด้านลักษณะนิสัย (DIS) มีค่า AVE เท่ากับ .831 และ .711 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า .70 ส่วนค่าความเที่ยงประกอบ (CR) พบว่า องค์ประกอบด้านความรู้ (KN) มีค่าเท่ากับ .695 ซึ่งมากกว่า .40 ส่วนองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าเท่ากับ .357 ซึ่งน้อยกว่า .60 ซึ่งผลการตรวจสอบค่า AVE และ CR แสดงให้เห็นว่ามีองค์ประกอบทั้งสองมีความตรงเชิงลู่เข้า และเมื่อพิจารณาค่ารากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$)ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และด้านลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าเท่ากับ .597 และ .843 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้งสองตัวซึ่งมีค่าเท่ากับ .431 แสดงว่าองค์ประกอบทั้งสองมีความตรงเชิงจำแนก รายละเอียดดังตาราง 4.5 และภาพ 4.1

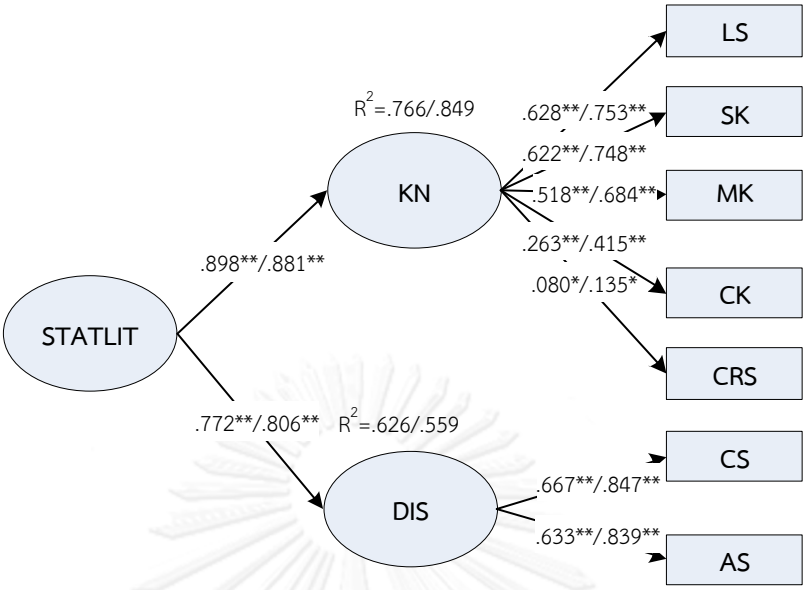
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร		CB-SEM						PLS-SEM				
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ		น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
		Beta	B(SE)			KN	DIS	Beta	B(SE)			
ระดับตัวบ่งชี้												
KN	LS	.628	0.912(.07)	12.203**	.395	.228	.065	.753	1.221(.02)	44.893**	.567	.259
	SK	.622	1.000(-)	-	.387	.202	.057	.748	1.345(.02)	38.052**	.560	.232
	MK	.518	0.642(.06)	11.227**	.268	.182	.052	.684	0.948(.02)	30.513**	.468	.281
	CK	.263	0.301(.05)	6.563**	.069	.079	.022	.415	0.530(.05)	9.002**	.172	.173
	CRS	.080	0.128(.06)	2.095*	.006	.016	.005	.135	0.240(.06)	2.287*	.018	.054
DIS	CS	.667	1.000(-)	-	.445	.140	.276	.847	1.046(.01)	86.503**	.718	.485
	AS	.633	0.875(.07)	10.593**	.400	.133	.262	.839	0.956(.01)	73.435**	.705	.515
ระดับตัวแปรแฝง												
	KN	.898	0.794(.07)	10.976**	.766			.881	1.095(.02)	58.975**	.849	
	DIS	.772	0.518(.05)	10.249**	.626			.806	0.847(.03)	44.370**	.559	
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN		DIS			KN		DIS	
KN				**.474**					**.597**			
DIS				.693		**.650**			.431		**.843**	
CR				.535		.594			.699		.831	
AVE				.225		.423			.357		.711	
χ^2 = 21.048; df = 13; p = .072; GFI = .99; AGFI = .99; CFI = .99; NNFI = .99; RMSEA = .025; RMR = .03								GoF = .568				

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือรากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

หมายเหตุ : ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) จากวิธี CB-SEM/วิธี PLS-SEM

2.1.3 ผลการคำนวณคะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) สมการคำนวณคะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี 2) ค่าสถิติเบื้องต้นของคะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี และ 3) การเปรียบเทียบคะแนนการรู้สถิติระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี รายละเอียดดังนี้

1) สมการคำนวณคะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

การคำนวณคะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ประกอบด้วย คะแนนการรู้สถิติ (STATLIT) คะแนนความรู้ (KN) และคะแนนลักษณะนิสัย(DIS) ได้จากสมการคะแนนองค์ประกอบ ซึ่งแบ่งตามวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

วิธี CB-SEM

คะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ประกอบด้วย คะแนนการรู้สถิติ (STATLIT) คะแนนความรู้ (KN) และคะแนนลักษณะนิสัย (DIS) จากวิธี CB-SEM คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

ความรู้ (KN) = 0.228xLS + 0.202xSK + 0.182xMK + 0.079xCK + 0.016xCRS + 0.140xCS + 0.133xAS

ลักษณะนิสัย (DIS) = 0.065xLS + 0.057xSK + 0.052xMK + 0.022xCK + 0.005xCRS + 0.276xCS + 0.262xAS

การรู้สถิติ (STATLIT) = KN + DIS

วิธี PLS-SEM

คะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ประกอบด้วย คะแนนการรู้สถิติ (STATLIT) คะแนนความรู้ (KN) และคะแนนลักษณะนิสัย (DIS) จากวิธี PLS-SEM คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

ความรู้ (KN) = 0.259xLS+ 0.232xSK+ 0.281xMK+ 0.173xCK+ 0.054xCRS

ลักษณะนิสัย (DIS) = 0.485xCS+ 0.515xAS

การรู้สถิติ (STATLIT) = KN + DIS

2) ค่าสถิติเบื้องต้นของคะแนนการรู้สถิติ

คะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ประกอบด้วย คะแนนการรู้สถิติ (STATLIT) คะแนนความรู้ (KN) และคะแนนลักษณะนิสัย (DIS) จากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM นำไปหาค่าสถิติเบื้องต้น ผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะของคะแนนการรู้สถิติจากวิธีทั้งสองแตกต่างกัน โดยคะแนนที่ได้จากวิธี CB-SEM มีค่าประมาณที่ต่ำกว่าวิธี PLS-SEM โดยที่วิธี CB-SEM มีคะแนนการรู้สถิติที่เป็นไปได้อยู่ในช่วง 0.81 ถึง 10.46 นิสิตนักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.971 คะแนน อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาระดับองค์ประกอบของการรู้สถิติ พบว่า องค์ประกอบด้านความรู้และลักษณะนิสัยมีคะแนนการรู้สถิติที่เป็นไปได้อยู่ในช่วง 0.21 ถึง 5.64 และ 0.54 – 4.83 และนิสิตนักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.210 และ 2.761 คะแนน ตามลำดับ ตัวแปรทั้งสองมีระดับคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง

ในขณะที่คะแนนจากวิธี PLS-SEM มีคะแนนการรู้สถิติที่เป็นไปได้อยู่ในช่วง 1.0 ถึง 12.17 นิสิตนักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.852 คะแนน อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาระดับองค์ประกอบของการรู้สถิติ พบว่า องค์ประกอบด้านความรู้และลักษณะนิสัย มีคะแนนการรู้สถิติที่เป็นไปได้อยู่ในช่วง 0.00 ถึง 5.17 และ 1.00 – 7.00 และนิสิตนักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.827 และ 4.026 คะแนน ตามลำดับ ตัวแปรทั้งสองมีระดับคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง ลักษณะการแจกแจงของคะแนนการรู้สถิติ คะแนนความรู้ และคะแนนลักษณะนิสัยจากวิธี PLS-SEM และ CB_SEM มีแนวโน้มเป็นการแจกแจงปกติ ดังตาราง 4.6

คะแนนการรู้สถิติ คะแนนความรู้ และคะแนนลักษณะนิสัยของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่ได้จากสองวิธีมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันโดยคะแนนที่ได้จากวิธี PLS-SEM มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าวิธี CB-SEM แต่อย่างไรก็ตามคะแนนที่ได้จากทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กันสูง ดังตาราง 4.7

เมื่อพิจารณาการแบ่งระดับคะแนนการรู้สถิติเป็น 4 กลุ่ม คือ ปรับปรุง พอใช้ ดี ดีมาก พบว่า วิธีทั้งสองจัดกลุ่มนักศึกษาได้ใกล้เคียงกัน นิสิตนักศึกษาปริญญาตรีส่วนใหญ่มีการรู้สถิติในระดับปานกพอใช้มากที่สุด รองลงมาคือ มีการรู้สถิติในระดับปรับปรุง และดี และมีการรู้สถิติระดับดีมากน้อยที่สุด ดังตาราง 4.8

ตาราง 4.6 ค่าสถิติเบื้องต้นของคะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร	ช่วงคะแนนดิบ	ช่วงคะแนนองค์ประกอบ	ค่าสถิติ							
			M	S.D.	MIN	MAX	SK	KU	ร้อยละ	ระดับ
CB-SEM										
การรู้สถิติ (STATLIT)		0.81 - 10.46	5.971	1.231	2.781	9.394	-.062	-.467**	57.08	พอใช้
ความรู้(KN)	0 - 8	0.27 - 5.64	3.210	.749	1.173	5.143	-.145*	-.607**	56.91	พอใช้
ลักษณะนิสัย (DIS)	1 – 7	0.54 - 4.83	2.761	.530	1.096	4.257	-.016	-.185	57.16	พอใช้
PLS-SEM										
การรู้สถิติ (STATLIT)		1.00 - 12.17	6.852	1.358	3.114	10.637	-.012	-.401**	56.30	พอใช้
ความรู้(KN)	0 – 8	0.00 - 5.17	2.827	.811	.540	4.692	-.165*	-.663**	54.68	พอใช้
ลักษณะนิสัย (DIS)	1 - 7	1.00 - 7.00	4.026	.794	1.288	6.452	-.056	.065	57.51	พอใช้
Std. Error	Std. Error ของความเบ้ = 0.07; Std. Error ของความโด่ง = 0.15									

ตาราง 4.7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจากวิธี CB-SEM กับ PLS-SEM

ตัวแปร	ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย			ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนน	
	$\overline{D}$	t	p	r	p
การรู้สถิติ (STATLIT)	0.881	146.329	<.001	.994	<.001
ความรู้(KN)	0.383	52.515	<.001	.959	<.001
ลักษณะนิสัย (DIS)	1.265	121.119	<.001	.952	<.001

ตาราง 4.8 จำนวนและร้อยละของนิสิตนักศึกษาจำแนกตามระดับการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

ระดับการรู้สถิติ	PLS-SEM														
	ปรับปรุง			พอใช้			ดี			ดีมาก			รวม		
	n	%row	%col	n	%row	%col	n	%row	%col	n	%row	%col	n	%row	%col
CB-SEM															
ปรับปรุง	276	94.2	93.9	17	5.8	3.5							293	100.0	28.9
พอใช้	18	4.1	6.1	421	95.5	86.8	2	0.5	0.9				440	100.0	43.4
ดี				47	18.1	9.7	213	81.9	95.5				260	100.0	25.7
ดีมาก							8	40.0	3.6	12	60.0	100.0	20	100.0	2.0
รวม	294	29.4	100.0	485	47.8	100.0	223	22.0	100.0	12	1.3	100.0	1,014	100.0	100.0

3) การเปรียบเทียบคะแนนการรู้สถิติระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ระหว่างข้อมูลภูมิหลัง ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี พบว่า นิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังเรื่องเพศต่างกันหรือกลุ่มนิสิตนักศึกษาชายกับหญิงมีคะแนนการรู้สถิติ คะแนนความรู้ และคะแนนลักษณะนิสัยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ในขณะที่นิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังด้านกลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีคะแนนการรู้สถิติ คะแนนความรู้ และคะแนนลักษณะนิสัยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยนิสิตนักศึกษากลุ่มวิทยาศาสตร์ฯ มีคะแนนทุกตัวสูงกว่านิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ เช่นเดียวกับนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติและเคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีคะแนนทุกตัวสูงกว่านิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาดังกล่าว ดังตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการรู้สถิติจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	1. เพศ				Levene's test		t	p
		ชาย (n=320)		หญิง(n=694)					
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
CB-SEM									
การรู้สถิติ (STATLIT)	.81 - 10.46	5.998	1.294	5.958	1.202	3.094	.079	0.478	.633
ความรู้(KN)	.27 - 5.64	3.209	0.771	3.210	0.738	0.523	.470	0.017	.987
ลักษณะนิสัย (DIS)	.54 - 4.83	2.789	0.566	2.748	0.513	5.430	.020	1.093	.275
PLS-SEM									
การรู้สถิติ (STATLIT)	1.00 - 12.17	6.875	1.422	6.842	1.329	2.350	.126	0.366	.715
ความรู้(KN)	0 - 5.17	2.789	0.804	2.844	0.815	0.289	.591	0.992	.321
ลักษณะนิสัย (DIS)	1 - 7.00	4.086	0.846	3.998	0.769	3.695	.055	1.640	.101

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	**2. กลุ่มสาขาวิชา**				Levene's test		t	p
		วิทยาศาสตร์ฯ(n=561)		สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์(n=453)					
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
CB-SEM									
การรู้สถิติ (STATLIT)	.81 - 10.46	6.307	1.178	5.555	1.168	0.014	.907	10.130	<.001
ความรู้(KN)	.27 - 5.64	3.382	0.736	2.998	0.709	0.036	.849	8.395	<.001
ลักษณะนิสัย (DIS)	.54 - 4.83	2.925	0.484	2.558	0.515	1.429	.232	11.669	<.001
PLS-SEM									
การรู้สถิติ (STATLIT)	1.00 - 12.17	7.248	1.284	6.363	1.288	0.036	.850	10.892	<.001
ความรู้(KN)	0 - 5.17	2.969	0.812	2.650	0.776	0.221	.639	6.338	<.001
ลักษณะนิสัย (DIS)	1 - 7.00	4.279	0.696	3.713	0.798	8.095	.005	11.880	<.001

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	3. การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี				Levene's test		t	p
		เคยเรียน (n=664)		ไม่เคยเรียน(n=350)					
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
CB-SEM									
การรู้สถิติ (STATLIT)	.81 - 10.46	6.139	1.218	5.653	1.194	0.041	.839	6.118	<.001
ความรู้(KN)	.27 - 5.64	3.307	0.739	3.025	0.733	0.114	.736	5.805	<.001
ลักษณะนิสัย (DIS)	.54 - 4.83	2.831	0.530	2.628	0.505	1.170	.280	5.904	<.001
PLS-SEM									
การรู้สถิติ (STATLIT)	1.00 - 12.17	7.032	1.348	6.512	1.314	0.302	.583	5.887	<.001
ความรู้(KN)	0 - 5.17	2.914	0.807	2.660	0.795	0.007	.933	4.799	<.001
ลักษณะนิสัย (DIS)	1 - 7.00	4.117	0.807	3.852	0.740	5.076	.024	5.255	<.001

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	4.การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี				Levene's test		t	p
		เคยเรียน(n=683)		ไม่เคยรียน(n=331)					
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
CB-SEM									
การรู้สถิติ (STATLIT)	.81 - 10.46	6.178	1.180	5.544	1.226	0.767	.381	7.911	<.001
ความรู้(KN)	.27 - 5.64	3.316	0.722	2.991	0.756	2.703	.100	6.622	<.001
ลักษณะนิสัย (DIS)	.54 - 4.83	2.862	0.500	2.553	0.531	1.634	.201	9.018	<.001
PLS-SEM									
การรู้สถิติ (STATLIT)	1.00 - 12.17	7.095	1.297	6.351	1.347	0.331	.565	8.457	<.001
ความรู้(KN)	0 - 5.17	2.915	0.784	2.645	0.837	3.607	.058	5.018	<.001
ลักษณะนิสัย (DIS)	1 - 7.00	4.181	0.735	3.706	0.817	4.896	.027	8.952	<.001

2.2 ผลการตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ

การนำเสนอส่วนนี้เป็นผลการตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีเป็นตัวแปรกำกับด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM การนำเสนอผลการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

1) การพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจากเมทริกซ์สัมประสิทธิสหสัมพันธ์จำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าดัชนี KMO และค่าสถิติ Bartlett's Test

2) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองและการวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM การวิเคราะห์เปรียบเทียบโมเดลการวัดด้วยวิธี CB-SEM ใช้เทคนิคการ

วิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group analysis) และการวิเคราะห์เปรียบเทียบโมเดลการวัดด้วยวิธี PLS-SEM ใช้วิธีการเรียงสับเปลี่ยน (permutation-based approach)

2.2.1 ผลการพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าดัชนี KMO และ ค่า Bartlette's test จำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนที่ 1 มีลักษณะเดียวกับการวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาในภาพรวม การนำเสนอในส่วนนี้จึงเป็นการนำเสนอโดยสรุปดังตาราง 4.10 และสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในภาพผนวก ง ผลการพิจารณามีดังนี้

1. เพศ

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ของการรู้สถิติ 7 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน จำนวน 21 คู่ พบว่า **กลุ่มนิสิตนักศึกษาชาย** มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง -.074 ถึง .487 โดยส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 15 คู่ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำมากถึงต่ำ ส่วนที่เหลือ 6 คู่ ซึ่งเป็นคู่ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) มีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่า KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .766 ซึ่งเข้าใกล้ 1 และค่าสถิติ Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 304.313 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้ **และกลุ่มนิสิตนักศึกษาหญิง** มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .028 ถึง .405 โดยส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 17 คู่ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำมากถึงต่ำ ส่วนที่เหลือ 4 คู่ ซึ่งเป็นคู่ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) มีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .748 ซึ่งเข้าใกล้ 1 และค่าสถิติ Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 513.866 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์กันเพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้ ดังตาราง 4.10 และ ตาราง ภ 5.12 ภาคผนวก ง

2. กลุ่มสาขาวิชา

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้การรู้สถิติ 7 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน จำนวน 21 คู่ พบว่า **กลุ่มนิสิตนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ** มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง -.006 ถึง .414 โดยส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 15 คู่ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำมากถึงต่ำ ส่วนที่เหลือ 6 คู่ ซึ่งเป็นคู่ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) มีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญ

ทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .765 ซึ่งเข้าใกล้ 1 และค่าสถิติ Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 428.043 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ทั้ง 3 แสดงว่าตัวบ่งชี้ของข้อมูลมีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้ และ **กลุ่มสาขาวิชาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์** มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง -0.029 ถึง 0.407 โดยส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 17 คู่ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำมากถึงต่ำ ส่วนที่เหลือ 4 คู่ ซึ่งเป็นคู่ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) มีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.682 ซึ่งเข้าใกล้ 1 และค่าสถิติ Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 290.488 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าตัวบ่งชี้ของข้อมูลมีความสัมพันธ์กันเพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้ ดังตาราง 4.10 และ ตาราง ภ 5.18 ภาคผนวก ง

3. การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้การรู้สถิติ 7 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน จำนวน 21 คู่ พบว่า **กลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี** มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .022 ถึง .438 โดยส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 17 คู่ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำมากถึงต่ำ ส่วนที่เหลือ 4 คู่ ซึ่งเป็นคู่ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) มีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .740 และค่าสถิติ Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 529.573 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้ และ**กลุ่มที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี** มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง -.109 ถึง .359 โดยส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 16 คู่ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำมากถึงต่ำและสัมพันธ์กันทางลบ ส่วนที่เหลือ 5 คู่ ซึ่งเป็นคู่ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) กับตัวบ่งชี้อื่นมีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .731 และค่าสถิติ Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 271.218 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์กันเพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้ ดังตาราง 4.10 และ ตาราง ภ 5.24 ภาคผนวก ง

4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้การรู้สถิติ 7 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน จำนวน 21 คู่ พบว่า กลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง -0.015 ถึง 0.381 มีจำนวน 16 คู่ ที่ความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำมากถึงต่ำ ส่วนที่เหลือ 5 คู่ ซึ่งเป็นคู่ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) มีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .772 และค่าสถิติ Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 502.741 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ทั้ง 3 แสดงว่าตัวบ่งชี้ของข้อมูลมีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้ **และกลุ่มที่ไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี** มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง -.026 ถึง .470 มีจำนวน 16 คู่ ความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำมากถึงต่ำ ส่วนที่เหลือ 5 คู่ซึ่งเป็นคู่ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) มีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .674 และค่าสถิติ Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 257.622 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้ของข้อมูลมีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้ ดังตาราง 4.10 และ ตาราง ภ 5.30 ภาคผนวก ง

ตาราง 4.10 การพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา

รายการ	ภาพรวม	**1. เพศ**		**2. กลุ่มสาขาวิชา**	
		ชาย	หญิง	วิทย์	สังคม-มนุษย์
- จำนวนคู่ความสัมพันธ์	21 คู่	21 คู่	21 คู่	21 คู่	21 คู่
- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	.020 - .422**	-.074 -.487**	.028 - .405**	-.006 - .414**	-.029 - .406**
- จำนวนคู่ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05	17 คู่	15 คู่	17 คู่	15 คู่	14 คู่
- ดัชนี KMO	.757	.766	.748	.765	.682
- Bartlette's test	800.776(p=<.001)	304.313(p=<.001)	513.866(p=<.001)	428.043(p=<.001)	290.488(p=<.001)
รายการ	ภาพรวม	**3. การเรียนวิชาสถิติ**		**4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์**	
		เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	เคยเรียน	ไม่เคยเรียน
- จำนวนคู่ความสัมพันธ์	21 คู่	21 คู่	21 คู่	21 คู่	21 คู่
- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	.020 - .422**	.022 - .438**	-.109* - .359**	-.015 - .381**	-.026 - .470**
- จำนวนคู่ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05	17 คู่	17 คู่	16 คู่	16 คู่	16 คู่
- ดัชนี KMO	.757	.740	.731	.772	.674
- Bartlette's test	800.776(p=<.001)	529.573(p=<.001)	271.218(p=<.001)	502.741(p=<.001)	257.622(p=<.001)

ผลการพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าดัชนี KMO และ ค่า Bartlette's test สรุปได้ว่า เมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลการวัดการรู้สถิตินิสิตนักศึกษาจำแนกตามภูมิหลังมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

2.2.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองและการวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM การวิเคราะห์ด้วยวิธี CB-SEM ใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group analysis) และการวิเคราะห์ด้วยวิธี PLS-SEM ใช้วิธีการเรียงสับเปลี่ยน (permutation-based approach) การวิเคราะห์ส่วนนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจำแนกตามภูมิหลัง เพื่อตรวจสอบโมเดลการวัดของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาจำแนกตามภูมิหลัง คือ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนิสิตนักศึกษา

2. การวิเคราะห์กลุ่มพหุตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างภูมิหลัง คือ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนิสิตนักศึกษา

การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในข้อ 1 มีลักษณะเดียวกับการวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีในภาพรวม การนำเสนอในส่วนนี้จึงเป็นการนำเสนอโดยสรุปโดยรายละเอียดเพิ่มเติมอยู่ในภาคผนวก ผลการวิเคราะห์ประกอบด้วย 3 ตอน คือ 1) รายละเอียดการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน 2) ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลการวัดการรู้สถิติและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลัง ผลการวิเคราะห์แบ่งตามภูมิหลังดังนี้

2.2.2.1 รายละเอียดการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา

การพิจารณาในส่วนนี้ประกอบด้วย 5 เรื่อง คือ 1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ 2) แก้สมการไม่เหมาะสม 3) จำนวนการกำหนดค่าเริ่มต้น ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวบ่งชี้บนตัวแปรแฝง (LY) และเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงภายใน (PS) 4) จำนวนการการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์ และ 5) จำนวนครั้งในประมวลผล ผลการพิจารณาดังนี้

วิธี CB-SEM

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL เกิดปัญหาไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence)

และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) ในทุกโมเดลการวัดการรู้สถิติทั้งในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลัง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในโมเดลเพิ่มเติม คือ 1) กำหนดค่าเริ่มต้นให้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวบ่งชี้บนตัวแปรแฝง (LY) จำนวน 2 ค่า คือ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของทักษะการรู้หนังสือ (LS) บนความรู้ (KN) (LY(1,1)) และค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของความรู้สถิติศาสตร์ (SK) บนลักษณะนิสัย (DIS) (LY(6,2)) ให้เท่ากับ 1 และ กำหนดค่าเริ่มต้นให้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงภายใน (PS) คือ ความคลาดเคลื่อนของความรู้ PS(1,1) ในทุกโมเดล นอกจากนี้ในโมเดลการวัดในกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์มีการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวบ่งชี้ภายใน (TE) เพื่อให้ข้อมูลสอดคล้องกับข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งการกำหนดค่าเพิ่มเติมในโมเดลแต่ละค่าจะทำการวิเคราะห์โมเดลใหม่ทุกครั้ง จึงทำให้จำนวนครั้งในการประมวลผลโมเดลการวัดการรู้สถิติของวิธี CB-SEM อยู่ที่ 3-7 ครั้ง นอกจากนี้การวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วยวิธี CB-SEM เกิดปัญหาไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) ในทุกตัวแปรภูมิหลัง มีสมมติฐานที่ต้องทดสอบอย่างน้อย 3 ข้อ คือ

ข้อ 1 $\mathrm{H_{form}}$: รูปแบบไม่แปรเปลี่ยน (ขนาดของเมทริกซ์และสถานะของพารามิเตอร์เหมือนกัน)

ข้อ 2 $\mathrm{H_{form,\Lambda_Y}}$: $\Lambda_Y^{(1)} = \Lambda_Y^{(2)}$

ข้อ 3 $\mathrm{H_{form,\Lambda_Y,\Gamma}}$: $\Lambda_Y^{(1)} = \Lambda_Y^{(2)};\ \Gamma^{(1)} = \Gamma^{(2)}$

เมื่อ (1) คือ นิสิตนักศึกษากลุ่มแรก (2) คือ นิสิตนักศึกษากลุ่มที่สอง

กรณีที่พบว่าไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้จึงทำการทดสอบสมมติฐานเพิ่มเพื่อหาว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม การวิเคราะห์กลุ่มพหุครั้งนี้พบว่าการวิเคราะห์กลุ่มพหุตามภูมิหลังด้านการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีการทดสอบสมมติฐานเพิ่มจำนวน 3 ข้อ รวมเป็น 6 ข้อ ดังนั้นการประมวลผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุมีจำนวน 3 - 6 ครั้ง

วิธี PLS-SEM

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PLSPM ไม่เกิดปัญหาไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) ในทุกโมเดลการวัดการรู้สถิติทั้งในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลัง การประมวลผลโมเดลการวัดการรู้สถิติด้วยวิธี CB-SEM ทำเพียงครั้งเดียว เช่นเดียวกับการวิเคราะห์กลุ่มพหุที่ไม่เกิดปัญหาไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) ในทุกตัวแปรภูมิหลัง มีสมมติฐานที่ต้องทดสอบมีเพียง 1 ข้อ คือ ข้อ 3 H $\Lambda_{Y,\Gamma}$: $\Lambda_Y^{(1)} = \Lambda_Y^{(2)}$ และ $\Gamma^{(1)} = \Gamma^{(2)}$

ตาราง 4.11 รายละเอียดการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

รายละเอียดการวิเคราะห์	CB-SEM					PLS-SEM				
	ภาพรวม	1. เพศ		2. กลุ่มสาขาวิชา		ภาพรวม	1. เพศ		2. กลุ่มสาขาวิชา	
		ชาย	หญิง	วิทย์	สังคม-มนุษย์		ชาย	หญิง	วิทย์	สังคม-มนุษย
การวิเคราะห์องค์ประกอบ										
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
2) แก้สมการไม่เหมาะสม	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
3) จำนวนการกำหนดค่าเริ่มต้น										
LY	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
PS	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
4) จำนวนการการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5) จำนวนครั้งในประมวลผล	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1
การวิเคราะห์กลุ่มพหุ										
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
2) แก้สมการไม่เหมาะสม		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
3) จำนวนสมมติฐานที่ทดสอบ		3		3			1		1	
4) จำนวนครั้งในประมวลผล		3		3			1		1	

รายละเอียดการวิเคราะห์	CB-SEM					PLS-SEM				
	ภาพรวม	3. การเรียนวิชาสถิติ		4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์		ภาพรวม	3. การเรียนวิชาสถิติ		4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์	
		เคย	ไม่เคย	เคย	ไม่เคย		เคย	ไม่เคย	เคย	ไม่เคย
การวิเคราะห์องค์ประกอบ										
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
2) แก้สมการไม่เหมาะสม	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
3) จำนวนการกำหนดค่าเริ่มต้น										
LY	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
PS	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
4) จำนวนการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0
5) จำนวนครั้งในประมวลผล	3	3	4	3	7	1	1	1	1	1
การวิเคราะห์กลุ่มพหุ										
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
2) แก้สมการไม่เหมาะสม		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
3) จำนวนสมมติฐานที่ทดสอบ		6		3			1		1	
4) จำนวนครั้งในประมวลผล		6		3			1		1	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.2.2 ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลการวัดการรู้สถิติและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองเพื่อตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.12 และรายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ง ดังนี้

วิธี CB-SEM

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองเพื่อตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติจำแนกตามและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM รายละเอียดดังนี้

1. เพศ

โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 8.338 (p = .083) และ 22.153 (p=.053) ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่า GFI AGFI CFI และ NNFI เข้าใกล้ 1 ค่า RMSEA และ RMR เข้าใกล้ 0 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาหญิงทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายส่วนใหญ่มีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ .05 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของตัวบ่งชี้ (R^2) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิง พบว่า ค่าความแปรปรวนร่วมของตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 0.10 ถึง 44.7 และ 1.60 ถึง 39.0 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงในระดับองค์ประกอบหรือตัวแปรแฝง พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) สูงกว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) ความแปรปรวนร่วมกับการรู้สถิติ (R^2) ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าเท่ากับร้อยละ 83.7 และ 64.0 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิง และร้อยละ 78.6 และ 58.5 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาหญิง

การประเมินโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงด้วยความเที่ยง และความตรงเชิงลู่เข้า พบว่า โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงมีตัวบ่งชี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบส่วนใหญ่มากกว่า .50 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้

เฉลี่ย (AVE) และค่าความเที่ยงประกอบ (CR) น้อยกว่า .60 แสดงว่าโมเดลการวัดมีความเที่ยงแต่ความตรงเชิงลู่เข้าน้อย รายละเอียดดังตาราง 4.12 ภาพ 4.2 ก และตาราง ภ 5.13 ถึง 5.17 ภาคผนวก ง

2. กลุ่มสาขาวิชา

โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 14.086 (p=.368) และ 18.858 (p=.128) ตามลำดับ ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่า GFI AGFI CFI และ NNFI เข้าใกล้ 1 ค่า RMSEA และ RMR เข้าใกล้ 0 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์เกือบทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้น ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ .05 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของตัวบ่งชี้ (R^2) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ พบว่า ค่าความแปรปรวนร่วมของตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 0.70 ถึง 46.4 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และร้อยละ 0.10 ถึง 56.6 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์

เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ในระดับองค์ประกอบหรือตัวแปรแฝง พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์มีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) สูงกว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) ความแปรปรวนร่วมกับการรู้สถิติ (R^2) ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าเท่ากับร้อยละ 82.6 และ 76.1 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และ และร้อยละ 77.8 และ 36.7 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์

การประเมินโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ด้วยความเที่ยง และความตรงเชิงลู่เข้า พบว่า โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์มีตัวบ่งชี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบส่วนใหญ่มากกว่า .50 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (AVE) และค่าความเที่ยงประกอบ (CR) น้อยกว่า .60 แสดงว่าโมเดลการวัดมีความเที่ยงแต่มีความตรงเชิงลู่เข้าน้อย รายละเอียดดังตาราง 4.12 ภาพ 4.2 ข และ ตาราง ภ 5.19 ถึง 5.23 ภาคผนวก ง

3. การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี

โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 9.762 (p=.713) และ 22.094 (p=.054) ตามลำดับ ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่า GFI AGFI CFI และ NNFI เข้าใกล้ 1 ค่า RMSEA และ RMR เข้าใกล้ 0 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีเกือบทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 คือ ความรู้คณิตศาสตร์ (MK) และทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) ส่วนค่าน้ำหนักองค์ประกอบอื่นที่เหลือต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของตัวบ่งชี้ (R^2) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี พบว่า ค่าความแปรปรวนร่วมของตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 1.70 ถึง 47.8 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนสถิติระดับปริญญาตรี และร้อยละ 0.60 ถึง 34.4 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียน

เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีในระดับองค์ประกอบหรือตัวแปรแฝง พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) สูงกว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) ความแปรปรวนร่วมกับการรู้สถิติ (R^2) ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าเท่ากับร้อยละ 89.0 และ 43.3 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และร้อยละ 84.2 และ 80.2 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาไม่เคยเรียน

การประเมินโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีด้วยความเที่ยง และความตรงเชิงลู่เข้า พบว่า โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีตัวบ่งชี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบส่วนใหญ่มากกว่า .50 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (AVE) และค่าความเที่ยงประกอบ (CR) น้อยกว่า .60 แสดงว่าโมเดลการวัดมีความเที่ยงแต่มีความตรงเชิงลู่เข้าน้อย รายละเอียดดังตาราง 4.12 ภาพ 4.2 ค และ ตาราง ภ 5.25 ถึง 5.29 ภาคผนวก ง

4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี

โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 14.086 (p=.368) และ 18.859 (p=.128) ตามลำดับ ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่า GFI AGFI CFI และ NNFI เข้าใกล้ 1 ค่า RMSEA และ RMR เข้าใกล้ 0 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีเกือบทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้น ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีทุกตัวต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ .05 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของตัวบ่งชี้ (R^2) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี พบว่า ค่าความแปรปรวนร่วมของตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 0.07 ถึง 38.0 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี และร้อยละ 0.30 ถึง 58.0 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียน

เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีในระดับองค์ประกอบหรือตัวแปรแฝง พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) สูงกว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) ความแปรปรวนร่วมกับการรู้สถิติ (R^2) ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าเท่ากับร้อยละ 85.7 และ 72.7 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีและ และร้อยละ 86.6 และ 36.9 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาไม่เคยเรียน

การประเมินโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีด้วยความเที่ยง และความตรงเชิงลู่เข้า พบว่า โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีตัวบ่งชี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบส่วนใหญ่มากกว่า .50 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (AVE) และค่าความเที่ยงประกอบ (CR) น้อยกว่า .60 แสดงว่าโมเดลการวัดมีความเที่ยงแต่มีความตรงเชิงลู่เข้าน้อย รายละเอียดดังตาราง 4.12 ภาพ 4.2 ง และ ตาราง ภ 5.31 ถึง 5.35 ภาคผนวก ง

วิธี PLS-SEM

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองเพื่อตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี PLS-SEM ใกล้เคียงกับผลตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM รายละเอียดดังนี้

1. เพศ

โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงมีความเหมาะสมในระดับมาก พิจารณาจากค่า GoF เท่ากับ .549 และ .522 ตามลำดับ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงส่วนใหญ่มีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายแตกต่างจากศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ .05 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของตัวบ่งชี้ (R^2) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิง พบว่า ค่าความแปรปรวนร่วมของตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 0.10 ถึง 76.1 และ 4.50 ถึง 69.4 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงในระดับองค์ประกอบหรือตัวแปรแฝง พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) สูงกว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) ความแปรปรวนร่วมกับการรู้สถิติ (R^2) ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าเท่ากับร้อยละ 78.9 และ 69.0 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิง และร้อยละ 77.6 และ 63.0 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาหญิง

การประเมินโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงด้วยความเที่ยง และความตรงเชิงลู่เข้า พบว่า โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงมีตัวบ่งชี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบส่วนใหญ่มากกว่า .50 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (AVE) และค่าความเที่ยงประกอบ (CR) น้อยกว่า .60 แสดงว่าโมเดลการวัดมีความเที่ยงแต่ความตรงเชิงลู่เข้าค่อนข้างดี รายละเอียดดังตาราง 4.12 ภาพ 4.2 ก และ ตาราง ภ 5.13 ถึง 5.17 ภาคผนวก ง

2. กลุ่มสาขาวิชา

โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯและสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์มีความเหมาะสมในระดับมาก พิจารณาจากค่า GoF เท่ากับ .529 และ .496 ตามลำดับ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ส่วนใหญ่มีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์แตกต่างจากศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ส่วนค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้อื่นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของตัวบ่งชี้ (R^2) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ พบว่า ค่าความแปรปรวนร่วมของตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 0.70 ถึง 46.4 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และร้อยละ 1.60 ถึง 39.0 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์

เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ในระดับองค์ประกอบหรือตัวแปรแฝง พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์มีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) สูงกว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) ความแปรปรวนร่วมกับการรู้สถิติ (R^2) ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าเท่ากับร้อยละ 82.6 และ 76.1 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และ และร้อยละ 77.8 และ 36.7 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ และค่าน้ำหนักองค์ประกอบของความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) ต่างกันระหว่างกลุ่มสาขาวิชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

การประเมินโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ด้วยความเที่ยง และความตรงเชิงลู่เข้า พบว่า โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์มีตัวบ่งชี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบส่วนใหญ่มากกว่า .50 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (AVE) และค่าความเที่ยงประกอบ (CR) น้อยกว่า .60 แสดงว่าโมเดลการวัดมีความเที่ยงแต่มีความตรงเชิงลู่เข้าค่อนข้างดี รายละเอียดดังตาราง 4.12 ภาพ 4.2 ข และตาราง ภ 5.19 ถึง 5.23 ภาคผนวก ง

3. การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี

โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีความเหมาะสมในระดับมาก พิจารณาจากค่า GoF เท่ากันคือ .525 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีเกือบทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 คือ ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบของทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เรียนวิชาสถิติสูงกว่านิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียน ส่วนค่าน้ำหนักองค์ประกอบอื่นที่เหลือต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของตัวบ่งชี้ (R^2) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี พบว่า ค่าความแปรร่วมร่วมของตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 4.30 ถึง 76.6 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนสถิติระดับปริญญาตรี และร้อยละ 0.50 ถึง 68.2 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียน

เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีในระดับองค์ประกอบหรือตัวแปรแฝง พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) สูงกว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) ความแปรปรวนร่วมกับการรู้สถิติ (R^2) ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าเท่ากับร้อยละ 76.6 และ 6.25 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และร้อยละ 78.7 และ 66.4 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาไม่เคยเรียน

การประเมินโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษาด้วยความเที่ยงและความตรงเชิงลู่เข้า พบว่า โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีตัวบ่งชี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบส่วนใหญ่มากกว่า .50 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย (AVE) และค่าความเที่ยงประกอบ (CR) น้อยกว่า .60 แสดงว่าโมเดลการวัดมีความเที่ยงแต่มีความตรงเชิงลู่เข้าน้อย รายละเอียดดังตาราง 4.12 ภาพ 4.2 ค และตาราง ภ 5.25 ถึง 5.29 ภาคผนวก ง

4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี

โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีทุกตัวมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีทุกตัวต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ .05 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของตัวบ่งชี้ (R^2) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี พบว่า ค่าความแปรร่วมร่วมของตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ร้อยละ 1.70 ถึง 68.9 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี และร้อยละ 3.60 ถึง 74.5 โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียน

เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีในระดับองค์ประกอบหรือตัวแปรแฝง พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) สูงกว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานขององค์ประกอบลักษณะนิสัย (DIS) ความแปรปรวนร่วมกับการรู้สถิติ (R^2) ขององค์ประกอบด้านความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าเท่ากับร้อยละ 82.6 และ 76.1 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีและ และร้อยละ 77.8 และ 36.7 ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาไม่เคยเรียน

การประเมินโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีด้วยความเที่ยงและความตรงเชิงลู่เข้า พบว่า โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีมีตัวบ่งชี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบส่วนใหญ่มากกว่า .50 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย(AVE) และค่าความเที่ยงประกอบ (CR) น้อยกว่า .60 แสดงว่าโมเดลการวัดมีความเที่ยงแต่มีความตรงเชิงลู่เข้าน้อย รายละเอียดดังตาราง 4.12 ภาพ 4.2 ง และ ตาราง ภ 5.31 ถึง ภ 5.35 ภาคผนวก ง

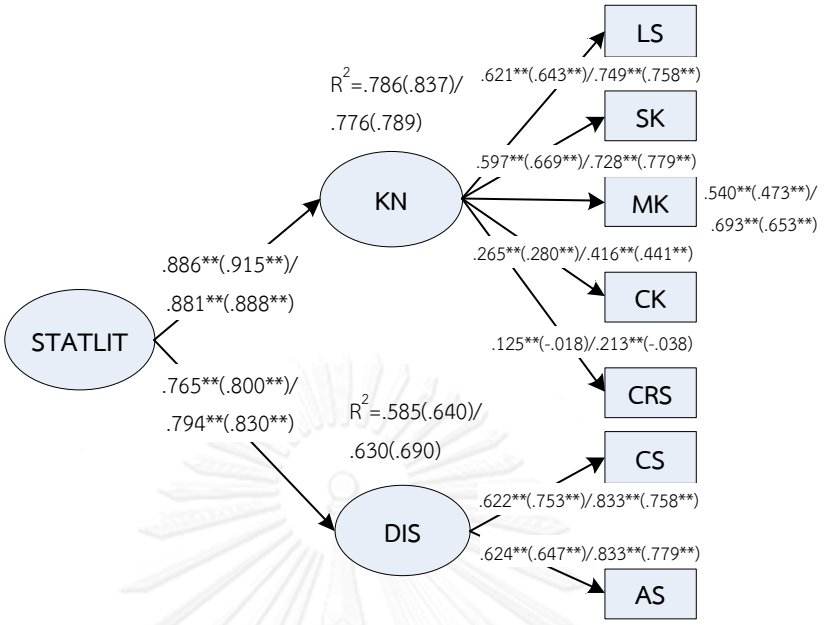
ตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร	CB-SEM							PLS-SEM						
	ภาพรวม	1. เพศ			2. กลุ่มสาขาวิชา			ภาพรวม	1. เพศ			2. กลุ่มสาขาวิชา		
		ชาย	หญิง	ความต่าง	วิทย์	สังคม-มนุษย์	ความต่าง		ชาย	หญิง	ความต่าง	วิทย์	สังคม-มนุษย์	ความต่าง
ตัวบ่งชี้														
ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ														
KN														
LS	.628**	.643**	.621**	ไม่มี	.681**	.609**	ไม่มี	.753**	.758**	.749**	ไม่มี	.773**	.746**	ไม่มี
SK	.622**	.669**	.597**	ไม่มี	.590**	.632**	ไม่มี	.748**	.779**	.728**	ไม่มี	.738**	.756**	ไม่มี
MK	.518**	.473**	.540**	ไม่มี	.520**	.452**	ไม่มี	.684**	.653**	.693**	ไม่มี	.696**	.649**	ไม่มี
CK	.263**	.280**	.265**	ไม่มี	.248**	.207**	ไม่มี	.415**	.441**	.416**	ไม่มี	.399**	.347**	ไม่มี
CRS	.080*	-.018	.125**	ไม่มี	.086	.035	ไม่มี	.135*	-.038	.213**	ไม่มี	.136*	.099	ไม่มี
DIS														
CS	.667**	.753**	.622**	ไม่มี	.560**	.752**	ไม่มี	.847**	.872**	.833**	ไม่มี	**.811****	**.861****	**มี**
AS	.633**	.647**	.624**	ไม่มี	.602**	.541**	ไม่มี	.839**	.852**	.833**	ไม่มี	.824**	.815**	ไม่มี
ค่าประเมิน														
R^2	.006 - .445	<.001- .447	.016- .390		.007- .464	.001- .566		.018- .718	.001- .761	.045- .694		.019- .679	.010- .742	
องค์ประกอบ														
น้ำหนักองค์ประกอบ														
KN	.898**	.915**	.886**	ไม่มี	.909**	.882**	ไม่มี	.881**	.888**	.881**	ไม่มี	**.896****	**.852****	**มี**
DIS	.772**	.800**	.765**	ไม่มี	.872**	.606**	ไม่มี	.806**	.830**	.794**	ไม่มี	**.801****	**.782****	**มี**
ค่าประเมิน														
R^2(KN;	.766;	.837;	.786;		.826;	.778;		.849;	.789;	.776;		.802;	.726;	
DIS)	.626	.640	.585		.761	.367		.559	.690	.630		.641	.612	
CR(KN;	.535;	.522;	.543;		.537;	.485;		.699;	.678;	.705;		.702;	.670;	
DIS)	.594	.659	.559		.505	.594		.831	.853	.819		.801	.825	
AVE(KN;	.225;	.233;	.224;		.228;	.204;		.357;	.361;	.358;		.361;	.336;	
DIS)	.423	.493	.388		.338	.429		.711	.743	.694		.668	.703	
ประเมินโมเดล														
χ^2	21.048; df=13; p=.072	8.338; df=13; p=.083	22.153; df =13; p=.053		14.086; df=13; p=.368	18.858; df=13; p=.128								
GFI	.994	.993	.981		.993	.988								
AGFI	.990	.984	.981		.985	.975								
CFI	.992	1.000	.987		1.000	.982								
NNFI	.989	1.000	.978		.996	.971								
RMSEA	.025	<.001	.032		.012	.032								
RMR	.030	.035	.041		.029	.049								
GoF								.568	.549	.522		.529	.496	

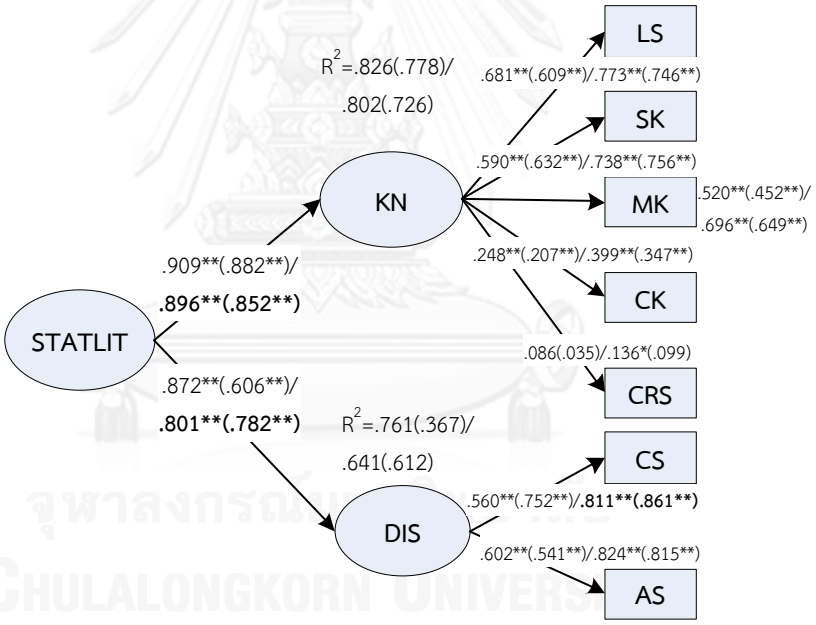
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM (ต่อ)

ตัวแปร	CB-SEM							PLS-SEM						
	ภาพรวม	3. การเรียนวิชาสถิติ			4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์			ภาพรวม	3. การเรียนวิชาสถิติ			4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์		
		เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	ความต่าง	เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	ความต่าง		เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	ความต่าง	เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	ความต่าง
ตัวบ่งชี้														
ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ														
KN														
LS	.628**	.639**	.768**	ไม่มี	.619**	.482**	ไม่มี	.753**	.753**	.735**	ไม่มี	.750**	.762**	ไม่มี
SK	.622**	.657**	.795**	ไม่มี	.587**	.571**	ไม่มี	.748**	.768**	.692**	ไม่มี	.737**	.769**	ไม่มี
MK	.518**	**.490****	**.666****	**มี**	.524**	.536**	ไม่มี	.684**	.663**	.730**	ไม่มี	.695**	.619**	ไม่มี
CK	.263**	.274**	.272**	ไม่มี	.228**	.257**	ไม่มี	.415**	.425**	.413**	ไม่มี	.367**	.456**	ไม่มี
CRS	.080*	**.129****	**-.112**	**มี**	.084	.051	ไม่มี	.135*	**.208****	**-.068**	**มี**	.132*	.190*	ไม่มี
DIS														
CS	.667**	.691**	.565**	ไม่มี	.616**	.762**	ไม่มี	.847**	.853**	.826**	ไม่มี	.829**	.863**	ไม่มี
AS	.633**	.633**	.479**	ไม่มี	.612**	.542**	ไม่มี	.839**	.843**	.823**	ไม่มี	.830**	.823**	ไม่มี
ค่าประเมิน														
R^2	.006 - .445	.017- .478	.006- .344		.007- .380	.003- .580		.018- .718	.043- .766	.005- .682		.017- .689	.036- .745	
องค์ประกอบ														
ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ														
KN	.898**	.943**	.918**	ไม่มี	.926**	.930**	ไม่มี	.881**	.875**	.887**	ไม่มี	.889**	.861**	ไม่มี
DIS	.772**	.658**	.896**	ไม่มี	.853**	.607**	ไม่มี	.806**	.791**	.815**	ไม่มี	.815**	.767**	ไม่มี
ประเมินองค์ประกอบ														
R^2(KN;	.766;	.890;	.842;		.857;	.866;		.849;	.766;	.787;		.790;	.741;	
DIS)	.626	.433	.802		.727	.369		.559	.625	.664		.664	.589	
CR(KN;	.535;	.556;	.590;		.514;	.468;		.699;	.714;	.657;		.688;	.710;	
DIS)	.594	.610	.452		.548	.601		.831	.837	.809		.815	.831	
AVE(KN;	.225;	.234;	.307;		.212;	.183;		.357;	.364;	.345;		.348;	.360;	
DIS)	.423	.439	.293		.377	.437		.711	.719	.680		.688	.711	
ประเมินโมเดล														
χ^2	21.048; df=13; p=.072	9.762; df= 3; p=.713	22.094; df=13; p=.054		10.641; df=13; p=.641	17.905; df=13; p=.161								
GFI	.994	.996	.982		.996	.993								
AGFI	.990	.991	.962		.990	.984								
CFI	.992	1.000	.977		1.000	.993								
NNFI	.989	1.000	.962		1.000	.988								
RMSEA	.025	<.001	.040		<.001	.023								
RMR	.030	.024	.056		.026	.036								
GoF								.568	.525	.525		.529	.505	

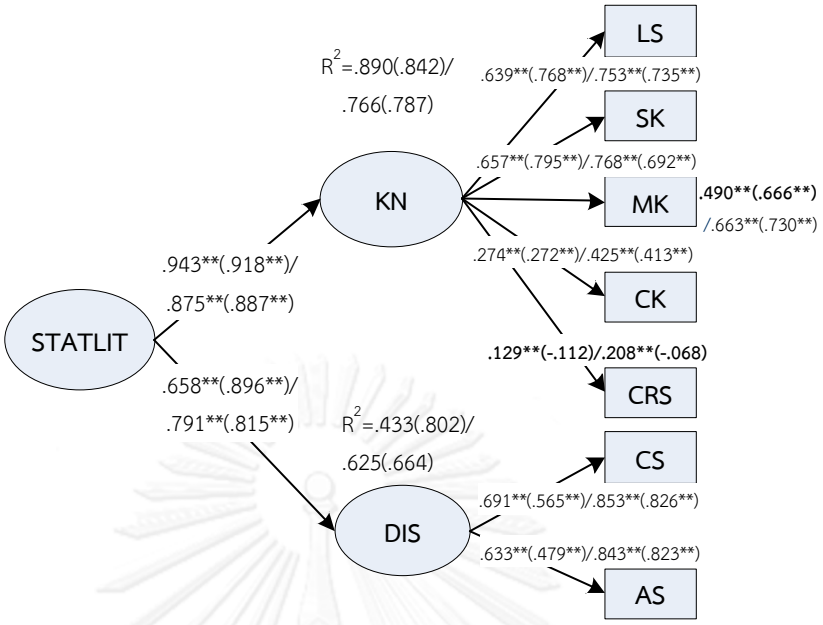


ก. เพศ

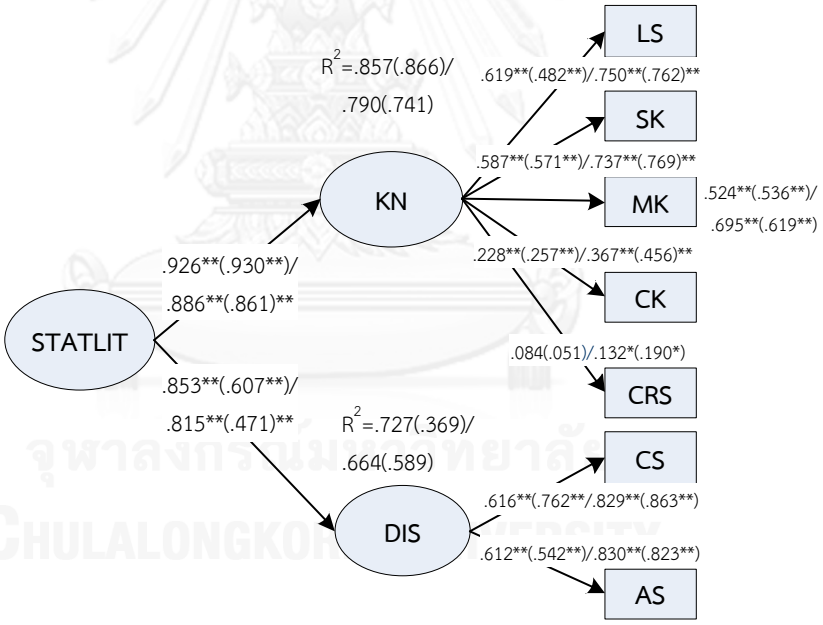


ข. กลุ่มสาขาวิชา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ค. การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี



ง. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี

ภาพ 4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

หมายเหตุ : ตัวเลขในภาพคือ วิธี CB-SEM; กลุ่มแรก(กลุ่มที่สอง)/ วิธี PLS-SEM; กลุ่มแรก(กลุ่มที่สอง) และตัวเข้มแสดงว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

ผลการวิเคราะห์ส่วนนี้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่า โมเดลการวัดการรู้สถิติที่การรู้สถิติ (STATLIT) ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบซึ่งจัดเป็นตัวแปรแฝง คือ ความรู้ (KN) และลักษณะนิสัย (DIS) โดยองค์ประกอบด้านความรู้วัดจากตัวบ่งชี้ 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ (LS) ความรู้สถิติศาสตร์ (SK) ความรู้คณิตศาสตร์ (MK) ความรู้เชิงบริบท (CK) และทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยวัดจากตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS) กับความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS) มีความตรงเชิงโครงสร้างทั้งภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา แสดงว่าสมมติฐานการวิจัยข้อ 1 โมเดลการวัดการรู้สถิติที่ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้ และลักษณะนิสัยโดยองค์ประกอบด้านความรู้ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะการวิพากษ์ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัว คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติมีความตรงเชิงโครงสร้างเป็นจริง

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาพบว่า น้ำหนักองค์ประกอบของทักษะเชิงวิพากษ์แตกต่างกันระหว่างภูมิหลังด้านการเรียนวิชาสถิติของนิสิตนักศึกษา โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบของทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS) ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เรียนวิชาสถิติสูงกว่านิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียน แสดงว่าสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 ภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้านเพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีส่งผลให้โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีมีความแปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มเป็นจริง

ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาครั้งนี้ได้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องสามารถสร้างโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่ประกอบด้วย ตัวแปรแฝงภายนอกหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ มี 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีซึ่งเป็นตัวแปรแฝงภายในและวัดได้จาก 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้และลักษณะนิสัย จากโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติที่ได้นำไปตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลจากนิสิตนักศึกษาตัวอย่างด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM และตรวจสอบอิทธิพลกำกับของตัวแปรภูมิหลัง คือ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีต่อโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM เช่นกัน เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1 เป็นการตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 2 ตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ

ผลการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) การตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีในภาพรวม และ 2) ผลการตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ รายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีในภาพรวม

การตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ประกอบด้วย ตัวแปรแฝงภายนอกหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ มี 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ซึ่งเป็นตัวแปรแฝงภายในและวัดได้จาก 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้ และลักษณะนิสัย กับข้อมูลจากแบบสอบถามที่ใช้กับนิสิตนักศึกษา จำนวน 1,014 คน ซึ่งการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ เพื่อตรวจสอบความตรงของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งผู้วิจัยใช้ค่าสถิติ 3 อย่าง ได้แก่ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในองค์ประกอบ ค่าดัชนี KMO และค่าสถิติ Bartlett's Test เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา และขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุด้วยวิธี CB-SEM และวิธี PLS-SEM โดยมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.1.1 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลในการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ จากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี จำนวน 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีและการมีประสบการณ์กับสถิติ กับคะแนนองค์ประกอบของการรู้สถิติ 2 ตัว คือ ความรู้ และลักษณะนิสัยที่ได้จากสมการคะแนนองค์ประกอบจากวิธี CB-SEM และวิธี PLS-SEM ด้วยค่าดัชนี KMO และค่าสถิติ Bartlett's Test การนำเสนอผลการวิเคราะห์แบ่งตามวิธีประมาณค่าดังนี้

วิธี CB-SEM

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ 4 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน มีจำนวน 6 คู่ พบว่า ค่าสหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .297 ถึง .850 โดยทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำถึงสูง ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดคือ คู่ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ (KN) กับลักษณะนิสัย (DIS) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .850 ส่วนคู่ความสัมพันธ์ต่ำสุดคือ ความรู้ (KN) กับการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .297 เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .602 และค่าสถิติ Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 2,392.626 ($p=<.001$) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แตกต่างจาก

เมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ทั้ง 3 แสดงว่าตัวบ่งชี้ของข้อมูลมีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุได้ ดังตาราง 4.14

วิธี PLS-SEM

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ 4 ตัว ที่ได้จากวิธี PLS-SEM พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .193 ถึง .635 โดยทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำมากถึงปานกลาง ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดคือ คู่ความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีกับการมีประสบการณ์กับสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .431 ส่วนคู่ความสัมพันธ์ต่ำสุด คือ ความรู้ (KN) กับการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .193 เมื่อพิจารณาค่าดัชนี KMO พบว่ามีค่าเท่ากับ .666 และค่าสถิติ Bartlett's Test ที่มีค่าเท่ากับ 1,290.723 (p=<.001) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้ของข้อมูลมีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุได้ ดังตาราง 4.13

