ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)

ปริญญา

สถิติ | สถิติ

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การเปรียบเทียบการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีสำหรับการแจกแจงแบบปกติ

Comparison of the The Goodness of Fit Tests for Normality

นามผู้วิจัย นางสาวอัญชุลี ปิ่นทองพันธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำไพ ทองธีรภาพ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์นิดา ชาญบรรยง, M.S.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีสำหรับการแจกแจงแบบปกติ

Comparison of the The Goodness of Fit Tests for Normality

โดย

นางสาวอัญชุลี ปิ่นทองพันธ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)
พ.ศ.2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัญชุลี ปิ่นทองพันธ์ 2557: การเปรียบเทียบการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีสำหรับการแจกแจงแบบปกติ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ) สาขาสถิติ ภาควิชาสถิติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำไพ ทองธีรภาพ, Ph.D. 151 หน้า

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบ 5 วิธี ได้แก่ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และการทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic โดยศึกษาความสามารถในการควบคุมความความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบไคสแควร์ การแจกแจงแบบเบต้า และการแจกแจงแบบไวบูลล์ กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 โดยการจำลองข้อมูลซ้ำแต่ละลักษณะจำนวน 1,000 ชุด ผลการศึกษาพบว่าการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Anderson-Darling สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง การทดสอบ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 50 และการทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง สำหรับอำนาจการทดสอบพบว่า ส่วนใหญ่การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling ส่วนการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบที่ไม่แตกต่างกัน จากการศึกษาครั้งนี้สรุปว่า การทดสอบที่เหมาะสมที่สุดเมื่อขนาดตัวอย่างต่ำกว่า 100 คือการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic เนื่องจากสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริงได้ดีและมีอำนาจการทดสอบสูง ส่วนกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบที่เหมาะสมคือการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio เนื่องจากสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริงได้ดีและมีอำนาจการทดสอบสูง

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Anchulee Pinthongpan 2014: Comparison of The Goodness of Fit Tests for Normality. Master of Science (Statistics), Major Field: Statistics, Department of Statistics. Thesis Advisor: Assistant Professor Ampai Thongteeraparp, Ph.D. 151 pages.

The purpose of this research is to compare the observed type I error and power of the test of β_3^2 based on polynomial regression, Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio, Anderson-Darling, Shapiro-Wilk Statistic and Shapiro-Francia Statistic in testing normality. The studies data are composed of normal distribution, t-distribution, chi-square distribution, beta distribution and weibull distribution. The sample sizes are 20, 50 and 100. The specified significance levels are 0.01, 0.05 and 0.10. Each case is repeated 1,000 times. The simulation studies show that Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio and Anderson-Darling can control the type I error at the specified one for all sample size. The β_3^2 based on polynomial regression and Shapiro-Wilk Statistic cannot control the type I error when sample size is 100. Shapiro-Francia Statistic cannot control the type I error at the specified one for all sample size. For power of the test, most cases the power of Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio is the highest. Next in rank is Anderson-Darling. β_3^2 based on polynomial regression and Shapiro-Wilk Statistic are not different in terms of power of the test. In conclusion, β_3^2 and Shapiro-Wilk Statistic are ecommended for normality test when sample sizes are 20 and 50 because they can control the type I error at the specified one and they provide the highest power of test. For sample size is 100, Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio is recommended.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ โดยคำแนะนำการสนับสนุนให้ข้อคิดเห็นและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำไพ ทองธีรภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์นิดา ชาญบรรยง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญอ้อม โฉมที ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และให้การช่วยเหลือทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา และครอบครัวที่ส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตลอดมา ประโยชน์อันใดที่เกิดเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้เมตตา อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ขอขอบคุณพี่ และเพื่อนๆ ทุกๆ คนที่เป็นกำลังใจ และช่วยเหลือมาโดยตลอดไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

อัญชุลี ปิ่นทองพันธ์

กรกฎาคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	23
ผลและวิจารณ์	28
สรุปและข้อเสนอแนะ	119
สรุป	119
ข้อเสนอแนะ	122
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	124
ภาคผนวก	127
ภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย	128
ภาคผนวก ข ตารางสถิติ	135
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	151

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ	29
2	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1	35
3	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 3	41
4	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 5	47
5	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 9	53
6	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1	59
7	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 4	65
8	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 0.5 และ 0.5	71
9	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 1	77
10	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 2	83
11	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 3 และ 2	89
12	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 0.5	95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2	101
14	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2.2	107
15	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 4	113
ข1	The Quantile 1 - a of $\hat{b}_3^2$	136
ข2	Estimated coefficients of $\hat{a}_1$, $\hat{a}_2$	137
ข3	Percentage points for Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ($10\,Z_A$ -32)	138
ข4	ตารางค่าวิกฤตของ Anderson และ Darling	140
ข5	พื้นที่ใต้โค้งปกติ	141
ข6	Coefficients for the Shapiro-Wilk Test	142
ข7	Percentage points of the Shapiro-Wilk test for n = 3(1)50	145
ข8	Expected values of normal order statistics	147

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1	25
2	ขั้นตอนการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ	26
3	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	30
4	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	30
5	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10	31
6	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	36
7	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	36
8	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	37
9	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 3 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	42
10	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 3 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	42
11	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 3 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	43
12	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	48
13	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	48

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	49
15	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 9 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	54
16	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 9 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	54
17	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 9 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	55
18	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	60
19	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	60
20	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	61
21	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	66
22	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	66
23	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 0.5 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	72
25	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 0.5 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	72
26	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 0.5 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	73
27	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	78
28	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	78
29	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	79
30	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	84
31	การทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	84
32	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	85
33	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 3 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	90

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
34	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 3 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	90
35	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 3 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	91
36	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	96
37	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	96
38	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	97
39	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	102
40	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	102
41	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	103
42	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2.2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	108
43	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2.2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	108

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
44	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	109
45	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01	114
46	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05	114
47	อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10	115

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปรียบเทียบการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีสำหรับการแจกแจงแบบปกติ

Comparison of The Goodness of Fit Tests for Normality

คำนำ

โดยทั่วไป การเลือกใช้ตัวสถิติที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น กลุ่มประชากร ขนาดตัวอย่าง ประเภทของข้อมูล และการแจกแจงของประชากร เป็นต้น การวิเคราะห์ข้อมูลนั้นต้องพิจารณาว่าข้อมูลมาจากกลุ่มประชากรกี่กลุ่ม มีขนาดตัวอย่างเป็นเท่าไร และใช้มาตราวัดใด ลักษณะของข้อมูลอาจพิจารณาจากมาตรวัด ซึ่งมีถึง 4 ลักษณะ ได้แก่ มาตรานามบัญญัติ (Nominal Scales) มาตราเรียงอันดับ (Ordinal Scales) มาตราอันตรภาค (Interval Scales) และมาตราอัตราส่วน (Ratio Scales) การพิจารณาว่าการแจกแจงของประชากร เป็นไปตามข้อสมมติของวิธีการทางสถิติที่นำมาใช้หรือไม่ นับเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งปัจจัยหนึ่ง

ข้อมูลสถิติ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นการสรุปถึงลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ โดยผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางสถิติมาก่อน การวิเคราะห์นี้ เช่น การหาค่าสัดส่วนหรือร้อยละ การวัดแนวโน้มสู่ส่วนกลาง เป็นต้น

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inference Statistics) เป็นการสรุปถึงลักษณะของประชากรจากข้อมูลตัวอย่าง ได้แก่ การประมาณค่า การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ในทางปฏิบัติผู้วิเคราะห์ไม่สามารถศึกษารายละเอียดจากประชากรได้ทั้งหมด เนื่องจากความยุ่งยากในการเก็บรวบรวมข้อมูล เสียค่าใช้จ่ายสูง สิ้นเปลืองเวลา และแรงงาน จึงได้เลือกสุ่มตัวอย่างเพื่อใช้เป็นตัวแทนของประชากร กลุ่มตัวอย่างจะเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับเทคนิคการสุ่มตัวอย่างที่ใช้

ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์นั้น อาจใช้วิธีการทดสอบได้ 2 แบบ คือ สถิติพาราเมตริก (Parametric Statistics) และสถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric Statistics) แต่การใช้สถิติพาราเมตริกนั้น มีข้อกำหนดเบื้องต้น (Assumptions) ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. มาตราวัดข้อมูลเป็นมาตราอันตรภาค หรือมาตราอัตราส่วน

2. กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มสุ่มมาจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) และมีความแปรปรวนเท่ากัน

ชิดชนก (2548) ศึกษาการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ โดยใช้สถิติพาราเมตริกนั้น ถ้าลักษณะข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นบางข้อ อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ข้อมูล ส่วนสถิตินอนพาราเมตริกนั้น ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อกำหนดเกี่ยวกับการแจกแจงของข้อมูลว่าต้องมีการแจกแจงแบบปกติ ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติและมีลักษณะข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของสถิติพาราเมตริกแล้ว การทดสอบโดยใช้สถิติพาราเมตริกจะให้อำนาจการทดสอบ (Power of the test) สูงกว่าการทดสอบโดยใช้สถิตินอนพาราเมตริก

ดังนั้นการตรวจสอบว่าข้อมูลที่ศึกษามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง และควรมีการเลือกใช้วิธีการทดสอบทางสถิติของการแจกแจงแบบปกติที่เหมาะสม การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทดสอบว่าข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่นั้น ได้มีนักสถิติหลายท่านได้เสนอตัวสถิติสำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปกติอยู่ด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ Fisher (1923-1930) เสนอตัวสถิติตัวแรกที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติเมื่อไม่ทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของประชากรเรียกว่า Standard Third Moment $(\sqrt{b_1})$ และ Standard Fourth Moment (b_2) ซึ่งมีความไว (sensitive) ต่อการทดสอบความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) ตามลำดับ เป็นต้น

การวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณตั้งแต่สองตัวขึ้นไปเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าของตัวแปรหนึ่งจากตัวแปรอื่นๆ การวิเคราะห์การถดถอยใช้กันอย่างแพร่หลายในสาขาต่างๆ เช่น การแพทย์ วิทยาศาสตร์ ธุรกิจ เศรษฐศาสตร์ และสังคมศาสตร์ เป็นต้น ตัวอย่างของการใช้สมการถดถอยในการวิเคราะห์ข้อมูลเช่น นักวิจัยต้องการทราบว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการนำระบบการจัดการความปลอดภัยมาใช้กับอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมในประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งปัจจุบันมีนักสถิติหลายท่านได้เสนอวิธีการทดสอบการแจกแจงแบบปกติขึ้นมาใหม่และพัฒนาวิธีการทดสอบแบบเดิมอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการทดสอบและเพิ่มอำนาจการทดสอบให้มากยิ่งขึ้น อาทิ ตัวสถิติ β_3^2 (Coin, 2007) ซึ่งเป็นการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีโดยใช้พื้นฐานของตัวสถิติการถดถอยแบบโพลิโนเมียล การทดสอบของ Anderson และ Darling (1952) และ Zhang (2002) ได้นำการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีของ Anderson-Darling ซึ่งเป็นวิธีทดสอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมาพัฒนาใหม่โดยใช้ตัวสถิติ Likelihood ratio ซึ่งให้อำนาจการทดสอบที่สูงกว่าเดิม

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ 5 วิธี ได้แก่ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และการทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธีได้แก่

1.1 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression

1.2 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)

1.3 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

1.4 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W)

1.5 การทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic (W')

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี ในแต่ละลักษณะที่กำหนด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อสรุปผลการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี ว่าการทดสอบใดสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด

2. เพื่อสรุปผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี ในแต่ละลักษณะที่กำหนด

3. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้วิจัยได้เลือกใช้การทดสอบที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ทำภายใต้ขอบเขต ดังนี้

1. สร้างข้อมูลประชากร ที่มีการแจกแจงดังนี้

1.1 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ที่มีค่าเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 0 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 1

1.2 การแจกแจงแบบที (t-Distribution) กำหนดจำนวนองศาอิสระ (degrees of freedom) เท่ากับ 1, 3, 5 และ 9

1.3 การแจกแจงแบบไคสแควร์ (Chi-square Distribution) กำหนดจำนวนองศาอิสระ (degrees of freedom) เท่ากับ 1 และ 4

1.4 การแจกแจงแบบเบต้า (Beta Distribution) กำหนดค่าพารามิเตอร์ (α, β) เท่ากับ (0.5,0.5), (2,1), (2,2) และ (3,2)

1.5 การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution) กำหนดค่าพารามิเตอร์ (β) เท่ากับ 1 และ (α) เท่ากับ 0.5, 2, 2.2 และ 4

2. กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 50 และ 100 ในทุกลักษณะของการแจกแจง

3. กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ (Level of Significance) 3 ระดับ ได้แก่ 0.01, 0.05 และ 0.10

4. ทำการทดลองจำนวน 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

การตรวจเอกสารแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาวิจัย และส่วนที่สองเป็นผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิธีการทางสถิติ

1.การทดสอบสำหรับการแจกแจงแบบปกติ

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการทดสอบ 5 วิธี ได้แก่ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และการทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic สมมติฐานของการทดสอบมีดังนี้

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ
H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

การทดสอบที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

1.1 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression

การทดสอบภาวะรูปสนิทดี โดยตัวสถิติต่างๆ เป็นวิธีการทดสอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและถูกสร้างโดยใช้พื้นฐานของตัวสถิติ Pearson chi-square ซึ่ง Coin (2007) ได้นำการทดสอบดังกล่าวมาพัฒนาโดยใช้พื้นฐานของตัวสถิติการถดถอยแบบโพลิโนเมียล ซึ่งให้อำนาจการทดสอบที่สูงกว่าการทดสอบแบบเดิม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พื้นฐานของตัวสถิติการถดถอยแบบโพลิโนเมียลมีลักษณะดังนี้

ให้เซตของลำดับค่าสังเกต $x_{(.)} = (x_{(1)},...x_{(n)})$ และ $\alpha_n = (\alpha_1,...,\alpha_n)$ เป็นเวกเตอร์ขนาด n ซึ่งเป็นค่าคาดหวังของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

Standardized Q-Q Plot เกิดจากการ plot $z_i = (x_{(i)} - \bar{x})/s$ กับ α_i โดยที่ $\bar{x}$ และ s คือค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง ตามลำดับ

ในกรณีนี้ $\alpha_n = (\alpha_1,...,\alpha_n)$ เป็นเวกเตอร์ขนาด n ซึ่งเป็นค่าคาดหวังของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน และ $Z_{(1)},...,Z_{(i)},...,Z_{(n)}$ คือลำดับตัวอย่างสุ่มขนาด n จากการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน จะได้ $\alpha_i = E(Z_{(i)})$, $i = 1,...,n$

ตัวแบบการถดถอยแบบโพลิโนเมียลที่ระดับ k มีรูปแบบคือ

$$z_{(i)} = \beta_0 + \beta_1\alpha_i + \beta_2\alpha_i^2 + \beta_3\alpha_i^3 + \ldots + \beta_k\alpha_i^k + \varepsilon_i$$

จะได้ฟังก์ชันการถดถอยคือ

$$E(z) = \beta_0 + \beta_1\alpha + \beta_2\alpha^2 + \beta_3\alpha^3 + \ldots + \beta_k\alpha^k + \varepsilon_i$$

ซึ่งการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาเมื่อ k=3 จะมีฟังก์ชันการถดถอยของตัวแบบคือ

$$E(z) = \beta_0 + \beta_1\alpha + \beta_2\alpha^2 + \beta_3\alpha^3$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อหาค่า β_3^2 ทำการคำนวณโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยสุด (Simple Least Squares) มีสมการปกติของตัวแบบการถดถอยดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\sum_{i=1}^{n} z_i = b_0 n + b_1 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i + b_2 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^2 + b_3 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^3$$

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha_i z_i = b_0 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i + b_1 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^2 + b_2 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^3 + b_3 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^4$$

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha_i^2 z_i = b_0 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^2 + b_1 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^3 + b_2 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^4 + b_3 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^5$$

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha_i^3 z_i = b_0 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^3 + b_1 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^4 + b_2 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^5 + b_3 \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^6$$

แก้สมการหาค่าของ b_0, b_1, b_2 และ b_3 ซึ่งเป็นค่าประมาณกำลังสองน้อยสุดของ β_0, β_1, β_2 และ β_3ตามลำดับ จากนั้นนำค่า b_3 มายกกำลังสองจะได้เป็นค่าประมาณของ β_3^2 และนำมาคำนวณ

$$\hat{q}\left(\beta_3^2\right)_{1-\alpha} = \hat{a}_1 \frac{1}{n} + \hat{a}_2 \frac{1}{n^2}$$

โดยที่ $\hat{a}_1$ และ $\hat{a}_2$ คือค่า Estimated coefficients ได้มาจากตารางผนวกที่ ข2

เกณฑ์ในการตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อค่าที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤตจากตารางผนวกที่ ข1 ที่ขนาดตัวอย่าง n และระดับนัยสำคัญ α

1.2 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)

Zhang (2002) ได้นำการทดสอบตัวสถิติ Anderson-Darling ซึ่งเป็นวิธีทดสอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมาพัฒนาโดยใช้พื้นฐานของตัวสถิติ Likelihood ratio ตัวสถิติ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio มีรูปแบบดังนี้

$$Z_A = -\sum_{i}^{n} \left[\frac{\ln \Phi_Z\left(z_{(i)}\right)}{n-i+0.5} + \frac{\ln\left[1-\Phi_Z\left(z_{(i)}\right)\right]}{i-0.5} \right]$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยที่ กำหนดให้ Z และ Z_{max} เป็นตัวสถิติทดสอบ

$$Z = \int_{-\infty}^{\infty} Z_t dw\ t \tag{4}$$

$$Z_A = \sup_{t\in(-\infty,\infty)} \{Z_t w(t)\} \tag{5}$$

ซึ่ง $w(t)$ คือฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักและอำนาจการทดสอบของ Z หรือ Z_{max} ขึ้นอยู่กับ Z_t และ $w(t)$ เมื่อ Z_t คือ ตัวสถิติ Pearson chi-square (χ_t^2) และตัวสถิติ Likelihood ratio (G_t^2) โดยที่

$$\chi_t^2 = \frac{n\{\Phi_n(t)-\Phi_Z(t)\}^2}{\Phi_Z(t)\{1-\Phi_Z(t)\}} \tag{6}$$

และ $$G_t^2 = 2n\left[\Phi_n(t)\ln\left\{\frac{\Phi_n(t)}{\Phi_Z(t)}\right\}+\{1-\Phi_n(t)\}\ln\left\{\frac{1-\Phi_n(t)}{1-\Phi_Z(t)}\right\}\right] \tag{7}$$

โดยที่ $\Phi_n(t)=\Phi_n(z_{(i)})$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงจากค่าสังเกต (Empirical distribution function) ของ $Z_1, Z_2, ..., Z_n$

และ $\Phi_z(t)=\Phi_z(z_{(i)})$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานของ $Z_1, Z_2, ..., Z_n$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง (Continuous random variable) ที่มีฟังก์ชันการแจกแจง $F_{(z)}$, $Z_1, Z_2, ..., Z_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มจาก Z ซึ่งสถิติลำดับคือ $Z_{(1)}, Z_{(2)}, ..., Z_{(n)}$

ตัวสถิติทดสอบภาวะรูปสนิทดีที่ใช้พื้นฐานของตัวสถิติ Likelihood ratio ได้จากการปรับ $\Phi_n(z_{(i)})$ ณ จุดที่ไม่ต่อเนื่องของ $Z_{(i)}$, $i=1,2,...,n$ โดยการกำหนด $\Phi_n(z_{(i)})=(i-0.5)/n$ ซึ่งการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio เป็นการนำ χ_t^2 แทนลงใน Z_t ของสมการที่ (4) และถ่วงน้ำหนักด้วยฟังก์ชัน $w(t)=\Phi_Z(t)$ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

เมื่อ $$dw(t)=\Phi_n(t)^{-1}\{(1-\Phi_n(t))\}^{-1}d\Phi_n(t)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แทน Z_t ในสมการที่ (4) ด้วย G_t^2

ได้ตัวสถิติทดสอบดังนี้

$$Z_A = -\sum_{i}^{n}\left[\frac{\ln \Phi_Z(z_{(i)})}{n-i+0.5}+\frac{\ln\left[1-\Phi_Z(z_{(i)})\right]}{i-0.5}\right]$$

เกณฑ์ในการตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อค่า $10Z_A - 32$ ที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤตจากตารางผนวกที่ ข3 ที่ขนาดตัวอย่าง n และระดับนัยสำคัญ α

1.3 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

ในปี ค.ศ. 1954 แนวคิดของวิธีการทดสอบนั้น มีการทดสอบจากพื้นฐานของ Accumulating square distance function

$$D(\psi) = n\int_{-\infty}^{\infty}\left[F_n(x)-\Phi(x)\right]^2 \psi(x)d\Phi(x)$$

เมื่อ $F_n(x)$ คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสม

$\Phi(x)$ คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$\psi(x)$ คือฟังก์ชันแบบถ่วงน้ำหนัก

โดยที่ การทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยวิธีการทดสอบ Anderson-Darling มีฟังก์ชันแบบถ่วงน้ำหนักเป็น $\psi(x) = \left[\Phi(x)(1-\Phi(x))\right]^{-1}$

กำหนดให้ n คือขนาดตัวอย่าง

$x_{(1)}, x_{(2)}, \ldots, x_{(n)}$ คือข้อมูลตัวอย่างลำดับ (Order Sample)

$Z_{(k)}$ คือความน่าจะเป็นแบบปกติมาตรฐานสะสม

ซึ่ง $Z_{(k)} = \left(x_{(k)} - \bar{x}\right)/s$ เป็นค่ามาตรฐานของแต่ละข้อมูล โดยกำหนดให้ $P_k = \phi(Z_{(k)})$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ $\bar{x} = \sum_{k=1}^{n} x_k / n$ และ $s = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (x_{(k)} - \bar{x})^2 / n - 1}$

การทดสอบของ Anderson-Darling มีรูปแบบคือ

$$AD = -n - \sum_{i=1}^{n} (2i-1) \frac{\ln P_i + \ln(1 - P_{n+1-i})}{n}$$

โดยที่ $P_i = \Phi_Z(z_{(i)}) = \int_{-\infty}^{z_{(i)}} e^{-t^2/2} / \sqrt{2\pi} dt$ ซึ่งทำการดัดแปลงโดยคำนวณเป็น

$$A^* = AD\left(1 + \frac{0.75}{n} + \frac{2.25}{n^2}\right)$$

เกณฑ์ในการตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อค่าสถิติที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤตจากตารางผนวกที่ ข4 ที่ขนาดตัวอย่าง n และระดับนัยสำคัญ α โดยกำหนดให้ $\alpha \approx 3.6789468e^{-A^*/0.1749916}$

1.4 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W)

