



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

.....
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สถิติ)

ปริญญา

.....
สถิติ

สาขา

.....
สถิติ

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับพารามิเตอร์ของการแจกแจง
แบบทวินาม

A Comparative Study of Confidence Interval Estimation Methods for the Parameter of
a Binomial Distribution

نامผู้วิจัย นางสาวรักตาภา กุหาพัฒนกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์อ่ำไพ ทองธีรภาพ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญอ้อม โจมที, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์อ่ำไพ ทองธีรภาพ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับพารามิเตอร์
ของการแจกแจงแบบทวินาม

A Comparative Study of Confidence Interval Estimation Methods for the Parameter of
a Binomial Distribution

โดย

นางสาวรักตาภา กุหาพัฒเนกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อขอความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)
พ.ศ. 2552

รักตากา กุหาพัฒนกุล 2552: การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับ
พารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบทวินาม ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สถิติ) สาขาสถิติ ภาควิชา
สถิติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์อำไพ ทองธีรภาพ, Ph.D. 114 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับพารามิเตอร์
ของการแจกแจงแบบทวินาม วิธีการประมาณที่นำมาศึกษาประกอบด้วย วิธีปกติ วิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์
วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ กำหนดขอบเขตการศึกษาคือ ตัวอย่างขนาดเล็กมาก ($n = 5, 10$) ขนาดเล็ก
($n = 20, 30$) ขนาดปานกลาง ($n = 70, 100$) และขนาดใหญ่ ($n = 500, 1000$) ค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05, 0.07,
0.09, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ระดับความเชื่อมั่น 90%, 95%, 99% และ 99.9% จำลองข้อมูลจำนวน 2000 ครั้ง
เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น และค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น
ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กมากและเล็ก วิธีสคอร์จะให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
ไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด และให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดปานกลาง ควรเลือกใช้วิธีสคอร์ เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1
และควรเลือกใช้วิธีสูตรแม่นยำ เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5

เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ควรเลือกใช้วิธีปกติและวิธีสูตรแม่นยำ เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ
0.05 ถึง 0.1 และเมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 ตามลำดับ

วิธีสูตรแม่นยำแม้จะไม่สามารถให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุดในบางขนาด
ตัวอย่างและบางค่าพารามิเตอร์ p แต่สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์
ความเชื่อมั่นที่กำหนดในทุกขนาดตัวอย่างและทุกค่าพารามิเตอร์ p ที่กำหนด

สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อช่วงความเชื่อมั่น พบว่า วิธีการประมาณค่าแบบช่วงทั้ง 5 วิธี ให้ค่าความกว้าง
เฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นแคบลง เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น แต่จะให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น
กว้างขึ้น เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เข้าใกล้ 0.5

Raktapha Kuhaphattanakul 2009: A Comparative Study of Confidence Interval Estimation Methods for the Parameter of a Binomial Distribution. Master of Science (Statistics), Major Field: Statistics, Department of Statistics. Thesis Advisor: Mrs.Ampai Thongteeraparp, Ph.D. 114 pages.

The objective of this study is to compare the confidence interval estimation methods for the parameter of a Binomial Distribution. The five estimation methods are Normal method, Score method, Adjusted Wald method, Exact method and Rigorous Formula method. In this research, the sample sizes are very small ($n = 5, 10$), small ($n = 20, 30$), medium ($n = 70, 100$), and large ($n = 500, 1000$) while parameters p equal to 0.05, 0.07, 0.09, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 with confidence levels 90%, 95%, 99% and 99.9%. The datas were generated through simulation technique an each case was repeated 2000 times. Comparative criterias were based on the confidence coefficient and the average width of the confidence interval. The conclusions of this study are as follows:

When sample size is very small and small, the confidence coefficient of Score method is not lower than the specified confidence coefficient and the average confidence interval width are the lowest.

For medium sample size, Score method is recommended for p between 0.05 to 0.1, whereas Rigorous Formula method would be the suggest method for value of p between 0.2 to 0.5.

For large sample size, Normal method and Rigorous Formula method are suitable for value of p between 0.05 to 0.1 and value of p between 0.2 to 0.5 respectively.

Rigorous Formula method has the confidence coefficient not lower than the specified confidence coefficient for all sample sizes and parameters p but the average confidence interval width from this method is not the lowest for some sample sizes and some parameters.

The study on the factors that affect the confidence interval shows that the average confidence interval width of five estimation methods tend to be narrow when sample size was increased but the average confidence interval width tend to be wide when parameter p close to 0.5.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ดร.อำไพ ทองธีรภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย รวมทั้งให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.บุญอ้อม โฉมทิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พยัคฆ์พงษ์ ประธานการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบคุณคุณกัณตภณ กุหาพัฒนกุล คุณศรีวนา ศรีสมบุญ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยเหลือในการดำเนินการต่างๆ ขอขอบคุณคุณวิสวะ สือสุวรรณ ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ขอขอบคุณ พี่ น้อง และเพื่อนๆ ที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

รักดาภา กุหาพัฒนกุล

พฤษภาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	27
ผลและวิจารณ์	34
สรุปและข้อเสนอแนะ	93
สรุป	93
ข้อเสนอแนะ	96
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	98
ภาคผนวก	100
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	114

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 90%	36
2 แสดงค่าพารามิเตอร์ p ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 90% ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ของแต่ละขนาดตัวอย่าง n โดยวิธีประมาณค่าทั้ง 5 วิธี	39
3 แสดงค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	43
4 แสดงค่าพารามิเตอร์ p ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 95% ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ของแต่ละขนาดตัวอย่าง n โดยวิธีประมาณค่าทั้ง 5 วิธี	46
5 แสดงค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%	50
6 แสดงค่าพารามิเตอร์ p ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 99% ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ของแต่ละขนาดตัวอย่าง n โดยวิธีประมาณค่าทั้ง 5 วิธี	53
7 แสดงค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9%	57
8 แสดงค่าพารามิเตอร์ p ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 99.9% ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ของแต่ละขนาดตัวอย่าง n โดยวิธีประมาณค่าทั้ง 5 วิธี	60
9 แสดงขนาดตัวอย่าง และค่าพารามิเตอร์ที่วิธีการประมาณค่าทั้ง 5 วิธี ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% , 95% , 99% และ 99.9%	64
10 แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 90%	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	แสดงขนาดตัวอย่าง n ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 90% ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงน้อยที่สุดในแต่ละค่าพารามิเตอร์ p โดยวิธีประมาณทั้ง 5 วิธี	70
12	แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	73
13	แสดงขนาดตัวอย่าง n ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 95% ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงน้อยที่สุดในแต่ละค่าพารามิเตอร์ p โดยวิธีประมาณทั้ง 5 วิธี	76
14	แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%	79
15	แสดงขนาดตัวอย่าง n ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 99% ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงน้อยที่สุดในแต่ละค่าพารามิเตอร์ p โดยวิธีประมาณทั้ง 5 วิธี	82
16	แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9%	85
17	แสดงขนาดตัวอย่าง n ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 99.9% ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงน้อยที่สุดในแต่ละค่าพารามิเตอร์ p โดยวิธีประมาณทั้ง 5 วิธี	88
18	แสดงขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ที่วิธีการประมาณค่าทั้ง 5 วิธี ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% , 95% , 99% และ 99.9%	91
19	แสดงวิธีที่เหมาะสมในการประมาณค่าแบบช่วง จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่าพารามิเตอร์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% , 95% , 99% , 99.9%	94

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

32

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับพารามิเตอร์ของ
การแจกแจงแบบทวินาม

A Comparative Study of Confidence Interval Estimation Methods for
the Parameter of a Binomial Distribution

คำนำ

โดยทั่วไปจุดมุ่งหมายของการวิจัย คือ เพื่อหาคำตอบหรือข้อสรุปของสิ่งที่สนใจศึกษาจากข้อมูลทั้งหมด ซึ่งเรียกว่า ประชากร กรณีที่ประชากรมีขนาดเล็ก ผู้วิจัยสามารถศึกษาคุณลักษณะของประชากรได้โดยตรง แต่ในบางกรณีผู้วิจัยไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลจากทุกหน่วยของประชากรได้ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการศึกษาจากข้อมูลเพียงบางส่วนที่เป็นตัวแทนของประชากร ซึ่งเรียกว่า ตัวอย่าง เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว จะต้องนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างไปสรุปคุณลักษณะของประชากร วิธีการดังกล่าวนี้เรียกว่า การอนุมานเชิงสถิติ (Statistics Inference)

การประมาณค่า (Estimation) เป็นวิธีการหนึ่งในการอนุมานเชิงสถิติ เป็นการนำค่าสถิติที่ได้จากตัวอย่างไปประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นคุณลักษณะของประชากร เช่น การนำค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง ($\bar{X}$) ค่าสัดส่วนของตัวอย่าง ($\hat{p}$) และค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง (S^2) ไปสรุปหรืออนุมานถึงค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) ค่าสัดส่วนของประชากร (p) และค่าความแปรปรวนของประชากร (σ^2) ตามลำดับ การประมาณค่าแบ่งเป็น 2 วิธี คือ การประมาณค่าแบบจุด (Point Estimation) และการประมาณค่าแบบช่วง (Interval Estimation) การประมาณค่าแบบจุด เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยค่าประมาณเพียงค่าเดียว โดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่าง เช่น ประมาณรายได้เฉลี่ยของคนสุพรรณบุรีทั้งหมดด้วยรายได้เฉลี่ยของคนสุพรรณบุรีตัวอย่าง ถ้าคำนวณรายได้เฉลี่ยของคนสุพรรณบุรีตัวอย่างได้ 5,000 บาทต่อเดือน นั่นคือ รายได้เฉลี่ยของคนสุพรรณบุรีจะประมาณ 5,000 บาทต่อเดือน โดยค่าประมาณที่ได้จากคลาดเคลื่อนไปจากค่าพารามิเตอร์ เนื่องจากการประมาณค่าที่คำนวณได้จากการสุ่มตัวอย่างแต่ละครั้ง จะมีค่าแตกต่างกันตามตัวอย่างสุ่มแต่ละชุด ส่วนการประมาณค่าแบบช่วง เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรว่าอยู่ในช่วงใดช่วงหนึ่งที่จะครอบคลุมค่าจริงของพารามิเตอร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความ

เชื่อมั่นในการประมาณค่าด้วย (กัลยา, 2546) โดยผลจากการประมาณทำให้ผู้วิจัยเชื่อมั่นได้ ในระดับหนึ่งว่าช่วงที่ประมาณได้จะคลุมค่าพารามิเตอร์ที่สนใจศึกษา เช่น คนสุพรรณบุรีมีรายได้เฉลี่ยประมาณ 4,000 ถึง 7,000 บาทต่อเดือน หากสุ่มตัวอย่างครั้งแรกอาจคำนวณรายได้เฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่างได้ 5,000 บาท และสุ่มตัวอย่างอีกครั้งที่มีขนาดเท่าเดิม อาจคำนวณได้ 5,500 บาท ซึ่งค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างทั้งสองครั้งก็ยังอยู่ในช่วงของการประมาณค่าดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการประมาณค่าแบบช่วงมีโอกาสที่จะคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริงน้อยกว่าการประมาณค่าแบบจุดที่ให้ค่าประมาณเพียงค่าเดียว

การประมาณค่าสัดส่วนมีความสำคัญต่อการดำเนินการอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะภาคธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ เช่น กระทรวงพาณิชย์ต้องการประมาณสัดส่วนของมูลค่าสินค้าเกษตรที่ส่งออกจำหน่ายตลาดต่างประเทศกับมูลค่าการส่งออกทั้งหมด สำนักงานการท่องเที่ยวต้องการประมาณสัดส่วนของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ในช่วงเทศกาลสงกรานต์ เป็นต้น (ทรงเกียรติ, 2545) จากตัวอย่างดังกล่าว เป็นการประมาณค่าสัดส่วนของสิ่งที่น่าสนใจศึกษา หรือประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีการแจกแจงแบบทวินามนั่นเอง

การแจกแจงแบบทวินามเป็นการทดลองแบบเบอร์นูลลีที่กระทำซ้ำๆ กัน n ครั้ง โดยการทดลองแต่ละครั้งเป็นอิสระต่อกัน ผลลัพธ์ของการทดลองมีเพียงสองลักษณะ คือ ลักษณะที่สนใจหรือสำเร็จ (Success) และลักษณะที่ไม่สนใจ หรือไม่สำเร็จ (Failure) โดยที่ความน่าจะเป็นของการเกิดลักษณะที่สนใจเท่ากับ p และความน่าจะเป็นที่เกิดลักษณะที่ไม่สนใจเท่ากับ $1 - p$ กำหนดให้ $X_1, X_2, \dots, X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีที่เป็นอิสระกัน

มีพารามิเตอร์ p จะได้ว่า $Y = \sum_{i=1}^n X_i$ คือตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบทวินาม ที่มีพารามิเตอร์

n และ p (พิศมัย, 2550)

ตัวประมาณค่าแบบจุดของสัดส่วนประชากร (p) คือ $\hat{p}$ โดยที่ $\hat{p}$ เป็นค่าสัดส่วนการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่าง เป็นตัวประมาณที่มีคุณสมบัติไม่เอนเอียง และมีความแปรปรวนต่ำสุดอย่างเอกรูป (Uniformly Minimum Variance Unbiased Estimator : UMVUE) (สายชล, 2549)

การประมาณช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ p ในการแจกแจงแบบทวินาม สามารถนำทฤษฎีขีดจำกัดกลาง (Central Limit Theorem) มาประยุกต์ได้ว่า ถ้าตัวอย่างสุ่มมีขนาดใหญ่ ค่าสัดส่วนการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่าง ($\hat{p}$) จะมีแนวโน้มเข้าสู่การแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนดังนี้ $E(\hat{p}) = p$ และ $V(\hat{p}) = \frac{p(1-p)}{n}$ ตามลำดับ หรือ

$$\hat{p} \sim N\left(p, \frac{p(1-p)}{n}\right) \text{ ดังนั้น เมื่อ } n \text{ ขนาดใหญ่ } Z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}} \text{ มีการแจกแจงแบบปกติ}$$

ค่าเฉลี่ยเป็น 0 ค่าความแปรปรวนเป็น 1 ช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ $(1 - \alpha)100\%$ คือ

$$\hat{p} \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

โดยที่ $Z_{\alpha/2}$ คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $\alpha/2$ ของการแจกแจงปกติมาตรฐาน

ซึ่งการประมาณค่าแบบช่วงในรูปแบบข้างต้นนี้เรียกว่า วิธีปกติ (Normal Method)

การประมาณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบทวินามโดยอาศัยวิธีปกติดังกล่าว จะสามารถประมาณค่าได้ดีเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ในทางปฏิบัติข้อมูลที่น่าสนใจอาจมีขนาดแตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงมีนักสถิติหลายท่านได้ศึกษาวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ไว้หลายวิธี เช่น วิธีเอ็กแซ็ก วิธีสกอร์ วิธีเบส์เซียน วิธีโลจิส วิธีบูตสเตรปเปอร์เซ็นต์ไทล์ วิธีปรับค่าของวาลด์โดยใช้วิธีแจกไนฟ์ วิธีการแปลงอาร์คไซน์ วิธีอัตราส่วนโลคัสสุด เป็นต้น โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีต่างๆ เหล่านี้ แต่ยังไม่มีความเห็นว่ามีวิธีใดวิธีหนึ่งที่เหมาะสมที่สุด ในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดค่า n และ p ต่างๆ กัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบทวินาม 5 วิธี ดังนี้

- 1.1 วิธีปกติ (Normal Method)
- 1.2 วิธีสกอร์ (Score Method)
- 1.3 วิธีปรับค่าของวาลด์ (Adjusted Wald Method)
- 1.4 วิธีเอ็กแซ็กต์ (Exact Method)
- 1.5 วิธีสูตรแม่นยำ (Rigorous Formula Method)

2. เพื่อหาข้อสรุปในการเลือกใช้วิธีการประมาณทั้ง 5 ในแต่ละสถานการณ์ของค่า n ค่า p ที่ระดับความเชื่อมั่นต่างๆ

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้จะทำภายใต้ขอบเขต ดังนี้

1. กำหนดขนาดตัวอย่าง (n) 4 กลุ่ม คือ
กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กมาก ได้แก่ 5 , 10
กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ได้แก่ 20 , 30
กลุ่มตัวอย่างขนาดปานกลาง ได้แก่ 70 , 100
กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ได้แก่ 500 , 1000
2. กำหนดค่าพารามิเตอร์ (p) 8 ค่า ได้แก่ 0.05 , 0.07 , 0.09 , 0.1 , 0.2 , 0.3, 0.4 และ 0.5
3. กำหนดระดับความเชื่อมั่น $100(1-\alpha)\%$ 4 ระดับ คือ 90% , 95% , 99% และ 99.9%
4. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการจำลองโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6 ทำการทดลองซ้ำ 2,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ของการทดลอง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการประมาณค่าแบบช่วงที่เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์ n และ p ในการประมาณค่าแบบช่วงสำหรับพารามิเตอร์ p ในการแจกแจงแบบทวินาม
2. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าแบบช่วงสำหรับพารามิเตอร์ในการแจกแจงอื่นๆ ต่อไป

การตรวจเอกสาร

การตรวจเอกสารแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของวิธีการทางสถิติและส่วนของผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิธีการทางสถิติ

1. การประมาณค่าแบบช่วง (Interval Estimation)

การประมาณค่าแบบช่วงเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ในรูปช่วงของค่า 2 ค่า ซึ่งเป็นช่วงที่เชื่อมั่นได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่สนใจจะอยู่ในช่วงนี้ด้วยความน่าจะเป็นระดับหนึ่ง ซึ่งช่วงความเชื่อมั่นที่ต้องการสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์แต่ละครั้งจะต้องเป็นช่วงที่แคบแต่เชื่อมั่นได้ว่าช่วงดังกล่าวจะครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ไว้ และเรียกความน่าจะเป็นนี้ว่า ระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level) ใช้สัญลักษณ์ $1 - \alpha$ และเรียก α ว่า ระดับนัยสำคัญ เช่น การประมาณค่าสัดส่วนของประชากร (p) ที่ระดับความเชื่อมั่น $1 - \alpha$ ดังนั้น ค่า p จะมีค่าอยู่ระหว่างค่า P_L และ P_U เขียนแทนด้วย

$$\Pr(P_L \leq p \leq P_U) = 1 - \alpha$$

เรียก P_L ว่าขีดจำกัดล่างของความเชื่อมั่น (Lower Confidence Limit) และเรียก P_U ว่าขีดจำกัดบนของความเชื่อมั่น (Upper Confidence Limit)