ตาราง 4.13 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร		PLS-SEM					
		STATLIT		LST	EXS	M	S.D.
		KN	DIS				
CB-SEM							
STATLIT	KN	1	.431**	.193**	.215**	2.827	0.811
	DIS	.850**	1	.471**	.635**	4.026	0.794
LST		.297**	.452**	1	.644**	4.011	1.371
EXS		.359**	.588**	.644**	1	3.562	1.092
M		3.205	2.769	4.011	3.562		
S.D.		0.748	0.532	1.371	1.092		
	CB-SEM	KMO = .602; Bartlett's Test = 2,392.626; df = 6 p = <.001					
	PLS-SEM	KMO = .666; Bartlett's Test = 1,290.723; df = 6 p = <.001					

3.1.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM เพื่อตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ การนำเสนอผลการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

วิธี CB-SEM

การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุการรู้สถิติด้วยวิธี CB-SEM เกิดปัญหาไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) ผู้วิจัยจึงมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในโมเดลเพิ่มเติมดังนี้

1. กำหนดค่าเริ่มต้นให้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวบ่งชี้บนตัวแปรแฝง(LY) จำนวน 1 ค่า คือ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของลักษณะนิสัย(DIS)บนการรู้สถิติ (STATLIT) ให้เท่ากับ 1
2. กำหนดค่าเริ่มต้นให้ความคลาดเคลื่อนในการวัดของลักษณะนิสัย (DIS) คือ ความคลาดเคลื่อนของลักษณะนิสัย TE(2,2) เท่ากับ 0.1
3. ปรับโมเดลโดยเพิ่มเส้นความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดของตัวแปรความรู้ (KN) กับลักษณะนิสัย (DIS) คือ TE(2,1) ให้เท่ากับ 0.18

ซึ่งการกำหนดค่าเพิ่มเติมในโมเดลแต่ละครั้งจะทำการวิเคราะห์โมเดลใหม่ทุกครั้ง ผลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุการรู้สถิติด้วยวิธี CB-SEM พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 2.249; df = 2; p = .325 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05; GFI = .999; AGFI = .997; CFI = 1.000 และ NNFI =1.000 เข้าใกล้ 1 และ RMSEA = .011 และ RMR = .009 เข้าใกล้ 0 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรการรู้สถิติมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยตัวแปรลักษณะนิสัย (DIS) มีน้ำหนักองค์ปประกอบมากกว่าความรู้ (KN) คือ .804 และ .495 ตามลำดับ และตัวแปรตัวแปรลักษณะนิสัย (DIS) และความรู้ (KN) อธิบายความแปรปรวนร่วมของตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 64.7 และ 24.5 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) พบว่า ตัวแปรทั้งสองมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี (STATLIT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ .125 และ .653 ตามลำดับ และตัวแปรสาเหตุทั้งสองตัวอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 54.7 รายละเอียดดังตาราง 4.15 และภาพ 4.3

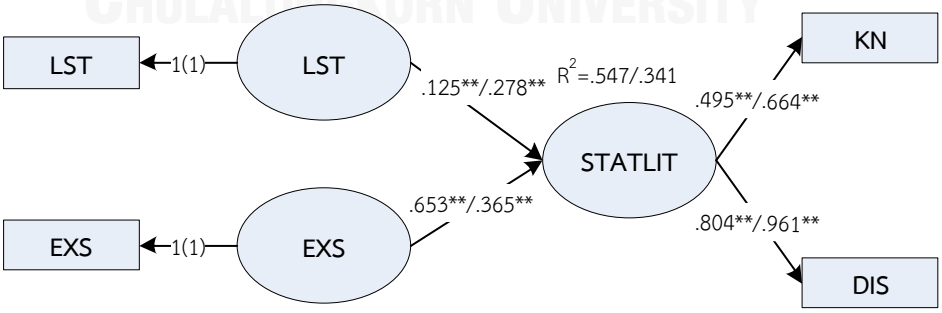
วิธี PLS-SEM

การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุการรู้สถิติด้วยวิธี PLS-SEM ผลการวิเคราะห์คล้ายคลึงการผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี CB-SEM กล่าวคือ โมเดลมีความเหมาะสมในระดับมาก GoF เท่ากับ .482 มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ของตัวแปรการรู้สถิติมีค่าเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยตัวแปรลักษณะนิสัย (DIS) มีน้ำหนักองค์ปประกอบมากกว่าความรู้ (KN) คือ .961 และ .664 ตามลำดับ และตัวแปรตัวแปรลักษณะนิสัย (DIS) และความรู้ (KN) อธิบาย

ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 44.0 และ 92.4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) พบว่า ตัวแปรทั้งสองมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี (STATLIT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ .278 และ .365 ตามลำดับ และตัวแปรสาเหตุทั้งสองตัวอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 34.1 รายละเอียดดังตารางที่ 4.14 และภาพ 4.3

ตาราง 4.14 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร	CB-SEM				PLS-SEM			
	น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
	Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ตัวบ่งชี้ภายนอก								
LST	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
EXS	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
ตัวบ่งชี้								
STATLIT KN	.495	.866(.04)	23.035**	.245	0.664	0.765(.03)	19.693**	.440
DIS	.804	1.000(-)	-	.647	0.961	1.085(.01)	138.256**	.924
อิทธิพลเชิงสาเหตุ								
LST-->STATLIT	.125	.039(.02)	3.518**		.278	.142(.01)	18.925**	
EXS-->STATLIT	.653	.256(.02)	17.430**		.365	.236(.01)	24.899**	
R^2	.547				.341			
	χ^2 = 2.249; df = 2; p = 0.325; GFI = 0.999; AGFI = 0.997; CFI = 1.000; NNFI =1.000; RMSEA = 0.011; RMR = 0.009				GoF = .482			



ภาพ 4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

หมายเหตุ : ค่าสถิติจากวิธี CB-SEM/วิธี PLS-SEM

3.2 ผลการตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ

การนำเสนอส่วนนี้เป็นผลการตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีเป็นตัวแปรกำกับด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM การนำเสนอผลการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

1) การพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุจากเมทริกซ์สัมประสิทธิสหสัมพันธ์จำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าดัชนี KMO และค่าสถิติ Bartlett's Test

2) การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ ด้วยการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุและการวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM การวิเคราะห์เปรียบเทียบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุด้วยวิธี CB-SEM ใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group analysis) และการวิเคราะห์เปรียบเทียบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุด้วยวิธี PLS-SEM ใช้วิธีการเรียงสับเปลี่ยน (permutation-based approach)

3.2.1 ผลการพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ จำนวน 2 ตัว และองค์ประกอบของการรู้สถิติที่ได้จากสมการคะแนนองค์ประกอบจากวิธี CB-SEM และวิธี PLS-SEM จำนวน 2 ตัว ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าดัชนี KMO และ ค่า Bartlette's test จำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนที่ 1 มีลักษณะเดียวกับการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาในภาพรวม การนำเสนอในส่วนนี้จึงเป็นการนำเสนอโดยสรุปดังตาราง 4.16 สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในภาพผนวก ง ผลการพิจารณามีดังนี้

เพศ

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ จำนวน 7 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน จำนวน 6 คู่ **ผลการวิเคราะห์สำหรับวิธี CB-SEM** พบว่า กลุ่มนิสิตนักศึกษาชาย มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .313 ถึง .870 และกลุ่มนิสิตนักศึกษาหญิง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .291 ถึง .841 โดยทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำถึงสูง เมื่อพิจารณาค่า KMO พบว่า ค่า KMO ของทั้งสองกลุ่มมีค่าเข้าใกล้ 1 คือ เท่ากับ .629 และ .588 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าสถิติ Bartlett's Test ที่ทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ 858.138 (p=<.001) และ 1,549.505 (p=<.001) ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ของทั้ง

สองโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุได้

ผลการวิเคราะห์สำหรับวิธี PLS-SEM ให้ผลการพิจารณาเช่นเดียวกับวิธี CB-SEM คือ กลุ่มนิสิตนักศึกษาชาย มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .186 ถึง .690 และกลุ่มนิสิตนักศึกษาหญิง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .139 ถึง .600 โดยทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำถึงสูง เมื่อพิจารณาค่า KMO พบว่า ค่า KMO ของทั้งสองกลุ่มมีค่าเข้าใกล้ 1 คือ เท่ากับ .694 และ .650 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าสถิติ Bartlett's Test ที่ทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ 492.948 (p=<.001) และ 815.854 (p=<.001) ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ของทั้งสองโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุได้ รายละเอียดดังตาราง 4.16 และตาราง ภ 4.36 ภาคผนวก ง

กลุ่มสาขาวิชา

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ จำนวน 7 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน จำนวน 6 คู่ **ผลการวิเคราะห์สำหรับวิธี CB-SEM** พบว่า กลุ่มนิสิตนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .236 ถึง .861 และกลุ่มสาขาวิชาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .324 ถึง .817 โดยทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำถึงสูง เมื่อพิจารณาค่า KMO พบว่า ค่า KMO ของทั้งสองกลุ่มมีค่าเข้าใกล้ 1 คือ เท่ากับ .861 และ .817 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าสถิติ Bartlett's Test ที่ทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ 1,265.628 (p=<.001) และ 1,003.240 (p=<.001) ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ของทั้งสองโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุได้

ผลการวิเคราะห์สำหรับวิธี PLS-SEM ให้ผลการพิจารณาเช่นเดียวกับวิธี CB-SEM คือ กลุ่มนิสิตนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .139 ถึง .600 และกลุ่มสาขาวิชาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .214 ถึง .680 โดยทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำถึงสูง เมื่อพิจารณาค่า KMO พบว่า ค่า KMO ของทั้งสองกลุ่มมีค่าเข้าใกล้ 1 คือ เท่ากับ .644 และ .680 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าสถิติ Bartlett's Test ที่ทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ 628.940 (p=<.001) และ 558.331 (p=<.001) ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ของทั้งสองโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุได้ รายละเอียดดังตาราง 4.16 และตาราง ภ 5.41 ภาคผนวก ง

การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ จำนวน 7 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน จำนวน 6 คู่ **ผลการวิเคราะห์สำหรับวิธี CB-SEM** พบว่า กลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .280 ถึง .839 และกลุ่มที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .243 ถึง .857 โดยทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำถึงสูง เมื่อพิจารณาค่า KMO พบว่า ค่า KMO ของทั้งสองกลุ่มมีค่าเข้าใกล้ 1 คือ เท่ากับ .601 และ .576 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าสถิติ Bartlett's Test ที่ทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ 1,416.694 (p=<.001) และ 905.233 (p=<.001) ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ของทั้งสองโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุได้

ผลการวิเคราะห์สำหรับวิธี PLS-SEM ให้ผลการพิจารณาเช่นเดียวกับวิธี CB-SEM คือ กลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .139 ถึง .600 และกลุ่มที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .136 ถึง .712 โดยทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำถึงสูง เมื่อพิจารณาค่า KMO พบว่า ค่า KMO ของทั้งสองกลุ่มมีค่าเข้าใกล้ 1 คือ เท่ากับ .661 และ .645 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าสถิติ Bartlett's Test ที่ทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ 713.904 (p=<.001) และ 518.349 (p=<.001) ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ของทั้งสองโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุได้รายละเอียดดังตาราง 4.16 และตาราง ภ 5.46 ภาคผนวก ง

การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ จำนวน 7 ตัว โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน จำนวน 6 คู่ **ผลการวิเคราะห์สำหรับวิธี CB-SEM** พบว่า กลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .244 ถึง .861 และกลุ่มที่ไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .322 ถึง .811 โดยทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำถึงสูง เมื่อพิจารณาค่า KMO พบว่า ค่า KMO ของทั้งสองกลุ่มมีค่าเข้าใกล้ 1 คือ เท่ากับ .582 และ .608 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าสถิติ Bartlett's Test ที่ทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ 1,540.586 (p=<.001) และ 764.081

(p=<.001) ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ของทั้งสองโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุได้

ผลการวิเคราะห์สำหรับวิธี PLS-SEM ให้ผลการพิจารณาเช่นเดียวกับวิธี CB-SEM คือ กลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .149 ถึง .600 และกลุ่มที่ไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .165 ถึง .698 โดยทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกมีขนาดต่ำถึงสูง เมื่อพิจารณาค่า KMO พบว่า ค่า KMO ของทั้งสองกลุ่มมีค่าเข้าใกล้ 1 คือ เท่ากับ .642 และ .677 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าสถิติ Bartlett's Test ที่ทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ 768.125 (p=<.001) และ 442.071 (p=<.001) ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ของทั้งสองโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุได้ รายละเอียดดังตาราง 4.15 และตาราง ภ 5.51 ภาคผนวก ง

ตาราง 4.15 การพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา

รายการ	CB-SEM					PLS-SEM				
	ภาพรวม	**1. เพศ**		**2. กลุ่มสาขาวิชา**		ภาพรวม	**1. เพศ**		**2. กลุ่มสาขาวิชา**	
		ชาย	หญิง	วิทย์	สังคม-มนุษย์		ชาย	หญิง	วิทย์	สังคม-มนุษย์
- จำนวนคู่ที่มีความสัมพันธ์	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่
- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	.297**-.850**	.313**-.870**	.291**-.841**	.236**-.861**	.324**-.817**	.193**-.635**	.186**-.690**	.194**-.628**	.139**-.600**	.214**-.680**
- ดัชนี KMO	.602	.629	.588	.861	.817	.666	.694	.650	.644	.680
- Bartlette's test	2392.626 (p=<.001)	858.138 (p=<.001)	1549.505 (p=<.001)	1265.628 (p=<.001)	1003.240 (p=<.001)	1290.723 (p=<.001)	492.948 (p=<.001)	815.854 (p=<.001)	628.940 (p=<.001)	558.331 (p=<.001)

รายการ	CB-SEM					PLS-SEM				
	ภาพรวม	**3. การเรียนวิชาสถิติ**		**4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์**		ภาพรวม	**3. การเรียนวิชาสถิติ**		**4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์**	
		เคย	ไม่เคย	เคย	ไม่เคย		เคย	ไม่เคย	เคย	ไม่เคย
- จำนวนคู่ที่มีความสัมพันธ์	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่	6 คู่
- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	.297**-.850**	.280**-.839**	.243**-.857**	.244**-.861**	.322**-.811**	.193**-.635**	.139**-.600**	.136**-.712**	.149**-.600**	.165**-.698**
- ดัชนี KMO	.602	.601	.576	.582	.608	.666	.661	.645	.642	.677
- Bartlette's test	2392.626 (p=<.001)	1416.694 (p=<.001)	905.233 (p=<.001)	1540.586 (p=<.001)	764.081 (p=<.001)	1290.723 (p=<.001)	713.904 (p=<.001)	518.349 (p=<.001)	768.125 (p=<.001)	442.071 (p=<.001)

ผลการพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุจากเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าดัชนี KMO และ ค่า Bartlette's test สรุปได้ว่าข้อมูลสำหรับการตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM มีเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิตินิสิตนักศึกษาทุกโมเดลทั้งภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังเหมาะสมในการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ

3.2.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ

การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับ ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองและการวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM การวิเคราะห์ด้วยวิธี CB-SEM ใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group analysis) และการวิเคราะห์ด้วยวิธี PLS-SEM ใช้วิธีการเรียงสับเปลี่ยน (permutation-based approach) ผลการวิเคราะห์ส่วนนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติจำแนกตามภูมิหลังนิสิตนักศึกษา เพื่อตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาจำแนกตามภูมิหลัง คือ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนิสิตนักศึกษา

2. การวิเคราะห์กลุ่มพหุตามภูมิหลัง เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติระหว่างภูมิหลัง คือ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนิสิตนักศึกษา

การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในข้อ 1 มีลักษณะเดียวกับการวิเคราะห์โมเดลการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาในภาพรวม การนำเสนอในส่วนนี้จึงเป็นการนำเสนอโดยสรุปโดยรายละเอียดเพิ่มเติมอยู่ในภาคผนวก ผลการวิเคราะห์ประกอบด้วย 3 ตอน คือ 1) รายละเอียดการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ 2) ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลัง ผลการวิเคราะห์แบ่งตามภูมิหลังดังนี้

3.2.2.1 รายละเอียดการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา

การพิจารณาในส่วนนี้ประกอบด้วย 5 เรื่อง คือ 1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ 2) แก้สมการไม่เหมาะสม 3) จำนวนการกำหนดค่าเริ่มต้น ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวบ่งชี้บนตัวแปรแฝง (LY) และเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงภายใน (PS) 4) จำนวนการการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์ และ 5) จำนวนครั้งในประมวลผล ผลการพิจารณาดัง

วิธี CB-SEM

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL เกิดปัญหาไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) ในทุกโมเดลการวัดการรู้สถิติทั้งในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลัง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในโมเดลเพิ่มเติม คือ 1) กำหนดค่าเริ่มต้นให้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวบ่งชี้บนตัวแปรแฝง (LY) จำนวน 1 ค่า คือ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของทักษะการรู้หนังสือ (LS) บนความรู้ (KN) (LY(1,1)) และค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของความรู้สถิติศาสตร์ (SK) บนลักษณะนิสัย (DIS) (LY(6,2)) ให้เท่ากับ 1 และ กำหนดค่าเริ่มต้นให้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงภายใน (PS) คือ ความคลาดเคลื่อนของความรู้ PS(1,1) ในทุกโมเดลทั้งภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลัง นอกจากนี้ในโมเดลการวัดในกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์มีการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวบ่งชี้ภายใน (TE) เพื่อให้ข้อมูลสอดคล้องกับข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งการกำหนดค่าเพิ่มเติมในโมเดลแต่ละค่าจะทำการวิเคราะห์โมเดลใหม่ทุกครั้ง จึงทำให้จำนวนครั้งในการประมวลผลโมเดลการวัดการรู้สถิติของวิธี CB-SEM อยู่ที่ 3-4 ครั้ง นอกจากนี้การวิเคราะห์กลุ่มพหุด้วยวิธี CB-SEM เกิดปัญหาไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) ในทุกตัวแปรภูมิหลัง มีสมมติฐานที่ต้องทดสอบอย่างน้อย 3 ข้อ คือ

ข้อ 1 $\mathrm{H_{form}}$: รูปแบบไม่แปรเปลี่ยน (ขนาดของเมทริกซ์และสถานะของพารามิเตอร์เหมือนกัน)

ข้อ 2 $H_{\Lambda_Y}: \Lambda_Y^{(1)} = \Lambda_Y^{(2)}$

ข้อ 3 $H_{\mathrm{form},\Lambda_Y,\Gamma}: \Lambda_Y^{(1)} = \Lambda_Y^{(2)};\ \Gamma^{(1)} = \Gamma^{(2)}$

เมื่อ (1) คือ นิสิตนักศึกษากลุ่มแรก (2) คือ นิสิตนักศึกษากลุ่มที่สอง

กรณีที่พบว่าไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้จึงทำการทดสอบสมมติฐานเพิ่มเพื่อหาว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม การวิเคราะห์กลุ่มพหุครั้งนี้พบว่าการวิเคราะห์กลุ่มพหุตามภูมิหลังด้านเพศของนิสิตนักศึกษามีการทดสอบสมมติฐานเพิ่มจำนวน 2 ข้อ รวมเป็น 5 ข้อ ดังนั้นการประมวลผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุมีจำนวน 3 - 5 ครั้ง รายละเอียดดังตาราง 4.17

วิธี PLS-SEM

การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PLSPM ไม่เกิดปัญหาไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) ในทุกโมเดลการวัดการรู้สถิติทั้งในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลัง การประมวลผลโมเดลการวัดการรู้สถิติด้วยวิธี CB-SEM ทำเพียงครั้งเดียว เช่นเดียวกับการวิเคราะห์กลุ่มพหุที่ไม่เกิดปัญหาไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ (non-convergence) และการแก้สมการไม่เหมาะสม (improper solution) ในทุกตัวแปรภูมิหลัง มีสมมติฐานที่ต้องทดสอบมีเพียง 1 ข้อ คือ ข้อ 3 $H_{\Lambda_Y,\Gamma}: \Lambda_Y^{(1)} = \Lambda_Y^{(2)};\ \Gamma^{(1)} = \Gamma^{(2)}$ รายละเอียดดังตาราง 4.16

ตาราง 4.16 รายละเอียดการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

รายละเอียดการวิเคราะห์	CB-SEM					PLS-SEM				
	ภาพรวม	1. เพศ		2. กลุ่มสาขาวิชา		ภาพรวม	1. เพศ		2. กลุ่มสาขาวิชา	
		ชาย	หญิง	วิทย์	สังคม-มนุษย		ชาย	หญิง	วิทย์	สังคม-มนุษย์
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
2) แก้สมการไม่เหมาะสม	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
3) จำนวนการกำหนดค่าเริ่มต้น										
LY	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
PS	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
TE	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0
4) จำนวนการการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
5) จำนวนครั้งในประมวลผล	3	4	4	4	4	1	1	1	1	1
การวิเคราะห์กลุ่มพหุ										
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
2) แก้สมการไม่เหมาะสม		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
3) จำนวนสมมติฐานที่ทดสอบ		5		3			1		1	
4) จำนวนครั้งในประมวลผล		5		3			1		1	

รายละเอียดการวิเคราะห์	CB-SEM					PLS-SEM				
	ภาพรวม	3. การเรียนวิชาสถิติ		4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์		ภาพรวม	3. การเรียนวิชาสถิติ		4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์	
		เคย	ไม่เคย	เคย	ไม่เคย		เคย	ไม่เคย	เคย	ไม่เคย
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
2) แก้สมการไม่เหมาะสม	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
3) จำนวนการกำหนดค่าเริ่มต้น										
LY	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
PS	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
TE	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0
4) จำนวนการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
5) จำนวนครั้งในประมวลผล	3	4	4	4	4	1	1	1	1	1
การวิเคราะห์กลุ่มพหุ										
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
2) แก้สมการไม่เหมาะสม		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
3) จำนวนสมมติฐานที่ทดสอบ		3		3			1		1	
4) จำนวนครั้งในประมวลผล		3		3			1		1	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.2.2 ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุเพื่อตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.18 และรายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ง รายละเอียดดังนี้

1) วิธี CB-SEM

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุเพื่อตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM รายละเอียดดังนี้

เพศ

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 1.095 (p=.578) และ 4.601 (p=.100) ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่า GFI AGFI CFI และ NNFI เข้าใกล้ 1 ค่า RMSEA และ RMR เข้าใกล้ 0 และพบว่าตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) มีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี (STATLIT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อิทธิพลทางตรงจากการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .212 และ .605 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาชาย และมีอิทธิพลทางตรงต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .101 และ .660 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาหญิง และตัวแปรสาเหตุทั้งสองตัวอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 58.9 และ 53.0 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติระหว่างเพศของนิสิตนักศึกษาพบว่า อิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) ต่อการรู้สถิติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างเพศของนิสิตนักศึกษา โดยอิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) ต่อการรู้สถิติในกลุ่มนิสิตนักศึกษาชายสูงกว่านิสิตนักศึกษาหญิง ส่วนอิทธิพลอื่นที่เหลือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดังตาราง 4.18 ภาพ 4.4 ก และตาราง ภ 5.37 ถึง 5.40 ภาคผนวก ง

กลุ่มสาขาวิชา

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 1.879 (p=.391) และ 4.685 (p=.096) ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่า GFI AGFI CFI และ NNFI เข้าใกล้ 1 ค่า RMSEA และ RMR เข้าใกล้ 0 และพบว่าตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) มีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี (STATLIT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อิทธิพลทางตรงจากการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .191 และ .596 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ

และมีอิทธิพลทางตรงต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .101 และ .660 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาสาขาวิชาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ และตัวแปรสาเหตุทั้งสองตัวอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 52.9 และ 56.0 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษา พบว่า อิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษา เช่นเดียวกับอิทธิพลอื่นที่เหลือในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ รายละเอียดดังตาราง 4.18 ภาพ 4.4 ข และตาราง ภ 5.42 ถึง 5.45 ภาคผนวก ง

การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 1.638 (p=.441) และ 1.536 (p=.464) ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่า GFI AGFI CFI และ NNFI เข้าใกล้ 1 ค่า RMSEA และ RMR เข้าใกล้ 0 และพบว่าตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) มีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี (STATLIT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อิทธิพลทางตรงจากการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติเท่ากับ .097 และ .546 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และมีอิทธิพลทางตรงต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .137 และ .497 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และตัวแปรสาเหตุทั้งสองตัวอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 36.9 และ 36.2 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติระหว่างการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษา พบว่า อิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษา เช่นเดียวกับอิทธิพลอื่นที่เหลือในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ รายละเอียดดังตาราง 4.18 ภาพ 4.4 ค และตาราง ภ 5.47 ถึง 5.50 ภาคผนวก ง

การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีพิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 1.278 (p=.528) และ 5.015 (p=.081) ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่า GFI AGFI CFI และ NNFI เข้าใกล้ 1 ค่า RMSEA และ RMR เข้าใกล้ 0 และพบว่าตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) มีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี (STATLIT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อิทธิพลทางตรงจากการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติเท่ากับ .119 และ .646 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และมี

อิทธิพลทางตรงต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .157 และ .636 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และตัวแปรสาเหตุทั้งสองตัวอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 52.4 และ 56.8 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษา พบว่า อิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษา เช่นเดียวกับอิทธิพลอื่นที่เหลือในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ รายละเอียดดังตาราง 4.18 ภาพ 4.4 ง และตาราง ภ 5.52 ถึง 5.55 ภาคผนวก ง

2) วิธี PLS-SEM

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุเพื่อตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี PLS-SEM ใกล้เคียงกับผลตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาและผลการเปรียบเทียบระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM รายละเอียดดังนี้

เพศ

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายและหญิงมีความเหมาะสมในระดับมาก พิจารณาจากค่า GoF เท่ากับ .526 และ .463 ตามลำดับ และพบว่าตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) มีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี (STATLIT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อิทธิพลทางตรงจากการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .304 และ .375 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาชาย และมีอิทธิพลทางตรงต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .267 และ .359 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาหญิง และตัวแปรสาเหตุทั้งสองตัวอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 39.0 และ 32.0 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติระหว่างเพศของนิสิตนักศึกษาพบว่า อิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) ต่อการรู้สถิติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างเพศของนิสิตนักศึกษา โดยอิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) ต่อการรู้สถิติในกลุ่มนิสิตนักศึกษาชายสูงกว่านิสิตนักศึกษาหญิง ส่วนอิทธิพลอื่นที่เหลือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดังตาราง 4.18 ภาพ 4.4 ก และตาราง ภ 5.37 ถึง 5.40 ภาคผนวก ง

กลุ่มสาขาวิชา

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์มีความเหมาะสมในระดับมาก พิจารณาจากค่า GoF เท่ากับ .450 และ .462 ตามลำดับ และพบว่าตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) มีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

(STATLIT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อิทธิพลทางตรงจากการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .267 และ .343 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ และมีอิทธิพลทางตรงต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .281 และ .350 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาสาขาวิชาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ และตัวแปรสาเหตุทั้งสองตัวอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 29.9 และ 33.6 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษา พบว่า อิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษา เช่นเดียวกับอิทธิพลอื่นที่เหลือในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ รายละเอียดดังตาราง 4.18 ภาพ 4.4 ข และตาราง ภ 5.42 ถึง 5.45 ภาคผนวก ง

การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีความเหมาะสมในระดับมาก พิจารณาจากค่า GoF เท่ากับ .471 และ .475 ตามลำดับ และพบว่าตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) มีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี (STATLIT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อิทธิพลทางตรงจากการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .266 และ .383 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และมีอิทธิพลทางตรงต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .283 และ .341 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และตัวแปรสาเหตุทั้งสองตัวอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 33.4 และ 33.3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติระหว่างการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษา พบว่า อิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษา เช่นเดียวกับอิทธิพลอื่นที่เหลือในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ รายละเอียดดังตาราง 4.18 ภาพ 4.4 ค และตาราง ภ 5.47 ถึง 5.50 ภาคผนวก ง

การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีความเหมาะสมในระดับมาก พิจารณาจากค่า GoF เท่ากันคือ .483 และพบว่าตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) มีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี (STATLIT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อิทธิพลทางตรงจากการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .249 และ .352 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และมีอิทธิพลทางตรงต่อการรู้สถิติ เท่ากับ .305 และ .359 ตามลำดับ ในกลุ่มนิสิต

นักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และตัวแปรสาเหตุทั้งสองตัวอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรการรู้สถิติได้ร้อยละ 29.1 และ 37.5 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษา พบว่า อิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS) ต่อการรู้สถิติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษา เช่นเดียวกับอิทธิพลอื่นที่เหลือในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ รายละเอียดดังตาราง 4.17 ภาพ 4.4 ง และตาราง ภ 5.52 ถึง 5.55 ภาคผนวก ง

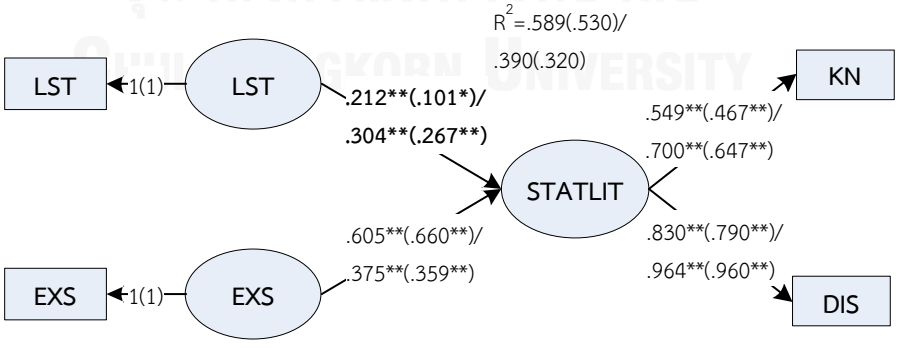
ตาราง 4.17 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร	CB-SEM							PLS-SEM						
	ภาพรวม	1. เพศ			2. กลุ่มสาขาวิชา			ภาพรวม	1. เพศ			2. กลุ่มสาขาวิชา		
		ชาย	หญิง	ความต่าง	วิทย์	สังคม-มนุษย์	ความต่าง		ชาย	หญิง	ความต่าง	วิทย์	สังคม-มนุษย์	ความต่าง
ตัวบ่งชี้														
ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ														
STATLIT														
KN	.495**	.549**	.467**	ไม่มี	.449**	.478**	ไม่มี	.664**	.700**	.647**	ไม่มี	.636**	.601**	ไม่มี
DIS	.804**	.830**	.790**	ไม่มี	.754**	.791**	ไม่มี	.961**	.964**	.960**	ไม่มี	.975**	.955**	ไม่มี
R^2(KN; DIS)	.245; .647	.301; .690	.218; .623		.202; .568	.229; .625		.440; .924	.489; .930	.419; .922		.405; .950	.361; .913	
อิทธิพลเชิงสาเหตุ														
LST-> STATLIT	.125**	.212**	.101*	มี	.191*	.124*	ไม่มี	.278**	.304**	.267**	มี	.267**	.281**	ไม่มี
EXS-> STATLIT	.653**	.605**	.660**	ไม่มี	.596**	.658**	ไม่มี	.365**	.375**	.359**	ไม่มี	.343**	.350**	ไม่มี
ประเมินโมเดล														
R^2	.547	.589	.530		.529	.560		.341	.390	.320		.299	.336	
χ^2	2.249; df=2; p=.325	1.095; df=2; p=.578	4.601; df=2; p=.100		1.879; df=2; p=.391	4.685; df=2; p=.096								
GFI	.999	.998	.997		.998	.995								
AGFI	.997	.997	.983		.992	.974								
CFI	1.000	1.000	.998		1.000	.997								
NNFI	1.000	1.000	.994		1.000	.991								
RMSEA	.011	<.001	.043		<.001	.054								
RMR	.009	.011	.017		.010	.012								
GoF								.482	.526	.463		.450	.462	

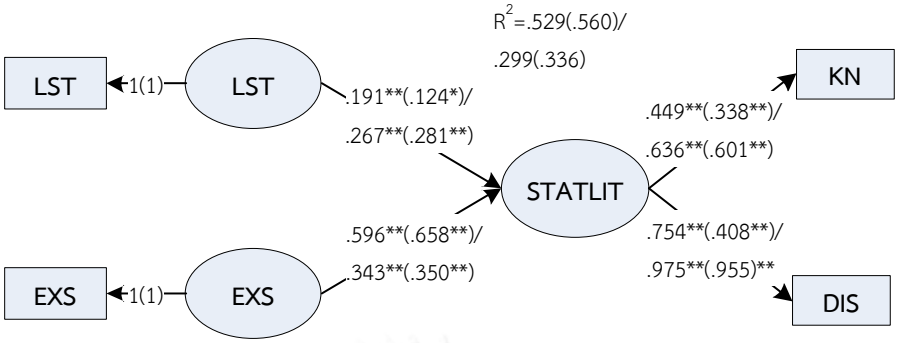
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.17 ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM (ต่อ)

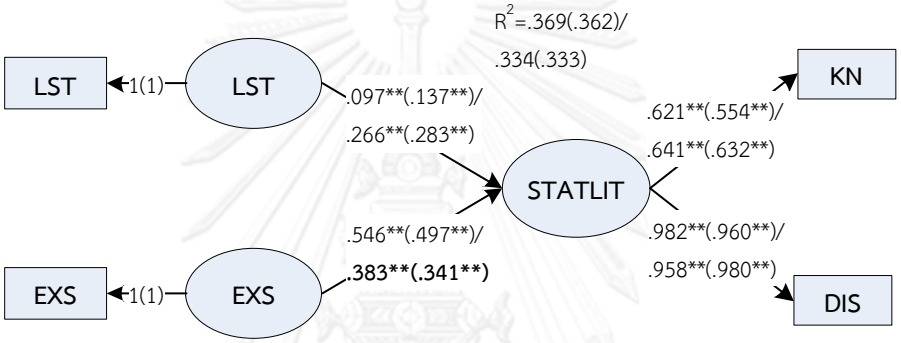
ตัวแปร	CB-SEM							PLS-SEM						
	ภาพรวม	3. การเรียนสถิติ			4.การเรียนคณิตศาสตร์			ภาพรวม	3. การเรียนสถิติ			4.การเรียนคณิตศาสตร์		
		เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	ความต่าง	เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	ความต่าง		เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	ความต่าง	เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	ความต่าง
ตัวบ่งชี้														
ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ														
STATLIT														
KN	.495**	.621**	.554**	ไม่มี	.491**	.453**	ไม่มี	.664**	.641**	.632**	ไม่มี	.669**	.570**	ไม่มี
DIS	.804**	.982**	.960**	ไม่มี	.774**	.805**	ไม่มี	.961**	.958**	.980**	ไม่มี	.967**	.962**	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ														
LST-> STATLIT	.125**	.097**	.137**	ไม่มี	.119**	.157**	ไม่มี	.278**	.266**	.283**	ไม่มี	.249**	.305**	ไม่มี
EXS-> STATLIT	.653**	.546**	.497**	ไม่มี	.646**	.636**	ไม่มี	.365**	.383**	.341**	มี	.352**	.359**	ไม่มี
ประเมินโมเดล														
R^2	.547	.369	.362		.524	.568		.341	.334	.333		.291	.375	
χ^2	2.249; df=2; p=.325	1.638; df=2; p=.441	1.536; df=2; p=.464		1.278; df=2; p=.528	5.015; df=2; p=.081								
GFI	.999	.999	.998		.999	.992								
AGFI	.997	.994	.989		.995	.962								
CFI	1.000	1.000	1.000		1.000	.995								
NNFI	1.000	1.000	1.000		1.000	.986								
RMSEA	.011	<.001	<.001		<.001	.070								
RMR	.009	.008	.015		.006	.024								
GoF								.482	.471	.475		.483	.483	



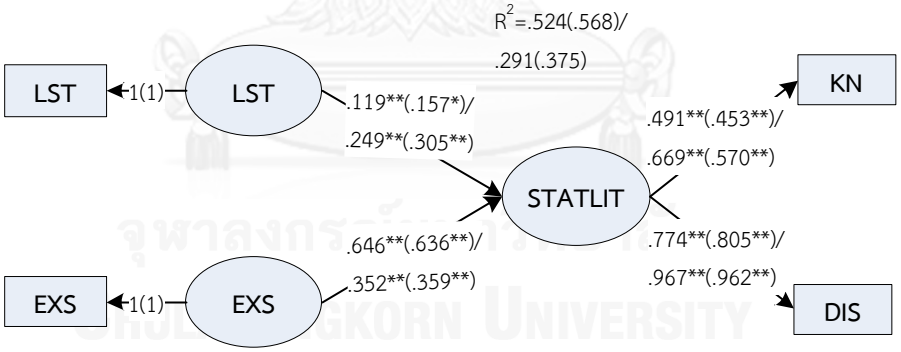
ก. เพศ



ข. กลุ่มสาขาวิชา



ค. การเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรี



ง. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี

ภาพ 4.4 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุของโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

หมายเหตุ : ตัวเลขในภาพคือ วิธี CB-SEM; กลุ่มแรก(กลุ่มที่สอง)/ วิธี PLS-SEM; กลุ่มแรก(กลุ่มที่สอง) และตัวเข้มแสดงว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

ผลการวิเคราะห์ส่วนนี้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติที่การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติส่งผลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทั้งภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา แสดงว่าสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 ที่ว่าโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติที่การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติส่งผลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีสอดคล้องกับข้อมูลตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาพบว่า ภูมิหลังด้านเพศของนิสิตนักศึกษาส่งผลต่ออิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีต่อการรู้สถิติ โดยอิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (LST) ต่อการรู้สถิติในกลุ่มนิสิตนักศึกษาชายสูงกว่านิสิตนักศึกษาหญิง แสดงว่าสมมติฐานการวิจัยข้อ 4 ที่ว่าภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้านเพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีส่งผลให้โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีมีความแปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มเป็นจริง

ตอนที่ 4 **ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี** CB-SEM **และ** PLS-SEM

ผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 3 เพื่อการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM การนำเสนอผลการวิเคราะห์แบ่งตามลักษณะของโมเดล คือ โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีดังนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบผลการตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

การเปรียบเทียบผลการตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM และเพื่อให้เห็นผลการเปรียบเทียบที่ชัดเจนขึ้นผู้วิจัยจึงทำการสุ่มข้อมูลจำนวนเท่ากับ 400 คน เรียกว่าตัวอย่างขนาดเล็ก ซึ่งเป็นขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมจากวิธี PLS-SEM ที่ต้องการขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาประมาณ 138 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างขนาดเล็กที่ได้มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันข้อมูลจากตัวอย่างทั้งหมด คือ 1,014 คน เรียกว่าตัวอย่างขนาดใหญ่ทั้งการแจกแจงและความแตกต่างระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา รายละเอียดดังตาราง ภ 5.56 ถึง 5.57 ภาคผนวก ง และรายละเอียดผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาในตัวอย่างขนาดเล็กด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ดังตาราง ภ 5.58 ถึง 5.84 ภาคผนวก ง

การนำเสนอแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ 1) การรายเอียดการวิเคราะห์ 2) ค่าประมาณพารามิเตอร์ในโมเดล 3) ค่าประเมินโมเดล และ 4) ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มภูมิหลัง รายละเอียดดังนี้

4.1.1 รายละเอียดการวิเคราะห์

การเปรียบเทียบรายละเอียดการวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธี CB-SEM และ PLS-SEM เมื่อพิจารณารายละเอียดการวิเคราะห์เกี่ยวกับการมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ แก้สมการไม่เหมาะสม การแก้ปัญหาด้วยการกำหนดค่าเริ่มต้น และเพิ่มเส้นความสัมพันธ์ จำนวนครั้งในการประมวลผล และจำนวนสมมติฐานที่ทดสอบกรณีการวิเคราะห์กลุ่มพหุ ผลการพิจารณาพบว่า การวิเคราะห์ทั้งในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 1,014 คน) และขนาดเล็ก (ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 400 คน) ด้วยวิธี CB-SEM เกิดปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบและแก้สมการไม่เหมาะสมในทุกครั้งที่วิเคราะห์จึงมีการแก้ปัญหาด้วยการกำหนดค่าเริ่มต้นให้พารามิเตอร์ และเพิ่มเส้นความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดของตัวบ่งชี้ ในขณะที่การวิเคราะห์ด้วยวิธี PLS-SEM ไม่เกิดปัญหาเหล่านี้ และเมื่อพิจารณาจำนวนครั้งในการประมวลผลพบว่า การวิเคราะห์โมเดลการวัดด้วยวิธี CB-SEM ใช้จำนวนครั้งในการประมวลผลมากกว่า PLS-SEM คือ CB-SEM มีการประมวลผลอยู่ระหว่าง 3 ถึง 7 ครั้ง ในขณะที่ PLS-SEM ประมวลผลเพียง 1 ครั้ง เช่นเดียวกับการวิเคราะห์กลุ่มพหุที่การวิเคราะห์ด้วย CB-SEM มีการประมวลผลมากกว่า PLS-SEM เช่นกัน รายละเอียดดังตาราง 4.18 และตาราง ภ 5.58 ภาคผนวก ง

ตาราง 4.18 รายละเอียดการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

รายละเอียดการวิเคราะห์	การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน				การวิเคราะห์กลุ่มพหุ			
	CB-SEM		PLS-SEM		CB-SEM		PLS-SEM	
	ขนาดใหญ่[B]	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	**ขนาดเล็ก**[B]	**ขนาดใหญ่**[B]	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	**ขนาดเล็ก**[B]
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
2) แก้สมการไม่เหมาะสม	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
3) จำนวนการกำหนดค่าเริ่มต้น								
LY	2 ค่า	2 ค่า	-	-	-	-	-	-
PS	1 ค่า	1 ค่า	-	-	-	-	-	-
4) จำนวนการการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์	0 – 4 เส้น	0 – 4 เส้น	-	-	-	-	-	-
5) จำนวนสมมติฐานที่ทดสอบ	-	-	-	-	3–6 ข้อ	3–4 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ
6) จำนวนครั้งในประมวลผล	3 – 7 ครั้ง	3 – 5 ครั้ง	1 ครั้ง	1 ครั้ง	3 – 6 ครั้ง	3 – 4 ครั้ง	1 ครั้ง	1 ครั้ง

หมายเหตุ: B หมายถึง กลุ่มที่มีการประมาณค่าที่ดีตามทฤษฎี

4.1.2 ค่าประมาณพารามิเตอร์ในโมเดล

ผลการเปรียบเทียบค่าประมาณพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีประกอบด้วยน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ (LY) จำนวน 7 ตัว ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท ทักษะเชิงวิพากษ์ ท่าทีเชิงวิพากษ์และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และอิทธิพลของตัวแปรแฝงการรู้สถิติต่อตัวแปรแฝงองค์ประกอบการรู้สถิติ (GA) จำนวน 2 ตัว ได้แก่ องค์ประกอบด้านความรู้ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย ระหว่างวิธีวิเคราะห์ 2 วิธี ได้แก่ CB-SEM และ PLS-SEM และขนาดตัวอย่าง 2 ขนาดได้แก่ ตัวอย่างขนาดใหญ่และเล็ก ในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชาการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง แบ่งเป็น 4 ประเด็น ได้แก่ พบว่า 1) การมีนัยสำคัญของพารามิเตอร์2) อันดับของพารามิเตอร์ 3) ทิศทางของพารามิเตอร์ และ 4) ขนาดของพารามิเตอร์ รายละเอียดดังนี้

การมีนัยสำคัญของพารามิเตอร์

ผลการเปรียบเทียบการมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

I. วิธีวิเคราะห์เหมือนกันแต่ขนาดต่างกัน พารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญในวิธีวิเคราะห์ที่เหมือนกันแต่ขนาดต่างกันควรตรงกัน ผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบในวิธี CB-SEM พบว่า ตัวอย่างใหญ่มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญตรงกับตัวอย่างขนาดเล็ก 5 กลุ่ม จาก 9 กลุ่ม ไม่ตรงกัน 4 กลุ่ม โดยวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญมากกว่าวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็กทั้ง 4 กลุ่ม เช่นเดียวกับเมื่อเปรียบเทียบในวิธี PLS-SEM พบว่า ตัวอย่างใหญ่มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญตรงกับตัวอย่างขนาดเล็ก 6 กลุ่มจาก 9 กลุ่ม ไม่ตรงกัน 3 กลุ่ม โดยส่วนใหญ่ตัวอย่างขนาดเล็กมีพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญมากกว่าตัวอย่างขนาดใหญ่

II. วิธีวิเคราะห์ต่างกันแต่ขนาดเหมือนกัน พารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญในวิธีวิเคราะห์ต่างกันแต่ขนาดเหมือนกันควรตรงกัน ผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบในตัวอย่างขนาดใหญ่ พบว่า วิธี CB-SEM มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญตรงกับ PLS-SEM 7 กลุ่ม จาก 9 กลุ่ม ไม่ตรงกัน 2 กลุ่ม โดยวิธี CB-SEM มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญน้อยกว่าวิธี PLS-SEM ทั้ง 2 กลุ่ม ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบในตัวอย่างขนาดเล็ก พบว่า วิธี CB-SEM มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญตรงกับ PLS-SEM มีจำนวน 3 กลุ่มจาก 9 กลุ่ม ไม่ตรงกัน 6 กลุ่มโดยวิธี CB-SEM มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญน้อยกว่าวิธี PLS-SEM

III. วิธีวิเคราะห์ต่างกันและขนาดต่างกัน พารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญในวิธีวิเคราะห์ต่างกันแต่ขนาดเหมือนกันควรตรงกัน ผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่กับ PLS-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็ก พบว่า มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญตรงกัน 4 กลุ่ม จาก 9 กลุ่ม ไม่ตรงกัน 4 กลุ่ม โดยวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญน้อยกว่าวิธี

PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กทั้ง 4 กลุ่ม ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็ก กับ PLS-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่ พบว่า มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญตรงกัน 3 กลุ่มจาก 9 กลุ่ม ไม่ตรงกัน 6 กลุ่ม โดยวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็ก มีจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญน้อยกว่าวิธี PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ทั้ง 4 กลุ่ม รายละเอียดดังตาราง 4.19-4.20 และตาราง ภ 4.85 ภาคผนวก ง

ตาราง 4.19 การเปรียบเทียบจำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง

วิธีวิเคราะห์	ขนาด		จำนวนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญ								
			CB-SEM				PLS-SEM				
			ใหญ่[B]		เล็ก		ใหญ่		**เล็ก[B]**		
		พารามิเตอร์	LY	GA	LY	GA	LY	GA	LY	GA	
		จำนวนพารามิเตอร์	7	2	7	2	7	2	7	2	
CB-SEM	**ใหญ่[B]**		-	-							
	เล็ก	ภาพรวม	6	2	-	-					
PLS-SEM	ใหญ่		7	2	6	2	-	-			
	เล็ก[B]		7	2	6	2	7	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่[B]**		-	-	7	2	7	2	7	2	
	เล็ก	ชาย	7	2	-	-	7	2	7	2	หญิง
PLS-SEM	ใหญ่		7	2	7	2	-	-	7	2	
	เล็ก[B]		6	2	6	2	6	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่[B]**		-	-	5	2	7	2	6	2	
	เล็ก		7	2	-	-	6	2	5	2	สังคม-มนุษย์
PLS-SEM	ใหญ่	วิทย์	6	2	6	2	-	-	6	2	
	เล็ก[B]		7	2	7	2	6	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่[B]**		-	-	6	2	7	2	7	2	
	เล็ก	เคยเรียน	7	2	-	-	6	2	6	2	ไม่เคยเรียน
PLS-SEM	ใหญ่	วิชาสถิติ	7	2	7	2	-	-	7	2	วิชาสถิติ
	เล็ก[B]		7	2	7	2	7	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่[B]**		-	-	7	2	6	2	6	2	ไม่เคยเรียน
	เล็ก	เคยเรียน	7	2	-	-	6	2	6	2	วิชา
PLS-SEM	ใหญ่	วิชา	7	2	6	2	-	-	7	2	คณิตศาสตร์
	เล็ก[B]	คณิตศาสตร์	6	2	6	2	7	2	-	-	

หมายเหตุ : B หมายถึง กลุ่มที่มีการประมาณค่าที่ดีกว่าตามทฤษฎี

ตาราง 4.20 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการมีนัยสำคัญของพารามิเตอร์ระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง

	ตัวอย่าง	ความแตกต่างของการมีนัยสำคัญของพารามิเตอร์					
		I.วิธีวิเคราะห์เหมือนกัน/ขนาดตัวอย่างต่างกัน		II.วิธีวิเคราะห์ต่างกัน/ขนาดตัวอย่างเหมือนกัน		III.วิธีวิเคราะห์ต่างกัน/ขนาดตัวอย่างต่างกัน	
		ก.CB_L&CB_S	ข.PLS_L&PLS_S	ก.CB_L&PLS_L	ข.CB_S&PLS_S	ก.CB_L&PLS_S	ข.CB_S&PLS_L
ภาพรวม		$CB_L>CB_S$	0	0	$CB_S<PLS_S$	0	$CB_S<PLS_L$
เพศ	-ชาย	0	$PLS_L<PLS_S$	0	$CB_S<PLS_S$	$CB_L<PLS_S$	0
	-หญิง	0	0	0	0	0	0
กลุ่มสาขาวิชา	-วิทย์	$CB_L>CB_S$	$PLS_L>PLS_S$	$CB_L<PLS_L$	0	0	$CB_S<PLS_L$
	-สังคม-มนุษย์	$CB_L>CB_S$	$PLS_L<PLS_S$	0	$CB_S<PLS_S$	$CB_L<PLS_S$	$CB_S<PLS_L$
การเรียนวิชาสถิติ	-เคยเรียน	0	0	0	0	0	0
	-ไม่เคยเรียน	$CB_L>CB_S$	0	0	$CB_S<PLS_S$	0	$CB_S<PLS_L$
การเรียนวิชาวิชาคณิตศาสตร์	-เคยเรียน	0	0	0	$CB_S<PLS_S$	$CB_L<PLS_S$	$CB_S<PLS_L$
	-ไม่เคยเรียน	0	0	$CB_L<PLS_L$	$CB_S<PLS_S$	$CB_L<PLS_S$	$CB_S<PLS_L$

อันดับของพารามิเตอร์ในโมเดล

การเรียงอันดับของพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาจากมากไปหาน้อย พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้จากวิธี PLS-SEM และ CB-SEM และขนาดตัวอย่างใหญ่และเล็กส่วนใหญ่มีอันดับของน้ำหนักองค์ประกอบเหมือนกัน เมื่อพิจารณาอันดับของน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้ที่ต่างกันพบว่า น้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้จากวิธี CB-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กให้มีอันดับน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ต่างจากน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้จากกลุ่มอื่นโดยเฉพาะวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่ซึ่งเป็นวิธีประมาณค่าที่ดีตามทฤษฎีจากรายละเอียดดังตาราง 4.21-4.22 และตาราง ภ 4.85 ภาคผนวก ง

ตาราง 4.21 สรุปผลการเปรียบเทียบอันดับของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์และขนาดตัวอย่างด้านอันดับของน้ำหนักองค์ประกอบ

วิธีวิเคราะห์			จำนวนอันดับของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดที่ตรงกัน								
			CB-SEM				PLS-SEM				
	ขนาด		**ใหญ่**[B]		เล็ก		ใหญ่		**เล็ก**[B]		
		พารามิเตอร์	LY	GA	LY	GA	LY	GA	LY	GA	
		จำนวนพารามิเตอร์	7	2	7	2	7	2	7	2	
CB-SEM	**ใหญ่**[B]		-	-							
	เล็ก	ภาพรวม	5	2	-	-					
PLS-SEM	ใหญ่		7	2	5	2	-	-			
	เล็ก[B]		5	2	7	2	7	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่**[B]		-	-	7	2	7	2	7	2	หญิง
	เล็ก	ชาย	7	2	-	-	7	2	7	2	
PLS-SEM	ใหญ่		7	2	7	2	-	-	7	2	
	เล็ก[B]		5	2	5	2	5	2	-	-	

วิธีวิเคราะห์			จำนวนอันดับของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดที่ตรงกัน								
			CB-SEM				PLS-SEM				
	ขนาด		**ใหญ่**[B]		เล็ก		ใหญ่		**เล็ก**[B]		
		พารามิเตอร์	LY	GA	LY	GA	LY	GA	LY	GA	
		จำนวนพารามิเตอร์	7	2	7	2	7	2	7	2	
CB-SEM	**ใหญ่**[B]		-	-	7	2	7	2	7	2	สังคม-มนุษย์
	เล็ก		5	2	-	-	7	2	7	2	
PLS-SEM	ใหญ่	วิทย์	7	2	5	2	-	-	7	2	
	เล็ก[B]		7	2	7	2	5	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่**[B]		-	-	7	2	4	2	5	2	ไม่เคยเรียนวิชาสถิติ
	เล็ก	เคยเรียนวิชา	7	2	-	-	4	2	5	2	
PLS-SEM	ใหญ่	สถิติ	7	2	7	2	-	-	7	2	
	เล็ก[B]		7	2	7	2	7	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่**[B]		-	-	5	2	5	2	5	2	ไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์
	เล็ก	เคยเรียนวิชา	5	2	-	-	6	2	4	2	
PLS-SEM	ใหญ่	คณิตศาสตร์	7	2	6	2	-	-	7	2	
	เล็ก[B]		5	2	7	2	5	2	-	-	

ตาราง 4.22 การเปรียบเทียบความแตกต่างของอันดับของพารามิเตอร์ระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง

	ตัวอย่าง	ความแตกต่างของอันดับของพารามิเตอร์					
		I.วิธีวิเคราะห์เหมือนกัน/ขนาดตัวอย่างต่างกัน		II.วิธีวิเคราะห์ต่างกัน/ขนาดตัวอย่างเหมือนกัน		III.วิธีวิเคราะห์ต่างกัน/ขนาดตัวอย่างต่างกัน	
		ก.CB_L&CB_S	**ข.PLS_L&PLS_S**	**ก.CB_L&PLS_L**	**ข.CB_S&PLS_S**	**ก.CB_L&PLS_S**	**ข.CB_S&PLS_L**
ภาพรวม		$CB_L \neq CB_S$	$PLS_L \neq PLS_S$	0	0	$CB_L \neq PLS_S$	$CB_S \neq PLS_L$
เพศ	-ชาย	0	$PLS_L \neq PLS_S$	0	$CB_S \neq PLS_S$	$CB_L \neq PLS_S$	0
	-หญิง	0	0	0	0	0	0
กลุ่มสาขาวิชา	-วิทย์	$CB_L \neq CB_S$	$PLS_L \neq PLS_S$	0	0	0	$CB_S \neq PLS_L$
	-สังคม-มนุษย์	0	0	0	0	0	0
การเรียนวิชาสถิติ	-เคยเรียน	0	0	0	0	0	0
	-ไม่เคยเรียน	0	$PLS_L \neq PLS_S$	$CB_L \neq PLS_L$	$CB_S \neq PLS_S$	$CB_L \neq PLS_S$	$CB_S \neq PLS_L$
การเรียนวิชาวิชาคณิตศาสตร์	-เคยเรียน	$CB_L \neq CB_S$	$PLS_L \neq PLS_S$	0	0	$CB_L \neq PLS_S$	$CB_S \neq PLS_L$
	-ไม่เคยเรียน	$CB_L \neq CB_S$	0	$CB_L \neq PLS_L$	$CB_S \neq PLS_S$	$CB_L \neq PLS_S$	$CB_S \neq PLS_L$

หมายเหตุ: B หมายถึง กลุ่มที่มีการประมาณค่าที่ดีตามทฤษฎี

ทิศทางของพารามิเตอร์โมเดล

ทิศทางของพารามิเตอร์โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM และขนาดตัวอย่างใหญ่และเล็กพบว่า น้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM และขนาดตัวอย่างใหญ่และเล็กที่ทิศทางเดียวกันทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ใดมีทิศทางของน้ำหนักองค์ประกอบจากกลุ่มหนึ่งเป็นบวก น้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้นั้นในกลุ่มอื่นจะเป็นบวกด้วย ในทางตรงข้ามตัวบ่งชี้ใดมีทิศทางของน้ำหนักองค์ประกอบจากกลุ่มหนึ่งเป็นลบน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้นั้นในกลุ่มอื่นจะเป็นลบด้วย รายละเอียดดังตาราง 4.23-4.24 และตาราง ภ 4.85 ภาคผนวก ง

ตาราง 4.23 สรุปผลการเปรียบเทียบทิศทางของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง

วิธีวิเคราะห์	ขนาด		จำนวนพารามิเตอร์ที่มีทิศทางเหมือนกัน								
			CB-SEM				PLS-SEM				
			ใหญ่[B]		เล็ก		ใหญ่		**เล็ก[B]**		
		พารามิเตอร์	LY	GA	LY	GA	LY	GA	LY	GA	
		จำนวนพารามิเตอร์	7	2	7	2	7	2	7	2	
CB-SEM	**ใหญ่[B]**	ภาพรวม	-	-							
	เล็ก		7	2	-	-					
PLS-SEM	ใหญ่		7	2	7	2	-	-			
	เล็ก[B]		7	2	7	2	7	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่[B]**	ชาย	-	-	7	2	7	2	7	2	หญิง
	เล็ก		7	2	-	-	7	2	7	2	
PLS-SEM	ใหญ่		7	2	7	2	-	-	7	2	
	เล็ก[B]		7	2	7	2	7	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่[B]**	วิทย์	-	-	7	2	7	2	7	2	สังคม-มนุษย์
	เล็ก		7	2	-	-	7	2	7	2	
PLS-SEM	ใหญ่		7	2	7	2	-	-	7	2	
	เล็ก[B]		7	2	7	2	7	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่[B]**	เคยเรียนวิชาสถิติ	-	-	7	2	7	2	7	2	ไม่เคยเรียนวิชาสถิติ
	เล็ก		7	2	-	-	7	2	7	2	
PLS-SEM	ใหญ่		7	2	7	2	-	-	7	2	
	เล็ก[B]		7	2	7	2	7	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่[B]**	เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์	-	-	7	2	7	2	7	2	ไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์
	เล็ก		7	2	-	-	7	2	7	2	
PLS-SEM	ใหญ่		7	2	7	2	-	-	7	2	
	เล็ก[B]		7	2	7	2	7	2	-	-	

หมายเหตุ : B หมายถึง กลุ่มที่มีการประมาณค่าที่ดีตามทฤษฎี

ตาราง 4.24 การเปรียบเทียบความแตกต่างของทิศทางของพารามิเตอร์ระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง

	ตัวอย่าง	ความแตกต่างของทิศทางของพารามิเตอร์					
		I.วิธีวิเคราะห์เหมือนกัน/ขนาดตัวอย่างต่างกัน		II.วิธีวิเคราะห์ต่างกัน/ขนาดตัวอย่างเหมือนกัน		III.วิธีวิเคราะห์ต่างกัน/ขนาดตัวอย่างต่างกัน	
		ก.CB_L&CB_S	**ข.PLS_L&PLS_S**	**ก.CB_L&PLS_L**	**ข.CB_S&PLS_S**	**ก.CB_L&PLS_S**	**ข.CB_S&PLS_L**
ภาพรวม		0	0	0	0	0	0
เพศ	-ชาย	0	0	0	0	0	0
	-หญิง	0	0	0	0	0	0
กลุ่มสาขาวิชา	-วิทย์	0	0	0	0	0	0
	-สังคม-มนุษย์	0	0	0	0	0	0
การเรียนวิชาสถิติ	-เคยเรียน	0	0	0	0	0	0
	-ไม่เคยเรียน	0	0	0	0	0	0
การเรียนวิชาวิชาคณิตศาสตร์	-เคยเรียน	0	0	0	0	0	0
	-ไม่เคยเรียน	0	0	0	0	0	0

ขนาดของพารามิเตอร์ในโมเดล

การเปรียบเทียบขนาดของพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและใหญ่ พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบจากวิธีประมาณค่าเดียวกันแต่ขนาดตัวอย่างต่างกันมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับตัวอย่างขนาดเล็กเช่นเดียวกับวิธี PLS-SEM ที่ค่าน้ำหนักองค์ประกอบในตัวอย่างขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับตัวอย่างขนาดเล็ก ในทางตรงข้ามค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากในตัวอย่างขนาดเดียวกันแต่ใช้วิธีประมาณค่าต่างกันจะมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่างกัน กล่าวคือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบในตัวอย่างขนาดใหญ่วิธี CB-SEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่างจากวิธี PLS-SEM เช่นเดียวกับในตัวอย่างขนาดเล็กจากวิธี CB-SEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่างจากวิธี PLS-SEM นอกจากนี้ยังพบว่าวิธี CB-SEM จากตัวอย่างขนาดเล็กที่แนวโน้มที่ใกล้เคียงกับการประมาณค่าจากวิธี PLS-SEM แสดงว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่ประมาณค่าจากวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็กมีความเอนเอียงมากกว่าวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าที่ดีตามทฤษฎี รายละเอียดดังตาราง 4.25-4.26 และตาราง ภ 4.85 ภาคผนวก ง

ตาราง 4.25 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์และขนาดตัวอย่างด้านขนาดพารามิเตอร์

วิธีวิเคราะห์		จำนวนพารามิเตอร์ในโมเดล															
		CB-SEM								PLS-SEM							
ขนาดตัวอย่าง		**ใหญ่**[B]				เล็ก				ใหญ่				**เล็ก**[B]			
พารามิเตอร์		LY		GA		LY		GA		LY		GA		LY		GA	
		=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<
CB-SEM	**ใหญ่**[B]	-	-	-	-												
	เล็ก	7	0/0	2	0/0	-	-	-	-								
PLS-SEM	ใหญ่	1	0/6	2	0/0	2	0/5	2	0/0	-	-	-	-				
	เล็ก[B]	1	0/6	2	0/0	2	0/5	2	0/0	6	1/0	2	0/0	-	-	-	-
		ภาพรวม															
						หญิง											
CB-SEM	**ใหญ่**[B]	-	-	-	-	6	0/1	2	0/0	1	6/0	2	0/0	1	6/0	1	1/0
	เล็ก	4	1/2	0	1/1	-	-	-	-	3	4/0	1	1/0	1	6/0	1	1/0
PLS-SEM	ใหญ่	1	0/6	2	0/0	5	0/2	2	0/0	-	-	-	-	5	1/1	2	0/0
	เล็ก[B]	1	1/5	2	0/0	7	0/0	2	0/0	6	1/0	2	0/0	-	-	-	-
		ชาย															
						สังคม-มนุษย์											
CB-SEM	**ใหญ่**[B]	-	-	-	-	7	0/0	0	1/1	1	6/0	1	1/0	1	6/0	1	1/0
	เล็ก	6	0/1	2	0/0	-	-	-	-	2	5/0	1	1/0	2	5/0	1	1/0
PLS-SEM	ใหญ่	2	0/5	2	0/0	3	0/4	2	0/0	-	-	-	-	5	1/1	2	0/0
	เล็ก[B]	1	0/6	2	0/0	3	0/4	2	0/0	6	1/0	2	0/0	-	-	-	-
		วิทย์															
						ไม่เคยเรียนวิชาสถิติ											
CB-SEM	**ใหญ่**[B]	-	-	-	-	2	1/4	2	0/0	3	3/1	2	0/0	5	2/0	2	0/0
	เล็ก	7	0/0	0	1/1	-	-	-	-	2	5/0	1	0/1	1	6/0	1	0/1
PLS-SEM	ใหญ่	2	0/6	1	0/1	3	0/4	1	0/1	-	-	-	-	7	0/0	2	0/0
	เล็ก[B]	2	0/5	1	0/1	2	0/5	1	0/1	5	1/1	1	0/1	-	-	-	-
		เคยเรียนวิชาสถิติ															
						ไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์											
CB-SEM	**ใหญ่**[B]	-	-	-	-	5	1/1	0	1/1	1	6/0	2	2/0	1	6/0	1	1/0
	เล็ก	7	0/0	2	0/0	-	-	-	-	1	6/0	1	1/0	3	4/0	0	1/1
PLS-SEM	ใหญ่	1	0/6	1	0/1	2	0/5	2	0/0	-	-	-	-	6	1/0	2	0/0
	เล็ก[B]	2	0/5	2	0/0	3	0/5	2	0/0	7	0/0	2	0/0	-	-	-	-
		เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์															

หมายเหตุ: = หมายถึง ค่าของแนวคอลัมน์เท่ากับค่าแนวนอน

> หมายถึง ค่าของแนวคอลัมน์มากกว่าค่าแนวนอน

< หมายถึง ค่าของแนวคอลัมน์น้อยกว่าค่าแนวนอน

B หมายถึง กลุ่มที่มีการประมาณค่าที่ดีกว่าตามทฤษฎี

4.1.3 ค่าประเมินโมเดล

การเปรียบเทียบค่าประเมินโมเดลด้วยการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝงหรือองค์ประกอบ(R^2) ระหว่างโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังของนักศึกษาในตัวอย่างขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ผลการเปรียบเทียบพบว่า ค่า R^2 จากการประมาณด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีขนาดต่างกันแต่ทิศทางของความแตกต่างยังไม่ชัดเจนนัก แต่มีแนวโน้มที่เห็นชัดเจนว่าค่า R^2 จากวิธี CB-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่สูงกว่าวิธี PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และค่า R^2 จากวิธี PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กสูงกว่าวิธี CB-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และวิธี PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ แสดงว่า ผลการเปรียบเทียบครั้งนี้เป็นไปตามทฤษฎีที่ว่าการประมาณจากวิธี CB-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และวิธี PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเป็นการประมาณค่าที่ดี รายละเอียดดังตาราง 4.26 และตาราง ภ 5.86 ภาคผนวก ง

ตาราง 4.26 การเปรียบเทียบค่าประเมินโมเดล (R^2) ของการรู้สถิติในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

วิธีวิเคราะห์	ขนาดตัวอย่าง	กลุ่ม	จำนวนพารามิเตอร์ที่มีค่าอัตราส่วนของ R^2 มากกว่า 1								
			CB-SEM		PLS-SEM			CB-SEM		PLS-SEM	
			ใหญ่[B]	เล็ก	ใหญ่	**เล็ก[B]**	**กลุ่ม**	**ใหญ่[B]**	เล็ก	ใหญ่	**เล็ก[B]**
							เพศ		หญิง		
CB-SEM	**ใหญ่[B]**		-					-	1(KN)	1	1
	เล็ก	ภาพรวม	1(KN)	-				1(KN)	-	1	1
PLS-SEM	ใหญ่		1	0	-		**ชาย**	0	1	-	0
	เล็ก[B]		0	1	0	-		0	1	2	-
		กลุ่มสาขาวิชา					**การเรียนวิชาสถิติ**				
			สังคม-มนุษย์					ไม่เคยเรียน			
CB-SEM	**ใหญ่[B]**		-	1	1	1		-	2	0	0
	เล็ก		0	-	1(KN)	1(KN)		1(KN)	-	0	0
PLS-SEM	ใหญ่	วิทย์	2	2	-	1	เคยเรียน	1(KN)	1	-	2
	เล็ก[B]		1	1	1	-		1(KN)	1	1	-
		การเคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์					หมายเหตุ: B หมายถึง กลุ่มที่มีการประมาณค่าที่ดีกว่าตามทฤษฎี				
			ไม่เคยเรียน								
CB-SEM	**ใหญ่[B]**		-	1	1	1					
	เล็ก		1(KN)	-	1(KN)	1(KN)					
PLS-SEM	ใหญ่	เคยเรียน	2	2	-	1(KN)					
	เล็ก[B]		2	2	1	-					

4.1.4 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ

ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM พบว่า ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ให้ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับส่วนใหญ่คล้ายคลึงกันทั้งตัวอย่างขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่พบว่าต่างกัน คือ ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากวิธี CB-SEM ตัวอย่างขนาดใหญ่กับขนาดเล็กมีความไม่เหมือนกันมากกว่าคู่อื่น แสดงว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่ประมาณค่าจากวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็กมีความเอนเอียงมากกว่าวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าที่ดีตามทฤษฎี รายละเอียดดังตาราง 4.27-4.28 และตาราง ภ 4.87 ภาคผนวก ง

ตาราง 4.27 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง

วิธีวิเคราะห์			จำนวนผลการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มที่ตรงกันระหว่าง 2 วิธี								
			CB-SEM				PLS-SEM				
	ขนาด		**ใหญ่**[B]		เล็ก		ใหญ่		**เล็ก**[B]		
		พารามิเตอร์	LY	GA	LY	GA	LY	GA	LY	GA	
		จำนวนพารามิเตอร์	7	2	7	2	7	2	7	2	
CB-SEM	**ใหญ่**[B]		-	-	7	2	6	2	7	2	กลุ่มสาขาวิชา
	เล็ก	เพศ	6	2	-	-	7	2	7	2	
PLS-SEM	ใหญ่		7	2	7	2	-	-	6	2	
	เล็ก[B]		6	2	7	2	7	2	-	-	
CB-SEM	**ใหญ่**[B]		-	-	7	2	7	2	7	2	การเรียนวิชาคณิตศาสตร์
	เล็ก		5	2	-	-	7	2	7	2	
PLS-SEM	ใหญ่	กาเรียนวิชา	6	2	6	2	-	-	7	2	
	เล็ก[B]	สถิติ	6	2	7	2	7	2	-	-	

ตาราง 4.28 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธีวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง

ภูมิหลัง	ผลการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่ม					
	I.วิธีวิเคราะห์เหมือนกัน/ขนาดตัวอย่างต่างกัน		II.วิธีวิเคราะห์ต่างกัน/ขนาดตัวอย่างเหมือนกัน		III.วิธีวิเคราะห์ต่างกัน/ขนาดตัวอย่างต่างกัน	
	ก.CB_L&CB_S	**ข.PLS_L&PLS_S**	**ก.CB_L&PLS_L**	**ข.CB_S&PLS_S**	**ก.CB_L&PLS_S**	**ข.CB_S&PLS_L**
เพศ	$CB_L<CB_S$	$PLS_L>PLS_S$	0	$CB_S<PLS_S$	0	0
กลุ่มสาขาวิชา	0	$PLS_L>PLS_S$	$CB_L<PLS_L$	0	0	0
การเรียนวิชาสถิติ	$CB_L<CB_S$	0	$CB_L>PLS_L$	$CB_S<PLS_S$	$CB_L>PLS_S$	$CB_S<PLS_L$
การเรียนวิชาวิชาคณิตศาสตร์	0	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 ผลการเปรียบเทียบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS –SEM

การเปรียบเทียบผลการตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM แบ่งการนำเสนอเป็น 4 ประเด็น คือ 1) รายละเอียดการวิเคราะห์ 2) ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล 3) ค่าประเมินโมเดล และ 4) ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มภูมิหลัง รายละเอียดดังนี้

4.2.1 รายละเอียดการวิเคราะห์

การเปรียบเทียบการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีเปรียบเทียบระหว่างวิธี CB-SEM และ PLS-SEM เมื่อพิจารณารายละเอียดการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหาที่พบระหว่างการวิเคราะห์และจำนวนครั้งในการประมวลผล พบว่า ในระหว่างการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาและการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ ด้วยวิธี CB-SEM เกิดปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ/แก้สมการไม่เหมาะสมในทุกครั้งที่วิเคราะห์ทำให้ต้องมีการกำหนดค่าให้พารามิเตอร์เพื่อลดจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า ในขณะที่การวิเคราะห์ด้วยวิธี PLS-SEM ไม่เกิดปัญหานี้ และเมื่อพิจารณาจำนวนครั้งในการประมวลผล พบว่า การวิเคราะห์โมเดลการวัดด้วยวิธี CB-SEM ใช้จำนวนครั้งในการประมวลผลมากกว่า PLS-SEM คือ CB-SEM มีการประมวลผลอยู่ระหว่าง 2 ถึง 4 ครั้ง ในขณะที่ PLS-SEM ประมวลผลเพียง 1 ครั้ง รายละเอียดดังตาราง 4.29

ตาราง 4.29 รายละเอียดการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

รายละเอียดการวิเคราะห์	การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ		การวิเคราะห์กลุ่มพหุ	
	CB-SEM	PLS-SEM	CB-SEM	PLS-SEM
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี
2) แก้สมการไม่เหมาะสม	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี
3) จำนวนการกำหนดค่าเริ่มต้น				
LY	1 ค่า	0	-	-
PS	0 – 1 ค่า	0	-	-
TE	1 – 2 ค่า	0	-	-
4) จำนวนการการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์	0 – 1 เส้น	0	-	-
5) จำนวนสมมติฐานที่ทดสอบ	-	-	3 – 5 ข้อ	1 ข้อ
6) จำนวนครั้งในประมวลผล	2 – 4 ครั้ง	1 ครั้ง	3 – 5 ครั้ง	1 ครั้ง

4.2.2 ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล

การวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิตินิสิตนักศึกษาปริญญาตรีเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลใน 4 ประเด็น คือ 1) การมีนัยสำคัญทางสถิติ 2) อันดับของพารามิเตอร์ 3) ทิศทางของพารามิเตอร์ และ 4) ขนาดของพารามิเตอร์ระหว่างวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนสถิติในระดับปริญญาตรี และการเรียนคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1) การมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า ค่าพารามิเตอร์ในโมเดลทั้งน้ำหนักองค์ประกอบและอิทธิพลเชิงสาเหตุมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เหมือนกันทั้งจากวิธี PLS-SEM และ CB-SEM

2) อันดับของพารามิเตอร์ พบว่า ค่าพารามิเตอร์ในโมเดลมีอันดับจากการเรียงจากมากไปหาน้อยเหมือนกันทุกค่าทั้งน้ำหนักองค์ประกอบและอิทธิพลเชิงสาเหตุ คือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้ความรู้น้อยกว่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้ลักษณะนิสัย และค่าอิทธิพลเชิงสาเหตุของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีต่อการรู้สถิติมีค่าต่ำกว่าการมีประสบการณ์กับสถิติต่อการรู้สถิติทั้งจากวิธี PLS-SEM และ CB-SEM

3) ทิศทางของค่าพารามิเตอร์ พบว่า ค่าพารามิเตอร์ในโมเดลทั้งน้ำหนักองค์ประกอบและอิทธิพลเชิงสาเหตุมีทิศทางเหมือนกันทั้งสองวิธีโดยน้ำหนักองค์ประกอบของการรู้สถิติมีค่าเป็นบวกและการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติมีค่าอิทธิพลเชิงสาเหตุต่อการรู้สถิติเป็นบวก ทั้งจากวิธี PLS-SEM และ CB-SEM

4) ขนาดของพารามิเตอร์ พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้การรู้สถิติจากวิธี PLS-SEM สูงกว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากวิธี CB-SEM ทั้งสองตัว ส่วนขนาดอิทธิพลเชิงสาเหตุของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีต่อการรู้สถิติจากวิธี PLS-SEM สูงกว่าวิธี CB-SEM ในขณะที่การมีประสบการณ์กับสถิติต่อการรู้สถิติวิธี PLS-SEM ต่ำกว่าวิธี CB-SEM รายละเอียดดังตาราง 4.30 และตาราง ภ 5.88 ภาคผนวก ง

ตาราง 4.30 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์

ประเด็น	ภาพรวม				เพศ								กลุ่มสาขาวิชา							
					ชาย				หญิง				วิทย์				สังคม-มนุษย์			
	LY		GA		LY		GA		LY		GA		LY		GA		LY		GA	
	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N
1. การมีนัยสำคัญทางสถิติ	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
2.อันดับของพารามิเตอร์	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
3. ทิศทางของพารามิเตอร์	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<
4. ขนาดของ	0	2/0	0	1/1	0	2/0	1	0/1	0	2/0	0	1/1	0	2/0	1	0/1	0	2/0	0	1/1

พารามิเตอร์																				
ประเด็น	ภาพรวม				การเรียนวิชาสถิติ								การเรียนวิชาคณิตศาสตร์							
					เคยเรียน				ไม่เคยเรียน				เคยเรียน				ไม่เคยเรียน			
	LY		GA		LY		GA		LY		GA		LY		GA		LY		GA	
	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N
1. การมีนัยสำคัญทางสถิติ	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
2.อันดับของพารามิเตอร์	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
3. ทิศทางของพารามิเตอร์	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<	=	>/<
4. ขนาดของพารามิเตอร์	0	2/0	0	1/1	2	0/0	0	1/1	2	0/0	0	1/1	0	2/0	0	1/1	0	2/0	0	1/1

หมายเหตุ: Y หมายถึง เหมือนกัน; N หมายถึง ไม่เหมือนกัน

= หมายถึง ค่าพารามิเตอร์จากวิธี CB-SEM เท่ากับ PLS-SEM

> หมายถึง ค่าพารามิเตอร์จากวิธี CB-SEM มากกว่า PLS-SEM

< หมายถึง ค่าพารามิเตอร์จากวิธี CB-SEM น้อยกว่า PLS-SEM

4.2.3 ค่าประเมินโมเดล

ผลการเปรียบเทียบค่าประเมินโมเดลด้วย R^2 ของตัวแปรแฝงหรือองค์ประกอบของการรู้สถิติทั้งสองด้านความรู้และลักษณะนิสัยของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้วยการหาอัตราส่วนของ R^2 จาก วิธี PLS-SEM ต่อวิธี CB-SEM พบว่า การประมาณค่าด้วยวิธี CB-SEM ส่วนให้ค่า R^2 ของการรู้สถิติ (KN) สูงกว่าวิธี PLS-SEM ในทุกกลุ่มของภูมิหลัง แสดงว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธี CB-SEM ตัวแปรปัจจัย คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีได้ดีกว่าวิธี PLS-SEM ดังตาราง 4.31 และตาราง ภ 5.89 ภาคผนวก ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.31 สรุปค่าประเมินโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ

ประเด็น	ภาพรวม		เพศ				กลุ่มสาขาวิชา				การเรียนวิชาสถิติ				การเรียนวิชาคณิตศาสตร์			
			ชาย		หญิง		วิทย์		สังคม-มนุษย์		เคยเรียน		ไม่เคยเรียน		เคยเรียน		ไม่เคยเรียน	
	>1	<1	>1	<1	>1	<1	>1	<1	>1	<1	>1	<1	>1	<1	>1	<1	>1	<1
ค่า R^2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

หมายเหตุ: >1 หมายถึง ค่า R^2 จากวิธี PLS-SEM มากกว่าวิธี CB-SEM

<1 หมายถึง ค่า R^2 จากวิธี PLS-SEM น้อยกว่าวิธี CB-SEM

4.2.4 ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มภูมิหลัง

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับด้วยวิธี CB-SEM และวิธี PLS-SEM พบว่า ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี CB-SEM และวิธี PLS-SEM ให้ผลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่คล้ายคลึงกัน ทั้งการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักองค์ประกอบและอิทธิพลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ มีเพียงผลการเปรียบเทียบอิทธิพลเชิงสาเหตุของการมีประสบการณ์กับสถิติต่อการเรียนสถิติที่วิธีวิเคราะห์สองวิธีให้ผลแตกต่างกัน โดยวิธี CB-SEM ให้ผลว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มในขณะที่วิธี PLS-SEM ให้ผลว่ามีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 4.32 และตาราง ภ 5.90 ภาคผนวก ง

ตาราง 4.32 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างภูมิหลังของนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ประเด็น	จำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ต่างกันระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา							
	เพศ		กลุ่มสาขาวิชา		การเรียนวิชาสถิติ		การเรียนวิชาคณิตศาสตร์	
	LY	GA	LY	GA	LY	GA	LY	GA
ผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุ	2	2	2	2	2	1(KN)	2	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ 2) พัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ และ 3) เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธี PLS-SEM และ CB-SEM

เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้างต้นผู้วิจัยจึงทำการวิจัยโดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย โดยเริ่มจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้สถิติ ความหมาย องค์ประกอบ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ เพื่อสร้างโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติและสร้างแบบสอบเพื่อวัดการรู้สถิติ และศึกษาวิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบความแปรปรวนร่วมเป็นฐาน (covariance-based structural equation model) หรือ CB-SEM และโมเดลสมการโครงสร้างแบบองค์ประกอบหรือความแปรปรวนเป็นฐาน (component-based or variance-based structural equation model) หรือ PLS-SEM เพื่อใช้ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและศึกษาอิทธิพลกำกับของตัวแปรภูมิหลังที่มีต่อโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี

ประชากรในการวิจัย คือ นิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่กำลังศึกษาในมหาวิทยาลัยของไทย ตัวอย่าง จำนวน 1,014 คน ได้จากการสุ่มอย่างแบบสองขั้นคือ สุ่มมหาวิทยาลัยและสุ่มนิสิตนักศึกษาเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากแนวคิดของ Gal (2004) และ Wade (2009) ประกอบด้วย 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ใช้สอบถามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา ข้อคำถามมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ ตอนที่ 2 พฤติกรรมการเรียน และตอนที่ 3 ประสบการณ์ระหว่างเรียน ใช้วัดตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ ได้แก่ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีและการมีประสบการณ์กับสถิติตามลำดับ และตอนที่ 4 ลักษณะนิสัย ใช้วัดตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัย ได้แก่ ท่าทีเชิงวิพากษ์และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ ซึ่งลักษณะข้อคำถามในตอนที่ 2 ถึง 4 เป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า 7 ระดับ นอกจากนี้ ตอนที่ 5 ความรู้ที่ใช้ในการรู้สถิติ ใช้วัดตัวบ่งชี้องค์ประกอบการรู้สถิติด้านความรู้ ได้แก่ ทักษะการรู้หนังสือความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ ข้อคำถามเป็นแบบหลายตัวเลือก ซึ่งตัวแปรและตัวบ่งชี้มีความเที่ยงอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ตัวบ่งชี้องค์ประกอบความรู้มีความยากในระดับปานกลางและมีอำนาจจำแนกในระดับปานกลาง และโมเดลการวัดของตัวบ่งชี้องค์ประกอบการรู้สถิติด้านลักษณะนิสัยทั้งสองตัวและตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติทั้งสองตัวมีความตรงเชิงโครงสร้าง

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเบื้องต้น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม SPSS การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันกลุ่มพหุ การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุ และการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุกลุ่มพหุด้วยโปรแกรม LISREL และ XLSTAT-PLSPM ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

การนำเสนอสรุปผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ตอน คือ 1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และ 2) ผลการพัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ 3) ผลการพัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ และ 4) ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธีการวิเคราะห์ PLS-SEM และ CB-SEM รายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

การนำเสนอผลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิหลัง 2) ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ และ 3) ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี รายละเอียดดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิหลัง พบว่า นิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรีในสถาบันอุดมศึกษา จำนวน 1,014 คน ส่วนใหญ่เป็นนิสิตนักศึกษาหญิง (ร้อยละ 68.44) ที่เหลือเป็นนิสิตนักศึกษาชาย ศึกษาอยู่ในระดับชั้นปี 2 มีจำนวนมากที่สุด (ร้อยละ 40.83) ใกล้เคียงกับชั้นปี 3 (ร้อยละ 38.46) รองลงมาคือศึกษาอยู่ในระดับชั้นปี 1 และ 4 (ร้อยละ 13.12 และ 6.21 ตามลำดับ) ส่วนที่เหลืออยู่ในระดับชั้นปี 5 ขึ้นไป นิสิตนักศึกษามีเกรดเฉลี่ยสะสมอยู่ระหว่าง 2.51-3.00 มีจำนวนมากที่สุด (ร้อยละ 33.83) ซึ่งใกล้เคียงกับเกรดเฉลี่ยสะสมระหว่าง 3.01 – 3.50 (ร้อยละ 31.95) รองลงมาคือ เกรดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.00 – 2.50 และเกรดเฉลี่ย 3.51 – 4.00 (ร้อยละ 15.29 และ 14.69 ตามลำดับ) นิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 65.48) ส่วนที่เหลือไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี ในทำนองเดียวกันกับวิชาคณิตศาสตร์พบว่านิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 67.36) ส่วนที่เหลือไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ นิสิตนักศึกษาศึกษาอยู่ในกลุ่มวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และบริหาธุรกิจ (ร้อยละ 55.53) มากกว่ากลุ่มสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์

1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ พบว่า นิสิตนักศึกษามีคะแนนตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ รองลงมาคือ ปรับปรุงและดี ตามลำดับ โดยนิสิตนักศึกษามีคะแนนตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ คือ ทักษะการรู้หนังสือในระดับดี ส่วนความรู้สถิติศาสตร์และความรู้คณิตศาสตร์นิสิตนักศึกษามีคะแนนในระดับพอใช้ และมีคะแนนความรู้เชิง

บริบทและทักษะเชิงวิพากษ์ในระดับต้องปรับปรุง และนิสิตนักศึกษามีคะแนนตัวบ่งชี้องค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติในระดับปานกลาง นอกจากนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติมีคะแนนอยู่ในระดับปานกลางเช่นกัน

ลักษณะการแจกแจงของตัวแปรสังเกตได้มีทั้งหมด 9 ตัว โดย 4 จาก 9 ตัว มีการแจกแจงปกติ คือ ตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยทั้ง 2 ตัว คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติทั้งสองตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีและการมีประสบการณ์กับสถิติ ในขณะที่ตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ทั้ง 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ มีการแจกแจงที่ไม่เป็นโค้งปกติ โดยทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์มีลักษณะเบ้ซ้ายและโด่งต่ำ ส่วนทักษะเชิงวิพากษ์มีลักษณะเบ้ขวาและโด่งต่ำ

1.3 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (independent t-test) พบว่า คะแนนเฉลี่ยของตัวบ่งชี้องค์ประกอบด้านความรู้ คือ ความรู้เชิงบริบท การเปรียบเทียบระหว่างเพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกด้าน ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยของทักษะเชิงวิพากษ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกด้าน ส่วนตัวบ่งชี้และตัวแปรอื่น คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ และความรู้คณิตศาสตร์ ตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย นิสิตนักศึกษาชายกับหญิงมีคะแนนท่าทีเชิงวิพากษ์เฉลี่ย และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติเฉลี่ยและปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติเรื่องการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีเฉลี่ย และการมีประสบการณ์กับสถิติเฉลี่ย มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างภูมิหลังด้านเพศ แต่มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติและการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ

โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่ผู้วิจัยพัฒนาตามแนวคิดของ Gal (2004) ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้ และลักษณะนิสัย โดยที่องค์ประกอบด้านความรู้มีตัวบ่งชี้ 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยทั้ง 2 ตัว คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ เมื่อนำโมเดลการวัดนี้ไปตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างตามสมมติฐานข้อ 1 ผลการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่าโมเดลการวัดการรู้สถิติสอดคล้องกับข้อมูลนิสิตนักศึกษาตัวอย่าง เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบของโมเดลการวัดการรู้สถิติในภาพรวม พบว่า มีน้ำหนักองค์ประกอบทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ที่น้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด

คือ ทักษะการรู้หนังสือ รองลงมาคือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ ตามลำดับ ในขณะที่ตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย ท่าทีเชิงวิพากษ์มีน้ำหนักองค์ประกอบมากกว่าความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรภูมิหลัง ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ส่งผลให้โมเดลการวัดการรู้สถิติมีความแปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มตามสมมติฐานข้อ 2 พบว่า นิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังด้านกลุ่มสาขาวิชา และการเรียนวิชาสถิติต่างกันมีผลให้โมเดลการวัดการรู้สถิติแปรเปลี่ยน โดยตัวแปรภูมิหลังด้านกลุ่มสาขาวิชาพบความแปรเปลี่ยนที่ค่าพารามิเตอร์ คือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบและอิทธิพลของตัวแปรแฝงการรู้สถิติต่อตัวแปรแฝงองค์ประกอบ กล่าวคือ ในกลุ่มวิทยาศาสตร์ฯ ตัวบ่งชี้ท่าทีเชิงวิพากษ์มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของสูงกว่านิสิตนักศึกษากลุ่มสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ และอิทธิพลของตัวแปรแฝงการรู้สถิติต่อตัวแปรแฝงองค์ประกอบด้านความรู้และลักษณะนิสัยในกลุ่มวิทยาศาสตร์ฯ สูงกว่าในกลุ่มสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ ในขณะที่ตัวแปรภูมิหลังด้านการเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรีพบความแปรเปลี่ยนที่ค่าพารามิเตอร์ คือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ กล่าวคือ ในกลุ่มที่เคยเรียนวิชาสถิติ ตัวบ่งชี้ความรู้คณิตศาสตร์มีน้ำหนักองค์ประกอบต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติ ตรงข้ามกับตัวบ่งชี้ทักษะเชิงวิพากษ์ที่ในกลุ่มที่เคยเรียนวิชาสถิติมีน้ำหนักองค์ประกอบสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

เมื่อพิจารณาคะแนนองค์ประกอบความรู้ คะแนนองค์ประกอบลักษณะนิสัย และคะแนนการรู้สถิติจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM และผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาสถิติด้วยทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (independent t-test) พบว่า คะแนนจากทั้งจากวิธี CB-SEM และวิธี PLS-SEM นิสิตนักศึกษามีคะแนนการรู้สถิติเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้ เช่นเดียวกับคะแนนองค์ประกอบด้านความรู้อยู่ในระดับพอใช้และคะแนนองค์ประกอบลักษณะนิสัย โดยนิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่มีคะแนนการรู้สถิติในระดับพอใช้มากที่สุด รองลงมาคือ ระดับต้องปรับปรุง และดี และน้อยที่สุด คือ ระดับ ดีมาก นอกจากนี้คะแนนการรู้สถิติ คะแนนองค์ประกอบความรู้ และคะแนนองค์ประกอบลักษณะนิสัยระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาในกลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในภูมิหลังด้านเพศ

ตอนที่ 3 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การรู้สถิติมีอิทธิพลจากการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี (Garfield & Ben-Zvi, 2004; Nikiforidou, 2010; Hilton & Chridtenden, 2002; Utts et al., 2003; Mittag, 2010) และการมีประสบการณ์กับสถิติ (Gal, 2003; Garfield & Ben-Zvi, 2007; Lawson, 2003; Martizez & Dawson, 2010; Tishkovakay & Lancaster, 2010) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีตัวแปรปัจจัยส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติส่งผลต่อการรู้สถิติที่มี 2 องค์ประกอบคือ ความรู้ และลักษณะนิสัย ตามสมมติฐานข้อ 3 ผลการวิจัยพบว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุมีความตรงเชิงโครงสร้างโดยมีความสอดคล้องกับข้อมูลนิสิตนักศึกษาตัวอย่าง และเส้นทางอิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติต่อการรู้สถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยการมีประสบการณ์กับสถิติมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติสูงกว่าการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรภูมิหลัง ได้แก่ เพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ส่งผลให้โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติมีความแปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มตามสมมติฐานข้อ 4 ผลการวิจัยพบว่า นิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลัง คือ เพศ การเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรีต่างกันส่งผลให้โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติแปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม โดยตัวแปรภูมิหลังด้านเพศพบความแปรเปลี่ยนที่ค่าพารามิเตอร์ คือ อิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีต่อการรู้สถิติ กล่าวคือ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาชายการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีส่งผลต่อการรู้สถิติสูงกว่าในกลุ่มนิสิตนักศึกษาหญิง เช่นเดียวกับตัวแปรภูมิหลังด้านการเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรีที่พบความแปรเปลี่ยนที่ค่าพารามิเตอร์ คือ อิทธิพลของการมีประสบการณ์กับสถิติต่อการรู้สถิติ กล่าวคือ ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติส่งผลต่อการรู้สถิติสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธี PLS-SEM และ CB-SEM

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธี PLS-SEM และ CB-SEM แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ โมเดลการวัดการรู้สถิติ และโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ รายละเอียดดังนี้

4.1 โมเดลการวัดการรู้สถิติของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ

การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์โมเดลการวัดของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธี PLS-SEM กับ CB-SEM เพื่อตรวจสอบว่าผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีคล้ายคลึงกันหรือไม่ซึ่งเป็นสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 5 การเปรียบเทียบแบ่งเป็น 4 ประเด็น คือ 1) รายละเอียดการวิเคราะห์ 2) ค่าประมาณพารามิเตอร์ในโมเดล 3) ค่าประเมินโมเดล และ 4) ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ รายละเอียดดังนี้

1) รายละเอียดการวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า ในการประมวลผลข้อมูลด้วยวิธี PLS-SEM ไม่พบปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบหรือการแก้สมการไม่เหมาะสมในการวิเคราะห์โมเดลการวัดทั้งในภาพรวมจำแนกตามเพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรี และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี และการวิเคราะห์กลุ่มพหุ ซึ่งตรงข้ามกับวิธี CB-SEM ที่เกิดปัญหาดังกล่าวในทุกโมเดล นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงจำนวนครั้งในการประมวลผลพบว่า วิธี PLS-SEM มีจำนวนครั้งที่ประมวลผลโมเดลการวัดและการวิเคราะห์กลุ่มพหุเพียงครั้งเดียวซึ่งน้อยกว่าวิธี CB-SEM ใช้การประมวลผลอย่างน้อย 2 ครั้ง ในการวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา และอย่างน้อย 3 ครั้ง ในการวิเคราะห์กลุ่มพหุ

2) ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล ส่วนนี้มีการพิจารณาเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ใน 4 ประเด็น คือ 1) การมีนัยสำคัญทางสถิติ 2) อันดับ 3) ทิศทางผลการวิจัย และ 4) ขนาดของค่าพารามิเตอร์ ผลการเปรียบเทียบมีดังนี้

- การมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าพารมิเตอร์ในโมเดล ผลการวิจัยพบว่า น้ำหนักองค์ประกอบส่วนใหญ่มีการมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน สำหรับน้ำหนักองค์ประกอบที่มีการมีนัยสำคัญทางสถิติที่ต่างจากกลุ่มอื่นคือน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้จากวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็กให้ผลการมีนัยสำคัญทางสถิติต่างจากน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้กลุ่มอื่นมากที่สุด

- อันดับค่าพารมิเตอร์ในโมเดล ผลการวิจัยพบว่า น้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้จากวิธี PLS-SEM และ CB-SEM และขนาดตัวอย่างใหญ่และเล็กส่วนใหญ่มีอันดับของน้ำหนักองค์ประกอบเหมือนกัน เมื่อพิจารณาอันดับของน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้ที่ต่างกันพบว่า น้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้จากวิธี CB-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กให้มีอันดับน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ต่างจากน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้จากกลุ่มอื่นโดยเฉพาะวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่

- ทิศทางผลการวิจัยค่าพารมิเตอร์ในโมเดล ผลการวิจัยพบว่า น้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM และขนาดตัวอย่างใหญ่และเล็กที่ทิศทางเดียวกันทุกตัว

- ขนาดของค่าพารามิเตอร์ค่าพารมิเตอร์ในโมเดล ผลการวิจัยพบว่า น้ำหนักองค์ประกอบจากวิธีประมาณค่าเดียวกันแต่ขนาดตัวอย่างต่างกันมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ค่า

น้ำหนักองค์ประกอบจากวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับตัวอย่างขนาดเล็ก เช่นเดียวกับวิธี PLS-SEM ที่ค่าน้ำหนักองค์ประกอบในตัวอย่างขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับตัวอย่างขนาดเล็ก ในทางตรงข้ามค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากในตัวอย่างขนาดเดียวกันแต่ใช้วิธีประมาณค่าต่างกันจะมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่างกัน กล่าวคือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบในตัวอย่างขนาดใหญ่วิธี CB-SEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่างจากวิธี PLS-SEM เช่นเดียวกับในตัวอย่างขนาดเล็กจากวิธี CB-SEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่างจากวิธี PLS-SEM นอกจากนี้ยังพบว่าวิธี CB-SEM จากตัวอย่างขนาดเล็กที่แนวโน้มที่ใกล้เคียงกับการประมาณค่าจากวิธี PLS-SEM

3) ค่าประเมินโมเดล ผลการวิจัยพบว่า ค่าการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝง(R^2) จากการประมาณด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีขนาดต่างกันแต่ทิศทางของความแตกต่างยังไม่ชัดเจนนัก แต่มีแนวโน้มที่เห็นชัดเจนว่าค่า R^2 จากวิธี CB-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่สูงกว่าวิธี PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และค่า R^2 จากวิธี PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กสูงกว่าวิธี CB-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และวิธี PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

4) ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ ผลการวิจัยพบว่า ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ให้ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาเป็นตัวแปรกำกับส่วนใหญ่คล้ายคลึงกันทั้งตัวอย่างขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่พบว่าต่างกัน คือ ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากวิธี CB-SEM ตัวอย่างขนาดใหญ่กับขนาดเล็กมีความไม่เหมือนกันมากกว่าคู่อื่น

จากผลการเปรียบเทียบทั้ง 4 ประเด็น สามารถสรุปได้ว่าการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM มีความแตกต่างกันเรื่องรายเอียดการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าพารามิเตอร์และค่าประเมินโมเดล โดยวิธี PLS-SEM มีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่มากกว่า CB-SEM ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี PLS-SEM มีขนาดสูงกว่าและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มากกว่า CB-SEM ในขณะที่อันดับและทิศทางของค่าพารามิเตอร์ไม่แตกต่างกัน สำหรับค่าประเมินโมเดลวิธี PLS-SEM และ CB-SEM มีค่าต่างกัน แต่ค่าพารามิเตอร์มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มไม่ต่างกัน แสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์ผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 5 ที่ตั้งไว้

4.2 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ

ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธี PLS-SEM กับ CB-SEM เพื่อตรวจสอบว่าคล้ายคลึงกันหรือไม่แตกต่างกันซึ่งเป็นสมมติฐานการวิจัยข้อ 6 แบ่งการเปรียบเทียบเป็น 4 ประเด็น คือ 1) ขั้นตอนการประมวลผล 2) ค่าประมาณพารามิเตอร์ในโมเดล 3) ค่าประเมินตัวแปรแฝงภายใน และ 4) ผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ รายละเอียดดังนี้

1) รายละเอียดการวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า การประมวลผลข้อมูลด้วยวิธี PLS-SEM พบไม่พบปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบหรือแก้สมการไม่เหมาะสมในการวิเคราะห์โมเดลการความสัมพันธ์เชิงสาเหตุทั้งในภาพรวม จำแนกตามเพศ กลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรี และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี ตรงข้ามกับวิธี CB-SEM ที่เกิดปัญหาดังกล่าวในทุกโมเดล นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงจำนวนครั้งในการประมวลผลพบว่า วิธี PLS-SEM มีจำนวนครั้งที่ประมวลผลเพียงหนึ่งครั้งซึ่งน้อยกว่าวิธี CB-SEM ใช้การประมวลผลอย่างน้อย 2 ครั้ง ในการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติในภาพรวมและจำแนกตามภูมิหลังของนิสิตนักศึกษา

2) ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล ส่วนนี้มีการพิจารณาผลการวิจัยใน 4 ประเด็น คือ 1) การมีนัยสำคัญทางสถิติ 2) อันดับของพารามิเตอร์ 3) ทิศทางของพารามิเตอร์ และ 4) ขนาดของพารามิเตอร์ในโมเดล ผลการวิจัยมีดังนี้

- การมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจยพบว่า ค่าพารามิเตอร์ในโมเดลทั้งน้ำหนักองค์ประกอบและอิทธิพลเชิงสาเหตุมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เหมือนกันทั้งจากวิธี PLS-SEM และ CB-SEM

- อันดับของพารามิเตอร์ ผลการวิจยพบว่า ค่าพารามิเตอร์ในโมเดลมีอันดับจากการเรียงจากมากไปหาน้อยเหมือนกันทุกค่าทั้งน้ำหนักองค์ประกอบและอิทธิพลเชิงสาเหตุ คือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้ความรู้น้อยกว่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้ลักษณะนิสัย และค่าอิทธิพลเชิงสาเหตุของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีต่อการรู้สถิติมีค่าต่ำกว่าการมีประสบการณ์กับสถิติต่อการรู้สถิติทั้งจากวิธี PLS-SEM และ CB-SEM

- ทิศทางของพารามิเตอร์ ผลการวิจยพบว่า ค่าพารามิเตอร์ในโมเดลทั้งน้ำหนักองค์ประกอบและอิทธิพลเชิงสาเหตุมีทิศทางเหมือนกันทั้งสองวิธีโดยน้ำหนักองค์ประกอบของการรู้สถิติมีค่าเป็นบวกและการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติมีค่าอิทธิพลเชิงสาเหตุต่อการรู้สถิติเป็นบวก ทั้งจากวิธี PLS-SEM และ CB-SEM

- ขนาดของพารามิเตอร์ในโมเดล ผลการวิจยพบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้การรู้สถิติจากวิธี PLS-SEM สูงกว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากวิธี CB-SEM ทั้งสองตัว ส่วนขนาดอิทธิพลเชิงสาเหตุของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีต่อการรู้สถิติจากวิธี PLS-SEM สูงกว่าวิธี CB-SEM ในขณะที่การมีประสบการณ์กับสถิติต่อการรู้สถิติวิธี PLS-SEM ต่ำกว่าวิธี CB-SEM

3) ค่าประเมินโมเดล ด้วยค่าอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝงการรู้สถิติจากตัวแปรแฝงภายนอกหรือสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่า ค่าอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝงการรู้สถิติจากการเรียนรู้สถิติเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติ จากวิธี PLS-SEM และวิธี CB-SEM ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติทั้งในภาพรวมและจำแนกกลุ่มตามภูมิหลัง มีค่า R^2 จากวิธี PLS-SEM ต่ำกว่าค่า R^2 จากวิธี CB-SEM กล่าวคือ ตัวแปรแฝงภายนอกร่วมกันอยู่อธิบายตัวแปรแฝงการรู้สถิติจากวิธี PLS-SEM ต่ำกว่าวิธี CB-SEM

4) ผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ ผลการวิจัยพบว่า การวิเคราะห์ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ให้ผลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่

คล้ายคลึงกัน คือ นิสิตนักศึกษาที่อยู่กลุ่มสาขาและเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีต่างกันไม่มีความแตกต่างกันระหว่างน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้การรู้สถิติและอิทธิพลจากตัวแปรแฝงภายนอก คือ การเรียนรู้สถิติเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติต่อการรู้สถิติ ยกเว้นนิสิตนักศึกษาที่มีเพศต่างกันจะมีอิทธิพลจากการเรียนรู้สถิติเทคโนโลยีต่อการรู้สถิติต่างกันคือ การเรียนรู้สถิติเทคโนโลยีกลุ่มนิสิตนักศึกษาชายส่งผลต่อการรู้สถิติมากกว่านิสิตนักศึกษาหญิง ส่วนนิสิตนักศึกษามีการเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรีต่างกันการใช้วิธีการทั้งสองให้ผลแตกต่างคือ วิธี PLS-SEM พบความแตกต่างระหว่างค่าอิทธิพลจากตัวแปรแฝงภายนอกต่อตัวแปรแฝงการรู้สถิติ กล่าวคือ การมีประสบการณ์กับสถิติมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติในกลุ่มที่เรียนสถิติมากกว่าในกลุ่มที่ไม่เคยเรียนสถิติในระดับปริญญาตรี ในขณะที่วิธี CB-SEM ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มดังกล่าว

จากผลการวิจัยทั้ง 4 ประเด็น สามารถสรุปได้ว่าผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 6 ที่ตั้งไว้ว่า ผลการตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและอิทธิพลของตัวแปรภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับต่อโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEM ต่างกัน

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ การอภิปรายผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อมูลเบื้องต้น และตอนที่ 2 การอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัย จำนวน 3 ข้อ และเพิ่มการอภิปรายข้อจำกัดในการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การอภิปรายผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

การอภิปรายผลการวิจัยการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวข้องตัวอย่างและตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ความเป็นตัวแทนประชากรที่ดีของตัวอย่าง และ 2) ลักษณะการแจกแจงของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัย รายละเอียดดังนี้

1.1 ความเป็นตัวแทนประชากรที่ดีของตัวอย่าง

ตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่ศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยเอกชนถึงร้อยละ 58.38 ส่วนสังกัดสถาบันอุดมศึกษาในกำกับรัฐ และสถาบันอุดมศึกษาของรัฐมีจำนวนใกล้เคียงกันคือร้อยละ 16.86 และ 16.76 ตามลำดับ ที่เหลือเป็นนิสิตนักศึกษาจากสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ (ราชภัฏ) ร้อยละ 7.99 เกรดเฉลี่ยรวมอยู่ระหว่าง 2.51 – 3.50 ร้อยละ 65.78 กลุ่มนิสิตนักศึกษาหญิงมีร้อยละ 68.44 เคยเรียนวิชาสถิติร้อยละ 65.48 และเคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี ร้อยละ 67.36 ซึ่งสะท้อนให้เห็นสัดส่วนของนิสิตนักศึกษาอาจไม่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างที่ต้องการให้จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเท่าเทียมกันเพื่อให้การประมาณค่าพารามิเตอร์เหมาะสมในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (Joreskog & Sorbom, 1996; นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) อย่างไรก็ตามความแตกต่างของจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มไม่มากจนทำให้ผลการวิจัยขาดความน่าเชื่อถือ

1.2 ลักษณะการแจกแจงของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรสังเกตได้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 9 ตัว มีตัวแปรสังเกตได้ 6 จาก 9 ตัว มีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ ส่วนใหญ่ข้อมูลมีลักษณะเบ้ซ้ายและโด่งต่ำ เป็นตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบด้านความรู้ทั้ง 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ และตัวบ่งชี้ท่าทีเชิงวิพากษ์ขององค์ประกอบลักษณะนิสัย การที่ตัวแปรสังเกตได้ดังกล่าวมีลักษณะข้อมูลเป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และจำนวนข้อที่ใช้วัดตัวแปรเหล่านี้มีจำนวนน้อย คือ 4 – 7 ข้อ แต่อย่างไรก็ตาม งานวิจัยครั้งนี้มีตัวอย่างขนาดใหญ่จึงทำให้ปัญหานี้ยังไม่รุนแรงและงานวิจัยยังมีความแกร่ง (Joreskog & Sorbom, 1996)

ตอนที่ 2 การอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์วิจัย 3 ข้อ คือ 1) พัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ 2) พัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ และ 3) เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธีการวิเคราะห์ PLS-SEM และ CB-SEM ผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

2.1 อภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ

การอภิปรายผลส่วนนี้แบ่งตามประเด็นที่ค้นพบ 3 ประเด็นคือ 1) โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี 2) คะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี และ 3) อิทธิพลของตัวแปรภูมิหลังที่เป็นตัวแปรกำกับโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

1) โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา ผลการวิจัยพบว่าโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่ผู้วิจัยพัฒนาตามแนวคิดของ Gal (2004) ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้ และลักษณะนิสัย โดยที่องค์ประกอบด้านความรู้มีตัวบ่งชี้ 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยทั้ง 2 ตัว คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ และตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดนี้ตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ผลการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่าโมเดลการวัดการรู้สถิติมีความตรงเชิงโครงสร้างโดยโมเดลการวัดสอดคล้องกับข้อมูลนิสิตนักศึกษาตัวอย่าง โมเดลการวัดการรู้สถิติในภาพรวมมีน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวบ่งชี้ทุกตัวมีความสำคัญต่อการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้

องค์ประกอบทั้งสองคือความรู้ และลักษณะนิสัยมีความสำคัญต่อการรู้สถิติ โดยองค์ประกอบด้านความรู้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการรู้สถิติสูงกว่าองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัย แสดงว่าการที่

นิสิตนักศึกษาจะมีการรู้สถิติดีต้องอาศัยทั้งความรู้และลักษณะนิสัยเกี่ยวข้องการสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความรู้ที่ดีด้านทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบทและทักษะเชิงวิพากษ์ ร่วมกับลักษณะนิสัยที่ต้องเป็นผู้ที่ชอบวิพากษ์และมีความเชื่อและทัศนคติที่ดีต่อสถิติส่งผลต่อการรู้สถิติที่มีแนวโน้มสูงด้วย สามารถอธิบายได้ว่า การรู้สถิติ คือ ความสามารถในการเข้าใจ ตีความ และประเมินข้อมูลสารสนเทศและผลลัพธ์ทางสถิติที่พบในชีวิตประจำวันและสามารถสื่อสารปฏิกิริยาของตนต่อข้อมูลทางสถิตินั้นได้ ซึ่งความสามารถในการเข้าใจ ตีความ และประเมินข้อมูลสารสนเทศทางสถิติต้องอาศัยองค์ประกอบการรู้สถิติด้านความรู้ดังนี้ 1) ทักษะการรู้หนังสือ คือ การเข้าใจและตีความข้อความที่เกี่ยวข้องกับสถิติที่บรรยายด้วยตัวอักษร แสดงด้วยตาราง กราฟหรือรูปภาพ เนื่องจากข้อความทางสถิติทั้งหมดจะส่งผ่านทางข้อความที่เป็นตัวอักษรที่ต้องอ่านหรือเป็นคำพูดจากการฟัง หรือผ่านทางข้อความในรูปตาราง กราฟ หรือรูปภาพ นิสิตนักศึกษารู้สถิติต้องมีทักษะการรู้หนังสือนี้เพื่อให้เข้าใจ ตีความและประเมินข้อมูลสารสนเทศทางสถิติในข้อความในรูปแบบต่างๆ ได้ดี (Gal, 2004; Watson, 2006) 2) ความรู้สถิติศาสตร์ คือ ความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์เรื่องชนิดของข้อมูลและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติบรรยาย การแสดงกราฟ และตารางทางสถิติ และความน่าจะเป็นพื้นฐานและสถิติอ้างอิง เป็นสิ่งจำเป็นเบื้องต้นที่นิสิตนักศึกษาที่รู้สถิติจำเป็นต้องมีเพื่อเข้าใจ ตีความ และประเมินข้อความที่มีข้อมูลสารสนเทศทางสถิติ รวมถึงสามารถสร้างข้อมูลสารสนเทศทางสถิติได้ (Gal, 2004; UNECE, 2012; Watson, 2006) 3) ความรู้คณิตศาสตร์ คือ ความเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์เรื่องจำนวนและการดำเนินการ เศษส่วนและทศนิยมซึ่งเป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน เช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย เป็นต้น ความรู้คณิตศาสตร์นี้ช่วยให้นิสิตนักศึกษาที่รู้สถิติสามารถสร้างข้อมูลทางสถิติ และเข้าใจแนวคิดพื้นฐานทางสถิติได้ 4) ความรู้เชิงบริบท คือ ความสามารถในการเลือกใช้และประเมินการใช้สถิติกับข้อมูลให้เหมาะสมกับสถานการณ์ทั้งในการเรียนและชีวิตประจำวัน(สังคม) ซึ่งความรู้นี้ช่วยให้นิสิตนักศึกษาที่รู้สถิติสร้าง ตีความและเข้าใจข้อความที่มีข้อมูลสารสนเทศทางสถิติได้เหมาะสมกับสถานการณ์ (Gal, 2004; UNECE, 2012; Watson, 2006) และ 5) ทักษะเชิงวิพากษ์ คือ ความสามารถในการประเมินความถูกต้องเหมาะสมของแหล่งข้อมูล กลุ่มตัวอย่าง ลักษณะข้อมูล ผลการวิจัย และการใช้สถิติในบทความที่มีการนำเสนอข้อมูลทางสถิติ นิสิตนักศึกษาที่รู้สถิติควรสามารถประเมินข้อมูลสถิติในข้อความเรื่องความถูกต้องเหมาะสม ความเป็นธรรมชาติและน่าเชื่อของหลักฐานที่นำเสนอ และทราบได้ว่าข้อมูลที่นำเสนออาจตีความไปในทิศทางอื่นได้ (Gal, 2004; UNECE, 2012; Watson, 2006) ส่วนองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติเกี่ยวกับการรู้สถิติที่นิสิตนักศึกษาที่รู้สถิติแสดงออกให้เห็นหรือซ่อนอยู่ภายในซึ่งเป็นกระบวนการทางจิตใจ เช่น กระบวนการคิดเกี่ยวกับความหมายของข้อความที่อ่าน การตั้งคำถามและตอบคำถามเกี่ยวกับข้อมูลสถิติ หรือความรู้สึกที่มีต่อข้อมูลสถิติ หรือปฏิกิริยาต่อข้อความ เช่น การอ่านซ้ำๆ การหากราฟเพื่ออ่าน เป็นต้น ซึ่งการกระทำดังกล่าวอาจเกิดขึ้นเพียงบางครั้งบางคราวหรือเป็นประจำจัดว่าเป็นลักษณะนิสัยที่จำเป็นสำหรับนิสิตนักศึกษาที่รู้สถิติ ท่าทีเชิงวิพากษ์เป็นสิ่งแรกที่คาดหวังให้นิสิต

นักศึกษาที่รู้สถิติยึดเป็นนิสัย เพราะท่าทีเชิงวิพากษ์เป็นพฤติกรรมที่บุคคลแสดงถึงความเข้าใจเนื้อหาของข้อความทางสถิติ บอกได้ถึงความสมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์ของข้อความทางสถิติ และโต้แย้งเกี่ยวกับความไม่ถูกต้องเหมาะสมของการเสนอข้อมูลในข้อความทางสถิติที่พบในสื่อต่างๆ ได้ นอกจากนี้นิสิตนักศึกษาที่รู้สถิติควรมีความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติในทางบวกเนื่องจากเป็นการแสดงถึงจุดยืนและความเต็มใจในการพยายามทำสิ่งต่างๆที่เกี่ยวกับสถิติ (Gal, 2004)

เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่พบว่ามีการศึกษาการรู้สถิติตามแนวคิดของ Gal (2004) ในลักษณะของโมเดลสมการโครงสร้างที่ทำการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้และตัวแปรแฝงในคราวด้วยกัน พบเพียงการวิเคราะห์แยกออกตามตัวบ่งชี้ของการรู้สถิติและไม่มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงการรู้สถิติกับองค์ประกอบย่อยและตัวบ่งชี้ (Wade, 2009) ดังนั้นการวิเคราะห์นี้จึงให้สารสนเทศเกี่ยวกับระหว่างตัวแปรแฝงการรู้สถิติกับองค์ประกอบย่อยและตัวบ่งชี้ที่มีมากกว่างานวิจัยที่ผ่านมา การวิเคราะห์นี้ทำให้เห็นถึงความสำคัญของตัวบ่งชี้ทักษะเชิงวิพากษ์ที่มีน้อยกว่าตัวบ่งชี้อื่น แต่ก็ยังไม่พบงานวิจัยที่จะนำมายืนยันหรือหักล้างข้อค้นพบนี้

2) คะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา เมื่อพิจารณาคะแนนการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่ได้จากการคำนวณจากสัมประสิทธิ์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้ในโมเดลการวัดการรู้สถิติจากวิธี PLS-SEM และ CB-SEM ให้ผลสอดคล้องกัน คือ นิสิตนักศึกษาปริญญาตรีมีคะแนนเฉลี่ยการรู้สถิติ คะแนนองค์ประกอบด้านความรู้ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยอยู่ในระดับพอใช้ โดยนิสิตนักศึกษาส่วนใหญ่มีคะแนนการรู้สถิติในระดับพอใช้มากที่สุด รองลงมาคือ ระดับต้องปรับปรุง และดี และน้อยที่สุดคือ ระดับดีมาก นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนการรู้สถิติ คะแนนองค์ประกอบด้านความรู้ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของคะแนนการรู้สถิติระหว่างนิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังต่างกันด้านกลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แต่คะแนนการรู้สถิติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้านเพศ ซึ่งความแตกต่างนี้สอดคล้องกับความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยในระดับตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบที่มีความแตกต่างกันระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้านกลุ่มสาขาวิชา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แต่คะแนนการรู้สถิติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาด้านเพศเช่นกัน ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Philips, 1990 อ้างถึงใน Kim, 2006) กล่าวคือ ผู้เรียนในสาขาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และสถิติมีทัศนคติที่ดีต่อสถิติ แต่ผู้เรียนในสาขาอื่นจะไม่เป็นเช่นนี้ Gal and Ginsburg (1994) กล่าวว่าเนื่องจากบทบาทและความสำคัญของสถิติในการเรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคตของแต่ละสาขาวิชาแตกต่างกัน ผู้เรียนที่ไม่ได้เรียนคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาใกล้ๆ จะไม่สามารถประยุกต์ใช้สถิติได้ดีเท่ากับผู้เรียนที่เรียนคณิตศาสตร์มาไม่นาน (Bandalos et al., 1995) จากการศึกษาของ Onwuegbuzie (2003) พบว่าจำนวนรายวิชาสถิติศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัยมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสถิติ Brown & Brown (1995) ศึกษาพบอิทธิพลของเกรดของวิชาสถิติก่อนหน้าต่อทัศนคติของผู้เรียนวิชาสถิติ เนื่องจากความสำเร็จของประสบการณ์และผลสัมฤทธิ์ก่อนหน้ามี

ผลทางบวกต่อความรู้สึกของผู้เรียนทั้งการรับรู้ความสามารถและทัศนคติ และ Wade และ Goodfellow (2009) ศึกษาพบว่าผู้ที่มีเรียนวิชาสถิติมีการรู้สถิติสูงกว่าผู้ที่ไม่ได้เรียนมาก่อนทั้งด้านความรู้คณิตศาสตร์ สถิติ และรู้หนังสือ และทักษะเชิงวิพากษ์