Shapiro and Wilk (1965) ได้เสนอการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งในปัจจุบันเป็นวิธีที่ได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งการทดสอบของ Shapiro-Wilk มีรูปแบบดังนี้

$$W = \frac{\left\{\sum_{i=1}^{k} a_{n-i+1}\left(y_{(n-i+1)} - y_{(i)}\right)\right\}^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(y_{(i)} - \bar{y}\right)^2}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ n คือขนาดตัวอย่าง

k คือจำนวนเต็มที่เล็กที่สุดที่มากกว่าหรือเท่ากับ $n/2$

a_i คือค่าสัมประสิทธิ์จากตารางผนวกที่ ข6 เมื่อ $n \le 50$

$y_{(i)}$ คือข้อมูลที่เรียงลำดับจากน้อยไปมาก

เกณฑ์ในการตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อค่าสถิติที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าวิกฤตจากตารางผนวกที่ ข7 ที่ขนาดตัวอย่าง n และระดับนัยสำคัญ α

ข้อจำกัดของตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk คือสามารถทดสอบได้เฉพาะขนาดตัวอย่างระหว่าง 3 ถึง 50 เท่านั้น ต่อมา Royston (1982) ได้พัฒนาการทดสอบจนสามารถใช้ได้กับขนาดตัวอย่างถึง 2,000 การทดสอบมีรูปแบบดังนี้

$$W = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n} a_i y_{(i)}\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(y_{(i)} - \bar{y}\right)^2}$$

โดยที่ $a' = (a_1, a_2, \ldots, a_n) = m'V^{-1}/(m'V^{-1}V^{-1}m)^{1/2}$

a มีคุณสมบัติ $a'a = 1$ กำหนดให้ $a^* = m'V^{-1}$ ค่าประมาณของ a^* คือ

$$\hat{a}_1^* = \begin{cases} 2m_i & , i = 2,3,\ldots,n-1 \\ \left(\dfrac{\hat{a}_1^2}{1-2\hat{a}_1^2}\sum_{i=2}^{n-1}\hat{a}_i^{*2}\right)^{\frac{1}{2}} & , i = 1, i = n \end{cases}$$

ซึ่ง $\hat{a}_1^2$ และ $\hat{a}_n^2$ คำนวนได้จากแกมม่าฟังก์ชัน (Gamma Function) ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\hat{a}_1^{\,2} = \hat{a}_2^{\,n} = \begin{cases} g(n-1), n \le 20 \\ g(n) \quad , n > 20 \end{cases}$$

และ $g(n) = \dfrac{\Gamma\left(\frac{1}{2}(n+1)\right)}{\sqrt{2\Gamma\left(\frac{1}{2}n+1\right)}}$ โดยที่ $g(n) \approx \left[\dfrac{6n+7}{6n+13}\right]\left[\dfrac{\exp(1)}{n+2}\left(\dfrac{n+1}{n+2}\right)^{n-2}\right]^{\frac{1}{2}}$

เมื่อ m_i คือ ค่าคาดหวังจากตารางสถิติลำดับของการแจกแจงแบบปกติของ Harter (1961) ที่ได้จากตารางผนวกที่ ข8

Approximate normalizing transformation สำหรับ W

$$x = (1-W)^{\lambda} \quad \text{และ} \quad z = (x-\mu_x)/\sigma_x$$

ซึ่ง z คือ ค่ามาตรฐานของ x โดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น μ_x และ σ_x ตามลำดับ ค่าประมาณของ λ, μ_x และ σ_x คำนวณได้ดังนี้

$$\lambda = 0.480385 + 0.318828Y - 0.0241665Y^3 + 0.00979701Y^4 + 0.002989646Y^5$$

$$\mu_x = \exp\left(-1.91487 - 1.37888Y - 0.04183209Y^2 + 0.1066339Y^3 - 0.03513666Y^4 - 0.01504614Y^5\right)$$

$$\sigma_x = \exp(-3.73538 - 1.015807Y - 0.331885Y^2 + 0.1773538Y^3 - 0.01638782Y^4 + 0.03215018Y^5 + 0.003852646Y^6)$$

และ $Y = \log(n) - 5$

เกณฑ์ในการตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อค่าสถิติที่คำนวณได้มากกว่าค่า z จากตารางผนวกที่ ข5 ที่ระดับนัยสำคัญ α

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 การทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic (W')

Shapiro and Francia (1972) ได้เสนอการทดสอบสำหรับทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีหลักการเดียวกับการทดสอบ Shapiro-Wilk แต่จะใช้ค่าคาดหวังของสถิติลำดับของการแจกแจงแบบปกติ มาช่วยในการคำนวณ อย่างไรก็ตาม การทดสอบดังกล่าวใช้ทดสอบสำหรับขนาดตัวอย่าง 35 ถึง 99 เท่านั้น Royston (1982) ได้ปรับการทดสอบให้ใช้ได้กับขนาดตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้น ดังนั้น การทดสอบ Shapiro-Francia มีรูปแบบดังนี้

$$W' = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n} m_i y_{(i)}\right]^2}{\left[\sum_{i=1}^{n} m_i^2 \times \sum_{i=1}^{n} (y_{(i)} - \bar{y})^2\right]}$$

ซึ่ง $(y_{(1)},..., y_{(n)})$ คือ ตัวอย่างสุ่มที่นำมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงจากการแจกแจงแบบปกติ

โดยที่ $y_{(1)} < y_{(2)} <...< y_{(n)}$ และ m_i คือ ค่าคาดหวังจากตารางสถิติลำดับของการแจกแจงแบบปกติของ Harter ที่ได้จากตารางผนวกที่ ข8

Approximate normalizing transformation สำหรับ W'

$$x = \left[(1-W')^{\lambda} - 1\right]/\lambda \quad \text{และ} \quad z = (x - \mu_x)/\sigma_x$$

ซึ่ง z คือ ค่ามาตรฐานของ x โดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น μ_x และ σ_x ตามลำดับ ค่าประมาณของ λ, μ_x และ σ_x คำนวณได้ดังนี้

$$\lambda = -0.48157 + 0.0197196Y - 0.0119065Y^3$$
$$\mu_x = \exp\left(1.693067 + 0.144167Y - 0.0184928Y^2 + 0.1066339Y^3 + 0.031074485Y^3 + 0.0087397329Y^4\right)$$
$$\sigma_x = \exp\left(-0.510725 - 0.1160364Y - 0.0067021Y^2 + 0.054465944Y^3 + 0.0087397329Y^4\right)$$

และ $Y = \log(n) - 5$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกณฑ์ในการตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อค่าสถิติที่คำนวณได้มากกว่าค่า z จากตารางผนวกที่ ข5 ที่ระดับนัยสำคัญ α

2. เกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

การคำนวณช่วงที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (ชิดชนก, 2548)

กำหนดสมมติฐานที่ใช้ทดสอบดังนี้

$H_0 : \alpha = 0.01$ หรือ $H_0 : \alpha = 0.05$ หรือ $H_0 : \alpha = 0.10$

$H_1 : \alpha \neq 0.01$ $H_1 : \alpha \neq 0.05$ $H_1 : \alpha \neq 0.10$

กำหนดให้

α = ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

α_0 = ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลอง

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 พิจารณาจาก ค่า α_0 หรือความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด สามารถสรุปได้ว่า วิธีการนั้นมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ตัวอย่างการคำนวณเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีดังนี้

1) กรณี $\alpha = 0.01$ และ $n = 1{,}000$ เกณฑ์ในการพิจารณาคือ

$$\alpha_0 \geq 0.01 + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.01)(0.99)}{1{,}000}} \qquad \text{หรือ} \qquad \alpha_0 \leq 0.01 - Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.01)(0.99)}{1{,}000}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$0.002 \leq \alpha_0 \leq 0.018$$

2) กรณี $\alpha = 0.05$ และ $n = 1{,}000$ เกณฑ์ในการพิจารณาคือ

$$\alpha_0 \geq 0.05 + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.05)(0.95)}{1{,}000}} \quad \text{หรือ} \quad \alpha_0 \leq 0.05 - Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.05)(0.95)}{1{,}000}}$$

$$0.037 \leq \alpha_0 \leq 0.064$$

3) กรณี $\alpha = 0.10$ และ $n = 1{,}000$ เกณฑ์ในการพิจารณาคือ

$$\alpha_0 \geq 0.10 + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.10)(0.90)}{1{,}000}} \quad \text{หรือ} \quad \alpha_0 \leq 0.10 - Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.10)(0.90)}{1{,}000}}$$

$$0.084 \leq \alpha_0 \leq 0.116$$

งานวิจัยนี้กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับคือ 0.01, 0.05 และ 0.10 ดังนั้น ช่วงที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 คือ

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง (0.002, 0.018)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง (0.037, 0.064)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง (0.084, 0.116)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกตุจันทร์ (2534) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการนอนพาราเมตริกสำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 6 ตัวคือ ตัวสถิติ Shapiro-Wilk , ตัวสถิติ Cramer-von Mises, ตัวสถิติ Anderson – Darling, ตัวสถิติ Watson , ตัวสถิติ Kuiper และตัวสถิติ Dubin เมื่อกำหนดการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติและแบบเบ้ โดยใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 30, 50 และ 100 และกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.01, 0.05 และ 0.10 จำลองการทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ ผลการศึกษาพบว่า ตัวสถิติ Cramer-von Mises และตัวสถิติ Anderson – Darling สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้มากที่สุด โดยทั่วไปพบว่าตัวสถิติ Shapiro-Wilk มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเป็นส่วนใหญ่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ยกเว้นเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบสมมาตรและหางสั้น และมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20 และ 30 ซึ่งพบว่าตัวสถิติ Kuiper มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ตัวสถิติ Anderson – Darling มีอำนาจการทดสอบสูง เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบสมมาตรและหางสั้น และมีการแจกแจงแบบสมมาตรและหางยาว ตัวสถิติ Watson มีอำนาจการทดสอบสูงเมื่อประชากรมีการแจกแจงและสมมาตรและหางสั้น ส่วนตัวสถิติ Dubin มีอำนาจการทดสอบต่ำสุดเกือบทุกกรณี

ชิดชนก (2548) ศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 4 วิธี คือ การทดสอบ Q statistic, การทดสอบ D statistic, การทดสอบ Kolmogorov - Smirnov แบบ two stage delta-correrated และการทดสอบ Anderson – Darling โดยประชากรที่ทำการศึกษาประกอบด้วย ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติและที่มีการแจกแจงแบบอื่น ทั้งหมดรวม38 ลักษณะ โดยในแต่ละการแจกแจงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมี 3 ระดับ คือ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ได้แก่ 10 และ 20 กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ได้แก่ 30 และ 50 และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ได้แก่ 70 และ 100 และกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 3 ระดับคือ 0.01, 0.05 และ 0.10 โดยการจำลองข้อมูลแต่ละลักษณะด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลจำนวน 1,000 ชุดและศึกษาจากข้อมูลจริงที่เก็บรวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ อีก 15 ชุด ผลการศึกษาพบว่า การทดสอบ Anderson – Darling เป็นการทดสอบที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด ที่ทุกระดับนัยสำคัญ และทุกขนาดตัวอย่าง และการทดสอบ Q statistic สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าการทดสอบ D statistic และการทดสอบ Kolmogorov - Smirnov แบบ two stage delta-correrated ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 70 ส่วนผลการศึกษาอำนาจการทดสอบพบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก การทดสอบ D statistic และการทดสอบ Anderson – Darling มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน สำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ การทดสอบ Q statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด และวิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธีที่ทุกระดับนัยสำคัญสำหรับข□อมูลที่มีขนาดกลางและขนาดใหญ่ให □ผลการทดสอบส□วนใหญ่□สอดคล□องกับลักษณะการแจกแจงของข□อมูล ในการศึกษาครั้งนี้มีข□อเสนอแนะว่า ควรเลือกใช□ตัวสถิติ Anderson – Darling เนื่องจากเป□นวิธีการทดสอบการแจกแจงแบบปกติที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได□ในทุกกรณีและมีอำนาจการทดสอบค่อนข□างสูง