2. การแจกแจงแบบเบอร์นูลลี (Bernoulli Distribution)

การแจกแจงแบบเบอร์นูลลีเป็นการทดลองสุ่ม 1 ครั้ง ซึ่งในแต่ละครั้งของการทดลองจะเกิดผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่สนใจหรือสำเร็จ (Success) กับลักษณะที่ไม่สนใจหรือไม่สำเร็จ (Failure) ให้ p แทนความน่าจะเป็นของการเกิดลักษณะที่สนใจในการทดลอง และ $1 - p$ แทนความน่าจะเป็นของการเกิดลักษณะที่ไม่สนใจในการทดลอง

กำหนดให้ X เป็นตัวแปรสุ่มจากการทดลองแบบเบอร์นูลลี X จะมีค่า 2 ค่า คือ $X = 1$ เมื่อเกิดลักษณะที่สนใจ และ $X = 0$ เมื่อเกิดลักษณะที่ไม่สนใจ

$$f(x) = P(X = x) = p^x(1-p)^{1-x} \quad ; x = 0, 1 \quad ; 0 \leq p \leq 1$$

โดยค่าเฉลี่ยของ X คือ $E(X) = \mu = p$ และค่าความแปรปรวนของ X คือ $V(X) = \sigma^2 = p(1-p)$

3. การแจกแจงแบบทวินาม (Binomial Distribution)

การแจกแจงแบบทวินาม เป็นการทดลองแบบเบอร์นูลลีที่กระทำซ้ำๆ กัน n ครั้ง ซึ่งการทดลองแต่ละครั้งเป็นอิสระต่อกัน ในการทดลองแต่ละครั้งจะมีผลลัพธ์เกิดขึ้นได้เพียง 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่สนใจหรือสำเร็จ (Success) กับลักษณะที่ไม่สนใจหรือไม่สำเร็จ (Failure) ให้ p แทนความน่าจะเป็นของการเกิดลักษณะที่สนใจในการทดลอง ซึ่งคงที่ทุกครั้ง และ $1-p$ แทนความน่าจะเป็นของการเกิดลักษณะที่ไม่สนใจในการทดลองแต่ละครั้ง

ถ้าให้ Y เป็นจำนวนครั้งของการเกิดลักษณะที่สนใจในการทดลอง Y เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบทวินาม เขียนแทนด้วย $Y \sim B(n, p)$ จะได้ว่าฟังก์ชันความน่าจะเป็นของ Y คือ

$$f(y) = P(Y = y) = \binom{n}{y} p^y (1-p)^{n-y} \quad ; y = 0, 1, 2, \dots, n \quad ; 0 \leq p \leq 1$$

โดยค่าเฉลี่ยของ Y คือ $E(Y) = \mu = np$ และค่าความแปรปรวนของ Y คือ $V(Y) = \sigma^2 = np(1-p)$

4. ทฤษฎีลิมิตสู่ส่วนกลาง (The Central Limit Theorem)

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรที่มีค่าเฉลี่ย μ และค่าความแปรปรวน σ^2 ถ้าตัวอย่างมีขนาดใหญ่การแจกแจงของค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\bar{Y}$ จะมีการแจกแจงที่ลู่เข้าสู่การแจกแจง

แบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน $\frac{\sigma^2}{n}$ หรือกล่าวได้ว่า

$$\text{เมื่อ } n \text{ มีค่ามาก} \quad \bar{Y} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$$

$$\text{หรือ} \quad Z = \frac{\bar{Y} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \sim N(0,1)$$

นั่นคือ Z มีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1

5. การประมาณค่าสัดส่วนตัวอย่าง

กำหนดให้ $X_1, X_2, \dots, X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มขนาด n จากการแจกแจงแบบเบอร์นูลลี

ดังนั้น $Y = \sum_{i=1}^n X_i$ มีการแจกแจงแบบทวินาม ด้วยพารามิเตอร์ n, p เขียนแทนด้วย $Y \sim B(n, p)$

โดยที่ Y คือจำนวนครั้งที่เกิดลักษณะที่สนใจทั้งหมดในตัวอย่างสุ่มขนาด n และเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบทวินามที่มีค่าเฉลี่ย คือ np ความแปรปรวน $np(1-p)$ ถ้าตัวอย่างสุ่มมีขนาดใหญ่จะสามารถประยุกต์ทฤษฎีลิมิตสู่ส่วนกลางกับกรณีนี้ได้โดยพิจารณาว่า

$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{Y}{n} \text{ เป็นค่าเฉลี่ยตัวอย่าง จะได้ว่า}$$

$$E(\hat{p}) = E\left(\frac{Y}{n}\right) = \frac{1}{n}E(Y) = \frac{1}{n} np = p$$

$$V(\hat{p}) = V\left(\frac{Y}{n}\right) = \frac{1}{n^2} V(Y) = \frac{1}{n^2} np(1-p) = \frac{p(1-p)}{n}$$

นั่นคือ

$$\hat{p} \sim N\left(p, \frac{p(1-p)}{n}\right) \text{ เมื่อ } n \rightarrow \infty$$

ดังนั้น ตัวแปรสุ่ม

$$Z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}} \sim N(0,1)$$

6. วิธีประมาณค่าแบบช่วงของสัดส่วนประชากรที่มีการแจกแจงแบบทวินาม

6.1 วิธีปกติ (Normal Method)

ให้ Y เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบทวินาม นั่นคือ $Y \sim B(n, p)$ และ

$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{Y}{n} \text{ เป็นค่าสัดส่วนการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่าง}$$

$$\text{จาก } Z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}} \sim N(0,1) \quad ; n \rightarrow \infty$$

$$\text{และ } \Pr(-Z_{\alpha/2} < Z < Z_{\alpha/2}) = 1 - \alpha$$

$$\Pr(-Z_{\alpha/2} < \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}} < Z_{\alpha/2}) = 1 - \alpha$$

ดังนั้นช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)$ 100% ของ p เป็น (P_L, P_U) เมื่อ

$$P_L \text{ เป็นขีดจำกัดล่างของความเชื่อมั่น คือ } \hat{p} - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

$$P_U \text{ เป็นขีดจำกัดบนของความเชื่อมั่น คือ } \hat{p} + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

เมื่อ $\hat{p}$ คือ ค่าสัดส่วนการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่างซึ่ง $\hat{p} = \frac{y}{n}$

y คือ จำนวนครั้งของการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่างสุ่มขนาด n

$Z_{\alpha/2}$ คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $\alpha/2$ ของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

สารนิย (2546 อ้างใน Leemis and Trivedi, 1996) ได้กล่าวว่าวิธีปกติเป็นวิธีที่คำนวณง่าย แต่พบว่ามีข้อเสียคือ มีแนวโน้มที่จะให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อ n เล็ก และ p เข้าใกล้ 0 และ 1 นักสถิติหลายท่านแนะนำให้ควรจะใช้วิธีปกติประมาณการแจกแจงแบบทวินามเมื่อ

1. n ใหญ่
2. np และ $n(1-p) > 5$ (Aczel, (1993) ; Anderson, Sweedney and Williams, (1994) ; Creighton, (1994))
3. $np(1-p) > 9$ (Aczel, (1993))

6.2 วิธีสกอร์ (Score Method)

Agresti and Coull (1998) ศึกษาวิธีประมาณที่เรียกว่า วิธีสกอร์ ซึ่งช่วงความเชื่อมั่นที่สร้างขึ้น ได้จากตัวทดสอบสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน $H_0 : p = p_0$ กับ $H_1 : p \neq p_0$ ที่ระดับนัยสำคัญ α ซึ่งจะยอมรับสมมติฐานหลัก เมื่อ

$$\frac{|\hat{p} - p_0|}{\sqrt{p_0(1-p_0)/n}} \leq Z_{\alpha/2}$$

หรือ
$$(\hat{p} - p_0)^2 \leq Z_{\alpha/2}^2 \left[\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} \right]^2$$

ให้
$$Z = Z_{\alpha/2}$$

$$\hat{p}^2 - 2\hat{p}p_0 + p_0^2 - Z^2 \frac{p_0}{n} + Z^2 \frac{p_0^2}{n} \leq 0$$

$$\hat{p}^2 - p_0 \left(2\hat{p} + \frac{Z^2}{n} \right) + p_0^2 \left(1 + \frac{Z^2}{n} \right) \leq 0$$

แทนค่า $p_0 = p$

$$\hat{p}^2 - p \left(2\hat{p} + \frac{Z^2}{n} \right) + p^2 \left(1 + \frac{Z^2}{n} \right) \leq 0$$

$$\left(1 + \frac{Z^2}{n} \right) p^2 - \left(2\hat{p} + \frac{Z^2}{n} \right) p + \hat{p}^2 \leq 0$$

เมื่อกำหนดให้สมการมีค่าเท่ากับ 0

จากรูปทั่วไปของสมการกำลังสอง (quadratic equation) คือ $ax^2 + bx + c = 0$

กำหนดให้
$$a = \left(1 + \frac{Z^2}{n} \right), b = - \left(2\hat{p} + \frac{Z^2}{n} \right), c = \hat{p}^2$$

สามารถหาคำของสมการกำลังสองได้จากสูตร
$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \text{นั่นคือ}$$

$$p = \frac{\left(2\hat{p} + \frac{Z^2}{n}\right) \pm \sqrt{\left(2\hat{p} + \frac{Z^2}{n}\right)^2 - 4\left(1 + \frac{Z^2}{n}\right)\hat{p}^2}}{2\left(1 + \frac{Z^2}{n}\right)}$$

เนื่องจาก

$$\begin{aligned} \sqrt{\left(2\hat{p} + \frac{Z^2}{n}\right)^2 - 4\left(1 + \frac{Z^2}{n}\right)\hat{p}^2} &= \sqrt{\frac{Z^2}{n}\left(4\hat{p}(1 - \hat{p}) + \frac{Z^2}{n}\right)} \\ &= \frac{Z}{\sqrt{n}}\sqrt{4\hat{p}(1 - \hat{p}) + \frac{Z^2}{n}} \end{aligned}$$

แสดงว่า

$$p = \frac{\left(2\hat{p} + \frac{Z^2}{n}\right) \pm \frac{Z}{\sqrt{n}}\sqrt{4\hat{p}(1 - \hat{p}) + \frac{Z^2}{n}}}{2\left(1 + \frac{Z^2}{n}\right)}$$

$$p = \frac{\frac{2n\hat{p} + Z^2}{n} \pm \frac{Z}{\sqrt{n}}\sqrt{\frac{4n\hat{p}(1 - \hat{p}) + Z^2}{n}}}{2\left(\frac{n + Z^2}{n}\right)}$$

$$p = \frac{2n\hat{p} + Z^2 \pm Z\sqrt{4n\hat{p}(1 - \hat{p}) + Z^2}}{2(n + Z^2)}$$

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ p เป็น (P_L, P_U) เมื่อ

$$P_L \text{ เป็นขีดจำกัดล่างของความเชื่อมั่น คือ } \frac{2n\hat{p} + Z^2 - Z\sqrt{4n\hat{p}(1-\hat{p}) + Z^2}}{2(n + Z^2)}$$

$$P_U \text{ เป็นขีดจำกัดบนของความเชื่อมั่น คือ } \frac{2n\hat{p} + Z^2 + Z\sqrt{4n\hat{p}(1-\hat{p}) + Z^2}}{2(n + Z^2)}$$

เมื่อ $\hat{p}$ คือ ค่าสัดส่วนการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่างซึ่ง $\hat{p} = \frac{y}{n}$

y คือ จำนวนครั้งของการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่างสุ่มขนาด n

$Z = Z_{\alpha/2}$ คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $\alpha/2$ ของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

Agresti and Coull (1998) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีสก็อร์กับวิธีปกติ พบว่าวิธีสก็อร์มีแนวโน้มที่จะใช้ได้ดีกว่าวิธีปกติ เมื่อพิจารณาถึงความน่าจะเป็นในช่วงความเชื่อมั่นจะคลุมค่าพารามิเตอร์ และใช้ได้กับตัวอย่างเกือบทุกขนาด

6.3 วิธีปรับค่าของวาลด์ (Adjusted Wald Method)

Agresti and Caffo (2000) ได้นำวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วงโดยวิธีของ Wald มาปรับใช้ในการคำนวณค่าในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ด้วยการเพิ่มผลสำเร็จและล้มเหลวอย่างละ 2 ครั้ง ซึ่งทำให้ขนาดของตัวอย่างเพิ่มขึ้นจากค่าเดิม 4 ครั้ง จึงทำให้ได้ค่าสัดส่วนการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่างใหม่ คือ $\tilde{p} = \frac{y+2}{n+4}$ เมื่อ y คือ จำนวนครั้งของการเกิดลักษณะที่สนใจในการทดลอง และเรียกการประมาณค่าแบบช่วงนี้ว่าวิธีปรับค่าของวาลด์ (Adjusted Wald Method)

ได้ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ p เป็น (P_L, P_U) เมื่อ

$$P_L \text{ เป็นขีดจำกัดล่างของความเชื่อมั่น คือ } \tilde{p} - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\tilde{p}(1-\tilde{p})}{\tilde{n}}}$$

$$P_U \text{ เป็นขีดจำกัดบนของความเชื่อมั่น คือ } \tilde{p} + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\tilde{p}(1-\tilde{p})}{\tilde{n}}}$$

$$\text{เมื่อ } \tilde{p} = \frac{y+2}{n+4} \quad \text{และ} \quad \tilde{n} = n+4$$

y คือ จำนวนครั้งของการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่างสุ่มขนาด n

$Z_{\alpha/2}$ คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $\alpha/2$ ของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

Agresti and Caffo (2000) พบว่า วิธีดังกล่าวสามารถใช้ได้ดีกว่าวิธีปกติ เหมาะกับทุกขนาดตัวอย่าง คำนวณง่าย ให้ความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นแคบกว่าวิธีปกติ และใช้ได้ดีเมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก หรือ p เข้าใกล้ 0 หรือ 1

6.4 วิธีเอ็กแซ็กต์ (Exact Method)

Leemis and Trivedi (1996) ศึกษาการหาช่วงความเชื่อมั่นของค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธีเอ็กแซ็กต์ ด้วยการแปลงความน่าจะเป็นสะสมของการแจกแจงแบบทวินามไปสู่การแจกแจงเอฟดังนี้

ให้ $W_1, W_2, \dots, W_n$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบ $U(0, 1)$ ซึ่งเป็นอิสระกัน และให้ Y เป็นจำนวนของ W_i 's ที่มีค่าน้อยกว่า p ดังนั้น Y จะมีการแจกแจงแบบทวินาม ด้วยพารามิเตอร์ n และ p

จากฟังก์ชันการแจกแจงแบบทวินามสะสมสามารถเขียนอยู่ในรูปอินทิกรัลได้ดังนี้

$$\sum_{k=0}^y \binom{n}{k} (P)^k (1-P)^{n-k} = n \binom{n-1}{y} \int_p^1 w^y (1-w)^{n-y-1} dw \quad (1)$$

การพิสูจน์เอกลักษณ์นี้ จะใช้อินทิเกรตโดยส่วนที่ได้จากฟังก์ชันเบต้าไม่สมบูรณ์ คือ

$$B_p(y+1, n-y) = \int_0^p w^y (1-w)^{n-y-1} dw$$

และฟังก์ชันเบต้าสมบูรณ์ คือ

$$B(y+1, n-y) = \int_0^1 w^y (1-w)^{n-y-1} dw$$

จากสมการ (1) จะได้

$$\sum_{k=0}^y \binom{n}{k} (P)^k (1-P)^{n-k} = \frac{B(y+1, n-y) - B_p(y+1, n-y)}{B(y+1, n-y)} \quad (2)$$

ให้ w เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงเอฟ ด้วยของศาอิสระ (f_1, f_2)

เมื่อ ตัวแปรสุ่ม $Z = \frac{(f_1 W)}{f_2 + f_1 W}$ ซึ่งสามารถแสดงฟังก์ชันการแจกแจงสะสมได้ดังนี้

$$F_z(z) = P(Z \leq z) = \frac{B_z(f_1/2, f_2/2)}{B(f_1/2, f_2/2)}, \quad 0 < z < 1$$

จากสมการที่ (2) ที่ $f_1 = 2(y+1)$ และ $f_2 = 2(n-y)$ จะได้

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^y \binom{n}{k} (P)^k (1-P)^{n-k} &= 1 - P(Z \leq p) \\ &= 1 - P\left(\frac{(y-1)W}{n-y+(y+1)W} \leq p\right) \\ &= 1 - P\left(W \leq \left(\frac{n-y}{y+1}\right)\left(\frac{p}{1-p}\right)\right) \end{aligned}$$

ดังนั้น ขอบเขตล่าง (P_L) จะได้

$$\sum_{k=y}^n \binom{n}{k} (P_L)^k (1-P_L)^{n-k} = \alpha/2$$

สำหรับ $y = 1, 2, \dots, n-1$ จะได้

$$\sum_{k=0}^{y-1} \binom{n}{k} (P_L)^k (1-P_L)^{n-k} = 1 - \alpha/2$$

$$\text{หรือ } P\left(V \leq \left(\frac{n-y+1}{y}\right)\left(\frac{p_L}{1-p_L}\right)\right) = \alpha/2$$

โดยที่ $V \sim F(2y, 2(n-y+1))$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$\left(\frac{n-y+1}{y}\right)\left(\frac{p_L}{1-p_L}\right) = F_{2y, 2(n-y+1), 1-\alpha/2}$$

$$\text{หรือ } P_L = \frac{1}{1 + \frac{n-y+1}{y F_{2y,2(n-y+1),1-\alpha/2}}}$$

ในทำนองเดียวกัน

$$P_U = \frac{1}{1 + \frac{n-y}{(y+1) F_{2(y+1),2(n-y),\alpha/2}}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ p เป็น (P_L, P_U) เมื่อ

$$P_L \text{ เป็นขีดจำกัดล่างของความเชื่อมั่น คือ } \frac{1}{1 + \frac{n-y+1}{y F_{2y,2(n-y+1),1-\alpha/2}}}$$

$$P_U \text{ เป็นขีดจำกัดบนของความเชื่อมั่น คือ } \frac{1}{1 + \frac{n-y}{(y+1) F_{2(y+1),2(n-y),\alpha/2}}}$$

เมื่อ y คือ จำนวนครั้งของการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่างสุ่มขนาด n

$F_{2y,2(n-y+1),1-\alpha/2}$ คือค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $1 - \alpha/2$ ของการแจกแจงเอฟที่มีค่าองศาอิสระเท่ากับ $2y$ และ $2(n-y+1)$