3) อิทธิพลของตัวแปรภูมิหลังที่เป็นตัวแปรกำกับโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา นิสิตนักศึกษาที่มีภูมิหลังด้านกลุ่มสาขาวิชา และการเรียนวิชาสถิติต่างกันมีผลให้โมเดลการวัดการรู้สถิติแปรเปลี่ยนเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 ที่ตั้งไว้ โดยการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีอิทธิพลต่อน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้ทักษะเชิงวิพากษ์ คือ นิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีมีน้ำหนักองค์ประกอบทักษะเชิงวิพากษ์สูงกว่านิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติ การที่น้ำหนักองค์ประกอบทักษะเชิงวิพากษ์ในกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เคยเรียนอาจเนื่องจากกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนสถิติระดับปริญญาตรีได้รับความรู้แนวคิดและวิธีการทางสถิติที่มากขึ้นกว่าที่เคยเรียนในระดับมัธยมศึกษา ความรู้ที่ได้รับช่วยให้นิสิตนักศึกษาสามารถประเมินความถูกต้องเหมาะสมของข้อมูลสถิติในข้อความซึ่งถือว่าเป็นทักษะเชิงวิพากษ์ที่จำเป็นต่อการรู้สถิติในขณะที่นิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีจะขาดความรู้ในเรื่องนี้จึงทำให้มีทักษะด้านนี้มีความสำคัญน้อยกว่า (Gal, 2004; Wade, 2009)

2.2 อภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 เพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับ

การอภิปรายผลส่วนนี้แบ่งตามประเด็นที่ค้นพบ 2 ประเด็นคือ 1) โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา 2) อิทธิพลของตัวแปรภูมิหลังที่เป็นตัวแปรกำกับโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา ดังนี้

1) โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา ตัวแปรปัจจัยส่งผลต่อการรู้สถิติ 2 ตัว คือ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี และการมีประสบการณ์กับสถิติส่งผลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3 ที่ตั้งไว้ โดยการมีประสบการณ์กับสถิติมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติสูงกว่าการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี ซึ่งการมีประสบการณ์กับสถิติมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gal, 2003; Garfield & Ben-Zvi, 2007; Lawson, 2003; Martizez & Dawson, 2010; Tishkovakay & Lancaster, 2010) เนื่องจากการที่ผู้เรียนได้พบกับข้อมูลทางสถิติที่นำเสนอในสื่อ การได้มีโอกาสได้แลกเปลี่ยนคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลทางสถิติช่วยให้นิสิตนักศึกษาได้เรียนรู้กับสถิติมากขึ้น และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้ (Garfield & Ben-Zvi, 2004; Martzez & Dawson, 2010)

นอกจากนี้ การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติสอดคล้องกับงานวิจัยของ Garfield และ Ben-Zvi (2004), Nikiforidou (2010), Hilton และ Chridtenden (2002), Utts และคณะ (2003) และ Mittag (2010) การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติเนื่องจากการใช้เทคโนโลยี ได้แก่ คอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ อินเทอร์เน็ต อาจช่วยสร้างความรู้ให้กับผู้เรียนด้วยการ

ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้จากหลากหลายทาง ทั้งจากการอ่าน ได้เห็นตัวอย่าง และลงมือปฏิบัติการกับข้อมูลด้วยตนเองผ่านทางเทคโนโลยีที่มีอยู่ (Garfield & Ben-Zvi, 2004)

2) อิทธิพลของตัวแปรภูมิหลังที่เป็นตัวแปรกำกับโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา

ผลการวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลตัวแปรภูมิหลังที่เป็นตัวแปรกำกับพบว่าตัวแปรภูมิหลังด้านเพศ และการเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรีส่งผลต่อโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติ คือ ตัวแปรภูมิหลังด้านเพศส่งผลต่ออิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา โดยนิสิตนักศึกษาชายที่ได้รับอิทธิพลของการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีส่งผลต่อการรู้สถิติสูงกว่าในกลุ่มนิสิตนักศึกษาหญิง อาจเนื่องจากนิสิตนักศึกษาชายเรียนรู้ในการใช้เทคโนโลยีได้เร็ว และมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีและนำเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ทั้งการเรียนและอื่นๆ จึงทำให้นิสิตนักศึกษาชายสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับสถิติได้ดีกว่านิสิตนักศึกษาหญิง

2.3 อภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่มีภูมิหลังเป็นตัวแปรกำกับระหว่างวิธีการวิเคราะห์ PLS-SEM และ CB-SEM

การอภิปรายผลการวิจัยส่วนนี้แบ่งเป็น 4 ส่วน ตามเกณฑ์การเปรียบเทียบระหว่างวิธี CB-SEM และ PLS-SEM คือ 1) รายละเอียดการวิเคราะห์ 2) ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล 3) ค่าประเมินโมเดล และ 4) การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ระหว่างภูมิหลัง รายละเอียดดังนี้

1) รายละเอียดการวิเคราะห์ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างด้วยวิธี CB-SEM พบว่าปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบหรือการแก้สมการไม่เหมาะสม คือ มีความแปรปรวนติดลบ ปัญหาเหล่านี้อาจเกิดจากการที่ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติ จำนวนตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบมีจำนวนน้อย (Lu et al., 2010) แต่ปัญหาสามารถแก้ไขได้ด้วยการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับพารามิเตอร์นี้ (Joreskog & Sorbom, 1996) จึงส่งผลให้การวิเคราะห์ด้วยวิธี CB-SEM มีจำนวนครั้งที่ใช้ในประมวลผลมากกว่าวิธี PLS-SEM ทั้งในการวิเคราะห์โมเดลการวัดและการวิเคราะห์กลุ่มพหุ รายละเอียดการวิเคราะห์ที่ต่างกัน เป็นประเด็นหนึ่งที่ผู้วิจัยบางรายใช้ในการพิจารณาเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ โดยผู้วิจัยบางรายหันมาใช้วิธี PLS-SEM แทน (Reinartz, 2009) แต่อย่างไรก็ตามการเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ควรคำนึงถึงความถูกต้องของค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยเช่นกัน (Goodhue et al., 2012b)

2) ค่าพารามิเตอร์ในโมเดล จากผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลด้วยวิธี PLS-SEM และ CB-SEMใน 4 ประเด็น คือ 1) การมีนัยสำคัญทางสถิติ 2) อันดับ 3) ทิศทางผลการวิจัย และ 4) ขนาดของค่าพารามิเตอร์ พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบส่วนใหญ่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทิศทางเดียวกัน อันดับของน้ำหนักองค์ประกอบเหมือนกัน น้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้ในโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีจากวิธี CB-SEM และ PLS-SEM และขนาดตัวอย่างใหญ่

และเล็กที่ทิศทางเดียวกันทุกตัว (Hair, et al., 2013) และน้ำหนักองค์ประกอบจากวิธีประมาณค่าเดียวกันแต่ขนาดตัวอย่างต่างกันมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับตัวอย่างขนาดเล็ก เช่นเดียวกับวิธี PLS-SEM ที่ค่าน้ำหนักองค์ประกอบในตัวอย่างขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับตัวอย่างขนาดเล็ก แต่ในทางตรงข้ามค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากในตัวอย่างขนาดเดียวกันแต่ใช้วิธีประมาณค่าต่างกันจะมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่างกัน กล่าวคือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบในตัวอย่างขนาดใหญ่วิธี CB-SEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่างจากวิธี PLS-SEM เช่นเดียวกับในตัวอย่างขนาดเล็กจากวิธี CB-SEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่างจากวิธี PLS-SEM (Chin, 1995; Goodhue et al., 2012)

เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลระหว่างวิธี CB-SEM กับ PLS-SEM พบว่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้จากวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็กให้ผลการมีนัยสำคัญทางสถิติต่างจากน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้กลุ่มอื่นโดยเฉพาะวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่และวิธี PLS-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็กซึ่งเป็นวิธีที่ให้การประมาณค่าที่ดีตามทฤษฎี นอกจากนี้วิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็กมีอันดับน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้และขนาดของค่าพารามิเตอร์ค่าพารามิเตอร์ในโมเดลต่างจากน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้จากกลุ่มอื่นโดยเฉพาะวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดใหญ่ และวิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็กที่แนวโน้มที่ใกล้เคียงกับการประมาณค่าจากวิธี PLS-SEM

3) ค่าประเมินโมเดลด้วยค่าการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรแฝง (R^2) ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันแต่ทิศทางของความแตกต่างกันยังไม่ชัดเจนกล่าว คือ ค่า R^2 ในบางโมเดลวิธี PLS-SEM ให้ค่าสูงกว่าวิธี CB-SEM ในทางตรงข้าม ในบางโมเดลวิธี PLS-SEM ให้ค่าต่ำกว่าวิธี CB-SEM การที่อธิบายผลการวิจัยดังกล่าวอาจเกิดจากกระบวนการวิเคราะห์ของแต่ละวิธีที่ต้องการการศึกษาที่ลึกซึ้งมากขึ้นต่อไป (Oleksiak, 2009) แต่มีแนวโน้มที่เห็นชัดเจนว่าค่า R^2 จากวิธี CB-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่สูงกว่าวิธี PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และค่า R^2 จากวิธี PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กสูงกว่าวิธี CB-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และวิธี PLS-SEM ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

4) การพบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า การวิเคราะห์ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM ให้ผลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่คล้ายคลึงกัน คือ พบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มส่วนใหญ่เหมือนกัน เป็นไปตามที่ (Sarstedt et al., 2011) กล่าวว่า ผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุจากวิธี PLS-SEM และ CB-SEM ให้ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกัน แต่วิธี PLS-SEM มีแนวโน้มพบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์มากกว่าวิธี CB-SEM แต่แนวโน้มนี้ยังไม่ชัดเจน อาจเนื่องจากลักษณะข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่เป็นปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Qureshi (2009) ที่กล่าวว่า ถ้าข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นปกติและน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้บางตัวน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การพบความแตกต่างของพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มจะไม่เป็นระบบหรือมีแนวโน้มที่ชัดเจน

ข้อจำกัดในการวิจัย

1. เครื่องมือวิจัยเป็นแบบสอบถามที่ประกอบด้วย ข้อคำถามที่เป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า และข้อคำถามที่มีลักษณะแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และวิพากษ์บทความ จำนวน 8 ข้อ ซึ่งผู้ตอบแบบสอบมักใช้เวลาในการตอบข้อคำถามแบบเลือกตอบและวิพากษ์บทความมาก ทำให้เกิดความล้าและเหน็ดเหนื่อยของผู้ตอบ ซึ่งอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดได้

2. เกณฑ์การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างวิธี PLS-SEM และ CB-SEM เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างระหว่างวิธี PLS-SEM กับ CB-SEM โดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่างในสถานการณ์จริงจึงทำให้มีลักษณะข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์มีเพียงลักษณะเดียว อีกทั้งยังไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริง การใช้เกณฑ์ผลต่างระหว่างค่าพารามิเตอร์ที่น้อยกว่า 0.1 เป็นเพียงการคาดเดา (Goodhue et al., 2012) แต่อย่างไรก็ตามเกณฑ์นี้ก็สามารถทำให้ทราบแนวโน้มของค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดกับสถานการณ์นี้ (Oleksial, 2009)

3. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างวิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบ PLS-SEM และ CB-SEM ในครั้งนี้แสดงการเปรียบเทียบเฉพาะในสถานการณ์ที่ขนาดตัวอย่างต่างกัน ซึ่งนอกเหนือจากสถานการณ์เกี่ยวกับขนาดตัวอย่างแล้วยังมีเรื่องของการแจกแจง และความซับซ้อนของโมเดลที่อาจเป็นเงื่อนไขที่ทำให้ได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันอาจส่งผลให้ผลการวิเคราะห์แตกต่างกันได้ (Hair et al., 2013)

4. การวิจัยครั้งนี้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรกำกับเพียง 4 ตัว คือ เพศ กลุ่มสาขา การเรียนวิชาสถิติ และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี ซึ่งอาจยังไม่ครอบคลุมอิทธิพลของภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาที่อาจมีอิทธิพลกำกับโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี เช่น การเรียนวิชาวิจัย (Wade, 2009)

5. การวิจัยครั้งนี้สนใจศึกษาการรู้สถิติเฉพาะในกลุ่มนิสิตนักศึกษาเนื่องจากกลุ่มนี้มักเกี่ยวข้องกับการเรียนสถิติเพื่อใช้ในการเรียนหรือการทำงานในอนาคต แต่การรู้สถิติยังเกี่ยวข้องกับกลุ่มอื่นๆ ด้วย เช่น นักเรียนในทุกระดับชั้น กลุ่มผู้สอนสถิติ กลุ่มบุคคลทั่วไป เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และ 2) ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป รายละเอียดดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การนำผลการวิจัยไปใช้ประยุกต์ใช้มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. งานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีที่ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้ และลักษณะนิสัย โดยที่องค์ประกอบด้านความรู้มีตัวบ่งชี้ 5 ตัว คือ ทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิง

วิพากษ์ และองค์ประกอบด้านลักษณะนิสัยทั้ง 2 ตัว คือ ท่าทีเชิงวิพากษ์ และความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ รวมถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษา คือ การมีประสบการณ์กับสถิติ และการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี ซึ่งมีความเหมาะสมกับนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี ผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ครู อาจารย์หรือผู้สอนวิชาสถิติหรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับสถิติ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำความรู้ดังกล่าวไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเนื้อหา และกิจกรรมในการเรียนการสอนที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาและส่งเสริมการรู้สถิติให้นิสิตนักศึกษาทั้งทางด้านความรู้และลักษณะนิสัยที่ดีกับสถิติในกลุ่มนิสิตนักศึกษาหรือกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงได้

2. ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าความสำคัญของตัวบ่งชี้ทักษะเชิงวิพากษ์ที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนกับไม่เคยเรียนโดยกลุ่มผู้ที่เรียนสถิติทักษะเชิงวิพากษ์มีความสำคัญต่อการรู้สถิติสูง ดังนั้นถึงแม้ว่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้นี้จะน้อยแต่ก็มีความสำคัญอย่างมากต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาในกลุ่มที่ต้องเรียนวิชาสถิติในหลักสูตรด้วย นอกจากนี้การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยียังมีอิทธิพลต่อการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายสูงกว่านิสิตนักศึกษาหญิง การส่งเสริมการรู้สถิติด้วยเทคโนโลยีอาจพิจารณาให้เหมาะสมกับเพศของนิสิตนักศึกษาด้วยเช่นกัน

3. ข้อเสนอแนะในการเลือกใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างระหว่างวิธี PLS-SEM กับวิธี CB-SEM งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์จากทั้งสองวิธีให้ผลคล้ายคลึงกัน แต่การใช้วิธี CB-SEM ในตัวอย่างขนาดเล็กอาจทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่เหมาะสม กรณีที่งานวิจัยมีตัวอย่างขนาดเล็กควรเลือกใช้การวิธี PLS-SEM แทน แต่อย่างไรก็ตามแม้ผลการวิเคราะห์จากวิธี PLS-SEM จะให้ผลการวิเคราะห์ที่คล้ายคลึงกันกับ CB-SEM แต่ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากวิธี PLS-SEM จะมีความเอนเอียงสูงกว่าวิธี CB-SEM

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปจากผลการวิจัยครั้งมีดังนี้

1. เนื่องจากโมเดลการวัดการรู้สถิติมีข้อคำถามที่มีลักษณะแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบวิพากษ์บทความ ซึ่งผู้ตอบแบบสอบมักใช้เวลาในการตอบในส่วนนี้มากทำให้เกิดความล้าและเหน็ดเหนื่อยของผู้ตอบ จึงควรพัฒนาเครื่องมือวัดที่มีความเหมาะสมมากขึ้น เช่น แบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก หรือใช้มาตรวัดประมาณค่าที่ใช้วัดองค์ประกอบความรู้อย่างแม่นยำ เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการตอบแบบสอบถามให้น้อยลง

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การรู้สถิติและปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ เพื่อพัฒนาโมเดลการวัดและโมเดลเชิงสาเหตุของการรู้สถิติที่เหมาะสมและอธิบายความแปรปรวนของการรู้สถิติในกลุ่มนิสิตนักศึกษาหรือกลุ่มอื่นได้ดีขึ้น

3. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างระหว่างวิธี PLS-SEM กับ CB-SEM จากข้อมูลที่ทราบค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงควรมีการพิจารณาเกณฑ์อื่นๆ เพิ่มเติม เช่น

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) (Goodhue et al., 2012a) หรืออาจใช้ข้อมูลจากสถานการณ์จำลองด้วยวิธีต่างๆ เพื่อให้ได้ผลการเปรียบเทียบที่ชัดเจนขึ้น

4. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างระหว่างวิธี PLS-SEM กับ CB-SEM จากข้อมูลที่มีลักษณะข้อมูลที่หลากหลายและครอบคลุมข้อจำกัดของแต่ละวิธี เช่น ขนาดตัวอย่าง ลักษณะการแจกแจงของข้อมูล ความซับซ้อนของโมเดลการวิจัย เป็นต้น

5. ควรเพิ่มการตรวจสอบโมเดลการวัดการรู้สถิติและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีตัวแปรภูมิหลังด้านอื่นเป็นตัวแปรกำกับเพื่อให้ครอบคลุมทุกกลุ่มที่เกี่ยวข้อง เช่น การเรียนวิชาวิจัย

6. ควรมีการศึกษาโมเดลการวัดและโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการรู้สถิติในกลุ่มอื่นๆ เช่น นักเรียนในทุกระดับชั้น กลุ่มผู้สอนสถิติ กลุ่มบุคคลทั่วไป เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

Hand, D. J. (2555). สถิติ ความรู้ฉบับพกพา=*Statistics: A very Short Introduction* (วิโรจน์ รุจิจนากุล, Trans.). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

Huff, D. (2013). วิธีปั่นหัวคนด้วยสถิติ *How to lie with Statistics* (นาถกมล บุญรอดพานิช, Trans. พูนลาภ อุทัยเสลิศอรุณ Ed.). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วีเลิร์น.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). ผลการประเมิน *PISA* 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

กลุ่มสารนิเทศ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2556). สารสนเทศอุดมศึกษา. Retrieved ธันวาคม, 2556, from http://www.info.mua.go.th/information/

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2554). การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). โมเดลลิสเรล : สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย (3 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2554). การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของผลการวัดระหว่างกลุ่มผู้ถูกวัด ด้วยการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง เอกสารประกอบการบรรยาย ในการประชุมปฏิบัติการนักวิจัยรุ่นกลาง วันที่ 29 มีนาคม 2554: สถาบันส่งเสริมการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

ปรีชาญ เดชศรี, & เกตุวดี กัมพลาศิริ. (2552). การศึกษาแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์นานาชาติ (*Trends in International Mathematics Study* 2007). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

ปรียา ปันทิยะ. (2554). ความผูกพันองค์กรและคุณภาพชีวิตในการทำงานของบุคลากรวิทยาลัยการอาชีพเกาะคา จังหวัดลำปาง. วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 4(1), 51-64.

พูลพงศ์ สุขสว่าง. (2556). โมเดลสมการโครงสร้าง(*STRUCTURAL EQUATION MODELING)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์วัฒนาพาณิช

มนตรี พิริยะกุล, & ชญานันท์ เกิดพิทักษ์. (2554). ตัวแบบเส้นทาง *PLS* ของผลการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์ในฐานะสื่อกลางสู่ผลการดำเนินงาน ด้านการตลาดและผลผลการดำเนินงานด้านการแข่งขันในธุรกิจปาล์น้ำมัน. Paper presented at the การประชุมวิชาการระดับชาติของนักเศรษฐศาสตร์ ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยรามคำแหง หัวหมาก กรุงเทพมหานคร วันที่ 29 ตุลาคม 2553.

วรงค์ศรี แสงบรรจง. (2555). เครื่องมือและโมเดลการวัดทีแพค-เอสของนิสิตนักศึกษาครู: การพัฒนาและวิเคราะห์เปรียบเทียบโมเดลแข่งขัน: วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิธี

วิทยาการวิจัยการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชาญ อมรากุล, บัณฑิต ผังนิรันดร์, & อภิชาต อนุกูลอำไพ. (2554). บุพปัจจัยและผลลัพธ์ของการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเชิงบูรณาการในการลดข้อขัดแย้งของชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่โขง ส่วนที่ 1 และลุ่มน้ำกก. Paper presented at the 12th KhonKaen University 2011 Graduate Research Conference.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม *CLASSICAL TEST THEORY* (6 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภรา เจริญภูมิ. (2554). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจซื้อในอนาคตของร้านค้าปลีกดั้งเดิมในเขตธนบุรีกรุงเทพมหานคร. วารสารบริหารธุรกิจ, 34(130), 36-46.

สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณา, & รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์. (2551). สถิติการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ : เทคนิคการใช้โปรแกรม *LISREL*. กรุงเทพฯ: บริษัท มิสชั่น มีเดีย จำกัด.

อวยพร เรืองตระกูล. (2553). สถิติประยุกต์ทางพฤติกรรมศาสตร์ *I*. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Aliaga, M., Cobb, G., Cuff, C., Garfield, J., Gould, R., Lock, R., . . . Utts, J. (2005). Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education college report. *Retrieved December,* 30, 2009.

Anderson, J. C., & Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological bulletin,* 103(3), 411.

Aoyama, K. (2007). Investigating a hierarchy of students' interpretations of graphs. *International Electronic Journal of Mathematics Education,* 2(3), 298-318.

Balaban, I., Mu, E., & Divjak, B. (2013). Development of an electronic Portfolio system success model: An information systems approach. *Computers & Education,* 60(1), 396-411.

Bandalos, D. L., Yates, K., & Thorndike-Christ, T. (1995). Effects of math self-concept, perceived self-efficacy, and attributions for failure and success on test anxiety. *Journal of Educational Psychology,* 87(4), 611.

Becker, J.-M., Klein, K., & Wetzels, M. (2012). Hierarchical latent variable models in PLS-SEM: guidelines for using reflective-formative type models. *Long range planning,* 45(5), 359-394.

Ben-Zvi, D. (2011). STATISTICAL REASONING LEARNING ENVIRONMENT. *EM TEIA| Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana,* 2(2).

Ben-Zvi, D., & Garfield, J. B. (2004). *The challenge of developing statistical literacy, reasoning, and thinking*: Springer.

Boomsma, A., & Hoogland, J. J. (2001). The robustness of LISREL modeling revisited. *Structural equation models: Present and future. A Festschrift in honor of Karl Jöreskog*, 139-168.

Brody, J. L., Dalen, J., Annett, R. D., Scherer, D. G., & Turner, C. W. (2012). Conceptualizing the role of research literacy in advancing societal health. *Journal of health psychology,* 17(5), 724-730.

Bugett, S., & Pfannkuch, M. (2007). *Assessing students' statistical literacy*

Chiesi, F., & Primi, C. (2010). Cognitive and non-cognitive factors related to students' statistics achievement. *Statistics Education Research Journal,* 9(1), 6-26.

Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. *Modern methods for business research,* 295(2), 295-336.

Chin, W. W. (2010). How to write up and report PLS analyses *Handbook of partial least squares* (pp. 655-690): Springer.

Chumney, F. L. (2012). Comparison of Maximum Likelihood, Bayesian, Partial Least Squares, and Generalized Structured Component Analysis Methods for Estimation of Structural Equation Models with Small Samples: An Exploratory Study.

Diamantopoulos, A., & Siguaw, J. A. (2006). Formative versus reflective indicators in organizational measure development: a comparison and empirical illustration. *British Journal of Management,* 17(4), 263-282.

Dijkstra, T. (1983). Some comments on maximum likelihood and partial least squares methods. *Journal of Econometrics,* 22(1), 67-90.

Escobar-Rodriguez, T., & Monge-Lozano, P. (2012). The acceptance of Moodle technology by business administration students. *Computers & Education,* 58(4), 1085-1093.

Finn, A., & Wang, L. (2014). Formative vs. reflective measures: Facets of variation. *Journal of Business Research,* 67(1), 2821-2826.

Fornell, C., & Bookstein, F. L. (1982). Two structural equation models: LISREL and PLS applied to consumer exit-voice theory. *Journal of Marketing Research (JMR),* 19(4).

Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Structural equation models with unobservable variables and measurement error: Algebra and statistics. *Journal of marketing research*, 382-388.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

François, K., Monteiro, C., & Vanhoof, S. (2008). Revealing the notion of statistical literacy within the PISA results. *status: published*.

Freeze, R., & Raschke, R. L. (2007). *An assessment of formative and reflective constructs in IS research.* Paper presented at the 15th European Conference on Information Systems (ECIS2007), June 7-9 2007, St. Gallen, Switzerland, University of St. Gallen, St. Gallen.

Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review,* 70(1), 1-25.

Gal, I. (2003). Teaching for statistical literacy and services of statistics agencies. *The American Statistician,* 57(2), 80-84.

Gal, I. (2004). Statistical literacy: Meanings, components, responsibilitie. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2004). Research on statistical literacy, reasoning, and thinking: Issues, challenges, and implications *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (pp. 397-409): Springer.

Garfield, J., & Ben‐ Zvi, D. (2007). How students learn statistics revisited: A current review of research on teaching and learning statistics. *International Statistical Review,* 75(3), 372-396.

Gefen, D., Straub, D. W., & Boudreau, M.-C. (2000). Structural equation modeling and regression: Guidelines for research practice.

Goodhue, D. L., Lewis, W., & Thompson, R. (2012a). Comparing PLS to Regression and LISREL: A Response to Marcoulides, Chin, and Saunders. *MIS Quarterly,* 36(3).

Goodhue, D. L., Lewis, W., & Thompson, R. (2012b). Does PLS have advantages for small sample size or non-normal data? *MIS Quarterly,* 36(3).

Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2010). Multivariate data analysis: a global perspective: Pearson Education.

Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2012a). Partial least squares: the better approach to structural equation modeling? *Long range planning,* 45(5), 312-319.

Hair, J. F., Sarstedt, M., Pieper, T. M., & Ringle, C. M. (2012b). The use of partial least squares structural equation modeling in strategic management research: a review of past practices and recommendations for future applications. *Long range planning,* 45(5), 320-340.

Hair, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Mena, J. A. (2012c). An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. *Journal of the Academy of Marketing Science,* 40(3), 414-433.

Hair Jr, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C., & Sarstedt, M. (2013). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*: SAGE Publications, Incorporated.

Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2012). 12 Using partial least squares path modeling in advertising research: basic concepts and recent issues. *Handbook of research on international advertising*, 252.

Henseler, J., Ringle, C. M., & Sinkovics, R. R. (2009). The use of partial least squares path modeling in international marketing. *Advances in International Marketing,* 20(1), 277-319.

Henseler, J., & Sarstedt, M. (2013). Goodness-of-fit indices for partial least squares path modeling. *Computational Statistics,* 28(2), 565-580.

Hilton, S. C., & Christensen, H. B. (2002). *Evaluating the impact of multimedia lectures on student learning and attitudes.* Paper presented at the Developing a Statistically Literate Society. Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching of Statistics.

Hsu, S.-H., Chen, W.-h., & Hsieh, M.-j. (2006). Robustness testing of PLS, LISREL, EQS and ANN-based SEM for measuring customer satisfaction. *Total Quality Management & Business Excellence,* 17(3), 355-372.

Hulland, J. (1999). Use of partial least squares (PLS) in strategic management research: a review of four recent studies. *Strategic management journal,* 20(2), 195-204.

Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (2012). *LISREL* 9.1: *LISREL Syntax Guide*. Chicago: Scientific Software International.

Kassim, N. A., Ismail, N., Mahmud, Z., & Zainol, M. S. (2010). Measuring Students Understanding of Statistical Concepts using Rasch Measurement. *International Journal of Innovation, Management and Technology,* 1(1), 13-19.

Kim, H. (2006). *A Model for Predicting Performance in Introductory Statistics Courses.* The Pennsylvania State University.

Kolb, D. A., Boyatzis, R. E., & Mainemelis, C. (2001). Experiential learning theory: Previous research and new directions. *Perspectives on thinking, learning, and cognitive styles,* 1, 227-247.

Kreitzer, M. J., Sierpina, V., & Fleishman, S. (2010). Teaching research literacy: a model faculty development program at Oregon College of Oriental Medicine. *Explore: The Journal of Science and Healing,* 6(2), 112-114.

Lau, W. W., & Yuen, A. H. (2011). Modelling programming performance: Beyond the influence of learner characteristics. *Computers & Education,* 57(1), 1202-1213.

Lawson, T. J., Schwiers, M., Doellman, M., Grady, G., & Kelnhofer, R. (2003). Enhancing students' ability to use statistical reasoning with everyday problems. *Teaching of Psychology,* 30(2), 107-110.

Lee, L., Petter, S., Fayard, D., & Robinson, S. (2011). On the use of partial least squares path modeling in accounting research. *International Journal of Accounting Information Systems,* 12, 305–328.

Lei, M., & Lomax, R. G. (2005). The effect of varying degrees of nonnormality in structural equation modeling. *Structural Equation Modeling,* 12(1), 1-27.

Lu, I. R., Kwan, E., Thomas, D. R., & Cedzynski, M. (2011). Two new methods for estimating structural equation models: An illustration and a comparison with two established methods. *International Journal of research in Marketing,* 28(3), 258-268.

Martinez-Dawson, R. (2010). *The effects of a course on statistical literacy upon students' challenges to statistical claims made in the media.* Clemson University.

McAlevey, L., & Sullivan, C. (2010). Statistical literacy and sample survey results. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology,* 41(7), 911-920.

Mittag, H.-J. (2010). *Promoting Statistical Literacy: A European Pilot Project to Bring Official Statistics into University and Secondary School Classrooms.* Paper presented at the Invited paper, 8th International Conference on Teaching Statistics.

Monecke, A., & Leisch, F. (2012). semPLS: structural equation modeling using partial least squares. *Journal of Statistical Software,* 48(3), 1-32.

Nikiforidou, Z., Lekka, A., & Pange, J. (2010). Statistical literacy at university level: the current trends. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 9, 795-799.

OECD. (2010). PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do - Student Performance in Reading, Mathematics and Science (Vol. Volume I): OECD Publishing.

OECD Statistics Canada. (2011). *Literacy for Life: Further Results from the Adult Literacy and Life Skills Survey*: OECD Publishing.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Ojose, B. (2011). Mathematics Literacy: Are We Able To Put The Mathematics We Learn Into Everyday Use? *Journal of Mathematics Education,* 4(1), 89-100.

Oleksiak, M. (2009). Satisfaction Drivers in Retail Banking: Comparison. *Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics,* 1(1), 83-102.

Onwuegbuzie, A. J. (2003). Modeling Statistics Achievement among Graduate Students. *Educational and psychological measurement,* 63(6), 1020-1038. doi: 10.1177/0013164402250989

Peng, D. X., & Lai, F. (2012). Using partial least squares in operations management research: A practical guideline and summary of past research. *Journal of Operations Management,* 30(6), 467-480.

Pierce, R., & Chick, H. (2011). *Reacting to quantitative data: Teachers' perceptions of student achievement reports.* Paper presented at the Mathematics: Traditions and (new) practices. Proceedings of the 23rd biennial conference of The Australian Association of Mathematics Teachers Inc. and the 34th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia Inc.

Qureshi, I., & Compeau, D. (2009). Assessing Between-Group Differences in Information Systems Research: A Comparison of Covariance-and Component-Based SEM. *MIS Quarterly,* 33(1).

Reinartz, W., Haenlein, M., & Henseler, J. (2009). An empirical comparison of the efficacy of covariance-based and variance-based SEM. *International Journal of research in Marketing,* 26(4), 332-344.

Reston, E. D. (2005). *Assessing statistical literacy in graduate level statistics education. Paper presented at the* 55. Paper presented at the th session of the International Statistical Institute.

Rigdon, E. E., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2010). Structural modeling of heterogeneous data with partial least squares. *Review of marketing research,* 7, 255-296.

Ringle, C. M., Götz, O., Wetzels, M., & Wilson, B. (2009). On the use of formative measurement specifications in structural equation modeling: A Monte Carlo simulation study to compare covariance-based and partial least squares model estimation methodologies.

Rumsey, D. J. (2002a). Discussion: Statistical literacy: Implications for teaching, research, and practice. *International Statistical Review,* 70(1), 32-36.

Rumsey, D. J. (2002b). Statistical literacy as a goal for introductory statistics courses. *Journal of Statistics Education,* 10(3), 6-13.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Sarstedt, M., Henseler, J., & Ringle, C. M. (2011). Multigroup analysis in partial least squares (PLS) path modeling: alternative methods and empirical results. *Advances in International Marketing,* 22, 195-218.

Satherley, P., Lawes, E., & Sok, S. (2008). *The Adult Literacy and Life Skills (ALL) survey: overview and international comparisons*: Comparative Education Research Unit, Research Division, Ministry of Education.

Schau, C., Stevens, J., Dauphine, T., & Del Vecchio, A. (1995). The development and validation of the Survey of Attitudes Towards Statistics. *Educational and psychological measurement,* 55, 868-875.

Schield, M. (2004). Statistical literacy curriculum design. *IASE Curriculum Design Roundtable. See www. StatLit. org/pdf/*2004*SchieldIASE. pdf*.

Schield, M. (2006). *Statistical literacy survey analysis: Reading graphs and tables of rates and percentages.* Paper presented at the Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching Statistics.

Schield, M. (2010). Assessing statistical literacy: take CARE. *Assessment methods in statistical education: an international perspective*, 133-152.

Schield, M. (2011). Statistical literacy: A new mission for data producers. *Statistical Journal of the IAOS,* 27, 173-183.

Sharma, P. N., & Kim, K. H. (2013). A comparison of PLS and ML bootstrapping techniques in SEM: a monte carlo study *New Perspectives in Partial Least Squares and Related Methods* (pp. 201-208): Springer.

Sharma, S., Doyle, P., Shandil, V., & Talakia'atu, S. (2010). Towards understanding models for statistical literacy: A literature review. *Waikato Journal of Education,* 15(3).

Tenenhaus, M. (2003). *Comparison between PLS and LISREL approaches for structural equation modeling: application to the measure of customer satisfaction.* Paper presented at the PLS and Related Methods. Proceedings of the PLS03 International Symposium.

Tenenhaus, M., Winzi, E. V., Chatelin, Y.-M., & Lauro, C. (2005). PLS path modeling. *Computational Statistics & Data Analysis,* 48, 159 – 205.

Tishkovskaya, S., & Lancaster, G. A. (2010). *Teaching strategies to promote statistical literacy: review and implementation.* Paper presented at the Proceedings of the 8th International Conference on Teaching Statistics, 11-16 July, Ljubljana, Slovenia.

UNECE :United Nations Economic Commission for Europe (Producer). (2012). Making data meaningful part 4: A guide to improving statistical literacy.

Utts, J. (2003). What educated citizens should know about statistics and probability. *The American Statistician,* 57(2), 74-79.

Van Groenestijn, M. (2003). Numeracy: a challenge for adult education. *Quantitative literacy: why numeracy matters for schools and colleges*, 229-234.

Wade, B., & Goodfellow, M. (2009). Confronting statistical literacy in the undergraduate social science curriculum. *Sociological Viewpoints,* 25, 75-90.

Wade, B. A. (2009). *Statistical literacy in adult college students.* The Pennsylvania State University.

Wallman, K. K. (1993). Enhancing statistical literacy: Enriching our society. *Journal of the American Statistical Association,* 88(421), 1-8.

Watson, J., & Callingham, R. (2003). Statistical literacy: A complex hierarchical construct. *Statistics Education Research Journal,* 2(2), 3-46.

Watson, J. M. (1998). *Assessment of statistical understanding in a media context.* Paper presented at the Proceedings of the Fifth International Conference on Teaching Statistics, Voorburg, The Netherlands: International Statistics Institute.

Wetzels, M., Odekerken-Schröder, G., & Van Oppen, C. (2009). Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration. *MIS Quarterly,* 33(1).

Wilkins, J. L. (2010). Modeling quantitative literacy. *Educational and psychological measurement,* 70(2), 267-290.

Wilson, B., & Henseler, J. (2007, 3rd-5th December 2007). *Modeling Reflective Higher-Order Constructs using Three Approaches with PLS Path Modeling: A Monte Carlo Comparison.* Paper presented at the the Australian and New Zealand Marketing Academy Conference, Department of Marketing, School of Business, University of Otago. .

Wold, H. (1974). Causal flows with latent variables: partings of ways in the light of NIPALS modelling. *European Economic Review,* 5(1), 67-86.

Wold, H. (1975). Path models with latent variables: the NIPALS approach. In H. M. Blalock, A. Aganbegian, F. M. Borodkin, R. Boudon & V. Capecchi (Eds.), *Quantitative Sociology: International Perspectives on Mathematical and Statistical Modeling* (pp. 307-357). New York Academic Press.

Uncategorized References

Haenlein, M., & Kaplan, A. M. (2004). A beginner's guide to partial least squares analysis. *Understanding statistics,* 3(4), 283-297.

Temme, D., Kreis, H., & Hildebrandt, L. (2006). PLS path modeling: A software review: SFB 649 discussion paper.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชพงศ์ ตั้งมณี
ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ดร.ภิญญาพันธ์ เพียซ้าย
ภาควิชาจิตวิทยา คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร)

3. รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ
ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์
ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์
ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบถามการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อสอบถามการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นิสิตระดับดุษฎีบัณฑิต สาขาวิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบบสอบถามฉบับนี้มี 9 หน้า ประกอบด้วยข้อคำถาม 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป	มี 7 ข้อ
ตอนที่ 2 พฤติกรรมการเรียน	มี 5 ข้อ
ตอนที่ 3 ประสบการณ์ระหว่างเรียน	มี 10 ข้อ
ตอนที่ 4 ลักษณะนิสัย	มี 33 ข้อ
ตอนที่ 5 ความรู้ที่ใช้ในการรู้สถิติ	มี 22 ข้อ

ทั้งนี้ ผู้วิจัยขอความร่วมมือจากนิสิตนักศึกษาในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนการสอนสถิติต่อไป โดยข้อมูลที่ได้รับจากนิสิตนักศึกษานั้นผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลในภาพรวมเท่านั้น ดังนั้นการตอบแบบสอบถามนี้จะไม่มีผลกระทบใดๆ กับตัวนิสิตนักศึกษาทั้งสิ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณนิสิตนักศึกษาที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้

มารยาท โยทองยศ
ผู้วิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง: กรุณาทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่อง (❒) หรือเติมข้อมูลของนิสิตนักศึกษาลงในพื้นที่ว่าง

1. เพศ ❒ 1) ชาย ❒ 2) หญิง
2. ชั้นปีที่ศึกษา ❒ 1) ปีที่ 1 ❒ 2) ปีที่ 2 ❒ 3) ปีที่ 3 ❒ 4) ปีที่ 4 ❒ 5) ปีที่ 5 ขึ้นไป
3. สาขาวิชา.....
4. คณะ.....
5. เกรดเฉลี่ยสะสม ❒ 1) 0.00- 2.50 ❒ 2) 2.51 - 3.00 ❒ 3) 3.01 - 3.50 ❒ 4) 3.51 - 4.00
6. ตั้งแต่เริ่มเรียนระดับปริญญาตรีจนถึง**ภาคเรียนปัจจุบัน** ท่านเคยลงทะเบียนเรียนวิชาสถิติหรือไม่
   ❒ 1) เคยลงเรียน ❒ 2) ไม่เคยลงเรียน
7. ตั้งแต่เริ่มเรียนระดับปริญญาตรีจนถึง**ภาคเรียนปัจจุบัน** ท่านเคยลงทะเบียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์หรือไม่
   ❒ 1) เคยลงเรียน ❒ 2) ไม่เคยลงเรียน

ตอนที่ 2 พฤติกรรมการเรียน

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมายกากบาท (✕) หรือถูก (✓) ในตัวเลขที่ตรงกับระดับการปฏิบัติของท่านมากที่สุด

พฤติกรรม	ไม่ปฏิบัติเลย ←→ ปานกลาง ←→ ปฏิบัติเป็นประจำ						
1.ฉันใช้อินเตอร์เน็ตเพื่อปรึกษาหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเรื่องงานที่เกี่ยวกับสถิติกับเพื่อน อาจารย์ หรือผู้รู้ทางสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
2.ฉันค้นหาข้อมูลหรือความคิดเห็นต่างๆในเว็บไซต์เพื่อช่วยให้เกิดความคิดในการทำงานที่เกี่ยวกับสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
3.ฉันใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการทำงานกับข้อมูลทางสถิติ เช่น การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ และการนำเสนอข้อมูล	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
4.ฉันค้นหาความรู้เพิ่มเติมจากอินเตอร์เน็ตเพื่อช่วยให้เข้าใจข้อความที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับสถิติมากขึ้น	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
5.ฉันใช้คอมพิวเตอร์ในการพัฒนาความรู้และความสามารถทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูลทางสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

ตอนที่ 3 ประสบการณ์ระหว่างเรียน

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมายกากบาท (✕) หรือถูก (✓) ในตัวเลขที่ตรงกับระดับการปฏิบัติ/ความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ท่านมีประสบการณ์ในการทำสิ่งต่อไปนี้มากน้อยเพียงใด	ไม่เลย ← → ปานกลาง ← → มากที่สุด						
1. รับฟัง/อ่านข้อความที่มีข้อมูลสถิติในสื่อต่างๆ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
2. รับทราบข้อมูลสถิติจากการพูดคุยกับในครอบครัวและกลุ่มเพื่อน	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
3. รับฟังการบรรยายหรือแนะนำเกี่ยวกับสถิติจากผู้มีความรู้ด้านสถิติ เช่น อาจารย์ วิทยากร รุ่นพี่ เพื่อน	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
4. คำนวณค่าสถิติ หรือวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
5. สร้างกราฟหรือตารางนำเสนอข้อมูลสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
6. อธิบายความหมายของข้อมูลสถิติหรือค่าสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
7. ลองคำนวณค่าสถิติ วิเคราะห์ข้อมูล หรือนำเสนอข้อมูลสถิติแบบใหม่ๆนอกเหนือจากที่ได้เรียนมา	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
8. นำข้อมูลสถิติที่พบในสื่อต่างๆไปใช้ในการเรียนหรือชีวิตประจำวัน	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
9. นำความรู้สถิติที่มีมาช่วยในการทำความเข้าใจข้อความที่เกี่ยวกับสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
10.นำความรู้สถิติที่มีไปให้คำปรึกษาหรือแนะนำเพื่อน	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

ตอนที่ 4 ลักษณะนิสัย

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมายกากบาท (✕) หรือถูก (✓) ในตัวเลขที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อความ	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ←→			กลางๆ	←→		เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. ฉันสามารถแปลความหมายกราฟหรือแผนภูมิที่แสดงข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยที่พบในสื่อต่างๆ ได้	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
2. ฉันเข้าใจข้อความที่แสดงข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยเป็นอย่างดี	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
3. ฉันเห็นว่าข้อความที่เผยแพร่ในหนังสือพิมพ์ส่วนใหญ่ให้ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะบอกให้รู้ว่าข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยมีถูกต้องเหมาะสม	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
4.ฉันเห็นว่าข้อความเกี่ยวกับผลการวิจัยที่เผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ตมักให้ข้อมูลเพียงบางส่วนไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
5. ฉันเห็นว่าบทความวิจัยที่พบในวารสารที่มีผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาส่วนใหญ่ใช้สถิติวิเคราะห์ถูกต้อง	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
6. ฉันสามารถโต้แย้งข้อความเกี่ยวกับข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยที่ไม่ถูกต้องซึ่งจัดทำโดยหน่วยงานของรัฐที่เผยแพร่ในหนังสือพิมพ์ได้	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
7. ฉันมั่นใจว่าสามารถโต้แย้งข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยที่ไม่ถูกต้องซึ่งหน่วยงานของรัฐทำขึ้นเพื่อนำไปใช้ประกอบการจัดโครงการบริการสังคม	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
8. ฉันมักสงสัยข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยที่คลุมเครือในโฆษณาทางการแพทย์ที่ใช้ดาราหรือบุคคลที่มีชื่อเสียงเป็นพรีเซ็นเตอร์	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
9. ฉันชอบเรียนสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
10. ฉันรู้สึกไม่มั่นใจเมื่อต้องทำโจทย์ปัญหาทางสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
11. ฉันมีปัญหาในการเข้าใจสถิติเพราะฉันรู้สึกไม่ชอบวิชานี้	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
12. สูตรสถิติเข้าใจง่าย	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
13. สถิติไม่มีประโยชน์	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
14. สถิติเป็นวิชาที่ซับซ้อน	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
15. สถิติควรเป็นวิชาหนึ่งที่ต้องเรียนเพื่อใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคตของฉัน	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
16. ทักษะทางสถิติจะทำให้ฉันมีโอกาสได้รับการจ้างงานเพิ่มขึ้น	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
17. ฉันไม่รู้ว่าสถิติคืออะไร	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
18. ฉันเห็นว่าวิชาสถิติไม่มีประโยชน์กับอาชีพบางอาชีพ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
19. ฉันรู้สึกท้อแท้เมื่อต้องสอบวิชาสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
20. ฉันเห็นว่าการคิดเชิงสถิติจะใช้เฉพาะในการเรียนหรือการทำงานแต่ไม่ใช้ในชีวิตประจำวัน	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
21. ฉันเห็นว่าสามารถนำสถิติมาใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การตัดสินใจ ซื้อของ หรือใช้บริการ การเลือกการเดินทาง การทำความเข้าใจรายงานทางสถิติในสื่อ เป็นต้น	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อความ	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ←→			กลางๆ	←→		เห็นด้วยอย่างยิ่ง
22. ฉันรู้สึกเครียดเมื่อเรียนสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
23. ฉันรู้สึกสนุกเมื่อเรียนสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
24. ข้อมูลทางสถิติหรือผลการวิจัยพบน้อยมากในชีวิตประจำวันของฉัน	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
25. สถิติเป็นวิชาที่คนทั่วไปเรียนรู้ได้ง่าย	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
26. สถิติคงไม่จำเป็นสำหรับอาชีพของฉันในอนาคต	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
27. ฉันมักคำนวณค่าสถิติผิด	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
28. สถิติทำให้ฉันกลัว	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
29. สถิติเกี่ยวข้องกับการคำนวณเป็นส่วนใหญ่	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
30. ฉันเข้าใจสมการหรือสูตรทางสถิติ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
31. สถิติไม่เกี่ยวข้องอะไรกับชีวิตฉันเลย	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
32. สถิติใช้เทคนิคการคำนวณขั้นสูงที่ไม่มีการใช้การคำนวณพื้นฐานเลย	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
33. ฉันพบว่าแนวคิดทางสถิติเข้าใจยาก	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

ตอนที่ 5 ความรู้ที่ใช้ในการรู้สถิติ

คำชี้แจง กรุณาตอบคำถามข้อ 1 ถึง 20 โดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) หรือถูก (✓) ลงในช่อง (○) หน้าตัวเลือกที่ท่านเห็นว่า**ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว**

ข้อความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 1

IN BRIEF: โพลแฉคนกรุงเสี่ยงค่าครองชีพที่สุด (M2F, 2556)

กรุงเทพโพลล์ สำรวจความเห็นเรื่องความเสี่ยงของคนกรุงเทพฯ พบว่า ความเสี่ยงในภาพรวมอยู่ที่ 6.13 คะแนน จาก 10 คะแนน เพิ่มขึ้นจากปีที่แล้ว 0.24 คะแนน โดยมีความเสี่ยงด้านค่าครองชีพและหนี้สินมากที่สุด 7.32 คะแนน รองลงมาคือ ความเสี่ยงด้านการจราจรและการเดินทาง 7.15 คะแนน และความเสี่ยงด้านการเมือง 6.94 คะแนน ขณะที่ด้านความสัมพันธ์ในครอบครัวมีความเสี่ยงน้อยที่สุด 4.28 คะแนน

สำหรับความเสี่ยงที่รัฐบาลแก้ปัญหาให้ไม่ได้เลยในช่วง 2 ปี อันดับแรก สินค้าแพงขึ้น/ค่าครองชีพสูง 81.6% จราจรและการเดินทาง 64.3% การชุมนุมทางการเมืองและความแตกแยกของคนในชาติ 64.1%

1. จากบทความ คนกรุงเทพฯมีความเสี่ยงด้านใดเป็นอันดับที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

○ ก. ค่าครองชีพและหนี้สิน, การเมือง

○ ข. ค่าครองชีพและหนี้สิน, การจราจรและการเดินทาง

☑ ค. การจราจรและการเดินทาง, การเมือง

○ ง. การจราจรและการเดินทาง, ความสัมพันธ์ในครอบครัว

ข้อความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 2

ผลการสำรวจข้อมูลระดับสติปัญญาของนักศึกษา จำนวน 100 คน โดยให้นักศึกษาประเมินระดับสติปัญญาของตนเองจาก 1 ถึง 10 ผลการสำรวจสามารถนำมาสร้างตารางแจกแจงความถี่ได้ดังนี้

ระดับสติปัญญา	5	6	7	8	9	10
จำนวน	12	24	38	23	2	1

2. จากตาราง ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

○ก. นักศึกษาส่วนใหญ่มีระดับสติปัญญาในระดับ 7

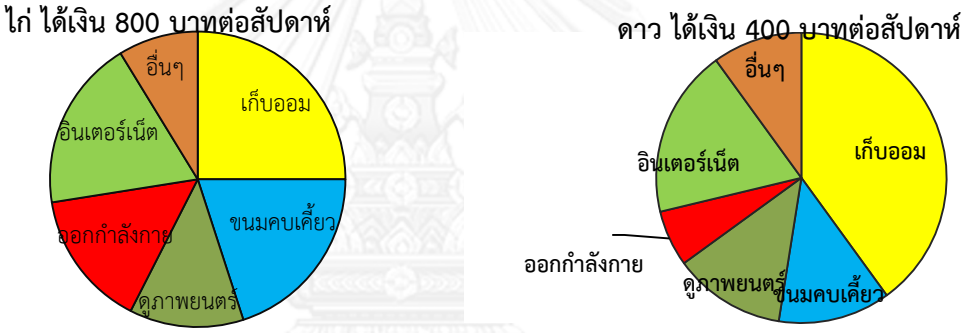
☑ข. นักศึกษาที่มีสติปัญญาระดับ 7 มีจำนวนมากที่สุด

○ค. ระดับสติปัญญาเฉลี่ยของนักศึกษาอยู่ที่ระดับ 7

○ง. นักศึกษาครึ่งหนึ่งมีระดับสติปัญญามากกว่าระดับ 7

ข้อความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 3

ไก่ได้รับเงินค่าขนมสัปดาห์ละ 800 บาท ส่วนดาวได้สัปดาห์ละ 400 บาท ไก่และดาวแสดงรายการค่าใช้จ่ายด้วยแผนภูมิวงกลมดังนี้

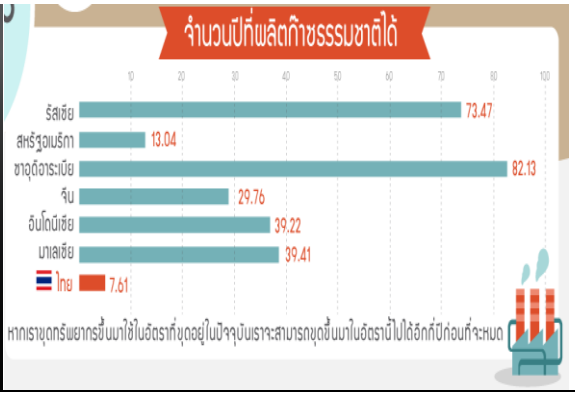


3. จากกราฟข้างต้น ใครมีเงินเก็บมากกว่ากันและเก็บได้สัปดาห์ละกี่บาท

○ก. ทั้งสองคนเก็บได้ 200 บาทเท่ากัน ○ข. ดาวเก็บได้มากกว่าโดยเก็บได้ 200 บาท

☑ค. ไก่เก็บได้มากกว่าโดยเก็บได้ 200 บาท ○ง. ทั้งสองคนเก็บได้ 180 บาทเท่ากัน

แผนภาพต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 4

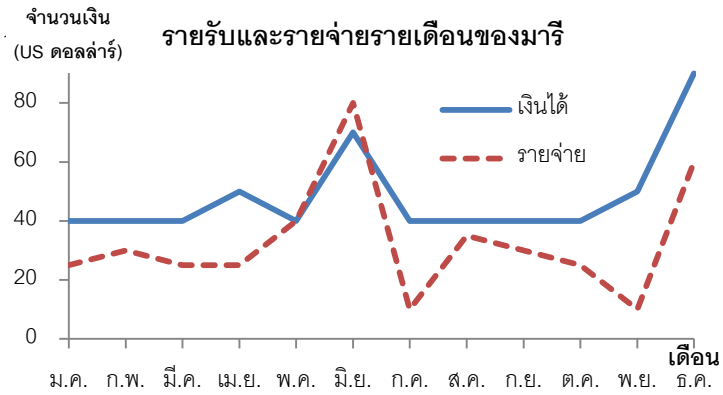


4. จากกราฟข้างต้น ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

○ก. รัสเซียมีน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติใช้นานกว่าซาอุดิอาระเบีย
○ข. สหรัฐอเมริกามีน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติใช้นานกว่าจีน
☑ค. มาเลเซียมีน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติใช้นานกว่าจีน
○ง. ออสเตรเลียมีน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติใช้นานกว่าเวียดนาม

แผนภาพต่อไปนี้ใช้ตอบคำถาม 5

กราฟเงินได้และรายจ่ายต่อเดือนของมารีตลอดทั้งปี



5. จากกราฟ ข้อความใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับเงินได้และรายจ่ายของมารีโดยรวมตลอดทั้งปี

○ก. มารีมีรายจ่ายมากกว่าเงินได้ทุกเดือน
○ข. มารีมีรายจ่ายน้อยกว่าเงินได้ทุกเดือน
☑ค. ส่วนใหญ่แล้วมารีใช้จ่ายเงินน้อยกว่าเงินที่ได้รับ
○ง. มารีไม่เคยใช้จ่ายเงินเกินกว่าเงินได้เลย

6. นักวิจัยเก็บข้อมูลการมีใบขับขี่รถยนต์ของนักศึกษา ตัวแปรการมีใบขับขี่รถยนต์มีค่าที่เป็นไปได้ 2 ค่า คือ 1 = ไม่มีใบขับขี่ และ 2 = มีใบขับขี่ อยากทราบว่าตัวแปรนี้อยู่ในมาตรวัดใด

☑ก. นามบัญญัติ ○ข. เรียงอันดับ ○ค. อันตรภาคชั้น ○ง.อัตราส่วน

7. นักจิตวิทยาศึกษาผลของใช้ยาและการบำบัดด้วยไฟฟ้าที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาพื้นฐานของนักศึกษา จึงสุ่มนักศึกษา จำนวน 64 คน จากนักศึกษาทั้งหมดในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งเพื่อรับการปฏิบัติแตกต่างกัน จากการศึกษาข้างต้นประชากรและตัวอย่างของการศึกษาครั้งนี้คือใคร

○ก. ประชากร คือ นักจิตวิทยา; ตัวอย่าง คือ นักศึกษา 64 คน
☑ข. ประชากร คือ นักศึกษาทั้งหมดในมหาวิทยาลัยขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง; ตัวอย่าง คือ นักศึกษา 64 คน
○ค. ประชากร คือ นักศึกษาทั่วประเทศ; ตัวอย่าง คือ นักศึกษา 64 คน
○ง. ประชากร คือ นักศึกษา 64 คน; ตัวอย่าง ไม่มี

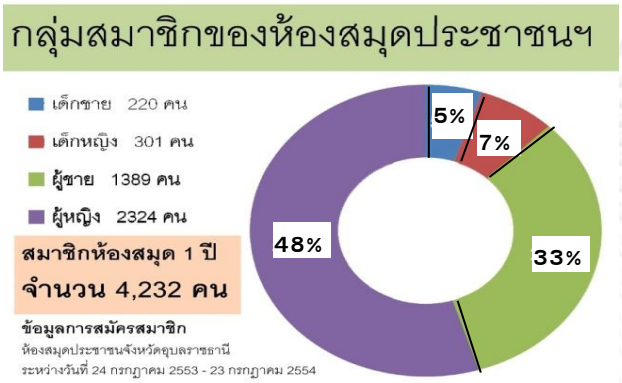
8. ชุดข้อมูลถูกเรียงลำดับจากมากไปน้อยหรือน้อยไปมากและแบ่งเป็นสองส่วนเท่าๆกัน ค่าที่อยู่ตรงกลางของข้อมูลเรียกว่าอะไร

○ก. ค่าเฉลี่ย ○ข. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ○ค. พิสัย ☑ง. มัธยฐาน

9. บทความวิจัยรายงานว่าผลสัมฤทธิ์ทางเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความสามารถทางคณิตศาสตร์เท่ากับ +.80 และมีความสัมพันธ์กับความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ -.80 ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

○ก. ระดับความสัมพันธ์ที่ -.80 สูงกว่า +.80
○ข. ระดับความสัมพันธ์ที่ +.80 สูงกว่า -.80
☑ค. ระดับความสัมพันธ์ที่ +.80 เท่ากับ -.80
○ง. ไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้จึงบอกไม่ว่า +.80 หรือ -.80 อันใดสูงกว่ากัน

แผนภาพต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 10



10. แผนภาพวงกลมต่อไปนี้มีสิ่งผิดปกติซึ่งไม่สามารถอนุโลมได้คือ

○ก. ไม่แสดงค่าร้อยละของจำนวนสมาชิกทั้งหมด
☑ข. ร้อยละของจำนวนสมาชิกไม่สอดคล้องกับพื้นที่ในวงกลม
○ค. ไม่มีการแสดงจำนวนสมาชิกในแต่ละกลุ่มในกราฟวงกลม
○ง. ไม่มีการเรียงลำดับขนาดพื้นที่จากน้อยไปหามาก

11. ในห้องเรียนวิชาสถิติมีนักศึกษาชาย 14 คน และหญิง 16 คน ผู้สอนได้ให้แต่ละคนเขียนชื่อใส่กระดาษและหย่อนลงในกล่องและทำการสุ่มหยิบรายชื่อในกล่อง ท่านคิดว่าโอกาสจะได้หยิบได้ชื่อของผู้หญิง**เป็นเท่าใดและโอกาสเป็นอย่างไร**เมื่อเทียบกับนักศึกษาชาย

☑ก. ร้อยละ 53.3; ผู้หญิงมีโอกาสมากกว่า ○ข. ร้อยละ 47.7; ผู้ชายมีโอกาสมากกว่า
○ค. ร้อยละ 50 ผู้หญิงกับผู้ชายมีโอกาสเท่ากัน ○ง. ไม่ทราบชายหรือหญิงก็ได้ เพราะขึ้นอยู่กับโชค