รวมพร (2543) ศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ Chi-Square, ตัวสถิติ Shapiro-Wilk และตัวสถิติ Shapiro-Francia ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ เมื่อข□อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมีค□าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ ความแปรปรวนเท่ากับ 1 และการแจกแจงแบบปกติปลอมปน โดย กำหนดสเกลแฟคเตอร□เป□น 3, 5, 7 และ 10 กำหนดเปอร□เซ็นต□การปลอมปนเป□น 5%,
10%, 20% และ 30% โดยใช□ขนาดตัวอย□างเท่ากับ 10, 30, 50 และ 100 ตามลำดับ กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.01, 0.05 และ 0.10 โดยทำการจำลองแบบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ 1,000 ครั้งในแต□ละสถานการณ์ ความสามารถในการควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และอำนาจของการทดสอบ สรุปผลได้ว่า ตัวสถิติ Chi-Square และ ตัวสถิติShapiro-Francia สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได□สูงที่สุด ในขณะที่ ตัวสถิติ Shapiro-Wilk สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได□น□อยที่สุด ส่วนอำนาจการทดสอบ เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 100 ตัวสถิติ Shapiro-Wilk และตัวสถิติ Shapiro-Francia มีอำนาจการทดสอบมากกว่าตัวสถิติ Chi-Square และเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่าง ระดับนัยสำคัญ และเปอร์เซ็นต์การปลอมปน มีผลให้อำนาจการทดสอบของสถิติ Chi-Square เพิ่มขึ้น ในขณะที่ การเพิ่มขนาดตัวอย่างระดับนัยสำคัญ และสเกลแฟคเตอร์ มีผลให้ ตัวสถิติ Shapiro-Wilk และตัวสถิติ Shapiro-Francia มีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น ซึ่งอำนาจการทดสอบไม่แตกต่างกันที่ขนาดตัวอย่างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 แต่จะมีอำนาจการทดสอบต่ำลงที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 เมื่อสเกลแฟคเตอร์เป็น 3 และ 5
ตัวสถิติ Shapiro-Francia จะมีอำนาจของการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติ Shapiro-Wilk

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รุ□งรวี (2544) ศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข□อมูล 4 วิธี ได□แก□ ตัวสถิติ Shapiro-Wilk , ตัวสถิติ Kolmogorov-Smirnov , ตัวสถิติ Kolmogorov-Smirnov แบบ
delta-corrected และตัวสถิติ Kolmogorov-Smirnov แบบ two stage delta-corrected เมื่อกำหนดการแจกแจงแบบปกติและการแจกแจงแบบอื่นรวม 38 ลักษณะ ที่มีค่าเฉลี่ยของประชากรและความแปรปรวนเท่ากับ 100 และ 100 ตามลำดับ ขนาดตัวอย□างเท่ากับ 10, 20, 30 และ 50 และกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท□ากับ 0.01, 0.05 และ 0.10 จำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลจำนวน 500 ครั้ง สำหรับแต่ละสถานการณ์และแต่ละขนาดตัวอย่าง สรุปผลได้ว่าการทดสอบของ Shapiro-Wilk เป็นการทดสอบที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov ส่วนอำนาจการทดสอบ พบว่าการทดสอบของ Shapiro-Wilk มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov แบบ two stage delta-corrected ส่วนการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov จะมีอำนาจการทดสอบต่ำที่สุด

สิริทิพ (2549) ศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบของภาวะรูปสนิทดีโดยสถิติ ไลค์ลิฮูด เรโชว์สำหรับการแจกแจงแบบปกติ คือ Kolmogorov-Smirnov Statistic based on the likelihood ratio, Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio, Cramer- von Mises Statistic based on the likelihood ratio กับการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และ Shapiro-Francia Statistic ในส่วนของประชากรที่ทำการศึกษาประกอบด้วยข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 และมีแจกแจงแบบต่างๆ ที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ กันรวมทั้งหมด 16 ลักษณะ โดยการใช้เทคนิคการจำลองแบบวิธีมอนติคาร์โลจำนวน 1,000 ชุดและศึกษาจากข้อมูลจริงที่เก็บรวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ อีก 5 ชุด ขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือ 10, 30, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 3 ระดับคือ 0.01, 0.05 และ 0.10 ผลการศึกษาพบว่า Kolmogorov-Smirnov Statistic based on the likelihood ratio, Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และ Cramer- von Mises Statistic based on the likelihood ratio สามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริงได้ ในทุกขนาดตัวอย่าง ตัวสถิติ Shapiro-Wilk Statistic สามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริงได้เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 30 และ 50 และ ตัวสถิติ Shapiro-Francia Statistic ไม่สามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริงได้ในทุกขนาดตัวอย่าง ส่วนการศึกษาอำนาจการทดสอบ พบว่า โดยส่วนใหญ่ ตัวสถิติ Shapiro-Wilk Statistic และ Shapiro-Francia Statistic มีอำนาจการทดสอบสูง ในทุกลักษณะการแจกแจงของข้อมูล ขนาดตัวอย่าง และระดับนัยสำคัญของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดสอบ รองลงมาคือ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และ Cramer-von Mises Statistic based on the likelihood ratio ส่วน Kolmogorov-Smirnov Statistic based on the likelihood ratio มีอำนาจการทดสอบต่ำที่สุด การศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะว่า กรณีที่ต้องการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลเมื่อขนาดตัวอย่างไม่เกิน 100 ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมที่สุดคือ ตัวสถิติ Shapiro-Wilk Statistic เนื่องจากสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริงได้ดีและมีอำนาจการทดสอบสูง แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมคือ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio เพราะสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริงได้ดีและมีอำนาจการทดสอบรองจาก ตัวสถิติ Shapiro-Wilk Statistic และ Shapiro-Francia Statistic

Coin (2007) ได้เสนอตัวทดสอบภาวะรูปสนิทดีโดยใช้สถิติการถดถอยแบบโพลิโนเมียล (A goodness-of-fit test based on polynomial regression) ซึ่งมีอำนาจการทดสอบสูงเมื่อการแจกแจงทางเลือกเป็นแบบสมมาตร ซึ่งตัวสถิติทดสอบที่ Coin นำมาสร้างใหม่โดยใช้พื้นฐานของตัวสถิติ Polynomial regression คือ การทดสอบของ β_3^2 และทำการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้งหมด 10 ตัว ได้แก่ ตัวสถิติ β_3^2 based on polynomial regression, ตัวสถิติ Standard Third Moment, ตัวสถิติ Standard Fourth Moment, ตัวสถิติ Kolmogorov, ตัวสถิติ Anderson – Darling, ตัวสถิติ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio, ตัวสถิติของ Bera และ Jarque, ตัวสถิติของ Bonett และ Seier , ตัวสถิติ Shapiro-Wilk และการทดสอบ D statistic ขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือ 10, 50 และ 200 ที่ระดับนัยสำคัญ 2 ระดับคือ 0.01 และ 0.05 และได้ผลสรุปว่า ตัวสถิติทดสอบใหม่โดยใช้พื้นฐานของตัวสถิติ Polynomial regression คือ การทดสอบของ β_3^2 เมื่อเปรียบเทียบกับการแจกแจงแบบสมมาตรพบว่า การทดสอบของ β_3^2 มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวทดสอบอื่นๆ หรือใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

Shapiro *et al.* (1968) ศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติต่างๆ โดยทำการศึกษาตัวสถิติ 9 ตัวในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ คือ ตัวสถิติ Shapiro-Wilk (W), Standard Third Moment, Standard Fourth Moment , ตัวสถิติ Kolmogorov Smirnov, ตัวสถิติ Cramer-von Mises, ตัวสถิติ Weighted Cramer-von Mises, ตัวสถิติ Durein, ตัวสถิติ Chi-Square และตัวสถิติ Studentized Range ภายใต้การแจกแจงทางเลือกรวมทั้งสิ้น 45 การแจกแจง พบว่าตัวสถิติ Shapiro-Wilk สามารถใช้ทดสอบการแจกแจงได้ดีในทุกกรณี แต่จะมีอำนาจการทดสอบต่ำและมีข้อจำกัดคือ ใช้ได้กับขนาดตัวอย่าง 3 ถึง 50 เท่านั้น การทดสอบ Studentized Range มีอำนาจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดสอบสูงเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบสมมาตรและหางสั้น และจะมีอำนาจการทดสอบต่ำเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ ส่วนตัวสถิติ Standard Third Moment และ Standard Fourth Moment ใช้ในการทดสอบได้ดี แต่การทดสอบโดยใช้ Empirical Distribution Function จะมีอำนาจการทดสอบต่ำกว่าตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk

Seier (2003) ศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล 10 วิธีโดยมีการแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้ (1) การทดสอบโดย ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของ
ตัวอย่าง (Empirical Distribution Function Tests) ได้แก่ ตัวสถิติKolmogorov-Smirnov, ตัวสถิติ Anderson-Darling (2) การทดสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ ได้แก่ ตัวสถิติ Shapiro- Wilk, ตัวสถิติ Y (D' Agostino, 1972), ตัวสถิติ Z (Royston, 1992), ตัวสถิติ QH* (Chen and Shapiro, 1995), ตัวสถิติ Q (Zhang, 1999) และ (3) การทดสอบด้วยความเบ้และความโด่ง ได้แก่ตัวสถิติ κ^2 (D' Agostino, 1990), ตัวสถิติ G_w^2 และตัวสถิติ G_w^{2*} เมื่อกำหนดการแจกแจงแบบปกติและการแจกแจงแบบอื่น และกำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 50 และ 100 โดยที่ ตัวสถิติ Shapiro-Wilk ทำการศึกษาที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 50 และกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.01, 0.05 และ 0.10 โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบวิธีมอนติคาโลจำนวน 50,000 ครั้ง จากการศึกษาทั้ง 3 ลักษณะพบว่า อำนาจการทดสอบของตัวสถิติ QH* มีอำนาจการทดสอบที่
สูงกว่าตัวสถิติอื่นในประเภทของการทดสอบการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ รองลงมาคือ ตัวสถิติ Q เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบสมมาตร โดยมีความโด่งสูง การทดสอบด้วยวิธีการทดสอบความเบ้และความโด่งจะมีอำนาจการทดสอบที่มากกว่า และเมื่อกำหนดการแจกแจงปกติแบบปลอมปนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดสอบ G_w^{2*} อาจมีค่าสูงกว่า หรือน้อยกว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงแบบปกติ

Zhang (1999) ศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบสถิติที่ใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 5 วิธีได้แก่ ตัวสถิติ Shapiro-Wilk, ตัวสถิติ Shapiro-Francia, ตัวสถิติ Q, ตัวสถิติ D และตัวสถิติ Anderson – Darling ด้วยเทคนิคการจำลองแบบโดยวิธีมอนติคาร์โล เมื่อกำหนดการแจกแจงแบบปกติและการแจกแจงแบบอื่น กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ10 , 20 ,50 และ100 สำหรับตัวสถิติ Q, ตัวสถิติ modified Shapiro-Wilk, ตัวสถิติ Anderson – Darling และตัวสถิติ D ส่วนตัวสถิติ Shapiro-Wilk กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ,20 และ 50 กำหนดระดับนัยสำคัญของการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทดสอบเท□ากับ 0.05 โดยทำการจำลองแบบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ 1,000 ครั้ง ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบแต่ละลักษณะ สรุปผลได้ว่า ตัวสถิติ Q สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได□ดีที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนอำนาจการทดสอบเมื่อขนาดตัวอย□างน□อยกว□า 50 ตัวสถิติ Shapiro-Francia และตัวสถิติ D มีอำนาจการทดสอบน□อยกว่าตัวสถิติ Shapiro-Wilk และตัวสถิติ Q จะมีอำนาจการทดสอบที่สูงกว□าตัวสถิติ Shapiro-Wilk เมื่อตัวอย□างมีขนาดมากกว□า 50 ตัวสถิติ Shapiro-Francia จะมีอำนาจการทดสอบที่สูงกว□าตัวสถิติ Shapiro-Wilk และตัวสถิติ Q มีอำนาจการทดสอบที่สูงกว□าตัวสถิติ D, ตัวสถิติAnderson –Darling และ ตัวสถิติ Shapiro-Francia