$F_{2(y+1),2(n-y),\alpha/2}$ คือค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $1 - \alpha/2$ ของการแจกแจงเอฟที่มีค่าองศาอิสระเท่ากับ $2(y+1)$ และ $2(n-y)$

มีนักวิจัยหลายท่าน ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีเอ็กแซ็กกับวิธีอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น จอมขวัญ (2548), Blyth (1986), Sauro and Lewis (2005) พบว่า วิธีเอ็กแซ็กเป็นวิธีที่เหมาะสมกับตัวอย่างขนาดเล็ก แต่ต้องระมัดระวังในการคำนวณ เนื่องจากสูตรค่อนข้างซับซ้อน

6.5 วิธีสูตรแม่นยำ (Rigorous Formula Method)

Chen et al. (2007) ได้นำเสนอวิธีอย่างง่ายในการสร้างช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ทวินาม โดยอาศัยทฤษฎีบทของ Massart (1990) และทฤษฎีบทของ Clunies – Ross (1958) จึงสามารถหาค่า p ได้จากสมการ

$$\exp \left(- \frac{n \left(p - \frac{y}{n} \right)^2}{2 \left(\frac{2}{3} p + \frac{y}{3n} \right) \left(1 - \frac{2}{3} p - \frac{y}{3n} \right)} \right) = \frac{\alpha}{2}, \quad p \in \left(\frac{y}{n}, \infty \right)$$

$$- \frac{n \left(p - \frac{y}{n} \right)^2}{2 \left(\frac{2}{3} p + \frac{y}{3n} \right) \left(1 - \frac{2}{3} p - \frac{y}{3n} \right)} = \ln \frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{n \left(p - \frac{y}{n} \right)^2}{2 \left(\frac{2}{3} p + \frac{y}{3n} \right) \left(1 - \frac{2}{3} p - \frac{y}{3n} \right)} = \ln \frac{2}{\alpha}$$

$$\frac{n}{2 \ln \frac{2}{\alpha}} \left(p - \frac{y}{n} \right)^2 = \left(\frac{2}{3} p + \frac{y}{3n} \right) \left(1 - \frac{2}{3} p - \frac{y}{3n} \right)$$

$$\frac{n}{2 \ln \frac{2}{\alpha}} \left(p^2 - \frac{2y}{n} p + \frac{y^2}{n^2} \right) = -\frac{4}{9} p^2 + \left(\frac{2}{3} - \frac{4y}{9n} \right) p - \left(\frac{y}{3n} - \frac{y^2}{9n^2} \right)$$

$$\frac{n}{2 \ln \frac{2}{\alpha}} \left(p^2 - \frac{2y}{n} p + \frac{y^2}{n^2} \right) = \frac{4}{9} \left[-p^2 + \left(\frac{3}{2} - \frac{y}{n} \right) p + \left(\frac{3y}{4n} - \frac{y^2}{4n^2} \right) \right]$$

$$\frac{9}{8 \ln \frac{2}{\alpha}} \left(np^2 - 2yp + \frac{y^2}{n^2} \right) = -p^2 + \left(\frac{3}{2} - \frac{y}{n} \right) p + \left(\frac{3y}{4n} - \frac{y^2}{4n^2} \right)$$

ให้ $\theta = \frac{9}{8 \ln \frac{2}{\alpha}}$ และให้ $\hat{p} = \frac{y}{n}$ จะได้ว่า

$$n\theta p^2 - 2\theta yp + \theta \hat{p}^2 = -p^2 + \left(\frac{3}{2} - \hat{p} \right) p + \left(\frac{3}{4} \hat{p} - \frac{\hat{p}^2}{4} \right)$$

$$(1 + n\theta)p^2 - \left(2\theta y + \frac{3}{2} - \hat{p} \right) p + \left(\theta \hat{p}^2 - \frac{3}{4} \hat{p} + \frac{\hat{p}^2}{4} \right) = 0$$

จากรูปทั่วไปของสมการกำลังสองคือ $ax^2 + bx + c = 0$

กำหนดให้ $a = (1 + n\theta)$, $b = -\left(2\theta y + \frac{3}{2} - \hat{p} \right)$, $c = \left(\theta \hat{p}^2 - \frac{3}{4} \hat{p} + \frac{\hat{p}^2}{4} \right)$

สามารถหาคำของสมการกำลังสองได้จากสูตร $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ นั่นคือ

$$p = \frac{\left(2\theta y + \frac{3}{2} - \hat{p} \right) \pm \sqrt{\left(2\theta y + \frac{3}{2} - \hat{p} \right)^2 - 4(1 + n\theta) \left(\theta \hat{p}^2 - \frac{3}{4} \hat{p} + \frac{\hat{p}^2}{4} \right)}}{2(1 + n\theta)}$$

$$p = \frac{\left[2\hat{p}(1 + n\theta) + \frac{3}{2} - 3\hat{p} \right] \pm \sqrt{\left(2\theta y + \frac{3}{2} - 3\hat{p} \right)^2 - 4(1 + n\theta) \left(\theta \hat{p}^2 - \frac{3}{4} \hat{p} + \frac{\hat{p}^2}{4} \right)}}{2(1 + n\theta)}$$

$$p = \hat{p} + \frac{\left(\frac{3}{2} - 3\hat{p}\right) \pm \sqrt{-9\theta_y\hat{p} + 9\theta_y + \frac{9}{4}}}{2(1 + \theta_n)}$$

$$p = \hat{p} + \frac{\left(\frac{3}{2} - 3\hat{p}\right) \pm \sqrt{\frac{9}{4}(1 + 4\theta_y - 4\theta_y\hat{p})}}{2(1 + \theta_n)}$$

$$p = \hat{p} + \frac{\left(\frac{3}{2} - 3\hat{p}\right) \pm \frac{3}{2}\sqrt{1 + 4\theta_y(1 - \hat{p})}}{2(1 + \theta_n)}$$

$$p = \hat{p} + \frac{\frac{3}{2} \frac{1 - 2\hat{p}}{(1 + \theta_n)} \pm \sqrt{1 + 4\theta_y(1 - \hat{p})}}{(1 + \theta_n)}$$

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ p เป็น (P_L, P_U) เมื่อ

$$P_L \text{ เป็นขีดจำกัดล่างของความเชื่อมั่น คือ } \hat{p} + \frac{\frac{3}{4} \frac{1 - 2\hat{p} - \sqrt{1 + 4\frac{9}{8\ln 2 / \alpha}y(1 - \hat{p})}}{1 + \frac{9}{8\ln 2 / \alpha}n}}$$

$$P_U \text{ เป็นขีดจำกัดบนของความเชื่อมั่น คือ } \hat{p} + \frac{\frac{3}{4} \frac{1 - 2\hat{p} + \sqrt{1 + 4\frac{9}{8\ln 2 / \alpha}y(1 - \hat{p})}}{1 + \frac{9}{8\ln 2 / \alpha}n}}$$

เมื่อ $\hat{p}$ คือ ค่าสัดส่วนการเกิดลักษณะที่สนใจในตัวอย่างซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{y}{n}$
 y คือ จำนวนครั้งของการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่างสุ่มขนาด n
 n คือ ขนาดตัวอย่าง

7. เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าแบบช่วง

Ghosh (1979) เสนอวิธีการเปรียบเทียบวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ที่มีการแจกแจงแบบทวินาม โดยใช้ตัวสถิติ Z เพื่อตรวจสอบว่าค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้นั้นมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นตามที่กำหนด ซึ่งได้มีการกำหนดค่าต่างๆ ดังนี้

- α คือ ระดับนัยสำคัญของการทดสอบสมมติฐานเท่ากับ .05
- c คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
- $\hat{c}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแต่ละช่วงความเชื่อมั่นที่ประมาณได้
- c_0 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (0.90 , 0.95 , 0.99 , 0.999)
- n คือ จำนวนครั้งของการทดลอง เท่ากับ 2,000 ครั้ง

รูปแบบของการทดสอบสมมติฐาน

- สมมติฐาน H_0 : ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ($c \geq c_0$)
 H_1 : ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด ($c < c_0$)

ตัวสถิติทดสอบ
$$Z = \frac{\hat{c} - c_0}{\sqrt{c_0(1 - c_0)/n}}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ
$$\frac{\hat{c} - c_0}{\sqrt{c_0(1 - c_0)/n}} < -Z_\alpha$$

หรือ
$$\hat{c} < c_0 - Z_\alpha \sqrt{c_0(1 - c_0)/n}$$

ดังนั้นวิธีการประมาณที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (c_0) คือวิธีการที่ให้ค่า $\hat{c} \geq c_0 - Z_\alpha \sqrt{c_0(1 - c_0)/n}$

1. ที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

$$\text{สมมติฐาน } H_0 : c \geq 0.90$$

$$H_1 : c < 0.90$$

จะให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (0.90) เมื่อ

$$\hat{c} \geq 0.90 - 1.645 \sqrt{\frac{0.90(1 - 0.90)}{2,000}}$$

$$\text{หรือ } \hat{c} \geq 0.8890$$

2. ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$$\text{สมมติฐาน } H_0 : c \geq 0.95$$

$$H_1 : c < 0.95$$

จะให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (0.95) เมื่อ

$$\hat{c} \geq 0.95 - 1.645 \sqrt{\frac{0.95(1 - 0.95)}{2,000}}$$

$$\text{หรือ } \hat{c} \geq 0.9420$$

3. ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

$$\text{สมมติฐาน } H_0 : c \geq 0.99$$

$$H_1 : c < 0.99$$

จะให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (0.99) เมื่อ

$$\hat{c} \geq 0.99 - 1.645 \sqrt{\frac{0.99(1 - 0.99)}{2,000}}$$

หรือ $\hat{c} \geq 0.9863$

4. ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9%

สมมติฐาน $H_0: c \geq 0.999$

$H_1: c < 0.999$

จะให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (0.999) เมื่อ

$$\hat{c} \geq 0.999 - 1.645 \sqrt{\frac{0.999(1 - 0.999)}{2,000}}$$

หรือ $\hat{c} \geq 0.9978$

ดังนั้น ถ้าค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองมีค่าไม่น้อยกว่า 0.8890 , 0.9420 , 0.9863 และ 0.9978 ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% , 95% , 99% และ 99.9% ตามลำดับ จะถือว่าวิธีการประมาณนั้นให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด และจะนำเฉพาะวิธีการประมาณที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่านั้นไปทำการเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น โดยจะทำการพิจารณาเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่ได้ว่าวิธีการประมาณใดสามารถให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด จะสรุปว่าวิธีการประมาณนั้นให้ช่วงประมาณที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสถานการณ์นั้นๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จอมขวัญ (2548) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนประชากรที่มีการแจกแจงแบบทวินาม วิธีที่ใช้ในการเปรียบเทียบมี 5 วิธี คือ การประมาณการแจกแจงแบบทวินามด้วยการแจกแจงปกติ วิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีปรับค่าของวาลด์โดยใช้วิธีแจกในไฟในการประมาณค่าความแปรปรวน วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีบูตสเตรปเปอร์เซ็นต์ไทล์ พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 90% วิธีเอ็กแซ็กเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดทุกสถานการณ์ค่าสัดส่วนประชากรและขนาดตัวอย่างที่กำหนด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิธีเอ็กแซ็กเป็นวิธีที่เหมาะสมในทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อ $0.01 \leq p \leq 0.07$ และวิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อ $0.09 \leq p \leq 0.5$ และที่ระดับความเชื่อมั่น 99% วิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในทุกสถานการณ์ค่าสัดส่วนประชากร และขนาดตัวอย่างที่กำหนด

สารนิษฐ์ (2546) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าแบบช่วงสำหรับพารามิเตอร์ในการแจกแจงแบบทวินาม 5 วิธี คือ วิธีปกติ วิธีใช้ค่าปรับความต่อเนื่องของเยทส์ วิธีแปลงแบบอาร์คไซน์ วิธีสคอร์ และวิธีเพิ่มจำนวนลักษณะที่สนใจและจำนวนลักษณะที่ไม่สนใจอีก 2 ค่า พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ($n < 50$) และขนาดปานกลาง ($50 \leq n \leq 100$) วิธีสคอร์จะให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% , 95% และ 99% วิธีสคอร์มีค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุดหรือใกล้เคียงน้อยที่สุดในทุกค่าพารามิเตอร์ p ที่กำหนด และเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ($n > 100$) ช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้จากวิธีแปลงแบบอาร์คไซน์ จะให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด และมีค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด เมื่อ $p \leq 0.15$ และเมื่อ $p \geq 0.20$ วิธีสคอร์มีค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด สำหรับวิธีเพิ่มจำนวนลักษณะที่สนใจและจำนวนลักษณะที่ไม่สนใจอีก 2 ค่า เป็นวิธีที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าที่กำหนด แม้จะไม่สามารถให้ความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุดเท่ากับวิธีสคอร์ แต่สามารถให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่น้อยที่สุดได้ในทุกขนาดตัวอย่างและเกือบทุกค่าพารามิเตอร์ เนื่องจากคำนวณง่ายและสะดวกกว่าวิธีสคอร์มาก จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมในทุกขนาดตัวอย่าง และทุกค่า p ที่กำหนด

Clopper and Pearson (1934) ได้เสนอวิธีการประมาณค่าแบบช่วงสำหรับการแจกแจงแบบทวินาม ในกรณีขนาดตัวอย่างเล็ก ซึ่งช่วงของ Clopper and Pearson สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ต่อมาช่วงของ Clopper and Pearson ได้ถูกยึดเป็นแนวทางมีการปรับปรุงแก้ไขช่วงดังกล่าวโดยผู้วิจัยหลายท่าน

Blyth (1986) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณแบบช่วงในการแจกแจงแบบทวินาม ระหว่างวิธีปกติกับวิธีเอ็กแซ็ก พบว่าวิธีเอ็กแซ็กเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการประมาณค่าแบบช่วงสำหรับค่าสัดส่วนของประชากรที่มีการแจกแจงแบบทวินามในกรณีที่กลุ่มประชากรตัวอย่างมีขนาดเล็ก เพราะว่าช่วงที่ได้สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งวิธีนี้อยู่ในรูปของการแจกแจงเอฟ (F Distribution)

Agresti and Coull (1998) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณแบบช่วงสำหรับการพารามิเตอร์ในการแจกแจงแบบทวินาม ระหว่างวิธีสคอร์และวิธีปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ใช้ขนาดตัวอย่าง 5, 10, 20, 30, 50, 100 ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า วิธีสคอร์ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด และมีค่าสูงกว่าค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยวิธีปกติ ในทุก ๆ ขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษา แม้แต่ขนาดตัวอย่างเล็กที่สุดเท่ากับ 5

Agresti and Caffo (2000) ได้นำวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วงที่เป็นวิธีการประมาณของ Wald มาปรับใหม่เพื่อแก้ไขปัญหาในการคำนวณค่าในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ด้วยการเพิ่มผลสำเร็จและล้มเหลวอย่างละ 2 ครั้ง ซึ่งทำให้ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นจากค่าเดิมอีก 4 ครั้ง จึงทำให้ได้ค่าสัดส่วนการเกิดลักษณะที่สนใจในกลุ่มตัวอย่างใหม่ คือ
$$\tilde{p} = \frac{y+2}{n+4}$$
 โดยนำมาเปรียบเทียบกับวิธีปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ใช้ขนาดตัวอย่าง 5, 10, 20 จากการศึกษาพบว่า วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ในทางตรงกันข้ามวิธีปรับค่าของวาลด์ มีค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ในทุกขนาดตัวอย่าง และทุกระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด

Chen et al. (2007) ได้นำเสนอสูตรที่ชัดเจนสำหรับการสร้างช่วงความเชื่อมั่นทวินาม โดยนำมาเปรียบเทียบกับวิธีสูตรแม่นยำ (Rigorous Formula Method) กับวิธีเอ็กแซ็กต์ (Exact Method) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, 99%, 99.9% ใช้ขนาดตัวอย่าง 10, 50, 100, 500, 1,000, 5,000 ผลการศึกษาพบว่าทั้งสองวิธีให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด แต่วิธีสูตรแม่นยำมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำกว่าในทุกๆ ขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ของภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
2. โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6

วิธีการ

1. สร้างตัวแปรสุ่มให้มีการแจกแจงแบบทวินาม

1.1 สร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสมมาตรในช่วง $(0, 1)$

1.2 สร้างตัวอย่างสุ่มที่มีการแจกแจงแบบทวินาม ในแต่ละสถานการณ์ค่า n, p ที่กำหนด โดยการสร้างตัวแปรสุ่มเบอร์нулลีที่มีพารามิเตอร์ p จำนวน n ตัว ซึ่งเป็นอิสระกัน กำหนดให้เป็น $X_1, X_2, \dots, X_n$ ตัวแปรสุ่มเบอร์нулลีแต่ละตัวมีค่าเป็น 1 หรือ 0 สร้างโดยใช้ค่าของตัวเลขสุ่มจากข้อ 1.1 มาสร้างเงื่อนไขคือ จะนับเป็นผลสำเร็จ โดยให้ค่าเป็น 1 เมื่อค่าเลขสุ่มที่ถูกสุ่มมามีค่าน้อยกว่าพารามิเตอร์ p ที่กำหนด และให้ค่าเป็น 0 เมื่อค่าเลขสุ่มที่ถูกสุ่มมามีค่ามากกว่าค่าพารามิเตอร์ p ที่กำหนด เมื่อได้ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเบอร์нулลี โดยมีพารามิเตอร์ คือ p จำนวน n ตัว แล้วจะนำค่าของ $X_1, X_2, \dots, X_n$ มาบวกเข้าด้วยกัน ผลบวกสะสมที่ได้จะให้ค่าของตัวแปรสุ่ม Y หรือ จำนวนครั้งของผลสำเร็จในการทดลอง n ครั้ง ดังนั้น ตัวแปรสุ่ม Y จะมีการแจกแจงแบบทวินาม ที่มีพารามิเตอร์ n และ p ในแต่ละขนาดตัวอย่างที่กำหนด

2. นำตัวแปรสุ่มที่ได้มาคำนวณช่วงความเชื่อมั่นด้วยวิธีการประมาณค่าแบบช่วงทั้ง 5 วิธี

นำค่าตัวแปรสุ่ม Y ที่ได้จากข้อ 1.2 มาคำนวณช่วงความเชื่อมั่น (P_L , P_U) ด้วยวิธีการประมาณค่าแบบช่วงทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่นทั้ง 4 ระดับ คือ 90%, 95%, 99% และ 99.9% ในแต่ละสถานการณ์จะคำนวณช่วงความเชื่อมั่นทั้งหมด 2,000 ช่วง โดย 5 วิธีดังกล่าว ดังนี้