12. ผู้วิจัยสนใจศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการสอนกับความสามารถในการวิจัยของอาจารย์ จึงเก็บข้อมูลคะแนนการสอนของอาจารย์โดยให้นักศึกษาเป็นผู้ให้คะแนนและเก็บข้อมูลความสามารถในการวิจัยโดยให้เพื่อนร่วมงานให้คะแนน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่าคะแนนทั้งสองมีความสัมพันธ์กันเท่ากับ +1.24 ผู้วิจัยสรุปว่าอาจารย์ที่สอนดีจะทำวิจัยได้ดี ท่านคิดว่าผู้วิจัยคนนี้ดำเนินการวิจัย**ถูกต้องหรือไม่และถ้าไม่ถูกต้องเรื่องใดที่ไม่ถูกต้อง**

○ก. ไม่ถูกต้อง เพราะคำนวณค่าสถิติผิด และใช้สถิติไม่เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการศึกษา
☑ข. ไม่ถูกต้อง เพราะคำนวณค่าสถิติผิด และแหล่งข้อมูลไม่เหมาะสม
○ค. ถูกต้อง เพราะคำนวณค่าสถิติถูกต้อง และใช้สถิติเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการศึกษา
○ง. ถูกต้อง เพราะคำนวณค่าสถิติถูกต้อง และแหล่งข้อมูลเหมาะสม

ข้อความต่อไปนี้ใช้กับข้อคำถามข้อ 13 ถึง 14

การหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)สามารถคำนวณได้จากสูตร $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$ เมื่อ X_iคือ ค่าของข้อมูลลำดับที่ i และ n คือ จำนวนข้อมูล

13. จงหาค่าเฉลี่ยของจำนวนชั่วโมงที่อ่านหนังสือก่อนสอบวิชาสถิติจากนักศึกษา 7 คน โดยนักศึกษารายงานจำนวนชั่วโมงที่อ่านหนังสือก่อนสอบดังนี้ 3, 5, 11, 6, 4, 2 และ 4 ตามลำดับ

○ก. 4 ชั่วโมง ☑ข. 5 ชั่วโมง ○ค. 6 ชั่วโมง ○ง. 11 ชั่วโมง

14. จากการสอบ 3 วิชาคะแนนเต็ม 10 คะแนน โจได้คะแนนสอบ 7.8 7.6 และ 7.4 คะแนน ส่วนมารีได้คะแนนสอบ
7.2 8.2 และ 7.4 คะแนน คะแนนสอบเฉลี่ยของโจเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับมารี

○ก. โจมีคะแนนสอบเฉลี่ยสูงกว่า 0.1 คะแนน ☑ค. ทั้งโจและมารีมีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากัน
○ข. โจมีคะแนนสอบเฉลี่ยต่ำกว่า 0.1 คะแนน ○ง. โจมีคะแนนสอบเฉลี่ยสูงกว่า 0.2 คะแนน

ข้อความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 15

โรงเรียนมีการจัดงานวันกีฬาสีและเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถสมัครเล่นกีฬาได้ตามความสมัครใจ ประเภทกีฬาและจำนวนคนที่เลือกดังแสดงในตาราง

	ประเภทกีฬา				
เพศ	แชร์บอล	ฟุตบอล	เทนนิส	ว่ายน้ำ	รวม
ชาย	0	20	20	10	50
หญิง	40	10	15	10	75
รวม	40	30	35	20	125

15 นักเรียนที่ชอบเล่นกีฬาฟุตบอลเป็นชายกับหญิงร้อยละเท่าใด ตามลำดับ

○ก. ร้อยละ 20 และ 10 ☑ข. ร้อยละ 66.7 และ 33.3
○ค. ร้อยละ 40 และ13.3 ○ง. ร้อยละ 40 และ 60

16. ข้อมูลปริมาณใดต่อไปนี้แสดงถึงจำนวนผู้หญิงที่ป้องกันโรคมะเร็งได้สูงที่สุดจากจำนวนผู้หญิงที่สามารถป้องกันโรคมะเร็งปากมดลูกด้วยการใช้น้ำส้มสายชูจากการสำรวจผู้หญิงทั้งหมด 150,000 คน

○ก. ร้อยละ 30 ☑ข. 72,000 คน ○ค. 1 ใน 3 คน ○ง. 7 ใน 1,000 คน

ข้อความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 17

แจ็คและเพื่อนต้องการหาเงินเพื่อเป็นค่าเดินทางไปออกค่ายอาสาพัฒนาในต่างจังหวัด พวกเขาคิดว่าจะหาเงินด้วยการขายฉลากชิงโชคให้กับนักศึกษาในคณะเดียวกัน แต่ก่อนที่จะตัดสินใจใช้วิธีขายฉลากชิงโชคพวกเขาต้องการประมาณดูว่าจะมีนักศึกษากี่คนที่จะซื้อฉลากชิงโชคนี้เท่าใดด้วยการสำรวจความคิดเห็นกับนักศึกษาในคณะที่มีจำนวนทั้งหมด 600 คน ซึ่ง แบ่งเป็น 6 สาขาวิชา สาขาวิชาละ 100 คน แจคและเพื่อนมีวิธีการดำเนินการสำรวจต่างกันดังนี้

I. สมรนำรายชื่อของนักศึกษาทั้งหมด 600 คน ใส่ในกล่อง และหยิบมา 60 คน
II. แจคถามนักศึกษาชมรมคอมพิวเตอร์ในที่ประชุมของชมรม จำนวน 10 คน
III. อเนกถามเฉพาะนักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ จำนวน 100 คน
IV. ราเชน ถามกับเพื่อนที่รู้จักจำนวน 60 คน

17. ท่านคิดว่าวิธีการของคนใดเหมาะสมที่สุด

☑ก. สมร ○ข. ราเชน ○ค. อเนก ○ง.แจค

18. ถ้าผู้สอนต้องการทราบว่า คะแนนสอบโอเน็ต (O-Net) ของนักศึกษาสามารถจะบอกแนวโน้มของเกรดเฉลี่ยสะสมในเทอมแรกได้หรือไม่ ท่านจะแนะนำให้ใช้สถิติทดสอบใดเหมาะสมที่สุด

○ก. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียวกับค่าคงที่

○ข. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มเมื่อกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระกัน

○ค. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มเมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระกัน

☑ง. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนทั้งสอง

ข้อความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 19

คุณโจต้องการเลือกซื้อรถคันใหม่ที่มีโอกาสชำรุดเสียหายน้อยที่สุดจึงเลือกระหว่างยี่ห้อ A กับ B เขาจึงหาข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจจากรายงานผู้บริโภคและสอบถามเพื่อนที่เคยใช้รถสองยี่ห้อนี้ ข้อมูลจากรายงานผู้บริโภคที่สำรวจรถจากทั้งสองยี่ห้อๆ ละ 400 คัน บอกว่ B มีการชำรุดเสียหายมากกว่า A ในขณะที่จากการสอบถามเพื่อนที่ใช้รถสองยี่ห้อนี้ 3 คน มี 2 คนที่ใช้รถ B บอกว่ามีการชำรุดเสียหายเล็กน้อย ส่วนอีก 1 คนที่ใช้รถ A บอกว่ามีการชำรุดเสียหายมากจึงขายไปและไม่ซื้อรถยี่ห้อ A อีก

19. ท่านจะแนะนำให้คุณโจซื้อรถยี่ห้อใด เพราะเหตุใด

○ก. B เพราะเพื่อนบอกว่าไม่มีปัญหา แต่พบปัญหามากกับรถฮอนด้า

☑ข. A เพราะข้อมูลจากรายงานผู้บริโภคเก็บข้อมูลจากผู้ใช้จำนวนมาก

○ค. ซื้อยี่ห้อไหนก็ได้ เพราะขึ้นอยู่กับโชค ถ้าโชคร้ายก็อาจจะได้รถที่มีการเสียหายมาก

○ง. ซื้อยี่ห้ออื่นที่ไม่ใช่สองยี่ห้อนี้

ข้อความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 20

การสำรวจการรีไซเคิลในสถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร จาก 2 หน่วยงาน ซึ่งแต่ละหน่วยงานมีการดำเนินการสำรวจแตกต่างกันดังนี้ **หน่วยงานที่ 1** ใช้ตัวอย่างขนาดใหญ่และใช้การเลือกตามสะดวกโดยการส่งแบบสอบถามไปถามอธิการบดีของสถาบันอุดมศึกษาทุกแห่งในกรุงเทพมหานคร ให้อธิการบดีตอบ และส่งกลับคืนมามีสถาบันส่งแบบสอบถามกลับมาร้อยละ 50 จากสถาบันที่ส่งแบบสอบถามคืนหน่วยงานทำการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า มีการรีไซเคิลในสถาบัน มีร้อยละ 91

ในขณะที่**หน่วยงานที่ 2** ใช้ตัวอย่างขนาดกลางและใช้การสุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มรายชื่อสถาบันการศึกษาตัวอย่างจากรายชื่อสถาบันการศึกษาทั้งหมดในเขตกรุงเทพมหานครด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งชื่อแต่ละสถาบันมีโอกาสถูกสุ่มเท่ากัน สอบถามกับทุกสถาบันที่เป็นตัวอย่างและนำมาวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิเคราะห์พบว่า มีเพียงร้อยละ 37 ที่ตอบว่ามีการรีไซเคิลในสถาบัน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

20. ท่านคิดว่าการดำเนินการศึกษาของหน่วยใดสามารถบอกจำนวนสถาบันที่มีการรีไซเคิลในเขตกรุงเทพมหานครได้น่าเชื่อถือที่สุดและเพราะเหตุใด

○ก. หน่วยงานที่ 1 เพราะเก็บรวบรวมจากทุกสถาบันในเขตกรุงเทพมหานคร

☑ข. หน่วยงานที่ 2 เพราะมีการสุ่มสถาบันทำให้สถาบันแต่ละแห่งมีโอกาสถูกเลือกเท่ากัน

○ค. หน่วยงานที่ 1 เพราะผลการศึกษาที่ได้มีค่าร้อยละสูง

○ง. หน่วยงานที่ 2 เพราะใช้ค่าใช้จ่ายน้อย

คำชี้แจง กรุณาอ่านข้อความด้านล่างนี้ และตอบคำถามข้อ 21
โดยใส่เครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่อง (☐) หน้าตัวเลือกที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ทันโลก: กินผักผลไม้อายุยืนยิ่งกว่ากินเนื้อสัตว์ (ไทยรัฐ, 2556)

ผู้ที่กินเนื้อสัตว์แต่น้อย กินแต่ผลไม้เป็นหลัก มักจะไม่ค่อยเสียชีวิตภายในช่วงเวลาเฉพาะใดๆ ดร.ไมเคิล ออลิช หัวหน้าคณะศึกษามหาวิทยาโลม ลินดา ในแคลิฟอร์เนียกล่าวเปิดเผยผลการศึกษาต่อไปว่า นับเป็นหลักฐานเพิ่มเติมแสดงถึงคุณประโยชน์ของการกินมังสวิรัติ ในการช่วยป้องกันโรคเรื้อรังและทำให้อายุยืนยาว เคยมีการศึกษาก่อนหน้านี้มาก่อนว่าผู้ที่กินผักผลไม้เป็นหลักมักจะไม่ค่อยเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจหรือสาเหตุอื่นใดในช่วงเวลาเฉพาะใดๆ

การศึกษาครั้งใหม่ได้ทำจากข้อมูลของคนในอเมริกา จำนวน 73,308 คน เมื่อช่วงระยะเวลาระหว่าง พ.ศ. 2545 และ 2550 ผลปรากฏว่า โดยรวมแล้วผู้ที่กินเนื้อสัตว์ใน 1,000 คนในแต่ละปี จะเสียชีวิตลง 7 คน ในขณะที่ผู้ที่กินผักผลไม้ส่วนใหญ่ใน 1,000 คน จะเสียชีวิตลงแค่ 5-6 คน โดยเฉพาะเพศชาย จะเป็นผู้ได้ประโยชน์สูงสุดจากการกินผักผลไม้

21. จากข้อความข้างต้น กรุณาตอบคำถามต่อไปนี้

1. แหล่งที่มาของการศึกษาเรื่องนี้น่าเชื่อถือหรือไม่
   ☐1.น่าเชื่อถือ (✓) ☐2.ไม่น่าเชื่อถือ ☐3. ไม่แน่ใจ
2. กลุ่มคนที่ใช้ในการศึกษามีเหมาะสมกับเรื่องที่ต้องการศึกษาหรือไม่
   ☐1.เหมาะสม (✓) ☐2.ไม่เหมาะสม ☐3.ไม่แน่ใจ
3. จำนวนคนในการศึกษาเหมาะสมหรือไม่
   ☐1.เหมาะสม (✓) ☐2.ไม่เหมาะสม ☐3.ไม่แน่ใจ
4. ลักษณะข้อมูลที่เก็บรวบรวมเหมาะสมกับเรื่องที่ต้องการศึกษาหรือไม่
   ☐1.เหมาะสม ☐2.ไม่เหมาะสม(✓) ☐3.ไม่แน่ใจ
5. การนำเสนอผลการศึกษามีความเหมาะสมหรือไม่
   ☐1.เหมาะสม ☐2.ไม่เหมาะสม(✓) ☐3.ไม่แน่ใจ
6. ข้อสรุปที่กล่าวอ้างในบทความสนับสนุนจากข้อมูลที่พบจากการศึกษาหรือไม่
   ☐1.สนับสนุน ☐2.ไม่สนับสนุน(✓) ☐3. ไม่แน่ใจ
7. ผลการศึกษาอาจสรุปได้ในแบบอื่นๆได้อีกหรือไม่
   ☐1. ทำได้(✓) ☐2.ทำไม่ได้ ☐3. ไม่แน่ใจ
8. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเหมาะสมหรือไม่
   ☐1. เหมาะสม ☐2.ไม่เหมาะสม(✓) ☐3. ไม่แน่ใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

****** ขอขอบคุณที่กรุณาตอบแบบสอบถาม ******

ภาคผนวก ค ข้อมูลประกอบบทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ตาราง ภ 5.1 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาที่วัดตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปร	ประเด็น	ข้อคำถาม	IOC	ผลการตรวจสอบ
การรู้สถิติ				
ทักษะการรู้หนังสือ หมายถึง ระดับความสามารถในการเข้าใจและตีความข้อความที่เกี่ยวข้องกับสถิติที่บรรยายด้วยตัวอักษร แสดงด้วยตาราง กราฟหรือรูปภาพ	- ตัวอักษร	1	0.8	ใช้ได้
	- ตาราง	2	1.0	ใช้ได้
	-กราฟและรูปภาพ	3	1.0	ใช้ได้
		4	1.0	ใช้ได้
		5	1.0	ใช้ได้
		6	0.4	ตัดออก
		7	0.8	ใช้ได้
		8	1.0	ใช้ได้
ความรู้สถิติศาสตร์ หมายถึง ระดับความเข้าใจในเนื้อหาทางสถิติศาสตร์เรื่องชนิดของข้อมูลและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติบรรยาย การแสดงกราฟและตารางทางสถิติ ความน่าจะเป็นพื้นฐาน และสถิติอ้างอิง	- ประเภทของข้อมูลและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	9 (1)	1.0	ใช้ได้
		10 (2)	1.0	ใช้ได้
		11 (3)	0.6	ใช้ได้
		12 (4)	1.0	ใช้ได้
	- สถิติบรรยาย	13 (5)	1.0	ใช้ได้
		14 (6)	0.8	ใช้ได้
		15 (7)	1.0	ใช้ได้
	- การแสดงกราฟและตารางทางสถิติ	16 (8)	1.0	ใช้ได้
		17 (9)	1.0	ใช้ได้
	- ความน่าจะเป็นพื้นฐาน	18 (10)	1.0	ใช้ได้
		19 (11)	1.0	ใช้ได้
	- สถิติอ้างอิง	20 (12)	1.0	ใช้ได้
		21 (13)	1.0	ใช้ได้
ความรู้คณิตศาสตร์ หมายถึง ระดับความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์เรื่องจำนวนและการดำเนินการ เศษส่วนและทศนิยม	- จำนวนและการดำเนินการ	22 (1)	1.0	ใช้ได้
		23 (2)	1.0	ใช้ได้
		24 (3)	0.8	ใช้ได้
	- เศษส่วนและทศนิยม	25 (4)	1.0	ใช้ได้
		26 (5)	1.0	ใช้ได้
		27 (6)	0.6	ใช้ได้
		28 (7)	1.0	ใช้ได้
ความรู้เชิงบริบท หมายถึง ระดับความสามารถในการเลือกและประเมินการใช้สถิติในข้อมูลสารสนเทศและผลลัพธ์ทางสถิติให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่พบในการเรียนและในสังคม	- การเรียน	29 (1)	1.0	ใช้ได้
		30 (2)	1.0	ใช้ได้
		31 (3)	1.0	ใช้ได้
		32 (4)	1.0	ใช้ได้
	- สังคม	33 (5)	0.8	ใช้ได้
		34 (6)	1.0	ใช้ได้

ตัวแปร	ประเด็น	ข้อคำถาม	IOC	ผลการตรวจสอบ
ทักษะเชิงวิพากษ์ หมายถึง ระดับความสามารถในการตั้งคำถามเพื่อประเมินความถูกต้องเหมาะสมของแหล่งข้อมูล ประเภทการศึกษา กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือ ผลการวิจัยและการใช้สถิติ				
- แหล่งและลักษณะข้อมูล	1. แหล่งที่มาของการศึกษาเรื่องนี้น่าเชื่อถือหรือไม่		0.8	ใช้ได้
	2. การศึกษาทำกับใครหรือคนกลุ่มใดและมีเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการศึกษาหรือไม่		0.8	ใช้ได้
	3. ลักษณะข้อมูลที่เก็บรวบรวมเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการศึกษาหรือไม่		0.8	ใช้ได้
- ประเภทการศึกษา	4. ประเภทของการศึกษาเป็นแบบใด (แบบสำรวจหรือทดลอง) และเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการศึกษาหรือไม่		0.8	ใช้ได้
	5. จำนวนคนใช้ในการศึกษาเหมาะสมและเป็นตัวแทนที่ดีหรือไม่		0.8	ใช้ได้
- เครื่องมือ	6. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษามีคุณภาพหรือไม่		0.8	ใช้ได้
- การนำเสนอและแปลผลข้อมูล	7. การนำเสนอผลการศึกษามีความเหมาะสมหรือไม่		0.8	ใช้ได้
	8. ข้อสรุปที่กล่าวอ้างในบทความสนับสนุนจากข้อมูลที่พบจากการศึกษาหรือไม่		0.8	ใช้ได้
	9. ผลการศึกษาอาจสรุปเป็นแบบอื่นๆได้อีกหรือไม่		0.8	ใช้ได้
- การใช้สถิติ	10. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีความเหมาะสมหรือไม่		0.8	ใช้ได้
ท่าทีเชิงวิพากษ์ หมายถึง ระดับพฤติกรรมที่บุคคลแสดงถึงความเข้าใจเนื้อหาของข้อความทางสถิติ บอกได้ถึงความสมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์ของข้อความทางสถิติ และโต้แย้งเกี่ยวกับความถูกต้องเหมาะสมของการเสนอข้อมูลในข้อความทางสถิติที่พบในสื่อต่างๆ ได้				
- เข้าใจเนื้อหาของข้อความทางสถิติ	1. ฉันสามารถแปลความหมายกราฟหรือแผนภูมิจากงานวิจัยที่พบในสื่อต่างๆ ได้เกือบทั้งหมด		0.8	ใช้ได้
	2. ฉันมักพูดคุยกับครอบครัวและเพื่อนเกี่ยวกับข้อมูลทางสถติหรือผลการศึกษาวิจัยที่พบในสื่อต่างๆ		**0.6**	**ตัดออก**
	3. ฉันอ่านบทความเกี่ยวกับข้อมูลสถิติหรือผลการศึกษาวิจัยรู้เรื่องเป็นอย่างดี		1.0	ใช้ได้
- บอกได้ถึงความไม่สมบูรณ์ของข้อความทางสถิติ	4. บทความเกี่ยวกับข้อมูลทางสถิติหรือผลการศึกษาวิจัยที่พบในหนังสือพิมพ์ส่วนใหญ่ให้ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะบอกให้รู้ว่าข้อมูลหรือผลการศึกษาวิจัยดังกล่าวมีถูกต้องเหมาะสม		0.8	ใช้ได้
	5. บทความเกี่ยวกับผลการศึกษาวิจัยที่พบในแหล่งข่าวทางอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันมักให้ข้อมูลเพียงบางส่วนไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด		1.0	ใช้ได้
	6. งานวิจัยที่พบในวารสารที่มีผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาส่วนใหญ่ใช้สถิติวิเคราะห์ถูกต้อง		1.0	ใช้ได้
- โต้แย้งเกี่ยวกับความถูกต้องเหมาะสมของการเสนอข้อมูลในข้อความทางสถิติ	7. ฉันมักโต้แย้งบทความในหนังสือพิมพ์ที่รายงานเกี่ยวกับข้อมูลทางสถิติหรือผลการศึกษาวิจัยที่ทำโดยหน่วยงานของรัฐ		1.0	ใช้ได้
	8. ฉันมั่นใจว่าจะสามารถโต้แย้งข้อมูลทางสถิติหรือผลการศึกษาวิจัยที่หน่วยงานของรัฐทำขึ้นเพื่อนำไปใช้ประกอบการจัดโครงการบริการสังคม		0.8	ใช้ได้

ตัวแปร	ประเด็น	ข้อคำถาม	IOC	ผลการตรวจสอบ
	9. ฉันมั่นใจว่าสามารถโต้แย้งข้อมูลทางสถิติหรือผลการศึกษาวิจัยที่เสนอในสื่อต่างๆ ได้		**0.4**	**ตัดออก**
	10. ฉันมักสงสัยข้อมูลทางสถิติหรือผลการศึกษาวิจัยในโฆษณาทางการแพทย์ที่ใช้ดาราหรือบุคคลที่มีชื่อเสียงเป็น พรีเซนเตอร์		1.0	ใช้ได้
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ หมายถึง ระดับความคิดเห็นทางบวกและลบที่มีต่อสถิติทั้งที่เป็นสถิติศาสตร์หรือข้อมูลทางสถิติในด้านสมรรถนะการรู้คิดซึ่งเป็นความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้และทักษะที่นำมาใช้กับสถิติ ด้านคุณค่าซึ่งความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ ความเกี่ยวข้อง และคุณค่าของสถิติต่อชีวิตส่วนตัวและการทำงาน และด้านความยากซึ่งเป็นความคิดเห็นเกี่ยวกับความยากของเนื้อหาวิชาสถิติ				
- ความรู้สึกต่อสถิติ	1. ฉันชอบสถิติ		0.8	ใช้ได้
	2. ฉันรู้สึกขาดความมั่นใจเมื่อต้องทำโจทย์ปัญหาทางสถิติ (-)		1.0	ใช้ได้
	11. ฉันรู้สึกท้อแท้เมื่อต้องสอบวิชาสถิติ (-)		1.0	ใช้ได้
	14. ฉันรู้สึกเครียดเมื่อเรียนสถิติ (-)		1.0	ใช้ได้
	15. ฉันรู้สึกสนุกเมื่อเรียนวิชาสถิติ		1.0	ใช้ได้
	21. สถิติทำให้ฉันกลัว(-)		1.0	ใช้ได้
- สมรรถนะการรู้คิดทางสถิติ	3. ฉันมีปัญหาในการเข้าใจสถิติเพราะฉันรู้สึกไม่ชอบวิชานี้(-)		0.6	ใช้ได้
	9. ฉันไม่รู้ว่าสถิติคืออะไร(-)		0.8	ใช้ได้
	20. ในวิชาสถิติฉันมักคำนวณเลขผิด(-)		0.8	ใช้ได้
	23. ฉันเรียนสถิติได้		**0.4**	**ตัดออก**
	24. ฉันเข้าใจสมการหรือสูตรทางสถิติ		0.8	ใช้ได้
	27. ฉันเห็นว่าแนวคิดทางสถิติเข้าใจยาก(-)		0.8	ใช้ได้
- คุณค่าของสถิติ	5. สถิติไม่มีประโยชน์(-)		1.0	ใช้ได้
	7. สถิติควรเป็นวิชาหนึ่งที่ต้องเรียนเพื่อใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต		0.8	ใช้ได้
	8. ทักษะทางสถิติจะทำให้ฉันมีโอกาสได้รับการจ้างงานเพิ่มขึ้น		1.0	ใช้ได้
	10. สถิติไม่มีประโยชน์กับอาชีพบางอาชีพ(-)		0.6	ใช้ได้
	12. การคิดเชิงสถิติจะใช้เฉพาะในการเรียนหรือการทำงานแต่ไม่ใช้ในชีวิตประจำวัน(-)		1.0	ใช้ได้
	13. ฉันมักใช้สถิติในชีวิตประจำวัน เช่น การตัดสินใจซื้อของหรือใช้บริการ การเลือกการเดินทาง การทำความเข้าใจรายงานทางสถิติในสื่อ เป็นต้น		0.8	ใช้ได้
	16. ข้อมูลทางสถิติหรือผลการศึกษาวิจัยพบน้อยมากในชีวิตประจำวัน(-)		0.8	ใช้ได้
	19. อาชีพของฉันในอนาคตจะไม่ได้ใช้สถิติ(-)		1.0	ใช้ได้
	20. สถิติไม่เกี่ยวข้องอะไรกับชีวิตฉันเลย(-)		1.0	ใช้ได้
- ความยากของวิชาสถิติ	4. สูตรสถิติเข้าใจง่าย		1.0	ใช้ได้
	6. สถิติเป็นวิชาที่ซับซ้อน(-)		1.0	ใช้ได้

ตัวแปร	ประเด็น	ข้อคำถาม	IOC	ผลการตรวจสอบ
	17. สถิติเป็นวิชาที่คนทั่วไปเรียนรู้ได้ง่าย		1.0	ใช้ได้
	18. การเรียนสถิติให้เข้าใจต้องใช้การฝึกฝนอย่างหนัก(-)		1.0	ใช้ได้
	22. สถิติเกี่ยวข้องกับการคำนวณเป็นส่วนใหญ่(-)		1.0	ใช้ได้
	26. สถิติเป็นเทคนิคการคำนวณขั้นสูงที่ไม่มีการใช้การคำนวณพื้นฐานเลย (-)		1.0	ใช้ได้
	28. คนทั่วไปต้องเรียนรู้วิธีการคิดใหม่ๆในการคำนวณทางสถิติ(-)		**0.2**	**ตัดออก**
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี หมายถึง ระดับพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยี เช่น คอมพิวเตอร์ อินเตอร์เน็ต ฯลฯ ในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ในการทำงาน และในการเพิ่มเติมความรู้และความสามารถทางสถิติ				
- การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับสถิติ	1. ฉันใช้อินเตอร์เน็ตเพื่อปรึกษาหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเรื่องงานที่เกี่ยวกับสถิติกับเพื่อน อาจารย์ หรือผู้รู้ทางสถิติ		1.0	ใช้ได้
	2. ฉันค้นหาข้อมูลหรือความคิดเห็นต่างๆในเว็บไซต์เพื่อช่วยให้เกิดความคิดในการทำงานที่เกี่ยวกับสถิติ		0.8	ใช้ได้
- การทำงานกับข้อมูลสถิติ	3. ฉันใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการทำงานกับข้อมูลทางสถิติ เช่น การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ และการนำเสนอข้อมูล		1.0	ใช้ได้
- เพิ่มเติมความรู้และความสามารถทางสถิติ	4. ฉันค้นหาความรู้เพิ่มเติมจากอินเตอร์เน็ตเพื่อช่วยให้เข้าใจข้อความที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับสถิติมากขึ้น		1.0	ใช้ได้
	5. ฉันใช้คอมพิวเตอร์ในการพัฒนาความรู้และความสามารถทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูลทางสถิติ		1.0	ใช้ได้
การมีประสบการณ์กับสถิติ หมายถึง ระดับพฤติกรรมการอ่าน ฟัง หรือพูดคุย และการปฏิบัติเกี่ยวกับสถิติ และการใช้ประโยชน์จากสถิติ				
- การอ่าน ฟัง หรือพูดคุยเกี่ยวกับสถิติ	1. รับฟัง/อ่านข้อความที่มีข้อมูลสถิติในสื่อต่างๆ		0.8	ใช้ได้
	2.รับฟังข้อมูลสถิติจากการพูดคุยกับในครอบครัวและกลุ่มเพื่อน		1.0	ใช้ได้
	3. รับฟังการบรรยายหรือแนะนำเกี่ยวกับสถิติจากผู้มีความรู้ด้านสถิติ เช่น อาจารย์ วิทยากร รุ่นพี่ เพื่อน		1.0	ใช้ได้
- การปฏิบัติเกี่ยวกับสถิติ	4. คำนวณค่าสถิติ หรือวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ		1.0	ใช้ได้
	5. สร้างกราฟหรือตารางนำเสนอข้อมูลสถิติ		1.0	ใช้ได้
	6. อธิบายความหมายของข้อมูลสถิติหรือค่าสถิติ			
	7.ลองคำนวณค่าสถิติ วิเคราะห์ข้อมูล หรือนำเสนอข้อมูลสถิติแบบใหม่ๆนอกเหนือจากที่ได้เรียนมา		1.0	ใช้ได้
- การใช้ประโยชน์จากสถิติ	8.นำความรู้สถิติที่มีมาช่วยในการทำความเข้าใจข้อความที่เกี่ยวกับสถิติ		1.0	ใช้ได้
	9.นำข้อมูลสถิติที่พบในสื่อต่างๆไปใช้ในการเรียนหรือชีวิตประจำวัน		1.0	ใช้ได้
	10.นำความรู้สถิติที่มีไปให้คำปรึกษาหรือแนะนำเพื่อน		1.0	ใช้ได้

ตาราง ภ 5.2 ความเที่ยงของการวัดตัวแปรในการวิจัยและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (CITC) จากการทดลองครั้งที่ 1 2 และใช้จริง

ข้อความ	ทดลองใช้ครั้งที่ 1		ทดลองใช้ครั้งที่ 2		ใช้จริง	
	Alpha/ KR-20	CITC	Alpha/ KR-20	CITC	Alpha/ KR-20	CITC
การรู้สถิติ						
ทักษะการรู้หนังสือ	.603		.458		.501	
ความรู้สถิติศาสตร์	.777		.578		.229	
ความรู้คณิตศาสตร์	.486		.196		.352	
ความรู้เชิงบริบท	.242		.309		.169	
ทักษะเชิงวิพากษ์	.738		.577		.283	
ท่าทีเชิงวิพากษ์	**.918**		**.897**		**.860**	
1. ฉันสามารถแปลความหมายกราฟหรือแผนภูมิแสดงข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยที่พบในสื่อต่างๆ ได้		.648		.815		.695
2. ฉันเข้าใจบทความที่แสดงข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยเป็นอย่างดี		.780		.737		.713
3. ฉันเห็นว่าบทความที่เผยแพร่ในหนังสือพิมพ์ส่วนใหญ่ให้ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะบอกให้รู้ว่าข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยมีถูกต้องเหมาะสม		.803		.642		.646
4.ฉันเห็นว่าบทความเกี่ยวกับผลการวิจัยที่เผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ตมักให้ข้อมูลเพียงบางส่วนไม่ครบถ้วนสมบูรณ์		.671		.636		.605
5. ฉันเห็นว่างานวิจัยที่พบในวารสารที่มีผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาส่วนใหญ่ใช้สถิติวิเคราะห์ถูกต้อง		.685		.636		.532
6. ฉันสามารถโต้แย้งบทความเกี่ยวกับข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยที่ไม่ถูกต้องซึ่งจัดทำโดยหน่วยงานของรัฐที่เผยแพร่ในหนังสือพิมพ์ได้		.792		.691		.531
7. ฉันมั่นใจว่าสามารถโต้แย้งข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยที่ไถูกต้องซึ่งหน่วยงานของรัฐทำขึ้นเพื่อนำไปใช้ประกอบการจัดโครงการบริการสังคม		.736		.690		.568
8. ฉันมักสงสัยข้อมูลสถิติหรือผลการวิจัยที่คลุมเครือในโฆษณาทางการแพทย์ที่ใช้ดาราหรือบุคคลที่มีชื่อเสียงเป็นพรีเซ็นเตอร์		.639		.603		.588
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ	**.916**		**.924**		**.911**	
1.ฉันชอบสถิติ		.236		.787		.566
2.ฉันรู้สึกไม่มั่นใจเมื่อต้องทำโจทย์ปัญหาทางสถิติ(-)		.453		.684		.417
11.ฉันรู้สึกท้อแท้เมื่อต้องสอบวิชาสถิติ (-)		.727		.737		.710

ข้อความ	ทดลองใช้ครั้งที่ 1		ทดลองใช้ครั้งที่ 2		ใช้จริง	
	Alpha/ KR-20	CITC	Alpha/ KR-20	CITC	Alpha/ KR-20	CITC
14.ฉันรู้สึกเครียดเมื่อเรียนสถิติ (-)		.579		.785		.724
15.ฉันรู้สึกสนุกเมื่อเรียนสถิติ		.535		.706		.603
21.สถิติทำให้ฉันกลัว(-)		.675		.761		.713
3. ฉันมีปัญหาในการเข้าใจสถิติเพราะฉันรู้สึกไม่ชอบวิชานี้(-)		.550		.677		.608
9. ฉันไม่รู้ว่าสถิติคืออะไร(-)		.511		.482		.510
20. ฉันมักคำนวณค่าสถิติผิด(-)		.560		.718		.576
23. ฉันเข้าใจสมการหรือสูตรทางสถิติ		.370		.576		.437
26. ฉันเห็นว่าแนวคิดทางสถิติเข้าใจยาก(-)		.587		.684		.726
5. สถิติไม่มีประโยชน์(-)		.492		.365		.468
7. สถิติควรเป็นวิชาหนึ่งที่ต้องเรียนเพื่อใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคตของฉัน		.332		.361		.429
8. ทักษะทางสถิติจะทำให้ฉันมีโอกาสได้รับการจ้างงานเพิ่มขึ้น		.289		.434		.356
10. วิชาสถิติไม่มีประโยชน์กับอาชีพบางอาชีพ(-)		.572		.523		.521
12. ฉันเห็นว่าการคิดเชิงสถิติจะใช้เฉพาะในการเรียนหรือการทำงานแต่ไม่ใช้ในชีวิตประจำวัน(-)		.559		.554		.566
13. ฉันเห็นว่าสามารถนำสถิติมาใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การตัดสินใจ ซื้อของ หรือใช้บริการ การเลือกการเดินทาง การทำความเข้าใจรายงานทางสถิติในสื่อ เป็นต้น		.177		.354		.419
16. ข้อมูลทางสถิติหรือผลการศึกษาวิจัยพบน้อยมากในชีวิตประจำวัน(-)		.233		.344		.296
19. สถิติคงไม่จำเป็นสำหรับอาชีพของฉันในอนาคต(-)		.616		.411		.572
24. สถิติไม่เกี่ยวข้องอะไรกับชีวิตฉันเลย(-)		.660		.579		.632
4. สูตรสถิติเข้าใจง่าย		.159		.521		.431
6. สถิติเป็นวิชาที่ซับซ้อน(-)		.590		.641		.450
17. สถิติเป็นวิชาที่คนทั่วไปเรียนรู้ได้ง่าย		.085		.458		.376
18. การเรียนสถิติให้เข้าใจต้องใช้การฝึกฝนอย่างหนัก(-)		.322		.083		.167
22. สถิติเกี่ยวข้องกับการคำนวณเป็นส่วนใหญ่(-)		.361		.391		.472
25. สถิติใช้เทคนิคการคำนวณขั้นสูงที่ไม่มีการใช้การคำนวณพื้นฐานเลย(-)		.329		.286		.566
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี	**.910**		**.904**		**.908**	
1. ฉันใช้อินเตอร์เน็ตเพื่อปรึกษาหรือแลกเปลี่ยน		.626		.667		.686

ข้อความ	ทดลองใช้ครั้งที่ 1		ทดลองใช้ครั้งที่ 2		ใช้จริง	
	Alpha/ KR-20	CITC	Alpha/ KR-20	CITC	Alpha/ KR-20	CITC
ความคิดเกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมายในวิชาสถิติกับเพื่อนและผู้สอน						
2. ฉันค้นหาข้อมูลหรือความคิดเห็นต่างๆในเว็บไซต์เพื่อช่วยให้เกิดความคิดในการทำงานที่เกี่ยวกับสถิติ		.843		.800		.800
3. ฉันค้นหาความรู้เพิ่มเติมจากอินเตอร์เน็ตช่วยให้เข้าใจเนื้อหาวิชาสถิติข้อมูลสถิติหรือผลศึกษาวิจัยที่พบ		.829		.796		.753
4. ฉันใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการทำงานกับข้อมูลทางสถิติ เช่น การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ และการนำเสนอข้อมูล		.790		.800		.807
5. ฉันใช้คอมพิวเตอร์ในการพัฒนาทักษะทางสถิติ เช่น การประมวลผล การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลทางสถิติ		.800		.739		.802
การมีประสบการณ์กับสถิติ	**.916**		**.923**		**.920**	
1. รับฟัง/อ่านข้อความที่มีข้อมูลสถิติในสื่อต่างๆ		.797		.693		.570
2.รับฟังข้อมูลสถิติจากการพูดคุยกับในครอบครัวและกลุ่มเพื่อน		.768		.712		.611
3. รับฟังการบรรยายหรือแนะนำเกี่ยวกับสถิติจากผู้มีความรู้ด้านสถิติ เช่น อาจารย์ วิทยากร รุ่นพี่ เพื่อน		.805		.664		.618
4. คำนวณค่าสถิติ หรือวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ		.769		.710		.769
5. สร้างกราฟหรือตารางนำเสนอข้อมูลสถิติ		.790		.758		.758
6. อธิบายความหมายของข้อมูลสถิติหรือค่าสถิติ		.878		.777		.783
7.ลองคำนวณค่าสถิติ วิเคราะห์ข้อมูล หรือนำเสนอข้อมูลสถิติแบบใหม่ๆนอกเหนือจากที่ได้เรียนมา		.839		.728		.668
8.นำความรู้สถิติที่มีมาช่วยในการทำความเข้าใจข้อความที่เกี่ยวกับสถิติ		.763		.765		.732
9.นำข้อมูลสถิติที่พบในสื่อต่างๆไปใช้ในการเรียนหรือชีวิตประจำวัน		.820		.750		.763
10.นำความรู้สถิติที่มีไปให้คำปรึกษาหรือแนะนำเพื่อน		.887		.772		.722

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ภ 5.3 ผลการตรวจสอบความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบวัดทักษะการรู้หนังสือความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ จากทดลองใช้ครั้งที่ 1

ตัวแปร	ประเด็น	ข้อคำถาม	ค่ายากง่าย	อำนาจจำแนก	ผลการเลือก
ทักษะการรู้หนังสือ	- ตัวอักษร	1	0.56	0.69	เลือก
	- ตาราง	2	0.46	0.04	เลือกและปรับปรุง
	-กราฟและรูปภาพ	3	0.59	0.42	เลือก
		4	0.49	0.46	ไม่เลือก
		5	0.51	0.62	เลือก
		7	0.37	0.58	เลือก
		8	0.58	0.77	ไม่เลือก
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)		0.603		
ความรู้สถิติศาสตร์	- ประเภทของข้อมูลและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	9 (1)	0.33	0.40	ไม่เลือก
		10 (2)	0.36	0.60	เลือก
		11(3)	0.41	0.42	ไม่เลือก
		12 (4)	0.53	0.66	เลือก
	- สถิติบรรยาย	13 (5)	0.33	0.69	เลือก
		14 (6)	0.22	0.25	ไม่เลือก
		15 (7)	0.28	0.50	เลือก
	- การแสดงกราฟและตารางทางสถิติ	16 (8)	0.57	0.01	เลือกและปรับปรุง
		17 (9)	0.22	0.16	ไม่เลือก
	- ความน่าจะเป็นพื้นฐาน	18 (10)	0.36	0.65	เลือก
		19 (11)	0.43	0.51	ไม่เลือก
	- สถิติอ้างอิง	20 (12)	0.26	-0.09	ไม่เลือก
		21 (13)	0.38	0.04	เลือกและปรับปรุง
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)		.777		
ความรู้คณิตศาสตร์	- จำนวนและการดำเนินการ	22(1)	0.46	0.90	เลือก
		23(2)	0.61	0.57	เลือก
		24(3)	0.44	0.73	ไม่เลือก
	- เศษส่วนและทศนิยม	25(4)	0.23	0.27	เลือก
		26(5)	0.19	-0.13	ไม่เลือก
		27(6)	0.18	0.10	ไม่เลือก
		28(7)	0.33	0.63	เลือก
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)		.486		
ความรู้เชิงบริบท	- การเรียน	29(1)	0.28	0.27	เลือก
		30(2)	0.26	0.44	เลือก
		31(3)	0.45	0.38	ไม่เลือก
		32(4)	0.17	0.19	ไม่เลือก
	- สังคม	33(5)	0.45	0.38	เลือก
		34(6)	0.36	0.44	เลือก
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)		.242		

ตาราง ภ 5.4 ผลการตรวจสอบความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบวัดทักษะการรู้หนังสือ ความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์ จากทดลองใช้ครั้งที่ 2

แบบวัด	ประเด็น		ข้อ	ค่ายากง่าย	อำนาจจำแนก	ผลการตรวจสอบ
ทักษะการรู้หนังสือ (5 ข้อ)	- ตัวอักษร		1	0.658	0.467	ใช้ได้
	- ตาราง		2	0.605	0.266	ใช้ได้
	-กราฟและรูปภาพ	แผนภูมิวงกลม	3	0.684	0.513	ใช้ได้
		แผนภูมแท่ง	4	0.816	0.317	ใช้ได้
		แผนภูมิเส้น	5	0.697	0.643	ใช้ได้
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)			0.458		
ความรู้สถิติศาสตร์ (7 ข้อ)	- ประเภทของข้อมูลและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล		6	0.697	0.75	ใช้ได้
			7	0.645	0.525	ใช้ได้
	- สถิติบรรยาย		8	0.632	0.763	ใช้ได้
			9	0.461	0.296	ใช้ได้
	- การแสดงกราฟและตารางทางสถิติ		10	0.539	0.538	ใช้ได้
	- ความน่าจะเป็นพื้นฐาน		11	0.579	0.609	ใช้ได้
	- สถิติอ้างอิง		12	0.211	0.092	ปรับปรุง
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)			.578		
ความรู้คณิตศาสตร์ (4 ข้อ)	- จำนวนและการดำเนินการ		13	0.5	0.211	ใช้ได้
			14	0.632	0.514	ใช้ได้
	- เศษส่วนและทศนิยม		15	0.592	0.544	ใช้ได้
			16	0.671	0.483	ใช้ได้
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)			.196		
ความรู้เชิงบริบท (4 ข้อ)	- การเรียน		17	0.395	0.517	ใช้ได้
			18	0.355	0.328	ใช้ได้
	- สังคม		19	0.289	0.506	ใช้ได้
			20	0.434	0.547	ใช้ได้
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)			.309		
ทักษะเชิงวิพากษ์ **(8 ข้อ)**	**- แหล่งที่มา**		1	0.474	0.760	ใช้ได้
	- กลุ่มตัวอย่าง		2	0.553	0.760	ใช้ได้
			3	0.539	0.680	ใช้ได้
	- ลักษณะข้อมูล		4	0.368	0.640	ใช้ได้
	- ผลการวิจัย		5	0.329	0.440	ใช้ได้
			6	0.250	0.280	ใช้ได้
			7	0.355	0.360	ใช้ได้
	- การใช้สถิติ		8	0.329	0.560	ใช้ได้
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)			.585		

ตาราง ภ 5.5 ผลการตรวจสอบความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบวัดทักษะการรู้หนังสือความรู้สถิติศาสตร์ ความรู้คณิตศาสตร์ ความรู้เชิงบริบท และทักษะเชิงวิพากษ์จากการใช้จริง

แบบวัด	ประเด็น		ข้อ	ค่ายากง่าย	อำนาจจำแนก	ผลการตรวจสอบ
ทักษะการรู้หนังสือ (5 ข้อ)	- ตัวอักษร		1	.719	.440	ใช้ได้
	- ตาราง		2	.480	.436	ใช้ได้
	-กราฟและรูปภาพ	แผนภูมิวงกลม	3	.550	.617	ใช้ได้
		แผนภูมแท่ง	4	.796	.332	ใช้ได้
		แผนภูมิเส้น	5	.766	.389	ใช้ได้
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)			.501		
ความรู้สถิติศาสตร์ (7 ข้อ)	- ประเภทของข้อมูลและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล		6	.504	.610	ใช้ได้
			7	.724	.349	ใช้ได้
	- สถิติบรรยาย		8	.667	.553	ใช้ได้
			9	.357	.365	ใช้ได้
	- การแสดงกราฟและตารางทางสถิติ		10	.483	.519	ใช้ได้
	- ความน่าจะเป็นพื้นฐาน		11	.714	.476	ใช้ได้
	- สถิติอ้างอิง		12	.342	.239	ปรับปรุง
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)			.299		
ความรู้คณิตศาสตร์ (4 ข้อ)	- จำนวนและการดำเนินการ		13	.706	.392	ใช้ได้
			14	.642	.492	ใช้ได้
	- เศษส่วนและทศนิยม		15	.444	.473	ใช้ได้
			16	.434	.548	ใช้ได้
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)			.352		
ความรู้เชิงบริบท (4 ข้อ)	- การเรียน		17	.464	.741	ใช้ได้
			18	.276	.361	ใช้ได้
	- สังคม		19	.587	.652	ใช้ได้
			20	.507	.668	ใช้ได้
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)			.169		
ทักษะเชิงวิพากษ์ **(8 ข้อ)**	**- แหล่งที่มา**		1	.494	.356	ใช้ได้
	- กลุ่มตัวอย่าง		2	.480	.416	ใช้ได้
			3	.466	.497	ใช้ได้
	- ลักษณะข้อมูล		4	.200	.357	ใช้ได้
	- ผลการวิจัย		5	.200	.363	ใช้ได้
			6	.198	.404	ใช้ได้
			7	.568	.452	ใช้ได้
	- การใช้สถิติ		8	.200	.282	ใช้ได้
	ค่าความเที่ยง(K.R.20)			.283		

ตาราง ภ 5.6 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างข้อคำถามวัดตัวแปรความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ

ตัวแปร	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6	AS7	AS8	AS9	AS10	AS11	AS12	AS13
AS1	1												
AS2	.204**	1											
AS3	.444**	.614**	1										
AS4	.515**	.174**	.271**	1									
AS5	.222**	.118**	.286**	.135**	1								
AS6	.233**	.384**	.414**	.246**	.231**	1							
AS7	.388**	.024	.164**	.234**	.296**	-.057	1						
AS8	.330**	.019	.106**	.232**	.250**	-.048	.651**	1					
AS9	.218**	.144**	.286**	.183**	.432**	.204**	.264**	.245**	1				
AS10	.245**	.224**	.299**	.156**	.354**	.236**	.305**	.276**	.380**	1			
AS11	.440**	.473**	.573**	.354**	.288**	.482**	.197**	.143**	.405**	.403**	1		
AS12	.249**	.227**	.313**	.167**	.354**	.255**	.283**	.211**	.322**	.429**	.449**	1	
AS13	.334**	.026	.146**	.196**	.378**	.088**	.470**	.426**	.283**	.275**	.174**	.327**	1
AS14	.452**	.430**	.535**	.345**	.312**	.479**	.183**	.139**	.367**	.349**	.691**	.382**	.188**
AS15	.635**	.220**	.442**	.452**	.211**	.252**	.361**	.303**	.248**	.271**	.507**	.299**	.300**
AS16	.068*	.165**	.177**	.002	.200**	.164**	.109**	.058	.178**	.283**	.204**	.342**	.127**
AS17	.365**	.096**	.192**	.369**	.113**	.196**	.206**	.226**	.160**	.204**	.256**	.203**	.273**
AS18	.247**	.141**	.269**	.182**	.407**	.180**	.482**	.385**	.405**	.424**	.328**	.449**	.365**
AS19	.279**	.382**	.449**	.237**	.240**	.381**	.131**	.096**	.282**	.264**	.499**	.316**	.132**
AS20	.396**	.371**	.525**	.304**	.284**	.420**	.207**	.144**	.425**	.295**	.658**	.379**	.239**
AS21	.040	.190**	.162**	.037	-.061	.186**	-.095**	-.143**	.012	.108**	.204**	.187**	-.103**
AS22	.454**	.177**	.301**	.382**	.183**	.164**	.250**	.221**	.241**	.185**	.319**	.165**	.241**
AS23	.316**	.193**	.318**	.197**	.453**	.232**	.395**	.325**	.460**	.439**	.369**	.478**	.420**
AS24	.150**	.179**	.254**	.115**	.338**	.222**	.235**	.136**	.327**	.260**	.319**	.365**	.243**
AS25	.398**	.342**	.486**	.369**	.308**	.442**	.244**	.186**	.370**	.371**	.592**	.429**	.225**
M	3.326	3.884	4.292	3.304	5.635	3.468	4.428	4.331	5.572	4.732	4.201	4.552	4.523
SD	1.625	1.696	1.738	1.534	1.477	1.655	1.614	1.449	1.422	1.810	1.874	1.630	1.536

ตัวแปร	AS14	AS15	AS16	AS17	AS18	AS19	AS20	AS21	AS22	AS23	AS24	AS25
AS14	1											
AS15	.533**	1										
AS16	.232**	.055	1									
AS17	.318**	.403**	-.025	1								
AS18	.351**	.274**	.295**	.166**	1							
AS19	.533**	.322**	.182**	.172**	.317**	1						
AS20	.683**	.487**	.219**	.281**	.364**	.626**	1					
AS21	.249**	.083**	.142**	.037	.062*	.241**	.238**	1				
AS22	.344**	.466**	.028	.354**	.168**	.309**	.386**	-.042	1			
AS23	.411**	.314**	.302**	.167**	.642**	.354**	.425**	.066*	.189**	1		
AS24	.364**	.151**	.258**	.065*	.403**	.337**	.389**	.125**	.091**	.523**	1	
AS25	.636**	.454**	.225**	.320**	.407**	.544**	.660**	.265**	.329**	.481**	.483**	1
M	3.96	3.44	4.41	3.35	4.97	3.93	4.43	2.83	3.64	5.15	4.85	4.08
S.D.	1.712	1.537	1.368	1.367	1.655	1.621	1.890	1.472	1.387	1.657	1.465	1.662
KMO =.926; Bartlett's Test = 11,289.516; df = 300; p = <.001												

Chulalongkorn University

ตาราง ภ 5.7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ

ตัวแปร	น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
	Beta	B(SE)			
AS1	.512	1.000(-)	-	.263	.020
AS2	.429	.874(.08)	11.200**	.184	.008
AS3	.618	1.291(.08)	16.025**	.381	-.010
AS4	.384	.708(.05)	13.063**	.148	.007
AS5	.741	1.314(11)	12.449**	.548	.309
AS6	.484	.960(.08)	12.135**	.234	-.042
AS7	.270	.520(.06)	8.620**	.073	-.032
AS8	.197	.343(.06)	6.203**	.039	-.023
AS9	.499	.850(.07)	12.408**	.249	-.044
AS10	.480	1.042(.08)	12.355**	.231	.006
AS11	.806	1.81(.11)	16.726**	.650	.090
AS12	.553	1.08(.08)	13.143**	.306	.021
AS13	.289	.534(.06)	8.719**	.083	-.050
AS14	.859	1.764(.10)	16.852**	.739	.134
AS15	.603	1.115(.06)	19.599**	.363	.048
AS16	.262	.429(.06)	7.786**	.068	-.024
AS17	.353	.583(.05)	10.959**	.125	.032
AS18	.521	1.029(.08)	12.766**	.271	.029
AS19	.611	1.187(.08)	14.380**	.374	.004
AS20	.828	1.879(.11)	16.529**	.686	.134
AS21	.276	.487(.06)	7.563**	.076	.049
AS22	.377	.633(.05)	12.225**	.142	-.023
AS23	.587	1.160(.08)	13.804**	.344	.023
AS24	.448	.783(.07)	11.539**	.201	-.033
AS25	.748	1.490(.09)	16.087**	.559	.040
	χ^2 = 135.79; df = 112; p =.063; GFI =.989; AGFI =.969; CFI = 1.00; NNFI =.998; RMSEA =.015; RMR =.057				

ตาราง ภ 5.8 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างข้อคำถามวัดตัวแปรการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี

ตัวแปร	LST1	LST2	LST3	LST4	LST4
LST1	1				
LST2	.685**	1			
LST3	.548**	.660**	1		
LST4	.591**	.739**	.683**	1	
LST5	.602**	.666**	.728**	.758**	1
M	3.684	3.915	4.360	4.084	4.013
S.D.	1.625	1.539	1.657	1.599	1.590
KMO =.863; Bartlett's Test = 3354.419; df = 10; p = <.001					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ภ 5.9 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี

ตัวแปร	น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
	Beta	B(SE)			
LST1	.682	1.000(-)	-	.464	.014
LST2	.847	1.176(.04)	27.203**	.717	.223
LST3	.800	1.197(.05)	22.864**	.640	.095
LST4	.859	1.240(.05)	24.215**	.738	.145
LST5	.891	1.280(.05)	24.619**	.795	.286
	χ^2 = 7.480; df = 3; p = .058; GFI = .997; AGFI = .985; CFI = .999; NNFI =.997; RMSEA = .0384; RMR = .019				

ตาราง ภ 5.10 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างคะแนนข้อคำถามวัดตัวแปรการมีประสบการณ์กับสถิติ

ตัวแปร	EXS1	EXS2	EXS3	EXS4	EXS5	EXS6	EXS7	EXS8	EXS9	EXS10
EXS1	1									
EXS2	.592**	1								
EXS3	.427**	.499**	1							
EXS4	.447**	.470**	.584**	1						
EXS5	.411**	.440**	.476**	.774**	1					
EXS6	.419**	.443**	.518**	.736**	.774**	1				
EXS7	.363**	.406**	.394**	.562**	.594**	.619**	1			
EXS8	.488**	.479**	.436**	.532**	.564**	.577**	.574**	1		
EXS9	.454**	.459**	.493**	.582**	.600**	.634**	.541**	.751**	1	
EXS10	.412**	.482**	.481**	.552**	.544**	.598**	.567**	.629**	.702**	1
M	3.852	3.504	3.868	3.739	3.538	3.484	3.044	3.531	3.670	3.387
S.D.	1.347	1.345	1.508	1.474	1.493	1.410	1.454	1.413	1.388	1.473
	KMO = .917; Bartlett's Test = 6,445.986; df = 45; p = <.001									

ตาราง ภ 5.11 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการมีประสบการณ์กับสถิติ

ตัวแปร	น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
	Beta	B(SE)			
EXS1	.542	1.000(-)	-	.294	.038
EXS2	.556	1.025(.06)	17.539**	.310	.007
EXS3	.629	1.296(.08)	15.653**	.395	.065
EXS4	.733	1.479(.09)	16.573**	.538	.007
EXS5	.758	1.550(.10)	16.188**	.575	.055
EXS6	.801	1.546(.09)	16.646**	.641	.093
EXS7	.771	1.535(.10)	15.852**	.595	.143
EXS8	.733	1.415(.08)	16.866**	.537	.025
EXS9	.797	1.516(.10)	16.281**	.636	.126
EXS10	.743	1.498(.10)	15.906**	.552	.053
	χ^2 = 19.776; df = 17; p = .286; GFI = .996; AGFI = .987; CFI = 1.000; NNFI =.999; RMSEA = .013; RMR = .018				

ภาคผนวก ง ข้อมูลประกอบบทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตาราง ภ 5.12 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลการรู้สถิติจำแนกตามเพศ

ตัวแปร			หญิง (n=694)								
			KN					DIS		M	SD
			LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS		
ชาย	KN	LS	1	.405**	.321**	.170**	.061	.226**	.250**	3.280	1.308
(n=320)		SK	.448**	1	.308**	.134**	.051	.233**	.237**	3.820	1.448
		MK	.271**	.315**	1	.152**	.028	.289**	.243**	2.235	1.148
		CK	.167**	.171**	.174**	1	.062	.100**	.138**	1.922	1.046
		CRS	-.025	-.029	.002	-.074	1	.130**	.126**	2.735	1.464
	DIS	QS	.366**	.348**	.280**	.156**	.012	1	.388**	3.799	.951
		AS	.291**	.313**	.248**	.149**	.076	.487**	1	4.186	.896
	M		3.378	3.719	2.213	1.631	2.738	3.893	4.268		
	SD		1.336	1.482	1.076	.990	1.412	1.043	.922		
ชาย	KMO =.766; Bartlett's Test = 304.313; df = 21 p = <.001										
หญิง	KMO =.748; Bartlett's Test = 513.866; df = 21 p = <.001										

ตาราง ภ 5.13 วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาชายด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร		ชาย										
		CB-SEM						PLS-SEM				
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ		น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
		Beta	B(SE)			KN	DIS	Beta	B(SE)			
ระดับตัวบ่งชี้												
KN	LS	.643	0.868(.11)	7.616**	.414	.236	.071	.758	1.199(.02)	47.194**	.575	.270
	SK	.669	1.000(-)	-	.447	.235	.070	.779	1.367(.02)	51.675**	.607	.248
	MK	.473	0.512(.08)	6.334**	.222	.162	.048	.653	0.832(.02)	26.878**	.426	.282
	CK	.280	0.280(.07)	4.052**	.079	.088	.026	.441	0.516(.04)	9.509**	.194	.198
	CRS	-.018	-0.026(.09)	-0.272	.000	-.004	-.001	-.038	-0.064(.06)	-0.978	.001	.001
DIS	CS	.753	1.000(-)	-	.567	.181	.368	.872	1.075(.01)	123.495**	.761	.486
	AS	.647	0.759(.10)	7.197**	.418	.130	.265	.852	.929(.01)	87.371**	.726	.514
	ระดับตัวแปรแฝง											
	KN	.915	.906(.10)	9.612**	.837			.888	1.030(.01)	65.915**	.789	
	DIS	.800	.628(.07)	8.661**	.640	.		.830	.964(.01)	51.482**	.690	

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง	KN	DIS	KN	DIS
KN	**.482**		**.601**	
DIS	.732	**.702**	.482	**.862**
CR	.522	.659	.678	.853
AVE	.233	.493	.361	.743

χ^2 = 8.338; df = 13; p =.083; GFI =.993; AGFI =.984; CFI = 1.000; NNFI =1.000; RMSEA = <.001; RMR =.035	GoF = .549

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือรากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$)