Zhang (2002) ได□เสนอตัวทดสอบภาวะรูปสนิทดีโดยใช□สถิติ Likelihood ratio ซึ่งมีอำนาจการทดสอบมากกว□าตัวทดสอบภาวะรูปสนิทดีบนพื้นฐานของการทดสอบ Pearson Chi-Square ซึ่งตัวสถิติทดสอบที่ Zhang นำมาสร้างใหม่โดยใช□พื้นฐานของตัวสถิติ Likelihood ratio มี 3 ตัว ได□แก□ ตัวสถิติ Kolmogorov-Smirnov, ตัวสถิติ Cramer-von Mises และตัวสถิติ Anderson-Darling และเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้งหมด 7 ตัวได□แก่ ตัวสถิติ Kolmogorov-Smirnov Statistic based on the likelihood ratio, ตัวสถิติ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio, ตัวสถิติ Cramer-von Mises Statistic based on the likelihood ratio, ตัวสถิติ Kolmogorov-Smirnov Statistic , ตัวสถิติ Cramer von Mises Statistic, ตัวสถิติ Anderson-Darling Statistic และ ตัวสถิติ Pearson's Chi-Square กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 , 20 , 30, 50, 70, 100, 150, 200 และ 300 พบว่าตัวสถิติทดสอบใหม□โดยใช□ตัวสถิติ Likelihood ratio มีอำนาจการทดสอบสูงกว□าตัวทดสอบอื่นๆในเกือบทุกกรณี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์หน่วยประมวลผลกลางแบบ Intel Pentium หน่วยความจำ 512 MB โดยใช้โปรแกรม R

วิธีการ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบ 5 วิธี ได้แก่ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และการทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบไคสแควร์ การแจกแจงแบบเบต้า และการแจกแจงแบบไวบูลล์

ขั้นตอนการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. จำลองข้อมูลประชากร

จำลองข้อมูลประชากร ที่มีการแจกแจงลักษณะต่างๆ ดังนี้

1.1 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ที่มีค่าเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 0 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 1

1.2 การแจกแจงแบบที (t-Distribution) กำหนดจำนวนองศาอิสระ (degrees of freedom) เท่ากับ 1, 3, 5 และ 9

1.3 การแจกแจงแบบไคสแควร์ (Chi-square Distribution) กำหนดจำนวนองศาอิสระ (degrees of freedom) เท่ากับ 1 และ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 การแจกแจงแบบเบต้า (Beta Distribution) กำหนดค่าพารามิเตอร์ (α, β) เท่ากับ (0.5,0.5), (2,1), (2,2) และ (3,2)

1.5 การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution) กำหนดค่าพารามิเตอร์ (β) เท่ากับ 1 และ (α) เท่ากับ 0.5, 2, 2.2 และ 4

2. ขนาดตัวอย่าง

ในแต่ละลักษณะของการแจกแจงกำหนดขนาดของตัวอย่างเท่ากับ 20, 50 และ 100

3. เปรียบเทียบค่าการทดสอบกับค่าวิกฤต

นำค่าการทดสอบที่คำนวณได้เทียบกับค่าวิกฤต เพื่อสรุปว่าปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานหลัก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 ทำซ้ำ 1,000 ครั้ง

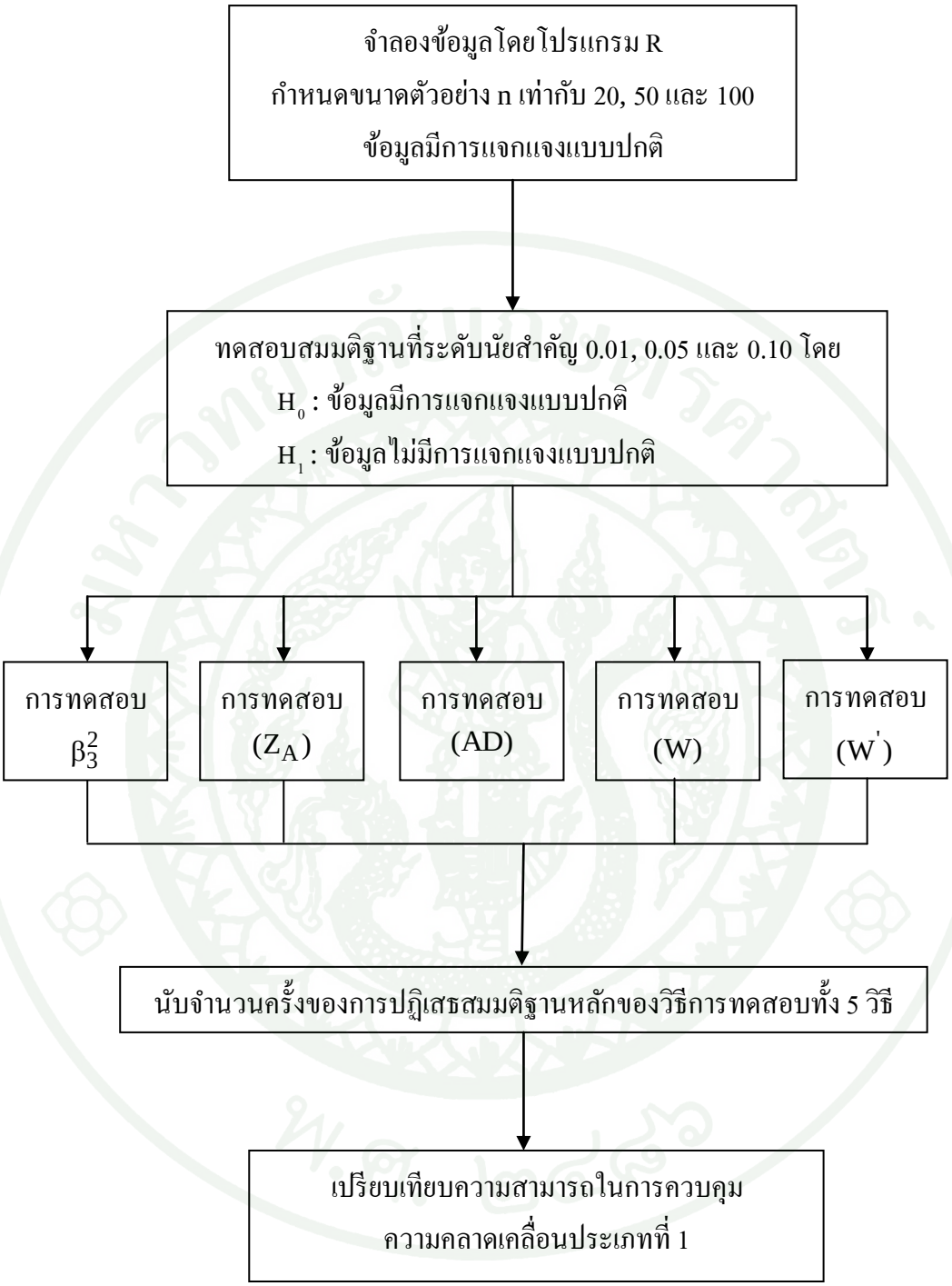
4. คำนวณค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อสมมติฐานหลักเป็นจริง หารด้วยจำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมด 1,000 ครั้ง ถ้าค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สำหรับแต่ละขนาดตัวอย่าง มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ในเกณฑ์ของการเปรียบเทียบ จะถือว่าวิธีการทดสอบนั้นมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

5. เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของแต่ละวิธี

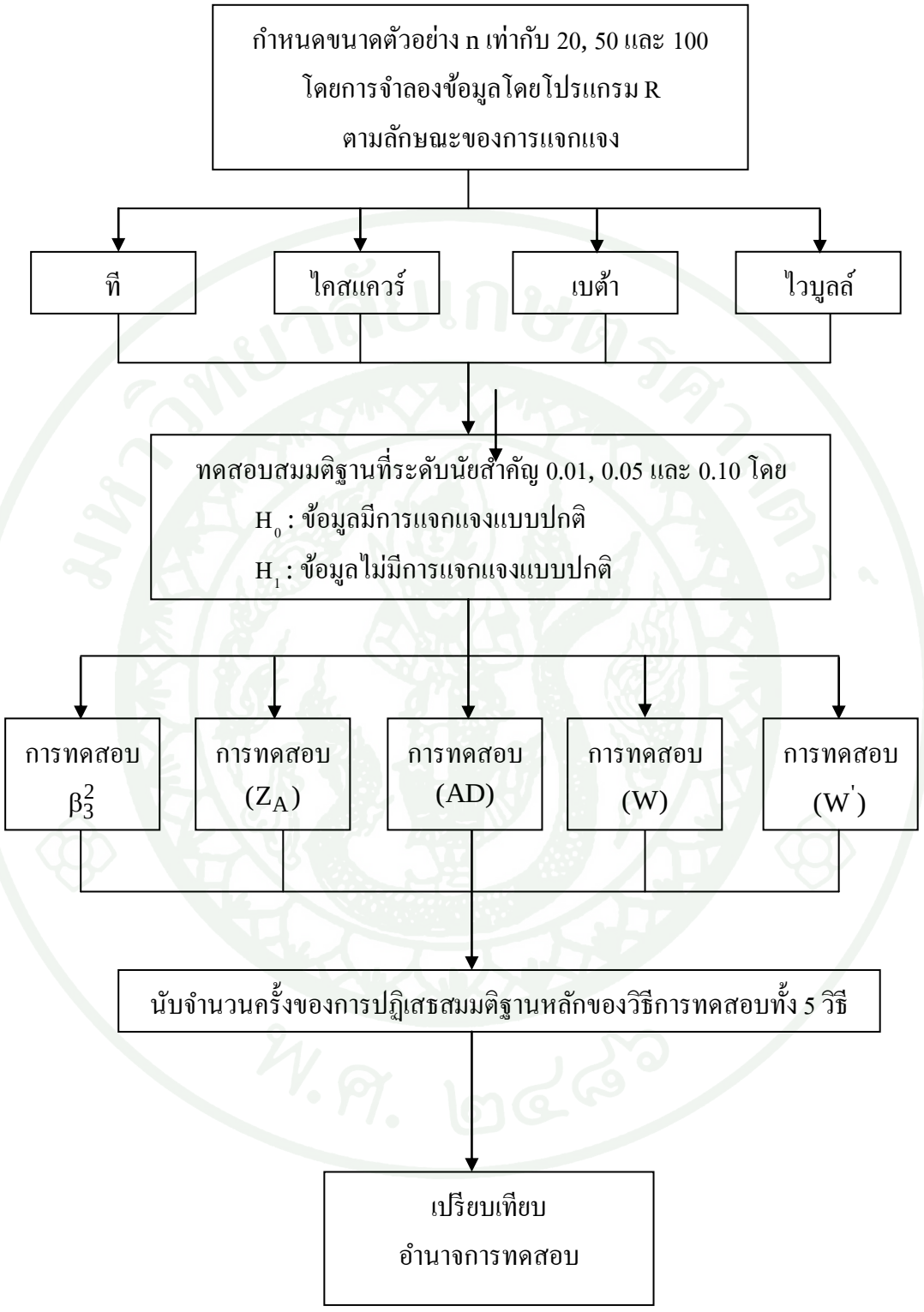
ภายใต้ลักษณะของการแจกแจง ระดับนัยสำคัญ และขนาดตัวอย่างเดียวกัน โดยพิจารณาจากวิธีการทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน มีระยะเวลาทำการวิจัยตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2556 สิ้นสุดเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบ 5 วิธี ได้แก่ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และการทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic โดยศึกษาความสามารถในการควบคุมความความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และศึกษาอำนาจของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบไคสแควร์ การแจกแจงแบบเบต้า และการแจกแจงแบบไวบูลล์ กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 โดยการจำลองข้อมูลซ้ำแต่ละลักษณะจำนวน 1,000 ชุด