2.1 วิธีปกติ (Normal Method) คำนวณช่วงความเชื่อมั่นได้จาก

$$P_L \text{ เป็นขีดจำกัดล่างของความเชื่อมั่น คือ } \hat{p} - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

$$P_U \text{ เป็นขีดจำกัดบนของความเชื่อมั่น คือ } \hat{p} + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

2.2 วิธีสคอร์ (Score Method) คำนวณช่วงความเชื่อมั่นได้จาก

$$P_L \text{ เป็นขีดจำกัดล่างของความเชื่อมั่น คือ } \frac{2n\hat{p} + Z^2 - Z\sqrt{4n\hat{p}(1-\hat{p}) + Z^2}}{2(n + Z^2)}$$

$$P_U \text{ เป็นขีดจำกัดบนของความเชื่อมั่น คือ } \frac{2n\hat{p} + Z^2 + Z\sqrt{4n\hat{p}(1-\hat{p}) + Z^2}}{2(n + Z^2)}$$

2.3 วิธีปรับค่าของวาลด์ (Adjusted Wald Method) คำนวณช่วงความเชื่อมั่นได้จาก

$$P_L \text{ เป็นขีดจำกัดล่างของความเชื่อมั่น คือ } \tilde{p} - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\tilde{p}(1-\tilde{p})}{\tilde{n}}}$$

$$P_U \text{ เป็นขีดจำกัดบนของความเชื่อมั่น คือ } \tilde{p} + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\tilde{p}(1-\tilde{p})}{\tilde{n}}}$$

$$\text{เมื่อ } \hat{p} = \frac{y+2}{n+4} \text{ และ } \tilde{n} = n+4$$

2.4 วิธีเอ็กแซ็กต์ (Exact Method) คำนวณช่วงความเชื่อมั่นได้จาก

$$P_L \text{ เป็นขีดจำกัดล่างของความเชื่อมั่น คือ } \frac{1}{1 + \frac{n-y+1}{y F_{2y, 2(n-y+1), 1-\alpha/2}}}$$

$$P_U \text{ เป็นขีดจำกัดบนของความเชื่อมั่น คือ } \frac{1}{1 + \frac{n-y}{(y+1) F_{2(y+1), 2(n-y), \alpha/2}}}$$

2.5 วิธีสูตรแม่นยำ (Rigorous Formula Method) คำนวณช่วงความเชื่อมั่นได้จาก

$$P_L \text{ เป็นขีดจำกัดล่างของความเชื่อมั่น คือ } \hat{p} + \frac{3}{4} \frac{1 - 2\hat{p} - \sqrt{1 + 4 \frac{9}{8 \ln 2 / \alpha} y(1 - \hat{p})}}{1 + \frac{9}{8 \ln 2 / \alpha} n}$$

$$P_U \text{ เป็นขีดจำกัดบนของความเชื่อมั่น คือ } \hat{p} + \frac{3}{4} \frac{1 - 2\hat{p} + \sqrt{1 + 4 \frac{9}{8 \ln 2 / \alpha} y(1 - \hat{p})}}{1 + \frac{9}{8 \ln 2 / \alpha} n}$$

3. คำนวณค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

การคำนวณค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด โดยการตรวจสอบว่าช่วงความเชื่อมั่น (P_L , P_U) ที่คำนวณจากแต่ละวิธีนั้นครอบคลุมค่า p หรือไม่ หากช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่า p จะทำการนับจำนวนครั้งของช่วงที่ครอบคลุมและบวกสะสมค่าเอาไว้ ซึ่งในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด จะตรวจสอบช่วงความเชื่อมั่นทั้งหมด 2,000 ช่วง เมื่อตรวจสอบช่วงความเชื่อมั่นจนครบ 2,000 ช่วงแล้ว จึงนับจำนวนครั้งของ

ช่วงความเชื่อมั่นที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ p ที่บวกสะสมไว้ทั้งหมดหารด้วยจำนวนช่วงความเชื่อมั่นทั้งหมด คือ 2,000 ช่วง ค่าที่คำนวณได้คือค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งจะมีรูปแบบการคำนวณคือ

$$\text{ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น} = \frac{1}{2,000} \text{ จำนวนครั้งที่ช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ } p$$

4. คำนวณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

การคำนวณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น หาได้จากการนำช่วงความเชื่อมั่นในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดทั้ง 2,000 ช่วง มาหาผลต่างระหว่างขอบเขตบนของช่วงความเชื่อมั่น (P_U) และขอบเขตล่างของช่วงความเชื่อมั่น (P_L) ผลต่างที่ได้จะบวกสะสมเอาไว้ เมื่อคำนวณช่วงความเชื่อมั่นจนครบ 2,000 ครั้งแล้ว จึงหาค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นนั้นๆ โดยนำค่าผลบวกสะสมที่ได้หารด้วยจำนวนช่วงความเชื่อมั่นทั้งหมด คือ 2,000 ซึ่งจะมีรูปแบบการหาค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ดังนี้

$$\text{ความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น} = \frac{\sum_{i=1}^{2,000} [(P_U)_i - (P_L)_i]}{2,000}$$

5. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นและค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าแบบช่วง จะพิจารณาจากค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นและค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้จากแต่ละวิธี ในแต่ละสถานการณ์ n และ p ที่กำหนด

เกณฑ์ในการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จะอาศัยการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ตัวสถิติ Z (Ghosh (1979)) นั่นคือ ถ้าค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองมีค่าไม่น้อยกว่า 0.8890 , 0.9420 , 0.9863 และ 0.9978 ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% , 95% , 99%

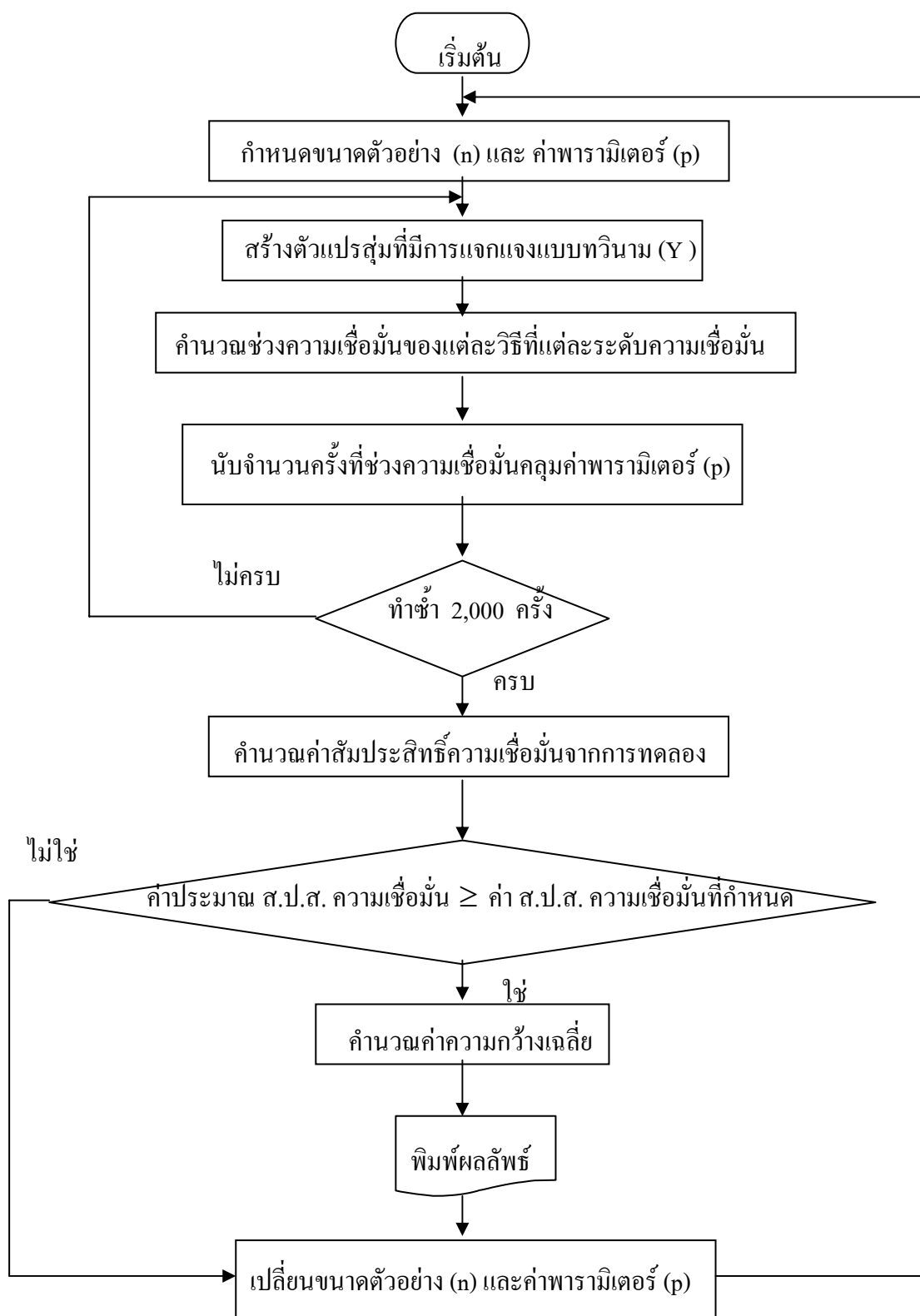
และ 99.9% ตามลำดับ จะถือว่าวิธีการประมาณนั้นให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

เกณฑ์การเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นนี้ จะนำเฉพาะวิธีการที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่านั้นไปทำการเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น โดยจะทำการพิจารณาเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่ได้ว่าวิธีการประมาณใดสามารถให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด จะสรุปว่าวิธีการประมาณนั้นให้ช่วงประมาณที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด

6. สรุปผลการวิจัย

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นจากการทดลอง และมีค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดแล้ว จะทำการสรุปผลว่าวิธีการประมาณใดที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละสถานการณ์

โดยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังแผนผังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
บางเขน มีระยะเวลาทำการวิจัยตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551 สิ้นสุดเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2552

ผลและวิจารณ์

ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาเปรียบเทียบการประมาณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบทวินาม 5 วิธี คือ วิธีปกติ (Normal Method) วิธีสคอร์ (Score Method) วิธีปรับค่าของวาลด์ (Adjusted Wald Method) วิธีเอ็กแซ็กต์ (Exact Method) และวิธีสูตรแม่นยำ (Rigorous Formula Method) การพิจารณาว่าวิธีการประมาณค่าแบบช่วงวิธีใดจะเหมาะสมที่สุดในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด มีหลักการพิจารณาดังนี้

1. พิจารณาจากค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นทำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด โดยค่าประมาณสัมประสิทธิ์ที่กำหนดเป็นดังนี้

ระดับความเชื่อมั่น	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด
90%	0.8890
95%	0.9420
99%	0.9863
99.9%	0.9978

2. นำช่วงความเชื่อมั่นที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดมาเปรียบเทียบ หากวิธีการประมาณใดมีค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด จะถือว่าวิธี การประมาณดังกล่าวเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประมาณในสถานการณ์นั้นๆ

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. เปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 4 ระดับ คือ 90% , 95% , 99% และ 99.9% โดยวิธีที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด จะนำไปหาค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่อไป

2. เปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น 4 ระดับ คือ 90%, 95%, 99% และ 99.9% โดยวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุดจะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด และเพื่อให้สะดวกในการอธิบาย จึงกำหนดคำย่อและสัญลักษณ์เพื่อแทนความหมายต่างๆ ดังนี้

Normal	หมายถึง	วิธีปกติ (Normal Method)
Score	หมายถึง	วิธีสกอว์ (Score Method)
AdjustW	หมายถึง	วิธีปรับค่าของวาลด์ (Adjusted Wald Method)
Exact	หมายถึง	วิธีเอ็กแซ็ก (Exact Method)
Rigorous	หมายถึง	วิธีสูตรแม่นยำ (Rigorous Formula Method)
n	หมายถึง	ขนาดตัวอย่าง
p	หมายถึง	ค่าพารามิเตอร์

1. การเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

ผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองที่ได้จากการประมาณค่าแบบช่วงทั้ง 5 วิธี กับ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ซึ่งทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยพิจารณาจาก ขนาดตัวอย่าง ค่าพารามิเตอร์ p และระดับความเชื่อมั่นดังที่กำหนด สรุปได้ดังนี้

1.1 ที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

ในการเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% บริเวณวิกฤตจากการทดสอบสมมติฐานเท่ากับ 0.8890 ดังนั้น ถ้าวิธีการประมาณค่าใด ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่น้อยกว่า 0.8890 จะถือว่าวิธีนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

วิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ในแต่ละขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณ
ทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	0.05	0.2205	0.9750*	0.7790	0.9750*	0.9995*
	0.07	0.2975	0.9545*	0.7010	0.9545*	0.9985*
	0.09	0.3720	0.9255*	0.9255*	0.9955*	0.9955*
	0.1	0.3865	0.9145*	0.9145*	0.9900*	0.9900*
	0.2	0.6185	0.9420*	0.9420*	0.9900*	0.9900*
	0.3	0.7885	0.9695*	0.9695*	0.9695*	0.9985*
	0.4	0.8400	0.9000*	0.9120*	0.9965*	0.9965*
	0.5	0.6105	0.9390*	0.9390*	0.9390*	1.0000*
10	0.05	0.3945	0.9075*	0.9075*	0.9935*	1.0000*
	0.07	0.4800	0.9500*	0.9100*	0.9500*	0.9900*
	0.09	0.5805	0.9385*	0.9385*	0.9910*	0.9910*
	0.1	0.6365	0.9285*	0.9285*	0.9880*	1.0000*
	0.2	0.8485	0.9725*	0.8935*	0.9725*	0.9935*
	0.3	0.7885	0.9170*	0.9170*	0.9170*	0.9910*
	0.4	0.8010	0.9010*	0.9010*	0.9410*	0.9850*
	0.5	0.8765	0.8905*	0.8905*	0.8905*	0.9750*
20	0.05	0.6455	0.9225*	0.9225*	0.9855*	0.9975*
	0.07	0.7300	0.9400*	0.8900*	0.9400*	0.9975*
	0.09	0.8265	0.8995*	0.8995*	0.9700*	0.9920*
	0.1	0.8800	0.9656*	0.8922*	0.9656*	0.9975*
	0.2	0.8700	0.8900*	0.9200*	0.8900*	0.9670*
	0.3	0.8200	0.9095*	0.9095*	0.9095*	0.9855*
	0.4	0.8750	0.8750	0.8750	0.7825	0.9910*
	0.5	0.8670	0.8670	0.8670	0.9630*	0.9985*

ตารางที่ 1 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
30	0.05	0.7780	0.9480*	0.9480*	0.9900*	1.0000*
	0.07	0.8810	0.9540*	0.9540*	0.9875*	0.9985*
	0.09	0.7915	0.9025*	0.8935*	0.9610*	1.0000*
	0.1	0.8305	0.8960*	0.9305*	0.8960*	0.9980*
	0.2	0.8550	0.8945*	0.9200*	0.8945*	0.9750*
	0.3	0.8685	0.8880	0.8780	0.8095	0.9805*
	0.4	0.8120	0.8760	0.8760	0.6490	0.9810*
	0.5	0.8730	0.8730	0.8730	0.7540	0.9910*
70	0.05	0.8950*	0.9500*	0.9750*	0.8560	0.9990*
	0.07	0.8900*	0.9200*	0.9400*	0.7760	0.9880*
	0.09	0.8920*	0.9150*	0.8950*	0.8730	0.9830*
	0.1	0.9180*	0.9385*	0.8900*	0.7450	0.9835*
	0.2	0.8630	0.8790	0.9065*	0.8365	0.9655*
	0.3	0.8150	0.8540	0.8540	0.8150	0.9605*
	0.4	0.8225	0.8225	0.8225	0.7695	0.9740*
	0.5	0.8025	0.8025	0.8025	0.7110	0.9815*
100	0.05	0.8990*	0.9365*	0.9590*	0.7605	0.9970*
	0.07	0.9325*	0.9485*	0.9060*	0.7550	0.9920*
	0.09	0.8890*	0.8955*	0.9280*	0.6930	0.9895*
	0.1	0.8930*	0.8920*	0.9150*	0.7870	0.9890*
	0.2	0.8580	0.8660	0.8900*	0.8320	0.9745*
	0.3	0.8030	0.8315	0.8315	0.7285	0.9525*
	0.4	0.8055	0.8430	0.8135	0.6845	0.9635*
	0.5	0.8390	0.8390	0.8390	0.8390	0.9815*

ตารางที่ 1 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
500	0.05	0.9160*	0.9830*	0.9790*	0.8570	0.9990*
	0.07	0.9665*	0.9760*	0.9705*	0.8815	0.9990*
	0.09	0.8890*	0.9035*	0.9345*	0.8670	0.9900*
	0.1	0.8960*	0.9220*	0.9147*	0.8697	0.9927*
	0.2	0.8540	0.8595	0.8800	0.5650	0.9825*
	0.3	0.8440	0.8275	0.8425	0.6305	0.9685*
	0.4	0.8595	0.8730	0.8645	0.6940	0.9705*
	0.5	0.8250	0.8250	0.8250	0.6810	0.9600*
1000	0.05	0.9680*	0.9755*	0.9740*	0.8515	0.9965*
	0.07	0.9640*	0.9685*	0.9650*	0.7755	0.9945*
	0.09	0.9385*	0.9440*	0.9510*	0.7770	0.9855*
	0.1	0.9285*	0.9315*	0.9400*	0.7215	0.9830*
	0.2	0.8740	0.8715	0.8815	0.7810	0.9795*
	0.3	0.8205	0.8125	0.8220	0.7970	0.9650*
	0.4	0.8770	0.8770	0.8770	0.8770	0.9835*
	0.5	0.7855	0.7970	0.7970	0.7970	0.9305*

หมายเหตุ * กรณีที่วิธีการประมาณให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า
ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

จากตารางที่ 1 พบว่า วิธีการประมาณแบบช่วงทั้ง 5 วิธี จะให้ค่าประมาณ
สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยจะขึ้นอยู่กับขนาด
ตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์ p ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 90% ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ของแต่ละขนาดตัวอย่าง n โดยวิธีประมาณค่าทั้ง 5 วิธี

n	พารามิเตอร์ p				
	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	-	ทุกค่า p	0.09 - 0.5	ทุกค่า p	ทุกค่า p
10	-	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p
20	-	0.05 - 0.3	0.05 - 0.3	0.05 - 0.3, 0.5	ทุกค่า p
30	-	0.05 - 0.2	0.05 - 0.2	0.05 - 0.2	ทุกค่า p
70	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.2	-	ทุกค่า p
100	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.2	-	ทุกค่า p
500	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	-	ทุกค่า p
1000	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	-	ทุกค่า p

