การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิสองขั้นโดยสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่หนึ่งแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด: กรณีศึกษาแผนการสำรวจการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทยในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ

นายณัฐพงษ์ วารีประเสริฐ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TWO-STAGE STRATIFIED SURVEYS WITH PROBABILITY PROPORTIONAL TO SIZE SAMPLING OF PRIMARY SAMPLING UNITS: A CASE STUDY SURVEY TUTORING OF THAI STUDENT FOR SPECIALITY LARGE-SIZED SECONDARY SCHOOL

Mr. Nattapong Wareeprasirt

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Statistics
Department of Statistics
Faculty of Commerce and Accountancy
Chulalongkorn University
Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิสองขั้นโดยสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่หนึ่งแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด: กรณีศึกษาแผนการสำรวจการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทยในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ
โดย	นายณัฐพงษ์ วารีประเสริฐ
สาขาวิชา	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร.พสุ เดชะรินทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร.นัท กุลวานิช)

.....กรรมการ

(ดร.อัครินทร์ ไพบูลย์พานิช)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.อรุณี กำลัง)

ณัฐพงษ์ วารีประเสริฐ : การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิสองขั้นโดยสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่หนึ่งแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด: กรณีศึกษาแผนการสำรวจการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทยในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ (TWO-STAGE STRATIFIED SURVEYS WITH PROBABILITY PROPORTIONAL TO SIZE SAMPLING OF PRIMARY SAMPLING UNITS: A CASE STUDY SURVEY TUTORING OFTHAI STUDENT FOR SPECIALITY LARGE-SIZED SECONDARY SCHOOL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร.นัท กุลวานิช, หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิสองขั้น โดยสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่หนึ่งแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจเรื่องการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทยในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษได้จริง เพื่อให้ผู้วิจัยท่านอื่นที่สนใจสำรวจเรื่องการเรียนกวดวิชา นำไปคำนวณและสำรวจจริงได้ โดยใช้วิธีการเลือกหน่วยตัวอย่าง 2 ขั้นคือ การสุ่มตัวอย่างขั้นที่ 1 เป็นโรงเรียน และการสุ่มตัวอย่างขั้นที่ 2 เป็นนักเรียน

ขั้นตอนแรกของวิธีการวิจัย คือ การออกแบบแผนเบื้องต้น เพื่อกำหนดข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการสำรวจ และทำการสำรวจเบื้องต้น พร้อมทั้งคำนวณหาค่าความแปรปรวนและค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น ขั้นตอนที่สอง คือ การพิจารณาขนาดตัวอย่าง เพื่อคำนวณหาจำนวนโรงเรียนและนักเรียนเฉลี่ยที่ต้องการสำรวจ โดยผลที่ได้คือจำนวนโรงเรียนเท่ากับ 30 โรงเรียน และแต่ละโรงเรียนจะสำรวจนักเรียนเฉลี่ย 75 คน ขั้นตอนที่สาม คือ การแบ่งชั้นภูมิ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้นภูมิ คือ ชั้นภูมิที่ 1 แทนภายในกรุงเทพมหานคร และ ชั้นภูมิที่ 2 แทนภายนอกกรุงเทพมหานคร การจัดสรรหน่วยตัวอย่าง จะใช้การแบ่งตามสัดส่วนแบบเท่ากัน จึงทำให้ได้ผลคือ จำนวนโรงเรียนที่ต้องการสำรวจทั้งภายในและนอกกรุงเทพมหานครอย่างละ 15 โรงเรียน และการสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่หนึ่งจะเลือกใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด จากบัญชีรายชื่อโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ขั้นตอนที่สี่ คือ การสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่สอง ในแต่ละโรงเรียนที่ได้จากขั้นที่หนึ่ง โดยขั้นตอนนี้ จะคำนวณหาจำนวนนักเรียนจริงในภาคสนาม ก่อนทำการสุ่มนักเรียนจากบัญชีรายชื่อนักเรียนมัธยมศึกษาในโรงเรียนที่ไปสำรวจ และขั้นตอนสุดท้าย คือ นำเสนอสูตรการประมาณค่าที่เหมาะสมกับการสุ่มตัวอย่างชนิดนี้ คือ ตัวประมาณแบบอัตราส่วน

ภาควิชา สถิติ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถิติ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2558

5681529026 : MAJOR STATISTICS
KEYWORDS: PROBABILITY PROPORTIONAL TO SIZE SAMPLING / SPECIALTY LARGE-SIZED SECONDARY SCHOOL

NATTAPONG WAREEPRASIRT: TWO-STAGE STRATIFIED SURVEYS WITH PROBABILITY PROPORTIONAL TO SIZE SAMPLING OF PRIMARY SAMPLING UNITS: A CASE STUDY SURVEY TUTORING OFTHAI STUDENT FOR SPECIALITY LARGE-SIZED SECONDARY SCHOOL. ADVISOR: NAT KULVANICH, Ph.D., pp.

The objective of this research is for design a two-stage stratified sampling to apply in survey tutoring of Thai student for specialty large-sized secondary schools. This research assists surveyor and interesting person to survey for convenience. The sampling design in this research can be applied. The strategy covers two sampling units, the primary sampling unit was schools and secondary sampling unit was students.

The first step of research is design overview to prepare pilot survey plan, perform pilot surveys and calculate variance and intraclass correlation coefficient. Second step is sample size consideration to find number of schools, students and sample sizes. The result in this step yields 30 schools and 75 students for each of the school. Third step is stratification, allocation and primary sampling unit. In this research, stratification can be divided to the group of schools in Bangkok and in other provinces. Each of stratums can be allocated in equal. The result is 15 schools in Bangkok and 15 schools in other provinces. For primary sampling unit (PSU) use systematic probability proportionate to Size for select schools from list. Fourth step is secondary sampling unit (SSU) which is student from school in previous step. This step can be computed the number of student when the cluster size are known and sample student form list. Last step: the study also proposes an estimator that is suitable for this research which is the ratio estimator.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department:	Statistics	Student's Signature	.....
Field of Study:	Statistics	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2015		

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์ของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.นัท กุลวานิช ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ทั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา ท่านกรรมการ ดร.อัครินทร์ ไพบูลย์พานิช และท่านกรรมการภายนอก ดร.อรุณี กำลัง เป็นอย่างสูงที่อาจารย์ทั้งสามท่านได้เสียสละเวลาเพื่อสอบและให้คำแนะนำที่ดีและมีประโยชน์แก่ผู้วิจัยในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หลักสูตรสถิติมหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชีทุกท่าน ที่ช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้และการศึกษาปริญญาใบนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวที่ให้กำลังใจและให้ความห่วงใยเสมอมา และขอบคุณเพื่อน พี่น้องทุกคนที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญภาพ ..... ฎ
สารบัญตาราง ..... ฎ
บทที่ 1 1
บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น 3
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 7
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.2 การสุ่มตัวอย่าง 9
2.2.1 การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย 9
2.2.2 การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบซับซ้อน 10
2.2.2.1 การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ 10
2.2.2.2 การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม 10
2.3 การสุ่มตัวอย่างแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.4 Design effect และ ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น 14
2.5 การคำนวณขนาดตัวอย่าง.....15
2.6 การคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักให้กับหน่วยตัวอย่างหลังเก็บข้อมูล.....16
บทที่ 3.....18
วิธีดำเนินการวิจัย.....18
3.1 ขอบเขตของการวิจัย.....18
3.2 ขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย 19
ขั้นตอนการสำรวจ 21
3.2.1 การออกแบบแผนเบื้องต้น.....21
3.2.2 การพิจารณาขนาดตัวอย่าง.....23
3.2.3 การแบ่งชั้นภูมิ การจัดสรรหน่วยตัวอย่าง และหน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่หนึ่ง.....25
3.2.4 หน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่สอง.....27
3.2.5 แนวทางการคำนวณตัวประมาณที่เหมาะสม.....30
บทที่ 4.....31
ผลการวิจัย.....31
4.1 การออกแบบแผนเบื้องต้น.....31
4.1.1 กำหนดต้นทุนสำรวจ.....31
4.1.1.1 ต้นทุนทั้งหมด.....31
4.1.1.2 ต้นทุนคงที่.....33
4.1.1.3 ต้นทุนแปรผัน.....33
4.1.2 กำหนดสถิติเตรียมทำ Pilot Survey.....35
4.1.3 คำนวณค่าสถิติเบื้องต้นหลังการทำ Pilot Survey.....35
4.2 การพิจารณาขนาดตัวอย่าง.....36

หน้า

4.2.1 คำนวณค่า Overall Eligibility and Response Rate 36
4.2.2 คำนวณหา b_{opt} และ b_{opt} เฉลี่ย 36
4.2.3 คำนวณหาขนาดตัวอย่าง 37
4.3 การแบ่งชั้นภูมิ การจัดสรรหน่วยตัวอย่าง และหน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่หนึ่ง 38
4.4 หน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่สอง 40
4.4.1 คำนวณโอกาสที่นักเรียนจะถูกเลือกแต่ละโรงเรียน 40
4.4.2 การสุ่มเลือกนักเรียนแต่ละโรงเรียน 41
4.5 แนวทางการคำนวณตัวประมาณที่เหมาะสม 43
บทที่ 5 47
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 47
สรุปผลการวิจัย 47
5.1 ผลการเปรียบเทียบขนาดตัวอย่างในกรณีที่กำหนดต้นทุนทั้งหมดที่แตกต่างกัน 47
5.2 ข้อเสนอแนะ 48
รายการอ้างอิง 51
ภาคผนวก ก 54
กรอบตัวอย่างของบัญชีรายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนทั้งหมด 54
ภาคผนวก ข 66
ผลลัพธ์แบบสอบถามจากการทำ Pilot Survey 66
ภาคผนวก ค 71
ขั้นตอนการหาค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น 71
ภาคผนวก ง 74
รายละเอียดขั้นตอนการเลือกโรงเรียน 74
ภาคผนวก จ 77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางขนาดตัวอย่างในรูปแบบค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน.....77

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 แผงผังวิธีดำเนินการวิจัย.....20
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะการสุ่มตัวอย่างขั้นที่หนึ่ง.....26
ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการสุ่มตัวอย่างขั้นที่สอง.....27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ 4

ตารางที่ 2 แสดงระยะทางรวมในการเดินทางไปโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษภายนอกกรุงเทพมหานคร 34

ตารางที่ 3 แสดงค่าสถิติเบื้องต้นหลังจากทำ Pilot Survey 36

ตารางที่ 4 แสดงค่า Expected Eligibility และ Response Rate 36

ตารางที่ 5 แสดงการคำนวณหา b_{opt} 37

ตารางที่ 6 แสดงการคำนวณหาขนาดตัวอย่าง 37

ตารางที่ 7 ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร 39

ตารางที่ 8 ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานคร 40

ตารางที่ 9 แสดงการคำนวณค่า f ทั้งของในและนอกกรุงเทพมหานคร 43

ตารางที่ 10 แสดงจำนวนโรงเรียน นักเรียน ขนาดตัวอย่าง เมื่อกำหนดต้นทุนทั้งหมดในสถานการณ์ต่างกัน 48

ตารางที่ 11 กรอบตัวอย่างบัญชีรายชื่อโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร 54

ตารางที่ 12 กรอบตัวอย่างบัญชีรายชื่อโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานคร 56

ตารางที่ 13 ผลจากการเก็บแบบสอบถามจากการทำ Pilot Survey 66

ตารางที่ 14 แสดงค่า $S^2_{cluster}$ และ $var_{Cluster}(\hat{\theta})$ ของทุก θ 72

ตารางที่ 15 แสดงค่า s^2_{SRS} และ $var_{SRS}(\hat{\theta})$ ของทุก θ 72

ตารางที่ 16 แสดงค่า Design Effect ของทุกθ 73

ตารางที่ 17 แสดงค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นของทุก θ 73

ตารางที่ 18 ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร 74

ตารางที่ 19 ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานคร 76

ตารางที่ 20 ตารางขนาดตัวอย่างในรูปแบบค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน 77

Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิสองขั้น โดยสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่หนึ่งแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในกรณีศึกษาแผนการสำรวจการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทยในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ในบทนี้จะกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย ข้อตกลงเบื้องต้น คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ตามลำดับ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การสุ่มตัวอย่างเป็นขั้นตอนที่สำคัญไม่ว่าจะในการวิจัยหรือการศึกษาเรื่องใดๆ เป็นการเลือกและรวบรวมข้อมูลของประชากรที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่วิจัยเพื่อนำมาวิเคราะห์และตอบปัญหาคำถามวิจัย การเก็บข้อมูลจากประชากรทั้งหมดจะทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรมาก ทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายซึ่งในบางงานวิจัยมีเวลาและงบประมาณที่จำกัด ดังนั้นการเลือกสุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาบางส่วนที่เป็นตัวแทนที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็นอย่างมากในปัจจุบันงานวิจัยทางด้านการศึกษานั้น การเรียนกวดวิชาเข้ามามีส่วนในการเรียนการสอบแข่งขันในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทั้งในระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษา ทำให้มีผู้วิจัยที่สนใจศึกษาเรื่องนี้เป็นจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่จะเน้นศึกษาในระดับนักเรียนมัธยมศึกษา (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2545) เนื่องจากเป็นระดับชั้นที่ต้องมีการสอบแข่งขันเพื่อศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยด้านการเรียนกวดวิชาที่ผ่านมา พบว่าส่วนใหญ่ผู้วิจัยเลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น เช่น การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) มีผู้เลือกใช้ศึกษาคือประภาวัลย์ ชวนไชยะกูล (ประภาวัลย์ ชวนไชยะกูล, 2556) เพื่อศึกษาการศึกษาสภาพและผลกระทบของโรงเรียนกวดวิชาในประเทศไทย ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2545) เพื่อศึกษามุมมองการเรียนกวดวิชา และ ชลธิศ เหมะประสิทธิ์ (ชลธิศ เหมะประสิทธิ์ & ณักษ์กุลิสร์, 2557) ใช้เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแนวโน้มพฤติกรรมการเรียนต่อในสถานกวดวิชาแห่งเดิม ส่วนการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) มีผู้เลือกใช้ศึกษาคือ ฉัตรชัย พานิชการ (ฉัตรชัย พานิชการ, จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร, & ณัฐวุฒิ โรจน์นิรุตติกุล, 2554) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบ

การตัดสินใจของผู้ปกครองที่ส่งบุตรหลานเข้าเรียนในโรงเรียนกวดวิชา ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี เป็นต้น ข้อเสียของการสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น คือ ไม่สามารถคำนวณค่าผิดพลาดมาตรฐาน จึงทำให้ผลการคำนวณไม่แม่นยำ และไม่สามารถอ้างอิงกลับไปยังประชากรได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำแผนการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นมาประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาแผนการสำรวจการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทยในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เนื่องจากงานวิจัยในหัวข้อดังกล่าวเป็นที่สนใจในปัจจุบัน และมีกรอบตัวอย่าง (Frame) ที่ชัดเจนคือ รายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนในแต่ละโรงเรียน งานวิจัยนี้สนใจการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Sampling) เป็นการแบ่งประชากรออกเป็นชั้นภูมิ (Stratum) โดยแต่ละชั้นภูมิจะมีลักษณะประชากรที่คล้ายคลึงกัน เช่น ประชากรภายในกรุงเทพ และประชากรภายนอกกรุงเทพ หรือประชากรในแต่ละภาค เพื่อให้ง่ายต่อการสำรวจและเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลในแต่ละชั้นภูมิ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาในแต่ละงานวิจัย ในงานวิจัยนี้แบ่งชั้นภูมิออกเป็นจังหวัดภายในกรุงเทพมหานครและจังหวัดภายนอกกรุงเทพมหานคร เพราะว่าการเรียนกวดวิชาในทั้งสองชั้นภูมินี้มีความแตกต่างกัน และแผนการสุ่มตัวอย่างนี้ จะใช้การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด (Probability proportional to size sampling) ซึ่งเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะกับการสำรวจข้อมูลในความเป็นจริง เพราะในทางปฏิบัติหน่วยตัวอย่างที่ถูกสุ่มขึ้นมา (ขึ้นกับกลุ่มหรือ Cluster ที่งานวิจัยสนใจ เช่น จำนวนคนในภูมิภาค ตำบล อำเภอ หมู่บ้าน หรือโรงเรียน เป็นต้น) ในแต่ละพื้นที่จะมีจำนวนคน หรือขนาดของ Cluster (Cluster size) ที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงนำแผนการสุ่มตัวอย่างดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับการสำรวจข้อมูลในประเทศไทย โดยในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้ 1 โรงเรียนเป็น 1 Cluster (Ross, 1978) และจำนวนนักเรียนแต่ละ Cluster จะมีขนาดไม่เท่ากัน (Unequal size cluster) จึงทำให้การสำรวจเรื่องนี้สามารถนำไปใช้กับแผนการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็น ให้เป็นสัดส่วนกับขนาดได้

จากปัญหาดังกล่าวในงานวิจัยนี้จึงได้นำแผนการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด โดยเป็นงานวิจัยในเชิงเชิงปริมาณ มาใช้ออกแบบแผนการสำรวจการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทยที่เหมาะสมต่อไป เพื่อให้นำแผนการสุ่มดังกล่าวไปใช้สำรวจได้ ทำให้ประหยัดขั้นตอนและเวลาในการคำนวณหาขนาดตัวอย่าง และประมาณการตั้งงบประมาณสำรวจได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้การสำรวจงานวิจัยเกี่ยวกับโรงเรียนกวดวิชาของนักเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษมีความแม่นยำมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิสองขั้น โดยสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่หนึ่งแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด (Two-stage stratified surveys with probability proportional to size sampling of primary sampling units : TSSWPPSS) สำหรับใช้ในการสำรวจจริง

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

1) งานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้ TSSWPPSS กับการสำรวจเรื่องการเรียนกวดวิชา
2) การศึกษานี้เป็นงานวิจัยที่เหมาะกับข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative)
3) การแบ่งชั้นภูมิจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้นภูมิคือ ชั้นภูมิที่ 1 คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษภายในกรุงเทพมหานคร ชั้นภูมิที่ 2 คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษภายนอกจังหวัดกรุงเทพมหานคร
4) โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษในแต่ละชั้นภูมิ คือ Cluster โดย 1 โรงเรียนเป็น 1 Cluster และจำนวนโรงเรียนแทนด้วย a
5) นักเรียนในแต่ละโรงเรียนคือสมาชิกของ Cluster แทนด้วย b
6) การสุ่มตัวอย่างชั้นภูมิแบ่งเป็น 2 ขั้นคือ

- การสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่ 1 (Primary sampling unit: PSU) เพื่อเลือกโรงเรียน
- การสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่ 2 (Secondary sampling unit: SSU) เพื่อเลือกนักเรียน

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ หมายถึง โรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐที่มีจำนวนนักเรียนมากกว่า 2,500 คนขึ้นไป ซึ่งกำหนดขึ้นจากกรมสามัญศึกษาเดิม โดยจะไม่รวมโรงเรียนสังกัด

อื่น เช่น โรงเรียนเอกชน โรงเรียนเทศบาล โรงเรียนสาธิต เป็นต้น (สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2554)

2. อัตราการสุ่มแล้วพบสิ่งที่ต้องการ (Expected Eligibility Rate) เช่น อัตราการสุ่มโรงเรียนแล้วพบ (School Unit Occupancy Rate) และ อัตราการสุ่มห้องเรียนแล้วพบ (Classroom Unit Occupancy Rate) เป็นต้น

3. อัตราการได้ข้อมูลกลับ (Response Rate) เช่น อัตราการได้ข้อมูลกลับจากการทำแบบสอบถาม (Questionaire Response Rate) และอัตราการได้ข้อมูลกลับจากการการสัมภาษณ์ (Interview Response Rate)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อให้ผู้ที่ทำวิจัยหรือผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับด้านการศึกษาหรือการเรียนกวดวิชา สามารถนำแบบแผนการสุ่มตัวอย่างที่ออกแบบไว้ในงานวิจัยนี้ไปใช้เก็บข้อมูลจริงได้

ตารางที่ 1 **สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้**

สัญลักษณ์	ความหมาย
a	จำนวน Cluster ในงานวิจัยนี้คือ จำนวนโรงเรียนที่ทำ Pilot Survey
a_{opt}	จำนวนโรงเรียนที่คำนวณจากแผนการสุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้
α	ลำดับโรงเรียนในบัญชีรายชื่อโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ
A	จำนวนของโรงเรียนทั้งหมด
AIR	อัตราการเพิ่มจำนวนของนักเรียนรายปี
b	จำนวนสมาชิกในแต่ละ Cluster ในงานวิจัยนี้คือ จำนวนนักเรียนแต่ละโรงเรียนที่ทำ ในงานวิจัยนี้ Pilot Survey
b_{opt}	จำนวนนักเรียนที่คำนวณจากต้นทุนสำหรับทุก $\hat{\theta}$
$\bar{b}_{opt}$	จำนวนนักเรียนเฉลี่ย
$b_{inflated}$	จำนวนนักเรียนเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักกับ OERR
b^*	จำนวนนักเรียนที่ใช้ในการสำรวจจริงแต่ละปี

สัญลักษณ์	ความหมาย
B_α	ขนาดของโรงเรียนในปีปัจจุบันที่สำรวจ
β	ลำดับของนักเรียน
C	ต้นทุนทั้งหมด
C_a	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียน
$C_{a,h=1}$	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร
$C_{a,h=2}$	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานคร
C_b	ต้นทุนต่อการสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละคน
C_0	ต้นทุนคงที่
Cluster	ในแต่ละชั้นภูมิจะแบ่งกลุ่มย่อยลงไปอีก เรียกกลุ่มย่อยนั้นว่า Cluster โดยในงานวิจัยนี้คือ หน่วยตัวอย่างขั้นที่ 1 ซึ่งก็คือ โรงเรียน
d	ลำดับของชั้นมัธยมศึกษา เมื่อ 1 คือ ตอนต้น และ 2 คือ ตอนปลาย
EPSEM	Equal Probability of Selection Method โอกาสที่จะถูกเลือกด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากัน
f_{Deff}	Design effect หรืออัตราส่วนของค่าความแปรปรวนแผนการสุ่มที่สนใจกับแผนการสุ่มตัวอย่างง่าย
f	ค่าอัตราการสุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ขั้น
f_α	ค่าอัตราการถูกเลือกในขั้นที่ 1
$f_{\beta \mid \alpha}$	ค่าอัตราการถูกเลือกในขั้นที่ 2
h	ลำดับของชั้นภูมิ เมื่อ 1 คือ ภายในกรุงเทพ 2 คือ ภายนอกกรุงเทพ
IRR	อัตราการได้ข้อมูลกลับจากการสัมภาษณ์
k_h	ช่วงการสุ่มโรงเรียน
$(l_{\alpha,h})_d$	ช่วงการสุ่มนักเรียนในโรงเรียนลำดับที่ α ชั้นภูมิที่ h ของมัธยมศึกษาตอน d
MOS	หน่วยวัดขนาด เป็นขนาดของของอดีต Cluster ซึ่งใช้ในกรณีที่ไม่ทราบขนาดของ Clusterในปีปัจจุบันที่สำรวจ
n	ขนาดตัวอย่าง
$OERR$	อัตราการพบคูณและอัตราการได้ข้อมูลกลับจากการสัมภาษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
$\hat{p}$	สัดส่วนนักเรียนที่เรียนกวดวิชา
PSU	หน่วยตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มขั้นที่หนึ่ง
ρ	ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น
Stratum	การแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มตามจุดประสงค์ในการวิจัย โดยเรียกแต่ละกลุ่มว่า ชั้นภูมิ ประชากรในชั้นภูมิเดียวกันจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ประชากรต่างชั้นภูมิจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยในงานวิจัยนี้ มีการแบ่งเป็น ชั้นภูมิ ชั้นภูมิ คือ 2 ของโรงเรียนภายในและภายนอกจังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งแต่ละชั้นภูมิจะมีโรงเรียน
SSU	หน่วยตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มขั้นที่สอง
SUOR	อัตราการสุ่มโรงเรียนแล้วพบโรงเรียน
RS	ตัวเลขสุ่มเริ่มต้น
$\hat{\theta}$	ตัวสถิติที่กำหนดไว้เพื่อทำ Pilot Survey
$var_{Cluster}(\hat{\theta})$	ค่าความแปรปรวนจากการสุ่มแบบ Cluster
$var_{SRS}(\hat{\theta})$	ค่าความแปรปรวนจากการสุ่มแบบอย่างง่าย
w_{AIR}	ค่าถ่วงน้ำหนักของอัตราการเพิ่มจำนวนนักเรียนรายปี
w_{OERR}	ค่าถ่วงน้ำหนักของอัตราการพบและการได้ข้อมูลกลับจาการสัมภาษณ์
$\bar{y}_1$	จำนวนข้อมูลชั่วโมงโดยเฉลี่ยที่เรียนกวดวิชาต่อสัปดาห์
$\bar{y}_2$	เกรดเฉลี่ยสะสม
$\bar{y}_3$	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเรียนกวดวิชาต่อชั่วโมง
$\bar{y}_4$	รายได้เฉลี่ยครอบครัวต่อเดือน
$(x_{\alpha,h})_d$	จำนวนนักเรียนที่ต้องการสำรวจจริงในภาคสนามของโรงเรียนที่ α ในชั้นภูมิ h ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนที่ d ของปีปัจจุบัน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย การสุ่มตัวอย่าง การสุ่มตัวอย่างแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด Design effect ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น การคำนวณขนาดตัวอย่าง และการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักให้กับหน่วยตัวอย่างหลังเก็บข้อมูล ตามลำดับ