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อดังนี้

1. ความสามารถในการควบคุมความความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1
2. อำนาจการทดสอบ

1. ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

การเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาการทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด ในแต่ละระดับนัยสำคัญและขนาดตัวอย่างที่กำหนด

ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงดังตารางที่ 1

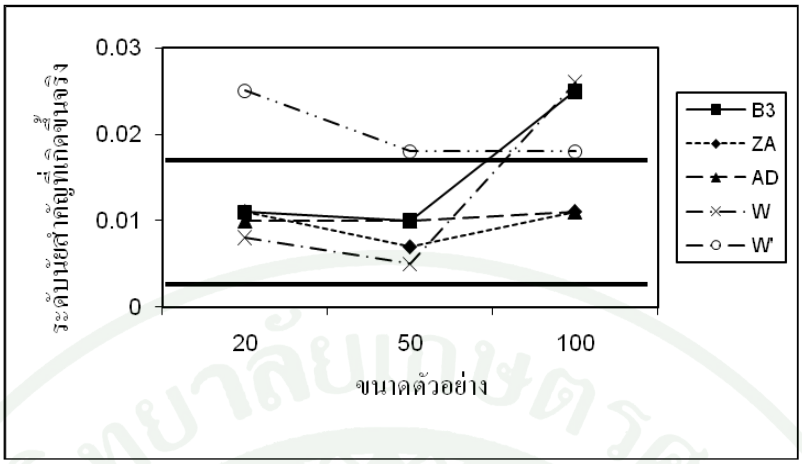
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

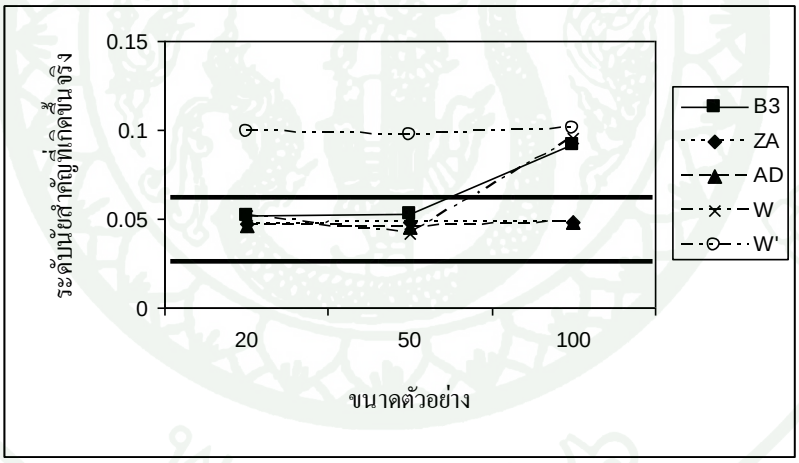
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.006*	0.009*	0.014*	0.010*	0.020
	50	0.006*	0.014*	0.010*	0.008*	0.020
	100	0.020	0.013*	0.009*	0.025	0.023
0.05	20	0.037*	0.055*	0.062*	0.055*	0.080
	50	0.041*	0.064*	0.047*	0.039*	0.106
	100	0.074	0.050*	0.049*	0.132	0.080
0.10	20	0.084*	0.106*	0.115*	0.110*	0.184
	50	0.081*	0.113*	0.095*	0.093*	0.200
	100	0.133	0.104*	0.089*	0.250	0.202

หมายเหตุ * หมายถึง การทดสอบนั้นๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

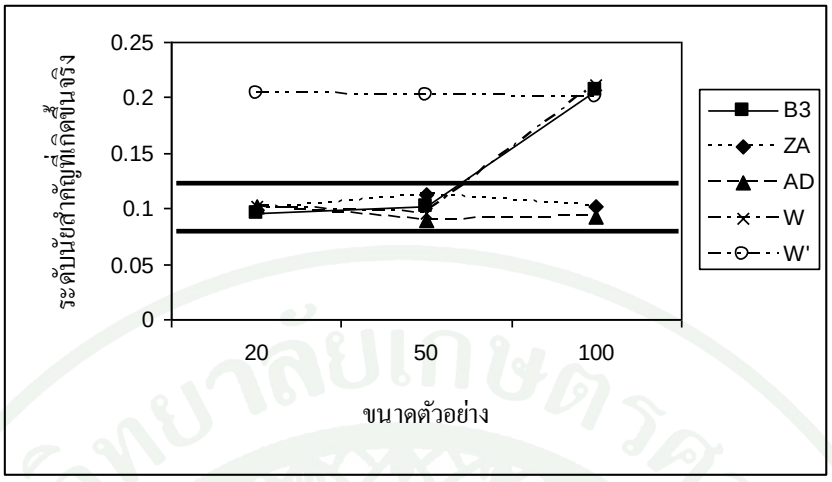


ภาพที่ 3 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 4 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

1.1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 1 และภาพที่ 3 พบว่า การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Anderson-Darling สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ส่วนการทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

1.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 1 และภาพที่ 4 พบว่า การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Anderson-Darling สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ส่วนการทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 1 และภาพที่ 5 พบว่า การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Anderson-Darling สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ส่วนการทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

จะเห็นว่า เมื่อพิจารณาจากระดับนัยสำคัญและจำนวนซ้ำของการทดลอง จะพบว่า การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Anderson-Darling สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 50 แต่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ส่วนการทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อำนาจการทดสอบ

การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาการทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบไคสแควร์ การแจกแจงแบบเบต้า และการแจกแจงแบบไวบูลล์ ในแต่ละระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบ และระดับของขนาดตัวอย่างที่กำหนด พิจารณาเฉพาะการทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 แสดงดังตารางที่ 2

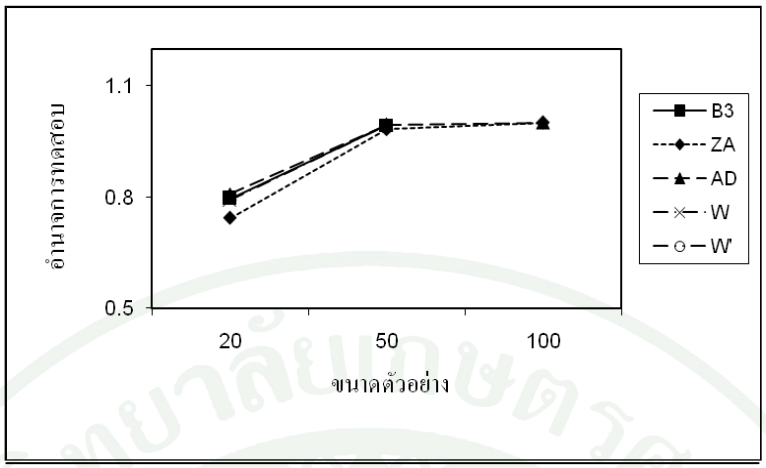
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1

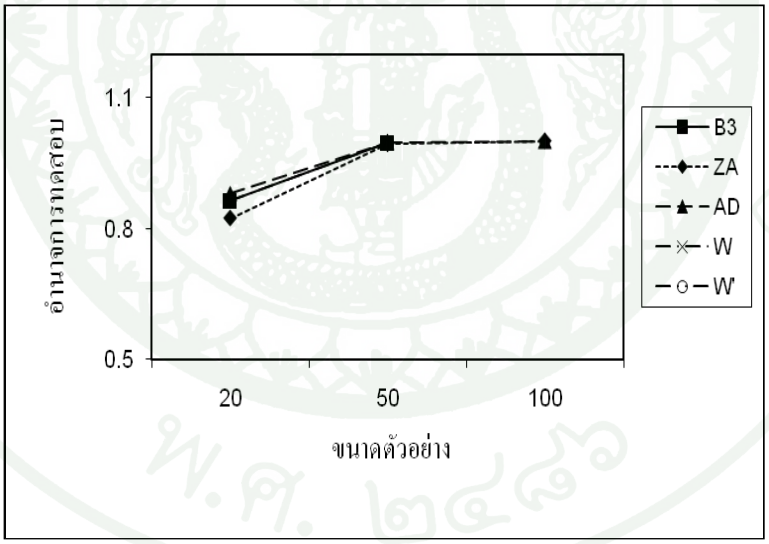
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.796	0.744	0.809	0.792	-
	50	0.994	0.982	0.995	0.994	-
	100	-	1.000	1.000	-	-
0.05	20	0.864	0.823	0.880	0.863	-
	50	0.997	0.993	0.998	0.997	-
	100	-	1.000	1.000	-	-
0.10	20	0.792	0.845	0.864	0.970	-
	50	0.952	0.980	0.978	0.996	-
	100	-	1.000	1.000	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

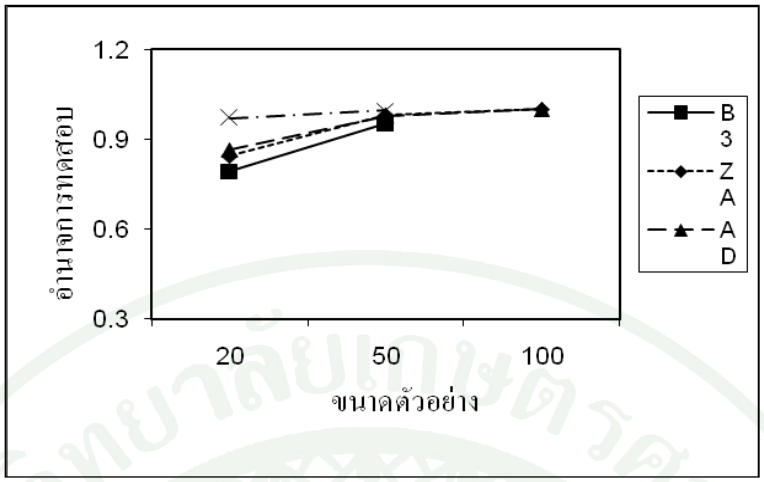


ภาพที่ 6 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 7 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1ข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 2 และภาพที่ 6 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบเท่ากัน และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จะเห็นว่าการทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ทั้ง 2 วิธีมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 2 และภาพที่ 7 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบเท่ากัน และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จะเห็นว่าการทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ทั้ง 2 วิธีมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 2 และภาพที่ 8 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio การทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จะเห็นว่าการทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ทั้ง 2 วิธีมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 3 แสดงดังตารางที่ 3