หมายเหตุ - กรณีที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 การประมาณค่าแบบช่วงทั้ง 5 วิธี สามารถประมาณช่วงความเชื่อมั่น 90% ของค่าพารามิเตอร์ p ที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในแต่ละสถานการณ์ต่างๆ ดังนี้

ก. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสคอร์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p มีค่าตั้งแต่ 0.09 ขึ้นไป วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

จ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสตอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธี
สูตรแม่นยำ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p
วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ก. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีเอ็กแซ็ก ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.3 วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ง. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีเอ็กแซ็ก ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.2 วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

จ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปกติและวิธีสคอร์ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.2 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนดในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ฉ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสุตรแมนยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปกติและวิธีสคอร์ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปรับค่าของwald ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.2 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ช. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 500

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสุตรแมนยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปกติ วิธีสคอร์และวิธีปรับค่าของwald ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ซ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 1000

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสุตรแมนยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปกติ วิธีสคอร์ และวิธีปรับค่าของwald ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

1.2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ในการเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% บริเวณวิกฤตจากการทดสอบสมมติฐานเท่ากับ 0.9420 ดังนั้น ถ้าวิธีการประมาณค่าใด ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่น้อยกว่า 0.9420 จะถือว่าวิธีนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

วิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ในแต่ละขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณ
ทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	0.05	0.2200	0.9755*	0.9755*	0.9755*	0.9990*
	0.07	0.2975	0.9545*	0.9545*	0.9980*	0.9980*
	0.09	0.3780	0.9420*	0.9420*	0.9980*	1.0000*
	0.1	0.4000	0.9600*	0.9600*	0.9900*	0.9990*
	0.2	0.6650	0.9445*	0.9445*	0.9955*	0.9955*
	0.3	0.7985	0.9695*	0.9695*	0.9980*	0.9980*
	0.4	0.8265	0.9925*	0.9925*	0.9925*	0.9925*
	0.5	0.8365	0.9430*	0.9430*	1.0000*	1.0000*
10	0.05	0.3500	0.9500*	0.9900*	0.9900*	1.0000*
	0.07	0.5035	0.9725*	0.9725*	0.9970*	0.9970*
	0.09	0.5905	0.9465*	0.9465*	0.9920*	1.0000*
	0.1	0.6380	0.9420*	0.9420*	0.9820*	0.9960*
	0.2	0.8665	0.9640*	0.9640*	0.9640*	0.9990*
	0.3	0.8600	0.9433*	0.9667*	0.9433*	0.9967*
	0.4	0.8930	0.9850*	0.9850*	0.9850*	0.9945*
	0.5	0.8815	0.9760*	0.9760*	0.9760*	0.9995*
20	0.05	0.6860	0.9500*	0.9840*	0.9840*	0.9980*
	0.07	0.7650	0.9520*	0.9520*	0.9875*	0.9985*
	0.09	0.8465	0.9655*	0.9655*	0.9920*	0.9990*
	0.1	0.8790	0.9535*	0.9535*	0.9865*	0.9975*
	0.2	0.9145	0.9460*	0.9460*	0.8510	0.9965*
	0.3	0.9395	0.9635*	0.9635*	0.9080	0.9900*
	0.4	0.9235	0.9590*	0.9590*	0.8170	0.9970*
	0.5	0.9590*	0.9590*	0.9590*	0.8590	0.9960*

ตารางที่ 3 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
30	0.05	0.8050	0.9530*	0.9890*	0.9890*	0.9990*
	0.07	0.8920	0.9550*	0.9895*	0.9895*	1.0000*
	0.09	0.9415	0.9565*	0.9565*	0.9565*	0.9985*
	0.1	0.8350	0.9875*	0.9875*	0.9475*	1.0000*
	0.2	0.9385	0.9575*	0.9575*	0.9240	0.9920*
	0.3	0.9340	0.9500*	0.9500*	0.8370	0.9915*
	0.4	0.9240	0.9550*	0.9550*	0.7825	0.9890*
	0.5	0.9590*	0.9590*	0.9590*	0.8370	0.9950*
70	0.05	0.8795	0.9875*	0.9875*	0.9210	1.0000*
	0.07	0.8995	0.9750*	0.9750*	0.8270	0.9890*
	0.09	0.9575*	0.9425*	0.9645*	0.9165	0.9945*
	0.1	0.9200	0.9500*	0.9800*	0.7900	0.9900*
	0.2	0.9240	0.9300	0.9300	0.8835	0.9830*
	0.3	0.9015	0.9080	0.9080	0.8805	0.9740*
	0.4	0.9140	0.9345	0.9345	0.8415	0.9880*
	0.5	0.8800	0.9310	0.9310	0.7925	0.9945*
100	0.05	0.9095	0.9850*	0.9850*	0.8220	0.9950*
	0.07	0.9300	0.9805*	0.9805*	0.7545	0.9875*
	0.09	0.9465*	0.9565*	0.9565*	0.8355	0.9885*
	0.1	0.9460*	0.9470*	0.9620*	0.8000	0.9970*
	0.2	0.9130	0.9180	0.9315	0.8880	0.9895*
	0.3	0.8955	0.8765	0.8960	0.7995	0.9795*
	0.4	0.8910	0.8910	0.8910	0.7855	0.9915*
	0.5	0.8900	0.8900	0.8900	0.8900	0.9925*

ตารางที่ 3 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
500	0.05	0.9860*	0.9970*	0.9970*	0.9345	1.0000*
	0.07	0.9725*	0.9930*	0.9930*	0.9320	0.9995*
	0.09	0.9730*	0.9785*	0.9785*	0.9305	1.0000*
	0.1	0.9605*	0.9825*	0.9825*	0.9275	1.0000*
	0.2	0.9335	0.9380	0.9380	0.6935	0.9830*
	0.3	0.8985	0.9125	0.9125	0.6995	0.9810*
	0.4	0.8875	0.8875	0.8875	0.7070	0.9865*
	0.5	0.8800	0.8800	0.8800	0.7495	0.9860*
1000	0.05	0.9885*	0.9940*	0.9940*	0.9380	0.9995*
	0.07	0.9905*	0.9900*	0.9900*	0.8725	0.9995*
	0.09	0.9660*	0.9725*	0.9725*	0.8270	0.9945*
	0.1	0.9620*	0.9635*	0.9635*	0.8245	0.9880*
	0.2	0.9320	0.9350	0.9350	0.8650	0.9845*
	0.3	0.9145	0.9130	0.9130	0.8975	0.9775*
	0.4	0.9255	0.9300	0.9300	0.9300	0.9905*
	0.5	0.9070	0.9070	0.9070	0.9165	0.9825*

หมายเหตุ * กรณีที่วิธีการประมาณให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า
ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

จากตารางที่ 3 พบว่า วิธีการประมาณแบบช่วงทั้ง 5 วิธี จะให้ค่าประมาณ
สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยจะขึ้นอยู่กับขนาด
ตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าพารามิเตอร์ p ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 95% ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ของแต่ละขนาดตัวอย่าง n โดยวิธีประมาณค่าทั้ง 5 วิธี

n	พารามิเตอร์ p				
	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	-	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p
10	-	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p
20	0.5	ทุกค่า p	ทุกค่า p	0.05 - 0.1	ทุกค่า p
30	0.5	ทุกค่า p	ทุกค่า p	0.05 - 0.1	ทุกค่า p
70	0.09	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	-	ทุกค่า p
100	0.09 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	-	ทุกค่า p
500	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	-	ทุกค่า p
1000	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	-	ทุกค่า p

หมายเหตุ - กรณีที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

จากตารางที่ 3 และตารางที่ 4 การประมาณค่าแบบช่วงทั้ง 5 วิธี สามารถประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าพารามิเตอร์ p ที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในแต่ละสถานการณ์ต่างๆ ดังนี้

ก. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสุตรแมนย่า ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ข. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสคอว์ วิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ค. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสคอว์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.5

ง. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสคอว์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.5

จ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีสคอว์และวิธีปรับค่าของวาลด์ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p

เท่ากับ 0.09 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด
ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ฉ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
ไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีสคอร์และวิธีปรับค่าของวาลด์ ให้ค่าประมาณ
สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1
วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p
เท่ากับ 0.09 ถึง 0.1 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด
ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ช. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 500

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
ไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปกติ วิธีสคอร์ และวิธีปรับค่าของวาลด์
ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05
ถึง 0.1 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด
ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ซ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 1000

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
ไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปกติ วิธีสคอร์ และวิธีปรับค่าของวาลด์
ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05
ถึง 0.1 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด
ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

1.3 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ในการเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% บริเวณวิกฤตจากการทดสอบสมมติฐานเท่ากับ 0.9863 ดังนั้น ถ้าวิธีการประมาณค่าใด ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่น้อยกว่า 0.9863 จะถือว่าวิธีนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

วิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ในแต่ละขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณ
ทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	0.05	0.2233	0.9770	0.9900*	1.0000*	1.0000*
	0.07	0.2940	0.9535	0.9981*	0.9980*	1.0000*
	0.09	0.3635	0.9295	0.9935*	1.0000*	1.0000*
	0.1	0.4080	0.9885*	0.9885*	0.9995*	0.9995*
	0.2	0.6585	0.9940*	0.9940*	0.9995*	0.9995*
	0.3	0.7925	0.9985*	0.9985*	0.9985*	1.0000*
	0.4	0.9125	0.9930*	0.9930*	1.0000*	1.0000*
	0.5	0.9365	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*
10	0.05	0.3990	0.9880*	0.9880*	0.9990*	1.0000*
	0.07	0.5150	0.9900*	0.9980*	0.9980*	1.0000*
	0.09	0.5960	0.9920*	0.9920*	1.0000*	1.0000*
	0.1	0.6415	0.9865*	0.9865*	0.9985*	1.0000*
	0.2	0.8600	0.9900*	0.9950*	0.9950*	1.0000*
	0.3	0.9515	0.9910*	0.9910*	0.9875*	1.0000*
	0.4	0.9420	0.9865*	0.9865*	0.9955*	1.0000*
	0.5	0.8960	0.9920*	0.9920*	1.0000*	1.0000*
20	0.05	0.6475	0.9890*	1.0000*	1.0000*	1.0000*
	0.07	0.7745	0.9875*	0.9875*	0.9975*	0.9995*
	0.09	0.8565	0.9890*	0.9905*	0.9905*	0.9995*
	0.1	0.8745	0.9865*	0.9865*	0.9865*	1.0000*
	0.2	0.9280	0.9890*	0.9890*	0.8995	0.9985*
	0.3	0.9630	0.9940*	0.9880*	0.9385	0.9990*
	0.4	0.9835	0.9905*	0.9905*	0.8965	1.0000*
	0.5	0.9550	0.9965*	0.9965*	0.9550	1.0000*

ตารางที่ 5 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
30	0.05	0.7990	0.9905*	0.9985*	0.9985*	1.0000*
	0.07	0.9010	0.9895*	0.9985*	0.9895*	1.0000*
	0.09	0.9500	0.9915*	0.9995*	0.9660	1.0000*
	0.1	0.9625	0.9870*	0.9970*	0.9370	1.0000*
	0.2	0.9485	0.9865*	0.9865*	0.9480	1.0000*
	0.3	0.9610	0.9805	0.9805	0.9175	0.9995*
	0.4	0.9720	0.9835	0.9835	0.9835	0.9980*
	0.5	0.9540	0.9845	0.9845	0.9540	0.9980*
70	0.05	0.8820	0.9865*	0.9960*	0.9265	1.0000*
	0.07	0.9590	0.9900*	0.9995*	0.8460	1.0000*
	0.09	0.9530	0.9785	0.9890*	0.9360	1.0000*
	0.1	0.9340	0.9690	0.9800	0.7665	0.9955*
	0.2	0.9605	0.9765	0.9805	0.9355	0.9910*
	0.3	0.9700	0.9670	0.9765	0.9245	0.9975*
	0.4	0.9710	0.9820	0.9820	0.9425	0.9990*
	0.5	0.9825	0.9825	0.9825	0.9825	0.9995*
100	0.05	0.9775	0.9985*	0.9995*	0.8215	1.0000*
	0.07	0.9390	0.9930*	0.9955*	0.7900	0.9990*
	0.09	0.9495	0.9860	0.9895*	0.8520	0.9985*
	0.1	0.9670	0.9745	0.9790	0.8305	0.9975*
	0.2	0.9675	0.9820	0.9765	0.9280	0.9910*
	0.3	0.9740	0.9765	0.9840	0.9020	1.0000*
	0.4	0.9750	0.9835	0.9835	0.9135	1.0000*
	0.5	0.9810	0.9810	0.9810	0.9045	1.0000*

ตารางที่ 5 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
500	0.05	0.9945*	1.0000*	0.9990*	0.9480	1.0000*
	0.07	0.9925*	0.9995*	0.9965*	0.9700	1.0000*
	0.09	0.9670	0.9805	0.9805	0.9670	1.0000*
	0.1	0.9840	0.9825	0.9830	0.9580	0.9990*
	0.2	0.9680	0.9700	0.9735	0.8480	0.9975*
	0.3	0.9525	0.9530	0.9575	0.8595	0.9945*
	0.4	0.9550	0.9595	0.9595	0.8775	0.9980*
	0.5	0.9515	0.9635	0.9515	0.8495	1.0000*
1000	0.05	0.9950*	1.0000*	0.9990*	0.9840	1.0000*
	0.07	0.9950*	0.9960*	0.9960*	0.9765	1.0000*
	0.09	0.9770	0.9860	0.9845	0.9350	1.0000*
	0.1	0.9680	0.9805	0.9770	0.9265	0.9990*
	0.2	0.9785	0.9795	0.9795	0.9640	0.9985*
	0.3	0.9790	0.9780	0.9780	0.9800	0.9970*
	0.4	0.9714	0.9744	0.9714	0.9796	0.9971*
	0.5	0.9720	0.9720	0.9720	0.9845	0.9965*

หมายเหตุ * กรณีที่วิธีการประมาณให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า
ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

จากตารางที่ 5 พบว่า วิธีการประมาณแบบช่วงทั้ง 5 วิธี จะให้ค่าประมาณ
สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยจะขึ้นอยู่กับ
ขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่าพารามิเตอร์ p ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 99% ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ของแต่ละขนาดตัวอย่าง n โดยวิธีประมาณค่าทั้ง 5 วิธี

n	พารามิเตอร์ p				
	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	-	0.1 - 0.5	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p
10	-	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p
20	-	ทุกค่า p	ทุกค่า p	0.05 - 0.1	ทุกค่า p
30	-	0.05 - 0.2	0.05 - 0.2	0.05 - 0.07	ทุกค่า p
70	-	0.05 - 0.07	0.05 - 0.09	-	ทุกค่า p
100	-	0.05 - 0.07	0.05 - 0.09	-	ทุกค่า p
500	0.05 - 0.07	0.05 - 0.07	0.05 - 0.07	-	ทุกค่า p
1000	0.05 - 0.07	0.05 - 0.07	0.05 - 0.07	-	ทุกค่า p

หมายเหตุ - กรณีที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

จากตารางที่ 5 และตารางที่ 6 การประมาณค่าแบบช่วงทั้ง 5 วิธี สามารถประมาณช่วงความเชื่อมั่น 99% ของค่าพารามิเตอร์ p ที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในแต่ละสถานการณ์ต่างๆ ดังนี้

ก. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีสคอร์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.1 ถึง 0.5 วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ข. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสคออร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ก. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ
ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p
วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p
เท่ากับ 0.05 ถึง 0.3 วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด
ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ง. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิสคอร์และวิธีปรับค่าของวาลด์ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.2 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

จ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีสกอรีให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05

ถึง 0.09 วิธีปกติและวิธีเอ็กแซ็ก ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ฉ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีสคอร์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.09 วิธีปกติ และวิธีเอ็กแซ็ก ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ช. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 500

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปกติ วิธีสคอร์ และวิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ซ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 1000

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปกติ วิธีสคอร์ และวิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

1.4 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9%

ในการเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9% บริเวณวิกฤตจากการทดสอบสมมติฐานเท่ากับ 0.9978 ดังนั้น ถ้าวิธีการประมาณค่าใด ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่น้อยกว่า 0.9978 จะถือว่าวิธีนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

วิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ในแต่ละขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณ
ทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9%

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	0.05	0.2335	0.9755	0.9995*	1.0000*	1.0000*
	0.07	0.3065	0.9530	0.9980*	1.0000*	1.0000*
	0.09	0.3705	0.9925	0.9925	1.0000*	1.0000*
	0.1	0.4010	0.9945	0.9945	0.9995*	1.0000*
	0.2	0.6430	0.9900	0.9900	0.9995*	1.0000*
	0.3	0.7855	0.9975	0.9975	1.0000*	1.0000*
	0.4	0.9195	0.9910	0.9910	1.0000*	1.0000*
	0.5	0.9325	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*
10	0.05	0.3965	0.9865	1.0000*	1.0000*	1.0000*
	0.07	0.5075	0.9710	0.9980*	1.0000*	0.9965*
	0.09	0.6060	0.9910	0.9995*	0.9995*	1.0000*
	0.1	0.6485	0.9905	1.0000*	1.0000*	1.0000*
	0.2	0.8730	0.9925	0.9925	0.9983*	1.0000*
	0.3	0.9630	0.9925	0.9925	1.0000*	1.0000*
	0.4	0.9320	0.9860	0.9860	1.0000*	1.0000*
	0.5	0.9815	0.9995*	0.9815	0.9995*	1.0000*
20	0.05	0.6520	0.9880	0.9990*	1.0000*	1.0000*
	0.07	0.7695	0.9890	0.9995*	0.9995*	1.0000*
	0.09	0.8645	0.9900	0.9990*	0.9905	1.0000*
	0.1	0.8940	0.9835	0.9980*	0.9850	1.0000*
	0.2	0.9270	0.9860	0.9970	0.9060	1.0000*
	0.3	0.9560	0.9895	0.9835	0.9950	1.0000*
	0.4	0.9825	0.9875	0.9875	0.9010	1.0000*
	0.5	0.9530	0.9970	0.9970	0.9555	1.0000*