ตาราง ภ 5.14 วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาหญิง ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร		หญิง										
		CB-SEM						PLS-SEM				
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ		น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
		Beta	B(SE)			KN	DIS	Beta	B(SE)			
ระดับตัวบ่งชี้												
KN	LS	.621	0.941(.10)	9.680**	.386	.220	.061	.749	1.224(.02)	41.305**	.561	.252
	SK	.597	1.000(-)	-	.356	.182	.050	.728	1.318(.02)	32.404**	.530	.222
	MK	.540	0.718(.08)	9.206**	.292	.190	.052	.693	0.994(.02)	31.834**	.480	.278
	CK	.265	0.320(.06)	5.373**	.070	.078	.021	.416	0.544(.04)	9.348**	.173	.171
	CRS	.125	0.213(.08)	2.667**	.016	.025	.007	.213	0.389(.06)	3.602**	.045	.078
DIS	CS	.622	1.000(-)	-	.386	.122	.235	.833	1.030(.01)	70.657**	.694	.485
	AS	.624	0.946(.12)	7.961**	.390	.131	.252	.833	0.971(.01)	68.703**	.694	.515
	ระดับตัวแปรแฝง											
	KN	.886	.766(.07)	10.496**	.786			.881	1.064(.02)	58.502**	.776	
	DIS	.765	.452(.05)	9.138**	.585			.794	0.922(.02)	41.986**	.630	
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN		DIS		KN		DIS		
KN				**.473**				**.598**				
DIS				.678		**.623**		.412		**.833**		
CR				.543		.559		.705		.819		
AVE				.224		.388		.358		.694		
		χ^2=22.153; df=13; p=.053; GFI=.981; AGFI =.981; CFI=.987; NNFI=.978; RMSEA=.032; RMR=.041						GoF = .522				

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือรากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$)

ตาราง ภ 5.15 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างเพศของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	RMSEA	NNFI	CFI	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	30.395	26	1.169	.252	.018	.993	.996	-	-	-
ข้อ 2 รูปแบบ, Λ_Y,	38.323	31	1.236	.171	.022	.991	.993	7.928	5	.160
ข้อ 3 รูปแบบ, Λ_Y,Γ	42.454	33	1.286	.125	.024	.989	.991	4.131	2	.127

ตาราง ภ 5.16 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างเพศของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	ชาย/หญิง				ความต่าง
		Beta	B(SE)	t	R^2	
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)						
KN	LS	.628	.908(.07)	12.189**	.394	ไม่มี
	SK	.620	1.000(-)	-	.385	ไม่มี
	MK	.511	.639(.06)	11.210**	.261	ไม่มี
	CK	.263	.303(.05)	6.677**	.069	ไม่มี
	CRS	.078	.126(.06)	2.064*	.006	ไม่มี
DIS	CS	.898	1.000(-)	-	.428	ไม่มี
	AS	.793	.874(.08)	10.535**	.377	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)						
STATLIT -> KN		.891	.816(.06)	13.756**	.806	ไม่มี
STATLIT-> DIS		.692	.502(.04)	12.282**	.629	ไม่มี

ตาราง ภ 5.17 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างเพศของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	PLS-SEM				
		Beta				
		ชาย	หญิง	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)						
KN	LS	0.758	0.749	0.009	0.772	ไม่มี
	SK	0.779	0.728	0.051	0.248	ไม่มี
	MK	0.653	0.693	0.040	0.535	ไม่มี
	CK	0.441	0.416	0.024	0.792	ไม่มี
	CRS	-0.038	0.213	0.251	0.050	ไม่มี
DIS	CS	0.758	0.833	0.039	0.059	ไม่มี
	AS	0.779	0.833	0.019	0.465	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)		B				
		ชาย	หญิง	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
STATLIT -> KN		1.079	1.106	0.027	0.465	ไม่มี
STATLIT -> DIS		.881	.822	0.059	0.317	ไม่มี

ตาราง ภ 5.18 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลการรู้สถิติจำแนกตามกลุ่มสาขาวิชา

ตัวแปร			สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ (n=453)								
			KN					DIS		M	SD
			LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS		
วิทยาศาสตร์ฯ (n=561)	KN	LS	1	.406**	.240**	.157**	.030	.239**	.136**	3.179	1.306
		SK	.414**	1	.286**	.105*	-.029	.217**	.193**	3.547	1.421
		MK	.341**	.300**	1	.081	-.011	.252**	.174**	2.035	1.118
		CK	.149**	.150**	.189**	1	.042	.089	.059	1.667	1.038
		CRS	.031	.056	.032	-.006	1	.104*	.099*	2.662	1.423
	DIS	CS	.283**	.270**	.266**	.072	.064	1	.407**	3.571	1.013
		AS	.352**	.251**	.231**	.118**	.103*	.337**	1	3.846	.893
	M		3.417	3.982	2.383	1.963	2.795	4.036	4.507		
	SD		1.318	1.461	1.107	1.018	1.465	.904	.801		
วิทยาศาสตร์ฯ	KMO =.765; Bartlett's Test = 428.043; df = 21 p = <.001										
สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์	KMO =.682; Bartlett's Test = 290.488; df = 21 p = <.001										

ตาราง ภ 5.19 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร		วิทยาศาสตร์ฯ									
		CB-SEM					PLS-SEM				
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
		Beta	B(SE)			KN DIS	Beta	B(SE)			
ระดับตัวบ่งชี้											
KN	LS	.681	1.000(-)	-	.464	.261 .085	.773	1.240(.01)	51.567**	.598	.276
	SK	.590	0.960(.10)	9.426**	.348	.168 .054	.738	1.313(.02)	33.811**	.545	.228
	MK	.520	0.641(.07)	8.790**	.270	.174 .057	.696	0.938(.02)	34.673**	.484	.284
	CK	.248	0.282(.06)	4.740**	.062	.071 .023	.399	0.494(.05)	8.354**	.159	.162
	CRS	.086	0.140(.08)	1.686	.007	.016 .005	.136	0.243(.06)	2.404*	.019	.050
DIS	CS	.560	1.000(-)	-	.314	.141 .168	.811	1.057(.01)	57.058**	.658	.462
	AS	.602	0.952(.12)	7.600**	.362	.184 .220	.824	0.951(.01)	65.004**	.679	.538
ระดับตัวแปรแฝง											
	KN	.909	.816(.07)	11.663	.826		.896	1.129(.02)	60.534**	.802	
	DIS	.872	.442(.05)	8.885	.761		.801	.852(.03)	41.847**	.641	
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN		DIS	KN	DIS			
KN				**.478**			**.601**				
DIS				.793		**.581**	.450	**.817**			
CR				.537		.505	.702	.801			
AVE				.228		.338	.361	.668			
χ^2 = 14.086; df = 13; p =.368; GFI =.993; AGFI =.985; CFI = 1.000; NNFI =0.996; RMSEA =.012; RMR =.029							GoF = .529				

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือรากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$)

ตาราง ภ 5.20 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษากลุ่มสาขาวิชาสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร		สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์										
		CB-SEM						PLS-SEM				
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ		น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
		Beta	B(SE)			KN	DIS	Beta	B(SE)			
ระดับตัวบ่งชี้												
KN	LS	.609	1.000(-)	-	.370	.212	.049	.746	1.229(.02)	38.296**	.557	.264
	SK	.632	1.130(.16)	6.962**	.399	.212	.049	.756	1.355(.02)	38.497**	.571	.249
	MK	.452	0.636(.10)	6.320**	.204	.145	.033	.649	0.915(.03)	21.734**	.421	.285
	CK	.207	0.270(.08)	3.362**	.043	.059	.014	.347	0.454(.06)	6.049**	.120	.149
	CRS	.035	0.063(.10)	0.600	.001	.007	.002	.099	0.177(.06)	1.481	.010	.053
DIS	CS	.752	1.000(-)	-	.566	.118	.445	.861	1.090(.01)	104.997**	.742	.502
	AS	.541	0.634(.13)	4.966**	.293	.059	.223	.815	0.909(.02)	52.037**	.664	.498
ระดับตัวแปรแฝง												
	KN	.882	.701(.09)	7.965**	.778			.852	1.035(.02)	50.142**	.726	
	DIS	.606	.462(.07)	6.858**	.367			.782	.959(.03)	40.287**	.612	
เมทริกซ์สหสัมพันธ์แปรแฝง				KN		DIS		KN		DIS		
KN				**.451**				**.580**				
DIS				.534		**.655**		.341		**.838**		
CR				.485		.594		.670		.825		
AVE				.204		.429		.336		.703		
χ^2 = 18.858; df = 13; p =.128; GFI =.988; AGFI =.975; CFI =.982; NNFI =.971; RMSEA =.032; RMR =.049								GoF = .496				

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือรากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$)

ตาราง ภ 5.21 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	RMSEA	NNFI	CFI	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	36.94	26	1.421	.076	.029	.978	.987	-	-	-
ข้อ 2 รูปแบบ, Λ_Y,	41.304	31	1.332	.102	.026	.983	.987	4.364	5	.498
ข้อ 3 รูปแบบ, $\Lambda_Y\Gamma$	42.977	33	1.302	.115	.024	.985	.988	1.673	2	.433

ตาราง ภ 5.22 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	วิทยาศาสตรฯ/สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ Beta	B(SE)	t	R^2	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)						
KN	LS	.630	1.000(-)	-	.391	
	SK	.617	1.072(.10)	11.194**	.387	ไม่มี
	MK	.477	.644(.06)	10.176**	.222	ไม่มี
	CK	.222	.277(.05)	5.477**	.048	ไม่มี
	CRS	.054	.095(.07)	1.397	.003	ไม่มี
DIS	CS	.682	1.000(-)	-	.500	ไม่มี
	AS	.572	.742(.09)	8.635**	.347	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)						
STATLIT -> KN		.891	.736(.06)	13.043**	.794	ไม่มี
STATLIT-> DIS		.692	.463(.06)	11.005**	.416	ไม่มี

ตาราง ภ 5.23 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEM

		PLS-SEM				
		Beta				
ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	วิทยาศาสตร์	สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)						
KN	LS	.773	.746	.027	.420	ไม่มี
	SK	.738	.756	.018	.657	ไม่มี
	MK	.696	.649	.047	.302	ไม่มี
	CK	.399	.347	.052	.589	ไม่มี
	CRS	.136	.099	.037	.758	ไม่มี
DIS	CS	.811	.861	.050	.012	มี
	AS	.824	.815	.009	.685	ไม่มี
		B				
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)		วิทยาศาสตร์	สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์	ค่าความต่าง	P	ความต่าง
STATLIT -> KN		1.129	1.035	0.094	.011	มี
STATLIT-> DIS		0.852	0.959	0.107	.014	มี

ตาราง ภ 5.24 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลการรู้สถิติจำแนกตามการเรียนสถิติในระดับปริญญาตรี

ตัวแปร			ไม่เคยเรียนสถิติ (n=350)								
			KN					DIS		M	SD
			LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS		
เคยเรียนสถิติ	KN	LS	1	.348**	.332**	.165**	-.109*	.226**	.244**	2.986	1.340
(n=664)		SK	.437**	1	.286**	.077	-.096	.240**	.300**	3.543	1.441
		MK	.286**	.319**	1	.172**	-.032	.339**	.257**	2.169	1.152
		CK	.165**	.186**	.151**	1	.019	.155**	.141**	1.823	1.050
		CRS	.092*	.074	.043	.022	1	.077	.172**	2.594	1.406
	DIS	CS	.272**	.266**	.251**	.087*	.084*	1	.359**	3.631	0.980
		AS	.252**	.226**	.234**	.132**	.072	.438**	1	4.060	0.820
	M		3.482	3.917	2.259	1.834	2.810	3.932	4.292		
	SD		1.273	1.452	1.110	1.030	1.464	0.967	0.938		
เคยเรียนสถิติ			KMO =.740; Bartlett's Test = 529.573; df = 21 p = <.001								
ไม่เคยเรียนสถิติ			KMO =.731; Bartlett's Test = 271.218; df = 21 p = <.001								

ตาราง ภ 5.25 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนสถิติในระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร		เคยเรียน										
		CB-SEM						PLS-SEM				
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ		น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
		Beta	B(SE)			KN	DIS	Beta	B(SE)			
ระดับตัวบ่งชี้												
KN	LS	.639	.853(.08)	10.031**	.480	.255	.056	.753	1.193(.02)	47.502**	.568	.264
	SK	.657	1.000(-)	-	.431	.239	.053	.768	1.388(.02)	39.021**	.590	.231
	MK	.490	0.571(.06)	8.925**	.240	.175	.039	.663	0.917(.02)	27.102**	.440	.270
	CK	.274	0.296(.05)	5.560**	.075	.087	.019	.425	0.545(.05)	9.599**	.181	.171
	CRS	.129	0.198(.07)	2.718**	.017	.027	.006	.208	0.379(.06)	3.709**	.043	.065
DIS	CS	.691	1.000(-)	-	.478	.129	.314	.853	1.021(.01)	91.330**	.728	.500
	AS	.633	0.889(.11)	8.023**	.401	.107	.258	.843	0.979(.01)	75.269**	.711	.500
ระดับตัวแปรแฝง												
	KN	.943	.899(.07)	12.885**	.890			.875	1.042(.02)	64.408**	.766	
	DIS	.658	.440(.05)	9.387**	.433			.791	946(.02)	46.234**	.625	
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN		DIS		KN		DIS		
KN				**.484**				**.603**				
DIS				.621		**.663**		.396		**.848**		
CR				.556		.610		.714		.837		
AVE				.234		.439		.364		.719		
χ^2 = 9.762; df = 13; p =.713; GFI =.996; AGFI =.991; CFI = 1.000; NNFI =1.000; RMSEA = <.001; RMR =.024								GoF = .525				

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือรากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$)

ตาราง ภ 5.26 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนสถิติในระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร		ไม่เคยเรียน										
		CB-SEM						PLS-SEM				
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ		น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
		Beta	B(SE)			KN	DIS	Beta	B(SE)			
ระดับตัวบ่งชี้												
KN	LS	.768	0.965(.15)	6.540**	.328	.166	.072	.735	1.195(.02)	35.139**	.540	.253
	SK	.795	1.000(-)	-	.305	.143	.062	.692	1.211(.02)	29.965**	.479	.233
	MK	.666	0.837(.13)	6.562**	.334	.196	.085	.730	1.021(.02)	40.973**	.533	.312
	CK	.272	0.342(.09)	3.712**	.067	.069	.030	.413	0.527(.05)	8.642**	.171	.187
	CRS	-.112	-0.140(.12)	-1.204	.006	-.036	-.033	-.068	-0.116(.02)	-1.369	.005	.015
DIS	CS	.565	1.000(-)	-	.333	.140	.181	.826	1.099(.01)	68.506**	.682	.457
	AS	.479	0.848(.14)	6.028**	.344	.192	.241	.823	0.917(.01)	64.929**	.678	.543
ระดับตัวแปรแฝง												
	KN	.918	.730(.10)	7.438**	.842			.887	1.094(.02)	50.534**	.787	
	DIS	.896	.506(.07)	7.249**	.802			.815	.904(.02)	39.240**	.664	

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง	KN	DIS	KN	DIS
KN	**.554**		**.587**	
DIS	.822	**.541**	.455	**.825**
CR	.590	.452	.657	.809
AVE	.307	.293	.345	.680
χ^2 = 22.094; df = 13; p =.054; GFI =.982; AGFI =.962; CFI =.977; NNFI =.962; RMSEA =.04; RMR =.056			GoF = .525	

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือ $\sqrt{AVE}$

ตาราง ภ 5.27 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	RMSEA	NNFI	CFI	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	31.86	26	1.225	.198	.021	.992	.995	-	-	-
ข้อ 2 รูปแบบ, Λ_Y,	43.189	31	1.393	.084	.027	.986	.990	11.329	5	.045
ข้อ 2.1 รูปแบบ, Λ_Y (LY(5,1) เป็นอิสระ)	35.728	30	1.191	.217	.019	.994	.995	7.461	1	.006
ข้อ 2.2 รูปแบบ, Λ_Y (LY(3,1) เป็นอิสระ)	38.419	30	1.281	.139	.023	.99	.993	4.770	1	.029
ข้อ 3 รูปแบบ, Λ_Y,Γ	43.189	33	1.309	.110	.025	.988	.990	0.000	2	1.000
ข้อ 3.1 รูปแบบ, Λ_Y(LY(5,1), LY(3,1) เป็นอิสระ), Γ	34.457	31	1.112	.306	.015	.997	.998	8.732	2	.013

ตาราง ภ 5.28 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรีของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	เคยเรียน/ไม่เคยเรียน				ความต่าง
		Beta	B(SE)	t	R^2	
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)						
KN	LS	.619	1.000(-)	-	.402	ไม่มี
	SK	.621	1.121(.09)	12.022**	.394	ไม่มี
	MK	.484/.587	0.679(.07)/0.823(.10)	9.286**/8.286**	.242	มี
	CK	.267	0.345(.05)	6.640**	.072	ไม่มี
	CRS	.131/-.090	0.236(.09)/-0.162(.11)	2.718**/-1.437	.017	มี
DIS	CS	.651	1.000(-)	-	.482	ไม่มี
	AS	.623	0.885(.09)	10.109**	.402	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)						
STATLIT -> KN		.919	0.731(.05)	14.278**	.845	ไม่มี
STATLIT-> DIS		.741	0.474(.04)	11.866**	.485	ไม่มี

ตาราง ภ 5.29 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนสถิติในระดับปริญญาตรีของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	PLS-SEM				
		Beta				
		เรียน	ไม่เรียน	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)						
KN	LS	.753	.735	.019	.586	ไม่มี
	SK	.768	.692	.076	.068	ไม่มี
	MK	.663	.730	.067	.165	ไม่มี
	CK	.425	.413	.012	.908	ไม่มี
	CRS	.208	-.068	.276	.027	มี
DIS	CS	.853	.826	.027	.180	ไม่มี
	AS	.843	.823	.020	.383	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)		B				
		เรียน	ไม่เรียน	ค่าความต่าง	P	ความต่าง
STATLIT -> KN		1.157	1.090	0.052	.172	ไม่มี
STATLIT-> DIS		.735	.861	0.048	.295	ไม่มี

ตาราง ภ 5.30 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลการรู้สถิติจำแนกตามการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี

ตัวแปร			ไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์ (n=331)								
			KN					DIS		M	SD
			LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS		
เคยเรียน	KN	LS	1	.470**	.259**	.212**	.040	.211**	.159**	3.136	1.407
คณิตศาสตร์		SK	.381**	1	.313**	.136*	.024	.232**	.205**	3.619	1.510
(n=683)		MK	.314**	.297**	1	.145**	-.026	.234**	.114*	1.961	1.079
		CK	.123**	.145**	.147**	1	.096	.105	.113*	1.695	1.085
		CRS	.033	.028	.044	-.015	1	.177**	.121*	2.761	1.429
	DIS	CS	.295**	.277**	.279**	.092*	.052	1	.423**	3.580	1.023
		AS	.302**	.272**	.254**	.112**	.118**	.377**	1	3.825	.917
	M		3.395	3.870	2.357	1.896	2.723	3.949	4.399		
	SD		1.264	1.427	1.125	1.007	1.456	.938	.838		
เคยเรียนคณิตศาสตร์			KMO =.772; Bartlett's Test = 502.741; df = 21 p = <.001								
ไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์			KMO =.674; Bartlett's Test = 257.622; df = 21 p = <.001								

ตาราง ภ 5.31 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร		เคยเรียนคณิตศาสตร์									
		CB-SEM						PLS-SEM				
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ		น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
		Beta	B(SE)			KN	DIS	Beta	B(SE)			
ระดับตัวบ่งชี้												
KN	LS	.619	0.935(.10)	9.760**	.384	.214	.080	.750	1.188(.02)	44.088**	.563	.276
	SK	.587	1.000(-)	-	.345	.169	.063	.737	1.318(.02)	34.861**	.544	.236
	MK	.524	0.704(.08)	9.070**	.275	.173	.065	.695	0.979(.02)	33.796**	.483	.284
	CK	.228	0.274(.06)	4.685**	.052	.064	.024	.367	0.464(.05)	7.271**	.135	.155
	CRS	.084	0.147(.08)	1.802	.007	.016	.006	.132	0.241(.06)	2.216*	.017	.050
DIS	CS	.616	1.000(-)	-	.380	.155	.216	.829	1.059(.01)	72.543**	.688	.471
	AS	.612	0.888(.10)	8.884**	.375	.171	.238	.830	0.947(.01)	65.114**	.689	.529
ระดับตัวแปรแฝง												
	KN	.926	0.776(.07)	11.329**	.857			.889	1.078(.02)	59.717**	.790	
	DIS	.853	0.493(.05)	10.576**	.727			.815	0.909(.03)	45.083**	.664	
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN		DIS		KN		DIS		
KN				**.461**				**.590**				
DIS				.789		**.614**		.458		**.829**		
CR				.514		.548		.688		.815		
AVE				.212		.377		.348		.688		
χ^2 = 10.641; df = 13; p =.641; GFI =.996; AGFI =.990; CFI = 1.000; NNFI =1.000; RMSEA = <.001; RMR =.026								GoF = .529				

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือรากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$)

ตาราง ภ 5.32 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร		ที่ไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์										
		CB-SEM						PLS-SEM				
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ		น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2	สปส.คะแนนองค์ประกอบ
		Beta	B(SE)			KN	DIS	Beta	B(SE)			
ระดับตัวบ่งชี้												
KN	LS	.482	0.786(.09)	8.612**	.232	.108	.024	.762	1.319(.02)	46.437**	.581	.239
	SK	.571	1.000(-)	-	.326	.178	.040	.769	1.427(.02)	42.997**	.591	.231
	MK	.536	0.671(.09)	7.503**	.288	.258	.059	.619	0.822(.03)	19.895**	.384	.261
	CK	.257	0.324(.07)	4.733**	.066	.081	.023	.456	0.609(.05)	9.790**	.208	.184
	CRS	.051	0.084(.08)	1.000	.003	-.006	-.039	.190	0.334(.06)	3.029**	.036	.085
DIS	CS	.762	1.000(-)	-	.580	.169	.470	.863	1.078(.01)	98.891**	.745	.502
	AS	.542	0.640(.11)	6.010**	.293	.078	.213	.823	0.921(.01)	59.961**	.678	.498
ระดับตัวแปรแฝง												
	KN	.930	.803(.08)	10.146**	.866			.861	1.048(.02)	56.943**	.741	
	DIS	.607	.471(.06)	8.390**	.369			.767	.941(.03)	41.783**	.589	
เมทริกซ์สหสัมพันแปรแฝง				KN		DIS		KN		DIS		
KN				**.428**				**.600**				
DIS				.565		**.661**		.334		**.843**		
CR				.468		.601		.710		.831		
AVE				.183		.437		.360		.711		
χ^2 = 17.905; df = 13; p = 161; GFI =.993; AGFI =.984; CFI =.993; NNFI =.988; RMSEA =.023; RMR =.036								GoF = .505				

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือรากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$)

ตาราง ภ 5.33 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	RMSEA	NNFI	CFI	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	33.789	26	1.300	.166	.022	.987	.992	-	-	-
ข้อ 2 รูปแบบ, Λ_Y,	39.301	31	1.268	.146	.023	.987	.990	5.512	5	.357
ข้อ 3 รูปแบบ, Λ_Y,Γ	44.763	33	1.356	.083	.065	.984	.987	5.462	2	.065

ตาราง ภ 5.34 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	เคยเรียน/ไม่เคยเรียน				ความต่าง
		Beta	B(SE)	t	R^2	
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)						
KN	LS	.625	1.000(-)	-	.353	ไม่มี
	SK	.620	1.102(.09)	11.920**	.379	ไม่มี
	MK	.499	0.677(.06)	10.827**	.255	ไม่มี
	CK	.244	0.307(.05)	6.089**	.055	ไม่มี
	CRS	.084	0.148(.07)	2.170*	.007	ไม่มี
DIS	CS	.654	1.000(-)	-	.488	ไม่มี
	AS	.607	0.830(.08)	9.968**	.406	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)						
STATLIT -> KN		.922	0.755(.05)	14.418**	.851	ไม่มี
STATLIT-> DIS		.749	0.475(.04)	12.081**	.432	ไม่มี

ตาราง ภ 5.35 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	PLS-SEM				
		Beta				
		เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)						
KN	LS	.750	.762	.012	.752	ไม่มี
	SK	.737	.769	.031	.436	ไม่มี
	MK	.695	.619	.076	.119	ไม่มี
	CK	.367	.456	.089	.396	ไม่มี
	CRS	.132	.190	.058	.594	ไม่มี
DIS	CS	.829	.863	.034	.069	ไม่มี
	AS	.830	.823	.007	.792	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)		B				
		เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
STATLIT -> KN		1.116	1.107	0.009	.812	ไม่มี
STATLIT-> DIS		0.813	0.823	0.010	.911	ไม่มี

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ภ 5.36 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติ จำแนกตามเพศและวิธีการคิดคะแนนองค์ประกอบ

	ตัวแปร		PLS-SEM						
			STATLIT		LST	EXS	M	SD	
			KN	DIS					
	CB-SEM								
ชาย	STATLIT	KN	1	.486**	.186**	.266**	2.789	0.804	**CB-SEM;**
(n=320)		DIS	.870**	1	.553**	.671**	4.086	0.846	KMO =.629; Bartlett's Test = 858.138; df = 6 p = <.001
	LST		.313**	.507**	1	.690**	3.919	1.298	**PLS-SEM;**
	EXS		.412**	.624**	.690**	1	3.593	1.107	KMO =.694; Bartlett's Test = 492.948; df = 6 p = <.001
	M		3.204	2.797	3.919	3.593			
	SD		0.771	0.569	1.298	1.107			
หญิง	**CB-SEM**								
(n=694)	STATLIT	KN	1	.408**	.194**	.193**	2.844	0.815	**CB-SEM;**
		DIS	.841**	1	.440**	.617**	3.998	0.769	KMO =.588; Bartlett's Test = 1,549.505; df = 6 p = <.001
	LST		.291**	.432**	1	.628**	4.054	1.402	**PLS-SEM;**
	EXS		.333**	.569**	.628**	1	3.547	1.085	KMO =.650; Bartlett's Test = 815.854; df = 6 p = <.001
	M		3.205	2.756	4.054	3.547			
	SD		0.738	0.515	1.402	1.085			

หมายเหตุ: ใต้แนวทแยงเป็นวิธี CB-SEM และเหนือแนวทแยงเป็นวิธี PLS-SEM

ตาราง ภ 5.37 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จำแนกตามเพศของนิสิตนักศึกษา

ตัวแปร		ชาย							
		CB-SEM				PLS-SEM			
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ตัวบ่งชี้ภายนอก									
	LST	1.000	1.000(-)	-	1.000	1.000	1.000(-)	-	
	EXS	1.000	1.000(-)	-	1.000	1.000	1.000(-)	-	
ตัวบ่งชี้ภายใน									
STATLIT	KN	.549	.892(.06)	15.786**	.301	0.700	0.755(.03)	24.045**	0.489
	DIS	.830	1.000(-)	-	.690	0.964	1.095(.01)	180.231**	0.930
อิทธิพลเชิงสาเหตุ									
LST->STATLIT		.212	.077(.02)	3.412**		.304	0.174(.01)	24.406**	
EXS->STATLIT		.605	.258(.03)	9.372**		.375	0.253(.01)	28.498**	
R^2		.589				.390			
		χ^2 = 1.095; df = 2; p =.578; GFI =.998; AGFI =.997; CFI = 1.000; NNFI =1.000; RMSEA = <.001; RMR =.011				GoF = .526			

ตัวแปร		หญิง							
		CBSEM				PLSSEM			
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ตัวบ่งชี้ภายนอก									
	LST	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
	EXS	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
ตัวบ่งชี้ภายใน									
STATLIT	KN	.467	.848(.05)	17.181**	.218	.647	0.771(.04)	16.995**	.419
	DIS	.790	1.000(-)	-	.623	.960	1.079(.01)	123.192**	.922
สัมประสิทธิ์เส้นทาง									
LST->STATLIT		.101	.029(.01)	2.314*		.267	0.130(.01)	17.229**	
EXS->STATLIT		.660	.248(.02)	14.263**		.359	0.226(.01)	23.811**	
R^2		.530				.320			
		χ^2 = 4.601; df = 2; p =.100; GFI =.997; AGFI =.983; CFI =.998; NNFI =.994; RMSEA =.043; RMR =.017				GoF = .463			

ตาราง ภ 5.38 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างเพศของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	RMSEA	NNFI	CFI	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	6.360	4	1.590	.174	.034	.996	.999			
ข้อ 2 รูปแบบ, Λ_Y,	6.474	5	1.295	.263	.024	.998	.999	0.114	1	.736
ข้อ 3 รูปแบบ, Λ_Y,Γ	13.054	7	1.865	.071	.040	.995	.997	6.580	2	.037
ข้อ 4 รูปแบบ, Λ_Y, Γ(2,1) อิสระ	9.68	6	1.613	.139	.035	.996	.998	3.374	1	.066
ข้อ 5 รูปแบบ, Λ_Y, Γ(1,1) อิสระ	6.49	6	1.082	.370	.013	1.000	1.000	6.564	1	.010

ตาราง ภ 5.39 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างเพศของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	ชาย/หญิง				ความต่าง
		Beta	B(SE)	t	R^2	
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)						
STATLIT	KN	.581	.864(.04)	20.350**	.335	ไม่มี
	DIS	.946	1.000(-)	-	.923	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)						
LST -> STATLIT		.215/.082	0.079(.01)/0.030(.01)	4.314**/2.522**		มี
EXS -> STATLIT		.544	0.250(.01)	16.955**		ไม่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ภ 5.40 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติระหว่างเพศของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	PLS-SEM Beta ชาย	PLS-SEM Beta หญิง	ค่าความต่าง	p	ความแตกต่างการมีนัยสำคัญ
น้ำหนักองค์ประกอบ						
STATLIT	KN	.700	.647	.053	.416	ไม่มี
	DIS	.964	.960	.004	.792	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ						
LST->STATLIT		.304	.267	.044	.020	มี
EXS->STATLIT		.375	.359	.027	.238	ไม่มี

ตาราง ภ 5.41 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จำแนกตามกลุ่มสาขาวิชา

ตัวแปร			PLS-SEM STATLIT KN	PLS-SEM STATLIT DIS	PLS-SEM LST	PLS-SEM EXS	PLS-SEM M	PLS-SEM SD	
วิทยาศาสตร์ฯ (n=561)	**CB-SEM**								**CB-SEM;** KMO =.573; Bartlett's Test = 1,265.628; df = 6 p = <.001 **PLS-SEM;** KMO =.644; Bartlett's Test = 628.940; df = 6 p = <.001
	STATLIT	KN	1	.448**	.139**	.160**	2.969	0.812	
		DIS	.861**	1	.449**	.583**	4.279	0.696	
	LST		.236**	.407**	1	.600**	4.164	1.286	
	EXS		.289**	.518**	.600**	1	3.824	1.025	
	M		3.376	2.933	4.164	3.824			
	SD		0.736	0.486	1.286	1.025			
สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ (n=453)	**CB-SEM**								**CB-SEM;** KMO =.608; Bartlett's Test = 1,003.240; df = 6 p = <.001 **PLS-SEM;** KMO =.667; Bartlett's Test = 558.331; df = 6 p = <.001
	STATLIT	KN	1	.339**	.214**	.188**	2.65	0.776	
		DIS	.817**	1	.471**	.617**	3.713	0.798	
	LST		.324**	.473**	1	.680**	3.822	1.449	
	EXS		.341**	.581**	.680**	1	3.237	1.086	
	M		2.993	2.566	3.822	3.237			
	SD		0.709	0.517	1.449	1.086			

หมายเหตุ: ค่าใต้แนวทแยงเป็นวิธี CB-SEM และเหนือแนวทแยงเป็นวิธี PLS-SEM

ตาราง ภ 5.42 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติจำแนกตามกลุ่มสาขาวิชา

ตัวแปร	วิทยาศาสตร์ฯ							
	CB-SEM				PLS-SEM			
	น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
	Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ตัวบ่งชี้ภายนอก								
LST	1.000	1.000(-)	-	1.000	1.000	1.000(-)	-	1.000
EXS	1.000	1.000(-)	-	1.000	1.000	1.000(-)	-	1.000
ตัวบ่งชี้ภายใน								
STATLIT KN	.449	.892(.06)	15.074**	.202	.636	0.800(.01)	15.687**	.405
DIS	.754	1.000(-)	-	.568	.975	1.050(.04)	144.375**	.950
สัมประสิทธิ์เส้นทาง								
LST->STATLIT	.191	.054(.01)	3.865**		.267	0.134(.01)	16.295**	
EXS->STATLIT	.596	.211(.02)	11.343**		.343	0.216(.01)	21.625**	
R^2	.529				.299			
	χ^2 = 1.879; df = 2; p =.391; GFI =.998; AGFI =.992; CFI = 1.000; NNFI =1.000; RMSEA = <.001; RMR =.010				GoF = .450			
ตัวแปร	สังคมศาสต์-มนุษยศาสตร์							
	CB-SEM				PLS-SEM			
	น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
	Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ตัวบ่งชี้ภายนอก								
LST	1.000	1.000(-)	-	1.000	1.000	1.000(-)	-	1.000
EXS	1.000	1.000(-)	-	1.000	1.000	1.000(-)	-	1.000
ตัวบ่งชี้ภายใน								
STATLIT KN	.478	.828(.06)	14.013**	.229	.601	0.685(.01)	14.593**	.361
DIS	.791	1.000(-)	-	.625	.955	1.120(.04)	108.575**	.913
สัมประสิทธิ์เส้นทาง								
LST->STATLIT	.124	.035(.02)	2.094*		.281	0.132(.01)	19.357**	
EXS->STATLIT	.658	.248(.02)	10.744**		.350	0.220(.01)	22.775**	
R^2	.560				.336			
	χ^2 = 4.685; df = 2; p =.096; GFI =.995; AGFI =.974; CFI =.997; NNFI =0.991; RMSEA =.054; RMR =.012				GoF = .462			

ตาราง ภ 5.43 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	RMSEA	NNFI	CFI	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	7.681	4	1.920	.104	.043	.994	.998			
ข้อ 2 รูปแบบΛ_Y,	7.764	5	1.553	.170	.033	.997	.999	0.083	1	.773
ข้อ 3 รูปแบบ, Λ_Y,Γ	10.184	7	1.455	.178	.030	.997	.998	2.420	2	.298

ตาราง ภ 5.44 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	วิทยาศาสตรฯ/สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ Beta	B(SE)	t	R^2	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_y)						
STATLIT	KN	.503	.846(.05)	17.558**	.278	ไม่มี
	DIS	.865	1.000(-)	-	.755	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)						
LST -> STATLIT		.153	.047(.01)	4.592**		ไม่มี
EXS-> STATLIT		.553	.222(.01)	15.660**		ไม่มี

ตาราง ภ 5.45 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	PLS-SEM BETA วิทยาศาสตร์ฯ	สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ						
STATLIT	KN	.636	.601	.035	.663	ไม่มี
	DIS	.975	.955	.019	.198	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)		B วิทยาศาสตร์ฯ	สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
LST -> STATLIT		0.134	0.132	0.002	.891	ไม่มี
EXS-> STATLIT		0.217	0.220	0.003	.881	ไม่มี

ตาราง ภ 5.46 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จำแนกตามการเรียนสถิติในระดับปริญญาตรี

	ตัวแปร		PLS-SEM STATLIT KN	STATLIT DIS	LST	EXS	M	SD	
เคยเรียนสถิติศาสตร์ (n=664)	**CB-SEM**								**CB-SEM;** KMO =.601; Bartlett's Test = 1,416.694; df = 6 p = <.001 **PLS-SEM;** KMO =.661; Bartlett's Test = 713.904; df = 6 p = <.001
	STATLIT	KN	1	.396**	.180**	.210**	2.914	0.807	
		DIS	.839**	1	.422**	.626**	4.117	0.807	
	LST		.280**	.414**	1	.573**	4.248	1.285	
	EXS		.364**	.587**	.573**	1	3.725	1.044	
	M		3.302	2.839	4.248	3.725			
	SD		0.738	0.532	1.285	1.044			
ไม่เคยเรียนสถิติศาสตร์ (n=350)	**CB-SEM**								**CB-SEM;** KMO =.576; Bartlett's Test = 905.233; df = 6 p = <.001 **PLS-SEM;** KMO =.645; Bartlett's Test = 518.349; df = 6 p = <.001
	STATLIT	KN	1	.464**	.136*	.156**	2.66	0.795	
		DIS	.857**	1	.514**	.622**	3.852	0.74	
	LST		.243**	.456**	1	.712**	3.561	1.416	
	EXS		.283**	.546**	.712**	1	3.253	1.116	
	M		3.02	2.635	3.561	3.253			
	SD		0.733	0.507	1.416	1.116			

หมายเหตุ: ใต้แนวทแยงเป็นวิธี CB-SEM และเหนือแนวทแยงเป็นวิธี PLS-SEM

ตาราง ภ 5.47 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จำแนกตามการเรียนสถิติในระดับปริญญาตรี

ตัวแปร	เคยเรียนสถิติ (n=664)							
	CBSEM				PLSSEM			
	น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
	Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ตัวแปรภายนอก								
LST	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
EXS	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
ตัวแปรภายใน								
STATLIT KN	.621	0.876(.03)	26.163**	.386	.641	0.735(.04)	16.562**	.411
DIS	.982	1.000(-)	-	.965	.958	1.099(.01)	123.472**	.919
อิทธิพลเชิงสาเหตุ								
LST -> STATLIT	.097	0.039(.01)	2.852**		.266	0.146(.01)	17.453**	
EXS-> STATLIT	.546	0.273(.02)	15.654**		.383	0.258(.01)	23.646**	
R^2	.369				.334			
	χ^2 = 1.638; df = 2; p =.441; GFI =.999; AGFI =.994; CFI = 1.000; NNFI =1.000; RMSEA = <.001; RMR =.008				GoF = .471			
ตัวแปร	ไม่เคยเรียนสถิติ (n=664)							
	CBSEM				PLSSEM			
	น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
	Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ตัวบ่งชี้ภายนอก								
LST	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
EXS	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
ตัวบ่งชี้ภายใน								
STATLIT KN	.554	0.824(.05)	15.616**	.306	.632	0.736(.04)	17.293**	.399
DIS	.960	1.000(-)	-	.922	.980	1.063(.01)	173.137**	.960
อิทธิพลเชิงสาเหตุ								
LST -> STATLIT	.137	0.047(.02)	2.611**		.283	0.136(.01)	19.540**	
EXS-> STATLIT	.497	0.216(.03)	9.145**		.341	0.208(.01)	24.690**	
R^2	.362				.333			
	χ^2 = 1.536; df = 2; p =.464; GFI =.998; AGFI =.989; CFI = 1.000; NNFI =1.000; RMSEA = <.001; RMR =.015				GoF = .475			

ตาราง ภ 5.48 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนสถิติในระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษา

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	RMSEA	NNFI	CFI	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	7.035	4	1.759	.134	.039	.994	.998			
ข้อ 2 รูปแบบ, Λ_Y,	8.374	5	1.675	.137	.036	.995	.998	1.339	1	.247
ข้อ 3 รูปแบบ, Λ_Y,Γ	12.090	7	1.727	.098	.038	.994	.997	3.716	2	.156

ตาราง ภ 5.49 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนสถิติในระดับปริญญาตรีของนักศึกษาระดับปริญญาตรี

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	กลุ่มเคยเรียน/ไม่เคยเรียนสถิติ Beta	B(SE)	t	R^2	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)						
STATLIT	KN	.539	.832(.05)	18.117**	.307	ไม่มี
	DIS	.910	1.000(-)	-	.893	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)						
LST -> STATLIT		.105	.039(.01)	3.408**		ไม่มี
EXS-> STATLIT		.542	.248(.01)	16.088**		ไม่มี

ตาราง ภ 5.50 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติระหว่างการเรียนสถิติในระดับปริญญาตรีของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	PLS-SEM Beta เคยเรียนสถิติ	Beta ไม่เคยเรียนสถิติ	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ						
STATLIT	KN	0.641	0.632	0.010	0.881	ไม่มี
	DIS	0.958	0.980	0.021	0.149	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)		B เคยเรียนสถิติ	ไม่เคยเรียนสถิติ	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
LST -> STATLIT		0.146	0.136	0.009	0.554	ไม่มี
EXS-> STATLIT		0.258	0.208	0.050	0.020	มี

ตาราง ภ 5.51 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติจำแนกตามการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี

ตัวแปร			PLS-SEM STATLIT KN	STATLIT DIS	LST	EXS	M	SD	
เคยเรียนคณิตศาสตร์ (n=683)	**CB-SEM**								
	STATLIT	KN	1	.457**	.149**	.198**	2.915	0.784	**CB-SEM;**
		DIS	.861**	1	.415**	.592**	4.181	0.735	KMO =.582; Bartlett's Test =
	LST		.244**	.389**	1	.600**	4.143	1.293	1,540.586; df = 6 p = <.001
	EXS		.330**	.543**	.600**	1	3.739	1.046	**PLS-SEM;**
	M		3.311	2.87	4.143	3.739			KMO =.642; Bartlett's Test =
	SD		0.721	0.502	1.293	1.046			768.125; df = 6 p = <.001
ไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์ (n=331)	**CB-SEM**								
	STATLIT	KN	1	.325**	.219**	.165**	2.645	0.837	**CB-SEM;**
		DIS	.811**	1	.520**	.643**	3.706	0.817	KMO =.608; Bartlett's Test =
	LST		.336**	.513**	1	.698**	3.74	1.485	764.081; df = 6 p = <.001
	EXS		.322**	.593**	.698**	1	3.196	1.097	**PLS-SEM;**
	M		2.987	2.561	3.74	3.196			KMO =.677; Bartlett's Test =
	SD		0.756	0.533	1.485	1.097			442.071; df = 6 p = <.001

ตาราง ภ 5.52 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลเชิงสาเหตุการรู้สถิติจำแนกตามการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรี

ตัวแปร		เคยเรียนคณิตศาสตร์ (n=683)							
		CBSEM				PLSSEM			
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ตัวบ่งชี้ภายนอก									
	LST	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
	EXS	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
ตัวบ่งชี้ภายใน									
STATLIT	KN	.491	0.904(.05)	18.980**	.241	.669	0.789(.04)	18.961**	.448
	DIS	.774	1.000(-)	-	.598	.967	1.068(.01)	130.834**	.934
อิทธิพลเชิงสาเหตุ									
LST -> STATLIT		.119	0.036(.01)	2.654**		.249	0.128(.01)	15.828**	
EXS-> STATLIT		.646	0.238(.02)	13.608**		.352	0.224(.01)	21.070**	
R^2		.524				.291			
		χ^2 = 1.278; df = 2; p =.528; GFI =.999; AGFI =.995; CFI = 1.000; NNFI =1.000; RMSEA = <.001; RMR =.006				GoF = .483			
ตัวแปร		ไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์ (n=331)							
		CBSEM				PLSSEM			
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ตัวบ่งชี้ภายนอก									
	LST	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
	EXS	1.000	1.000(-)	-		1.000	1.000(-)	-	
ตัวบ่งชี้ภายใน									
STATLIT	KN	.453	0.798(.07)	10.995**	0.205	.570	0.671(.04)	13.676**	.325
	DIS	.805	1.000(-)	-	0.648	.962	1.106(.01)	125.365**	.926
อิทธิพลเชิงสาเหตุ									
LST -> STATLIT		.157	0.045(.02)	2.374*		.305	0.146(.01)	23.115**	
EXS-> STATLIT		.636	0.249(.03)	9.208**		.359	0.233(.01)	24.413**	
R^2		.568				.375			
		χ^2 = 5.015; df = 2; p =.081; GFI =.992; AGFI =.962; CFI =.995; NNFI =.986; RMSEA =.07; RMR =.024				GoF = .483			

ตาราง ภ 5.53 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	RMSEA	NNFI	CFI	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	6.759	4	1.690	.149	.037	.995	.998			
ข้อ 2 รูปแบบ, Λ_Y,	7.377	5	1.475	.194	.031	.997	.999	0.618	1	.432
ข้อ 3 รูปแบบ, Λ_Y,Γ	9.721	7	1.389	.205	.028	.997	.999	2.344	2	.310

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ภ 5.54 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปริญญาตรีของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	เคยเรียน/ไม่เคยเรียนคณิตศาสตร์ Beta	B(SE)	t	R^2	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)						
STATLIT	KN	.504	0.856(.05)	18.513**	.234	ไม่มี
	DIS	.844	1.000(-)	-	.671	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)						
LST -> STATLIT		.128	0.040(.01)	3.758**		ไม่มี
EXS-> STATLIT		.595	0.238(.01)	16.323**		ไม่มี

ตาราง ภ 5.55 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติระหว่างการเรียนคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี PLS-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	PLS-SEM Beta เคยเรียน	Beta ไม่เคยเรียน	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ						
STATLIT	KN	.670	.570	.100	.188	ไม่มี
	DIS	.968	.962	.004	.822	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)		B เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	ค่าความต่าง	p	ความต่าง
LST -> STATLIT		0.128	0.146	0.018	.257	ไม่มี
EXS-> STATLIT		0.224	0.233	0.009	.663	ไม่มี

ตาราง ภ 5.56 ค่าสถิติเบื้องต้นตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบการรู้สถิติและปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	M	S.D.	MIN	MAX	C.V	SK	KU
การรู้สถิติ								
ความรู้ความสามารถ								
ทักษะการรู้หนังสือ (LS)	5	3.315	1.273	0	5	38.401	-.490**	-.592*
ความรู้สถิติศาสตร์ (SK)	7	3.710	1.524	0	7	41.078	-.254*	-.359
ความรู้คณิตศาสตร์ (MK)	4	2.207	1.126	0	4	51.019	-.119	-.794**
ความรู้เชิงบริบท (CK)	4	1.808	1.083	0	4	59.900	-.051	-.830**
ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS)	8	2.765	1.466	.00	7.00	53.020	.211	-.300
ลักษณะนิสัย								
ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS)	7	3.772	0.976	1.00	6.38	25.875	-.280*	-.088
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS)	7	4.198	0.903	1.32	6.52	21.510	-.139	.105
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ								
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี(LST)	7	3.932	1.401	1	7	35.642	-.085	-.359
การมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS)	7	3.466	1.048	1	6.50	30.247	.029	-.256
Std. Error ของความเบ้ = 0.122; Std. Error ของความโด่ง = 0.243;								

หมายเหตุ:; การทดสอบนัยสำคัญของความเบ้และความโด่ง คำนวณจากค่าสถิติ Z_{SK} = SK/SE_{sk} และ Z_{KU} = KU/SE_{KU}

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ภ 5.57 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรสังเกตได้ระหว่างภูมิหลังของนิสิตนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	1. เพศ				Levene's test		t	p
		ชาย (n=120)		หญิง(n=280)					
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
การรู้สถิติ									
ความรู้ความสามารถ									
ทักษะการรู้หนังสือ (LS)	5	3.458	1.321	3.254	1.249	.936	.334	1.477	.141
ความรู้สถิติศาสตร์ (SK)	7	3.692	1.581	3.718	1.501	.207	.650	-.157	.875
ความรู้คณิตศาสตร์ (MK)	4	2.100	1.111	2.254	1.131	.072	.789	-1.251	.212
ความรู้เชิงบริบท (CK)	4	1.550	0.995	1.918	1.102	.582	.446	-3.147	.002
ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS)	8	2.675	1.379	2.804	1.503	.623	.430	-.803	.422
ลักษณะนิสัย									
ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS)	7	3.789	1.105	3.765	0.917	5.618	.018	.207	.836
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS)	7	4.254	0.906	4.174	0.902	.281	.597	.816	.415
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ									
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี(LST)	7	3.667	1.375	4.046	1.400	.176	.675	-2.495	.013
การมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS)	7	3.388	1.095	3.499	1.028	.433	.511	-.977	.329
ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	**2. กลุ่มสาขาวิชา**				Levene's test		t	p
		วิทยาศาสตร์ฯ (n=216)		สังคม-มนุษย์ (n=184)					
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
การรู้สถิติ									
ความรู้ความสามารถ									
ทักษะการรู้หนังสือ (LS)	5	3.370	1.330	3.250	1.202	.089	.125	.943	.346
ความรู้สถิติศาสตร์ (SK)	7	3.796	1.505	3.609	1.543	.114	.461	1.228	.220
ความรู้คณิตศาสตร์ (MK)	4	2.333	1.153	2.060	1.077	.079	.037	2.450	.015
ความรู้เชิงบริบท (CK)	4	1.940	1.044	1.652	1.111	.082	.054	2.667	.008
ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS)	8	2.838	1.496	2.679	1.430	.105	.678	1.078	.281
ลักษณะนิสัย									
ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS)	7	3.913	0.898	3.606	1.039	.076	.047	3.173	.002
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS)	7	4.502	0.805	3.841	0.883	.065	.674	7.833	<.001
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ									
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี(LST)	7	4.059	1.318	3.783	1.483	.109	.132	1.975	.049
การมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS)	7	3.740	0.982	3.143	1.034	.076	.269	5.911	<.001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	3. การเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี เคยเรียน (n=257)		ไม่เคยเรียน (n=143)		Levene's test		t	p
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
การรู้สถิติ									
ความรู้ความสามารถ									
ทักษะการรู้หนังสือ (LS)	5	3.479	1.253	3.021	1.259	.119	.730	3.495	.001
ความรู้สถิติศาสตร์ (SK)	7	3.860	1.506	3.441	1.523	.120	.730	2.658	.008
ความรู้คณิตศาสตร์ (MK)	4	2.202	1.134	2.217	1.114	.447	.504	-.123	.902
ความรู้เชิงบริบท (CK)	4	1.837	1.081	1.755	1.089	.050	.823	.719	.472
ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS)	8	2.813	1.486	2.678	1.432	.093	.760	.882	.379
ลักษณะนิสัย									
ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS)	7	3.891	0.984	3.558	0.927	1.306	.254	3.315	.001
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS)	7	4.269	0.958	4.070	0.782	6.890	.009	2.245	.025
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ									
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี(LST)	7	4.195	1.326	3.459	1.414	.156	.693	5.200	<.001
การมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS)	7	3.633	1.029	3.166	1.019	.020	.887	4.365	<.001

ตัวแปรสังเกตได้	คะแนนเต็ม	4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี เคยเรียน (n=273)		ไม่เคยเรียน (n=127)		Levene's test		t	p
		M	S.D.	M	S.D.	F	p		
การรู้สถิติ									
ความรู้ความสามารถ									
ทักษะการรู้หนังสือ (LS)	5	3.392	1.241	3.150	1.328	.573	.450	1.777	.076
ความรู้สถิติศาสตร์ (SK)	7	3.784	1.456	3.551	1.656	5.027	.026	1.358	.176
ความรู้คณิตศาสตร์ (MK)	4	2.289	1.138	2.031	1.083	2.024	.156	2.142	.033
ความรู้เชิงบริบท (CK)	4	1.908	1.030	1.591	1.164	5.876	.016	2.635	.009
ทักษะเชิงวิพากษ์ (CRS)	8	2.747	1.470	2.803	1.464	.083	.774	-.355	.723
ลักษณะนิสัย									
ท่าทีเชิงวิพากษ์ (CS)	7	3.848	0.941	3.608	1.032	.839	.360	2.299	.022
ความเชื่อและทัศนคติต่อสถิติ (AS)	7	4.367	0.829	3.834	0.950	1.631	.202	5.717	<.001
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรู้สถิติ									
การเรียนรู้สถิติด้วยเทคโนโลยี(LST)	7	4.049	1.322	3.680	1.534	4.751	.030	2.335	.020
การมีประสบการณ์กับสถิติ (EXS)	7	3.629	0.987	3.114	1.092	3.200	.074	4.694	<.001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ภ 5.58 รายละเอียดการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาข้อมูลขนาดเล็ก

รายละเอียดการวิเคราะห์	CB-SEM					PLS-SEM				
	ภาพรวม	1. เพศ		2. กลุ่มสาขาวิชา		ภาพรวม	1. เพศ		2. กลุ่มสาขาวิชา	
		ชาย	หญิง	วิทยาศาสตร์ฯ	สังคม-มนุษย		ชาย	หญิง	วิทยาศาสตร์ฯ	สังคม-มนุษย
การวิเคราะห์องค์ประกอบ										
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
2) แก้สมการไม่เหมาะสม	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
3) จำนวนการกำหนดค่าเริ่มต้น										
LY	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
PS	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
4) จำนวนการการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
5) จำนวนครั้งในประมวลผล	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1
การวิเคราะห์กลุ่มพหุ										
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
2) แก้สมการไม่เหมาะสม		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
3) จำนวนสมมติฐานที่ทดสอบ		4		3			1		1	
4) จำนวนครั้งในประมวลผล		4		3			1		1	

รายละเอียดการวิเคราะห์	CB-SEM					PLS-SEM				
	ภาพรวม	3. การเรียนวิชาสถิติ		4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์		ภาพรวม	3. การเรียนวิชาสถิติ		4. การเรียนวิชาคณิตศาสตร์	
		เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	เคยเรียน	ไม่เคยเรียน		เคยเรียน	ไม่เคยเรียน	เคยเรียน	ไม่เคยเรียน
	CB-SEM	CB-SEM	CB-SEM	CB-SEM	CB-SEM	PLS-SEM	PLS-SEM	PLS-SEM	PLS-SEM	PLS-SEM
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
2) แก้สมการไม่เหมาะสม	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
3) จำนวนการกำหนดค่าเริ่มต้น										
LY	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
PS	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
4) จำนวนการเพิ่มเส้นความสัมพันธ์	0	2	1	1	2	0	0	0	0	0
5) จำนวนครั้งในประมวลผล	3	5	4	4	5	1	1	1	1	1
การวิเคราะห์กลุ่มพหุ										
1) การมีปัญหาการไม่ลู่เข้าสู่คำตอบ		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
2) แก้สมการไม่เหมาะสม		มี		มี			ไม่มี		ไม่มี	
3) จำนวนสมมติฐานที่ทดสอบ		3		3			1		1	
4) จำนวนครั้งในประมวลผล		3		3			1		1	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ภ 5.59 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลการวัดการรู้สถิติจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

		KN					DIS	
		LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS
KN	LS	1						
	SK	.476**	1					
	MK	.316**	.357**	1				
	CK	.091	.115*	.150**	1			
	CRS	.064	.003	.106*	-.071	1		
DIS	QS	.240**	.293**	.284**	.120*	.115*	1	
	AS	.290**	.263**	.228**	.094	.150**	.376**	1
M		3.315	3.710	2.208	1.808	2.765	3.772	4.198
SD		1.273	1.524	1.126	1.083	1.466	0.976	0.903
KMO =.737; Bartlett's Test = 339.746; df = 21 p = <.001								

ตาราง ภ 5.60 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติในภาพรวม ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร		ภาพรวม						
		CB-SEM				PLS-SEM		
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ระดับตัวบ่งชี้									
KN	LS	.648	1.000(---)	---	.420	.764	1.157(.03)	29.526**	.584
	SK	.692	1.278(.18)	7.034**	.479	.782	1.418(.03)	29.160**	.612
	MK	.529	0.721(.11)	6.333**	.280	.711	0.952(.03)	21.560**	.505
	CK	.186	0.245(.10)	2.552*	.035	.300	0.387(.08)	3.591**	.090
	CRS	.103	0.184(.13)	1.436	.011	.185	0.322(.09)	2.103*	.034
DIS	CS	.622	1.000(---)	---	.387	.833	1.045(.02)	45.728**	.694
	AS	.604	0.898(.11)	5.208**	.365	.826	0.958(.02)	38.476**	.682
ระดับตัวแปรแฝง									
	KN	.866	0.714(.12)	5.704**	.749	.891	1.083(.03)	39.671**	.793
	DIS	.805	0.489(.10)	5.078**	.648	.798	0.900(.03)	28.439**	.638
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN	DIS	KN	DIS		
KN				**1**		**1**			
DIS				.697	**1**	.437	**1**		
χ^2 = 17.158; df = 13; p =.192; GFI =.982; AGFI = .962; CFI =.986; NNFI =.977; RMSEA =.034; RMR =.06						GoF = .531			

ตาราง ภ 5.61 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลการรู้สถิติจำแนกตามเพศจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร			หญิง (n=280)								
			KN					DIS		M	SD
			LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS		
ชาย	KN	LS	1	.467**	.327**	.114	.099	.197**	.291**	3.254	1.249
(n=120)		SK	.503**	1	.308**	.083	.072	.211**	.267**	3.718	1.501
		MK	.312**	.467**	1	.120*	.118*	.253**	.225**	2.254	1.131
		CK	.082	.194*	.201*	1	.012	.081	.043	1.918	1.102
		CRS	-.010	-.166	.065	-.334**	1	.165**	.184**	2.804	1.503
	DIS	QS	.318**	.447**	.355**	.220*	.013	1	.356**	3.765	0.917
		AS	.281**	.255**	.247**	.251**	.070	.417**	1	4.174	0.902
	M		3.458	3.692	2.100	1.550	2.675	3.789	4.254		
	SD		1.321	1.581	1.111	0.995	1.379	1.105	0.906		
ชาย	KMO =.689; Bartlett's Test = 158.144; df = 21 p = <.001										
หญิง	KMO =.735; Bartlett's Test = 213.745; df = 21 p = <.001										

ตาราง ภ 5.62 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของกลุ่มนิสิตนักศึกษาชายด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร		ชาย							
		CB-SEM				PLS-SEM			
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ระดับตัวบ่งชี้									
KN	LS	.597	1.000(---)	--	.356	.712	0.709	21.051**	.506
	SK	.794	1.593(.30)	5.451**	.631	.837	0.833	51.750**	.700
	MK	.587	0.827(.17)	4.855**	.344	.726	0.723	24.439**	.527
	CK	.274	0.345(.13)	2.669*	.075	.446	0.444	6.063**	.199
	CRS	-.084	-0.147(.18)	0.829	.007	-.185	-0.185	2.237*	.034
DIS	CS	.786	1.000(---)	--	.619	.869	0.865	87.919**	.754
	AS	.530	0.553(.14)	3.960**	.281	.813	0.809	34.173**	.661
ระดับตัวแปรแฝง									
	KN	.799	0.630(.14)	4.435**	.638	.910	.910		.828
	DIS	.910	0.790(.14)	5.633**	.828	.820	.820		.672
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN	DIS	KN	DIS		
KN				**1**		**1**			
DIS				.727	**1**	.509	**1**		
χ^2 = 21.295; df = 13; p = .072; GFI =.955; AGFI=.955; CFI=.958; NNFI =.932; RMSEA =.070; RMR =.076						GoF = .563			