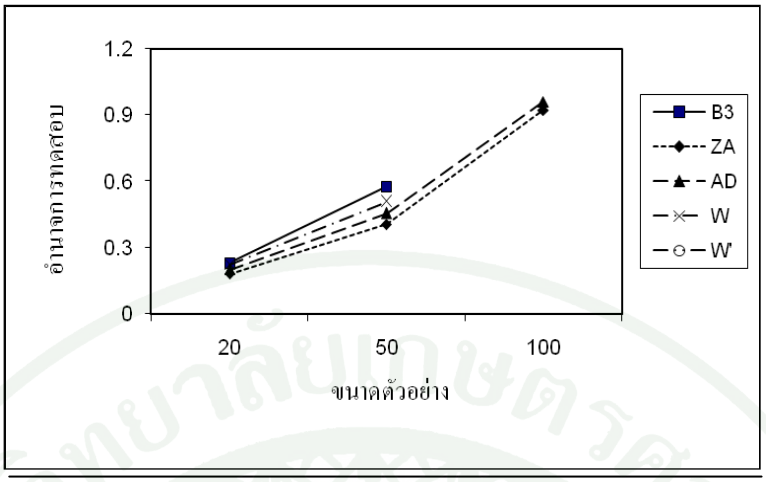
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 3

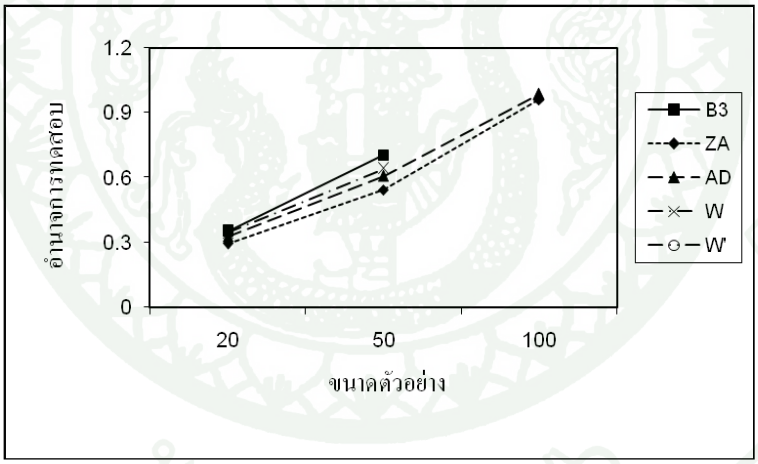
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.230	0.181	0.302	0.230	-
	50	0.576	0.406	0.795	0.411	-
	100	-	0.922	0.999	-	-
0.05	20	0.350	0.294	0.326	0.366	-
	50	0.704	0.543	0.606	0.534	-
	100	-	0.960	1.000	-	-
0.10	20	0.460	0.375	0.434	0.447	-
	50	0.854	0.670	0.798	0.618	-
	100	-	0.998	1.000	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

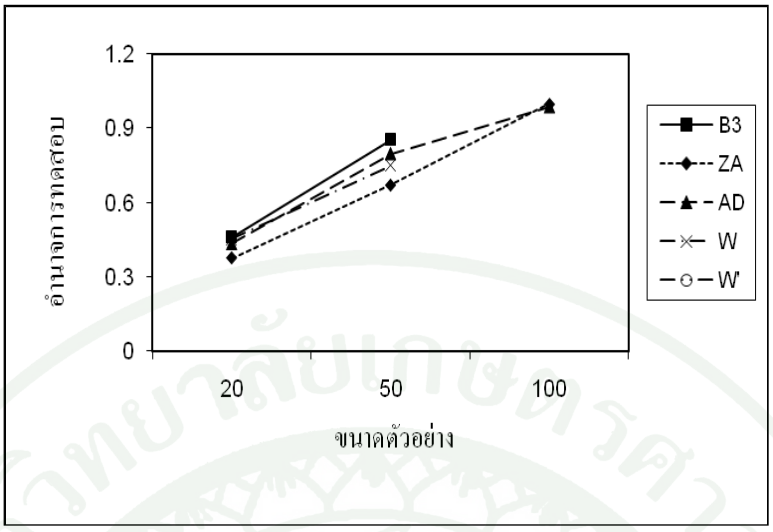


ภาพที่ 9 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 3 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 10 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 3 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 3 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 3

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 3 และภาพที่ 9 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบเท่ากัน และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 3 และภาพที่ 10 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial Regression มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 3 และภาพที่ 11 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial Regression มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 5 แสดงดังตารางที่ 4

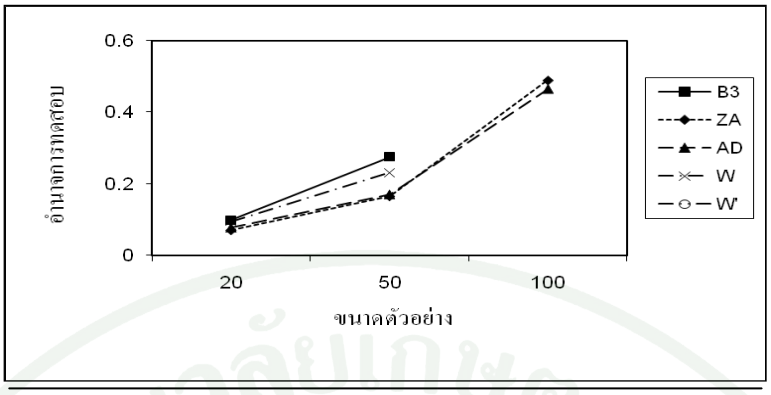
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 5

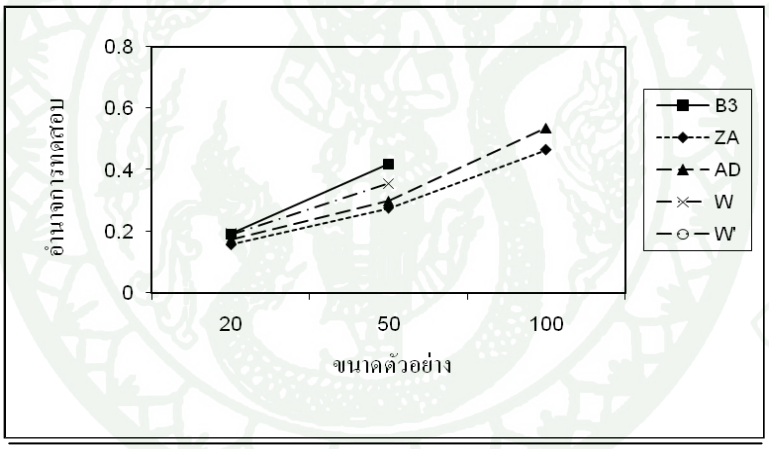
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.098	0.070	0.092	0.100	-
	50	0.275	0.165	0.263	0.168	-
	100	-	0.489	0.673	-	-
0.05	20	0.192	0.157	0.231	0.203	-
	50	0.419	0.275	0.493	0.259	-
	100	-	0.465	0.889	-	-
0.10	20	0.253	0.211	0.326	0.283	-
	50	0.558	0.443	0.640	0.328	-
	100	-	0.664	0.965	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

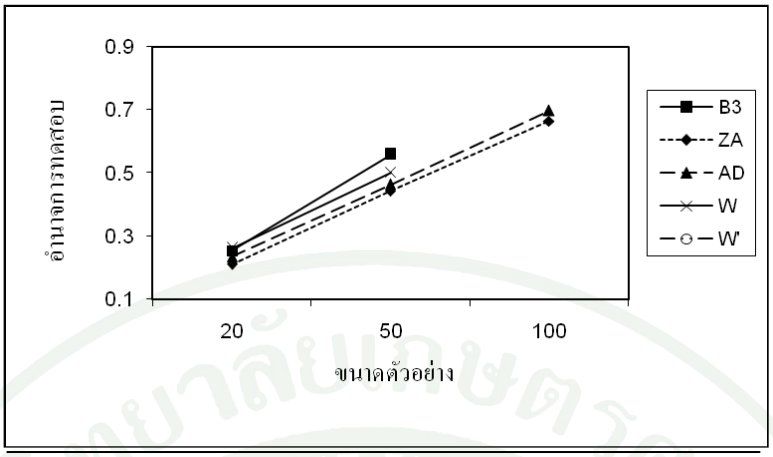


ภาพที่ 12 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 13 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 5

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 4 และภาพที่ 12 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ Statistic การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 4 และภาพที่ 13 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 4 และภาพที่ 14 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 9 แสดงดังตารางที่ 5

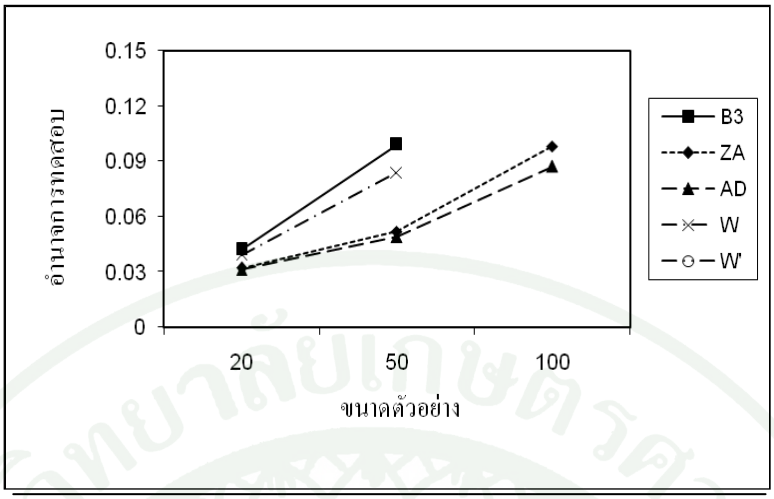
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 9

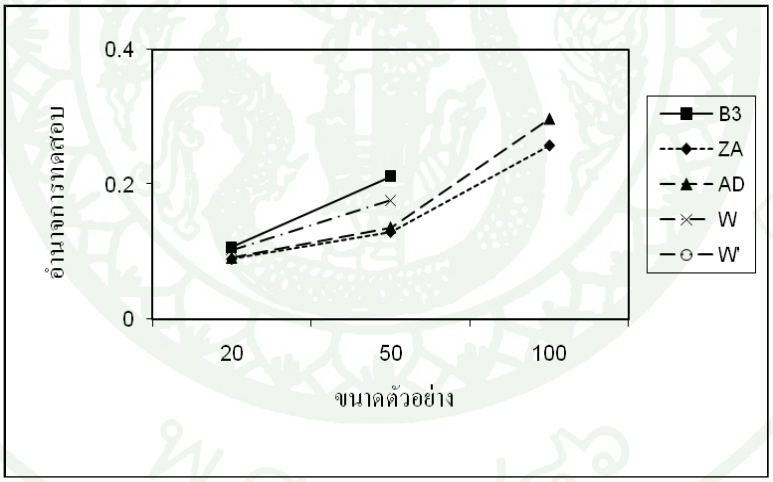
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.092	0.032	0.033	0.043	-
	50	0.099	0.052	0.071	0.062	-
	100	-	0.098	0.128	-	-
0.05	20	0.103	0.089	0.116	0.117	-
	50	0.212	0.129	0.188	0.124	-
	100	-	0.257	0.316	-	-
0.10	20	0.115	0.092	0.188	0.186	-
	50	0.239	0.144	0.293	0.201	-
	100	-	0.276	0.462	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