ตารางที่ 7 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
30	0.05	0.7995	0.9890	1.0000*	0.9995*	1.0000*
	0.07	0.8910	0.9860	1.0000*	0.9890	1.0000*
	0.09	0.9445	0.9930	0.9995*	0.9645	1.0000*
	0.1	0.9645	0.9955	1.0000*	0.9465	1.0000*
	0.2	0.9540	0.9830	0.9915	0.9565	1.0000*
	0.3	0.9570	0.9805	0.9805	0.9640	1.0000*
	0.4	0.9685	0.9825	0.9825	0.9860	1.0000*
	0.5	0.9880	0.9960	0.9880	0.9660	1.0000*
70	0.05	0.9785	0.9990*	0.9995*	0.9295	1.0000*
	0.07	0.9600	0.9980*	1.0000*	0.9880	1.0000*
	0.09	0.9555	0.9895	0.9935	0.9325	1.0000*
	0.1	0.9710	0.9865	0.9820	0.8910	1.0000*
	0.2	0.9645	0.9770	0.9825	0.9470	1.0000*
	0.3	0.9660	0.9670	0.9735	0.9560	1.0000*
	0.4	0.9730	0.9855	0.9855	0.9960	1.0000*
	0.5	0.9775	0.9775	0.9775	0.9975	1.0000*
100	0.05	0.9755	0.9980*	1.0000*	0.9895	1.0000*
	0.07	0.9745	0.9980*	0.9990*	0.9020	1.0000*
	0.09	0.9805	0.9930	0.9880	0.8550	1.0000*
	0.1	0.9650	0.9910	0.9940	0.9390	1.0000*
	0.2	0.9665	0.9830	0.9775	0.9360	1.0000*
	0.3	0.9635	0.9690	0.9770	0.9835	1.0000*
	0.4	0.9635	0.9715	0.9715	0.9765	1.0000*
	0.5	0.9710	0.9710	0.9710	0.9085	1.0000*

ตารางที่ 7 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
500	0.05	0.9970	1.0000*	1.0000*	0.9910	1.0000*
	0.07	0.9940	0.9985*	0.9980*	0.9890	1.0000*
	0.09	0.9850	0.9990*	0.9970	0.9760	1.0000*
	0.1	0.9950	0.9985*	0.9870	0.9670	1.0000*
	0.2	0.9835	0.9865	0.9840	0.9220	1.0000*
	0.3	0.9630	0.9695	0.9670	0.9325	0.9985*
	0.4	0.9750	0.9760	0.9750	0.9585	1.0000*
	0.5	0.9710	0.9710	0.9710	0.9520	1.0000*
1000	0.05	0.9990*	1.0000*	1.0000*	0.9935	1.0000*
	0.07	1.0000*	1.0000*	1.0000*	0.9950	1.0000*
	0.09	0.9990*	1.0000*	0.9960	0.9860	1.0000*
	0.1	0.9995*	0.9995*	0.9965	0.9935	1.0000*
	0.2	0.9905	0.9910	0.9915	0.9935	0.9995*
	0.3	0.9820	0.9850	0.9835	0.9945	0.9995*
	0.4	0.9850	0.9835	0.9850	0.9970	0.9995*
	0.5	0.9720	0.9720	0.9720	0.9940	0.9990*

หมายเหตุ * กรณีที่วิธีการประมาณให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า
ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

จากตารางที่ 7 พบว่า วิธีการประมาณแบบช่วงทั้ง 5 วิธี จะให้ค่าประมาณ
สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยจะขึ้นอยู่กับขนาด
ตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงค่าพารามิเตอร์ p ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 99.9% ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ของแต่ละขนาดตัวอย่าง n โดยวิธีประมาณค่าทั้ง 5 วิธี

n	พารามิเตอร์ p				
	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	-	0.5	0.05 - 0.07, 0.5	ทุกค่า p	ทุกค่า p
10	-	0.5	0.05 - 0.1	ทุกค่า p	ทุกค่า p
20	-	-	0.05 - 0.1	0.05 - 0.07	ทุกค่า p
30	-	-	0.05 - 0.1	0.05	ทุกค่า p
70	-	0.05 - 0.07	0.05 - 0.07	-	ทุกค่า p
100	-	0.05 - 0.07	0.05 - 0.07	-	ทุกค่า p
500	-	0.05 - 0.1	0.05 - 0.07	-	ทุกค่า p
1000	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.07	-	ทุกค่า p

หมายเหตุ - กรณีที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

จากตารางที่ 7 และตารางที่ 8 การประมาณค่าแบบช่วงทั้ง 5 วิธี สามารถประมาณช่วงความเชื่อมั่น 99.9% ของค่าพารามิเตอร์ p ที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในแต่ละสถานการณ์ต่างๆ ดังนี้

ก. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีเอ็กแซ็กและวิธีสูตรแม่นยำ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีสคอร์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.5 วิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 และ 0.5 วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ทุกค่าพารามิเตอร์ p

ข. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีเอ็กแซ็กและวิธีสูตรแม่นยำ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีสคอร์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.5 วิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปกติให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ค. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีปกติและวิธีสคอร์ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

ง. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30

การประมาณค่าแบบช่วงโดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p วิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 วิธีปกติและวิธีสคอร์ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

วิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด
เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
น้อยกว่าค่าที่กำหนด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p

จากการเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นโดยวิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี
กับค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดจากการทดสอบสมมติฐาน ในทุกขนาดตัวอย่าง
ทุกค่าพารามิเตอร์ p และทุกระดับความเชื่อมั่นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงขนาดตัวอย่าง และค่าพารามิเตอร์ที่วิธีการประมาณค่าทั้ง 5 วิธี ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% , 95% , 99% และ 99.9%

วิธี ประมาณ	ขนาดตัวอย่าง	ค่าพารามิเตอร์ที่ระดับความเชื่อมั่น			
		90%	95%	99%	99.9%
Normal	เล็กมาก (5, 10)	-	-	-	-
	เล็ก (20, 30)	-	0.5	-	-
	ปานกลาง (70, 100)	0.05 - 0.1	0.09 - 0.1	-	-
	ใหญ่ (500, 1000)	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.07	0.05 - 0.1
Score	เล็กมาก (5, 10)	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p	0.5
	เล็ก (20, 30)	0.05 - 0.3	ทุกค่า p	ทุกค่า p	-
	ปานกลาง (70, 100)	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.07	0.05 - 0.07
	ใหญ่ (500, 1000)	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.07	0.05 - 0.1
AdjustW	เล็กมาก (5, 10)	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p	0.05 - 0.1
	เล็ก (20, 30)	0.05 - 0.2	ทุกค่า p	ทุกค่า p	0.05 - 0.1
	ปานกลาง (70, 100)	0.05 - 0.2	0.05 - 0.1	0.05 - 0.09	0.05 - 0.07
	ใหญ่ (500, 1000)	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.07	0.05 - 0.07
Exact	เล็กมาก (5, 10)	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p
	เล็ก (20, 30)	0.05 - 0.2	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.07
	ปานกลาง (70, 100)	-	-	-	-
	ใหญ่ (500, 1000)	-	-	-	-
Rigorous	เล็กมาก (5, 10)				
	เล็ก (20, 30)	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p	ทุกค่า p
	ปานกลาง (70, 100)				
	ใหญ่ (500, 1000)				

หมายเหตุ - กรณีที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด โดยวิธีสูตรแม่นยำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในทุกขนาดตัวอย่างและทุกค่าพารามิเตอร์ p

2. การเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

สำหรับการเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น จะนำค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจากการทดลองที่ได้จากการประมาณค่าแบบช่วงของทั้ง 5 วิธี ที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาว่าช่วงความเชื่อมั่นที่ประมาณค่าโดยวิธีใดจะมีความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด ในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด ในแต่ละระดับความเชื่อมั่นทั้ง 4 ระดับ คือ 90%, 95%, 99% และ 99.9% โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

วิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด ในแต่ละขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	0.05	--	0.3752**	--	0.4780	0.5791
	0.07	--	0.3777**	--	0.4801	0.5999
	0.09	--	0.3756**	0.4404	0.5279	0.6197
	0.1	--	0.3733**	0.4359	0.5288	0.6210
	0.2	--	0.4481**	0.4730	0.5994	0.7094
	0.3	--	0.5026**	0.5028	0.6315	0.7716
	0.4	--	0.5040**	0.5099	0.6807	0.8093
	0.5	--	0.5275	0.5025**	0.6610	0.8186
10	0.05	--	0.2279**	0.2956	0.2962	0.3924
	0.07	--	0.2543**	0.3012	0.2997	0.4034
	0.09	--	0.2703**	0.3231	0.3370	0.4355
	0.1	--	0.2757**	0.3237	0.3481	0.4563
	0.2	--	0.3568	0.3407**	0.4120	0.5457
	0.3	--	0.3808	0.3780**	0.4291	0.6068
	0.4	--	0.3981	0.3854**	0.4536	0.6403
	0.5	--	0.4005	0.3851**	0.4306	0.6461
20	0.05	--	0.1563**	0.1978	0.1941	0.2615
	0.07	--	0.1749**	0.1979	0.1963	0.2859
	0.09	--	0.1812**	0.2106	0.2246	0.3092
	0.1	--	0.2078**	0.2135	0.2316	0.3244
	0.2	--	0.2540	0.2674	0.2414**	0.4163
	0.3	--	0.2833	0.2823	0.2553**	0.4562
	0.4	--	--	--	--	0.4878**
	0.5	--	--	--	0.2958**	0.5010

ตารางที่ 10 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
30	0.05	--	0.1286**	0.1573	0.1551	0.2071
	0.07	--	0.1466**	0.1700	0.1720	0.2328
	0.09	--	0.1577**	0.1664	0.1793	0.2555
	0.1	--	0.1604**	0.1802	0.1746	0.2667
	0.2	--	0.2063	0.2155	0.1973**	0.3356
	0.3	--	--	--	--	0.3801**
	0.4	--	--	--	--	0.4050**
	0.5	--	--	--	--	0.4174**
70	0.05	0.0777**	0.0843	0.0957	--	0.1313
	0.07	0.0899**	0.0931	0.1022	--	0.1498
	0.09	0.1012**	0.1032	0.1051	--	0.1658
	0.1	0.1084**	0.1104	0.1089	--	0.1727
	0.2	--	--	0.1413**	--	0.2226
	0.3	--	--	--	--	0.2516**
	0.4	--	--	--	--	0.2720**
	0.5	--	--	--	--	0.2797**
100	0.05	0.0655**	0.0688	0.0761	--	0.1091
	0.07	0.0786**	0.0805	0.0807	--	0.1254
	0.09	0.0846**	0.0850	0.0909	--	0.1391
	0.1	0.0879**	0.0880	0.0931	--	0.1449
	0.2	--	--	0.1164**	--	0.1887
	0.3	--	--	--	--	0.2103**
	0.4	--	--	--	--	0.2268**
	0.5	--	--	--	--	0.2356**

ตารางที่ 10 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
500	0.05	0.0297**	0.0318	0.0323	--	0.0479
	0.07	0.0363**	0.0368	0.0370	--	0.0560
	0.09	0.0379**	0.0385	0.0400	--	0.0621
	0.1	0.0400**	0.0410	0.0410	--	0.0652
	0.2	--	--	--	--	0.0859**
	0.3	--	--	--	--	0.0969**
	0.4	--	--	--	--	0.1037**
	0.5	--	--	--	--	0.1047**
1000	0.05	0.0220**	0.0223	0.0224	--	0.0338
	0.07	0.0257**	0.0258	0.0259	--	0.0394
	0.09	0.0281**	0.0283	0.0286	--	0.0438
	0.1	0.0291**	0.0292	0.0296	--	0.0458
	0.2	--	--	--	--	0.0606**
	0.3	--	--	--	--	0.0684**
	0.4	--	--	--	--	0.0744**
	0.5	--	--	--	--	0.0719**

หมายเหตุ -- กรณีที่ไม่ได้นำมาคำนวณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น เนื่องจากวิธีการประมาณนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

** กรณีที่วิธีการประมาณให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด

จากตารางที่ 10 พบว่าวิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี จะให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยสุดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงขนาดตัวอย่าง n ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 90% ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วง
น้อยที่สุดในแต่ละค่าพารามิเตอร์ p โดยวิธีประมาณทั้ง 5 วิธี

n	พารามิเตอร์ p				
	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	--	0.05 – 0.4	0.5	i	i
10	--	0.05 - 0.1	0.2 - 0.5	i	i
20	--	0.05 - 0.1	i	0.2 - 0.3, 0.5	0.4
30	--	0.05 - 0.1	i	0.2	0.3 - 0.5
70	0.05 - 0.1	i	0.2	--	0.3 - 0.5
100	0.05 - 0.1	i	0.2	--	0.3 - 0.5
500	0.05 - 0.1	i	i	--	0.2 - 0.5
1000	0.05 - 0.1	i	i	--	0.2 - 0.5

หมายเหตุ -- กรณีที่ไม่ได้นำมาคำนวณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น เนื่องจาก
วิธีการประมาณนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์
ความเชื่อมั่นที่กำหนด

i หมายถึง กรณีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น แต่ไม่ได้ให้
ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 10 และตารางที่ 11 พิจารณาจากค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น
น้อยที่สุด ของทั้ง 5 วิธี เป็นดังนี้

ก. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.4 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้าง
เฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ
สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.5 วิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด
รองลงมาคือวิธีสคอร์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ

ฉ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปกติเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ
 สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 วิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสูตรแม่นยำ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.3 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ช. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 500

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปกติเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ
 สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ซ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 1000

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปกติเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ
 สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

2.2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุดในแต่ละขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 95%

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	0.05	--	0.4541**	0.5442	0.5463	0.6488
	0.07	--	0.4538**	0.5370	0.5810	0.6689
	0.09	--	0.4588**	0.5371	0.5974	0.6913
	0.1	--	0.4725**	0.5477	0.6012	0.6944
	0.2	--	0.5189**	0.5652	0.6699	0.7784
	0.3	--	0.5731**	0.6000	0.7184	0.8369
	0.4	--	0.6075**	0.6244	0.7415	0.8649
	0.5	--	0.5936**	0.6013	0.7552	0.8811
10	0.05	--	0.2963**	0.3862	0.3270	0.4342
	0.07	--	0.3307**	0.3925	0.3665	0.4698
	0.09	--	0.3337**	0.3891	0.3862	0.4963
	0.1	--	0.3393**	0.3916	0.3913	0.5055
	0.2	--	0.4125**	0.4418	0.4576	0.6025
	0.3	--	0.4510**	0.4715	0.4951	0.6654
	0.4	--	0.4926**	0.4979	0.5300	0.7013
	0.5	--	0.4963**	0.4989	0.5293	0.7138
20	0.05	--	0.2051**	0.2593	0.2284	0.2991
	0.07	--	0.2212**	0.2567	0.2445	0.3241
	0.09	--	0.2433**	0.2740	0.2619	0.3511
	0.1	--	0.2462**	0.2749	0.2667	0.3610
	0.2	--	0.3070**	0.3202	--	0.4497
	0.3	--	0.3502**	0.3558	--	0.5028
	0.4	--	0.3704**	0.3717	--	0.5383
	0.5	0.4106	0.3776**	0.3776**	--	0.5477

ตารางที่ 12 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
30	0.05	--	0.1614**	0.1980	0.1801	0.2353
	0.07	--	0.1795**	0.2121	0.1988	0.2624
	0.09	--	0.1949**	0.2148	0.2038	0.2845
	0.1	--	0.2113**	0.2298	0.2067	0.2964
	0.2	--	0.2600**	0.2681	--	0.3751
	0.3	--	0.2908**	0.2910	--	0.4228
	0.4	--	0.3106**	0.3113	--	0.4486
	0.5	0.3376	0.3183**	0.3183**	--	0.4605
70	0.05	--	0.1056**	0.1159	--	0.1474
	0.07	--	0.1197**	0.1278	--	0.1681
	0.09	0.1280	0.1272**	0.1374	--	0.1861
	0.1	--	0.1327**	0.1441	--	0.1932
	0.2	--	--	--	--	0.2503**
	0.3	--	--	--	--	0.2821**
	0.4	--	--	--	--	0.3047**
	0.5	--	--	--	--	0.3127**
100	0.05	--	0.0873**	0.0936	--	0.1217
	0.07	--	0.1001**	0.1051	--	0.1394
	0.09	0.1065**	0.1084	0.1124	--	0.1546
	0.1	0.1114**	0.1117	0.1166	--	0.1622
	0.2	--	--	--	--	0.2120**
	0.3	--	--	--	--	0.2389**
	0.4	--	--	--	--	0.2579**
	0.5	--	--	--	--	0.2535**

ตารางที่ 12 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
500	0.05	0.0377**	0.0385	0.0391	--	0.0534
	0.07	0.0436**	0.0447	0.0452	--	0.0622
	0.09	0.0489**	0.0493	0.0497	--	0.0696
	0.1	0.0506**	0.0528	0.0521	--	0.0728
	0.2	--	--	--	--	0.0953**
	0.3	--	--	--	--	0.1088**
	0.4	--	--	--	--	0.1168**
	0.5	--	--	--	--	0.1192**
1000	0.05	0.0267**	0.0270	0.0272	--	0.0376
	0.07	0.0313**	0.0314	0.0316	--	0.0439
	0.09	0.0344**	0.0346	0.0348	--	0.0490
	0.1	0.0359**	0.0360	0.0361	--	0.0510
	0.2	--	--	--	--	0.0675**
	0.3	--	--	--	--	0.0768**
	0.4	--	--	--	--	0.0832**
	0.5	--	--	--	--	0.0842**

หมายเหตุ -- กรณีที่ไม่ได้นำมาคำนวณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น เนื่องจากวิธีการประมาณนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

** กรณีที่วิธีการประมาณให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด

จากตารางที่ 12 พบว่า วิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี จะให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยสุดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงขนาดตัวอย่าง n ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 95% ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วง
น้อยที่สุดในแต่ละค่าพารามิเตอร์ p โดยวิธีประมาณทั้ง 5 วิธี

n	พารามิเตอร์ p				
	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	--	ทุกค่า p	i	i	i
10	--	ทุกค่า p	i	i	i
20	--	ทุกค่า p	0.5	i	i
30	--	ทุกค่า p	0.5	i	i
70	i	0.05 - 0.1	i	--	0.2 - 0.5
100	0.09 - 0.1	0.05 - 0.07	i	--	0.2 - 0.5
500	0.05 - 0.1	i	i	--	0.2 - 0.5
1000	0.05 - 0.1	i	i	--	0.2 - 0.5

หมายเหตุ -- กรณีที่ไม่ได้นำมาคำนวณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น เนื่องจาก
วิธีการประมาณนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์
ความเชื่อมั่นที่กำหนด
i หมายถึง กรณีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น แต่ไม่ได้ให้
ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 12 และตารางที่ 13 พิจารณาจากค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น
น้อยที่สุด ของทั้ง 5 วิธี เป็นดังนี้