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยสำรวจการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทยที่นำแผนการสุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ มีดังนี้

ประภาวัลย์ ชวนไชยะกูล (2556) ศึกษาสภาพและผลกระทบของโรงเรียนกวดวิชาในประเทศไทย ผู้วิจัยเลือกการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกจังหวัด 4 จังหวัด แล้วเลือกโรงเรียนกวดวิชา 3 แห่งของแต่ละจังหวัด รวมเป็นโรงเรียนกวดวิชา 12 แห่ง จากนั้นสุ่มผู้ให้ข้อมูล 30 คนแบบเจาะจง ประกอบด้วย ผู้บริหาร 1 คน ผู้สอน 4 คน ผู้เรียน 20 คน และผู้ปกครอง 5 คน รวมทั้งหมด 360 คน ผลการวิจัยพบว่า ที่ตั้งของโรงเรียนกวดวิชาใกล้เคียงสถานที่สำคัญ เป็นปัจจัยที่สำคัญ รองลงมาคือ ทำเลที่ตั้งสะดวกในการเดินทาง ส่วนผลกระทบจากโรงเรียนกวดวิชา จะมีผลด้านเศรษฐกิจ สังคม และค่านิยม

ฉัตรชัย พานิชการ, จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร และณัฐวุฒิ โรจน์นิรุตติกุล (2554) ศึกษาเปรียบเทียบการตัดสินใจของผู้ปกครองที่ส่งบุตรหลานเข้าเรียนในโรงเรียนกวดวิชา ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี โดยผู้วิจัยเลือกสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) มีเป้าหมายเป็นผู้ปกครองของนักเรียนที่เรียนกวดวิชาที่มีอายุระหว่าง 4-12 ปี จำนวน 400 คน ผลการวิจัยพบว่าส่วนใหญ่ผู้ปกครองส่งบุตรหลานเข้าโรงเรียนกวดวิชาที่มีชื่อเสียง เน้นด้านบริการและจำนวนชั่วโมงเรียนต่อสัปดาห์เป็นหลัก และปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ปกครองที่แตกต่างกัน จะมีผลต่อระดับการตัดสินใจในการเลือกโรงเรียนกวดวิชาที่แตกต่างกัน

ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2545) ศึกษามุมมองการเรียนกวดวิชา โดยผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง กับกลุ่มนักเรียนมัธยมปลายในประเทศไทย พบว่าส่วนใหญ่เรียนกวดวิชากับโรงเรียนกวดวิชา รองลงมา คือเรียนกับโครงการที่โรงเรียนจัดให้เรียนกับครูในโรงเรียน ส่วนวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีการเรียนกวดวิชามากที่สุด ส่วนเหตุผลการกวดวิชาคือ ช่วยให้ผลการเรียนดีขึ้น

ชลธิศ เหมะประสิทธิ์ และ ณักษ์ กุลิสร์ (2557) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแนวโน้มพฤติกรรมการเรียนต่อในสถานกวดวิชาแห่งเดิม โดยผู้วิจัยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เพื่อเลือกสถานกวดวิชามา 5 แห่ง ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบโควตา เพื่อเก็บข้อมูลนักเรียนจากสถานกวดวิชาแห่งละ 57 คน โดยประชากรที่สนใจศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลายในกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่าเมื่อมีการเปิดหลักสูตรกวดวิชาถัดไป นักเรียนจะลงทะเบียนเรียนในสถานกวดวิชาแห่งเดิม

สุวิมล จีระทรงศรี (2552) ศึกษาเรื่องผลสัมฤทธิ์ของการกวดวิชาและการสอบคัดเลือกเข้าสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ โดยผู้วิจัยเลือก 6 มหาวิทยาลัยแบบเจาะจง คือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ มหิดล ศรีนครินทรวิโรฒ และศิลปากร และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบ่งชั้นสองขั้น (Stratified two-stage sampling) ขั้นที่ 1 สุ่มตามกลุ่มคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพและพยาบาลศาสตร์ (แบ่งเป็น 6 คณะ คือ แพทยศาสตร์ ทันตแพทยศาสตร์ เภสัชศาสตร์ สัตวแพทยศาสตร์ สหเวชศาสตร์ โดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย) ขั้นที่ 2 สุ่มนักศึกษาปีที่ 1 จากแต่ละมหาวิทยาลัย ผู้วิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมของผู้ที่สอบผ่านเรียนมหาวิทยาลัย พบว่าผู้ที่สอบผ่านจะมีนิสัยการอ่านหนังสือล่วงหน้าเป็นหลักและหลีกเลี่ยงการผัดเวลา

จากงานวิจัยที่รวบรวมมาข้างต้น พบว่าส่วนใหญ่จะใช้การสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น ซึ่งมีข้อเสีย คือ เรื่องความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ เนื่องจากไม่สามารถคำนวณค่าผิดพลาดมาตรฐานและอ้างอิงกลับไปยังประชากรได้ จึงทำให้งานวิจัยนี้เลือกใช้การสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความน่าจะเป็น นั่นคือ TSWPPSS

แม้ว่าในงานวิจัยข้างต้น จะมีผู้วิจัยท่านอื่นเลือกใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิสองขั้น ซึ่งเลือกใช้กับประชากรเป้าหมาย (Target Population) ที่เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยปีที่ 1 โดยการสุ่มเลือกมหาวิทยาลัยจะใช้แบบเจาะจง แต่ในงานวิจัยนี้ประชากรเป้าหมายจะมุ่งเน้นกลุ่มนักเรียน

มัธยมศึกษา เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีการเรียนกวดวิชาเป็นส่วนใหญ่ เพื่อเตรียมตัวสอบเข้าในระดับอุดมศึกษา (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2545) โดยจะสุ่มแบบกำหนดความน่าจะเป็นเพื่อใช้ในการเลือกโรงเรียน

2.2 การสุ่มตัวอย่าง

ปัญหาหลักของการสำรวจข้อมูลประชากรที่มีขนาดใหญ่ (Large-scale population) คือ จะใช้ต้นทุนสูงและเวลามากขึ้น เพื่อสำรวจข้อมูลทั้งหมด “การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)” จะเป็นเครื่องมือที่ใช้จัดการปัญหาดังกล่าว เพื่อลดต้นทุนและเวลาในการสำรวจ โดยเก็บข้อมูลเพียงบางส่วนของประชากร แต่ยังคงประสิทธิภาพได้เทียบเท่ากับการสำรวจประชากรทั้งหมด

การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง เป็นการกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างให้เหมาะกับลักษณะข้อมูลที่ต้องการศึกษาอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อนำไปสู่การหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม ก่อนที่จะนำแผนการสุ่มนี้ไปใช้เก็บข้อมูลจริง โดยในงานวิจัยนี้ จะเน้นการสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความน่าจะเป็น (Probability Sampling) เป็นหลัก เนื่องจากเป็นการสุ่มตัวอย่างที่มีความน่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณค่าผิดพลาดมาตรฐานได้ การออกแบบแผนสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความน่าจะเป็นแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย และ การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบซับซ้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.1 การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย

การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling design: SRS Design) เป็นแผนที่ถูกออกแบบเพื่อให้ง่ายต่อการนำมาใช้สำรวจข้อมูล และสะดวกในด้านการคำนวณ โดยข้อมูลที่สำรวจจะต้องมีโอกาสถูกเลือกด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากัน (Equal Probability of Selection Method: EPSEM) และลักษณะข้อมูลไม่ควรแตกต่างกัน (Homogeneous) เช่น การสำรวจมาตรฐานการศึกษาภายในโรงเรียนที่อยู่ในเฉพาะ “จังหวัดกรุงเทพมหานคร”

หากกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะแตกต่างกัน (Heterogeneous) อาจทำให้ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างดังกล่าวมีค่าสูง เพราะจำเป็นต้องเก็บข้อมูลจำนวนมากเพื่อควบคุมความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง

2.2.2 การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบซับซ้อน

การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบซับซ้อน (Complex sampling design) เป็นการออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการสุ่มตัวอย่าง ให้เหมาะกับลักษณะข้อมูลที่หลากหลาย เช่น การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratification sampling design) และแบบกลุ่ม (Cluster sampling design)

2.2.2.1 การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ

การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratification sampling design) จะแบ่งกลุ่มประชากรเป็น “สถานะ/จำพวก หรือ ชั้นภูมิ (Stratum)” โดยแต่ละชั้นภูมิจะแยกกันอย่างชัดเจน หน่วยตัวอย่างภายในชั้นภูมิเดียวกันจะมีลักษณะข้อมูลที่เหมือนกัน ส่วนหน่วยตัวอย่างระหว่างชั้นภูมิจะมีลักษณะข้อมูลที่แตกต่างกัน จุดเด่นของการแบ่งออกเป็นชั้นภูมิ คือ สะดวกต่อการตรวจสอบและควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

หากต้องการค่าประมาณทางสถิติให้แม่นยำขึ้น จะทำได้ด้วยการแบ่งจำนวนชั้นภูมิมากขึ้น แต่ข้อเสียคือ จะทำให้ไม่สามารถจำกัดขนาดของตัวอย่างให้น้อยลงกว่าที่ต้องการได้ (สุเมธ สมภักดี, 2550) หากผู้วิจัยมีทรัพยากรจำกัด (เช่น ต้นทุนหรือเวลา) ดังนั้นผู้วิจัยควรศึกษาข้อมูลให้รอบคอบเพื่อแบ่งจำนวนชั้นภูมิให้เหมาะสมกับงานวิจัยนั้น

2.2.2.2 การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม

การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster sampling design) จะแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็นกลุ่ม หรือเรียกอีกอย่างว่า Cluster ซึ่งแต่ละ Cluster จะประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างที่สนใจ โดยตัวอย่างของ Cluster เช่น กลุ่มสำมะโนที่กำหนด กลุ่มโรงเรียน หรือ กลุ่มจังหวัด เป็นต้น การสุ่มตัวอย่างชนิดนี้ จะเหมาะกับหน่วยตัวอย่างที่กระจัดกระจาย ดังนั้น จึงช่วยลดต้นทุนและเวลาในการเก็บข้อมูลได้ดี (หากใช้วิธี SRS จะทำได้ลำบากกว่า) ข้อดีของการสุ่มเลือกตัวอย่างนี้ คือ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสุ่มตัวอย่างโดยไม่ต้องเพิ่มขนาดตัวอย่าง และทำให้การประมาณทางสถิติมีความแม่นยำสูง

นอกจากนี้การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบซับซ้อนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มแบ่งพวก (Stratified cluster sampling design) เป็นต้น

2.3 การสุ่มตัวอย่างแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด

การสุ่มตัวอย่างแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด (Probability Proportional to Size Sampling: PPS Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มอีกรูปแบบหนึ่ง เหมาะกับกรณีที่ Cluster มีขนาดไม่เท่ากัน จึงทำให้ "แต่ละ Cluster จะมีโอกาสถูกเลือกไม่เท่ากัน (Unequal probability selection)" โดยในงานวิจัยนี้จะแบ่งการสุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 ขั้นสำคัญ ได้แก่ ขั้นที่ 1 เลือก Cluster และขั้นที่ 2 เลือกหน่วยตัวอย่าง (Subsample element)

ขั้นที่ 1: เลือก Cluster

Cluster จะมีโอกาสถูกเลือกไม่เท่ากัน (ถ้า Cluster ที่มีขนาดใหญ่ จะมีโอกาสถูกเลือกสูง ส่วน Cluster ที่มีขนาดเล็ก จะมีโอกาสถูกเลือกต่ำ) เนื่องจากการเลือก Cluster ตัวอย่างในขั้นที่ 1 จะกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด จึงทำให้ค่าอัตราการถูกเลือกในขั้นที่ 1 (f_α) คือ

$$f_\alpha = a \times \frac{ClusterSize_\alpha}{\sum_{\alpha=1}^{A} ClusterSize_\alpha}$$

เมื่อ a แทน จำนวนของ Cluster ตัวอย่าง (Size of Sample Cluster)

A แทน จำนวนของ Cluster ทั้งหมด (Size of Population Cluster)

$ClusterSize_\alpha$ แทน ขนาดของ Cluster ที่ α เมื่อ $\alpha = 1, 2, 3, \ldots, A$

ขั้นที่ 2: เลือกหน่วยตัวอย่าง

หน่วยตัวอย่างใน Cluster จะมีโอกาสถูกเลือกด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากัน (EPSEM) จึงทำให้ค่าอัตราการถูกเลือกในขั้นที่ 2 ($f_{\beta \mid \alpha}$) คือ

$$f_{\beta \mid \alpha} = \frac{b}{ClusterSize_\alpha}$$

เมื่อ b แทน ขนาดของ Cluster ตัวอย่าง (Sample Cluster Size)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ดังนั้น อัตราการสุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ขั้น จะถูกเลือกด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากัน (EPSEM rate)

$$f = f_{\alpha} \times f_{\beta \mid \alpha} = \frac{a \times b}{\sum_{\alpha=1}^{A} ClusterSize_{\alpha}}$$

ข้อมูลขนาดของ Cluster ที่นำมาใช้คำนวณสัดส่วนกับขนาดในการสุ่มตัวอย่าง จะมีอยู่ 2 แบบ คือ B_{α} และ MOS_{α}

<u>แบบที่ 1</u>: ข้อมูล B_{α}

ข้อมูล B_{α} จะแทนขนาดของ Cluster ประชากรในปัจจุบัน เมื่อ $\alpha = 1, 2, 3, \ldots, A$

เช่น ข้อมูลจำนวนนักเรียนในปีปัจจุบันที่สำรวจ (ค.ศ. 2015) $B_1 = 2{,}530$ และ $B_2 = 2{,}527$ ความหมาย คือ จำนวนนักเรียนในโรงเรียนที่ 1 และ 2 เท่ากับ 2,530 และ 2,527 คน ตามลำดับ แต่การใช้ข้อมูล B_{α} จะไม่ค่อยนิยมในทางปฏิบัติ เนื่องจากต้องใช้ต้นทุนและเวลาในการเก็บข้อมูลจริงทั้งหมด

การสุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1: เลือก Cluster จะได้ค่าอัตราการถูกเลือกในขั้นนี้ คือ

$$f_{\alpha} = a \times \frac{B_{\alpha}}{\sum_{\alpha=1}^{A} B_{\alpha}}$$

ขั้นที่ 2: เลือกหน่วยตัวอย่าง จะได้ค่าอัตราการถูกเลือกในขั้นนี้ คือ

$$f_{\beta \mid \alpha} = \frac{b}{B_{\alpha}}$$

ดังนั้น อัตราการสุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ขั้น จะถูกเลือกด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากัน คือ

$$f = f_{\alpha} \times f_{\beta \mid \alpha} = \frac{a \times b}{\sum_{\alpha=1}^{A} B_{\alpha}}$$

<u>แบบที่ 2</u>: ข้อมูล MOS_{α} เมื่อ $\alpha = 1,2,3, \ldots, A$

สำหรับกรณีที่ไม่ทราบขนาดของแต่ละ Cluster ในปีที่สำรวจจะสามารถใช้ "หน่วยวัดขนาด (Measure of Size: MOS)" หรือ MOS_{α} มาประมาณ $MOS_{\alpha} \approx B_{\alpha}$ ได้ เมื่อ $\alpha = 1,2,3, \ldots, A$

เช่น นำข้อมูลขนาดของกลุ่มในปี ค.ศ. 2006 มาประมาณขนาดในปี ค.ศ. 2015

การสุ่มตัวอย่างจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1: เลือก Cluster จะได้ค่าอัตราการถูกเลือกในขั้นนี้ คือ

$$f_\alpha = a \times \frac{MOS_\alpha}{\sum_{\alpha=1}^{A} MOS_\alpha}$$

ขั้นที่ 2: เลือกหน่วยตัวอย่าง จะได้ค่าอัตราการถูกเลือกในขั้นนี้ คือ

$$f_{\beta \mid \alpha} = \frac{b}{MOS_\alpha}$$

ดังนั้น อัตราการสุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ขั้น จะถูกเลือกด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากัน คือ

$$f = f_\alpha \times f_{\beta \mid \alpha} = \frac{a \times b}{\sum_{\alpha=1}^{A} MOS_\alpha}$$

ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลของหน่วยวัดขนาดเป็นหลัก เนื่องจากมีกรอบตัวอย่างของจำนวนนักเรียนในปี พ.ศ. 2556 และ 2557

จากเนื้อหาข้างต้นเป็นคุณสมบัติของการสุ่มตัวอย่างแบบ 2 ขั้น แต่ในทางปฏิบัติ การสุ่มตัวอย่างสามารถขยายมากกว่า 2 ขั้นได้ (หากผู้วิจัยมีกรอบข้อมูลที่ละเอียดขึ้น) เพื่อให้การสุ่มตัวอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สะดวกต่อการปฏิบัติงานอย่างเป็นขั้นตอน และง่ายต่อการควบคุมความผิดพลาด การสุ่มตัวอย่างชนิดนี้ เรียกว่า การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้น (Multi-stage sampling) ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยต้องการสำรวจความนิยมพรรคการเมืองของประชาชนทั้งประเทศ โดยแบ่งสุ่มตัวอย่าง 4 ขั้น ได้แก่

ขั้นที่ 1 (Primary Sampling Unit: PSU) เพื่อเลือกจังหวัด

ขั้นที่ 2 (Secondary Sampling Unit: SSU) เพื่อเลือกอำเภอ

ขั้นที่ 3 (Tertiary Sampling Unit: TSU) เพื่อเลือกตำบล

และ ขั้นสุดท้าย (Ultimate Sampling Unit) เพื่อเลือกบ้านเรือน เป็นต้น

2.4 Design effect และ ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น

ในทางปฏิบัติบางงานวิจัยที่ศึกษาสามารถใช้แผนการสุ่มตัวอย่างได้มากกว่าหนึ่งวิธี และถ้าผู้วิจัยต้องการเลือกเพียงวิธีเดียวเพื่อนำไปใช้ ผู้วิจัยจำเป็นต้องเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนการสุ่มตัวอย่างด้วยค่า Design effect

Design effect เป็นการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนระหว่าง วิธีการสุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยสนใจ เขียนแทนด้วย $var(\hat{\theta})_{design}$ เทียบกับ วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ SRS เขียนแทนด้วย $var(\hat{\theta})_{SRS}$ เมื่อ $\hat{\theta}$ เป็นค่าสถิติ (เช่น ค่าเฉลี่ยหรือสัดส่วน) โดยขนาดตัวอย่างของทั้งสองวิธีที่นำมาเปรียบเทียบจะต้องเท่ากันถึงจะทำให้ค่า Design effect ออกมาเที่ยงตรง ค่า Design effect ($Deff$) สามารถคำนวณด้วยสูตร

$$Deff = \frac{var(\hat{\theta})_{Design}}{var(\hat{\theta})_{SRS}}$$

หาก Design effect มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าวิธีที่ผู้วิจัยออกแบบมีประสิทธิภาพน้อยกว่าวิธี SRS หาก Design effect น้อยกว่า 1 แสดงว่าวิธีที่ผู้วิจัยออกแบบมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี SRS หากค่า Design effect เท่ากับ 1 แสดงว่าวิธีที่ผู้วิจัยออกแบบมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกับวิธี SRS (Raymo, 2004)

นอกจากนี้ค่า Design effect ยังสามารถนำไปใช้คำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intra-class correlation: ICC หรือ ρ) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดคุณสมบัติความเหมือนกัน (Homogeneity) ของข้อมูลที่ศึกษาภายใน Cluster ในแผนการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม

สูตรคำนวณค่า ρ คือ

$$\rho = \frac{(Deff - 1)}{b - 1}$$

เมื่อ b แทนขนาดของ Cluster ตัวอย่าง (Sample Cluster Size) โดยค่าที่เป็นไปได้ของ ρ คือ

$$-\frac{1}{b-1} < \rho < 1$$

หากค่า ρ สูง แสดงว่าหน่วยตัวอย่างใน Cluster นั้นจะมีความเหมือนกันมาก หากค่า ρ ต่ำ แสดงว่าหน่วยตัวอย่างใน Cluster นั้นจะแตกต่างกัน

ในทางปฏิบัติค่า ρ ไม่ควรสูงเกินไปเนื่องจากข้อมูลชุดนั้นมีความเหมือนกัน และค่า ρ ไม่ควรเป็นลบ ซึ่งอาจเกิดจากการเก็บข้อมูลน้อยเกินไป (Baldwin, Murray, Shadish, & Pals, 2011)

2.5 การคำนวณขนาดตัวอย่าง

ขั้นตอนสำคัญในการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างคือ ขั้นตอนการคำนวณขนาดตัวอย่าง (Sample size : n) ที่เหมาะสม โดยงานวิจัยนี้ จะมีการกำหนดค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น ต้นทุนรวม, ต้นทุนคงที่, ต้นทุนต่อ Cluster, ต้นทุนต่อสมาชิกภายใน Cluster เพื่อคำนวณหาจำนวน Cluster ตัวอย่าง (Size of sample cluster: a) และขนาดของ Cluster ตัวอย่าง หรือจำนวนสมาชิกภายใน Cluster (Sample Cluster size : b) เพื่อให้ได้ขนาดตัวอย่าง (n) ที่ต้องการได้ จากสูตร

$$n = a \times b$$

ขนาดของ Cluster ตัวอย่างที่เหมาะสม (b_{opt}) สามารถคำนวณได้จากต้นทุน จากสูตร

$$b_{opt} = \sqrt{\frac{C_a}{C_b} \times \frac{1-\rho}{\rho}}$$

ส่วนจำนวน Cluster สามารถคำนวณได้จากฟังก์ชันต้นทุน (Cost function) (สำนักนโยบายและวิชาการสถิติ, 2551) $C = C_0 + aC_a + abC_b$