ตาราง ภ 5.63 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของกลุ่มนิสิตนักศึกษาหญิงด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร		หญิง							
		CB-SEM				PLS-SEM			
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ระดับตัวบ่งชี้									
KN	LS	.682	1.000(---)	--	.465	.774	1.169	30.947**	.599
	SK	.645	1.138(.17)	6.627**	.416	.750	1.362	23.777**	.563
	MK	.502	0.667(.11)	5.939**	.252	.688	0.941	18.829**	.473
	CK	.161	0.208(.10)	2.177*	.026	.266	0.355	3.144**	.071
	CRS	.187	0.330(.13)	2.515*	.035	.325	0.590	4.044**	.105
DIS	CS	.538	1.000(---)	--	.290	.809	0.990	34.176**	.654
	AS	.661	1.209(.27)	4.553**	.438	.838	1.009	43.108**	.702
ระดับตัวแปรแฝง									
	KN	.960	0.817(.19)	4.314**	.922	.886	1.098	39.650**	.785
	DIS	.683	0.337(.11)	3.117**	.467	.786	.882	27.420**	.618
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN	DIS	KN	DIS		
KN				**1**		**1**			
DIS				.656	**1**	.410	**1**		
χ^2 = 12.919; df = 13; p = .416; GFI =.986; AGFI= .970; CFI=1.000; NNFI=1.000; RMSEA=.011; RMR=.051						GoF = .520			

ตาราง ภ 5.64 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนสถิติในระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEMจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	33.170	26	1.276	0.157			
ข้อ 2 รูปแบบ, Λ_Y ,	45.250	31	1.460	0.047	12.080	5	0.034
ข้อ 2.1 รูปแบบ, Λ_Y ,Λ_Y $(5,1)$อิสระ	40.930	30	1.364	0.088	4.320	1	0.038
ข้อ 3 รูปแบบ, Λ_Y ,Γ	44.210	32	1.382	0.074	3.280	2	0.194

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ภ 5.65 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างเพศของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEMจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	ชาย/หญิง			ความต่าง
		Beta	B(SE)	t	
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)					
KN	LS	.648	1.000(-)	-	ไม่มี
	SK	.693	1.285(.15)	8.489**	ไม่มี
	MK	.534	0.729(.09)	7.656**	ไม่มี
	CK	.200	0.260(.08)	3.298**	ไม่มี
	CRS	-.047/.200	-0.083(.17)/0.375(.13)	0.488/2.642**	มี
DIS	CS	.611	1.000(-)	-	ไม่มี
	AS	.608	0.923(.15)	6.182**	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)					
STATLIT -> KN		.874	.720(.11)	6.731**	ไม่มี
STATLIT-> DIS		.796	.474(.08)	5.851**	ไม่มี

ตาราง ภ 5.66 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างเพศของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEMจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	PLS-SEM		
		ค่าความต่าง	p	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)				
KN	LS	.062	.271	ไม่มี
	SK	.086	.133	ไม่มี
	MK	.038	.583	ไม่มี
	CK	.180	.340	ไม่มี
	CRS	.510	.007	มี
DIS	CS	.060	.126	ไม่มี
	AS	.025	.579	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)		ค่าความต่าง	p	ความต่าง
STATLIT-> KN		0.187	.037	มี
STATLIT-> DIS		0.062	.402	ไม่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ภ 5.67 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลการรู้สถิติจำแนกตามกลุ่มสาขาวิชาจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร			วิทยาศาสตร์ฯ (n=216)								
			KN				DIS			M	SD
			LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS		
สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ (n=184)	KN	LS	1	.448**	.237**	.074	.095	.197**	.221**	3.250	1.202
		SK	.498**	1	.336**	.076	-.042	.246**	.214**	3.609	1.543
		MK	.368**	.366**	1	.095	.094	.289**	.171*	2.060	1.077
		CK	.097	.137*	.171*	1	-.050	.129	.023	1.652	1.111
		CRS	.037	.035	.104	-.105	1	.250**	.097	2.679	1.430
	DIS	QS	.273**	.331**	.257**	.073	-.026	1	.373**	3.606	1.039
		AS	.357**	.301**	.224**	.075	.180**	.317**	1	3.841	0.883
	M		3.370	3.796	2.333	1.940	2.838	3.913	4.502		
	SD		1.330	1.505	1.153	1.044	1.496	0.898	0.805		
วิทยาศาสตร์ฯ			KMO =.736; Bartlett's Test = 200.781; df = 21 p = <.001								
สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์			KMO =.660; Bartlett's Test = 140.402; df = 21 p = <.001								

ตาราง ภ 5.68 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของกลุ่มนิสิตนักศึกษากลุ่มวิทยาศาสตร์ฯ ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร		*วิทยาศาสตร์ฯ*							
		CB-SEM				PLS-SEM			
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ระดับตัวบ่งชี้									
KN	LS	.699	1.000(---)	--	.488	.793	1.181	39.598**	.629
	SK	.703	1.138(.17)	6.935**	.494	.799	1.346	35.953**	.639
	MK	.533	0.661(.11)	6.011**	.284	.716	0.924	24.224**	.513
	CK	.185	0.208(.09)	2.285*	.034	.298	0.349	3.575**	.089
	CRS	.085	0.137(.13)	1.061	.007	.137	0.230	1.687	.019
DIS	CS	.546	1.000(---)	--	.298	.802	1.047	31.884**	.644
	AS	.581	0.954(.20)	4.703**	.337	.820	0.960	42.015**	.673
ระดับตัวแปรแฝง									
	KN	.900	1.099(.28)	3.868**	.810	.906	1.181	45.589**	.821
	DIS	.890	0.332(.12)	2.891**	.792	.795	.798	30.734**	.632
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN	DIS	KN	DIS		
KN				**1**		**1**			
DIS				.801	**1**	.463	**1**		
χ^2=17.921; df=13; p=.161; GFI=.978; AGFI= .953; CFI =.980; NNFI=.968; RMSEA=.037; RMR =.061						GoF = .537			

ตาราง ภ 5.69 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของกลุ่มนิสิตนักศึกษากลุ่มสังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์ ด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร		*สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์*							
		CB-SEM				PLS-SEM			
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ระดับตัวบ่งชี้									
KN	LS	.591	1.000(---)	--	.350	.740	1.123	23.246**	.547
	SK	.714	1.550(.32)	4.904**	.510	.767	1.494	24.012**	.588
	MK	.477	0.722(.16)	4.494**	.227	.684	0.930	16.193**	.467
	CK	.140	0.219(.14)	1.547	.020	.231	0.324	2.494*	.053
	CRS	.056	0.113(.18)	0.631	.003	.237	0.429	2.520*	.056
DIS	CS	.653	1.000(---)	--	.427	.853	1.113	62.070**	.728
	AS	.549	0.718(.21)	3.477**	.301	.802	0.890	27.441**	.644
ระดับตัวแปรแฝง									
	KN	.713	0.507(.13)	3.902**	.508	.872	1.040	35.793**	.760
	DIS	.846	0.571(.14)	4.162**	.715	.794	.953	27.649**	.631
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN	DIS	KN	DIS		
KN				**1**		**1**			
DIS				.603	**1**	.395	**1**		
χ^2 = 14.583; df = 13; p =.334; GFI =.978; AGFI= .953; CFI=.990; NNFI=.984; RMSEA =.026; RMR =.063						GoF = .509			

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือรากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$

ตาราง ภ 5.70 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	31.290	26	1.203	.218			
ข้อ 2 รูปแบบ, Λ_Y	33.290	31	1.074	.356	2.000	5	0.849
ข้อ 3 รูปแบบ, Λ_Y ,Γ	34.690	33	1.051	.387	1.400	2	0.497

ตาราง ภ 5.71 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	วิทยาศาสตร์ฯ/สังคมศาสตร์-มนุษยศาสตร์			ความต่าง
		Beta	B(SE)	t	
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)					
KN	LS	.652	1.000(---)	-	ไม่มี
	SK	.699	1.284(.15)	8.398**	ไม่มี
	MK	.508	0.685(.09)	7.402**	ไม่มี
	CK	.166	0.216(.09)	2.766**	ไม่มี
	CRS	.075	0.133(.10)	1.267**	ไม่มี
DIS	CS	.581	1.000(---)	-	ไม่มี
	AS	.573	0.864(.15)	5.981**	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)					
STATLIT -> KN		.842	0.697(.10)	6.996**	ไม่มี
STATLIT-> DIS		.849	0.474(.07)	6.486**	ไม่มี

ตาราง ภ 5.72 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างกลุ่มสาขาวิชาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	PLS-SEM		
		ค่าความต่าง	p	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)				
KN	LS	.054	.296	ไม่มี
	SK	.033	.532	ไม่มี
	MK	.033	.617	ไม่มี
	CK	.068	.684	ไม่มี
	CRS	.100	.585	ไม่มี
DIS	CS	.051	.161	ไม่มี
	AS	.018	.674	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)		ค่าความต่าง	p	ความต่าง
STATLIT-> KN		0.141	.022	มี
STATLIT-> DIS		0.154	.018	มี

ตาราง ภ 5.73 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลการรู้สถิติจำแนกตามการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีนิสิตนักศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร			เคยเรียนวิชาสิถิติ (n=257)								
			KN					DIS		M	SD
			LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS		
ไม่เคยเรียนวิชาสิถิติ (n=143)	KN	LS	1	.388**	.308**	.029	-.113	.183*	.353**	3.021	1.259
		SK	.507**	1	.338**	.104	-.128	.252**	.339**	3.441	1.523
		MK	.330**	.373**	1	.212*	-.097	.335**	.257**	2.217	1.114
		CK	.119	.115	.116	1	.067	.177*	.074	1.755	1.089
		CRS	.149*	.065	.213**	-.148*	1	.165*	.195*	2.678	1.432
	DIS	QS	.236**	.292**	.266**	.084	.081	1	.308**	3.558	0.927
		AS	.245**	.215**	.219**	.099	.126*	.391**	1	4.070	0.782
	M		3.479	3.860	2.202	1.837	2.813	3.891	4.269		
	SD		1.253	1.506	1.134	1.081	1.486	0.984	0.958		
เคยเรียนวิชาสิถิติ			KMO =.704; Bartlett's Test = 236.270; df = 21 p = <.001								
ไม่เคยเรียนวิชาสิถิติ			KMO =.695; Bartlett's Test = 129.659; df = 21 p = <.001								

ตาราง ภ 5.74 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร		*เคยเรียนวิชาสถิติ*							
		CB-SEM				PLS-SEM			
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ระดับตัวบ่งชี้									
KN	LS	.675	1.000(---)	--	.456	.780	1.143	37.174**	.609
	SK	.728	1.295(.18)	7.204**	.530	.786	1.385	29.374**	.618
	MK	.522	0.699(.11)	6.469**	.272	.720	0.954	23.391**	.518
	CK	.178	0.227(.09)	2.449*	.032	.251	0.317	2.954**	.063
	CRS	.145	0.254(.13)	2.010*	.021	.313	0.543	3.906**	.098
DIS	CS	.675	1.000(---)	--	.456	.843	1.025	48.752**	.711
	AS	.579	0.834(.18)	4.594**	.335	.824	0.974	35.425**	.679
ระดับตัวแปรแฝง									
	KN	.707	0.598(.11)	5.278**	.500	.886	1.083	42.742**	.785
	DIS	.840	0.558(.10)	5.357**	.706	.893	.772	28.090**	.596
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN	DIS	KN	DIS		
KN				**1**					
DIS				.594	**1**	.389			
χ^2=18.942; df=13; p=.125; GFI=.981; AGFI= .959; CFI =.980; NNFI=.968; RMSEA=.039; RMR =.066						GoF = .525			

ตาราง ภ 5.75 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร		*ที่ไม่เคยเรียนวิชาสถิติ*							
		CB-SEM				PLS-SEM			
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ระดับตัวบ่งชี้									
KN	LS	.585	1.000(---)	--	.342	.710	1.074	17.582**	.505
	SK	.636	1.315(.29)	4.551**	.404	.755	1.380	25.744**	.570
	MK	.560	0.847(.20)	4.284**	.314	.740	0.989	26.444**	.547
	CK	.185	0.274(.16)	1.713	.034	.346	0.452	3.970**	.120
	CRS	-.109	-0.212(.21)	1.020	.012	-.093	-0.160	1.171	.009
DIS	CS	.447	1.000(---)	--	.199	.792	1.073	34.746**	.627
	AS	.581	1.092(.31)	3.485**	.337	.825	0.943	47.023**	.681
ระดับตัวแปรแฝง									
	KN	.977	0.719(.16)	4.358**	.954	.900	1.140	32.767**	.809
	DIS	.970	0.401(.10)	3.919**	.942	.822	.855	25.537**	.676
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN	DIS	KN	DIS		
KN				**1**					
DIS				.948	**1**	.491			
χ^2 = 19.187; df = 13; p =.117; GFI =.957; AGFI= .908; CFI=.952; NNFI=.922; RMSEA =.066; RMR =.082						GoF = .530			

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือรากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$

ตาราง ภ 5.76 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	29.670	26	1.141	.281			
ข้อ 2 รูปแบบ, Λ_Y ,	35.210	31	1.136	.275	5.540	5	.354
ข้อ 3 รูปแบบ, Λ_Y ,Γ	36.250	33	1.098	.320	1.040	2	.595

ตาราง ภ 5.77 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี ด้วยวิธี CB-SEMจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	เคยเรียน/ไม่เคยเรียน			ความต่าง
		Beta	B(SE)	t	
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)					
KN	LS	.579	1.000(-)	-	ไม่มี
	SK	.622	1.294(.15)	8.569	ไม่มี
	MK	.492	0.733(.09)	7.733	ไม่มี
	CK	.174	0.261(.08)	3.235	ไม่มี
	CRS	.079	0.158(.11)	1.481	ไม่มี
DIS	CS	.511	1.000(-)	-	ไม่มี
	AS	.602	0.985(.16)	6.309	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)					
STATLIT -> KN		.939	0.683(.09)	7.349	ไม่มี
STATLIT-> DIS		.978	0.471(.07)	6.663	ไม่มี

ตาราง ภ 5.78 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนวิชาสถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEMจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	PLS-SEM		
		ค่าความต่าง	p	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)				
KN	LS	.070	.193	ไม่มี
	SK	.032	.561	ไม่มี
	MK	.020	.772	ไม่มี
	CK	.095	.577	ไม่มี
	CRS	.406	.030	มี
DIS	CS	.051	.167	ไม่มี
	AS	.001	.979	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)		ค่าความต่าง	p	ความต่าง
STATLIT-> KN		0.057	.342	ไม่มี
STATLIT-> DIS		0.038	.588	ไม่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ภ 5.79 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวบ่งชี้ในโมเดลการรู้สถิติจำแนกตามการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร			ไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (n=127)								
			KN				DIS			M	SD
			LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS		
เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (n=273)	KN	LS	1	.507**	.273**	.112	.085	.144	.216*	3.150	1.328
		SK	.454**	1	.388**	.044	.006	.208*	.198*	3.551	1.656
		MK	.328**	.335**	1	.136	.054	.276**	.121	2.031	1.083
		CK	.063	.144*	.139*	1	-.015	.090	.013	1.591	1.164
		CRS	.057	.004	.132*	-.098	1	.296**	.078	2.803	1.464
	DIS	QS	.280**	.334**	.276**	.116	.027	1	.424**	3.608	1.032
		AS	.312**	.287**	.253**	.086	.206**	.323**	1	3.834	0.950
	M		3.392	3.784	2.289	1.908	2.747	3.848	4.367		
	SD		1.241	1.456	1.138	1.030	1.470	0.941	0.829		
เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์			KMO =.746; Bartlett's Test = 233.339; df = 21 p = <.001								
ไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์			KMO =.613; Bartlett's Test = 115.180; df = 21 p = <.001								

ตาราง ภ 5.80 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร		*เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์*						
		CB-SEM				PLS-SEM		
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ระดับตัวบ่งชี้									
KN	LS	.642	1.000(---)	--	.412	.763	1.145	30.591**	.582
	SK	.679	1.242(.18)	7.050**	.461	.778	1.370	30.167**	.606
	MK	.520	0.743(.12)	6.227**	.271	.709	0.976	22.036**	.503
	CK	.188	0.243(.09)	2.549*	.035	.285	0.355	3.335**	.081
	CRS	.081	0.149(.13)	1.117	.007	.179	0.319	2.063*	.032
DIS	CS	.582	1.000(---)	--	.339	.813	1.067	36.476**	.661
	AS	.555	0.841(.16)	5.403**	.308	.814	0.941	34.244**	.662
ระดับตัวแปรแฝง									
	KN	.907	0.722(.11)	6.520	.822	.903	1.113	39.004**	.815
	DIS	.913	0.500(.08)	6.240	.833	.811	.897	27.808**	.658
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN	DIS	KN	DIS		
KN				**1**		**1**			
DIS				.828	**1**	.481	**1**		
χ^2 = 20.172; df = 13; p=.091; GFI=.979; AGFI =.955; CFI =.976; NNFI =.961; RMSEA = 0.045; RMR = 0.06						GoF = .535			

ตาราง ภ 5.81 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดการรู้สถิติของกลุ่มนิสิตนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปร		ไม่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์							
		CB-SEM				PLS-SEM			
		น้ำหนักองค์ประกอบ		t	R^2	น้ำหนักองค์ประกอบ		t_B	R^2
		Beta	B(SE)			Beta	B(SE)		
ระดับตัวบ่งชี้									
KN	LS	.359	1.000(---)	--	.129	.762	1.178	28.634**	.580
	SK	.507	1.754(.33)	5.252**	.257	.795	1.534	28.551**	.632
	MK	.737	1.650(.43)	3.803**	.544	.694	0.876	18.412**	.482
	CK	.176	0.422(.20)	2.113*	.031	.242	0.328	2.667**	.059
	CRS	.071	0.215(.23)	0.917	.005	.247	0.421	2.699**	.061
DIS	CS	.840	1.000(---)	--	.706	.865	1.066	69.162**	.747
	AS	.487	0.535(.17)	3.115**	.237	.822	0.931	31.724**	.675
ระดับตัวแปรแฝง									
	KN	.495	0.240(.08)	3.102**	.245	.862	1.064	36.885**	.742
	DIS	.931	0.805(.15)	5.311**	.866	.767	.924	27.209**	.588
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปรแฝง				KN	DIS	KN	DIS		
KN				**1**		**1**			
DIS				.461	**1**	.335	**1**		
χ^2 = 16.603; df = 13; p=.218; GFI=.983; AGFI = .962; CFI = .984; NNFI =.974; RMSEA = .032; RMR = .062						GoF = .505			

หมายเหตุ: t_B หมายถึง ค่า t ที่ได้จากกระบวนการ bootstrap; ค่าในแนวทแยงคือรากที่สองของค่าความแปรปรวนที่สกัดได้เฉลี่ย ($\sqrt{AVE}$

ตาราง ภ 5.82 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรีของนิสิตนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM

สมมติฐาน	χ^2	df	χ^2/df	p	$\Delta\chi^2$	Δdf	Δp
ข้อ 1 รูปแบบ	28.040	26	1.078	.356			
ข้อ 2 รูปแบบ, Λ_Y ,	32.490	31	1.048	.393	4.450	5	.487
ข้อ 3 รูปแบบ, Λ_Y ,Γ	35.130	33	1.065	.367	2.640	2	.267

ตาราง ภ 5.83 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี CB-SEM

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	เคยเรียน/ไม่เคยเรียน			ความต่าง
		Beta	B(SE)	t	
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)					
KN	LS	.568	1.000(-)	-	ไม่มี
	SK	.636	1.343(.17)	8.095**	ไม่มี
	MK	.548	0.835(.12)	7.057**	ไม่มี
	CK	.185	0.270(.09)	2.958**	ไม่มี
	CRS	.078	0.156(.12)	1.272	ไม่มี
DIS	CS	.619	1.000(-)	-	ไม่มี
	AS	.563	0.816(.13)	6.133**	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)					
STATLIT -> KN		.830	0.611(.09)	7.083**	ไม่มี
STATLIT-> DIS		.903	0.541(.07)	7.628**	ไม่มี

ตาราง ภ 5.84 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธี PLS-SEM จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

ตัวแปรแฝง	ตัวบ่งชี้	PLS-SEM		
		ค่าความต่าง	p	ความต่าง
น้ำหนักองค์ประกอบ(Λ_Y)				
KN	LS	.001	.984	ไม่มี
	SK	.017	.762	ไม่มี
	MK	.015	.826	ไม่มี
	CK	.043	.820	ไม่มี
	CRS	.067	.742	ไม่มี
DIS	CS	.051	.180	ไม่มี
	AS	.008	.859	ไม่มี
อิทธิพลเชิงสาเหตุ (Γ)		ค่าความต่าง	p	ความต่าง
STATLIT-> KN		0.049	.429	ไม่มี
STATLIT-> DIS		0.057	.436	ไม่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ภ 5.85 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง

ตัวแปร	ภาพรวม									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_ห$-$CB_ล$	$CB_ห$-$PLS_ห$	$CB_ห$-$PLS_ล$	$CB_ล$-$PLS_ห$	$CB_ล$-$PLS_ล$	$PLS_ห$-$PLS_ล$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	.628**	.648**	.753**	.764**	-.020	-.125	-.136	-.105	-.116	-.011
SK	.622**	.692**	.748**	.782**	-.070	-.126	-.160	-.056	-.090	-.034
MK	.518**	.529**	.684**	.711**	-.011	-.166	-.193	-.155	-.182	-.027
CK	.263**	.186*	.415**	.300**	.077	-.152	-.037	-.229	-.114	.115
CRS	.080*	.103	.135*	.185*	-.023	-.055	-.105	-.032	-.082	-0.05
DIS										
CS	.667**	.622**	.847**	.833**	.045	-.180	-.166	-.225	-.211	.014
AS	.633**	.604**	.839**	.826**	.029	-.206	-.193	-.235	-.222	.013
องค์ประกอบ										
KN	.898**	.866**	.881**	.891**	.032	.017	.007	-.015	-.025	-.010
DIS	.772**	.805**	.806**	.798**	-.033	-.034	-.026	-.001	.007	.008

ตัวแปร	เพศชาย									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_ห$-$CB_ล$	$CB_ห$-$PLS_ห$	$CB_ห$-$PLS_ล$	$CB_ล$-$PLS_ห$	$CB_ล$-$PLS_ล$	$PLS_ห$-$PLS_ล$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	.643**	.597**	.758**	.712**	.046	-.115	-.069	-.161	-.115	.046
SK	.669**	.794**	.779**	.837**	-.125	-.11	-.168	.015	-.043	-.058
MK	.473**	.587**	.653**	.726**	-.114	-.18	-.253	-.066	-.139	-.073
CK	.280**	.274*	.441**	.446**	.006	-.161	-.166	-.167	-.172	-.005
CRS	-.018	-.084	-.038	-.185*	.066	.020	.167	-.046	.101	.147
DIS										
CS	.753**	.786**	.872**	.869**	-.033	-.119	-.116	-.086	-.083	.003
AS	.647**	.530**	.852**	.813**	.117	-.205	-.166	-.322	-.283	.039
องค์ประกอบ										
KN	.915**	.799**	.888**	.910**	.116	.027	.005	-.089	-.111	-.022
DIS	.800**	.910**	.830**	.820**	-.110	-.03	-.020	.080	.090	.010

ตัวแปร	เพศหญิง									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_ห$-$CB_ล$	$CB_ห$-$PLS_ห$	$CB_ห$-$PLS_ล$	$CB_ล$-$PLS_ห$	$CB_ล$-$PLS_ล$	$PLS_ห$-$PLS_ล$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	.621**	.682**	.749**	.774**	-.061	-.128	-.153	-.067	-.092	-.025
SK	.597**	.645**	.728**	.750**	-.048	-.131	-.153	-.083	-.105	-.022
MK	.540**	.502**	.693**	.688**	.038	-.153	-.148	-.191	-.186	.005
CK	.265**	.161*	.416**	.266**	.104	-.151	-.001	-.255	-.105	.150
CRS	.125**	.187*	.213**	.325**	-.062	-.088	-.200	-.026	-.138	-.112
DIS										
CS	.622**	.538**	.833**	.809**	.084	-.211	-.187	-.295	-.271	.024
AS	.624**	.661**	.833**	.838**	-.037	-.209	-.214	-.172	-.177	-.005

ตัวแปร	เพศหญิง									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_{ห}$-$CB_{ล}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ล}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ล}$	$PLS_{ห}$-$PLS_{ล}$
องค์ประกอบ										
KN	.886**	.960**	.881**	.886**	-.074	.005	.000	.079	.074	-.005
DIS	.765**	.683**	.794**	.786**	.082	-.029	-.021	-.111	-.103	.008
ตัวแปร	กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ฯ									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_{ห}$-$CB_{ล}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ล}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ล}$	$PLS_{ห}$-$PLS_{ล}$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	.681**	.699**	.773**	.793**	-.018	-.092	-.112	-.074	-.094	-.020
SK	.590**	.703**	.738**	.799**	-.113	-.148	-.209	-.035	-.096	-.061
MK	.520**	.533**	.696**	.716**	-.013	-.176	-.196	-.163	-.183	-.020
CK	.248**	.185	.399**	.298**	.063	-.151	-.050	-.214	-.113	.101
CRS	.086	.085	.136*	.137	.001	-.050	-.051	-.051	-.052	-.001
DIS										
CS	.560**	.546**	.811**	.802**	.014	-.251	-.242	-.265	-.256	.009
AS	.602**	.581**	.824**	.820**	.021	-.222	-.218	-.243	-.239	.004
องค์ประกอบ										
KN	.909**	.900**	.896**	.906**	.009	.013	.003	.004	-.006	-.010
DIS	.872**	.890**	.801**	.795**	-.018	.071	.077	.089	.095	.006
ตัวแปร	กลุ่มสาขาวิชาสังคม-มนุษย์									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_{ห}$-$CB_{ล}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ล}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ล}$	$PLS_{ห}$-$PLS_{ล}$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	.609**	.591**	.746**	.740**	.018	-.137	-.131	-.155	-.149	.006
SK	.632**	.714**	.756**	.767**	-.082	-.124	-.135	-.042	-.053	-.011
MK	.452**	.477**	.649**	.684**	-.025	-.197	-.232	-.172	-.207	-.035
CK	.207**	.140	.347**	.231*	.067	-.140	-.024	-.207	-.091	.116
CRS	.035	.056	.099	.237*	-.021	-.064	-.202	-.043	-.181	-.138
DIS										
CS	.752**	.653**	.861**	.853**	.099	-.109	-.101	-.208	-.200	.008
AS	.541**	.549**	.815**	.802**	-.008	-.274	-.261	-.266	-.253	.013
องค์ประกอบ										
KN	.882**	.713**	.852**	.872**	.169	.030	.010	-.139	-.159	-.020
DIS	.606**	.846**	.782**	.794**	-.240	-.176	-.188	.064	.052	-.012
ตัวแปร	การเรียนวิชาสถิติเคยเรียน									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_{ห}$-$CB_{ล}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ล}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ล}$	$PLS_{ห}$-$PLS_{ล}$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	.639**	.675**	.753**	.780**	-.036	-.114	-.141	-.078	-.105	-.027
SK	.657**	.728**	.768**	.786**	-.071	-.111	-.129	-.04	-.058	-.018
MK	.490**	.522**	.663**	.720**	-.032	-.173	-.23	-.141	-.198	-.057
CK	.274**	.178*	.425**	.251**	.096	-.151	.023	-.247	-.073	.174

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปร	การเรียนวิชาสถิติเคยเรียน									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_{ห}$-$CB_{ล}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ล}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ล}$	$PLS_{ห}$-$PLS_{ล}$
CRS	.129**	.145*	.208**	.313**	-.016	-.079	-.184	-.063	-.168	-.105
DIS										
CS	.691**	.675**	.853**	.843**	.016	-.162	-.152	-.178	-.168	.010
AS	.633**	.579**	.843**	.824**	.054	-.21	-.191	-.264	-.245	.019
องค์ประกอบ										
KN	.943**	.707**	.875**	.886**	.236	.068	.057	-.168	-.179	-.011
DIS	.658**	.840**	.791**	.893**	-.182	-.133	-.235	.049	-.053	-.102

ตัวแปร	การเรียนวิชาสถิติไม่เคยเรียน									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_{ห}$-$CB_{ล}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ล}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ล}$	$PLS_{ห}$-$PLS_{ล}$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	.768**	.585**	.735**	.710**	.183	.033	.058	-.150	-.125	.025
SK	.795**	.636**	.692**	.755**	.159	.103	.040	-.056	-.119	-.063
MK	.666**	.560**	.730**	.740**	.106	-.064	-.074	-.170	-.180	-.010
CK	.272**	.185	.413**	.346**	.087	-.141	-.074	-.228	-.161	.067
CRS	-.112	-.109	-.068	-.093	-.003	-.044	-.019	-.041	-.016	.025
DIS										
CS	.565**	.447**	.826**	.792**	.118	-.261	-.227	-.379	-.345	.034
AS	.479**	.581**	.823**	.825**	-.102	-.344	-.346	-.242	-.244	-.002
องค์ประกอบ										
KN	.918**	.977**	.887**	.900**	-.059	.031	.018	.090	.077	-.013
DIS	.896**	.970**	.815**	.822**	-.074	.081	.074	.155	.148	-.007

ตัวแปร	การเรียนวิชาคณิตศาสตร์									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_{ห}$-$CB_{ล}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ห}$-$PLS_{ล}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ห}$	$CB_{ล}$-$PLS_{ล}$	$PLS_{ห}$-$PLS_{ล}$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	.619**	.642**	.750**	.763**	-.023	-.131	-.144	-.108	-.121	-.013
SK	.587**	.679**	.737**	.778**	-.092	-.15	-.191	-.058	-.099	-.041
MK	.524**	.520**	.695**	.709**	.004	-.171	-.185	-.175	-.189	-.014
CK	.228**	.188*	.367**	.285**	.040	-.139	-.057	-.179	-.097	.082
CRS	.084	.081	.132*	.179**	.003	-.048	-.095	-.051	-.098	-.047
DIS										
CS	.616**	.582**	.829**	.813**	.034	-.213	-.197	-.247	-.231	.016
AS	.612**	.555**	.830**	.814**	.057	-.218	-.202	-.275	-.259	.016
องค์ประกอบ										
KN	.926**	.907**	.889**	.903**	.019	.037	.023	.018	.004	-.014
DIS	.853**	.913**	.815**	.811**	-.060	.038	.042	.098	.102	.004

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปร	การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่เคยเรียน									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_ห$-$CB_ล$	$CB_ห$-$PLS_ห$	$CB_ห$-$PLS_ล$	$CB_ล$-$PLS_ห$	$CB_ล$-$PLS_ล$	$PLS_ห$-$PLS_ล$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	.482**	.359**	.762**	.762**	.123	-.280	-.280	-.403	-.403	.000
SK	.571**	.507**	.769**	.795**	.064	-.198	-.224	-.262	-.288	-.026
MK	.536**	.737**	.619**	.694**	-.201	-.083	-.158	.118	.043	-.075
CK	.257**	.176*	.456**	.242**	.081	-.199	.015	-.280	-.066	.214
CRS	.051	.071	.190*	.247**	-.020	-.139	-.196	-.119	-.176	-.057
DIS										
CS	.762**	.840**	.863**	.865**	-.078	-.101	-.103	-.023	-.025	-.002
AS	.542**	.487**	.823**	.822**	.055	-.281	-.280	-.336	-.335	.001
องค์ประกอบ										
KN	.930**	.495**	.861**	.862**	.435	.069	.068	-.366	-.367	-.001
DIS	.607**	.931**	.767**	.767**	-.324	-.160	-.160	.164	.164	.000

ตาราง ภ 5.86 ผลการเปรียบเทียบค่าประเมิน (R^2) โมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง

	องค์ประกอบ	ค่าประเมิน (R^2)									
		CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
		ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_ห$ /$CB_ล$	$CB_ห$/$PLS_ห$	$CB_ห$/$PLS_ล$	$CB_ล$/$PLS_ห$	$CB_ล$/$PLS_ล$	$PLS_ห$/$PLS_ล$
ภาพรวม											
	KN	0.766	0.749	0.849	0.891	1.023	0.902	0.860	0.860	0.882	0.841
	DIS	0.626	0.648	0.559	0.798	0.966	1.120	0.784	0.784	1.159	0.812
เพศ											
- ชาย	KN	0.766	0.638	0.849	0.828	1.201	0.902	0.925	0.751	0.771	1.025
	DIS	0.640	0.828	0.690	0.672	0.773	0.928	0.952	1.200	1.232	1.027
- หญิง	KN	0.837	0.922	0.789	0.785	0.908	1.061	1.066	1.169	1.175	1.005
	DIS	0.585	0.467	0.630	0.618	1.253	0.929	0.947	0.741	0.756	1.019
กลุ่มสาขาวิชา											
- วิทย์	KN	0.786	0.810	0.776	0.821	0.970	1.013	0.957	1.044	0.987	0.945
	DIS	0.761	0.792	0.641	0.632	0.961	1.187	1.204	1.236	1.253	1.014
- สังคม-	KN	0.826	0.508	0.802	0.760	1.626	1.030	1.087	0.633	0.668	1.055
มนุษย์	DIS	0.367	0.715	0.612	0.631	0.513	0.600	0.582	1.168	1.133	0.970
การเรียนวิชาสถิติ											
- เคยเรียน	KN	0.890	0.500	0.766	0.785	1.780	1.162	1.134	0.653	0.637	0.976
	DIS	0.433	0.706	0.625	0.596	0.613	0.693	0.727	1.130	1.185	1.049
- ไม่เคย	KN	0.842	0.954	0.787	0.809	0.883	1.070	1.041	1.212	1.179	0.973
เรียน	DIS	0.802	0.942	0.664	0.676	0.851	1.208	1.186	1.419	1.393	0.982
การเรียนวิชาคณิตศาสตร์											
- เคยเรียน	KN	0.857	0.822	0.790	0.815	1.043	1.085	1.052	1.041	1.009	0.969
	DIS	0.727	0.833	0.664	0.658	0.873	1.095	1.105	1.255	1.266	1.009
- ไม่เคย	KN	0.866	0.245	0.741	0.742	3.535	1.169	1.167	0.331	0.330	0.999
เรียน	DIS	0.369	0.866	0.589	0.588	0.426	0.626	0.628	1.470	1.473	1.002

ตาราง ภ 5.87 ผลการวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลการวัดการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์และขนาดตัวอย่าง

ตัวแปร	เพศ									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_ห$&$CB_ล$	$CB_ห$&$PLS_ห$	$CB_ห$&$PLS_ล$	$CB_ล$&$PLS_ห$	$CB_ล$&$PLS_ล$	$PLS_ห$&$PLS_ล$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
SK	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
MK	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
CK	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
CRS	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่เหมือน	เหมือน	ไม่เหมือน	ไม่เหมือน	เหมือน	ไม่เหมือน
DIS										
CS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
AS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
องค์ประกอบ										
KN	ไม่มี	**ไม่มี**	ไม่มี	**มี**	เหมือน	เหมือน	ไม่เหมือน	เหมือน	ไม่เหมือน	ไม่เหมือน
DIS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
ตัวแปร	กลุ่มสาขาวิชา									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_ห$&$CB_ล$	$CB_ห$&$PLS_ห$	$CB_ห$&$PLS_ล$	$CB_ล$&$PLS_ห$	$CB_ล$&$PLS_ล$	$PLS_ห$&$PLS_ล$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
SK	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
MK	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
CK	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
CRS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
DIS										
CS	**ไม่มี**	ไม่มี	**มี**	ไม่มี	เหมือน	ไม่เหมือน	เหมือน	ไม่เหมือน	ไม่เหมือน	เหมือน
AS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
องค์ประกอบ										
KN	**ไม่มี**	**ไม่มี**	**มี**	**มี**	เหมือน	ไม่เหมือน	ไม่เหมือน	ไม่เหมือน	ไม่เหมือน	เหมือน
DIS	**ไม่มี**	**ไม่มี**	**มี**	**มี**	เหมือน	ไม่เหมือน	ไม่เหมือน	ไม่เหมือน	ไม่เหมือน	เหมือน
ตัวแปร	การเรียนวิชาสถิติ									
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง					
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_ห$&$CB_ล$	$CB_ห$&$PLS_ห$	$CB_ห$&$PLS_ล$	$CB_ล$&$PLS_ห$	$CB_ล$&$PLS_ล$	$PLS_ห$&$PLS_ล$
ตัวบ่งชี้										
KN										
LS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
SK	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
MK	**มี**	ไม่มี	**ไม่มี**	ไม่มี	ไม่เหมือน	ไม่เหมือน	ไม่เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
CK	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน
CRS	มี	**ไม่มี**	มี	**มี**	ไม่เหมือน	เหมือน	เหมือน	ไม่เหมือน	เหมือน	ไม่เหมือน

ตัวแปร	การเรียนวิชาสถิติ											
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง							
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_ห$&$CB_ล$	$CB_ห$&$PLS_ห$	$CB_ห$&$PLS_ล$	$CB_ล$&$PLS_ห$	$CB_ล$&$PLS_ล$	$PLS_ห$&$PLS_ล$		
DIS												
CS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
AS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
องค์ประกอบ												
KN	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
DIS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
ตัวแปร	การเรียนวิชาคณิตศาสตร์											
	CB-SEM		PLS-SEM		ผลต่าง							
	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	$CB_ห$&$PLS_ห$	$CB_ห$&$CB_ล$	$CB_ห$&$PLS_ล$	$CB_ล$&$PLS_ห$	$PLS_ห$&$PLS_ล$	$CB_ล$&$PLS_ล$		
ตัวบ่งชี้												
KN												
LS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
SK	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
MK	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
CK	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
CRS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
DIS												
CS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
AS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
องค์ประกอบ												
KN	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		
DIS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน	เหมือน		

ตาราง ภ 5.88 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีระหว่างวิธีการวิเคราะห์

ตัวแปร	รวม			เพศ						กลุ่มสาขาวิชา					
				ชาย			หญิง			วิทยาศาสตร์ฯ			สังคมศาสตร์ - มนุษยศาสตร์		
	CB-SEM	PLS-SEM	ผลต่าง (PLS-CB)	CB-SEM	PLS-SEM	ผลต่าง (PLS-CB)	CB-SEM	PLS-SEM	ผลต่าง (PLS-CB)	CB-SEM	PLS-SEM	ผลต่าง (PLS-CB)	CB-SEM	PLS-SEM	ผลต่าง (PLS-CB)
น้ำหนักองค์ประกอบ															
STATLIT															
KN	.495**	.664**	.169	.549**	.700**	.151	.467**	.647**	.180	.449**	.636**	.187	.478**	.601**	.123
DIS	.804**	.961**	.157	.830**	.964**	.134	.790**	.960**	.170	.754**	.975**	.221	.791**	.955**	.164
อิทธิพลเชิงสาเหตุ															
LST->STATLIT	.125**	.278**	.153	.212**	.304**	.092	.101*	.267**	.166	.191**	.267**	.076	.124*	.281**	.157
EXS->STATLIT	.653**	.365**	-.288	.605**	.375**	-.230	.660**	.359**	.301	.596**	.343**	.253	.658**	.350**	-.308

ตัวแปร	รวม			การเรียนสถิติ						การเรียนคณิตศาสตร์					
				เคยเรียน			ไม่เคยเรียน			เคยเรียน			ไม่เคยเรียน		
	CB-SEM	PLS-SEM	ผลต่าง (PLS-CB)	CB-SEM	PLS-SEM	ผลต่าง (PLS-CB)	CB-SEM	PLS-SEM	ผลต่าง (PLS-CB)	CB-SEM	PLS-SEM	ผลต่าง (PLS-CB)	CB-SEM	PLS-SEM	ผลต่าง (PLS-CB)
น้ำหนักองค์ประกอบ STATLIT															
KN	.495**	.664**	.169	.621**	.641**	.020	.554**	.632**	.078	.491**	.669**	.178	.453**	.570**	.117
DIS	.804**	.961**	.157	.982**	.958**	-.024	.960**	.980**	.020	.774**	.967**	.193	.805**	.962**	.157
อิทธิพลเชิงสาเหตุ															
LST-> STATLIT	.125**	.278**	.153	.097**	.266**	.169	.137**	.283**	.146	.119**	.249**	.130	.157*	.305**	.148
EXS-> STATLIT	.653**	.365**	-.288	.546**	.383**	-.163	.497**	.341**	-.156	.646**	.352**	-.294	.636**	.359**	-.277

ตาราง ภ 5.89 ค่าประเมินโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ

โมเดลการวัด		ค่า R^2		
		CB-SEM	PLS-SEM	อัตราส่วน (PLS/CB)
ภาพรวม		.547	.341	.623
เพศ	- ชาย	.589	.390	.662
	- หญิง	.530	.320	.604
กลุ่มสาขาวิชา	- วิทยาศาสตร์ฯ	.529	.299	.565
	- สังคมศาสตร์ -มนุษยศาสตร์	.560	.336	.600
การเรียนสถิติศาสตร์	- เคยเรียน	.369	.334	.905
	- ไม่เคยเรียน	.362	.333	.920
การเรียนคณิตศาสตร์	- เคยเรียน	.524	.291	.555
	- ไม่เคยเรียน	.568	.375	.660

ตาราง ภ 5.90 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างภูมิหลังของนักศึกษาด้วยวิธี CB-SEM และ PLS-SEM

ตัวแปร	การมีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ											
	เพศ			กลุ่มสาขาวิชา			การเรียนสถิติ			การเรียนคณิตศาสตร์		
	CB-SEM	PLS-SEM	ผล	CB-SEM	PLS-SEM	ผล	CB-SEM	PLS-SEM	ผล	CB-SEM	PLS-SEM	ผล
น้ำหนักองค์ประกอบ STATLIT												
KN	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน
DIS	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน
อิทธิพลเชิงสาเหตุ												
LST-> STATLIT	มี	มี	เหมือน	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน
EXS-> STATLIT	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน	**ไม่มี**	**มี**	**ไม่เหมือน**	ไม่มี	ไม่มี	เหมือน

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติในภาพรวม ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PLSPM

(นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติในภาพรวม ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PLSPM

XLSTAT 2014.1.06 - Run - on 19-Apr-14 at 8:09:42 PM
Observation labels: Workbook = CFA_PLSA2.ppmx / Sheet = D1 / Range = $A:$A / 1014 rows and 1 column
Treatment of the manifest variables: Standardized, weights on raw MV
Initial weights: Values of the first eigenvector
Internal estimation: Centroid
Regression: PLS
Stop conditions: Iterations = 1000 / Convergence = 0.00001
Confidence intervals: 95 / Bootstrap / Resamplings = 5000 / Sample size = 1014
Blindfolding: 30
Latent variable scores: Using normalized weights
Seed (random numbers): 4375742

Summary statistics:

Variable	Observations	Obs. with missing data	Obs. without missing data	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
LS	1014	0	1014	0.000	5.000	3.311	1.316
SK	1014	0	1014	0.000	7.000	3.788	1.458
MK	1014	0	1014	0.000	4.000	2.228	1.125
CK	1014	0	1014	0.000	4.000	1.830	1.036
CRS	1014	0	1014	0.000	7.000	2.736	1.446
CS	1014	0	1014	1.000	6.500	3.831	0.981
AS	1014	0	1014	1.320	6.760	4.212	0.905
LS	1014	0	1014	0.000	5.000	3.311	1.316
SK	1014	0	1014	0.000	7.000	3.788	1.458
MK	1014	0	1014	0.000	4.000	2.228	1.125
CK	1014	0	1014	0.000	4.000	1.830	1.036
CRS	1014	0	1014	0.000	7.000	2.736	1.446
CS	1014	0	1014	1.000	6.500	3.831	0.981
AS	1014	0	1014	1.320	6.760	4.212	0.905

Model specification (Measurement model):

Latent variable	STATLIT	KN	DIS
Number of manifest variables	7	5	2
Mode	Mode A	Mode A	Mode A
Type	Exogenous	Endogenous	Endogenous
Invert sign	No	No	No
Deflation	External	External	External

PLS Measurement model

PLS Structural model		1 (Automatic)	1 (Automatic)
Manifest variable	LS	LS	CS
	SK	SK	AS
	MK	MK	
	CK	CK	
	CRS	CRS	
	CS		
	AS		

Model specification (Structural model):

	STATLIT	KN	DIS
STATLIT	0	0	0
KN	1	0	0
DIS	1	0	0

The main algorithm did converge after 6 iterations.

8 samples were ignored, because they did not converge.

The algorithm converged on average after 6 iterations.

Correlation matrix:

Variables	LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS	LS	SK	MK	CK	CRS	CS	AS
LS	**1.000**	0.418	0.305	0.163	0.034	0.275	0.265	1.000	0.418	0.305	0.163	0.034	0.275	0.265
SK	0.418	**1.000**	0.310	0.148	0.026	0.270	0.260	0.418	1.000	0.310	0.148	0.026	0.270	0.260
MK	0.305	0.310	**1.000**	0.158	0.020	0.285	0.244	0.305	0.310	1.000	0.158	0.020	0.285	0.244
CK	0.163	0.148	0.158	**1.000**	0.021	0.111	0.134	0.163	0.148	0.158	1.000	0.021	0.111	0.134
CRS	0.034	0.026	0.020	0.021	**1.000**	0.091	0.110	0.034	0.026	0.020	0.021	1.000	0.091	0.110
CS	0.275	0.270	0.285	0.111	0.091	**1.000**	0.423	0.275	0.270	0.285	0.111	0.091	1.000	0.423
AS	0.265	0.260	0.244	0.134	0.110	0.423	**1.000**	0.265	0.260	0.244	0.134	0.110	0.423	1.000
LS	1.000	0.418	0.305	0.163	0.034	0.275	0.265	**1.000**	0.418	0.305	0.163	0.034	0.275	0.265
SK	0.418	1.000	0.310	0.148	0.026	0.270	0.260	0.418	**1.000**	0.310	0.148	0.026	0.270	0.260
MK	0.305	0.310	1.000	0.158	0.020	0.285	0.244	0.305	0.310	**1.000**	0.158	0.020	0.285	0.244
CK	0.163	0.148	0.158	1.000	0.021	0.111	0.134	0.163	0.148	0.158	**1.000**	0.021	0.111	0.134
CRS	0.034	0.026	0.020	0.021	1.000	0.091	0.110	0.034	0.026	0.020	0.021	**1.000**	0.091	0.110
CS	0.275	0.270	0.285	0.111	0.091	1.000	0.423	0.275	0.270	0.285	0.111	0.091	**1.000**	0.423
AS	0.265	0.260	0.244	0.134	0.110	0.423	1.000	0.265	0.260	0.244	0.134	0.110	0.423	**1.000**

Composite reliability:

Latent variable	Dimensions	Cronbach's alpha	D.G. rho (PCA)	Condition number	Critical value	Eigenvalues
STATLIT	7	0.627	0.754	2.011	1.000	2.313
						1.040

						0.926
						0.844
						0.723
						0.582
						0.572
KN	5	0.488	0.695	1.753	1.000	1.787
						0.997
						0.908
						0.725
						0.582
DIS	2	0.594	0.831	1.570	1.000	1.423
						0.577

Variables/Factors correlations (STATLIT / 1):

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
LS	0.677	-0.205	-0.043	-0.367	-0.269	0.535	-0.069
SK	0.671	-0.221	-0.084	-0.385	-0.234	-0.530	0.094
MK	0.625	-0.179	-0.037	-0.090	0.745	0.005	-0.111
CK	0.360	-0.227	0.864	0.257	-0.063	-0.016	0.052
CRS	0.147	0.846	0.310	-0.401	0.077	-0.005	0.018
CS	0.665	0.248	-0.229	0.385	-0.002	0.082	0.538
AS	0.648	0.297	-0.146	0.422	-0.176	-0.088	-0.504

Variables/Factors correlations (KN / 1):

	F1	F2	F3	F4	F5
LS	0.754	-0.029	-0.195	-0.324	-0.536
SK	0.751	-0.051	-0.237	-0.291	0.541
MK	0.677	-0.058	-0.091	0.728	-0.020
CK	0.436	0.030	0.896	-0.072	0.025
CRS	0.087	0.995	-0.050	0.020	0.010

Variables/Factors correlations (DIS / 1):

	F1	F2
CS	0.843	0.537
AS	0.843	-0.537

Goodness of fit index (1):

	GoF	GoF (Bootstrap)	Standard error	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Minimum	1st Quartile	Median	3rd Quartile	Maximum
Absolute	0.530	0.530	0.012	45.460	0.507	0.554	0.486	0.522	0.530	0.538	0.573
Relative	0.844	0.843	0.013	66.786	0.819	0.869	0.792	0.835	0.843	0.852	0.885
Outer model	0.999	0.998	0.010	97.402	0.978	1.000	0.954	0.991	0.998	1.005	1.036

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Inner model	0.845	0.845	0.007	114.099	0.830	0.859	0.817	0.840	0.845	0.850	0.870

Cross-loadings (Monofactorial manifest variables / 1):

	KN	DIS	STATLIT
LS	**0.753**	0.320	0.661
SK	**0.748**	0.314	0.655
MK	**0.684**	0.314	0.613
CK	**0.415**	0.145	0.347
CRS	**0.135**	0.119	0.152
CS	0.373	**0.847**	0.688
AS	0.355	**0.839**	0.672
LS	0.753	0.320	**0.661**
SK	0.748	0.314	**0.655**
MK	0.684	0.314	**0.613**
CK	0.415	0.145	**0.347**
CRS	0.135	0.119	**0.152**
CS	0.373	0.847	**0.688**
AS	0.355	0.839	**0.672**

Outer model (Dimension 1):

Weights (Dimension 1):

Latent variable	Manifest variables	Outer weight	Outer weight (normalized)	Outer weight (Bootstrap)	Standard error	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
KN	LS	0.319	0.259	0.319	0.010	31.119	0.297	0.343
	SK	0.286	0.232	0.285	0.010	27.682	0.263	0.308
	MK	0.347	0.281	0.346	0.013	25.697	0.320	0.375
	CK	0.213	0.173	0.212	0.024	8.802	0.163	0.258
	CRS	0.067	0.054	0.067	0.021	3.158	0.025	0.108
DIS	CS	0.611	0.485	0.611	0.014	43.941	0.574	0.652
	AS	0.648	0.515	0.648	0.014	46.659	0.609	0.690
STATLIT	LS	0.209	0.143	0.209	0.007	30.121	0.194	0.225
	SK	0.187	0.128	0.187	0.007	27.101	0.172	0.202
	MK	0.228	0.155	0.227	0.009	25.356	0.210	0.246
	CK	0.139	0.095	0.138	0.016	8.443	0.105	0.169
	CRS	0.045	0.031	0.045	0.014	3.270	0.018	0.072
	CS	0.319	0.218	0.319	0.008	38.732	0.298	0.341
	AS	0.339	0.231	0.339	0.009	39.105	0.317	0.362

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Correlations (Dimension 1):

Latent variable	Manifest variables	Standardized loadings	Loadings	Location	Communalities	Redundancies	Standardized loadings (Bootstrap)	Standard error	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
KN	LS	0.753	1.221	-0.144	0.567	0.440	0.753	0.017	44.893	0.718	0.784

	SK	0.748	1.345	-0.016	0.560	0.435	0.748	0.020	38.052	0.706	0.784
	MK	0.684	0.948	-0.455	0.468	0.364	0.683	0.022	30.513	0.637	0.724
	CK	0.415	0.530	0.331	0.172	0.134	0.413	0.046	9.002	0.319	0.499
	CRS	0.135	0.240	2.057	0.018	0.014	0.134	0.059	2.287	0.013	0.246
DIS	CS	0.847	1.046	-0.383	0.718	0.467	0.847	0.010	86.503	0.827	0.865
	AS	0.839	0.956	0.361	0.705	0.458	0.839	0.011	73.435	0.814	0.860
STATLIT	LS	0.661	1.277	-0.988	0.437		0.661	0.020	32.488	0.619	0.700
	SK	0.655	1.402	-0.931	0.429		0.655	0.024	27.775	0.605	0.699
	MK	0.613	1.012	-1.179	0.376		0.612	0.024	25.099	0.562	0.658
	CK	0.347	0.528	0.052	0.121		0.346	0.043	8.125	0.260	0.426
	CRS	0.152	0.323	1.648	0.023		0.152	0.048	3.149	0.056	0.246
	CS	0.688	0.990	0.498	0.473		0.688	0.018	37.882	0.651	0.721
	AS	0.672	0.892	1.207	0.452		0.672	0.020	34.007	0.631	0.708

Inner model (Dimension 1):

R^2 (KN / 1):

R^2	R^2(Bootstrap)	Standard error	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
0.777	0.778	0.013	61.095	0.752	0.802

Path coefficients (KN / 1):

Latent variable	Value	Value(Bootstrap)	Standard error(Bootstrap)	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	-0.705	-0.712	0.065	-10.871	-0.841	-0.587
STATLIT	1.050	1.052	0.018	58.975	1.017	1.087

Equation of the model:

KN = -0.70547115410097+1.04973683334645*STATLIT

Standardized coefficients (KN / 1):

Impact and contribution of the variables to KN (Dimension 1):

	STATLIT
Correlation	0.881
Path coefficient	0.881
Correlation * path coefficient	0.777
Contribution to R^2 (%)	100.000
Cumulative %	100.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

R^2 (DIS / 1):

R^2	R^2(Bootstrap)	Standard error	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
0.650	0.651	0.017	37.656	0.615	0.683

Path coefficients (DIS / 1):

Latent variable	Value	Value(Bootstrap)	Standard error(Bootstrap)	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	0.863	0.868	0.073	11.800	0.725	1.013
STATLIT	0.940	0.938	0.021	44.370	0.896	0.979

Equation of the model:

DIS = 0.862777551146709+0.939693445967347*STATLIT

Standardized coefficients (DIS / 1):

Impact and contribution of the variables to DIS (Dimension 1):

	STATLIT
Correlation	0.806
Path coefficient	0.806
Correlation * path coefficient	0.650
Contribution to R^2 (%)	100.000
Cumulative %	100.000

Model assessment (Dimension 1):

Latent variable	Type	Mean (Manifest variables)	R^2	Adjusted R^2	Mean Communalities (AVE)	Mean Redundancies	D.G. rho
STATLIT	Exogenous	3.367			0.330		0.754
KN	Endogenous	2.829	0.777	0.777	0.357	0.277	0.699
DIS	Endogenous	4.027	0.650	0.650	0.711	0.462	0.831
Mean			0.714		0.394	0.370	

Correlations (Latent variable) / Dimension (1):

	STATLIT	KN	DIS
STATLIT	**1.000**	0.881	0.806

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

KN	0.881	**1.000**	0.431
DIS	0.806	0.431	**1.000**

Partial correlations (Latent variable) / Dimension (1):

	STATLIT	KN	DIS
STATLIT	**1.000**	1.000	1.000
KN	1.000	**1.000**	-1.000
DIS	1.000	-1.000	**1.000**

Direct effects (Latent variable) / Dimension (1):

	STATLIT	KN	DIS
STATLIT			
KN	1.050		
DIS	0.940	0.000	

Indirect effects (Latent variable) / Dimension (1):

	STATLIT	KN	DIS
STATLIT			
KN	0.000		
DIS	0.000	0.000	

Total effects (Latent variable) / Dimension (1):

	STATLIT	KN	DIS
STATLIT			
KN	1.050		
DIS	0.940	0.000	

Discriminant validity (Squared correlations < AVE) (Dimension 1):

	STATLIT	KN	DIS	Mean Communalities (AVE)
STATLIT	**1**	**0.777**	0.650	0.330
KN	**0.777**	**1**	0.186	0.357
DIS	0.650	0.186	**1**	0.711
Mean Communalities (AVE)	0.330	0.357	0.711	**0**

Latent variable scores (Dimension 1):

Summary statistics / Latent variable scores (Dimension 1):

Variable	Observations	Obs. with missing	Obs. without	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation

		data	missing data				
STATLIT	1014	0	1014	1.542	5.243	3.367	0.681
KN	1014	0	1014	0.541	4.696	2.829	0.811
DIS	1014	0	1014	1.288	6.454	4.027	0.794

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลการวัดการรู้สถิติ ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PLSPM

(นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างภูมิหลังด้านการเรียนวิชาสถิติในระดับปริญญาตรี ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PLSPM

XLSTAT 2014.1.06 - Permutation test - on 19-Apr-14 at 11:24:05 PM
Number of groups = 2
Number of permutations = 5000
Significance level (%) = 5
Hypothesis:
H0: The difference between the parameters is equal to 0.
Ha: The difference between the parameters is different from 0.