ก. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5

วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p
รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ

ข. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ

ค. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.4 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p รองลงมาคือวิธีเอ็กแซ็ก วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.5 วิธีสคอร์และวิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสูตรแม่นยำ

ง. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30

วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p รองลงมาคือวิธีเอ็กแซ็ก วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.5 วิธีสคอร์และวิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสูตรแม่นยำ

จ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์และวิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ฉ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ สำหรับพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.09 ถึง 0.1 วิธีปกติเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

รองลงมาคือวิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ซ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 500

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปกติเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ซ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 1000

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปกติเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

2.3 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

วิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุดในแต่ละขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 99%

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	0.05	--	--	0.6566**	0.6900	0.7765
	0.07	--	--	0.6705**	0.7029	0.7955
	0.09	--	--	0.6744**	0.7185	0.8136
	0.1	--	0.5718**	0.6743	0.7251	0.8224
	0.2	--	0.6213**	0.7080	0.7806	0.8939
	0.3	--	0.6960**	0.8113	0.8207	0.9458
	0.4	--	0.6733**	0.7415	0.8457	0.9759
	0.5	-	0.6825**	0.7496	0.8527	0.9846
10	0.05	--	0.3914**	0.4629	0.4296	0.5529
	0.07	--	0.4093**	0.4826	0.4579	0.5785
	0.09	--	0.4250**	0.4889	0.4812	0.6012
	0.1	--	0.4302**	0.4919	0.4933	0.6141
	0.2	--	0.4946**	0.5422	0.5775	0.7094
	0.3	--	0.5339**	0.5733	0.6007	0.7677
	0.4	--	0.5579**	0.5916	0.6401	0.8062
	0.5	--	0.5693**	0.6016	0.6456	0.8193
20	0.05	--	0.2660**	0.3089	0.2946	0.3724
	0.07	--	0.2851**	0.3200	0.3158	0.4021
	0.09	--	0.3008**	0.3376	0.3349	0.4243
	0.1	--	0.3094**	0.3405	0.3357	0.4396
	0.2	--	0.3748**	0.3969	--	0.5342
	0.3	--	0.4541**	0.4799	--	0.5943
	0.4	--	0.4769**	0.5038	--	0.6292
	0.5	--	0.4872**	0.5140	--	0.6400

ตารางที่ 14 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
30	0.05	--	0.2107**	0.2382	0.2363	0.2944
	0.07	--	0.2295**	0.2548	0.2552	0.3228
	0.09	--	0.2478**	0.2707	--	0.3490
	0.1	--	0.2537**	0.2764	--	0.3599
	0.2	--	0.3139**	0.3271	--	0.4478
	0.3	--	--	--	--	0.5032**
	0.4	--	--	--	--	0.5320**
	0.5	--	--	--	--	0.5423**
70	0.05	--	0.1285**	0.1390	--	0.1812
	0.07	--	0.1455**	0.1550	--	0.2049
	0.09	--	--	0.1666**	--	0.2251
	0.1	--	--	--	--	0.2342**
	0.2	--	--	--	--	0.3008**
	0.3	--	--	--	--	0.3425**
	0.4	--	--	--	--	0.3655**
	0.5	--	--	--	--	0.373**
100	0.05	--	--	--	--	0.1490
	0.07	--	0.1215**	0.1265	--	0.1701
	0.09	--	--	0.1377**	--	0.1878
	0.1	--	--	--	--	0.1957**
	0.2	--	--	--	--	0.2534**
	0.3	--	--	--	--	0.2904**
	0.4	--	--	--	--	0.3097**
	0.5	--	--	--	--	0.3160**

ตารางที่ 14 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
500	0.05	0.0450**	0.0460	0.0465	--	0.0643
	0.07	0.0526**	0.0534	0.0538	--	0.0747
	0.09	--	--	--	--	0.0834**
	0.1	--	--	--	--	0.0872**
	0.2	--	--	--	--	0.1158**
	0.3	--	--	--	--	0.1319**
	0.4	--	--	--	--	0.1415**
	0.5	--	--	--	--	0.1447**
1000	0.05	0.0319**	0.0323	0.0325	--	0.0452
	0.07	0.0373**	0.0375	0.0377	--	0.0527
	0.09	--	--	--	--	0.0589**
	0.1	--	--	--	--	0.0617**
	0.2	--	--	--	--	0.0821**
	0.3	--	--	--	--	0.0938**
	0.4	--	--	--	--	0.1003**
	0.5	--	--	--	--	0.1023**

หมายเหตุ -- กรณีที่ไม่ได้นำมาคำนวณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น เนื่องจากวิธีการประมาณนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

** กรณีที่วิธีการประมาณให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด

จากตารางที่ 14 พบว่า วิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี จะให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยสุดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงขนาดตัวอย่าง n ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 99% ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงน้อยที่สุดในแต่ละค่าพารามิเตอร์ p โดยวิธีประมาณทั้ง 5 วิธี

n	พารามิเตอร์ p				
	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	--	0.1 - 0.5	0.05 - 0.09	i	i
10	--	ทุกค่า p	i	i	i
20	--	ทุกค่า p	i	i	i
30	--	0.05 - 0.2	i	i	0.3 - 0.5
70	--	0.05 - 0.07	0.09	--	0.1 - 0.5
100	--	0.05 - 0.07	0.09	--	0.1 - 0.5
500	0.05 - 0.07	i	i	--	0.09 - 0.5
1000	0.05 - 0.07	i	i	--	0.09 - 0.5

หมายเหตุ -- กรณีที่ไม่ได้นำมาคำนวณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น เนื่องจากวิธีการประมาณนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

i หมายถึง กรณีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น แต่ไม่ได้ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 14 และตารางที่ 15 พิจารณาจากค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด ของทั้ง 5 วิธี เป็นดังนี้

ก. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.09 วิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีเอ็กแซ็กและวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.1 ถึง 0.5 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ

ข. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p
รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ

ค. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด ในทุกค่าพารามิเตอร์ p
รองลงมาคือวิธีเอ็กแซ็ก วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ

ง. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.2 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้าง
เฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีเอ็กแซ็ก วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ
สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.3 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

จ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้
ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ
สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.09 วิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด
รองลงมาคือสูตรแม่นยำ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.1 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้
ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ฉ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้
ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ
สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.09 วิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

รองลงมาคือสูตรแม่นยำ เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.1 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ข. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 500

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีปกติเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.09 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ข. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 1000

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีปกติเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.09 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9%

วิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุดในแต่ละขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจากการประมาณทั้ง 5 วิธี ที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 99.9%

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	0.05	--	--	0.7369**	0.8099	0.9071
	0.07	--	--	0.7436**	0.8197	0.9224
	0.09	--	--	--	0.8288**	0.9366
	0.1	--	--	--	0.8327**	0.9433
	0.2	--	--	--	0.8714**	1.0027
	0.3	--	--	--	0.9026**	1.0495
	0.4	--	--	--	0.9212**	1.0777
	0.5	--	0.7195**	0.8301	0.9255	1.0840
10	0.05	--	--	0.5203**	0.5231	0.6711
	0.07	--	--	0.5331**	0.5526	0.6953
	0.09	--	--	0.5475**	0.5791	0.7182
	0.1	--	--	0.5537**	0.5915	0.7281
	0.2	--	--	--	0.6785**	0.8179
	0.3	--	--	--	0.7192**	0.8780
	0.4	--	--	--	0.7374**	0.9105
	0.5	--	0.6116**	--	0.7398	0.9229
20	0.05	--	--	0.3415**	0.3719	0.4631
	0.07	--	--	0.3594**	0.3932	0.4917
	0.09	--	--	0.3779**	--	0.5219
	0.1	--	--	0.3833**	--	0.5313
	0.2	--	--	--	--	0.6275**
	0.3	--	--	--	--	0.6906**
	0.4	--	--	--	--	0.7262**
	0.5	--	--	--	--	0.7377**

ตารางที่ 16 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
30	0.05	--	--	0.2642**	0.3005	0.3668
	0.07	--	--	0.2824**	--	0.3959
	0.09	--	--	0.2992**	--	0.4227
	0.1	--	--	0.3081**	--	0.4364
	0.2	--	--	--	--	0.5304**
	0.3	--	--	--	--	0.5886**
	0.4	--	--	--	--	0.6217**
	0.5	--	--	--	--	0.6330**
70	0.05	--	0.1475**	0.1548	--	0.2239
	0.07	--	0.1644**	0.1716	--	0.2497
	0.09	--	--	--	--	0.2729**
	0.1	--	--	--	--	0.2834**
	0.2	--	--	--	--	0.3598**
	0.3	--	--	--	--	0.4069**
	0.4	--	--	--	--	0.4326**
	0.5	--	--	--	--	0.4410**
100	0.05	--	0.1209**	0.1256	--	0.1838
	0.07	--	0.1360**	0.1402	--	0.2064
	0.09	--	--	--	--	0.2269**
	0.1	--	--	--	--	0.2364**
	0.2	--	--	--	--	0.3046**
	0.3	--	--	--	--	0.3448**
	0.4	--	--	--	--	0.3674**
	0.5	--	--	--	--	0.3746**

ตารางที่ 16 (ต่อ)

n	p	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
500	0.05	--	0.0511**	0.0515	--	0.0774
	0.07	--	0.0593**	0.0596	--	0.0899
	0.09	--	0.0662**	--	--	0.1002
	0.1	--	0.0692**	--	--	0.1049
	0.2	--	--	--	--	0.1391**
	0.3	--	--	--	--	0.1585**
	0.4	--	--	--	--	0.1695**
	0.5	--	--	--	--	0.1729**
1000	0.05	0.0354**	0.0358	0.0360	--	0.0542
	0.07	0.0415**	0.0418	0.0419	--	0.0633
	0.09	0.0465**	0.0467	--	--	0.0708
	0.1	0.0488**	0.0489	--	--	0.0740
	0.2	--	--	--	--	0.0984**
	0.3	--	--	--	--	0.1126**
	0.4	--	--	--	--	0.1203**
	0.5	--	--	--	--	0.1227**

หมายเหตุ -- กรณีที่ไม่ได้นำมาคำนวณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น เนื่องจากวิธีการประมาณนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

** กรณีที่วิธีการประมาณให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด

จากตารางที่ 16 พบว่า วิธีการประมาณทั้ง 5 วิธี จะให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยสุดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง n และค่าพารามิเตอร์ p ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงขนาดตัวอย่าง n ที่ทำให้ช่วงความเชื่อมั่น 99.9% ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงน้อยที่สุดในแต่ละค่าพารามิเตอร์ p โดยวิธีประมาณทั้ง 5 วิธี

n	พารามิเตอร์ p				
	Normal	Score	AdjustW	Exact	Rigorous
5	--	0.5	0.05 - 0.07	0.09 - 0.4	i
10	--	0.5	0.05 - 0.1	0.2 - 0.4	i
20	--	--	0.05 - 0.1	i	0.2 - 0.5
30	--	--	0.05 - 0.1	i	0.2 - 0.5
70	--	0.05 - 0.07	i	--	0.09 - 0.5
100	--	0.05 - 0.07	i	--	0.09 - 0.5
500	--	0.05 - 0.1	i	--	0.2 - 0.5
1000	0.05 - 0.1	i	i	--	0.2 - 0.5

หมายเหตุ -- กรณีที่ไม่ได้นำมาคำนวณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น เนื่องจากวิธีการประมาณนั้น ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด
 i หมายถึง กรณีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น แต่ไม่ได้ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 16 และตารางที่ 17 พิจารณาจากค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด ของทั้ง 5 วิธี เป็นดังนี้

ก. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีเอ็กแซ็กและวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ
 สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.09 ถึง 0.4 วิธีเอ็กแซ็กเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสูตรแม่นยำ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.5 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้

ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์ วิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ

ข. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ
สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.4 วิธีเอ็กแซ็กเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสูตรแม่นยำ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.5 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีเอ็กแซ็ก และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ

ค. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีเอ็กแซ็กและวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ
สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ง. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปรับค่าของวาลด์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสูตรแม่นยำ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

จ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ
สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.09 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ฉ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.07 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.09 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ช. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 500

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีสคอร์เป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีปรับค่าของวาลด์และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

ซ. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 1000

สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 วิธีปกติเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด รองลงมาคือวิธีสคอร์ วิธีปรับค่าของวาลด์ และวิธีสูตรแม่นยำ ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 วิธีสูตรแม่นยำเป็นวิธีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากการเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ว่าวิธีใดให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด ในทุกขนาดตัวอย่าง ทุกค่าพารามิเตอร์ p และทุกระดับความเชื่อมั่น สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงขนาดตัวอย่าง และค่าพารามิเตอร์ที่วิธีการประมาณค่าทั้ง 5 วิธี ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% , 95% , 99% และ 99.9%

วิธีประมาณ	ขนาดตัวอย่าง	ค่าพารามิเตอร์ที่ระดับความเชื่อมั่น			
		90%	95%	99%	99.9%
Normal	เล็กมาก (5, 10)	--	--	--	--
	เล็ก (20, 30)	--	--	--	--
	ปานกลาง (70, 100)	0.05 - 0.1	--	--	--
	ใหญ่ (500, 1000)	0.05 - 0.1	0.05 - 0.1	0.05 - 0.07	0.05 - 0.1
Score	เล็กมาก (5, 10)	0.05 - 0.1	ทุกค่า p	ทุกค่า p	0.5
	เล็ก (20, 30)	0.05 - 0.1	ทุกค่า p	ทุกค่า p	--
	ปานกลาง (70, 100)	i	0.05 - 0.1	0.05 - 0.07	0.05 - 0.07
	ใหญ่ (500, 1000)	i	i	i	i
AdjustW	เล็กมาก (5, 10)	0.2 - 0.5	i	i	0.05 - 0.07
	เล็ก (20, 30)	i	0.5	i	0.05 - 0.1
	ปานกลาง (70, 100)	0.2	i	0.09	i
	ใหญ่ (500, 1000)	i	i	i	i
Exact	เล็กมาก (5, 10)	i	i	i	0.09 - 0.4
	เล็ก (20, 30)	0.2	i	i	i
	ปานกลาง (70, 100)	--	--	--	--
	ใหญ่ (500, 1000)	--	--	--	--
Rigorous	เล็กมาก (5, 10)	i	i	i	i
	เล็ก (20, 30)	0.3 - 0.5	i	i	0.2 - 0.5
	ปานกลาง (70, 100)	0.3 - 0.5	0.2 - 0.5	0.1 - 0.5	0.09 - 0.5
	ใหญ่ (500, 1000)	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5	0.09 - 0.5	0.2 - 0.5

หมายเหตุ -- กรณีให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

i หมายถึง กรณีที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น แต่ไม่ได้ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 18 สรุปได้ว่า

วิธีปกติให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด เมื่อตัวอย่างมีขนาดปานกลาง ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ในทุกะดับความเชื่อมั่น

วิธีสกอว์ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็กมาก และเล็ก ทุกะดับความเชื่อมั่น ยกเว้นที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9% เมื่อตัวอย่างมีขนาดปานกลาง ทุกะดับความเชื่อมั่น ยกเว้นที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

วิธีปรับค่าของวาลด์ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด เมื่อตัวอย่าง มีขนาดเล็กมากที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ 99.9% เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็กที่ระดับ ความเชื่อมั่น 90% และ 99.9% และเมื่อตัวอย่างมีขนาดปานกลางที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ 99%

วิธีเอ็กแซ็กให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็กมาก ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9% และขนาดตัวอย่างเล็กที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

วิธีสูตรแมนย้าให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และ 99.9% เมื่อตัวอย่างมีขนาดปานกลางและขนาดใหญ่ในทุกะดับ ความเชื่อมั่น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการประมาณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบทวินาม 5 วิธี คือ

1. วิธีปกติ (Normal Method)
2. วิธีสกอร์ (Score Method)
3. วิธีปรับค่าของวาลด์ (Adjusted Wald Method)
4. วิธีเอ็กแซ็กต์ (Exact Method)
5. วิธีสูตรแม่นยำ (Rigorous Formula Method)

การพิจารณาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่า จะพิจารณาจากค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นในแต่ละระดับความเชื่อมั่นว่ามีค่าไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดจากการทดสอบสมมติฐาน หากวิธีประมาณค่าวิธีใดให้ช่วงความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด จะทำการเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่อไป วิธีการประมาณค่าใดให้ความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด จะถือว่าวิธีการประมาณค่านั้นเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในสถานการณ์นั้นๆ

เมื่อนำทุกกรณีของวิธีการประมาณที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดมาทำการเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยที่สุด สรุปได้ว่าในแต่ละสถานการณ์ที่ทำการศึกษา ควรเลือกใช้วิธีการประมาณค่าแบบช่วงได้ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 แสดงวิธีที่เหมาะสมในการประมาณค่าแบบช่วง จำแนกตามขนาดตัวอย่างและค่าพารามิเตอร์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% , 95% , 99% , 99.9%

ระดับความเชื่อมั่น	ขนาดตัวอย่าง	ค่าพารามิเตอร์							
		0.05	0.07	0.09	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
90%	เล็กมาก (5, 10)	S	S	S	S	A	A	A	A
	เล็ก (20, 30)	S	S	S	S	E	R	R	R
	ปานกลาง (70, 100)	N	N	N	N	A	R	R	R
	ใหญ่ (500, 1000)	N	N	N	N	R	R	R	R
95%	เล็กมาก (5, 10)	S	S	S	S	S	S	S	S
	เล็ก (20, 30)	S	S	S	S	S	S	S	S
	ปานกลาง (70, 100)	S	S	S	S	R	R	R	R
	ใหญ่ (500, 1000)	N	N	N	N	R	R	R	R
99%	เล็กมาก (5, 10)	S	S	S	S	S	S	S	S
	เล็ก (20, 30)	S	S	S	S	S	S	S	S
	ปานกลาง (70, 100)	S	S	A	R	R	R	R	R
	ใหญ่ (500, 1000)	N	N	R	R	R	R	R	R
99.9%	เล็กมาก (5, 10)	A	A	E	E	E	E	E	S
	เล็ก (20, 30)	A	A	A	A	R	R	R	R
	ปานกลาง (70, 100)	S	S	R	R	R	R	R	R
	ใหญ่ (500, 1000)	N	N	N	N	R	R	R	R

หมายเหตุ N วิธีปกติ (Normal method)

S วิธีสกออร์ (Score method)

A วิธีปรับค่าของวาลด์ (Adjusted Wald method)

E วิธีเอ็กแซ็กต์ (Exact method)

R วิธีสูตรแม่นยำ (Rigorous Formula method)