จะได้เป็น $a_{opt} = \frac{C-C_0}{C_a+b_{opt}C_b}$

เมื่อ a แทน จำนวน Cluster ตัวอย่าง

b แทน ขนาดของ Cluster ตัวอย่าง

C แทน ต้นทุนรวม (Total Cost)

C_0 แทน ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ซึ่งไม่แปรผันตาม a และ b

C_a แทน ต้นทุนต่อ Cluster

C_b แทน ต้นทุนต่อสมาชิกภายใน Cluster

2.6 การคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักให้กับหน่วยตัวอย่างหลังเก็บข้อมูล

ในทางปฏิบัติหน่วยตัวอย่างที่ถูกสุ่มขึ้นมาอาจมีหลายปัจจัยที่ทำให้การคำนวณขนาดของตัวอย่าง และการประมาณค่าพารามิเตอร์เกิดความคลาดเคลื่อนได้ เพื่อช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว จึงต้องมีการถ่วงน้ำหนัก (Weighting) ให้กับหน่วยตัวอย่างหลังจากเก็บข้อมูล โดยสิ่งแรกที่ต้องกำหนดก่อนที่จะถ่วงน้ำหนัก คือ ค่าอัตรา (Rate) ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เพื่อนำไปคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักต่อไปได้ จากสูตร

$$w = \frac{1}{(Rate)}$$

เมื่อ Rate แทนค่าอัตราที่ใช้ในงานวิจัยนี้ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ คือ อัตราการพบและการตอบกลับที่ได้จากการสัมภาษณ์ (Expected eligibility and Response Rate) และอัตราการเพิ่มจำนวนนักเรียนในโรงเรียนรายปี (Annual Increase Rate)

1. อัตราการพบและการตอบกลับที่ได้จากการสัมภาษณ์

   ปัญหาที่เกิดจากการสุ่มตัวอย่างในทางปฏิบัติ อาจเป็นไปได้ที่เดินทางไปในพื้นที่ที่ต้องการสำรวจ แต่ไม่พบ (เช่น สุ่มโรงเรียนขึ้นมา แล้วเดินทางไปพบว่าโรงเรียนดังกล่าวปิดตัวลง) และการไม่ได้ข้อมูลตอบกลับมาทุกหน่วยตัวอย่าง (เช่น การเดินทางไปที่แหล่งเพื่อสัมภาษณ์แล้วพบว่า ไม่พบกลุ่มคนสัมภาษณ์) ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการถ่วงน้ำหนักกรณีดังกล่าว

   จากงานวิจัยนี้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง Stratified two-stage ซึ่งมี 2 ขั้น จึงทำให้ต้องกำหนดค่า “อัตราการพบ (Expected eligibility rate) และ อัตราการตอบกลับจากการสัมภาษณ์ (Response rate)” เพื่อนำไปคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักให้กับหน่วยตัวอย่างต่อไป

1) สุ่มตัวอย่างขั้นที่ 1: อัตราการสุ่มโรงเรียน แล้วพบโรงเรียน (School Unit Occupancy Rate: SUOR)
2) สุ่มตัวอย่างขั้นที่ 2: อัตราการได้ข้อมูลกลับจากการสัมภาษณ์ (Interview Response Rate: IRR)

ดังนั้น อัตราการพบและการตอบกลับที่ได้จากการสัมภาษณ์ (Overall Eligibility and Response Rate: OERR) คือ SUOR คูณกับ IRR

ค่าถ่วงน้ำหนักให้กับหน่วยตัวอย่างในกรณีนี้ (Weighting for OERR: w_{OERR}) คือ

$$w_{OERR} = \frac{1}{(OERR)}$$

2. อัตราการเพิ่มจำนวนนักเรียนรายปี

การสำรวจข้อมูลกับนักเรียนในแต่ละปี จะมีจำนวนนักเรียนที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงต้องหาค่า “อัตราการเพิ่มจำนวนของนักเรียนรายปี (Annual Increase Rate: AIR)” ซึ่งนำข้อมูลเก่ามาคำนวณ โดยนำจำนวนนักเรียนที่ผ่านมาในปีที่ 1 และ 2 เช่น สมมติทราบข้อมูลจำนวนนักเรียนในปี ค.ศ. 2000 และ 2008 เป็นจำนวน 10,000 คน และ 9,960 คน ตามลำดับ จะได้อัตราการเพิ่ม (Kish, 1965) คือ

$$AIR = \sqrt[8]{\frac{10,000}{9,960}} = 1.0005$$

และหากต้องการนำค่าอัตราดังกล่าวไปใช้คำนวณกับปีปัจจุบันที่สำรวจ (ปี ค.ศ. 2015) จะต้องปรับเป็น

$$(AIR)^{PresentYear-InitialYear} = (AIR)^{2015-2000} = (AIR)^{15}$$

ค่าถ่วงน้ำหนักให้กับหน่วยตัวอย่างในกรณีนี้ (Weighting for AIR : w_{AIR}) คือ

$$w_{AIR} = \frac{1}{(AIR)^{PresentYear-InitialYear}}$$

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึง ขอบเขตของงานวิจัยและ ขั้นตอนดำเนินการวิจัย โดยขั้นตอนการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้ 1) การออกแบบแผนเบื้องต้น 2) การพิจารณาขนาดตัวอย่าง 3) การแบ่งชั้นภูมิ การจัดสรรหน่วยตัวอย่าง และหน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่หนึ่ง 4) หน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่สอง 5) แนวทางการคำนวณตัวประมาณที่เหมาะสม

3.1 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้จะศึกษาภายใต้ขอบเขตดังต่อไปนี้

1. งานวิจัยนี้ จะประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษา การสำรวจการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทยในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษเท่านั้น เนื่องจากมีกรอบตัวอย่างที่ชัดเจน สามารถหาได้จากระบบข้อมูลสารสนเทศเพื่อบริหารการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน: เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ซึ่งข้อมูลที่มีจะประกอบด้วย รายชื่อโรงเรียน และจำนวนนักเรียนในแต่ละโรงเรียน

2. ในงานวิจัยนี้จะเน้นการออกแบบ “TSSWPPSS” เพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัยเชิงสำรวจต่อไปในอนาคต (งานวิจัยนี้จะไม่ได้ทำการสำรวจจริง แต่จะให้แนวทางในการทำสำรวจ และจะมีการทำ Pilot Survey เพื่อกำหนดใช้เป็นแนวทางการออกแบบ) โดยใช้แผนการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิสองขั้น สุ่มตัวอย่างขั้นที่หนึ่งแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด โดยในงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ชั้นภูมิ คือ ชั้นภูมิที่ 1 ($h = 1$) แทนภายในกรุงเทพมหานคร และ ชั้นภูมิที่ 2 ($h = 2$) แทนภายนอกกรุงเทพมหานคร เนื่องจากกลุ่มนักเรียนภายในกรุงเทพมหานครมีจำนวนผู้เรียนกวดวิชามากกว่ากลุ่มภายนอกกรุงเทพมหานคร (กรองแก้ว ณ ลำปาง, 2555) และวิธีการเลือกหน่วยตัวอย่างในแต่ละชั้นภูมิจะแบ่งเป็น 2 ขั้น คือ
   - การสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่ 1 (Primary sampling unit: PSU) เพื่อเลือกโรงเรียน
   - การสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่ 2 (Secondary sampling unit: SSU) เพื่อเลือกนักเรียน

3. ประชากรที่สนใจศึกษา (Target Population) คือ กลุ่มนักเรียนไทยในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ

4. งานวิจัยนี้จะใช้กรอบตัวอย่างของจำนวนนักเรียนในปี พ.ศ. 2557 (สามารถหาได้จากระบบข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหาร: สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา) เพื่อนำไปใช้ในการทำการสำรวจปี พ.ศ. 2558 และจะใช้กรอบตัวอย่างปี พ.ศ. 2556 และ 2557 เพื่อหาอัตราการเพิ่มจำนวนนักเรียนรายปี

5. กำหนดสถิติที่สนใจศึกษาในการทำ Pilot Survey เพื่อวิจัยเชิงออกแบบ ได้แก่
   $\bar{y}_1$ แทน จำนวนข้อมูลชั่วโมงโดยเฉลี่ยที่เรียนกวดวิชาต่อสัปดาห์
   $\bar{y}_2$ แทน เกรดเฉลี่ยสะสม
   $\bar{y}_3$ แทน ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเรียนกวดวิชาต่อชั่วโมง (หน่วย สิบบาท)
   $\bar{y}_4$ แทน รายได้เฉลี่ยครอบครัวต่อเดือน (หน่วย พันบาท)
   $\hat{p}$ แทน สัดส่วนนักเรียนที่เรียนกวดวิชา

3.2 ขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย

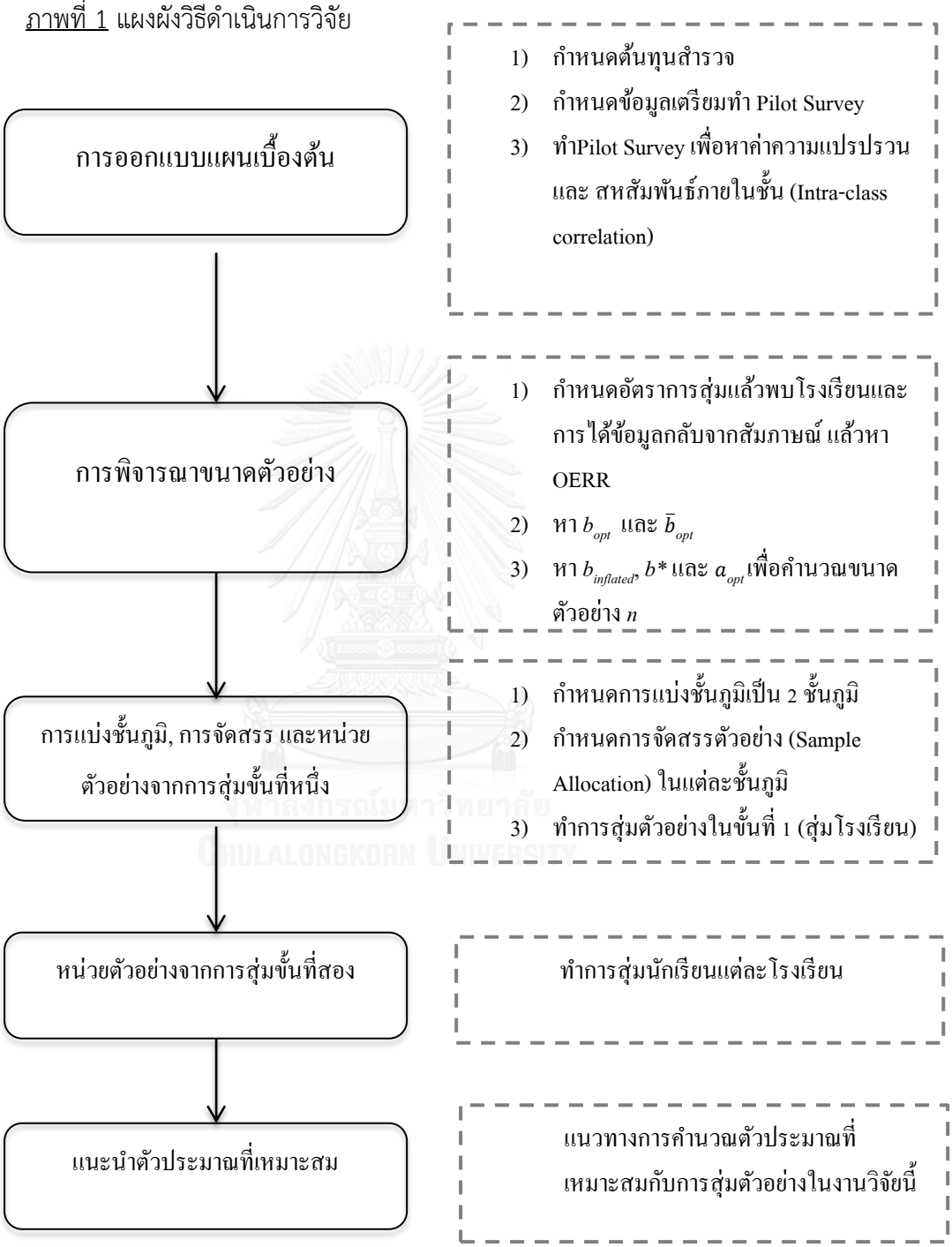
หัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีดำเนินงานวิจัยเชิงออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบแผนเบื้องต้น
2. การพิจารณาขนาดตัวอย่าง
3. การแบ่งชั้นภูมิ การจัดสรรตัวอย่าง และหน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่หนึ่ง
4. หน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่สอง
5. แนวทางการคำนวณตัวประมาณที่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนผังขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยทั้งหมด มีลักษณะดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แผงผังวิธีดำเนินการวิจัย



ขั้นตอนการสำรวจ

การออกแบบแผนเบื้องต้น จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษทั่วประเทศ ในขั้นแรกคือการกำหนดต้นทุนสำรวจทั้งหมดที่จะใช้ในการสำรวจ ต่อมาคือการกำหนดตัวสถิติที่จะใช้ในการทำ Pilot Survey โดยในงานวิจัยนี้จะเก็บตัวสถิติคือ จำนวนชั่วโมงเรียนกวดวิชาเฉลี่ยต่อสัปดาห์ เกรดเฉลี่ยสะสม ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเรียนกวดวิชาต่อชั่วโมง รายได้ครอบครัวเฉลี่ยต่อเดือน สัดส่วนนักเรียนที่เรียนกวดวิชา จากนั้นจึงลงมือทำ Pilot Survey เมื่อได้ข้อมูลจึงทำการคำนวณหาค่าความแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น เพื่อไว้ใช้คำนวณขนาดตัวอย่างในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนถัดมาคือการพิจารณาขนาดตัวอย่างในขั้นนี้ต้องกำหนดอัตราการพบ และอัตราการได้ข้อมูลตอบกลับ เพื่อใช้คำนวณค่า Overall Eligibility and Response Rate (OERR) ในการถ่วงน้ำหนักกับขนาดกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่จะต้องคำนวณหา จากนั้นจึงคำนวณหาจำนวนโรงเรียน และจำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ต้องสำรวจจากทั้งประเทศ เพื่อคำนวณหาขนาดตัวอย่าง n

ขั้นตอนต่อไปเมื่อได้จำนวนโรงเรียนและนักเรียนที่ต้องสำรวจทั้งประเทศแล้วจะทำการแบ่งชั้นภูมิ โดยในงานวิจัยนี้จะแบ่งชั้นภูมิออกเป็นจำนวน 2 ชั้นภูมิคือชั้นภูมิโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร และ ชั้นภูมิโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานคร เมื่อแบ่งชั้นภูมิแล้วในแต่ละชั้นภูมิจะมีการจัดสรรหน่วยตัวอย่าง เพื่อกำหนดจำนวนโรงเรียนที่ต้องสำรวจในชั้นภูมิทั้งสองชั้นภูมิ และในแต่ละชั้นภูมิจะมีการสุ่มตัวอย่าง 2 ขั้น

การสุ่มตัวอย่างขั้นที่ 1 เป็นการสุ่มเลือกโรงเรียน เป็นการสุ่มที่เป็นสัดส่วนต่อขนาด (Systematic Probability Proportionate to Size) และต่อมาเป็นการสุ่มตัวอย่างขั้นที่ 2 คือการสุ่มนักเรียนจากแต่ละโรงเรียนที่สุ่มได้ในขั้นที่ 1 ขั้นตอนสุดท้ายคือ แนวทางการคำนวณตัวประมาณที่เหมาะสมกับการสุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้

3.2.1 การออกแบบแผนเบื้องต้น

การออกแบบแผนเบื้องต้น เป็นขั้นตอนการกำหนดข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการสำรวจ และทำการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบในขั้นตอนถัดไปได้

ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย กำหนดต้นทุนที่ใช้ในการสำรวจ กำหนดสถิติเตรียมทำ Pilot Survey และทำการ Pilot Survey เพื่อนำผลสำรวจเบื้องต้นที่ได้มาคำนวณค่าสถิติ (เช่น ค่าความแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1.1 กำหนดต้นทุนสำรวจ

ในงานวิจัยนี้จะต้องกำหนดต้นทุนที่ใช้ในการสำรวจ ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนทั้งหมด (Total Cost: C) ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost: C_0) เป็นต้นทุนที่ไม่ขึ้นกับจำนวน Cluster และขนาดตัวอย่าง และต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) เป็นต้นทุนที่ขึ้นกับจำนวน Cluster และขนาดตัวอย่าง เช่น ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียน (C_a) และ ต้นทุนต่อการสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละคน (C_b)

จากขอบเขตของงานวิจัย จะแบ่งออกเป็น 2 ชั้นภูมิ คือ ชั้นภูมิที่ 1 ($h = 1$) แทนภายในกรุงเทพมหานคร และชั้นภูมิที่ 2 ($h = 2$) แทนภายนอกกรุงเทพมหานคร ดังนั้น ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียน ($C_{a,h}$) จะต้องกำหนดสำหรับโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร ($C_{a,h=1}$) และโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานคร ($C_{a,h=2}$) ด้วย

3.2.1.2 กำหนดตัวสถิติเตรียมทำ Pilot Survey

กำหนดตัวสถิติ ($\hat{\theta}$) ที่สนใจในงานวิจัยนี้ ได้แก่

$\bar{y}_1$ แทน จำนวนข้อมูลชั่วโมงโดยเฉลี่ยที่เรียนกวดวิชาต่อสัปดาห์

$\bar{y}_2$ แทน เกรดเฉลี่ยสะสม

$\bar{y}_3$ แทน ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเรียนกวดวิชาต่อชั่วโมง

$\bar{y}_4$ แทน รายได้เฉลี่ยครอบครัวต่อเดือน

$\hat{p}$ แทน สัดส่วนนักเรียนที่เรียนกวดวิชา

หลังจากนั้น จะทำ Pilot Survey สำหรับ $\hat{\theta}$ ทั้ง 5 ตัว เพื่อนำไปคำนวณค่าสถิติสำคัญในขั้นถัดไป

3.2.1.3 คำนวณค่าสถิติเบื้องต้นหลังการทำ Pilot Survey

หลังการทำ Pilot Survey จะนำผลที่ได้มาศึกษาและวิเคราะห์ เพื่อไปใช้กับการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างจริงในขั้นตอนถัดไป โดยจะคำนวณค่าสถิติเบื้องต้น ได้แก่ ความแปรปรวนจากการสุ่มแบบ Cluster และค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น ดังนี้

1) คำนวณค่าความแปรปรวนจากการสุ่มแบบ Cluster หรือ $var_{Cluster}(\hat{\theta})$ จากข้อมูลที่ได้จากการทำ Pilot Survey โดยใช้สูตร

$$var_{Cluster}(\hat{\theta}) = \frac{1-f}{a} s^2_{Cluster}$$

เมื่อ a แทน จำนวน Cluster (จำนวนโรงเรียน) ที่ทำ Pilot Survey

b แทน ขนาดของ Cluster (จำนวนนักเรียนแต่ละโรงเรียน) ที่ทำ Pilot Survey

$s^2_{Cluster}$ แทน $\frac{1}{(a-1)b^2}\left(\sum_{\alpha=1}^{a} y_\alpha^2 - \frac{(\sum_{\alpha=1}^{a} y_\alpha)^2}{a}\right)$

2) คำนวณค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นหรือ ρ สำหรับทุกตัวสถิติ $\hat{\theta}$ โดยใช้สูตร

$$\rho = \frac{Deff - 1}{b - 1}$$

เมื่อ b แทน จำนวนนักเรียนแต่ละโรงเรียนที่ทำ Pilot Survey

$Deff$ แทน ค่าที่คำนวณจาก Design effect ใช้สูตร

$$Deff = \frac{var_{Cluster}(\hat{\theta})}{var_{SRS}(\hat{\theta})}$$

โดย $var_{SRS}(\hat{\theta})$ คำนวณจากสูตร

$$var_{SRS}(\hat{\theta}) = \frac{1-f}{n} s^2_{SRS}$$

เมื่อ n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำ Pilot Survey

s^2_{SRS} แทน $\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2$

3.2.2 การพิจารณาขนาดตัวอย่าง

การพิจารณาขนาดตัวอย่าง เป็นขั้นตอนการนำค่าสถิติที่ได้จากการทำ Pilot Survey มาคำนวณเพื่อหาขนาดตัวอย่างที่ต้องการ โดยรายละเอียดขั้นตอนนี้ ประกอบด้วย การกำหนดค่าอัตราต่างๆ ที่เกี่ยวกับการสำรวจ ก่อนนำไปคำนวณค่า OERR เพื่อนำไปใช้ถ่วงน้ำหนักกับจำนวนนักเรียน

ภายหลัง จากนั้นจะคำนวณจำนวนนักเรียน (b_{opt}) ให้กับทุกข้อมูล $\hat{\theta}$ พร้อมทั้งหาจำนวนนักเรียนเฉลี่ย แล้วคำนวณหาขนาดตัวอย่าง รายละเอียดมีดังนี้

3.2.2.1 คำนวณค่า Overall Eligibility and Response Rate

สิ่งแรกจะต้องกำหนดค่าอัตราการพบ (Expected Eligibility Rate) กล่าวคือ อัตราการสุ่มโรงเรียนแล้วพบโรงเรียน (School Unit Occupancy Rate : SUOR) และ อัตราการได้ข้อมูลกลับจากการสัมภาษณ์ (Interview Response Rate : IRR) เพื่อคำนวณค่า Overall Eligibility and Response Rate (OERR) ซึ่งเท่ากับ SUOR x IRR

ค่า OERR จะนำไปถ่วงน้ำหนักกับจำนวนนักเรียนในภายหลัง ในกรณีที่ไปสำรวจแล้วนักเรียนไม่ให้ข้อมูลกลับมา (เช่น การปฏิเสธการตอบคำถาม)

3.2.2.2 คำนวณหา b_{opt} และ b_{opt} เฉลี่ย

1) คำนวณจำนวนนักเรียนหรือ b_{opt} สำหรับทุก $\hat{\theta}$ จากสูตร

$$b_{opt} = \sqrt{\left(\frac{\overline{C_a}}{C_b}\right)\left(\frac{1-\rho}{\rho}\right)}$$

เมื่อ $\overline{C_a}$ แทน ต้นทุนการเดินทางในการเก็บข้อมูลเฉลี่ยทั้ง 2 ชั้นภูมิ ($\overline{C_a} = \frac{1}{2}\sum_{h=1}^{2} C_{ha}$)

2) คำนวณค่าจำนวนนักเรียนเฉลี่ย $\overline{b_{opt}}$ จากข้อ 1)

3.2.2.3 คำนวณหาขนาดตัวอย่าง

ขั้นตอนการคำนวณหาขนาดตัวอย่าง ประกอบด้วย

1) คำนวณค่า $b_{inflated}$ เป็นค่าจำนวนนักเรียนเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักด้วย OERR เนื่องจากค่า $\bar{b}_{opt}$ เป็นจำนวนนักเรียนเฉลี่ยซึ่งอาจมีการปฏิเสธการตอบสัมภาษณ์ได้ จึงทำให้ต้อง

คำนวณหาจำนวนนักเรียนใหม่ เผื่อในเหตุการณ์ดังกล่าว ซึ่งทำให้ค่า $b_{inflated} > \bar{b}_{opt}$