Comparisons: 1 vs 2

Path coefficient (1 vs 2):

Latent variables	Difference	P	Significant
STATLIT -> KN	0.052	0.172	No
STATLIT -> DIS	0.048	0.295	No

Standardized loadings (1 vs 2):

Latent variable	Manifest variables	Difference	P	Significant
KN	LS	0.019	0.586	No
	SK	0.076	0.068	No
	MK	0.067	0.165	No
	CK	0.012	0.908	No
	CRS	0.276	0.027	Yes
DIS	CS	0.027	0.180	No
	AS	0.020	0.383	No
STATLIT	LS	0.041	0.334	No
	SK	0.044	0.376	No
	MK	0.070	0.180	No
	CK	0.012	0.895	No
	CRS	0.149	0.152	No
	CS	0.007	0.860	No
	AS	0.009	0.822	No

Model quality (1 vs 2):

Model quality (Latent variable)	Difference	P	Significant
Communality (STATLIT)	0.006	0.749	No
Communality (KN)	0.019	0.298	No
Communality (DIS)	0.040	0.171	No
Redundancy (STATLIT)			Undefined
Redundancy (KN)	0.007	0.725	No
Redundancy (DIS)	0.002	0.965	No
GoF	0.000	0.995	No

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติในภาพรวม ด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL

(นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลการวัดการรู้สถิติในภาพรวม ด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL

DATE: 4/21/2014
TIME: 10:44
L I S R E L 8.72
BY
Karl G. Jöreskog & Dag Sörbom

This program is published exclusively by
Scientific Software International, Inc.
7383 N. Lincoln Avenue, Suite 100
Lincolnwood, IL 60712, U.S.A.
Phone: (800)247-6113, (847)675-0720, Fax: (847)675-2140
Copyright by Scientific Software International, Inc., 1981-2005
Use of this program is subject to the terms specified in the
Universal Copyright Convention.
Website: www.ssicentral.com

The following lines were read from file D:\LISREL\2CFA\2CFA.LS8:

```
TI
DA NI=7 NO=1014 NG=1 MA=CM NG=1
LA
LS SK MK CK CRS QS AS
KM
1
.418 1
.305 .310 1
.163 .148 .158 1
.034 .026 .020 .021 1
.275 .270 .285 .111 .091 1
.265 .260 .244 .134 .110 .422 1
ME
3.311 3.788 2.228 1.830 2.736 3.828 4.212
SD
1.317 1.459 1.125 1.037 1.447 .981 .905
SE
1 2 3 4 5 6 7 /
MO NY=7 NK=1 NE=2 LY=FU,FI BE=FU,FI GA=FU,FI PH=SY,FR PS=DI,FR TE=DI,FR
LE
KN DIS
LK
StatLit
FR LY(1,1) LY(3,1) LY(4,1) LY(5,1)  LY(7,2)
FR GA(1,1) GA(2,1)
FI LY(2,1) LY(6,2) TE(7,7) PS(2,2)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ST 1 LY(2,1) LY(6,2)
ST .5 TE(7,7)
ST 0.16 PS(2,2)
PD
OU ME=ML AM PC RS FS SS SC ND=3 IT=250

TI
                    Number of Input Variables  7
                    Number of Y - Variables    7
                    Number of X - Variables    0
                    Number of ETA - Variables  2
                    Number of KSI - Variables  1
                    Number of Observations  1014
TI
       Covariance Matrix
            LS        SK        MK        CK        CRS       QS
       --------  --------  --------  --------  --------  --------
     LS    1.734
     SK    0.803     2.129
     MK    0.452     0.509     1.266
     CK    0.223     0.224     0.184     1.075
    CRS    0.065     0.055     0.033     0.032     2.094
     QS    0.355     0.386     0.315     0.113     0.129     0.962
     AS    0.316     0.343     0.248     0.126     0.144     0.375
       Covariance Matrix
            AS
       --------
     AS    0.819

TI
Number of Iterations = 11
LISREL Estimates (Maximum Likelihood)
       LAMBDA-Y
            KN        DIS
       --------  --------
     LS    0.911       - -
          (0.075)
           12.202
     SK    1.000       - -
     MK    0.642       - -
          (0.057)
           11.229
     CK    0.300       - -
          (0.046)
           6.560
    CRS    0.128       - -
          (0.061)
           2.093
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

QS - - 1.000
AS - - 0.863
(0.067)
12.952

GAMMA

StatLit

KN 0.793
(0.072)
10.981
DIS 0.522
(0.048)
10.857

Covariance Matrix of ETA and KSI

KN DIS StatLit
-------- -------- --------
KN 0.823
DIS 0.414 0.432
StatLit 0.793 0.522 1.000

PHI

StatLit

1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN DIS
-------- --------
0.194 0.160
(0.094)
2.065

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

KN DIS
-------- --------
0.764 0.630

Squared Multiple Correlations for Reduced Form

KN DIS
-------- --------
0.764 0.630

THETA-EPS

LS SK MK CK CRS QS
-------- -------- -------- -------- -------- --------
1.050 1.305 0.926 1.001 2.080 0.530
(0.069) (0.084) (0.050) (0.046) (0.093) (0.042)
15.250 15.473 18.495 21.715 22.437 12.506

THETA-EPS

AS

0.500

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

LS	SK	MK	CK	CRS	QS
0.394	0.387	0.268	0.069	0.006	0.449

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

AS
0.392

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 14
Minimum Fit Function Chi-Square = 20.977 (P = 0.102)
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 21.085 (P = 0.0995)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 7.085
90 Percent Confidence Interval for NCP = (0.0 ; 23.558)

Minimum Fit Function Value = 0.0207
Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.00699
90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.0 ; 0.0233)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0224
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.0 ; 0.0408)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.995

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.0485
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.0415 ; 0.0647)
ECVI for Saturated Model = 0.0553
ECVI for Independence Model = 1.110

Chi-Square for Independence Model with 21 Degrees of Freedom = 1110.058
Independence AIC = 1124.058
Model AIC = 49.085
Saturated AIC = 56.000
Independence CAIC = 1165.509
Model CAIC = 131.988
Saturated CAIC = 221.806

Normed Fit Index (NFI) = 0.981
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.990
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.654
Comparative Fit Index (CFI) = 0.994
Incremental Fit Index (IFI) = 0.994
Relative Fit Index (RFI) = 0.972

Critical N (CN) = 1408.397

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.0329
Standardized RMR = 0.0235
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.994

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.988
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.497

TI

Fitted Covariance Matrix

	LS	SK	MK	CK	CRS	QS
LS	1.734					
SK	0.751	2.129				
MK	0.482	0.529	1.266			
CK	0.226	0.247	0.159	1.075		
CRS	0.096	0.105	0.068	0.032	2.094	
QS	0.377	0.414	0.266	0.124	0.053	0.962
AS	0.326	0.357	0.229	0.107	0.046	0.373

Fitted Covariance Matrix

	AS
AS	0.822

Fitted Residuals

	LS	SK	MK	CK	CRS	QS
LS	0.000					
SK	0.053	0.000				
MK	-0.030	-0.020	0.000			
CK	-0.003	-0.024	0.025	0.000		
CRS	-0.031	-0.050	-0.035	0.000	0.000	
QS	-0.022	-0.027	0.049	-0.011	0.076	0.000
AS	-0.010	-0.014	0.019	0.018	0.098	0.001

Fitted Residuals

	AS
AS	-0.003

Summary Statistics for Fitted Residuals
Smallest Fitted Residual = -0.050
Median Fitted Residual = 0.000
Largest Fitted Residual = 0.098

Stemleaf Plot
- 4|0
- 2|5107420
- 0|410330000000
0|189
2|5
4|93
6|6
8|8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Standardized Residuals

	LS	SK	MK	CK	CRS	QS
LS	- -					
SK	3.039	- -				
MK	-1.582	-0.926	- -			
CK	-0.115	-0.820	0.957	- -		
CRS	-0.807	-1.163	-0.884	-0.002	- -	
QS	-1.068	-1.189	2.259	-0.460	2.082	- -
AS	-0.480	-0.610	0.904	0.773	2.821	0.236

Standardized Residuals

	AS
AS	-0.236

Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual = -1.582

Median Standardized Residual = -0.001

Largest Standardized Residual = 3.039

Stemleaf Plot

- 1|6
- 1|221
- 0|9988655
- 0|210000000
  0|2
  0|89
  1|0
  1|
  2|13
  2|8
  3|0

Largest Positive Standardized Residuals

Residual for SK and LS 3.039

Residual for AS and CRS 2.821

Factor Scores Regressions

ETA

	LS	SK	MK	CK	CRS	QS
KN	0.228	0.202	0.182	0.079	0.016	0.142
DIS	0.065	0.058	0.052	0.023	0.005	0.281

ETA

	AS
KN	0.130
DIS	0.258

TI

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Standardized Solution

LAMBDA-Y

	KN	DIS
LS	0.827	- -
SK	0.907	- -
MK	0.583	- -
CK	0.273	- -
CRS	0.116	- -
QS	- -	0.657
AS	- -	0.568

GAMMA

	StatLit
KN	0.874
DIS	0.794

Correlation Matrix of ETA and KSI

	KN	DIS	StatLit
KN	1.000		
DIS	0.694	1.000	
StatLit	0.874	0.794	1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN	DIS
0.236	0.370

TI

Completely Standardized Solution

LAMBDA-Y

	KN	DIS
LS	0.628	- -
SK	0.622	- -
MK	0.518	- -
CK	0.263	- -
CRS	0.080	- -
QS	- -	0.670
AS	- -	0.626

GAMMA

	StatLit
KN	0.874
DIS	0.794

Correlation Matrix of ETA and KSI

	KN	DIS	StatLit
KN	1.000		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

DIS	0.694	1.000	
StatLit	0.874	0.794	1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN	DIS
0.236	0.370

THETA-EPS

LS	SK	MK	CK	CRS	QS
0.606	0.613	0.732	0.931	0.994	0.551

THETA-EPS

AS
0.608

Time used: 0.094 Seconds

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ซ

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างภูมิหลังด้านการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี ด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL

(นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลการวัดการรู้สถิติระหว่างภูมิหลังด้านการเรียนวิชาสถิติระดับปริญญาตรี ด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL

DATE: 4/21/2014
TIME: 11:22
L I S R E L 8.72
BY
Karl G. Jöreskog & Dag Sörbom

This program is published exclusively by
Scientific Software International, Inc.
7383 N. Lincoln Avenue, Suite 100
Lincolnwood, IL 60712, U.S.A.
Phone: (800)247-6113, (847)675-0720, Fax: (847)675-2140
Copyright by Scientific Software International, Inc., 1981-2005
Use of this program is subject to the terms specified in the
Universal Copyright Convention.
Website: www.ssicentral.com

The following lines were read from file D:\LISREL\2CFA\2CFAMG3_FIX_35.LS8:

```
TAKE Statistics course
TI
DA NI=7 NO=664 NG=2 MA=CM NG=2
LA
LS SK MK CK CRS CS AS
KM
1
.437 1
.286 .319 1
.165 .186 .151 1
.092 0.074 0.043 0.022 1
.272 .266 .251 .087 .084 1
.252 .226 .234 .132 0.072 .438 1
me
3.482 3.917 2.259 1.834 2.81 3.932 4.292
sd
1.273 1.452 1.11 1.03 1.464 0.967 0.938
SE
1 2 3 4 5 6 7 /
MO NY=7 NK=1 NE=2 LY=FU,FI BE=FU,FI GA=FU,FI PH=SY,FR PS=DI,FR TE=SY
LE
KN  DIS
LK
STATLIT
FR LY(2,1) LY(3,1) LY(4,1) LY(5,1)  LY(7,2) GA(1,1)GA(2,1)
FI LY(1,1) LY(6,2) PS(1,1)
ST 1 LY(1,1) LY(6,2)
ST .1 PS(1,1)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
PD
OU ME=ML AM PC RS FS SS SC ND=3 IT=250

TAKE Statistics course
                    Number of Input Variables  7
                    Number of Y - Variables    7
                    Number of X - Variables    0
                    Number of ETA - Variables  2
                    Number of KSI - Variables  1
                    Number of Observations   664
                    Number of Groups           2

Don't TAKE Statistics course
DA NI=7 NO=350 NG=2 MA=CM NG=2
LA
LS SK MK CK CRS QS AS
KM
1
.348 1
.332 .286 1
.165 0.077 .172 1
-.109 -0.096 -0.032 0.019 1
.226 .240 .339 .155 0.077 1
.244 .300 .257 .141 .172 .359 1
me
2.986 3.543 2.169 1.823 2.594 3.631 4.06
sd
1.34 1.441 1.152 1.05 1.406 0.98 0.82
SE
1 2 3 4 5 6 7 /
MO NY=7 NK=1 NE=2 LY=IN BE=PS GA=IN PH=PS PS=PS TE=PS
fr Ly(5,1) lY(3,1)
FI TE(7,5)
ST 0.218 TE(7,5)
LE
KN DIS
LK
STATLIT
OU

Don't TAKE Statistics course

                    Number of Input Variables  7
                    Number of Y - Variables    7
                    Number of X - Variables    0
                    Number of ETA - Variables  2
                    Number of KSI - Variables  1
                    Number of Observations   350
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Number of Groups 2

TAKE Statistics course

Covariance Matrix

	LS	SK	MK	CK	CRS	CS
LS	1.621					
SK	0.808	2.108				
MK	0.404	0.514	1.232			
CK	0.216	0.278	0.173	1.061		
CRS	0.171	0.157	0.070	0.033	2.143	
CS	0.335	0.373	0.269	0.087	0.119	0.935
AS	0.301	0.308	0.244	0.128	0.099	0.397

Covariance Matrix

	AS
AS	0.880

Don't TAKE Statistics course

Covariance Matrix

	LS	SK	MK	CK	CRS	QS
LS	1.796					
SK	0.672	2.076				
MK	0.513	0.475	1.327			
CK	0.232	0.117	0.208	1.103		
CRS	-0.205	-0.195	-0.052	0.028	1.977	
QS	0.297	0.339	0.383	0.159	0.106	0.960
AS	0.268	0.354	0.243	0.121	0.198	0.288

Covariance Matrix

	AS
AS	0.672

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

TAKE Statistics course

Number of Iterations = 15

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-Y

	KN	DIS
LS	1.000	- -
SK	1.121	- -
	(0.093)	
	12.022	
MK	0.679	- -

(0.073)
9.286

CK 0.345 - -
(0.052)
6.628
CRS 0.236 - -
(0.087)
2.718
CS - - 1.000
AS - - 0.885
(0.088)
10.109

GAMMA EQUALS GAMMA IN THE FOLLOWING GROUP

Covariance Matrix of ETA and KSI

	KN	DIS	STATLIT
KN	0.645		
DIS	0.346	0.453	
STATLIT	0.738	0.469	1.000

PHI EQUALS PHI IN THE FOLLOWING GROUP

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN	DIS
0.100	0.233
	(0.047)
	4.934

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

KN	DIS
0.845	0.485

Squared Multiple Correlations for Reduced Form

KN	DIS
0.845	0.485

THETA-EPS

LS	SK	MK	CK	CRS	CS
0.960	1.245	0.931	0.982	2.107	0.487
(0.076)	(0.098)	(0.061)	(0.056)	(0.117)	(0.054)
12.568	12.762	15.330	17.592	18.057	9.047

THETA-EPS

AS

0.528
(0.047)
11.298

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

LS	SK	MK	CK	CRS	CS
0.402	0.394	0.242	0.072	0.017	0.482

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

AS
0.402

Group Goodness of Fit Statistics

Contribution to Chi-Square = 10.652
Percentage Contribution to Chi-Square = 31.917

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.0288
Standardized RMR = 0.0199
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.995

TAKE Statistics course

Fitted Covariance Matrix

	LS	SK	MK	CK	CRS	CS
LS	1.604					
SK	0.723	2.055				
MK	0.437	0.490	1.228			
CK	0.222	0.249	0.151	1.058		
CRS	0.152	0.171	0.103	0.052	2.143	
CS	0.346	0.388	0.235	0.119	0.082	0.940
AS	0.306	0.343	0.208	0.106	0.072	0.401

Fitted Covariance Matrix

	AS
AS	0.883

Fitted Residuals

	LS	SK	MK	CK	CRS	CS
LS	0.016					
SK	0.085	0.053				
MK	-0.033	0.024	0.004			
CK	-0.006	0.029	0.022	0.003		
CRS	0.019	-0.013	-0.033	-0.019	0.001	
CS	-0.011	-0.014	0.035	-0.033	0.037	-0.005
AS	-0.005	-0.036	0.036	0.022	0.027	-0.004

Fitted Residuals

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	AS
AS	-0.003

Summary Statistics for Fitted Residuals
Smallest Fitted Residual = -0.036
Median Fitted Residual = 0.002
Largest Fitted Residual = 0.085

Stemleaf Plot
- 2|6333
- 0|943165543
0|13469
2|22479567
4|3
6|
8|5

Standardized Residuals

	LS	SK	MK	CK	CRS	CS
LS	0.506					
SK	1.869	1.289				
MK	-1.123	0.697	0.737			
CK	-0.156	0.668	0.598	0.260		
CRS	0.425	-0.255	-0.672	-0.352	0.738	
CS	-0.331	-0.372	1.137	-0.972	0.810	-0.359
AS	-0.157	-0.903	1.147	0.657	0.576	-0.327

Standardized Residuals

	AS
AS	-0.217

Summary Statistics for Standardized Residuals
Smallest Standardized Residual = -1.123
Median Standardized Residual = 0.343
Largest Standardized Residual = 1.869

Stemleaf Plot
- 1|10
- 0|97
- 0|444333222
0|34
0|566777778
1|113
1|9

Don’t TAKE Statistics course

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Factor Scores Regressions

ETA

	LS	SK	MK	CK	CRS	CS
KN	0.218	0.189	0.153	0.074	0.023	0.119
DIS	0.060	0.052	0.042	0.020	0.006	0.315

ETA

	AS
KN	0.097
DIS	0.257

TAKE Statistics course

Within Group Standardized Solution

LAMBDA-Y

	KN	DIS
LS	0.803	- -
SK	0.900	- -
MK	0.545	- -
CK	0.277	- -
CRS	0.190	- -
CS	- -	0.673
AS	- -	0.596

GAMMA

	STATLIT
KN	0.919
DIS	0.696

Correlation Matrix of ETA and KSI

	KN	DIS	STATLIT
KN	1.000		
DIS	0.640	1.000	
STATLIT	0.919	0.696	1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN	DIS
0.155	0.515

TAKE Statistics course

Within Group Completely Standardized Solution

LAMBDA-Y

KN	DIS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

LS 0.634 - -
SK 0.628 - -
MK 0.492 - -
CK 0.269 - -
CRS 0.129 - -
CS - - 0.694
AS - - 0.634

GAMMA

STATLIT

KN 0.919
DIS 0.696

Correlation Matrix of ETA and KSI

KN DIS STATLIT

--- --- ---

KN 1.000
DIS 0.640 1.000
STATLIT 0.919 0.696 1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN DIS

--- ---

0.155 0.515

THETA-EPS

LS SK MK CK CRS CS

--- --- --- --- --- ---

0.598 0.606 0.758 0.928 0.983 0.518

THETA-EPS

AS

0.598

Don’t TAKE Statistics course

Number of Iterations = 15

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-Y

KN DIS

--- ---

LS 1.000 - -
SK 1.121 - -
(0.093)
12.022
MK 0.823 - -
(0.099)
8.286
CK 0.345 - -
(0.052)
6.628

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

CRS -0.162 - -
(0.112)
-1.437
QS - - 1.000
AS - - 0.885
(0.088)
10.109
GAMMA
STATLIT

KN 0.738
(0.052)
14.278
DIS 0.469
(0.040)
11.866
Covariance Matrix of ETA and KSI
KN DIS STATLIT
-------- -------- --------
KN 0.645
DIS 0.346 0.300
STATLIT 0.738 0.469 1.000
PHI
STATLIT

1.000
PSI
Note: This matrix is diagonal.
KN DIS
-------- --------
0.100 0.080
(0.046)
1.738
Squared Multiple Correlations for Structural Equations
KN DIS
-------- --------
0.845 0.733
Squared Multiple Correlations for Reduced Form
KN DIS
-------- --------
0.845 0.733
THETA-EPS
LS SK MK CK CRS QS
-------- -------- -------- -------- -------- --------
LS 1.185
(0.113)
10.459
SK - - 1.376

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(0.135)
10.209
MK - - - - 0.903
(0.088)
10.214
CK - - - - - - 1.031
(0.080)
12.851
CRS - - - - - - - - 1.955
(0.144)
13.620
QS - - - - - - - - - - 0.652
(0.066)
9.913
AS - - - - - - - - 0.218 - -
THETA-EPS
AS

AS 0.429
(0.046)
9.290
Squared Multiple Correlations for Y - Variables
LS SK MK CK CRS QS
-------- -------- -------- -------- -------- --------
0.352 0.370 0.326 0.069 0.009 0.315
Squared Multiple Correlations for Y - Variables
AS

0.354

Global Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 31
Minimum Fit Function Chi-Square = 33.374 (P = 0.353)
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 34.457 (P = 0.306)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 3.457
90 Percent Confidence Interval for NCP = (0.0 ; 22.035)

Minimum Fit Function Value = 0.0330
Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.00342
90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.0 ; 0.0218)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0148
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.0 ; 0.0375)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.998

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.0835
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.0800 ; 0.102)
ECVI for Saturated Model = 0.0553

ECVI for Independence Model = 1.083

Chi-Square for Independence Model with 42 Degrees of Freedom = 1082.077
Independence AIC = 1110.077
Model AIC = 84.457
Saturated AIC = 112.000
Independence CAIC = 1192.981
Model CAIC = 232.499
Saturated CAIC = 443.613

Normed Fit Index (NFI) = 0.969
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.997
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.715
Comparative Fit Index (CFI) = 0.998
Incremental Fit Index (IFI) = 0.998
Relative Fit Index (RFI) = 0.958

Critical N (CN) = 1583.708

Group Goodness of Fit Statistics

Contribution to Chi-Square = 22.722
Percentage Contribution to Chi-Square = 68.083

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.0644
Standardized RMR = 0.0431
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.981

Don't TAKE Statistics course

Fitted Covariance Matrix

	LS	SK	MK	CK	CRS	QS
LS	1.829					
SK	0.723	2.186				
MK	0.530	0.594	1.339			
CK	0.222	0.249	0.183	1.108		
CRS	-0.104	-0.117	-0.086	-0.036	1.972	
QS	0.346	0.388	0.285	0.119	-0.056	0.951
AS	0.306	0.343	0.252	0.106	0.169	0.265

Fitted Covariance Matrix

	AS
AS	0.664

Fitted Residuals

	LS	SK	MK	CK	CRS	QS
LS	-0.034					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SK	-0.051	-0.110				
MK	-0.018	-0.120	-0.012			
CK	0.010	-0.133	0.025	-0.005		
CRS	-0.101	-0.078	0.034	0.064	0.005	
QS	-0.049	-0.049	0.098	0.040	0.162	0.009
AS	-0.038	0.011	-0.009	0.016	0.030	0.023

Fitted Residuals

	AS
AS	0.008

Summary Statistics for Fitted Residuals
Smallest Fitted Residual = -0.133
Median Fitted Residual = 0.000
Largest Fitted Residual = 0.162
Stemleaf Plot
- 1|3210
- 0|8555
- 0|4321110
0|1111223334
0|6
1|0
1|6

Standardized Residuals

	LS	SK	MK	CK	CRS	QS
LS	-0.479					
SK	-0.525	-1.300				
MK	-0.300	-1.900	-0.737			
CK	0.143	-1.768	0.440	-0.255		
CRS	-1.417	-1.023	0.538	0.853	0.113	
QS	-0.777	-0.711	2.031	0.778	2.606	0.318
AS	-0.740	0.198	-0.240	0.369	0.576	1.176

Standardized Residuals

	AS
AS	0.365

Summary Statistics for Standardized Residuals
Smallest Standardized Residual = -1.900
Median Standardized Residual = -0.063
Largest Standardized Residual = 2.606
Stemleaf Plot
- 1|98
- 1|430
- 0|877755
- 0|332
0|1123444
0|5689

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1|2
1|
2|0
2|6
Largest Positive Standardized Residuals
Residual for QS and CRS 2.606

Don't TAKE Statistics course

Factor Scores Regressions

ETA

	LS	SK	MK	CK	CRS	QS
KN	0.171	0.165	0.185	0.068	-0.037	0.119
DIS	0.065	0.063	0.070	0.026	-0.034	0.171

ETA

	AS
KN	0.178
DIS	0.247

Don't TAKE Statistics course

Within Group Standardized Solution

LAMBDA-Y

	KN	DIS
LS	0.803	- -
SK	0.900	- -
MK	0.660	- -
CK	0.277	- -
CRS	-0.130	- -
QS	- -	0.548
AS	- -	0.485

GAMMA

	STATLIT
KN	0.919
DIS	0.856

Correlation Matrix of ETA and KSI

	KN	DIS	STATLIT
KN	1.000		
DIS	0.787	1.000	
STATLIT	0.919	0.856	1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN	DIS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

0.155	0.267

Don’t TAKE Statistics course

Within Group Completely Standardized Solution

LAMBDA-Y

	KN	DIS
LS	0.594	- -
SK	0.609	- -
MK	0.571	- -
CK	0.263	- -
CRS	-0.092	- -
QS	- -	0.561
AS	- -	0.595

GAMMA

	STATLIT
KN	0.919
DIS	0.856

Correlation Matrix of ETA and KSI

	KN	DIS	STATLIT
KN	1.000		
DIS	0.787	1.000	
STATLIT	0.919	0.856	1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN	DIS
0.155	0.267

THETA-EPS

LS	SK	MK	CK	CRS	QS
0.648					
- -	0.630				
- -	- -	0.674			
- -	- -	- -	0.931		
- -	- -	- -	- -	0.991	
- -	- -	- -	- -	- -	0.685
- -	- -	- -	- -	0.190	- -

THETA-EPS

AS
0.646

TAKE Statistics course

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Common Metric Standardized Solution

LAMBDA-Y

	KN	DIS
LS	0.803	- -
SK	0.900	- -
MK	0.545	- -
CK	0.277	- -
CRS	0.190	- -
CS	- -	0.633
AS	- -	0.560

GAMMA

	STATLIT
KN	0.919
DIS	0.741

Covariance Matrix of ETA and KSI

	KN	DIS	STATLIT
KN	1.000		
DIS	0.681	1.132	
STATLIT	0.919	0.741	1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN	DIS
0.155	0.583

TAKE Statistics course

Common Metric Completely Standardized Solution

LAMBDA-Y

	KN	DIS
LS	0.619	- -
SK	0.621	- -
MK	0.484	- -
CK	0.267	- -
CRS	0.131	- -
CS	- -	0.651
AS	- -	0.623

GAMMA

	STATLIT
KN	0.919
DIS	0.741

Covariance Matrix of ETA and KSI

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	KN	DIS	STATLIT
KN	1.000		
DIS	0.681	1.132	
STATLIT	0.919	0.741	1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN	DIS
0.155	0.583

THETA-EPS

LS	SK	MK	CK	CRS	CS
0.571	0.593	0.735	0.913	1.011	0.516

THETA-EPS

AS
0.653

Don’t TAKE Statistics course

Common Metric Standardized Solution

LAMBDA-Y

	KN	DIS
LS	0.803	- -
SK	0.900	- -
MK	0.660	- -
CK	0.277	- -
CRS	-0.130	- -
QS	- -	0.633
AS	- -	0.560

GAMMA

	STATLIT
KN	0.919
DIS	0.741

Covariance Matrix of ETA and KSI

	KN	DIS	STATLIT
KN	1.000		
DIS	0.681	0.749	
STATLIT	0.919	0.741	1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN	DIS
0.155	0.200

NT

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Common Metric Completely Standardized Solution

LAMBDA-Y

	KN	DIS
LS	0.619	- -
SK	0.621	- -
MK	0.587	- -
CK	0.267	- -
CRS	-0.090	- -
QS	- -	0.651
AS	- -	0.623

GAMMA

	STATLIT
KN	0.919
DIS	0.741

Covariance Matrix of ETA and KSI

	KN	DIS	STATLIT
KN	1.000		
DIS	0.681	0.749	
STATLIT	0.919	0.741	1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

KN	DIS
0.155	0.200

THETA-EPS

LS	SK	MK	CK	CRS	QS
0.704					
- -	0.655				
- -	- -	0.713			
- -	- -	- -	0.959		
- -	- -	- -	- -	0.938	
- -	- -	- -	- -	- -	0.690
- -	- -	- -	- -	0.168	- -

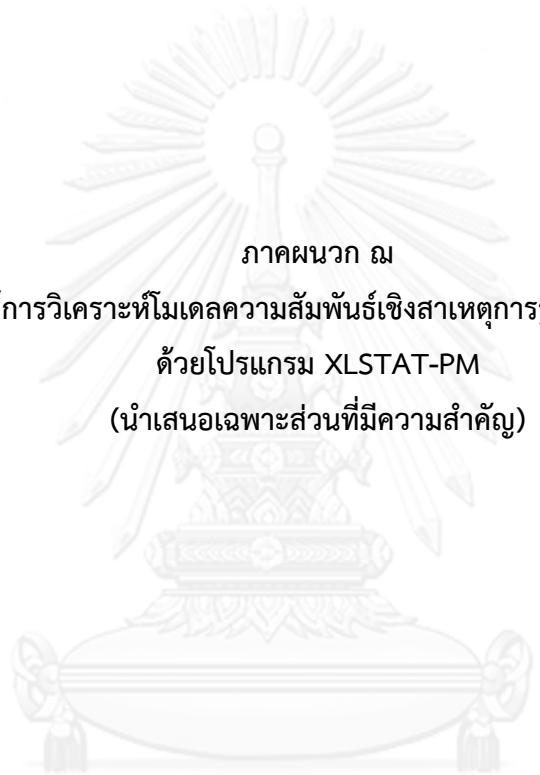
THETA-EPS

AS
0.532

Time used: 0.047 Seconds

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฌ
ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PM
(นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PLSPM

XLSTAT 2014.1.06 - Run - on 21-Apr-14 at 9:33:57 AM

Observation labels: Workbook = CS_PLS2.ppmx / Sheet = D1 / Range = $A:$A / 1014 rows and 1 column

Treatment of the manifest variables: Standardized, weights on raw MV

Initial weights: Values of the first eigenvector

Internal estimation: Centroid

Regression: PLS

Stop conditions: Iterations = 1000 / Convergence = 0.00001

Confidence intervals: 95 / Bootstrap / Resamplings = 5000 / Sample size = 1014

Blindfolding: 30

Latent variable scores: Using normalized weights

Seed (random numbers): 4268358

Summary statistics

Summary statistics:

Variable	Observations	Obs. with missing data	Obs. without missing data	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
TECHL	1014	0	1014	1.000	7.000	4.011	1.370
SEXP	1014	0	1014	1.000	6.600	3.562	1.091
KM_PLS7	1014	0	1014	0.540	4.692	2.827	0.811
DIS_PLS7	1014	0	1014	1.288	6.452	4.026	0.794

Model specification (Measurement model):

Latent variable	TS	EX	SL
Number of manifest variables	1	1	2
Mode	Mode A	Mode A	Mode A
Type	Exogenous	Exogenous	Endogenous
Invert sign	No	No	No
Deflation	External	External	External
PLS Measurement model			
PLS Structural model			1 (Automatic)
Manifest variable	TECHL	SEXP	KM_PLS7
			DIS_PLS7

Model specification (Structural model):

	TS	EX	SL
TS	0	0	0
EX	0	0	0
SL	1	1	0

The main algorithm did converge after 2 iterations.

The algorithm converged on average after 2 iterations.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Correlation matrix:

Variables	TECHL	SEXP	KM_PLS7	DIS_PLS7
TECHL	**1.000**	0.644	0.193	0.471
SEXP	0.644	**1.000**	0.215	0.635
KM_PLS7	0.193	0.215	**1.000**	0.431
DIS_PLS7	0.471	0.635	0.431	**1.000**

Composite reliability:

Latent variable	Dimensions	Cronbach's alpha	D.G. rho (PCA)	Condition number	Critical value	Eigenvalues
TS	1					
EX	1					
SL	2	0.603	0.834	1.586	1.000	1.431
						0.569

Variables/Factors correlations (TS / 1):

	F1
TECHL	1.000

Variables/Factors correlations (EX / 1):

	F1
SEXP	1.000

Variables/Factors correlations (SL / 1):

	F1	F2
KM_PLS7	0.846	0.533
DIS_PLS7	0.846	-0.533

Goodness of fit index (1):

	GoF	GoF (Bootstrap)	Standard error	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Minimum	1st Quartile	Median	3rd Quartile
Absolute	0.482	0.482	0.022	21.762	0.438	0.526	0.386	0.467	0.482	0.497
Relative	0.887	0.886	0.020	45.088	0.847	0.924	0.794	0.873	0.886	0.899
Outer model	0.976	0.974	0.018	53.359	0.937	1.000	0.895	0.962	0.975	0.987
Inner model	0.909	0.909	0.010	92.476	0.889	0.927	0.869	0.903	0.909	0.916

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Cross-loadings (Monofactorial manifest variables / 1):

	TS	EX	SL
TECHL	**1.000**	0.644	0.450
SEXP	0.644	**1.000**	0.592
KM_PLS7	0.193	0.215	**0.664**
DIS_PLS7	0.471	0.635	**0.961**

Outer model (Dimension 1):

Weights (Dimension 1):

Latent variable	Manifest variables	Outer weight	Outer weight (normalized)	Outer weight (Bootstrap)	Standard error	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
TS	TECHL	0.729	1.000	0.729	0.000	80993.681	0.703	0.759
EX	SEXP	0.916	1.000	0.915	0.000	80993.563	0.883	0.951
SL	KM_PLS7	0.377	0.265	0.376	0.036	10.505	0.303	0.444
	DIS_PLS7	1.044	0.735	1.043	0.030	34.474	0.966	1.132

Correlations (Dimension 1):

Latent variable	Manifest variables	Standardized loadings	Loadings	Location	Communalities	Redundancies	Standardized loadings (Bootstrap)	Standard error	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
TS	TECHL	1.000	1.000	0.000			1.000	0.000		1.000	1.000
EX	SEXP	1.000	1.000	0.000			1.000	0.000		1.000	1.000
SL	KM_PLS7	0.664	0.765	-0.009	0.440	0.150	0.662	0.034	19.693	0.591	0.722
	DIS_PLS7	0.961	1.085	0.003	0.924	0.315	0.961	0.007	138.256	0.947	0.975

Inner model (Dimension 1):

R^2 (SL / 1):

R^2	R^2(Bootstrap)	Standard error	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
0.341	0.342	0.022	15.178	0.298	0.387

Path coefficients (SL / 1):

Latent variable	Value	Value(Bootstrap)	Standard error(Bootstrap)	Critical ratio (CR)	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	2.297	2.296	0.067	34.257	2.167	2.431
TS	0.142	0.143	0.008	18.925	0.128	0.158
EX	0.236	0.236	0.009	24.899	0.217	0.254

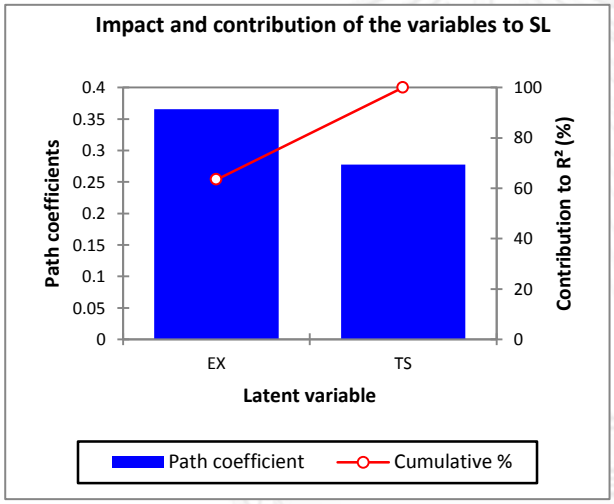
Equation of the model:

SL = 2.29711336250182+0.142493221695335*TS+0.235513048703076*EX

Standardized coefficients (SL / 1):

Impact and contribution of the variables to SL (Dimension 1):

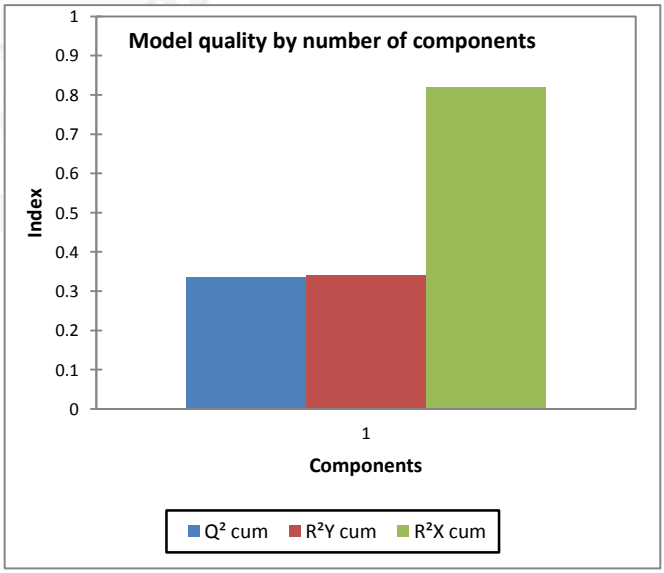
	EX	TS
Correlation	0.592	0.450
Path coefficient	0.365	0.278
Correlation * path coefficient	0.216	0.125
Contribution to R^2 (%)	63.416	36.584
Cumulative %	63.416	100.000



PLS Regression (SL):

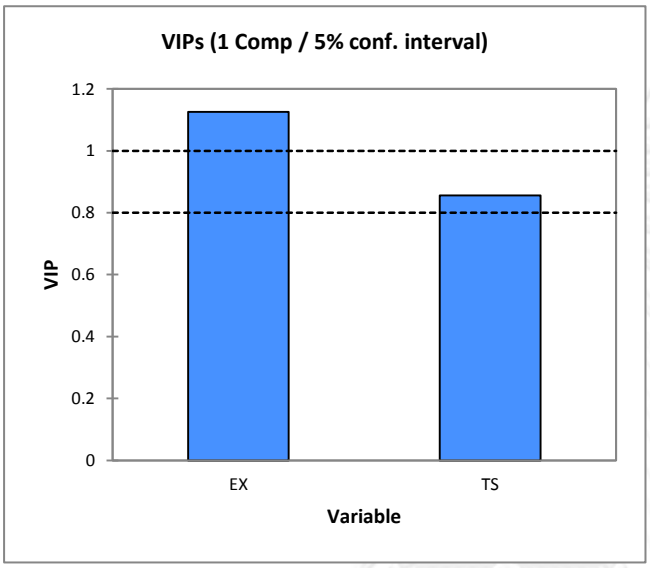
Model quality:

Index	Comp1
Q^2 cum	0.335
R^2Y cum	0.341
R^2X cum	0.819



Variable Importance in the Projection (VIP):

Variable	Comp1
EX	1.126
TS	0.855



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ญ

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PM

(นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี PLS-SEM ด้วยโปรแกรม XLSTAT-PLSPM

XLSTAT 2014.1.06 - Permutation test - on 20-Apr-14 at 7:58:43 AM
Number of groups = 2
Number of permutations = 5000
Significance level (%) = 5
Hypothesis:
H0: The difference between the parameters is equal to 0.
Ha: The difference between the parameters is different from 0.

Comparisons: 1 vs 2

Path coefficient (1 vs 2):

Latent variables	Difference	P	Significant
TS -> SL	0.018	0.264	No
EX -> SL	0.009	0.670	No

Standardized loadings (1 vs 2):

Latent variable	Manifest variables	Difference	P	Significant
TS	TECHL	0.000	1.000	No
EX	SEXP	0.000	1.000	No
SL	KM_PLS7	0.100	0.160	No
	DIS_PLS7	0.004	0.776	No

Model quality (1 vs 2):

Model quality (Latent variable)	Difference	P	Significant
Communality (TS)	0.000	1.000	No
Communality (EX)	0.000	1.000	No
Communality (SL)	0.066	0.073	No
Redundancy (TS)			Undefined
Redundancy (EX)			Undefined
Redundancy (SL)	0.033	0.353	No
GoF	0.035	0.341	No

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL

(นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี CB-SEM
ด้วยโปรแกรม LISREL

DATE: 4/21/2014
TIME: 11:05
L I S R E L 8.72
BY
Karl G. Jöreskog & Dag Sörbom
This program is published exclusively by
Scientific Software International, Inc.
7383 N. Lincoln Avenue, Suite 100
Lincolnwood, IL 60712, U.S.A.
Phone: (800)247-6113, (847)675-0720, Fax: (847)675-2140
Copyright by Scientific Software International, Inc., 1981-2005
Use of this program is subject to the terms specified in the
Universal Copyright Convention.
Website: www.ssicentral.com

The following lines were read from file D:\LISREL\2CFA\CS\CSCB.LS8:

```
TI
DA NI=4 NO=1014 NG=1 MA=CM
LA
KN DIS LST EXS
KM
1
.850 1
.297 .452 1
.359 .588 .644 1
ME
3.205 2.769 4.011 3.562
SD
.748 .532 1.371 1.092
SE
1 2 3 4 /
MO NX=2 NY=2 NK=2 NE=1 LY=FU,FR LX=FU,FI GA=FU,FI PH=SY,FR PS=DI,FR TE=SY TD=DI,FR
LE
statlit
LK
lst exs
FI TD(1,1) TD(2,2) LX(1,1) LX(2,2) te(2,2) te(2,1) LY(2,1)
FR  GA(1,1) GA(1,2)
VA 1.00  LX(1,1) LX(2,2) ly(2,1)
VA 0 TD(1,1) TD(2,2)
st .1 te(2,2)
st .18 te(2,1)
PD
OU ME=ML AM PC RS EF FS SS SC PT ND=3 IT=250
TI
```

Number of Input Variables 4
Number of Y - Variables 2
Number of X - Variables 2
Number of ETA - Variables 1
Number of KSI - Variables 2
Number of Observations 1014

TI

Covariance Matrix

	KN	DIS	LST	EXS
KN	0.560			
DIS	0.338	0.283		
LST	0.305	0.330	1.880	
EXS	0.293	0.342	0.964	1.192

TI

Initial Estimates (TSLS)

LAMBDA-Y

	statlit
KN	1.399
DIS	1.000

LAMBDA-X

	lst	exs
LST	1.000	- -
EXS	- -	1.000

GAMMA

	lst	exs
statlit	0.046	0.176

Covariance Matrix of ETA and KSI

	statlit	lst	exs
statlit	0.133		
lst	0.257	1.880	
exs	0.254	0.964	1.193

PHI

	lst	exs
lst	1.880	
exs	0.964	1.193

PSI

statlit
0.077

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

statlit

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

0.424

THETA-EPS

	KN	DIS
KN	0.347	
DIS	0.180	0.100

TI

Number of Iterations = 12

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-Y

	statlit
KN	0.866
	(0.038)
	23.035
DIS	1.000

LAMBDA-X

	lst	exs
LST	1.000	- -
EXS	- -	1.000

GAMMA

	lst	exs
statlit	0.039	0.256
	(0.011)	(0.015)
	3.518	17.430

Covariance Matrix of ETA and KSI

	statlit	lst	exs
statlit	0.183		
lst	0.320	1.880	
exs	0.343	0.964	1.192

PHI

	lst	exs
lst	1.880	
	(0.084)	
	22.506	
exs	0.964	1.192
	(0.056)	(0.053)
	17.233	22.506

PSI

	statlit
	0.083
	(0.007)
	12.319

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

statlit
0.547

THETA-EPS

	KN	DIS
KN	0.423	
	(0.007)	
	61.719	
DIS	0.180	0.100

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

KN	DIS
0.245	0.647

Squared Multiple Correlations for X - Variables

LST	EXS
1.000	1.000

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 2
Minimum Fit Function Chi-Square = 2.255 (P = 0.324)
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 2.249 (P = 0.325)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 0.249
90 Percent Confidence Interval for NCP = (0.0 ; 8.396)

Minimum Fit Function Value = 0.00223
Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.000246
90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.0 ; 0.00829)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0111
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.0 ; 0.0644)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.851

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.0180
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.0178 ; 0.0261)
ECVI for Saturated Model = 0.0197
ECVI for Independence Model = 1.912

Chi-Square for Independence Model with 6 Degrees of Freedom = 1929.131
Independence AIC = 1937.131
Model AIC = 18.249
Saturated AIC = 20.000
Independence CAIC = 1960.817
Model CAIC = 65.622
Saturated CAIC = 79.217

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Normed Fit Index (NFI) = 0.999
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 1.00
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.333
Comparative Fit Index (CFI) = 1.00
Incremental Fit Index (IFI) = 1.00
Relative Fit Index (RFI) = 0.996

Critical N (CN) = 4139.792
Root Mean Square Residual (RMR) = 0.00929
Standardized RMR = 0.00958
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.999
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.994
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.200

TI

Fitted Covariance Matrix

	KN	DIS	LST	EXS
KN	0.560			
DIS	0.339	0.283		
LST	0.277	0.320	1.880	
EXS	0.297	0.343	0.964	1.192

Fitted Residuals

	KN	DIS	LST	EXS
KN	-0.001			
DIS	0.000	0.000		
LST	0.028	0.010	0.000	
EXS	-0.004	-0.001	0.000	0.000

Summary Statistics for Fitted Residuals
Smallest Fitted Residual = -0.004
Median Fitted Residual = 0.000
Largest Fitted Residual = 0.028

Stemleaf Plot
- 0|41100000
0|
1|0
2|8

Standardized Residuals

	KN	DIS	LST	EXS
KN	-0.054			
DIS	-0.054	-0.054		
LST	1.353	1.353	- -	
EXS	-0.340	-0.340	- -	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Smallest Standardized Residual = -0.340
Median Standardized Residual = -0.027
Largest Standardized Residual = 1.353

TI
Factor Scores Regressions
ETA

	KN	DIS	LST	EXS
statlit	-0.306	0.874	0.015	0.100

KSI

	KN	DIS	LST	EXS
lst	0.000	0.000	1.000	0.000
exs	0.000	0.000	0.000	1.000

TI
Standardized Solution
LAMBDA-Y

	statlit
KN	0.370
DIS	0.428

LAMBDA-X

	lst	exs
LST	1.371	- -
EXS	- -	1.092

GAMMA

	lst	exs
statlit	0.125	0.653

Correlation Matrix of ETA and KSI

	statlit	lst	exs
statlit	1.000		
lst	0.545	1.000	
exs	0.734	0.644	1.000

PSI

statlit
0.453

Regression Matrix ETA on KSI (Standardized)

	lst	exs
statlit	0.125	0.653

TI
Completely Standardized Solution

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

LAMBDA-Y

	statlit
KN	0.495
DIS	0.804

LAMBDA-X

	lst	exs
LST	1.000	- -
EXS	- -	1.000

GAMMA

	lst	exs
statlit	0.125	0.653

Correlation Matrix of ETA and KSI

	statlit	lst	exs
statlit	1.000		
lst	0.545	1.000	
exs	0.734	0.644	1.000

PSI

statlit
0.453

THETA-EPS

	KN	DIS
KN	0.755	
DIS	0.452	0.353

Regression Matrix ETA on KSI (Standardized)

	lst	exs
statlit	0.125	0.653

TI

Total and Indirect Effects

Total Effects of KSI on Y

	lst	exs
KN	0.034	0.222
	(0.010)	(0.018)
	3.444	12.115
DIS	0.039	0.256
	(0.011)	(0.015)
	3.518	17.430

TI

Standardized Total and Indirect Effects

Standardized Total Effects of KSI on Y

	lst	exs

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	lst	exs
KN	0.046	0.242
DIS	0.053	0.280

Completely Standardized Total Effects of KSI on Y

	lst	exs
KN	0.062	0.323
DIS	0.100	0.525

Time used: 0.078 Seconds

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฏ

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL

(นำเสนอเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างผลลัพธ์การวิเคราะห์กลุ่มพหุโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการรู้สถิติ ด้วยวิธี CB-SEM ด้วยโปรแกรม LISREL

DATE: 4/21/2014
TIME: 10:52
L I S R E L 8.72
BY
Karl G. Jöreskog & Dag Sörbom

This program is published exclusively by
Scientific Software International, Inc.
7383 N. Lincoln Avenue, Suite 100
Lincolnwood, IL 60712, U.S.A.
Phone: (800)247-6113, (847)675-0720, Fax: (847)675-2140
Copyright by Scientific Software International, Inc., 1981-2005
Use of this program is subject to the terms specified in the
Universal Copyright Convention.
Website: www.ssicentral.com

The following lines were read from file D:\LISREL\2CFA\CS3\MGCS3_FIX1.LS8:

```
TAKE Statistics course
TI
DA NI=4 NO=664 NG=2 MA=CM
LA
KN DIS LST EXS
KM
1
.839 1
.280 .414 1
.364 .587 .573 1
ME
3.302 2.839 4.248 3.725
SD
.738 .532 1.285 1.044
SE
1 2 3 4 /
MO NX=2 NY=2 NK=2 NE=1 LY=FU,FR LX=FU,FI GA=FU,FI PH=SY,FR PS=DI,FR TE=SY TD=DI,FR
LE
STAT
LK
LST      EXS
FI PS(1,1) TE(2,2) TD(1,1) TD(2,2) LY(2,1)
FR GA(1,1) GA(1,2) TE(2,1)
VA 1.00 LX(1,1) LX(2,2) LY(2,1)
VA 0 TD(1,1) TD(2,2)
VA 0.15 PS(1,1)
VA 0.06 TE(2,2)
PD
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
 OU ME=ML PC EF FS SS SC MI ND=3
```

TAKE Statistics course

Number of Input Variables	4
Number of Y - Variables	2
Number of X - Variables	2
Number of ETA - Variables	1
Number of KSI - Variables	2
Number of Observations	664
Number of Groups	2

Don’t TAKE Statistics course

```
 DA NI=4 NO=350 NG=2 MA=CM
 LA
 KN DIS LST EXS
 KM
 1
 .857 1
 .243 .456 1
 .283 .546 .712 1
 ME
 3.020 2.635 3.561 3.253
 SD
 .733 .507 1.416 1.116
 SE
 1 2 3 4 /
 MO NX=2 NY=2 NK=2 NE=1 LY=IN LX=FU,FI GA=IN PH=SY,FR PS=DI,FR TE=SY TD=DI,FR
 LE
 STAT
 LK
 LST  EXS
 FI PS(1,1) TE(2,2) TD(1,1) TD(2,2)
 FR TE(2,1)
 VA 1.00 LX(1,1) LX(2,2)
 VA 0 TD(1,1) TD(2,2)
 VA 0.15 PS(1,1)
 VA 0.03 TE(2,2)
 OU
```

Don’t TAKE Statistics course

Number of Input Variables	4
Number of Y - Variables	2
Number of X - Variables	2
Number of ETA - Variables	1
Number of KSI - Variables	2
Number of Observations	350
Number of Groups	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

TAKE Statistics course

Covariance Matrix

	KN	DIS	LST	EXS
KN	0.545			
DIS	0.329	0.283		
LST	0.266	0.283	1.651	
EXS	0.280	0.326	0.769	1.090

Don't TAKE Statistics course

Covariance Matrix

	KN	DIS	LST	EXS
KN	0.537			
DIS	0.318	0.257		
LST	0.252	0.327	2.005	
EXS	0.232	0.309	1.125	1.245

TAKE Statistics course

Number of Iterations = 12

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-Y EQUALS LAMBDA-Y IN THE FOLLOWING GROUP

LAMBDA-X EQUALS LAMBDA-X IN THE FOLLOWING GROUP

GAMMA EQUALS GAMMA IN THE FOLLOWING GROUP

Covariance Matrix of ETA and KSI

	STAT	LST	EXS
STAT	0.234		
LST	0.255	1.651	
EXS	0.300	0.769	1.090

PHI

	LST	EXS
LST	1.651	
	(0.091)	
	18.207	
EXS	0.769	1.090
	(0.060)	(0.060)
	12.801	18.207

PSI EQUALS PSI IN THE FOLLOWING GROUP

THETA-EPS

	KN	DIS
KN	0.412	
	(0.023)	
	17.982	
DIS	0.153	0.060

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(0.010)
15.791

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

KN	DIS
0.282	0.796

Squared Multiple Correlations for X - Variables

LST	EXS
1.000	1.000

Group Goodness of Fit Statistics
Contribution to Chi-Square = 9.647
Percentage Contribution to Chi-Square = 74.709
Root Mean Square Residual (RMR) = 0.0258
Standardized RMR = 0.0382
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.993

TAKE Statistics course

Factor Scores Regressions

ETA

	KN	DIS	LST	EXS
STAT	-0.500	1.376	0.002	0.010

KSI

	KN	DIS	LST	EXS
LST	- -	0.000	1.000	0.000
EXS	0.000	0.000	- -	1.000

TAKE Statistics course

Within Group Standardized Solution

LAMBDA-Y

	STAT
KN	0.403
DIS	0.484

LAMBDA-X

	LST	EXS
LST	1.285	- -
EXS	- -	1.044

GAMMA

	LST	EXS
STAT	0.102	0.536

Correlation Matrix of ETA and KSI

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
            STAT         LST         EXS
         --------    --------    --------
 STAT       1.000
  LST       0.409       1.000
  EXS       0.594       0.573       1.000
    PSI
            STAT
         --------
           0.640
    Regression Matrix ETA on KSI (Standardized)
            LST         EXS
         --------    --------
 STAT       0.102       0.536

TAKE Statistics course
 Within Group Completely Standardized Solution
    LAMBDA-Y
            STAT
         --------
   KN       0.531
  DIS       0.892
    LAMBDA-X
            LST         EXS
         --------    --------
  LST       1.000       - -
  EXS        - -        1.000
    GAMMA
            LST         EXS
         --------    --------
 STAT       0.102       0.536
    Correlation Matrix of ETA and KSI
            STAT         LST         EXS
         --------    --------    --------
 STAT       1.000
  LST       0.409       1.000
  EXS       0.594       0.573       1.000
    PSI
            STAT
         --------
           0.640
    THETA-EPS
             KN          DIS
         --------    --------
   KN       0.718
  DIS       0.373       0.204
    Regression Matrix ETA on KSI (Standardized)
            LST         EXS
         --------    --------
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

STAT 0.102 0.536

TAKE Statistics course

Total and Indirect Effects

Total Effects of KSI on Y

	LST	EXS
KN	0.032	0.207
	(0.010)	(0.020)
	3.295	10.139
DIS	0.039	0.248
	(0.011)	(0.015)
	3.408	16.088

TAKE

Standardized Total and Indirect Effects

Standardized Total Effects of KSI on Y

	LST	EXS
KN	0.041	0.216
DIS	0.050	0.259

Completely Standardized Total Effects of KSI on Y

	LST	EXS
KN	0.054	0.285
DIS	0.091	0.478

NONTAKE

Number of Iterations = 12

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-Y

	STAT
KN	0.832
	(0.046)
	18.117
DIS	1.000

LAMBDA-X

	LST	EXS
LST	1.000	- -
EXS	- -	1.000

GAMMA

	LST	EXS
STAT	0.039	0.248
	(0.011)	(0.015)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.408 16.088

Covariance Matrix of ETA and KSI

	STAT	LST	EXS
STAT	0.251		
LST	0.357	2.005	
EXS	0.353	1.125	1.245

PHI

	LST	EXS
LST	2.005	
	(0.152)	
	13.210	
EXS	1.125	1.245
	(0.104)	(0.094)
	10.835	13.210

PSI

	STAT
	0.150

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

STAT
0.403

THETA-EPS

	KN	DIS
KN	0.392	
	(0.027)	
	14.691	
DIS	0.137	0.030
	(0.010)	
	13.219	

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

KN	DIS
0.307	0.893

Squared Multiple Correlations for X - Variables

LST	EXS
1.000	1.000

Global Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 7

Minimum Fit Function Chi-Square = 12.913 (P = 0.0743)

Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 12.090 (P = 0.0976)

Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 5.090

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

90 Percent Confidence Interval for NCP = (0.0 ; 18.858)

Minimum Fit Function Value = 0.0128
Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.00503
90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.0 ; 0.0186)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0379
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.0 ; 0.0730)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.670

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.0376
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.0326 ; 0.0512)
ECVI for Saturated Model = 0.0198
ECVI for Independence Model = 1.811

Chi-Square for Independence Model with 12 Degrees of Freedom = 1824.708
Independence AIC = 1840.708
Model AIC = 38.090
Saturated AIC = 40.000
Independence CAIC = 1888.081
Model CAIC = 115.072
Saturated CAIC = 158.433

Normed Fit Index (NFI) = 0.993
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.994
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.579
Comparative Fit Index (CFI) = 0.997
Incremental Fit Index (IFI) = 0.997
Relative Fit Index (RFI) = 0.988

Critical N (CN) = 1448.931
Group Goodness of Fit Statistics

Contribution to Chi-Square = 3.266
Percentage Contribution to Chi-Square = 25.291

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.0330
Standardized RMR = 0.0541
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.995

NONTAKE

Factor Scores Regressions

ETA

	KN	DIS	LST	EXS
STAT	-0.805	2.004	-0.013	-0.083

KSI

	KN	DIS	LST	EXS

LST	0.000	- -	1.000	- -
EXS	0.000	- -	- -	1.000

NONTAKE

Within Group Standardized Solution

LAMBDA-Y

	STAT
KN	0.417
DIS	0.501

LAMBDA-X

	LST	EXS
LST	1.416	- -
EXS	- -	1.116

GAMMA

	LST	EXS
STAT	0.109	0.553

Correlation Matrix of ETA and KSI

	STAT	LST	EXS
STAT	1.000		
LST	0.503	1.000	
EXS	0.631	0.712	1.000

PSI

STAT
0.597

Regression Matrix ETA on KSI (Standardized)

	LST	EXS
STAT	0.109	0.553

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

NONTAKE

Within Group Completely Standardized Solution

LAMBDA-Y

	STAT
KN	0.554
DIS	0.945

LAMBDA-X

	LST	EXS
LST	1.000	- -

EXS - - 1.000

GAMMA

	LST	EXS
STAT	0.109	0.553

Correlation Matrix of ETA and KSI

	STAT	LST	EXS
STAT	1.000		
LST	0.503	1.000	
EXS	0.631	0.712	1.000

PSI

	STAT
	0.597

THETA-EPS

	KN	DIS
KN	0.693	
DIS	0.343	0.107

Regression Matrix ETA on KSI (Standardized)

	LST	EXS
STAT	0.109	0.553

NONTAKE

Total and Indirect Effects

Total Effects of KSI on Y

	LST	EXS
KN	0.032	0.207
	(0.010)	(0.020)
	3.295	10.139
DIS	0.039	0.248
	(0.011)	(0.015)
	3.408	16.088

NONTAKE

Standardized Total and Indirect Effects

Standardized Total Effects of KSI on Y

	LST	EXS
KN	0.045	0.231
DIS	0.055	0.277

Completely Standardized Total Effects of KSI on Y

	LST	EXS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	--------	--------
KN	0.060	0.307
DIS	0.103	0.523

TAKE

Common Metric Standardized Solution

LAMBDA-Y

	STAT

KN	0.408
DIS	0.490

LAMBDA-X

	LST	EXS
	--------	--------
LST	1.332	- -
EXS	- -	1.069

GAMMA

	LST	EXS
	--------	--------
STAT	0.105	0.542

Covariance Matrix of ETA and KSI

	STAT	LST	EXS
	--------	--------	--------
STAT	0.976		
LST	0.390	0.931	
EXS	0.573	0.540	0.953

PSI

	STAT

	0.624

Regression Matrix ETA on KSI (Standardized)

	LST	EXS
	--------	--------
STAT	0.105	0.542

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

TAKE

Common Metric Completely Standardized Solution

LAMBDA-Y

	STAT

KN	0.539
DIS	0.910

LAMBDA-X

	LST	EXS
	--------	--------
LST	1.000	- -
EXS	- -	1.000

GAMMA

	LST	EXS

STAT	0.105	0.542

Covariance Matrix of ETA and KSI

	STAT	LST	EXS
STAT	0.976		
LST	0.390	0.931	
EXS	0.573	0.540	0.953

PSI

STAT
0.624

THETA-EPS

	KN	DIS
KN	0.721	
DIS	0.377	0.207

Regression Matrix ETA on KSI (Standardized)

	LST	EXS
STAT	0.105	0.542

NONTAKE

Common Metric Standardized Solution

LAMBDA-Y

	STAT
KN	0.408
DIS	0.490

LAMBDA-X

	LST	EXS
LST	1.332	- -
EXS	- -	1.069

GAMMA

	LST	EXS
STAT	0.105	0.542

Covariance Matrix of ETA and KSI

	STAT	LST	EXS
STAT	1.046		
LST	0.547	1.131	
EXS	0.673	0.790	1.089

PSI

STAT
0.624

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Regression Matrix ETA on KSI (Standardized)

	LST	EXS
STAT	0.105	0.542

NONTAKE

Common Metric Completely Standardized Solution

LAMBDA-Y

	STAT
KN	0.539
DIS	0.910

LAMBDA-X

	LST	EXS
LST	1.000	- -
EXS	- -	1.000

GAMMA

	LST	EXS
STAT	0.105	0.542

Covariance Matrix of ETA and KSI

	STAT	LST	EXS
STAT	1.046		
LST	0.547	1.131	
EXS	0.673	0.790	1.089

PSI

	STAT
	0.624

THETA-EPS

	KN	DIS
KN	0.686	
DIS	0.336	0.103

Regression Matrix ETA on KSI (Standardized)

	LST	EXS
STAT	0.105	0.542

Time used: 0.109 Seconds

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวมารยาท โยทองยศ เกิดเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2520 จังหวัดพิจิตร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติ) เมื่อปีการศึกษา พ.ศ. 2541 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์) เมื่อปีการศึกษา พ.ศ. 2545 จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาครุศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554 โดยได้รับทุนการศึกษาจากมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ปัจจุบันทำงานที่สถาบันส่งเสริมการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” จำนวน 60,000 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University