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ที่มีการแจกแจงแบบทวินาม มีข้อเสนอแนะจากการวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการวิจัยพบว่า

วิธีปกติ เหมาะสำหรับตัวอย่างขนาดใหญ่ เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1

วิธีสคอร์ เหมาะสำหรับตัวอย่างขนาดเล็กมากและเล็ก ทุกค่าพารามิเตอร์ p ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

วิธีปรับค่าของวาลด์ เหมาะสำหรับตัวอย่างขนาดเล็กมาก เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.4 ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9%

วิธีเอ็กแซ็ก เหมาะสำหรับตัวอย่างขนาดเล็กมาก เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.09 ถึง 0.4 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9%

วิธีสูตรแม่นยำ เหมาะสำหรับตัวอย่างขนาดปานกลางและขนาดใหญ่ เมื่อค่าพารามิเตอร์ p เท่ากับ 0.2 ถึง 0.5 วิธีนี้แม้จะไม่สามารถให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นในบางขนาดตัวอย่างและบางค่าพารามิเตอร์ p แต่สามารถให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดในทุกขนาดตัวอย่าง และทุกค่าพารามิเตอร์ p ที่กำหนด

สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อช่วงความเชื่อมั่น พบว่า วิธีการประมาณค่าแบบช่วงทั้ง 5 วิธี ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นแคบลง เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น แต่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นกว้างขึ้น เมื่อค่า p เข้าใกล้ 0.5

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบทวินาม วิธีอื่น เช่น วิธีอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (Likelihood ratio interval) วิธีเจฟเฟอรี่ (Jeffreys interval) และวิธีมิด พี (Mid P interval) เป็นต้น
2. ศึกษาวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ที่มีการแจกแจงแบบอื่นๆ เช่น การแจกแจงแบบปัวส์ซอง แบบวงรีกำลังไม่ต่อเนื่อง แบบเรขาคณิต เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กัลยา วาณิชย์บัญชา. 2546. การวิเคราะห์สถิติ : สถิติสำหรับการบริหารและการวิจัย. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- จอมขวัญ พวงคอก. 2548. การเปรียบเทียบวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนประชากร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ไชยา ชัยวนิชย์. 2548. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าแบบช่วงสำหรับสัดส่วนของประชากร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทรงเกียรติ วิสุทธิพิทักษ์กุล. 2545. การใช้สถิติเพื่อการปรับปรุงกระบวนการ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- พิสมัย หาญมงคลพิพัฒน์. 2550. **หลักสถิติ 1**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศุภวัฒนากร วงศ์ธนวสุ และ พิรสิทธิ์ คำนวนศิลป์. 2550. สถิติพื้นฐานเพื่องานวิจัยท้องถิ่น. บริษัทเอ็กซ์เปอร์เน็ท จำกัด, กรุงเทพฯ.
- สายชล สันสมบูรณ์ทอง. 2546. ความน่าจะเป็นสำหรับวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์. โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- สาริณีย์ คงกัน. 2546. การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าแบบช่วงสำหรับพารามิเตอร์ในการแจกแจงทวินาม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Agresti, A. and B. Caffo. 2000. Simple and Effective Confidence Intervals for Proportion and Differences of Proportion Result from Adding Two Successes and Two Failures. **The American Statistician**. 54: 280-288.

- _____. and B.A. Coull. 1998. Approximate is Better than Exact for Interval Estimation of Binomial Proportion. **The American Statistician**. 52(2) : 119 – 126.
- Blyth, C.R. 1986. Approximate Binomial Confidence Limits. **Journal of the American Statistical Association**. 81 : 843 – 855.
- Brown, L.D., T.T. Cai and A. Dasgupta. 2001. Interval Estimation for a Binomial Proportion. **Statistical Science**. 16 : 101 – 133.
- Chen, X., K. Zhou and J.L. Aravena, 2007. **Explicit Formula for Constructing Binomial Confidence Interval with Guaranteed Coverage Probability**. Department of Electrical and Computer Engineering, Louisiana State University (Online).
<http://arxiv.org/abs/0707.0837>
- Clopper, C.J. and E.S. Pearson. 1934. The Use of Confidence or Fiducial Limits Illustrated in the Case of the Binomial. **Biometrika**. 26 : 404 – 413.
- Clunies – Ross, C.W. 1958. Interval Estimation for the Parameter of A Binomial Distribution. **Biometrika**. 45 : 275 – 279.
- Ghosh, B.K. 1979. A Comparison of Some Approximate Confidence Intervals for the Binomial Parameter. **Journal of the American Statistical Association**. 74 : 894 – 900.
- Leemis, L.M. and K.S. Trivedi. 1996. A Comparison of Approximate Interval Estimators for the Bernoulli Parameter. **The American Statistician**. 50(1) : 63 – 68.
- Massart, P. 1990. The Tight Constant in the Dvoretzky – Kiefer – Wolfowitz Inequality. **The Annals of Probability**. 18 : 1269 – 1283.

ภาคผนวก

โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่าง โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

‘Calculation of Interval Estimation Method

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
Dim N As Integer, L As Integer, I As Integer, J As Integer
```

```
Dim Num1 As Double, Num2 As Double, Num3 As Double, Num4 As Double, Num5 As Double
```

```
Dim Sum1 As Double, Sum2 As Double, Sum3 As Double, Sum4 As Double, Sum5 As Double
```

```
Dim NumY As Double, vRnd As Double, P As Double
```

```
Dim str As String
```

```
    If varN.Text <> "" Then
```

```
        P = Val(varP.Text)
```

```
        N = Int(varN.Text)
```

```
        L = Int(varL.Text)
```

```
        Pro.Max = L
```

```
        Pro.Value = 0
```

```
        Num1 = 0
```

```
        Num2 = 0
```

```
        Num3 = 0
```

```
        Num4 = 0
```

```
        Num5 = 0
```

```
        NumU = 0
```

```
        NumL = 0
```

```
        Sum1 = 0
```

```
        Sum2 = 0
```

```
        Sum3 = 0
```

```
        Sum4 = 0
```

```
        Sum5 = 0
```

```

Listing.Clear
total.Text = ""
List1.Clear
List2.Clear

```

‘A Generator for Binomial Distribution

```

Private Sub Command1_Click()
Dim N As Integer, L As Integer, I As Integer, J As Integer
Dim NumY As Double, vRnd As Double, P As Double
Dim str As String

  For I = 1 To L
    NumY = 0
    List1.AddItem "--" & I & "--"
    List2.AddItem "--" & I & "--"
    For J = 1 To N
      Randomize Timer
      vRnd = Rnd
      str = Format(vRnd, "0.0000")
      List1.AddItem str
      If vRnd <= P Then
        str = Format(vRnd, "0.0000")
        List2.AddItem str
        NumY = NumY + 1
      End If
    Next
  Next

```

‘นับจำนวนครั้งที่ช่วงความเชื่อมั่นคลุมค่าพารามิเตอร์ p

If Cal_normal(NumY, N, P) = True Then

Num1 = Num1 + 1

End If

Sum1 = Sum1 + (NumU - NumL)

If Cal_score(NumY, N, P) = True Then

Num2 = Num2 + 1

End If

Sum2 = Sum2 + (NumU - NumL)

If Cal_adjustwald(NumY, N, P) = True Then

Num3 = Num3 + 1

End If

Sum3 = Sum3 + (NumU - NumL)

If Cal_exact(NumY, N, P) = True Then

Num4 = Num4 + 1

End If

Sum4 = Sum4 + (NumU - NumL)

If Cal_rigorous(NumY, N, P) = True Then

Num5 = Num5 + 1

End If

Sum5 = Sum5 + (NumU - NumL)

‘คำนวณค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง

```

Num1 = Num1 / L
Num2 = Num2 / L
Num3 = Num3 / L
Num4 = Num4 / L
Num5 = Num5 / L

reCal(0).Text = Format(Num1, "0.0000")
reCal(1).Text = Format(Num2, "0.0000")
reCal(2).Text = Format(Num3, "0.0000")
reCal(3).Text = Format(Num4, "0.0000")
reCal(4).Text = Format(Num5, "0.0000")

```

‘คำนวณค่าความกว้างเฉลี่ย

```

If Num1 >= T(Combo1.ListIndex) Then
    Sum1 = Sum1 / L
    reCalT(0).Text = Format(Sum1, "0.0000")
Else
    reCalT(0).Text = "ไม่ผ่าน"
End If

*****

If Num2 >= T(Combo1.ListIndex) Then
    Sum2 = Sum2 / L
    reCalT(1).Text = Format(Sum2, "0.0000")
Else
    reCalT(1).Text = "ไม่ผ่าน"
End If

*****

```

```

If Num3 >= T(Combo1.ListIndex) Then
    Sum3 = Sum3 / L
    reCalT(2).Text = Format(Sum3, "0.0000")
Else
    reCalT(2).Text = "äÁè¼èÒ"
End If

*****

If Num4 >= T(Combo1.ListIndex) Then
    Sum4 = Sum4 / L
    reCalT(3).Text = Format(Sum4, "0.0000")
Else
    reCalT(3).Text = "äÁè¼èÒ"
End If

*****

If Num5 >= T(Combo1.ListIndex) Then
    Sum5 = Sum5 / L
    reCalT(4).Text = Format(Sum5, "0.0000")
Else
    reCalT(4).Text = "äÁè¼èÒ"
End If

*****

```

ฟังก์ชันการคำนวณวิธีปกติ

```

Private Function Cal_normal(ByVal gen As Integer, ByVal N As Integer, ByVal P As Double)
    As Boolean

    Dim PP As Double, PL As Double, PU As Double, term As Double

    NumU = 0
    NumL = 0

```

```

If gen >= 0 Then
    PP = gen / N
    term = Z(Combo1.ListIndex) * Sqr(PP * (1 - PP) / N)
    PL = PP - term
    PU = PP + term
    If PL <= P And PU >= P Then
        NumL = PL
        NumU = PU
        Cal_normal = True
    Else
        Cal_normal = False
    End If
Else
    Cal_normal = False
End If
End Function

```

‘ฟังก์ชันการคำนวณวิธีสตอร์’

```

Private Function Cal_score(ByVal gen As Integer, ByVal N As Integer, ByVal P As Double) As
Boolean
    Dim PP As Double, QQ As Double, ZZ As Double, PL As Double, PU As Double
    Dim term1 As Double, term2 As Double, term3 As Double
    NumL = 0
    NumU = 0
    If gen >= 0 Then
        PP = gen / N
        QQ = 1 - PP
        ZZ = Z(Combo1.ListIndex) * Z(Combo1.ListIndex)
        term1 = (2 * N * PP) + ZZ
        term2 = Sqr((4 * N * PP * QQ) + ZZ)

```

```

term3 = 2 * (N + ZZ)
PL = (term1 - (Z(Combo1.ListIndex) * term2)) / term3
PU = (term1 + (Z(Combo1.ListIndex) * term2)) / term3
If PL <= P And PU >= P Then
    NumL = PL
    NumU = PU
    Cal_score = True
Else
    Cal_score = False
End If
Else
    Cal_score = False
End If
End Function

```

ฟังก์ชันการคำนวณวิธีปรับค่าของwald

```

Private Function Cal_adjustwald(ByVal gen As Integer, ByVal N As Integer, ByVal P As
Double) As Boolean
Dim PM As Double, PL As Double, PU As Double, term As Double
NumU = 0
NumL = 0
If gen >= 0 Then
    PM = (gen + 2) / (N + 4)
    term = Z(Combo1.ListIndex) * Sqr(PM * (1 - PM) / (N + 4))
    PL = PM - term
    PU = PM + term
    If PL <= P And PU >= P Then
        NumL = PL
        NumU = PU
        Cal_adjustwald = True
    End If
End If
End Function

```

```

Else
    Cal_adjustwald = False
End If

Else
    Cal_adjustwald = False
End If

End Function

```

ฟังก์ชันการคำนวณวิธีเอ็กแซ็ก

```

Private Function Cal_exact(ByVal gen As Integer, ByVal N As Integer, ByVal P As Double) As
Boolean
Dim PL As Double, PU As Double
Dim a1 As Integer, a2 As Integer, a3 As Integer, a4 As Integer
Dim A11 As Double, A22 As Double, A33 As Double, A44 As Double, CCC As Double

    NumU = 0
    NumL = 0

    If gen >= 0 Then
        a1 = 2 * gen
        a2 = 2 * ((N - gen) + 1)
        a3 = 2 * (N - gen)
        a4 = 2 * (gen + 1)

        CCC = Combo1.Text

        If a1 <= 0 Then a1 = 1
        If a2 <= 0 Then a2 = 1
        If a3 <= 0 Then a3 = 1
        If a4 <= 0 Then a4 = 1

        If CCC = 0.1 Then
            If a1 > 10 Then
                A11 = 18
            End If
        End If
    End If
End Function

```

```
If a1 > 10 And a1 < 12 Then A11 = 11
If a1 > 12 And a1 < 15 Then A11 = 12
If a1 > 15 And a1 < 20 Then A11 = 13
If a1 > 20 And a1 < 24 Then A11 = 14
If a1 > 24 And a1 < 30 Then A11 = 15
If a1 > 30 And a1 < 60 Then A11 = 16
If a1 > 60 And a1 < 120 Then A11 = 17
If a1 > 120 Then A11 = 18
Else
  A11 = a1
End If
If a2 > 10 Then
  A22 = 18
  If a2 > 10 And a2 < 12 Then A22 = 11
  If a2 > 12 And a2 < 15 Then A22 = 12
  If a2 > 15 And a2 < 20 Then A22 = 13
  If a2 > 20 And a2 < 24 Then A22 = 14
  If a2 > 24 And a2 < 30 Then A22 = 15
  If a2 > 30 And a2 < 60 Then A22 = 16
  If a2 > 60 And a2 < 120 Then A22 = 17
  If a2 > 120 Then A22 = 18
Else
  A22 = a2
End If
If a3 > 10 Then
  A33 = 18
  If a3 > 10 And a3 < 12 Then A33 = 11
  If a3 > 12 And a3 < 15 Then A33 = 12
  If a3 > 15 And a3 < 20 Then A33 = 13
  If a3 > 20 And a3 < 24 Then A33 = 14
```

```

If a3 > 24 And a3 < 30 Then A33 = 15
If a3 > 30 And a3 < 60 Then A33 = 16
If a3 > 60 And a3 < 120 Then A33 = 17
If a3 > 120 Then A33 = 18
Else
  A33 = a3
End If

If a4 > 10 Then
  A44 = 18
  If a4 > 10 And a4 < 12 Then A44 = 11
  If a4 > 12 And a4 < 15 Then A44 = 12
  If a4 > 15 And a4 < 20 Then A44 = 13
  If a4 > 20 And a4 < 24 Then A44 = 14
  If a4 > 24 And a4 < 30 Then A44 = 15
  If a4 > 30 And a4 < 60 Then A44 = 16
  If a4 > 60 And a4 < 120 Then A44 = 17
  If a4 > 120 Then A44 = 18
Else
  A44 = a4
End If

PL = (gen * F95(A11, A22)) / ((N - gen + 1) + (gen * F95(A11, A22)))
PU = (gen + 1) / ((gen + 1) + ((N - gen) * F95(A33, A44)))
PL = Format(PL, "0.0000")
PU = Format(PU, "0.0000")
P = Format(P, "0.0000")
If PL <= P And PU >= P Then
  NumL = PL
  NumU = PU
  Cal_exact = True
Else

```

```

        Cal_exact = False
    End If
End If
Else
    Cal_exact = False
End If
End Function

```

ฟังก์ชันการคำนวณวิธีสูตรแม่นยำ

```

Private Function Cal_rigorous(ByVal gen As Integer, ByVal N As Integer, ByVal P As Double)
    As Boolean
    Dim PP As Double, PL As Double, PU As Double, C As Double
    Dim term As Double, term1 As Double, term2 As Double, term3 As Double

    NumU = 0
    NumL = 0
    If gen >= 0 Then
        PP = gen / N
        C = 9 / (8 * LN(Combo1.ListIndex))
        term1 = Sqr(1 + (4 * C * gen * (1 - PP)))
        term2 = 1 + (C * N)
        term3 = 1 - (2 * PP)
        PL = PP + ((3 / 4) * ((term3 - term1) / term2))
        PU = PP + ((3 / 4) * ((term3 + term1) / term2))
        If PL <= P And PU >= P Then
            NumL = PL
            NumU = PU
            Cal_rigorous = True
        Else
            Cal_rigorous = False
        End If
    End If
End Function

```

```

Else
    Cal_rigorous = False
End If
End Function

```

‘ค่าคงที่ในการประมาณค่าแบบช่วง

```

Option Explicit
Dim Z(4) As Double, T(4) As Double, LN(4) As Double
Dim F95(20, 20) As Double, F975(20, 20) As Double
Dim F995(20, 20) As Double, F9995(20, 20) As Double

```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Z(0) = 1.645
```

```
    T(0) = 0.889
```

```
    LN(0) = 2.996
```

```
F95(1, 1) = 0.0062
```

```
F95(2, 1) = 0.054
```

```
F95(3, 1) = 0.0987
```

```
F95(4, 1) = 0.1297
```

```
F95(5, 1) = 0.1513
```

```
F95(6, 1) = 0.167
```

```
F95(7, 1) = 0.1788
```

```
F95(8, 1) = 0.1881
```

```
F95(9, 1) = 0.1954
```

```
F95(10, 1) = 0.2014
```

```
F95(11, 1) = 0.2106    '12
```

```
F95(12, 1) = 0.2201    '15
```

```
F95(13, 1) = 0.2298    '20
```

```
F95(14, 1) = 0.2348    '24
```

$$F_{95}(15, 1) = 0.2398 \quad '30$$

$$F_{95}(16, 1) = 0.2499 \quad '60$$

$$F_{95}(17, 1) = 0.2551 \quad '120$$

$$F_{95}(18, 1) = 0.2597 \quad 'infinity$$

‘หมายเหตุ ค่า F เป็นค่าคงที่ซึ่งได้จากค่าในตาราง F โดย $F_{95}(1,1)$ หมายถึง ค่า F ที่ $\alpha = 0.1$ ที่ $df_1 = 1$ และ $df_2 = 1$ และ $F_{95}(11, 1) = 0.2106$ '12 หมายถึง ค่า F ที่ $\alpha = 0.1$ ที่ $df_1 = 12$ และ $df_2 = 1$ มีค่าเท่ากับ 0.2106 ซึ่งในตัวอย่างโปรแกรมนี้จะแสดงให้เห็นแก่ที่ $df_2 = 1$ เท่านั้น

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวรักตาภา คูหาพัฒนกุล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2522
สถานที่เกิด	อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา	กศ.บ.(คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	