โดยจำนวนนักเรียนที่ใช้ในการไปสำรวจ จะใช้สูตร

$$b_{inflated} = w_{OERR} \times \bar{b}_{opt} = \frac{\bar{b}_{opt}}{OERR}$$

2) คำนวณค่า b^*

ในทางปฏิบัติ แต่ละปีจะมีจำนวนนักเรียนทั้งหมดไม่เท่ากัน และอาจไม่ทราบจำนวนนักเรียนที่แท้จริงในปีนั้นๆได้ จึงต้องคำนวณอัตราการเพิ่มจำนวนนักเรียนรายปี (Annual Increase Rate: AIR) แล้วนำค่านี้ไปถ่วงน้ำหนักกับ $b_{inflated}$ (ซึ่งทำให้ค่า $b^* \geq b_{inflated}$) ด้วยสูตร

$$b^* = w_{AIR} \times b_{inflated} = \frac{b_{inflated}}{AIR}$$

3) หาจำนวนโรงเรียนที่เหมาะสม (a_{opt}) จากสูตร

$$a_{opt} = \frac{C - C_0}{\overline{C_a} + \bar{b}_{opt} C_b}$$

4) หาขนาดตัวอย่างที่ต้องการ จากสูตร

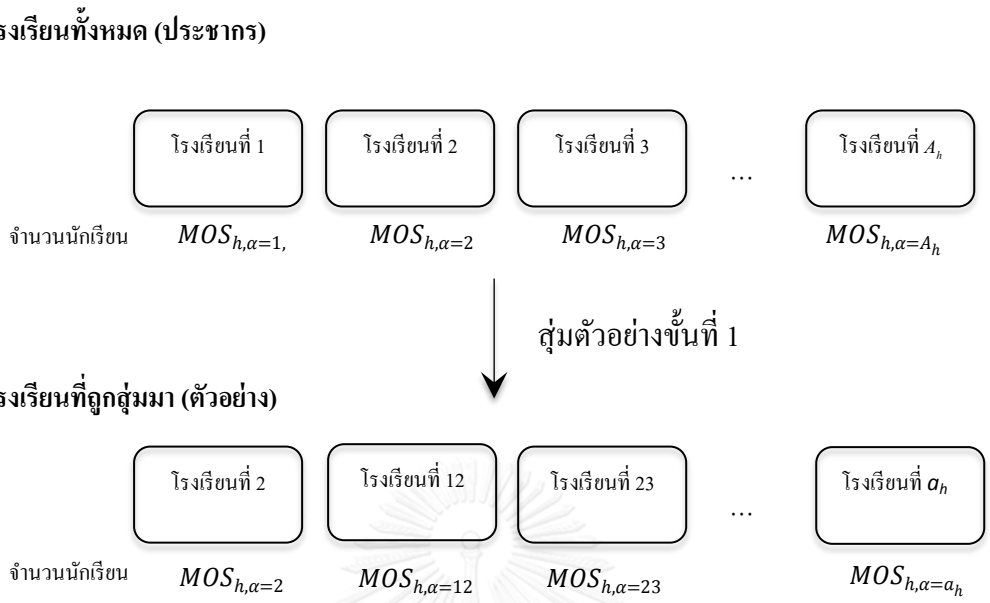
$$n = a_{opt} \times b^*$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.3 การแบ่งชั้นภูมิ การจัดสรรหน่วยตัวอย่าง และหน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่หนึ่ง

หน่วยตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มขั้นที่หนึ่ง (Primary-Stage Sampling Units: PSU) คือ โรงเรียน โดยลักษณะการสุ่มตัวอย่างขั้นที่หนึ่ง ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะการสุ่มตัวอย่างขั้นที่หนึ่ง



หลังจากทราบจำนวนโรงเรียนที่ออกแบบได้ข้างต้น ต่อมาจะพิจารณาเลือกตามสัดส่วน ในงานวิจัยนี้จะแบ่งกลุ่มโรงเรียนออกเป็น 2 ชั้นภูมิ คือชั้นภูมิที่ 1 กลุ่มโรงเรียนตัวอย่างในกรุงเทพมหานคร และชั้นภูมิที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตัวอย่างนอกกรุงเทพมหานคร โดยแต่ละชั้นภูมิจะต้องมีการจัดสรรตัวอย่าง (Sample Allocation) เพื่อกำหนดจำนวนโรงเรียนในชั้นภูมิที่ 1 และ 2 ซึ่งแทนด้วย $a_{h=1}$และ $a_{h=2}$ตามลำดับ

ต่อมาจะเป็นขั้นตอนการสุ่มเลือกโรงเรียน โดยใช้วิธี Systematic Probability Proportionate to Size (Systematic PPS) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะกับการสุ่มตัวอย่างที่เป็นสัดส่วนกับขนาด จะมีขั้นตอนการสุ่มเลือกโรงเรียน ดังต่อไปนี้

1. คำนวณ “ช่วงการสุ่มโรงเรียน (Sampling Interval: k)” ซึ่งคำนวณจากสูตร

$$k_h = \frac{\sum_{\alpha=1}^{A_h} MOS_{h\alpha}}{a_h}$$

เมื่อ k_h แทน ช่วงการสุ่มโรงเรียนในชั้นภูมิที่ h เมื่อ $h = 1,2$

(ค่า k_h จะเป็นจำนวนเต็ม หากเป็นทศนิยม ให้พิจารณาทศนิยมตำแหน่งที่ 1 ถ้าน้อยกว่า 5 ให้ตัดทศนิยม ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 5 ให้ปัดขึ้น)

a_h แทน จำนวนโรงเรียนในชั้นภูมิที่ h เมื่อ $h = 1,2$

A_h แทน จำนวนโรงเรียนทั้งหมดในชั้นภูมิที่ h เมื่อ $h = 1,2$

$MOS_{h\alpha}$แทน จำนวนนักเรียนแต่ละโรงเรียนที่ α เมื่อ $\alpha = 1,2,\dots,A_h$ ในชั้นภูมิที่ h เมื่อ $h = 1,2$

2. สุ่มตัวเลขเริ่มต้น (Random Start : RS) ที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง k_h

3. เลือกโรงเรียนแรกที่มีค่าผลรวมสะสมของขนาดโรงเรียน (Cumulative Sum) เท่ากับหรือมากกว่าตัวเลขที่ถูกสุ่มขึ้นมา จะได้โรงเรียนที่ 1

4. นำตัวเลขที่สุ่มมาบวก k_h เข้าไป จนกว่าจะครบ a_h โรงเรียน จะได้ค่าดังนี้ $RS + k_h,\ RS + 2k_h,\ RS + 3k_h, \dots,\ RS + (a_h - 1)k_h$

5. นำทุกค่าในข้อ 4. มาเลือกโรงเรียนจนครบ a_h โรงเรียน โดยใช้หลักการการเลือกโรงเรียนเหมือนกับข้อ 3.

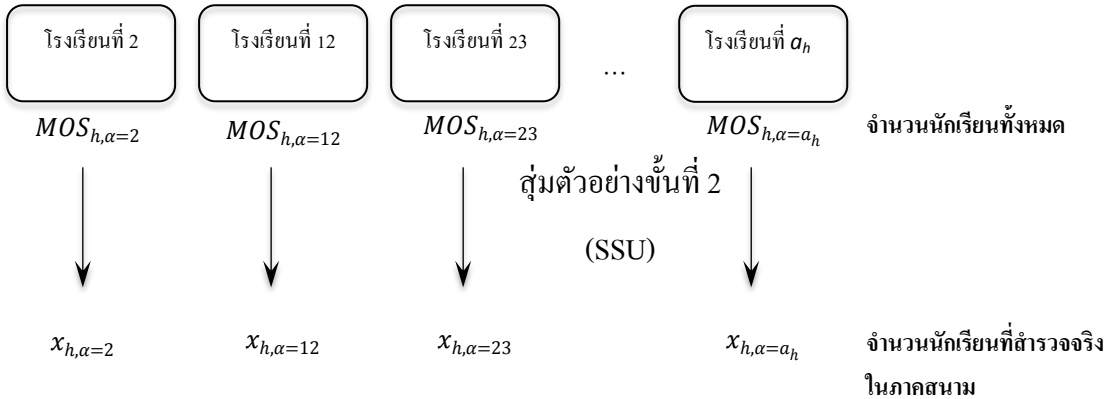
ส่วนโอกาสการเลือกตัวอย่างในขั้นที่ 1 หรือโอกาสที่โรงเรียนจะถูกเลือก ($f_{h\alpha}$) จะสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$f_{h\alpha} = a_h \times \frac{MOS_{h\alpha}}{\sum_{\alpha=1}^{A_h} MOS_{h\alpha}}$$

3.2.4 หน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่สอง

หน่วยตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มขั้นที่สอง (Second Stage-Sampling Units: SSU) คือ นักเรียน โดยลักษณะการสุ่มตัวอย่างขั้นที่สอง จะเสนอดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการสุ่มตัวอย่างขั้นที่สอง



โอกาสการเลือกตัวอย่างในขั้นที่ 2 หรือโอกาสที่นักเรียนจะถูกเลือกในแต่ละโรงเรียน ($f_{h,\beta|\alpha}$)

จะคำนวณได้จากสูตร

$$f_{h,\beta|\alpha} = \frac{b^*}{MOS_{h\alpha}}$$

เมื่อ $MOS_{h\alpha}$ แทน จำนวนนักเรียนในโรงเรียนที่ α เมื่อ $\alpha = 1,2,\dots,A_h$ ในชั้นภูมิ h เมื่อ $h = 1,2$

หากต้องการสำรวจข้อมูลจริง ณ ปีปัจจุบันที่สำรวจของแต่ละโรงเรียน ผู้วิจัยจะต้องขอบัญชีรายชื่อนักเรียนทั้งหมดในโรงเรียนนั้น ณ ปีปัจจุบัน แล้วนำมา คำนวณหาจำนวนนักเรียนที่สำรวจภาคสนามจริงในปีนั้น ($x_{h\alpha}$) ได้ จากสูตร

$$x_{h\alpha} = f_{h,\beta|\alpha} \times B_{h\alpha}$$

เมื่อ $x_{h\alpha}$ แทน จำนวนนักเรียนที่สำรวจภาคสนามจริงในโรงเรียนลำดับที่ α เมื่อ $\alpha = 1,2,\dots,A_h$ ในชั้นภูมิ h เมื่อ $h = 1,2$

$B_{h\alpha}$ แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในโรงเรียนที่ α เมื่อ $\alpha = 1,2,\dots,A_h$ ในชั้นภูมิ h เมื่อ $h = 1,2$ ในปีที่ทำการสำรวจ

หลังจากทราบจำนวนนักเรียนที่ต้องการสำรวจ จะแบ่งสำรวจนักเรียนมัธยมต้นและมัธยมปลายอย่างละเท่ากัน

ขั้นตอนการสุ่มเลือกนักเรียนในแต่ละโรงเรียน

1. นำบัญชีรายชื่อนักเรียนมัธยมตอนที่ d มาเรียงต่อเนื่องกัน

   เมื่อ d แทน ระดับชั้นมัธยมศึกษา เมื่อ $d = 1$ แทน มัธยมศึกษาตอนต้น และ $d = 2$ แทน มัธยมศึกษาตอนปลาย

2. คำนวณ “ช่วงการสุ่มนักเรียน” จากสูตร

$$(l_{h\alpha})_d = \frac{(B_{h\alpha})_d}{(x_{h\alpha})_d}$$

เมื่อ $(l_{h\alpha})_d$ แทน ช่วงการสุ่มนักเรียนในโรงเรียนที่ $\alpha = 1,2,\dots,A_h$ ในชั้นภูมิที่ h เมื่อ $h = 1,2$ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนที่ d เมื่อ $d = 1,2$

$(B_{h\alpha})_d$ แทน จำนวนนักเรียนจริงในโรงเรียนที่ α เมื่อ $\alpha = 1,2,\dots,A_h$ ในชั้นภูมิ h เมื่อ $h = 1,2$ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนที่ d เมื่อ $d = 1,2$ ของปีที่สำรวจ

$(x_{h\alpha})_d$ แทน จำนวนนักเรียนที่ต้องการสำรวจในโรงเรียนที่ α เมื่อ $\alpha = 1,2,\dots,A_h$ ในชั้นภูมิ h เมื่อ $h = 1,2$ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนที่ d เมื่อ $d = 1,2$ ของปีที่ทำการสำรวจ

3. สุ่มตัวเลขเริ่มต้น (RS) ที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง $(l_{h\alpha})_d$

4. เลือกนักเรียนจากรายชื่อที่มีลำดับตามตัวเลขที่ถูกสุ่มขึ้นมา

5. นำตัวเลขที่สุ่มมาบวก $(l_{h\alpha})_d$ เข้าไป จนกว่าจะครบ $(x_{h\alpha})_d$ คน จะได้ค่าดังนี้ $RS + (l_{h\alpha})_d,\ RS + 2(l_{h\alpha})_d,\ RS + 3(l_{h\alpha})_d, \dots,\ RS + ((x_{h\alpha})_d - 1)(l_{h\alpha})_d$

6. เลือกนักเรียนจากรายชื่อที่มีลำดับตามข้อ 5.

สรุป ลำดับการคำนวณหาจำนวนนักเรียน

$$b_{opt} \rightarrow \bar{b}_{opt} \rightarrow b_{inflated} \rightarrow b^* \rightarrow x_{h\alpha} \rightarrow (x_{h\alpha})_d$$

เมื่อ b_{opt} แทน จำนวนนักเรียนแต่ละ $\hat{\theta}$

$\bar{b}_{opt}$ แทน จำนวนนักเรียนเฉลี่ย

$b_{inflated}$ แทน จำนวนนักเรียนเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักในกรณีที่ปฏิเสธการตอบแบบสอบถาม

b^* แทน จำนวนนักเรียนที่ถ่วงน้ำหนักด้วยอัตราการเพิ่มจำนวนนักเรียนรายปี

$x_{h\alpha}$ แทน จำนวนนักเรียนที่เก็บสำรวจจริงในภาคสนามของโรงเรียนที่ α ชั้นภูมิที่ h

$(x_{h\alpha})_d$ แทน จำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนที่ d ที่สำรวจจริงในภาคสนาม ของโรงเรียนที่ α ชั้นภูมิที่ h

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.5 แนวทางการคำนวณตัวประมาณที่เหมาะสม

หลังจากออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อทราบขนาดตัวอย่างที่ต้องการเก็บ คือ จำนวนโรงเรียน และจำนวนนักเรียน จากวิธีการสุ่มโรงเรียนในขั้นที่หนึ่ง และวิธีการสุ่มนักเรียนในขั้นที่สองแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเสนอสูตรการประมาณค่า ที่เหมาะสมกับการสุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ โดยจะต้องคำนวณค่า Finite Population Correction (f) ทั้งในและนอกกรุงเทพมหานคร เพื่อนำไปถ่วงน้ำหนักในสูตรการประมาณค่า

ค่า Finite Population Correction ในชั้นภูมิ h เมื่อ $h = 1,2$ ของโรงเรียนที่ α สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$f_{h\alpha} = \frac{a_h \times x_{h\alpha}}{\sum_{\alpha=1}^{A_h} MOS_{h\alpha}}$$

เมื่อ a_h แทน จำนวนโรงเรียนตัวอย่างในชั้นภูมิ h เมื่อ $h = 1,2$

$x_{h\alpha}$ แทน จำนวนนักเรียนที่สำรวจภาคสนามในโรงเรียนลำดับที่ α เมื่อ $\alpha = 1,2,\dots,A_h$ ในชั้นภูมิ h เมื่อ $h = 1,2$

A_h แทน จำนวนโรงเรียนทั้งหมดในชั้นภูมิ h เมื่อ $h = 1,2$

$MOS_{h\alpha}$ แทน จำนวนนักเรียนในโรงเรียนลำดับที่ α เมื่อ $\alpha = 1,2,\dots,A_h$ ในชั้นภูมิ h เมื่อ $h = 1,2$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และสูตรคำนวณค่าผิดพลาดมาตรฐาน (Standard Error) เพื่อให้ผู้วิจัยท่านอื่นที่สนใจเรื่องการเรียนกวดวิชาสามารถนำไปคำนวณและใช้สำรวจข้อมูลจริงได้ โดยจะอธิบายรายละเอียดในบทที่ 4

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการประกอบด้วย กำหนดต้นทุนที่ใช้ในการสำรวจ กำหนดสถิติเตรียมทำ Pilot Survey และทำการ Pilot Survey เพื่อนำผลสำรวจเบื้องต้นที่ได้มาคำนวณค่าสถิติ (เช่น ค่าความแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การออกแบบแผนเบื้องต้น

ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย กำหนดต้นทุนที่ใช้ในการสำรวจ กำหนดสถิติเตรียมทำ Pilot Survey และทำการ Pilot Survey เพื่อนำผลสำรวจเบื้องต้นที่ได้มาคำนวณค่าสถิติ (เช่น ค่าความแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 กำหนดต้นทุนสำรวจ

ในงานวิจัยนี้จะต้องกำหนดต้นทุนที่ใช้ในการสำรวจการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทย คือ ต้นทุนทั้งหมด (Total Cost : C) ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) และต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.1.1 ต้นทุนทั้งหมด

กำหนดต้นทุนทั้งหมด (Total Cost: $\boldsymbol{C}$) ของการสุ่มตัวอย่างประมาณ 400,000 บาท เพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษา ในประเทศไทยมีจำนวนโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษจำนวน 280 โรงเรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2558) แบ่งเป็นโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร 44 โรงเรียน ($A_1 = 44$) โรงเรียนนอกกรุงเทพมหานคร 236 โรงเรียน ($A_2 = 236$) และมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 878,606 คน และได้คำนวณขนาดตัวอย่างของนักเรียนจากจำนวนนักเรียนทั้งหมด จำนวนนักเรียนในกรุงเทพมหานคร 141,638 ($\sum_{\alpha=1}^{A_1} MOS_{\alpha} = 141{,}638$) คนและจำนวนนักเรียนนอกกรุงเทพมหานคร 736,968 คน ($\sum_{\alpha=1}^{A_2} MOS_{\alpha} = 736{,}968$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และกำหนดความคลาดเคลื่อน 2% (อุทุมพร จามรมาน, 2537) ได้ขนาดตัวอย่างเป็นจำนวนนักเรียนในกรุงเทพมหานคร 2,169.545 ≈ 2,170 คน และนอกกรุงเทพมหานคร 2,239.566 ≈

2,240 คน ดังนั้น เก็บตัวอย่างทั้งหมดเท่ากับ 4,410 คน จึงมีการทำ Pilot Survey เพื่อต้องการทราบถึงลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษาเบื้องต้น โดยสุ่มโรงเรียน จำนวน 6 โรงเรียน นักเรียนจำนวน 120 คน แบ่งเป็นการสำรวจโรงเรียนในกรุงเทพจำนวน 3 โรงเรียน โรงเรียนนอกกรุงเทพมหานครจำนวน 3 โรงเรียน โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่ายดังนี้

ภายในกรุงเทพ

ค่าเดินทางและยานพาหนะ	120+500 = 620	บาท
(ค่าเดินทางคำนวณจากระยะทางการเดินทางไปแต่ละโรงเรียนและราคาน้ำมันดีเซล 26 บาท/ลิตร)		
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	150	บาท
ค่าบันทึกข้อมูลและรวบรวมข้อมูล 10 บาท x 60 ชุด	600	บาท
รวมเป็นต้นทุน	1,370	บาท

ภายนอกกรุงเทพ

ค่าเดินทางและยานพาหนะ	1,506+400 = 1,906	บาท
(ค่าเดินทางคำนวณจากระยะทางการเดินทางไปแต่ละโรงเรียนและราคาน้ำมันดีเซล 26 บาท/ลิตร)		
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	180	บาท
ค่าอาหารและที่พัก	2,200	บาท
ค่าบันทึกข้อมูลและรวบรวมข้อมูล 10 บาท x 60ชุด	600	บาท
รวมเป็นต้นทุน	4,886	บาท

จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 120 คน มีต้นทุนในการสำรวจเท่ากับ 6,256 บาท ดังนั้น นักเรียนจำนวน 1 คนมีต้นทุนเท่ากับ 6,256/120 = 52.13 บาท จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการเก็บ คือ 4,410 คน จะใช้งบประมาณทั้งหมด 52.13 x 4,410 = 229,899.3 ≈ 230,000 บาท ซึ่งเป็นต้นทุนแปรผัน และมีต้นทุนคงที่ 170,000 บาท (รายละเอียดอธิบายในหัวข้อ 4.1.1.2) จึงมีงบประมาณในการสำรวจทั้งหมดเป็น 230,000 + 170,000 = **400,000** บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.1.2 ต้นทุนคงที่

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost : C_0) ประมาณ 170,000 บาท ซึ่งประกอบด้วย

หมวดค่าใช้สอย		
ค่าสร้างและวิเคราะห์แบบสอบถาม	15,000	บาท
ค่าตอบแทนนักวิจัย	25,000	บาท
ค่าฝึกอบรมผู้สัมภาษณ์	16,000	บาท
หมวดค่าวัสดุ		
ค่าวัสดุสำนักงาน	21,000	บาท
ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	77,000	บาท
ค่าวัสดุอื่นๆ	5,000	บาท
เอกสารรายงาน	3,500	บาท
หมวดค่าสาธารณูปโภค		
ค่าโทรศัพท์และโทรสาร	2,000	บาท
ค่าไปรษณีย์	1,000	บาท
สำรองทั่วไป	4,500	บาท
รวมต้นทุนคงที่ (C_0)	**170,000**	**บาท**

4.1.1.3 ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost)

1) ต้นทุนในการเดินทางแต่ละโรงเรียน (Estimate Cost per School: C_a)

จะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ ภายในและนอกกรุงเทพมหานคร

1.1) ภายในกรุงเทพมหานคร (จำนวน 44 โรงเรียน)

มีระยะทางในการเดินทางไปแต่ละโรงเรียนทั้งหมดเท่ากับ		306.4	กิโลเมตร
ค่าน้ำมันที่ใช้ในการเดินทาง		796.64	บาท
ค่าน้ำมันต่อโรงเรียน	796.64/44 =	18.10	บาท
ค่ายานพาหนะ		5,000	บาท
ค่าใช้จ่ายอื่นๆในการเดินทาง		480	บาท

ดังนั้น C_a **ภายในกรุงเทพ** ($C_{a,h=1}$) คือ 18.10+5,000+480 = 5,498.1 ≈ **5,500** บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2) ภายนอกกรุงเทพมหานคร

โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษภายนอกกรุงเทพฯมีจำนวนทั้งหมด 236 โรงเรียน โดยแบ่งออกเป็น 6 ภาค

ตารางที่ 2 แสดงระยะทางรวมในการเดินทางไปโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษภายนอกกรุงเทพมหานคร

ภาค	ระยะทางเฉลี่ยในการเดินทางไปแต่ละจังหวัด (km x จำนวนจังหวัด)	ระยะทางเฉลี่ยในการเดินทางไปแต่ละโรงเรียน (km x จำนวนโรงเรียน)	ระยะทางเฉลี่ยในการเดินทางไปแต่ละโรงเรียนทั้งภาค
เหนือ	103.86×8=830.88	15×20=300	1,130.88
ตะงันออกเฉียงเหนือ	89.03×20=1,780.6	15×92=1,380	3,160.6
ตะวันตก	190.13×4=760.52	12×12=144	904.52
กลาง	68.11×20=1,362.2	12×64=768	2,130.2
ตะวันออก	77.63×6=465.78	12×19=228	693.78
ใต้	213.17×10=2,131.7	15×29=435	2,556.7
รวม			10,576.68

เพราะฉะนั้นค่าน้ำมันเท่ากับ 2.6×10,576.68 = 27,499.37 บาท

ค่าน้ำมันต่อโรงเรียน 27,499.37/236 = 116.52 บาท

ค่ายานพาหนะ 5,500 บาท

ค่าใช้จ่ายอื่นๆในการเดินทาง 880 บาท

ดังนั้น $\boldsymbol{C_a}$ **ภายนอกกรุงเทพ** ($C_{a,h=2}$) คือ 116.52+5,500+880 =6,496.52 ≈ **6,500** บาท

2) ต้นทุนในการสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละคน (Estimate Cost per Student : C_b)

ค่าอาหารและที่พัก 200 บาท/วัน

จำนวนผู้ให้สัมภาษณ์ 10 คน/วัน

ค่าเก็บรวบรวมข้อมูล 10 บาท/ชุด

ดังนั้น $\boldsymbol{C_b}$ คือ (200/10) + 10 = **30** บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.2 กำหนดสถิติเตรียมทำ Pilot Survey

ในงานวิจัยนี้จะทำ Pilot Survey เพื่อเก็บค่าสถิติที่สำคัญ ($\hat{\theta}$) ได้แก่ จำนวนข้อมูลชั่วโมงโดยเฉลี่ยที่เรียนกวดวิชาต่อสัปดาห์ ($\bar{y}_1$), สัดส่วนนักเรียนที่เรียนกวดวิชา ($\hat{p}$), เกรดเฉลี่ยสะสม ($\bar{y}_2$), ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเรียนกวดวิชาต่อชั่วโมง ($\bar{y}_3$), และรายได้เฉลี่ยครอบครัวต่อเดือน ($\bar{y}_4$)

การทำ Pilot Survey ในงานวิจัยนี้ จะเก็บข้อมูลทั้งหมด 6 โรงเรียน (a = 6) เป็นโรงเรียนภายในและนอกกรุงเทพนมหานครอย่างละ 3 โรงเรียน และจำนวนนักเรียนที่เก็บในแต่ละโรงเรียนเท่ากับ 20 คน (b = 20) ดังนั้น จำนวนนักเรียนทั้งหมดจากการทำ Pilot Survey เท่ากับ 120 คน

จากข้อมูลปี พ.ศ. 2557 พบว่า มีจำนวนโรงเรียนทั้งหมด (A) เท่ากับ 280 โรงเรียน มีจำนวนโรงเรียนภายใน ($A_{h=1}$) และภายนอก ($A_{h=2}$) กรุงเทพมหานคร เท่ากับ 44 และ 236 ตามลำดับ และจำนวนนักเรียนทั้งหมด ($\sum_{h=1}^{2}\sum_{\alpha=1}^{A_h} MOS_{h\alpha}$) ในปี พ.ศ. 2557 เท่ากับ 878,606 คน ประกอบด้วย จำนวนนักเรียนในกรุงเทพมหานคร ($\sum_{\alpha=1}^{44} MOS_{h=1,\alpha}$) เท่ากับ 141,638 คน และจำนวนนักเรียนนอกกรุงเทพมหานคร ($\sum_{\alpha=1}^{236} MOS_{h=2,\alpha}$) เท่ากับ 736,968 คน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2558) โดยผลการสำรวจจากการทำ Pilot Survey จะอยู่ในส่วนของภาคผนวก ค

4.1.3 คำนวณค่าสถิติเบื้องต้นหลังการทำ Pilot Survey

จากข้อมูลหลังการทำ Pilot Survey สามารถคำนวณค่าสถิติเบื้องต้น ซึ่งได้แก่ ค่าความแปรปรวนสำหรับการสุ่มแบบ Cluster และค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น ดังนี้

1. คำนวณค่าความแปรปรวนแบบ Cluster หรือ $var_{Cluster}(\hat{\theta})$ จากข้อมูลที่ได้จากการทำ Pilot Survey โดยใช้สูตร $var_{Cluster}(\hat{\theta}) = \frac{1-f}{a} s^2_{Cluster}$
2. คำนวณค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น หรือ ρ โดยใช้สูตร $\rho = \frac{Deff-1}{b-1}$ (รายละเอียดการคำนวณจะอธิบายในส่วนของภาคผนวก ค)

ตารางที่ 3 แสดงค่าสถิติเบื้องต้นหลังจากทำ Pilot Survey

$\hat{\theta}$	ค่า $\hat{\theta}$	$var_{Cluster}(\hat{\theta})$	ρ
สูตร	$\bar{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i = \frac{1}{ab}\sum_{\alpha=1}^{a}\sum_{\beta=1}^{b} y_{\alpha\beta}$	$var_{Cluster}(\hat{\theta}) = \frac{1-f}{a} s^2_{Cluster}$	$\rho = \frac{Deff - 1}{b - 1}$
$\bar{y}_1$	15.915	7.70370969	0.120667634
$\bar{y}_2$	3.071083333	0.00446175	0.120565139
$\bar{y}_3$	1.997541667	1.563476689	0.019339995
$\bar{y}_4$	54.75	4.755388696	0.051362122
$\hat{p}$	0.875	0.000208307	-0.013*

*ข้อมูลที่เก็บมาอาจน้อยเกินไป ทำให้ค่าที่ได้ไม่ตรงตามคุณลักษณะ ในกรณีนี้จึงไม่พิจารณาค่า $\hat{p}$

4.2 การพิจารณาขนาดตัวอย่าง

4.2.1 คำนวณค่า Overall Eligibility and Response Rate

กำหนดค่า Expected Eligibility และ Response Rate เพื่อคำนวณค่า Overalll Eligibility and Response Rate

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 แสดงค่า Expected Eligibility และ Response Rate

Expected Eligibility และ Response Rate	ค่า
อัตราการสุ่มโรงเรียนแล้วพบโรงเรียน (School Unit Occupancy Rate : SUOR)	1
อัตราการได้ข้อมูลกลับจากการสัมภาษณ์ (Interview Response Rate : IRR) (ตัวเลขจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ)	0.8
ดังนั้น จะได้ Overall Eligibility and Response Rate (OERR) = SUOR x IRR = 0.8	

4.2.2 คำนวณหา b_{opt} และ b_{opt} เฉลี่ย

1) คำนวณค่า b_{opt} สำหรับทุก $\hat{\theta}$

ตารางที่ 5 แสดงการคำนวณหา b_{opt}

$\hat{\theta}$	ρ	b_{opt}
สูตร	$\rho = \frac{Deff - 1}{b - 1}$	$b_{opt} = \sqrt{\left(\frac{C_a}{C_b}\right)\left(\frac{1-\rho}{\rho}\right)}$
$\bar{y}_1$	0.120667634	38.17650155
$\bar{y}_2$	0.120565139	38.19495134
$\bar{y}_3$	0.019339995	100.7038454
$\bar{y}_4$	0.051362122	60.77762864
$\hat{p}$	-0.013*	N/A*

*สาเหตุที่ค่า b_{opt} เป็น N/A (Not Available) เนื่องจาก ρ ของ $\hat{p}$ มีค่าเป็นลบ จึงทำให้ไม่สามารถหาค่าได้

2) คำนวณค่า $\overline{b_{opt}}$ จะเท่ากับ 59.4632317

4.2.3 คำนวณหาขนาดตัวอย่าง

เริ่มจากการหาอัตราการเพิ่มรายปี (Annual Increase Rate: AIR) จะนำจำนวนนักเรียนในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 คือ 882,166 และ 878,606 คน ตามลำดับ นำมาคำนวณจะได้ค่า AIR เท่ากับ 878,606 /882,166 = 0.995964 และได้ค่าน้ำหนักของ w_{AIR} เท่ากับ 1/0.995964 = 1.004052 จากนั้นนำไปคำนวณหาขนาดตัวอย่าง

ตารางที่ 6 แสดงการคำนวณหาขนาดตัวอย่าง

	$\bar{b}_{opt}$	OERR	$b_{inflated}$	w_{AIR}	b^*
สูตร		SUOR x IRR	$b_{inflated} = \frac{\bar{b}_{opt}}{OERR}$	$w_{AIR} = \frac{1}{AIR}$	$b^* = w_{AIR} \times b_{inflated}$
	59.46323173 ≈ 60	0.8	74.32903967 ≈ 75	1.004052	74.6302115 ≈ **75**

	a_{opt}	n
สูตร	$a_{opt} = \frac{C - C_0}{\overline{C_a} + \bar{b}_{opt} C_b}$	$n = a_{opt} \times b^*$
	29.4871795 ≈ 30	2,250

4.3 การแบ่งชั้นภูมิ การจัดสรรหน่วยตัวอย่าง และหน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่หนึ่ง

หน่วยตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มขั้นที่หนึ่ง (Primary-Stage Sampling Units : PSU) คือ “โรงเรียน” หลังจากที่ทราบจำนวนโรงเรียนที่ออกแบบข้างต้น คือ (a = 30) ต่อมาจะพิจารณาเลือกตามสัดส่วน โดยในงานวิจัยนี้จะแบ่งกลุ่มโรงเรียนออกเป็น 2 ชั้นภูมิ คือ ชั้นภูมิที่ 1 (h = 1) กลุ่มโรงเรียนตัวอย่างในกรุงเทพมหานคร และ ชั้นภูมิที่ 2 (h = 2) เนื่องจากกลุ่มนักเรียนภายในกรุงเทพมหานครมีจำนวนผู้เรียนกวดวิชามากกว่ากลุ่มภายนอกกรุงเทพมหานคร (กรองแก้ว ณ ลำปาง, 2555) และกลุ่มโรงเรียนตัวอย่างนอกกรุงเทพมหานคร แต่ละชั้นภูมิจะมีการจัดสรรตัวอย่าง (Sample Allocation) โดยในงานวิจัยนี้ จะเลือกใช้การแบ่งตามสัดส่วนแบบเท่ากัน (Equal Allocation) ด้วยการแบ่งจำนวนโรงเรียนแต่ละชั้นภูมิอย่างละเท่าๆ กัน ทำให้ความแปรปรวนระหว่างชั้นภูมิมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์การสำรวจที่จะทำการเปรียบเทียบกันระหว่างโรงเรียนภายในและนอกกรุงเทพมหานคร ดังนั้น จะแบ่งจำนวนโรงเรียนภายในและภายนอกกรุงเทพมหานครอย่างละ 15 โรงเรียน ($a_{h=1} = 15$ และ $a_{h=2} = 15$) โดยตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนที่ได้จากการสุ่มขั้นที่หนึ่ง (จะใช้วิธี Systematic PPS ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะกับการสุ่มตัวอย่างที่เป็นสัดส่วนกับขนาด) มีดังนี้

1) ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร

วิธีการสุ่มโรงเรียน จะต้องคำนวณหาช่วงการสุ่มโรงเรียน

$$k_{h=1} = \frac{\sum_{\alpha=1}^{44} MOS_{h=1,\alpha}}{a_{h=1}} = \frac{141{,}638}{15} \approx 9{,}443$$

โดยสุ่มตัวเลขเริ่มต้น (Random Start) ที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 9,443 ซึ่งในตัวอย่างนี้ จะสุ่มตัวเลขเริ่มต้นเป็น 2,022 จากนั้นจึงเลือกโรงเรียนแรก ที่มีค่าผลรวมสะสมของขนาดโรงเรียน (Cumulative Sum) ซึ่งมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าตัวเลขที่ถูกสุ่มมา นั่นคือ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย (โรงเรียนลำดับที่ 1 ในกรอบตัวอย่างบัญชีรายชื่อ ซึ่งอยู่ในภาคผนวก ก) จากนั้นนำเลข 2,022 มาบวกกับช่วงการสุ่มจะได้ 11,465 ซึ่งไปตกที่ผลรวมสะสมโรงเรียนลำดับที่ 4 นั่นคือ สตรีวิทยา ทำแบบนี้ไปจนครบ 15 โรงเรียน โดยรายละเอียดขั้นตอนการเลือกโรงเรียนอยู่ในภาคผนวก ง ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานครที่สุ่มขึ้นมามีดังนี้

ตารางที่ 7 ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร

โรงเรียนที่	โรงเรียน	โอกาสที่โรงเรียนจะถูกเลือก ($f_{h=1,\alpha}$)	โอกาสที่นักเรียนในโรงเรียนจะถูกเลือก ($f_{h=1,\beta\|\alpha}$)	$f_{h=1}$
		$a_{h=1} \times \frac{MOS_{h=1,\alpha}}{\sum_{\alpha=1}^{44} MOS_{h=1,\alpha}}$	$\frac{b^*}{MOS_{h=1,\alpha}}$	$f_{h=1,\alpha} \times f_{h=1,\beta\|\alpha}$
1	สวนกุหลาบวิทยาลัย	0.3776529	0.021032	0.007942784
2	สตรีวิทยา	0.3406925	0.023314	0.007942784
3	ศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ	0.3400570	0.023357	0.007942784
4	เทพศิรินทร์	0.3344441	0.023749	0.007942784
5	วัดนวลนรดิศ	0.2955775	0.026872	0.007942784
6	วัดราชโอรส	0.2877406	0.027604	0.007942784
7	สตรีวิทยา ๒	0.5009249	0.015856	0.007942784
8	บดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี)	0.4676711	0.016984	0.007942784
9	หอวัง	0.4581398	0.017337	0.007942784
10	เศรษฐบุตรบำเพ็ญ	0.3747935	0.021192	0.007942784
11	วัดสุทธิวราราม	0.3425987	0.023184	0.007942784
12	สุรศักดิ์มนตรี	0.3292549	0.024124	0.007942784
13	สายน้ำผึ้ง ในพระอุปถัมภ์ฯ	0.3088154	0.025720	0.007942784
14	สิริรัตนาธร	0.2981191	0.026643	0.007942784
15	นวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา	0.2651831	0.029952	0.007942784

2) ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนนอกกรุงเทพมหานคร

วิธีการสุ่มโรงเรียน จะต้องคำนวณหาช่วงการสุ่มโรงเรียน

$$k_{h=2} = \frac{\sum_{\alpha=1}^{236} MOS_{h=2,\alpha}}{a_{h=2}} = \frac{736{,}968}{15} \approx 49{,}131$$

โดยสุ่มตัวเลขเริ่มต้นที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 49,131 ซึ่งในตัวอย่างนี้ สุ่มตัวเลขเริ่มต้นเป็น 25,102 จากนั้นจึงเลือกโรงเรียนแรก ที่มีค่าผลรวมสะสมของขนาดโรงเรียน ซึ่งมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าตัวเลขที่ถูกสุ่มมา นั่นคือ โรงเรียนลำปางกัลยาณี (โรงเรียนลำดับที่ 9 ในกรอบตัวอย่างบัญชีรายชื่อ ซึ่งอยู่ในภาคผนวก ก) จากนั้นนำเลข 25,102 มาบวกกับช่วงการสุ่มจะได้ 74,233 ซึ่งไปตกที่ผลรวมสะสมโรงเรียนลำดับที่ 25 นั่นคือ พนมสารคาม ทำแบบนี้ไปจนครบ 15 โรงเรียน โดยรายละเอียด

ขั้นตอนการเลือกโรงเรียนอยู่ในภาคผนวก ง ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานครที่สุ่มขึ้นมามีดังนี้

ตารางที่ 8 ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานคร

โรงเรียนที่	โรงเรียน	โอกาสที่โรงเรียนจะถูกเลือก ($f_{h=2,\alpha}$)	โอกาสที่ นักเรียนในโรงเรียนจะถูกเลือก ($f_{h=2,\beta\|\alpha}$)	$f_{h=2}$
		$a_{h=2} \times \frac{MOS_{h=2,\alpha}}{\sum_{\alpha=1}^{236} MOS_{h=2,\alpha}}$	$\frac{b^*}{MOS_{h=2,\alpha}}$	$f_{h=2,\alpha} \times f_{h=2,\beta\|\alpha}$
1	ลำปางกัลยาณี	0.065335266	0.0233645	0.00152652
2	พนมสารคาม (พนมอดุลวิทยา)	0.055423031	0.0275432	0.00152652
3	ตากพิทยาคม	0.055382323	0.0275634	0.00152652
4	อ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม	0.058761032	0.0259785	0.00152652
5	ปทุมวิไล	0.071807731	0.0212585	0.00152652
6	พระปฐมวิทยาลัย	0.077812062	0.0196181	0.00152652
7	สมุทรสาครบูรณะ	0.06374768	0.0239464	0.00152652
8	หาดใหญ่วิทยาลัย	0.089637542	0.0170300	0.00152652
9	ทุ่งสง	0.060999935	0.0250250	0.00152652
10	บุญวัฒนา	0.079806722	0.0191278	0.00152652
11	กระสังพิทยาคม	0.057336275	0.0266241	0.00152652
12	เดชอุดม	0.083551796	0.0182704	0.00152652
13	ขอนแก่นวิทยายน	0.093565799	0.0163150	0.00152652
14	หนองหานวิทยา	0.05519914	0.0276549	0.00152652
15	อนุกูลนารี	0.075451037	0.0202320	0.00152652

4.4 หน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่สอง

4.4.1 คำนวณโอกาสที่นักเรียนจะถูกเลือกแต่ละโรงเรียน

โรงเรียนที่สุ่มขึ้นมา แต่ละโรงเรียนในหน่วยตัวอย่างจากการสุ่มขั้นที่หนึ่ง จะสามารถหาโอกาสที่นักเรียนถูกเลือกแต่ละโรงเรียน ($f_{h,\beta|\alpha}$) ได้ จากสูตร

$$f_{h,\beta|\alpha} = \frac{b^*}{MOS_{h\alpha}}$$

เมื่อ $MOS_{h\alpha}$ แทน จำนวนนักเรียนในโรงเรียนที่ α เมื่อ $\alpha = 1,2,\dots,A_h$ ในชั้นภูมิ h

เมื่อ $h = 1,2$

4.4.2 การสุ่มเลือกนักเรียนแต่ละโรงเรียน

จากการคำนวณในหัวข้อ 4.2 พบว่าจำนวนนักเรียนตัวอย่าง (ที่คำนวณจาก $MOS_{h\alpha}$ ซึ่งเป็นข้อมูลเก่าปี พ.ศ. 2557) จะเท่ากับ 75 คน หากต้องการสำรวจข้อมูลจริง ณ ปีปัจจุบัน ผู้วิจัยจะต้องขอบัญชีรายชื่อนักเรียนทั้งหมดของโรงเรียน ณ ปีปัจจุบัน แล้วนำมาคำนวณหาจำนวนนักเรียนที่ต้องการสำรวจจริงในปีนั้น ในกรณีนี้จะขอยกตัวอย่าง โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย ซึ่งเป็นโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร มีจำนวนนักเรียนจริงในปี พ.ศ. 2558 เท่ากับ 3,495 คน หรือสามารถเขียนเป็น $B_{h=1,\alpha=1} =$ 3,495 ประกอบด้วย จำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นเท่ากับ 1,704 หรือสามารถเขียนเป็น $\left(B_{h=1,\alpha=1}\right)_{d=1} =$ 1,704 และจำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 1,791 คน หรือสามารถเขียนเป็น $\left(B_{h=1,\alpha=1}\right)_{d=2} =$ 1,791

เมื่อคำนวณหาจำนวนนักเรียนที่ต้องการเก็บในปี พ.ศ. 2558 จะได้

$$x_{h=1,\alpha=1} = f_{h=1,\beta|\alpha=1} \times B_{h=1,\alpha=1} = 0.021032 \times 3{,}495 = 73.50684 \approx 74$$

ดังนั้น จำนวนนักเรียนของโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัยที่ต้องการสำรวจจริงในปี พ.ศ. 2558 จะเท่ากับ 74 คน (ซึ่งพบว่าจำนวนนักเรียนที่ต้องการสำรวจจริง ณ ปีปัจจุบัน จะมีค่าไม่แตกต่างกับค่า b^* มากนัก) โดยจะแบ่งสำรวจนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายอย่างละ 37 คนหรือเขียนเป็น $\left(x_{\alpha=1,h=1}\right)_{d=1} = \left(x_{\alpha=1,h=1}\right)_{d=2} =$ 37 (หากกรณีที่ค่า $x_{h\alpha}$ เป็นจำนวนคี่ เช่น $x_{h\alpha} =$ 75 สามารถแบ่งสัดส่วนการสำรวจจำนวนนักเรียน มัธยมศึกษาตอนต้น: มัธยมศึกษาตอนปลาย เป็น 37:38 หรือ 38:37 ได้ ขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้สำรวจ)

ขั้นตอนการสุ่มเลือกนักเรียนมัธยมตอนต้นในโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย มีดังนี้

1. รวมบัญชีรายชื่อสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

2. ช่วงการสุ่มสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นจะได้

$$\left(l_{h=1,\alpha=1}\right)_{d=1} = \frac{\left(B_{h=1,\alpha=1}\right)_{d=1}}{\left(x_{h=1,\alpha=1}\right)_{d=1}} = \frac{1{,}704}{37} = 46.054 \approx 46$$

3. สุ่มตัวเลขเริ่มต้นสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 46 ในกรณีนี้สุ่มขึ้นมาเป็น 12

4. เลือกนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นจากรายชื่อลำดับที่ 12 มาสำรวจข้อมูล

5. สำหรับการสำรวจนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ให้นำเลข 12 มาบวกกับช่วงการสุ่มนักเรียนไปเรื่อยๆ จนครบ 37 คน เป็นลำดับดังนี้ 12+46 = 58, 12+2(46) = 104, ..., 12+36(46) = 1,668

6. เลือกนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นจากรายชื่อตามลำดับในข้อ 5.

ขั้นตอนการสุ่มเลือกนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย มีดังนี้

1. รวมบัญชีรายชื่อสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ช่วงการสุ่มสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจะได้

$$\left(l_{h=1,\alpha=1}\right)_{d=2} = \frac{\left(B_{h=1,\alpha=1}\right)_{d=2}}{\left(x_{h=1,\alpha=1}\right)_{d=2}} = \frac{1{,}791}{37} = 48.405 \approx 48$$

3. สุ่มตัวเลขเริ่มต้น สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 48 ในกรณีนี้สุ่มขึ้นมาเป็น 23

4. เลือกนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจากรายชื่อลำดับที่ 23 มาสำรวจข้อมูล

5. สำหรับการสำรวจนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้นำเลข 23 มาบวกกับช่วงการสุ่มนักเรียนไปเรื่อยๆ จนครบ 37 คน เป็นลำดับดังนี้ 23+48 = 71, 23+2(48) = 119, ..., 23+36(48) = 1,751

6. เลือกนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจากรายชื่อตามลำดับในข้อ 5.

4.5 แนวทางการคำนวณตัวประมาณที่เหมาะสม

หลังจากออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อทราบขนาดตัวอย่างที่ต้องการเก็บ คือ จำนวนโรงเรียน และจำนวนนักเรียน วิธีการสุ่มโรงเรียนในขั้นที่หนึ่งและวิธีการสุ่มนักเรียนในขั้นที่สองแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเสนอสูตรการประมาณค่า (เช่น ค่าเฉลี่ย สัดส่วน เป็นต้น) ที่เหมาะสมกับการสุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้จะแนะนำค่าถ่วงน้ำหนัก และสูตรคำนวณค่าผิดพลาดมาตรฐาน (Standard Error) ในกรณีที่เกิด Non-EPSEM เพื่อให้ผู้วิจัยท่านอื่นที่สนใจเรื่องการเรียนกวดวิชาสามารถนำไปคำนวณและใช้สำรวจข้อมูลจริงได้

คำนวณค่า Finite Population Correction (กรณี EPSEM)

ขั้นตอนนี้จะคำนวณค่า Finite Population Correction (f) แบบ Equal Allocation ทั้งในและนอกกรุงเทพมหานคร โดยใช้สูตร

$$f_h = f_{h\alpha} \times f_{h,\beta|\alpha} = \frac{a_h MOS_{h\alpha}}{\sum_{\alpha=1}^{A_h} MOS_{h\alpha}} \times \frac{b^*}{MOS_{h\alpha}} = \frac{a_h \times b^*}{\sum_{\alpha=1}^{A_h} MOS_{h\alpha}}$$

เพื่อนำค่าดังกล่าวกลับไปถ่วงน้ำหนัก เมื่อจำนวนนักเรียนในกรุงเทพมหานคร ($\sum_{\alpha=1}^{44} MOS_{h=1,\alpha}$) เท่ากับ 141,638 คน และจำนวนนักเรียนนอกกรุงเทพมหานคร ($\sum_{\alpha=1}^{236} MOS_{h=2,\alpha}$) เท่ากับ 736,968 คน

ตารางที่ 9 แสดงการคำนวณค่า f ทั้งของในและนอกกรุงเทพมหานคร

	$f_{h=1}$ (ในกทม)	$f_{h=2}$ (นอกกทม)
สูตร	$\frac{a_{h=1} \times b^*}{\sum_{\alpha=1}^{44} MOS_{h=1,\alpha}}$	$f_{h=2} = \frac{a_{h=2} \times b^*}{\sum_{\alpha=1}^{236} MOS_{h=2,\alpha}}$
	$= \frac{1{,}125}{141{,}638}$ $= 0.00794278$	$= \frac{1{,}125}{736{,}968}$ $= 0.00152652$

ตัวประมาณค่าแบบจุด (Point Estimator)

ตัวประมาณค่าแบบจุด (Point Estimator) เป็นการประมาณพารามิเตอร์ด้วยค่าเดียว (Single-valued) โดยคำนวณจากข้อมูลตัวอย่าง เพื่อนำมาเป็นตัวประมาณของพารามิเตอร์ และเมื่อพิจารณาประเภทของพารามิเตอร์ (เช่น ค่าเฉลี่ย สัดส่วน และอัตราส่วน เป็นต้น) ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ตัวประมาณอัตราส่วน (Ratio Estimator) เป็นตัวประมาณที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่มที่สนใจ ซึ่งขนาดของโรงเรียน (จำนวนนักเรียนในโรงเรียน) ในงานวิจัยนี้ก็ถือว่าเป็นตัวแปรสุ่ม เนื่องจากแต่ละโรงเรียนมีขนาดไม่เท่ากัน โดย

สูตรอัตราส่วนตัวอย่างภายในกรุงเทพมหานครคือ

$$r_{h=1} = \frac{\sum_{\alpha=1}^{15}\sum_{\beta=1}^{x_{h=1,\alpha}} w_{h=1,\alpha\beta} y_{h=1,\alpha\beta}}{\sum_{\alpha=1}^{15}\sum_{\beta=1}^{x_{h=1,\alpha}} w_{h=1,\alpha\beta}}$$

เมื่อ $y_{h=1,\alpha\beta}$ แทน ค่าของข้อมูลที่ต้องการสำรวจนักเรียนคนที่ β ในโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานครที่ α

$x_{h=1,\alpha}$ แทน จำนวนนักเรียนที่สำรวจจริงในภาคสนามในโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานครที่ α

$w_{h=1,\alpha\beta}$ แทน ค่าน้ำหนักนักเรียนคนที่ β ในโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร

$$w_{h=1,\alpha\beta} = \frac{1}{f_{h=1,\alpha}} = \frac{\sum_{\alpha=1}^{44} B_{h=1,\alpha}}{a_{h=1} \times x_{h=1,\alpha}}$$

สูตรอัตราส่วนตัวอย่างภายนอกกรุงเทพมหานครคือ

$$r_{h=2} = \frac{\sum_{\alpha=1}^{15}\sum_{\beta=1}^{x_{h=2,\alpha}} w_{h=2,\alpha\beta} y_{h=2,\alpha\beta}}{\sum_{\alpha=1}^{15}\sum_{\beta=1}^{x_{h=2,\alpha}} w_{h=2,\alpha\beta}}$$

เมื่อ $y_{h=2,\alpha\beta}$ แทน ค่าของข้อมูลที่ต้องการสำรวจนักเรียนคนที่ β ในโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานครที่ α

$w_{h=2,\alpha\beta}$ แทน ค่าน้ำหนักนักเรียนคนที่ β ในโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานครที่ α

$$w_{h=2,\alpha\beta} = \frac{1}{f_{h=2,\alpha}} = \frac{\sum_{\alpha=1}^{236} B_{h=2,\alpha}}{a_{h=2} \times x_{h=2,\alpha}}$$

ส่วนสูตรอัตราส่วนตัวอย่างรวม (Sample Ratio : r) คือ

$$r = \frac{\sum_{h=1}^{2}\sum_{\alpha=1}^{15}\sum_{\beta=1}^{x_{h\alpha}} w_{h\alpha\beta} y_{h\alpha\beta}}{\sum_{h=1}^{2}\sum_{\alpha=1}^{15}\sum_{\beta=1}^{75} w_{h\alpha\beta}} = \frac{u}{w}$$

เมื่อ $y_{h\alpha\beta}$ แทน ค่าของข้อมูลที่ต้องการสำรวจนักเรียนคนที่ β ในโรงเรียนที่ α ในชั้นภูมิที่ h

$x_{h\alpha}$ แทน จำนวนนักเรียนที่สำรวจจริงในภาคสนามในโรงเรียนที่ α ในชั้นภูมิที่ h

$w_{h\alpha\beta}$ แทน ค่าน้ำหนักนักเรียนคนที่ β ในโรงเรียนที่ α ในชั้นภูมิที่ h เมื่อ

$$w_{h\alpha\beta} = \frac{1}{f_{h\alpha}} = \frac{\sum_{\alpha=1}^{A_h} B_{h\alpha}}{a_h \times x_{h\alpha}}$$

สูตรความแปรปรวนของอัตราส่วน (Stuart & Keith, 1994) สามารถประมาณด้วยอนุกรม Taylor รอบจุด $\theta = (\theta_x, \theta_y)$

$$f(x,y) = f(\theta) + f_x(\theta)(x-\theta_x) + f_y(\theta)(y-\theta_y) + remainder$$

จากสูตร $var(f(x,y)) = E\{[f(x,y) - E(f(x,y))]^2\}$ โดยให้ $E(f(x,y)) \approx f(\theta)$

ดังนั้น $var(f(x,y)) = E\{[f(x,y) - f(\theta)]^2\}$

$$var(f(x,y)) \approx E\{[f(\theta) + f_x(\theta)(x-\theta_x) + f_y(\theta)(y-\theta_y) - f(\theta)]^2\}$$

$$\approx E\{[(f_x(\theta))^2(x-\theta_x)^2 + (f_y(\theta))^2(y-\theta_y)^2 + 2(f_x(\theta))(f_y(\theta))(x-\theta_x)(y-\theta_y)]\}$$

$$\approx E[(f_x(\theta))^2(x-\theta_x)^2] + E[(f_y(\theta))^2(y-\theta_y)^2] + E[2(f_x(\theta))(f_y(\theta))(x-\theta_x)(y-\theta_y)]\}$$

$$\approx (f_x(\theta))^2 E(x-\theta_x)^2 + (f_y(\theta))^2 E(y-\theta_y)^2 + 2(f_x(\theta))(f_y(\theta)) E[(x-\theta_x)E(y-\theta_y)]$$

$$\approx \left(f_x(\theta)\right)^2 var(x) + \left(f_y(\theta)\right)^2 var(y) + 2\left(f_x(\theta)\right)\left(f_y(\theta)\right) cov(x,y)$$

เมื่อ $r = f(u,w) = \frac{u}{w}$

$$var\left(f(u,w)\right) \approx \left(f_u(\theta)\right)^2 var(u) + \left(f_w(\theta)\right)^2 var(w) + 2\left(f_u(\theta)\right)\left(f_w(\theta)\right) cov(u,w)$$

จาก $\left(f_u(\theta)\right)^2 = \frac{1}{w^2}$, $\left(f_w(\theta)\right)^2 = \frac{u^2}{w^4}$ และ $\left(f_u(\theta)\right)\left(f_w(\theta)\right) = -\frac{u}{w^3}$

$$var\left(f(u,w)\right) \approx \frac{1}{w^2} var(u) + \frac{u^2}{w^4} var(w) - 2\frac{u}{w^3} cov(u,w)$$

$$var\left(f(u,w)\right) \approx \frac{1}{w^2}\left[var(u) + \frac{u^2}{w^2} var(w) - 2\frac{u}{w} cov(u,w)\right]$$

$$var(r) \approx \frac{1}{w^2}\left[var(u) + r^2 var(w) - 2r cov(u,w)\right]$$

จะได้ สูตรความแปรปรวนของอัตราส่วนตัวอย่างแบบ Paired Selection คือ

$$var(r) \approx \frac{1}{(w)^2}\left[var(u) + r^2 var(w) - 2r cov(u,w)\right]$$

เมื่อ $var(u) = \frac{1}{15}\sum_{\alpha=1}^{15}\left(u_{h=1,\alpha} - u_{h=2,\alpha}\right)^2$

$var(w) = \frac{1}{15}\sum_{\alpha=1}^{15}\left(w_{h=1,\alpha} - w_{h=2,\alpha}\right)^2$

$cov(w,u) = \frac{1}{15}\sum_{\alpha=1}^{15}(u_{h=1,\alpha} - u_{h=2,\alpha})(w_{h=1,\alpha} - w_{h=2,\alpha})$

ดังนั้น สูตรคำนวณค่าผิดพลาดมาตรฐาน (Standard Error) คือ

$$se(r) = \sqrt{var(r)}$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์ จะมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนไปจากค่าพารามิเตอร์ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหน่วยตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (หากหน่วยตัวอย่างนั้นได้จากการสุ่มตัวอย่าง จะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้)

Chulalongkorn University

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สนใจเรื่องออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิสองขั้น โดยสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่หนึ่งแบบกำหนดความน่าจะเป็นให้เป็นสัดส่วนกับขนาด เพื่อใช้ในการสำรวจเรื่องการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทยในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ

สรุปผลการวิจัย

แผนการสำรวจเบื้องต้นของการสำรวจนักเรียนมัธยมศึกษาโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษหากตั้งงบประมาณจำนวน 400,000 บาท จะทำการสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่ 1 (โรงเรียน) เป็นจำนวน 30 โรงเรียน โดยแบ่งเป็นโรงเรียนภายนอกกรุงเทพและภายในกรุงเทพอย่างละ 15 โรงเรียน หากผู้วิจัยท่านอื่นนำแผนไปใช้เพื่อการเลือกโรงเรียนนั้นจะทำการสุ่มเลือกรายชื่อโรงเรียนจำนวน 30 โรงเรียนขึ้นมาจากบัญชีรายชื่อโรงเรียน

การสุ่มตัวอย่างขั้นที่ 2 เป็นการสุ่มนักเรียนในแต่ละโรงเรียนที่ได้จากขั้นที่ 1 โดยนำจำนวนนักเรียนทั้งหมดในปีปัจจุบันที่สำรวจคูณกับโอกาสนักเรียนที่จะถูกเลือก จะได้จำนวนนักเรียนจริงที่จะเก็บของปีนั้นๆ และสุ่มเลือกนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากบัญชีรายชื่อ ตามจำนวนนักเรียนที่คำนวณได้แบ่งเป็นจำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายอย่างละเท่าๆ กัน และมีแนวทางการคำนวณตัวประมาณที่เหมาะสม เพื่อผู้ที่สนใจศึกษาการสำรวจการเรียนกวดวิชาในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

5.1 ผลการเปรียบเทียบขนาดตัวอย่างในกรณีที่กำหนดต้นทุนทั้งหมดที่แตกต่างกัน

การกำหนดต้นทุนทั้งหมด (C) ที่แตกต่างกัน จะทำให้ผลของจำนวนโรงเรียน (a_{opt}) และขนาดตัวอย่าง (n) เปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงได้แสดงตารางเมื่อกำหนดต้นทุนทั้งหมดที่ต้องการสำรวจในสถานการณ์ (Scenario) ตั้งแต่ 500,000 ถึง 1,000,000 บาท ดังตาราง

ตารางที่ 10 แสดงจำนวนโรงเรียน นักเรียน ขนาดตัวอย่าง เมื่อกำหนดต้นทุนทั้งหมดในสถานการณ์ต่างกัน

ต้นทุนทั้งหมด (C)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
500,000	41	75	2,982
600,000	53	75	3,885
700,000	65	75	4,788
800,000	77	75	5,692
900,000	89	75	6,595
1,000,000	101	75	7,499

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาตามขอบเขตงานวิจัยที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ ซึ่งในความเป็นจริง อาจมีเงื่อนไขหรือปัจจัยภายนอกที่อยู่นอกเหนือขอบเขตของงานวิจัยนี้ ดังนั้น ในหัวข้อนี้จะเสนอแนะให้กับผู้วิจัยท่านอื่นที่ต้องการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำรวจการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทยที่เหมาะสมต่อไปได้

1. ผู้วิจัยสามารถนำแผนการสุ่มนำไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษา การสำรวจการเรียนกวดวิชาของนักเรียนไทย นอกเหนือโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษได้ เช่น โรงเรียนเอกชน โรงเรียนสาธิต โรงเรียนเทศบาล และโรงเรียนสังกัดอื่นๆ หากผู้วิจัยมีกรอบตัวอย่างโรงเรียนที่ชัดเจน

2. หากผู้วิจัยมีกรอบตัวอย่าง จำนวนห้องเรียนของแต่ละโรงเรียนที่ชัดเจน ผู้วิจัยสามารถใช้วิธีการเลือกหน่วยตัวอย่างแบบแบ่ง 3 ขั้นได้ คือ
   - การสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่ 1 (Primary sampling unit: PSU) เพื่อเลือกโรงเรียน
   - การสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่ 2 (Secondary sampling unit: SSU) เพื่อเลือกห้องเรียน
   - การสุ่มหน่วยตัวอย่างขั้นที่ 3 (Third sampling unit: TSU) เพื่อเลือกนักเรียน

3. ผู้วิจัยสามารถทำ Pilot Survey ใหม่ขึ้นเองได้ เช่น ระบุข้อมูลที่ใช้ในการสำรวจเพิ่มเติม เพิ่มจำนวนโรงเรียน และจำนวนนักเรียนในการเก็บข้อมูล เพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำมากขึ้น

4. งานวิจัยนี้สามารถปรับค่าต้นทุนในการสำรวจต่างๆ เช่น ต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนคงที่ ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียน และต้นทุนการสัมภาษณ์นักเรียนให้เหมาะสมกับ ณ ปัจจุบันได้ (เช่น ราคาน้ำมันที่ใช้ในการเดินทาง ราคาอาหารและที่พัก เป็นต้น)

5. การจัดสรรตัวอย่าง (Sample Allocation) ผู้วิจัยสามารถเลือกใช้การจัดสรรชนิดอื่นได้ เช่น การจัดสรรแบบ Proportionate, Neyman หรือ Optimum ได้ ขึ้นอยู่กับสิ่งที่สนใจและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

6. ผู้วิจัยสามารถคำนวณเพื่อทำตารางค่าใช้จ่ายของ C, C_o, C_a และ C_b ที่แตกต่างกัน เพื่อให้ผู้สำรวจสามารถนำไปใช้เก็บขนาดตัวอย่างได้ทันที

7. ผู้วิจัยสามารทำ Poststratification เพื่อแบ่งชั้นภูมิเป็น 4 ส่วน มัธยมศึกษาตอนต้นภายในกรุงเทพ (g=1), มัธยมศึกษาตอนปลายภายในกรุงเทพ (g=2), มัธยมศึกษาตอนต้นนอกกรุงเทพ (g=3) และมัธยมศึกษาตอนปลายนอกกรุงเทพ (g=4)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทำ Poststratification ใช้ค่าจำนวนประชากร(จำนวนนักเรียนจริงในปีที่สำรวจ) เพื่อเป็นการปรับข้อมูล เนื่องจากบางหน่วยตัวอย่างมีลักษณะไม่ครอบคลุมหน่วยประชากร โดยใช้วิธีแบ่งข้อมูลออกเป็นชั้นภูมิและถ่วงน้ำหนัก

$$r = \frac{\sum_{g=1}^{4}\sum_{\alpha=1}^{15}\sum_{\beta=1}^{x_{g\alpha}} w_{g\alpha\beta} y_{g\alpha\beta}}{\sum_{g=1}^{4}\sum_{\alpha=1}^{15}\sum_{\beta=1}^{x_{g\alpha}} w_{g\alpha\beta}}$$

$$var(r) \approx \frac{1}{n}\left(\sum_{g=1}^{4}\sum_{\alpha=1}^{15}\sum_{\beta=1}^{x_{g\alpha}} w_{g\alpha\beta}\, s_{g\alpha\beta}^{2} + \sum_{g=1}^{4}\sum_{\alpha=1}^{15}\sum_{\beta=1}^{x_{g\alpha}} w_{g\alpha\beta}\,(1 - w_{g\alpha\beta})\frac{s_{g\alpha\beta}^{2}}{n_g}\right)$$

เมื่อ g แทนชั้นภูมิที่ทำหลังจากการสำรวจ

$y_{g\alpha\beta}$ แทนค่าที่สนใจศึกษาคนที่ β โรงเรียนที่ α ชั้นภูมิที่ g

$$w_{g\alpha\beta} = \frac{N_g}{N} = \frac{\sum_{\alpha=1}^{15} B_{g\alpha}}{\sum_{g=1}^{4}\sum_{\alpha=1}^{15} B_{g\alpha}}$$

โดยที่ N_g แทนขนาดของโรงเรียนในชั้นภูมิที่ g

N แทน ขนาดโรงเรียนทั้งหมดในปีที่สำรวจ

$B_{g\alpha}$ แทน ขนาดโรงเรียนที่ α ชั้นภูมิที่ g

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Baldwin, S., Murray, D., Shadish, W., & Pals, S. (2011). Intraclass Correlation Associated with Therapists: Estimates and Applications in Planning Psychotherapy Research. . *Cognitive Behaviour Therapy,* 40(1), 15-33.

Kish, L. (1965). *Survey Sampling*. New York: Wiley.

Raymo, J. (2004). Sampling Theory. Retrieved from University of Wisconsin–Madison website: http://www.ssc.wisc.edu/~jraymo/links/soc357/class8_F09.pdf

Ross, K. N. (1978). Sample design for Educational survey reseach. *Evaluation in Education,* 2, 105-195.

Stuart, A., & Keith, O. (1994). *Kendall's Advanced Theory of Statistics* (Vol. 1): Wiley.

กรองแก้ว ณ ลำปาง. (2555). ภาษีโรงเรียนกวดวิชา: ข้อยกเว้นเพื่อผลประโยชน์ของใคร. (วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์.

ฉัตรชัย พานิชการ, จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร, & ณัฐวุฒิ โรจน์นิรุตติกุล. (2554). การศึกษาเปรียบเทียบการตัดสินใจของผู้ปกครองที่ส่งบุตรหลานเข้าเรียนในโรงเรียนกวดวิชา ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี. วารสารครุ ศาสตร์อุตสาหกรรม, 11(1), 82-93.

ชลธิศ เหมะประสิทธิ์, & ณักษ์ กุลิสร์. (2557). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแนวโน้มพฤติกรรมการเรียนต่อในสถานกวดวิชาแห่งเดิมของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลายในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา, 8(1), 27-40.

ประภาวัลย์ ชวนไชยะกูล. (2556). การศึกษาสภาพและผลกระทบของโรงเรียนกวดวิชาในประเทศไทย. วารสารการบริหารหารการศึกษา, 8(1), 19-33.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2545). รายงานการวิจัยการกวดวิชาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย. from http://admin.e-library.onecapps.org/Book/110.pdf

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2558). จำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาปีการศึกษา 2556-2558. Retrieved from ระบบข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารการศึกษา website: http://data.bopp-obec.info/emis/index_area.php?Area_CODE=101701

สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. (2554). หลักเกณฑ์และวิธีการย้ายผู้บริหารสถานศึกษา สังกัด สพฐ. . Retrieved from สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ website: http://www.moe.go.th/webhr/index.php?option=com_content&view=article&id=422:-m-m-s&catid=1:latest-news&Itemid=44

สำนักนโยบายและวิชาการสถิติ. (2551). เทคนิคการสุ่มตัวอย่างและการประมาณค่า. Retrieved from สำนักงานสถิติแห่งชาติ website: http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/Toneminute/files/55/A3-16.pdf

สุเมธ สมภักดี. (2550). ทฤษฎีการเลือกตัวอย่าง. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
อุทุมพร จามรมาน. (2537). การสุ่มตัวอย่างทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

กรอบตัวอย่างของบัญชีรายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนทั้งหมด

งานวิจัยนี้จะใช้กรอบข้อมูลบัญชีรายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนทั้งหมดในปี พ.ศ. 2557 โดยมีจำนวนโรงเรียนทั้งหมดเท่ากับ 280 โรงเรียน ประกอบด้วยโรงเรียนภายในและภายนอกกรุงเทพมหานครจำนวน 44 และ 236 โรงเรียน ตามลำดับ และมีจำนวนนักเรียนทั้งหมดเท่ากับ 878,606 คน ประกอบด้วยนักเรียนภายในและภายนอกกรุงเทพมหานครจำนวน 141,638 และ 736,968 คน ตามลำดับ

ตารางที่ 11 กรอบตัวอย่างบัญชีรายชื่อโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพ	ลำดับโรงเรียน	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
สพม.1	1	สวนกุหลาบวิทยาลัย	3,566	3,566
	2	โยธินบูรณะ	3,547	7,113
	3	ศึกษานารี	3,416	10,529
	4	สตรีวิทยา	3,217	13,746
	5	รัตนโกสินทร์สมโภช บางขุนเทียน	3,350	17,096
	6	มัธยมวัดสิงห์	3,179	20,275
	7	ศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ	3,211	23,486
	8	นวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา พุทธมณฑล	3,006	26,492
	9	สามเสนวิทยาลัย	3,023	29,515
	10	เทพศิรินทร์	3,158	32,673
	11	มัธยมวัดหนองแขม	2,850	35,523
	12	บางปะกอกวิทยาคม	2,993	38,516
	13	วัดนวลนรดิศ	2,791	41,307
	14	ทวีธาภิเศก	2,667	43,974
	15	ศึกษานารีวิทยา	3,416	47,390
	16	วัดราชโอรส	2,717	50,107

กรุงเทพ	ลำดับโรงเรียน	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
	17	ชิโนรสวิทยาลัย	2,743	52,850
	18	จันทร์ประดิษฐารามวิทยาคม	2,410	55,260
สพม.2	19	สตรีวิทยา ๒	4,730	59,990
	20	เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ	4,584	64,574
	21	บดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี)	4,416	68,990
	22	ฤทธิยะวรรณาลัย	4,493	73,483
	23	หอวัง	4,326	77,809
	24	บดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๒	4,149	81,958
	25	สารวิทยา	3,303	85,261
	26	เศรษฐบุตรบำเพ็ญ	3,539	88,800
	27	เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า	3,386	92,186
	28	ดอนเมืองทหารอากาศบำรุง	3,419	95,605
	29	วัดสุทธิวราราม	3,235	98,840
	30	เทพศิรินทร์ร่มเกล้า	3,338	102,178
	31	บางกะปิ	3,212	105,390
	32	สุรศักดิ์มนตรี	3,109	108,499
	33	นวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า	3,081	111,580
	34	นวมินทราชินูทิศ เบญจมราชาลัย	2,971	114,551
	35	สายน้ำผึ้ง ในพระอุปถัมภ์ฯ	2,916	117,467
	36	พรตพิทยพยัต	3,113	120,580
	37	มัธยมวัดหนองจอก	2,825	123,405
	38	สิริรัตนาธร	2,815	126,220
	39	นวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา ๒	2,852	129,072
	40	ราชวินิตบางเขน	2,328	131,400
	41	วชิรธรรมสาธิต	2,469	133,869
	42	นวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา	2,504	136,373
	43	เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ รัชดา	2,663	139,036
	44	นวมินทราชูทิศ กรุงเทพมหานคร	2,602	141,638
รวม			**141,638**	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 กรอบตัวอย่างบัญชีรายชื่อโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานคร

ภาค	ลำดับโรงเรียน	จังหวัด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
เหนือ	1	เชียงใหม่	ยุพราชวิทยาลัย	3,254	3,254
	2		วัฒโนทัยพายัพ	2,805	6,059
	3		สันป่าตองวิทยาคม	2,501	8,560
	4	เชียงราย	สามัคคีวิทยาคม	3,492	12,052
	5		ดำรงราษฎร์สงเคราะห์	2,799	14,851
	6		แม่สายประสิทธิ์ศาสตร์	2,928	17,779
	7		เทิงวิทยาคม	2,546	20,325
	8	ลำปาง	บุญวาทย์วิทยาลัย	4,219	24,544
	9		ลำปางกัลยาณี	3,210	27,754
	10	ลำพูน	จักรคำคณาทร จังหวัดลำพูน	3,358	31,112
	11		ส่วนบุญโญปถัมภ์ ลำพูน	3,230	34,342
	12	อุตรดิตถ์	อุตรดิตถ์ดรุณี	3,319	37,661
	13		อุตรดิตถ์	2,582	40,243
	14	แพร่	พิริยาลัยจังหวัดแพร่	3,411	43,654
	15		นารีรัตน์จังหวัดแพร่	3,391	47,045
	16	น่าน	สตรีศรีน่าน	2,951	49,996
	17		ศรีสวัสดิ์วิทยาคาร	2,262	52,258
	18		ปัว	2,034	54,292
	19	พะเยา	พะเยาพิทยาคม	3,693	57,985
	20		เชียงคำวิทยาคม	2,622	60,607
ตะวันออก	21	จันทบุรี	ศรียานุสรณ์	3,212	63,819
	22		เบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี	3,020	66,839
	23	ฉะเชิงเทรา	เบญจมราชรังสฤษฎ์	3,632	70,471
	24		ดัดดรุณี	2,986	73,457
	25		พนมสารคาม (พนมอดุล	2,723	76,180

ภาค	ลำดับโรงเรียน	จังหวัด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
			วิทยา)		
	26	ชลบุรี	ชลกันยานุกูล	4,113	80,293
	27		ชลราษฎรอำรุง	3,865	84,158
	28		สิงห์สมุทร	3,657	87,815
	29		พนัสพิทยาคาร	3,222	91,037
	30		ศรีราชา	3,238	94,275
	31		บ้านบึง "อุตสาหกรรมนุเคราะห์"	3,272	97,547
	32		ชลบุรี (สุขบท)	2,798	100,345
	33		โพธิสัมพันธ์พิทยาคาร	2,771	103,116
	34	ปราจีนบุรี	ปราจิณราษฎรอำรุง	3,464	106,580
	35		ปราจีนกัลยาณี	2,691	109,271
	36	ระยอง	ระยองวิทยาคม	3,941	113,212
	37		วัดป่าประดู่	2,793	116,005
	38		แกลง (วิทยสถาวร)	2,866	118,871
	39	สระแก้ว	อรัญประเทศ	2,440	121,311
ตะวันตก	40	ตาก	ตากพิทยาคม	2,721	124,032
	41		สรรพวิทยาคม	2,779	126,811
	42	กาญจนบุรี	กาญจนานุเคราะห์	3,795	130,606
	43		วิสุทธรังษี	3,591	134,197
	44		ท่ามะกาวิทยาคม	2,779	136,976
	45	ราชบุรี	เบญจมราชูทิศ ราชบุรี	3,654	140,630
	46		ราชโบริกานุเคราะห์	3,691	144,321
	47		รัตนราษฎร์บำรุง	2,889	147,210
	48		โพธาวัฒนาเสนี	2,890	150,100
	49	เพชรบุรี	เบญจมเทพอุทิศจังหวัดเพชรบุรี	3,105	153,205

ภาค	ลำดับโรงเรียน	จังหวัด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
	50		พรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี	2,896	156,101
	51		คงคาราม	2,636	158,737
กลาง	52	อยุธยา	อยุธยาวิทยาลัย	4,876	163,613
	53		จอมสุรางค์อุปถัมภ์	2,771	166,384
	54	อ่างทอง	สตรีอ่างทอง	3,351	169,735
	55		อ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม	2,887	172,622
	56	ลพบุรี	ชัยบาดาลวิทยา	2,584	175,206
	57		พิบูลวิทยาลัย	3,446	178,652
	58		พระนารายณ์	2,629	181,281
	59	สิงห์บุรี	สิงห์บุรี	3,028	184,309
	60	ชัยนาท	ชัยนาทพิทยาคม	3,135	187,444
	61	สระบุรี	สระบุรีวิทยาคม	3,344	190,788
	62		เสาไห้ วิมลวิทยานุกูล	2,790	193,578
	63		แก่งคอย	2,909	196,487
	64	นครนายก	นครนายกวิทยาคม	2,722	199,209
	65	นครสวรรค์	นครสวรรค์	4,028	203,237
	66		สตรีนครสวรรค์	2,971	206,208
	67		ตาคลีประชาสรรค์	3,016	209,224
	68		ชุมแสงชนูทิศ	2,602	211,826
	69		นวมินทราชูทิศ มัชฌิม	2,568	214,394
	70	ปทุมธานี	ธรรมศาสตร์คลองหลวงวิทยาคม	4,043	218,437
	71		ปทุมวิไล	3,528	221,965
	72		สวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต	3,379	225,344
	73		ธัญรัตน์	3,273	228,617
	74		ธัญบุรี	2,985	231,602
	75	พิษณุโลก	เฉลิมขวัญสตรี	3,332	234,934

ภาค	ลำดับโรงเรียน	จังหวัด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
	76		พิษณุโลกพิทยาคม	3,210	238,144
	77		จ่านกร้อง	2,552	240,696
	78	พิจิตร	พิจิตรพิทยาคม	2,820	243,516
	79	เพชรบูรณ์	หล่มสักวิทยาคม	2,724	246,240
	80		เพชรพิทยาคม	2,737	248,977
	81		วิทยานุกูลนารี	2,521	251,498
	82		หล่มเก่าพิทยาคม	2,502	254,000
	83	สุโขทัย	สุโขทัยวิทยาคม	2,930	256,930
	84		สวรรค์อนันต์วิทยา	2,604	259,534
	85	สุพรรณบุรี	กรรณสูตศึกษาลัย	2,891	262,425
	86		อู่ทอง	2,905	265,330
	87	กำแพงเพชร	กำแพงเพชรพิทยาคม	2,843	268,173
	88	นครปฐม	พระปฐมวิทยาลัย	3,823	271,996
	89		ราชินีบูรณะ	3,220	275,216
	90		วัดไร่ขิงวิทยา	3,283	278,499
	91		สิรินธรราชวิทยาลัย	2,830	281,329
	92		โรงเรียนมัธยมฐานบิน กำแพงแสน	2,513	283,842
	93	นนทบุรี	สวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี	4,737	288,579
	94		วัดเขมาภิรตาราม	3,419	291,998
	95		เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ นนทบุรี	3,391	295,389
	96		ปากเกร็ด	3,220	298,609
	97		เทพศิรินทร์ นนทบุรี	3,170	301,779
	98		นวมินทราชินูทิศ หอวัง นนทบุรี	2,990	304,769
	99		สตรีนนทบุรี	2,795	307,564

ภาค	ลำดับโรงเรียน	จังหวัด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
	100		เบญจมราชานุสรณ์	2,714	310,278
	101		บางบัวทอง	2,549	312,827
	102		ศรีบุณยานนท์	2,393	315,220
	103	สมุทรสงคราม	โรงเรียนศรัทธราสมุทร	2,504	317,724
	104	สมุทรสาคร	สมุทรสาครบูรณะ	3,132	320,856
	105		สมุทรสาครวิทยาลัย	2,995	323,851
	106	สมุทรปราการ	ราชวินิตบางแก้ว	3,770	327,621
	107		ราชประชาสมาสัยฝ่ายมัธยมฯ	3,149	330,770
	108		เทพศิรินทร์ สมุทรปราการ	3,087	333,857
	109		สมุทรปราการ	3,207	337,064
	110		บางพลีราษฎร์บำรุง	2,831	339,895
	111		สตรีสมุทรปราการ	2,927	342,822
	112		เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า สมุทรปราการ	2,864	345,686
	113		นวมินทราชินูทิศเตรียมอุดมศึกษาฯ	2,736	348,422
	114		นวมินทราชินูทิศ สวนกุหลาบวิทยาลัย สมุทรปราการ	2,863	351,285
	115		บดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) สมุทรปราการ	2,619	353,904
ใต้	116	กระบี่	อำมาตย์พานิชนุกูล	2,821	356,725
	117	ชุมพร	ศรียาภัย	3,366	360,091
	118		สอาดเผดิมวิทยา	2,843	362,934
	119		สวนศรีวิทยา	2,651	365,585
	120	สงขลา	หาดใหญ่วิทยาลัย	4,404	369,989
	121		วรนารีเฉลิม	3,553	373,542
	122		มหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา	3,752	377,294

ภาค	ลำดับโรงเรียน	จังหวัด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
	123		หาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา	3,743	381,037
	124		หาดใหญ่รัฐประชาสรรค์	3,070	384,107
	125		หาดใหญ่วิทยาลัย ๒	3,070	387,177
	126		นวมินทราชูทิศ ทักษิณ	2,935	390,112
	127	สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี	2,952	393,064
	128		สุราษฎร์พิทยา	3,016	396,080
	129		เมืองสุราษฎร์ธานี	2,478	398,558
	130	ตรัง	ห้วยยอด	2,695	401,253
	131		วิเชียรมาตุ	2,745	403,998
	132		สภาราชินี	2,576	406,574
	133		ย่านตาขาวรัฐชนูปถัมภ์	2,405	408,979
	134	นครศรีธรรมราช	กัลยาณีศรีธรรมราช	3,415	412,394
	135		เบญจมราชูทิศ	3,031	415,425
	136		ทุ่งสง	2,997	418,422
	137		ปากพนัง	2,595	421,017
	138		ท่าศาลาประสิทธิ์ศึกษา	2,470	423,487
	139	ภูเก็ต	ภูเก็ตวิทยาลัย	3,196	426,683
	140		สตรีภูเก็ต	2,975	429,658
	141	พัทลุง	พัทลุง	3,561	433,219
	142		สตรีพัทลุง	3,148	436,367
	143	ปัตตานี	เดชะปัตตนยานุกูล	2,588	438,955
	144	นราธิวาส	นราธิวาส	2,570	441,525
ตะวันออกเฉียงเหนือ	145	ศรีสะเกษ	กันทรลักษ์วิทยา	4,241	445,766

ภาค	ลำดับโรงเรียน	จังหวัด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
	146		ศรีสะเกษวิทยาลัย	4,168	449,934
	147		ขุขันธ์	3,809	453,743
	148		กันทรารมณ์	3,043	456,786
	149		สตรีสิริเกศ	3,043	459,829
	150		กำแพง	2,304	462,133
	151	นครราชสีมา	สุรนารีวิทยา	4,404	466,537
	152		บุญวัฒนา	3,921	470,458
	153		ราชสีมาวิทยาลัย	3,862	474,320
	154		พิมายวิทยา	3,627	477,947
	155		โชคชัยสามัคคี	3,545	481,492
	156		อุบลรัตนราชกัญญาราชวิทยาลัยนครราชสีมา	3,358	484,850
	157		ปากช่อง	3,273	488,123
	158		โนนสูงศรีธานี	3,255	491,378
	159		ปักธงชัยประชานิรมิต	2,965	494,343
	160		สุรธรรมพิทักษ์	2,650	496,993
	161		จักราชวิทยา	2,521	499,514
	162	บุรีรัมย์	บุรีรัมย์พิทยาคม	3,913	503,427
	163		พุทไธสง	3,096	506,523
	164		นางรอง	3,007	509,530
	165		ละหานทรายรัชดาภิเษก	2,896	512,426
	166		ลำปลายมาศ	2,766	515,192
	167		กระสังพิทยาคม	2,817	518,009
	168		หนองกี่พิทยาคม	2,701	520,710
	169		ประโคนชัยพิทยาคม	2,917	523,627
	170		สตึก	2,741	526,368
	171		บ้านกรวดวิทยาคาร	2,635	529,003

ภาค	ลำดับโรงเรียน	จังหวัด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
	172	นครพนม	นครพนมวิทยาคม	2,817	531,820
	173		โรงเรียนปิยะมหาราชาลัย	2,488	534,308
	174	สุรินทร์	สุรวิทยาคาร	4,149	538,457
	175		สิรินธร	3,513	541,970
	176		ประสาทวิทยาคาร	3,132	545,102
	177		รัตนบุรี	2,892	547,994
	178		ศรีขรภูมิพิสัย	2,853	550,847
	179		จอมพระประชาสรรค์	2,573	553,420
	180		สังขะ	2,335	555,755
	181	อุบลราชธานี	เบ็ญจะมะมหาราช	4,417	560,172
	182		นารีนุกูล	4,480	564,652
	183		เดชอุดม	4,105	568,757
	184		มัธยมตระการพืชผล	2,817	571,574
	185		ลือคำหาญวารินชำราบ	3,000	574,574
	186		เขื่องในพิทยาคาร	2,706	577,280
	187	ยโสธร	ยโสธรพิทยาคม	3,292	580,572
	188		คำเขื่อนแก้วชนูปถัมภ์	2,615	583,187
	189		เลิงนกทา	2,526	585,713
	190	ชัยภูมิ	สตรีชัยภูมิ	3,285	588,998
	191		ชัยภูมิภักดีชุมพล	3,315	592,313
	192		ภูเขียว	3,286	595,599
	193		แก้งคร้อวิทยา	2,515	598,114
	194	อำนาจเจริญ	อำนาจเจริญ	4,267	602,381
	195	หนองบัวลำภู	หนองบัวพิทยาคาร	3,394	605,775
	196		ศรีบุญเรืองวิทยาคาร	2,823	608,598
	197		คำแสนวิทยาสรรค์	2,554	611,152
	198	ขอนแก่น	ขอนแก่นวิทยายน	4,597	615,749

ภาค	ลำดับโรงเรียน	จังหวัด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
	199		แก่นนครวิทยาลัย	4,211	619,960
	200		กัลยาณวัตร	3,852	623,812
	201		ศรีกระนวนวิทยาคม	3,573	627,385
	202		ชุมแพศึกษา	3,190	630,575
	203		บ้านไผ่	3,047	633,622
	204		น้ำพองศึกษา	2,829	636,451
	205		หนองเรือวิทยา	2,750	639,201
	206		ขามแก่นนคร	2,546	641,747
	207		ภูเวียงวิทยาคม	2,500	644,247
	208	อุดรธานี	อุดรพิทยานุกูล	5,211	649,458
	209		สตรีราชินูทิศ	3,790	653,248
	210		ประจักษ์ศิลปาคาร	3,178	656,426
	211		อุดรพิชัยรักษ์พิทยา	3,055	659,481
	212		บ้านดุงวิทยา	2,793	662,274
	213		หนองหานวิทยา	2,712	664,986
	214		กุมภวาปี	2,572	667,558
	215	เลย	เลยพิทยาคม	3,145	670,703
	216		ศรีสงครามวิทยา	2,775	673,478
	217	มุกดาหาร	มุกดาหาร	2,755	676,233
	218	หนองคาย	ปทุมเทพวิทยาคาร	3,894	680,127
	219		ชุมพลโพนพิสัย	2,885	683,012
	220	มหาสารคาม	ผดุงนารี	4,205	687,217
	221		สารคามพิทยาคม	3,958	691,175
	222		วาปีปทุม	3,228	694,403
	223		พยัคฆภูมิวิทยาคาร	3,066	697,469
	224		บรบือ	2,528	699,997
	225		บรบือวิทยาคาร	2,516	702,513

ภาค	ลำดับโรงเรียน	จังหวัด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน) ปีพ.ศ. 2557 (MOS_α)	จำนวนนักเรียนสะสม (Cum MOS_α)
	226	ร้อยเอ็ด	โพนทองพัฒนาวิทยา	3,107	705,620
	227		เสลภูมิพิทยาคม	2,755	708,375
	228	กาฬสินธุ์	กาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์	4,440	712,815
	229		อนุกูลนารี	3,707	716,522
	230		สมเด็จพิทยาคม	2,574	719,096
	231	สกลนคร	สกลราชวิทยานุกูล	4,135	723,231
	232		สกลนครพัฒนศึกษา	2,100	725,331
	233		ธาตุนารายณ์วิทยา	3,083	728,414
	234		สว่างแดนดิน	2,640	731,054
	235		มัธยมวานรนิวาส	2,708	733,762
	236	บึงกาฬ	บึงกาฬ	3,206	736,968
			รวม	**736,968**	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

ผลลัพธ์แบบสอบถามจากการทำ Pilot Survey

งานวิจัยนี้ จะสอบถามข้อมูลในการทำ Pilot Survey ได้แก่ เรียนกวดวิชาหรือไม่ จำนวนข้อมูลชั่วโมงโดยเฉลี่ยที่เรียนกวดวิชาต่อสัปดาห์ เกรดเฉลี่ยสะสม ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเรียนกวดวิชาต่อชั่วโมง และรายได้เฉลี่ยครอบครัวต่อเดือน

การทำ Pilot Survey จะเก็บข้อมูลจาก 6 โรงเรียน เป็นโรงเรียนภายในและนอกกรุงเทพมหานครอย่างละ 3 โรงเรียน (ภายในกรุงเทพมหานคร ได้แก่ โรงเรียนหอวัง เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ และ บางปะกอกวิทยาคม โรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานคร ได้แก่ โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล จังหวัดอุดรธานี โรงเรียนธรรมศาสตร์คลองหลวงวิทยาคม จังหวัดปทุมธานี และโรงเรียนศรีบุณยานนท์ จังหวัดนนทบุรี) และจำนวนนักเรียนที่เก็บในแต่ละโรงเรียนเท่ากับ 20 คน ดังนั้น จำนวนนักเรียนทั้งหมดจากการทำ Pilot Survey เท่ากับ 120 คน โดยผลลัพธ์จากการเก็บแบบสอบถาม เป็นดังนี้

ตารางที่ 13 ผลจากการเก็บแบบสอบถามจากการทำ Pilot Survey

ลำดับ	ลำดับแบบสอบถาม	เรียน/ไม่เรียนกวดวิชา (0 ไม่เรียน/1 เรียน)	เรียนกวดวิชา (ชม./สัปดาห์)	เกรดเฉลี่ยสะสม	ค่าใช้จ่ายในการเรียนกวดวิชา (บาท/ชม.)	รายได้ครอบครัว (บาท/เดือน)
1	1	1	2.3	3.88	84	50,000
2	2	1	40	3.6	230	90,000
3	3	1	4	2.98	360	70,000
4	4	1	6	3	70	49,000
5	5	0	0	0	0	0
6	6	1	49	4	333	50,000
7	7	1	56	3.25	400	48,000
8	8	1	28	3.78	233	90,000
9	9	1	20	3.74	117	45,000
10	10	1	4	3.85	413	100,000
11	11	1	48	3.95	265	62,000
12	12	1	51	4	280	80,000

ลำดับ	ลำดับแบบสอบถาม	เรียน/ไม่เรียนกวดวิชา (0 ไม่เรียน/1 เรียน)	เรียนกวดวิชา (ชม./สัปดาห์)	เกรดเฉลี่ยสะสม	ค่าใช้จ่ายในการเรียนกวดวิชา (บาท/ชม.)	รายได้ครอบครัว (บาท/เดือน)
13	13	1	12	3.71	167	70,000
14	14	1	42	3.64	200	46,000
15	15	1	49	3.6	430	49,000
16	16	1	42	3.95	204	90,000
17	17	1	48	3.6	225	65,000
18	18	1	42	3.75	165	80,000
19	19	0	0	0	0	0
20	20	1	16	2.75	300	85,000
21	1	1	10	3.6	87	60,000
22	2	1	24	3.75	400	50,000
23	3	1	30	3.07	323	50,000
24	4	1	32	3.26	350	47,000
25	5	1	49	3.3	350	80,000
26	6	1	58	3.58	400	60,000
27	7	1	4	2.73	183	50,000
28	8	1	30	3	223	50,000
29	9	1	30	3	315	60,000
30	10	0	0	0	0	0
31	11	1	42	3.84	237	50,000
32	12	1	6	3.87	150	50,000
33	13	1	17	3.55	188	46,000
34	14	1	29	3.41	100	60,000
35	15	1	6	3.65	500	50,000
36	16	0	0	0	0	0
37	17	0	0	0	0	0
38	18	1	4	2.9	100	40,000
39	19	1	6	3.31	300	60,000
40	20	1	5	3.48	300	46,000
41	1	0	0	0	0	0
42	2	1	6	3.54	120	50,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ลำดับแบบสอบถาม	เรียน/ไม่เรียนกวดวิชา (0 ไม่เรียน/1 เรียน)	เรียนกวดวิชา (ชม./สัปดาห์)	เกรดเฉลี่ยสะสม	ค่าใช้จ่ายในการเรียนกวดวิชา (บาท/ชม.)	รายได้ครอบครัว (บาท/เดือน)
43	3	1	12	3.81	200	85,000
44	4	1	56	3.54	300	45,000
45	5	1	21	3	250	90,000
46	6	1	10	3.96	700	100,000
47	7	1	42	2.6	440	48,000
48	8	1	20	3.9	100	72,000
49	9	1	6	2.8	225	56,000
50	10	1	48	3.65	150	50,000
51	11	1	24	3.1	150	50,000
52	12	1	3	3.7	208	46,000
53	13	1	4	3.14	188	86,000
54	14	1	12	3.28	150	50,000
55	15	0	0	0	0	0
56	16	1	5	4	250	70,000
57	17	1	6	3.88	200	50,000
58	18	1	10	3.91	300	80,000
59	19	1	4	3.7	250	98,000
60	20	1	3	3.84	200	50,000
61	1	1	7	3.87	180	64,000
62	2	0	0	0	0	0
63	3	1	8	2.95	116	56,000
64	4	1	4	3.25	180	50,000
65	5	0	0	0	0	0
66	6	1	6	3.66	200	54,000
67	7	1	4	3.7	267	70,000
68	8	1	9	3.14	120	55,000
69	9	1	4	3.2	180	90,000
70	10	1	10	3.75	230	65,000
71	11	1	6	3.9	150	56,000
72	12	1	35	3.93	320	60,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ลำดับแบบสอบถาม	เรียน/ไม่เรียนกวดวิชา (0 ไม่เรียน/1 เรียน)	เรียนกวดวิชา (ชม./สัปดาห์)	เกรดเฉลี่ยสะสม	ค่าใช้จ่ายในการเรียนกวดวิชา (บาท/ชม.)	รายได้ครอบครัว (บาท/เดือน)
73	13	1	12	3.82	350	80,000
74	14	1	49	4	245	73,000
75	15	1	8	3.02	116	55,000
76	16	1	4	2.8	180	46,000
77	17	1	9.5	3.68	300	64,000
78	18	1	4	3.1	223	54,000
79	19	1	8	3.26	116	80,000
80	20	0	0	0	0	0
81	1	1	6.5	3.91	125	50,000
82	2	1	4	2.35	70	75,000
83	3	1	7	3.84	70	60,000
84	4	1	12	3.61	250	50,000
85	5	0	0	0	0	0
86	6	1	25	3.53	200	45,000
87	7	1	10	3.88	250	90,000
88	8	1	2	3.82	250	50,000
89	9	1	30	3.72	150	48,000
90	10	1	14	2.75	300	82,000
91	11	1	46.5	3.96	80	100,000
92	12	1	9	4	300	50,000
93	13	1	9	3.04	70	45,000
94	14	1	2	3.06	86	77,000
95	15	1	17	2.9	100	46,000
96	16	1	10	3.62	70	80,000
97	17	0	0	0	0	0
98	18	1	6	3.5	500	78,000
99	19	0	0	0	0	0
100	20	1	6	3.81	150	70,000
101	1	1	8	3.7	91	49,000
102	2	1	15	2.8	300	78,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ลำดับแบบสอบถาม	เรียน/ไม่เรียนกวดวิชา (0 ไม่เรียน/1 เรียน)	เรียนกวดวิชา (ชม./สัปดาห์)	เกรดเฉลี่ยสะสม	ค่าใช้จ่ายในการเรียนกวดวิชา (บาท/ชม.)	รายได้ครอบครัว (บาท/เดือน)
103	3	1	52	3.85	100	90,000
104	4	1	18	3	400	65,000
105	5	1	6	3.82	150	40,000
106	6	0	0	0	0	0
107	7	1	49	3.94	170	55,000
108	8	1	2	3.2	200	46,000
109	9	1	16	3.88	250	100,000
110	10	1	3	3.45	200	48,000
111	11	1	8	3.6	300	97,000
112	12	1	6	3.2	100	40,000
113	13	1	4	2.95	120	60,000
114	14	1	3	3.9	340	45,000
115	15	1	42	3.56	73	40,000
116	16	1	4	3.9	400	80,000
117	17	0	0	0	0	0
118	18	1	7	3.82	120	55,000
119	19	1	15	3.95	500	50,000
120	20	1	15	4	300	60,000

ค่าที่สนใจ	สัดส่วน	จำนวนชั่วโมงเรียนกวดวิชาเฉลี่ย	เกรดเฉลี่ย	ค่าเรียน/ชม.เฉลี่ย	รายได้ครอบครัว/เดือน เฉลี่ย
	0.875	15.915	3.071083333	199.7541667	54,750

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการหาค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น

ลำดับขั้นตอนการคำนวณค่า ρ คือ

1. คำนวณค่า $s^2_{Cluster}$ และ $var_{Cluster}(\hat{\theta})$ แบบ Cluster Sampling จากข้อมูลที่ทำ Pilot Survey โดยใช้ สูตร

$$s^2_{Cluster} = \frac{1}{a-1}\sum_{\alpha=1}^{a}(\overline{y_\alpha} - \overline{y})^2 = \frac{1}{(a-1)b^2}\left(\sum_{\alpha=1}^{a} y_\alpha^2 - \frac{\left(\sum_{\alpha=1}^{a} y_\alpha\right)^2}{a}\right)$$

และ $var_{Cluster}(\hat{\theta}) = \frac{1-f}{a} s^2_{Cluster}$

เมื่อ a แทน จำนวนโรงเรียนที่ทำ Pilot Survey ซึ่งเท่ากับ 6 (เป็นโรงเรียนภายในและภายนอกกรุงเทพอย่างละ 3 โรงเรียน ทำ Pilot Survey ปี พ.ศ. 2557)

b แทน จำนวนนักเรียนที่เก็บในแต่ละโรงเรียน ซึ่งเท่ากับ 20 คน

A แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด (ปี พ.ศ. 2557) ซึ่งเท่ากับ 280

n แทน จำนวนนักเรียนที่เก็บจาก Pilot Survey ซึ่งเท่ากับ 120

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด (ปี พ.ศ. 2557)

โดย $N = \sum_{\alpha=1}^{280} MOS_\alpha =$ 878,606 คน ประกอบด้วย จำนวนนักเรียนในกรุงเทพมหานคร ($\sum_{\alpha=1}^{44} MOS_{\alpha,h=1}$) เท่ากับ 141,638 คน และจำนวนนักเรียนนอกกรุงเทพมหานคร

($\sum_{\alpha=1}^{236} MOS_{\alpha,h=2}$) เท่ากับ 736,968 คน

$$f = \frac{n}{N} = \frac{n}{\sum_{\alpha=1}^{280} MOS_\alpha} = \frac{120}{878{,}606} = 0.00013658$$

ตารางที่ 14 แสดงค่า $s^2_{Cluster}$ และ $var_{Cluster}(\hat{\theta})$ ของทุก $\hat{\theta}$

$\hat{\theta}$	$s^2_{Cluster}$	$var_{Cluster}(\hat{\theta})$
สูตร	$s^2_{Cluster} = \frac{1}{(a-1)b^2} \times \left(\sum_{\alpha=1}^{a} y_\alpha^2 - \frac{(\sum_{\alpha=1}^{a} y_\alpha)^2}{a}\right)$	$var_{Cluster}(\hat{\theta}) = \frac{1-f}{a} s^2_{Cluster}$
$\bar{y}_1$	46.2282	7.70370969
$\bar{y}_2$	0.026773942	0.00446175
$\bar{y}_3$	9.382066042	1.563476689
$\bar{y}_4$	28.5360	4.755388696
$\hat{p}$	0.00125	0.000208307

2. คำนวณค่า s^2_{SRS} และ $var_{SRS}(\hat{\theta})$ แบบ Simple Random Sampling จากข้อมูลที่ทำ Pilot Surveyโดยใช้ สูตร

$$s^2_{SRS} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 \text{ และ } var_{SRS}(\hat{\theta}) = \frac{1-f}{n} s^2_{SRS}$$

ตารางที่ 15 แสดงค่า s^2_{SRS} และ $var_{SRS}(\hat{\theta})$ ของทุก $\hat{\theta}$

$\hat{\theta}$	s^2_{SRS}	$var_{SRS}(\hat{\theta})$
สูตร	$s^2_{SRS} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2$	$var_{SRS}(\hat{\theta}) = \frac{1-f}{n} s^2_{SRS}$
$\bar{y}_1$	280.7933297	2.339643653
$\bar{y}_2$	0.16272304	0.001355851
$\bar{y}_3$	137.2188837	1.14333452
$\bar{y}_4$	288.8434066	2.406699636
$\hat{p}$	0.109375	0.000919

3. คำนวณค่า Design Effect ($Deff$) โดยใช้สูตร $Deff = \frac{var_{Cluster}(\hat{\theta})}{var_{SRS}(\hat{\theta})}$

ตารางที่ 16 แสดงค่า Design Effect ของทุก$\hat{\theta}$

$\hat{\theta}$	$var_{Cluster}(\hat{\theta})$	$var_{SRS}(\hat{\theta})$	$Deff$
สูตร	$var_{Cluster}(\hat{\theta}) = \frac{1-f}{a} s^2_{Cluster}$	$var_{SRS}(\hat{\theta}) = \frac{1-f}{n} s^2_{SRS}$	$Deff = \frac{var_{Cluster}(\hat{\theta})}{var_{SRS}(\hat{\theta})}$
$\bar{y}_1$	7.70370969	2.339643653	3.292685054
$\bar{y}_2$	0.00446175	0.001355851	3.290737638
$\bar{y}_3$	1.563476689	1.14333452	1.367459899
$\bar{y}_4$	4.755388696	2.406699636	1.975880311
$\hat{p}$	0.000208307	0.000919	0.227

4. คำนวณค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (ρ) โดยใช้ สูตร $\rho = \frac{Deff-1}{b-1}$

ตารางที่ 17 แสดงค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นของทุก $\hat{\theta}$

$\hat{\theta}$	$Deff_{(1)}$	ρ
สูตร	$Deff = \frac{var_{Cluster}(\hat{\theta})}{var_{SRS}(\hat{\theta})}$	$\rho = \frac{Deff-1}{b-1}$
y_1	3.292685054	0.120667634
$\bar{y}_2$	3.290737638	0.120565139
$\bar{y}_3$	1.367459899	0.019339995
$\bar{y}_4$	1.975880311	0.051362122
$\hat{p}$	0.227	-0.013*

*เมื่อพิจารณาจากค่า ρ ซึ่งเป็นค่าลบ ในข้อมูล “สัดส่วนของนักเรียนที่เรียนที่เรียนกวดวิชา ($\hat{\rho}$)” โดยสามารถแก้ไขได้โดยวิธีการเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้จะไม่นำข้อมูล $\hat{\rho}$ มาร่วมคำนวณ

ภาคผนวก ง

รายละเอียดขั้นตอนการเลือกโรงเรียน

1) ขั้นตอนการเลือกโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร

1. ช่วงการสุ่มโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร คือ

$$k_{h=1} = \frac{\sum_{\alpha=1}^{44} MOS_{\alpha,h=1}}{a_{h=1}} = \frac{141{,}638}{15} \approx 9{,}443$$

2. สุ่มตัวเลขเริ่มต้นที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 9,443 ในกรณีนี้สุ่มขึ้นมาเป็น 2,022

3. เลือกโรงเรียนแรก ที่มีค่าผลรวมสะสมเท่ากับหรือมากกว่า 2,022 ซึ่งจะตกในช่วงผลรวมสะสมของโรงเรียนลำดับที่ 1 ในบัญชีรายชื่อ (ผลรวมสะสมเท่ากับ 3,566) นั่นคือ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

4. นำตัวเลขที่สุ่ม 2,022 มาบวกกับช่วงการสุ่ม 9,443 เข้าไป จนกว่าจะครบ 15 โรงเรียน นั่นคือ 2,022+9,443 = 11,465, 2,022+2(9,443) = 20,908, ..., 2,022+14(9,443) = 134,224

5. เลือกโรงเรียนที่มีช่วงผลรวมสะสมตามที่คำนวณไว้ในข้อ 4. โดยใช้หลักการการเลือกโรงเรียนเหมือนกับข้อ 3.

ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานครที่สุ่มขึ้นมามีดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายในกรุงเทพมหานคร

โรงเรียนที่	ค่าที่บวกช่วงการสุ่ม	ลำดับโรงเรียน	โรงเรียน
1	2,022	1	สวนกุหลาบวิทยาลัย
2	11,465	4	สตรีวิทยา
3	20,908	7	ศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ
4	30,351	10	เทพศิรินทร์
5	39,794	13	วัดนวลนรดิศ
6	49,237	16	วัดราชโอรส
7	58,680	19	สตรีวิทยา ๒

โรงเรียนที่	ค่าที่บวกช่วงการสุ่ม	ลำดับโรงเรียน	โรงเรียน
8	68,123	21	บดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี)
9	77,566	23	หอวัง
10	87,009	26	เศรษฐบุตรบำเพ็ญ
11	96,452	29	วัดสุทธิวราราม
12	105,895	32	สุรศักดิ์มนตรี
13	115,338	35	สายน้ำผึ้ง ในพระอุปถัมภ์ฯ
14	124,781	38	สิริรัตนาธร
15	134,224	42	นวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา

2) ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนนอกกรุงเทพมหานคร

1. ช่วงการสุ่มโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานคร คือ

$$k_{h=2} = \frac{\sum_{\alpha=1}^{236} MOS_{\alpha,h=2}}{a_{h=2}} = \frac{736{,}968}{15} \approx 49{,}131$$

2. สุ่มตัวเลขเริ่มต้นที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 49,131 ในกรณีนี้สุ่มขึ้นมาเป็น 25,102

3. เลือกโรงเรียนแรก ที่มีค่าผลรวมสะสมเท่ากับหรือมากกว่า 25,102 ซึ่งจะตกในช่วงผลรวมสะสมของโรงเรียนลำดับที่ 9 ในบัญชีรายชื่อ (ผลรวมสะสมเท่ากับ 27,754) นั่นคือ โรงเรียนลำปางกัลยาณี

4. นำตัวเลขที่สุ่ม 25,102 มาบวกกับช่วงการสุ่ม 49,131 เข้าไป จนกว่าจะครบ 15 โรงเรียน นั่นคือ 25,102+49,131 = 74,233, 25,102+2(49,131) = 123,364, ..., 25,102+14(49,131) = 712,936

5. เลือกโรงเรียนที่มีช่วงผลรวมสะสมตามที่คำนวณไว้ในข้อ 4. โดยใช้หลักการการเลือกโรงเรียนเหมือนกับข้อ 3.

ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานครที่สุ่มขึ้นมามีดังตารางที่ 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 19 ตัวอย่างรายชื่อโรงเรียนภายนอกกรุงเทพมหานคร

โรงเรียนที่	ค่าที่บวกช่วงการสุ่ม	ลำดับโรงเรียน	โรงเรียน
1	25,102	9	ลำปางกัลยาณี
2	74,233	25	พนมสารคาม (พนมอดุลวิทยา)
3	123,364	40	ตากพิทยาคม
4	172,495	55	อ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม
5	221,626	71	ปทุมวิไล
6	270,757	88	พระปฐมวิทยาลัย
7	319,888	104	สมุทรสาครบูรณะ
8	369,019	120	หาดใหญ่วิทยาลัย
9	418,150	136	ทุ่งสง
10	467,281	152	บุญวัฒนา
11	516,412	167	กระสังพิทยาคม
12	565,543	183	เดชอุดม
13	614,674	198	ขอนแก่นวิทยายน
14	663,805	213	หนองหานวิทยา
15	712,936	229	อนุกูลนารี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

ตารางขนาดตัวอย่างในรูปแบบค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 20 ตารางขนาดตัวอย่างในรูปแบบค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
400,000	170,000	6,000	30	30	75	2,250
			40	29	65	1,885
			50	28	58	1,624
			60	27	53	1,431
			70	27	49	1,323
			80	26	46	1,196
			90	26	44	1,144
			100	25	41	1,025
		7,000	30	26	81	2,106
			40	25	70	1,750
			50	25	63	1,575
			60	24	57	1,368
			70	23	53	1,219
			80	23	50	1,150
			90	23	47	1,081
			100	22	45	990
		8,000	30	23	87	2,001
			40	23	75	1,725
			50	22	67	1,474
			60	22	61	1,342
			70	21	57	1,197
			80	21	53	1,113

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
400,000	170,000	8,000	90	20	50	1,000
			100	20	48	960
		9,000	30	21	92	1,932
			40	20	80	1,600
			50	20	71	1,420
			60	19	65	1,235
			70	19	60	1,140
			80	19	56	1,064
			90	18	53	954
			100	18	51	918
	180,000	6,000	30	29	75	2,175
			40	28	65	1,820
			50	27	58	1,566
			60	26	53	1,378
			70	26	49	1,274
			80	25	46	1,150
			90	25	44	1,100
			100	24	41	984
		7,000	30	25	81	2,025
			40	24	70	1,680
			50	24	63	1,512
			60	23	57	1,311
			70	22	53	1,166
			80	22	50	1,100
			90	22	47	1,034
			100	21	45	945
		8,000	30	22	87	1,914
			40	22	75	1,650

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
400,000	180,000	8,000	50	21	67	1,407
			60	21	61	1,281
			70	20	57	1,140
			80	20	53	1,060
			90	19	50	950
			100	19	48	912
		9,000	30	20	92	1,840
			40	20	80	1,600
			50	19	71	1,349
			60	19	65	1,325
			70	18	60	1,080
			80	18	56	1,008
			90	18	53	954
			100	17	51	867
500,000	170,000	6,000	30	43	75	3,225
			40	41	65	2,665
			50	40	58	2,320
			60	39	53	2,067
			70	38	49	1,862
			80	37	46	1,702
			90	37	44	1,628
			100	36	41	1,476
		7,000	30	37	81	2,997
			40	36	70	2,520
			50	35	63	2,205
			60	34	57	1,938
			70	33	53	1,749

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
500,000	170,000	7,000	80	33	50	1,650
			90	32	47	1,504
			100	32	45	1,140
		8,000	30	33	87	2,871
			40	32	75	2,400
			50	31	67	2,077
			60	31	61	1,891
			70	30	57	1,710
			80	29	53	1,537
			90	29	50	1,450
			100	28	48	1,344
		9,000	30	30	92	2,760
			40	29	80	2,320
			50	28	71	1,988
			60	28	65	1,820
			70	27	60	1,620
			80	27	56	1,512
			90	26	53	1,378
			100	26	51	1,326
	180,000	6,000	30	42	75	3,150
			40	40	65	2,600
			50	39	58	2,262
			60	38	53	2,014
			70	37	49	1,813
			80	36	46	1,656
			90	35	44	1,540
			100	35	41	1,435

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
		7,000	30	36	81	2,916
			40	35	70	2,450
500,000	180,000	7,000	50	34	63	2,142
			60	33	57	1,881
			70	32	53	1,696
			80	32	50	1,600
			90	31	47	1,457
			100	31	45	1,395
		8,000	30	32	87	2,784
			40	31	75	2,325
			50	30	67	2,010
			60	30	61	1,830
			70	29	57	1,653
			80	28	53	1,484
			90	28	50	1,400
			100	28	48	1,344
		9,000	30	29	92	2,668
			40	28	80	2,240
			50	28	71	1,988
			60	27	65	1,755
			70	26	60	1,560
			80	26	56	1,456
			90	25	53	1,325
			100	25	51	1,275
600,000	170,000	6,000	30	56	75	4,200
			40	54	65	3,510
			50	52	58	3,016

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
600,000	170,000	6,000	60	51	53	2,703
			70	50	49	2,450
			80	48	46	2,208
			90	47	44	2,068
			100	47	41	1,927
		7,000	30	49	81	3,969
			40	47	70	3,290
			50	46	63	2,898
			60	45	57	2,565
			70	43	53	2,279
			80	43	50	2,150
			90	42	47	1,974
			100	41	45	1,845
		8,000	30	43	87	3,741
			40	42	75	3,150
			50	41	67	2,747
			60	40	61	2,440
			70	39	57	2,223
			80	38	53	2,014
			90	38	50	1,900
			100	37	48	1,776
		9,000	30	39	92	3,588
			40	38	80	3,040
			50	37	71	2,627
			60	36	65	2,340
			70	35	60	2,10035
			80	35	56	1,960

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
600,000	170,000	9,000	90	34	53	1,802
			100	34	51	1,734
	180,000	6,000	30	54	75	4,050
			40	52	65	3,380
			50	51	58	2,958
			60	49	53	2,597
			70	49	49	2,401
			80	47	46	2,162
			90	46	44	2,024
			100	46	41	1,886
		7,000	30	47	81	3,807
			40	46	70	3,220
			50	45	63	2,835
			60	44	57	2,508
			70	42	53	2,226
			80	42	50	2,100
			90	41	47	1,927
			100	40	45	1,800
		8,000	30	42	87	3,654
			40	41	75	3,075
			50	40	67	2,680
			60	39	61	2,379
			70	38	57	2,166
			80	37	53	1,961
			90	37	50	1,850
			100	36	48	1,728
		9,000	30	38	92	3,496

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
600,000	180,000	9,000	40	37	80	2,960
			50	36	71	2,556
			60	36	65	2,275
			70	34	60	2,040
			80	34	56	1,904
			90	33	53	1,749
			100	33	51	1,683
700,000	170,000	6,000	30	68	75	5,100
			40	66	65	4,290
			50	64	58	3,712
			60	62	53	3,286
			70	61	49	2,989
			80	60	46	2,760
			90	58	44	2,552
			100	57	41	2,337
		7,000	30	60	81	4,860
			40	58	70	4,060
			50	56	63	3,528
			60	55	57	3,135
			70	35	53	2,809
			80	25	50	2,600
			90	51	47	2,397
			100	50	45	2,250
		8,000	30	53	87	4,611
			40	51	75	3,825
			50	50	67	3,350
			60	49	61	2,989

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
700,000	170,000	8,000	70	48	57	2,736
			80	47	53	2,491
			90	46	50	2,300
			100	45	48	2,160
		9,000	30	48	92	4,416
			40	46	80	3,680
			50	45	71	3,195
			60	44	65	2,860
			70	43	60	2,580
			80	43	56	2,408
			90	42	53	2,226
			100	41	51	2,091
800,000	170,000	6,000	30	81	75	6,075
			40	78	65	5,070
			50	76	58	4,408
			60	74	53	3,922
			70	73	49	3,577
			80	71	46	3,266
			90	69	44	3,036
			100	68	41	2,788
		7,000	30	71	81	5,751
			40	69	70	4,830
			50	67	63	4,221
			60	65	57	3,705
			70	63	53	3,339
			80	62	50	3,100
			90	61	47	2,867

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
800,000	170,000	7,000	100	60	45	2,700
		8,000	30	63	87	5,481
			40	61	75	4,575
			50	59	67	3,953
			60	58	61	3,538
			70	57	57	3,249
			80	56	53	2,968
			90	55	50	2,750
			100	54	48	2,592
		9,000	30	57	92	5,244
			40	55	80	4,400
			50	54	71	3,834
			60	52	65	3,380
			70	51	60	3,060
			80	50	56	2,800
			90	49	53	2,597
			100	49	51	2,499
900,000	170,000	6,000	30	94	75	7,050
			40	91	65	5,915
			50	88	58	5,104
			60	86	53	4,558
			70	84	49	4,116
			80	82	46	3,772
			90	80	44	3,520
			100	79	41	3,239
		7,000	30	82	81	6,642
			40	80	70	5,600

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
900,000	170,000	7,000	50	77	63	4,851
			60	75	57	4,275
			70	73	53	3,869
			80	72	50	3,600
			90	71	47	3,337
			100	69	45	3,105
		8,000	30	73	87	6,351
			40	71	75	5,325
			50	69	67	4,623
			60	67	61	4,087
			70	66	57	3,762
			80	64	53	3,392
			90	63	50	3,150
			100	62	48	2,976
		9,000	30	66	92	6,072
			40	64	80	5,120
			50	62	71	4,402
			60	61	65	3,965
			70	60	60	3,600
			80	58	56	3,248
			90	57	53	3,021
			100	57	51	2,907
1,000,000	170,000	6,000	30	107	75	8,025
			40	103	65	6,695
			50	100	58	5,800
			60	97	53	5,141
			70	96	49	4,704

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
1,000,000	170,000	6,000	80	93	46	4,278
			90	91	44	4,004
			100	90	41	3,690
		7,000	30	93	81	7,533
			40	90	70	6,300
			50	88	63	5,544
			60	86	57	4,902
			70	83	53	4,399
			80	82	50	4,100
			90	80	47	3,760
			100	79	45	3,555
		8,000	30	83	87	7,221
			40	80	75	6,000
			50	78	67	5,226
			60	76	61	4,636
			70	75	57	4,275
			80	73	53	3,869
			90	72	50	3,600
			100	71	48	3,408
		9,000	30	75	92	6,900
			40	72	80	5,760
			50	71	71	5,041
			60	69	65	4,485
			70	68	60	4,080
			80	66	56	3,696
			90	65	53	3,445

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุนทั้งหมด (C)	ต้นทุนคงที่ (C_0)	ต้นทุนการเดินทางแต่ละโรงเรียนเฉลี่ย ($\overline{C_a}$)	ต้นทุนสัมภาษณ์นักเรียน (C_b)	จำนวนโรงเรียน (a_{opt})	จำนวนนักเรียน (b^*)	ขนาดตัวอย่าง (n)
1,000,000	170,000	9,000	100	64	51	3,264

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณัฐพงษ์ วารีประเสริฐ เกิดวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ. 2527 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ประยุกต์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2549 และปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2552 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University