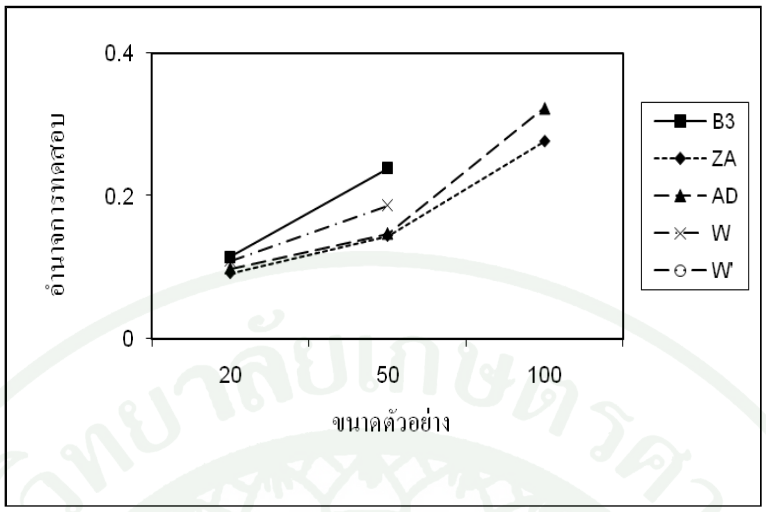


ภาพที่ 15 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 9 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 16 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 9 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 9 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบที จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 9

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 5 และภาพที่ 15 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic การทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 5 และภาพที่ 16 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 คือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 5 และภาพที่ 17 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 แสดงดังตารางที่ 6

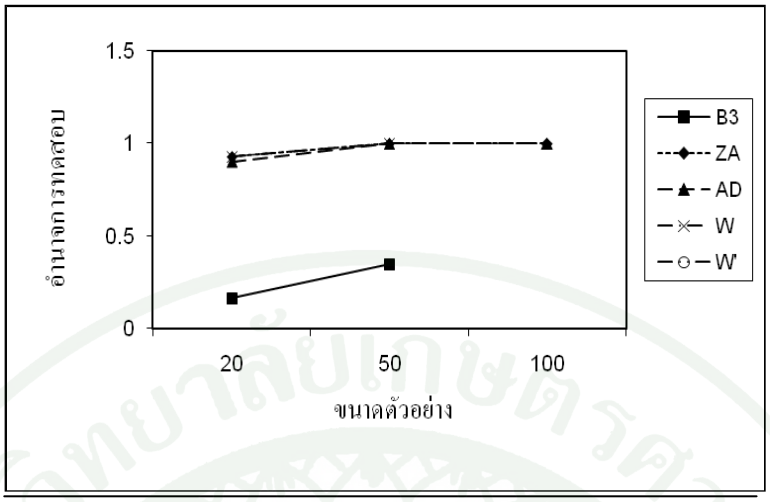
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1

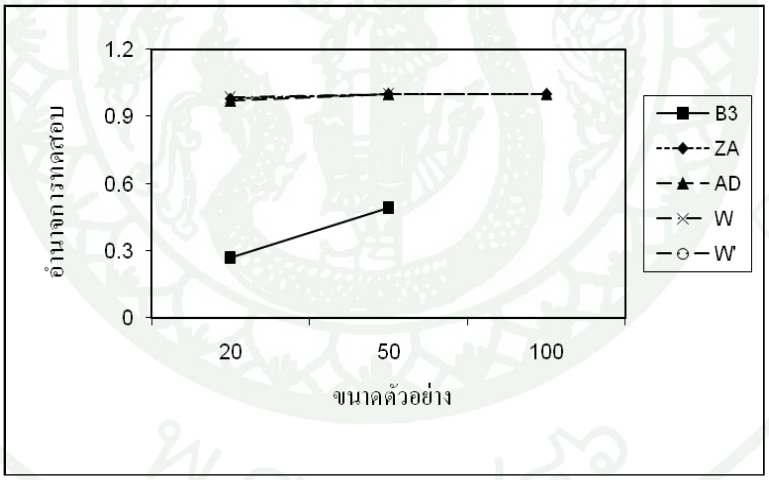
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.162	0.984	0.901	0.933	-
	50	0.347	1.000	1.000	1.000	-
	100	-	1.000	1.000	-	-
0.05	20	0.269	0.956	0.970	0.989	-
	50	0.492	1.000	1.000	1.000	-
	100	-	1.000	1.000	-	-
0.10	20	0.312	0.911	0.988	0.996	-
	50	0.568	1.000	1.000	1.000	-
	100	-	1.000	1.000	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

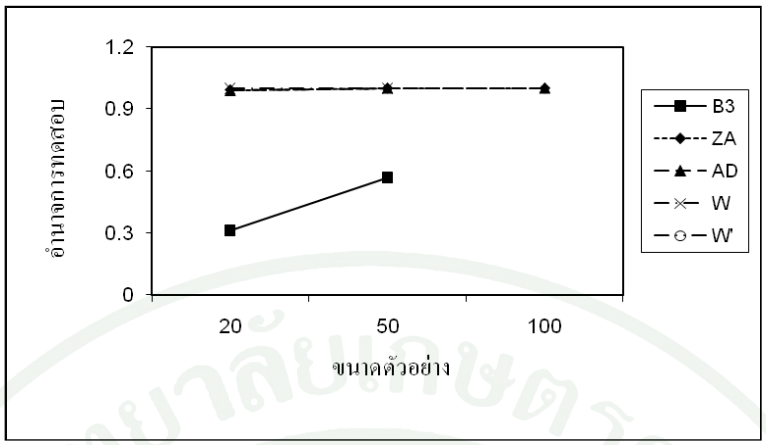


ภาพที่ 18 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 19 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 1

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 6 และภาพที่ 18 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio Statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Shapiro-Wilk การทดสอบของ Anderson-Darling และ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จะเห็นว่าการทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ทั้ง 2 วิธีมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 6 และภาพที่ 19 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จะเห็นว่าการทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ทั้ง 2 วิธีมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 6 และภาพที่ 20 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จะเห็นว่าการทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ทั้ง 2 วิธีมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 4 แสดงดังตารางที่ 7

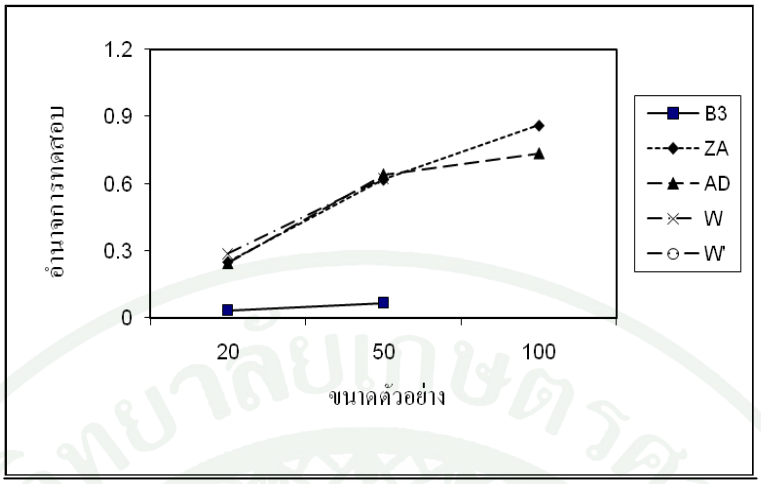
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 4

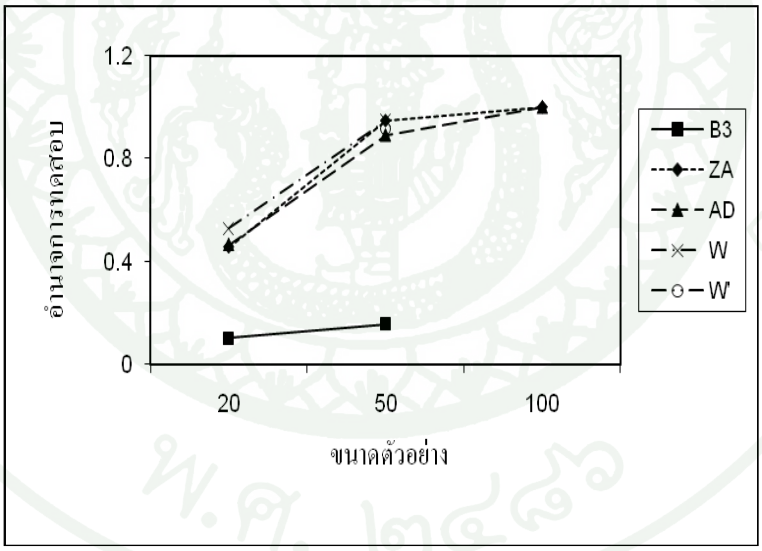
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.033	0.249	0.243	0.288	-
	50	0.065	0.618	0.642	0.623	-
	100	-	0.860	0.736	-	-
0.05	20	0.101	0.455	0.465	0.529	-
	50	0.156	0.947	0.891	0.946	-
	100	-	1.000	1.000	-	-
0.10	20	0.148	0.569	0.503	0.642	-
	50	0.239	0.956	0.984	0.972	-
	100	-	1.000	1.000	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

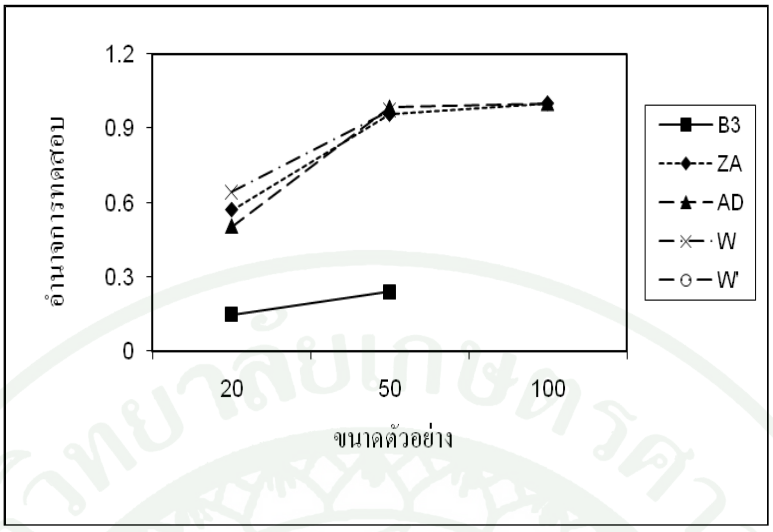


ภาพที่ 21 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 22 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 23 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ จำนวนองศาอิสระเท่ากับ 4

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 7 และภาพที่ 21 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio การทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 7 และภาพที่ 22 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic การทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Anderson-Darling ทั้ง 2 วิธีมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 7 และภาพที่ 23 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio การทดสอบของ Anderson-Darling และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio และการทดสอบของ Anderson-Darling ทั้ง 2 วิธีมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 0.5 และ 0.5 แสดงดังตารางที่ 8

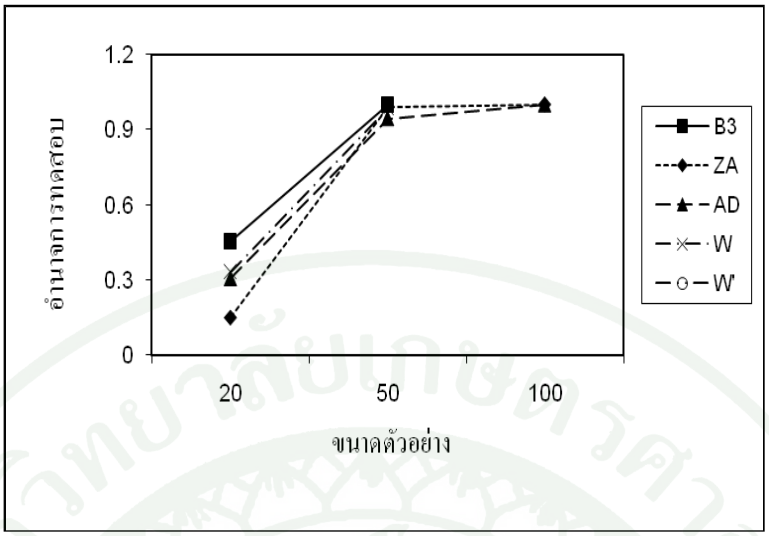
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 0.5 และ 0.5

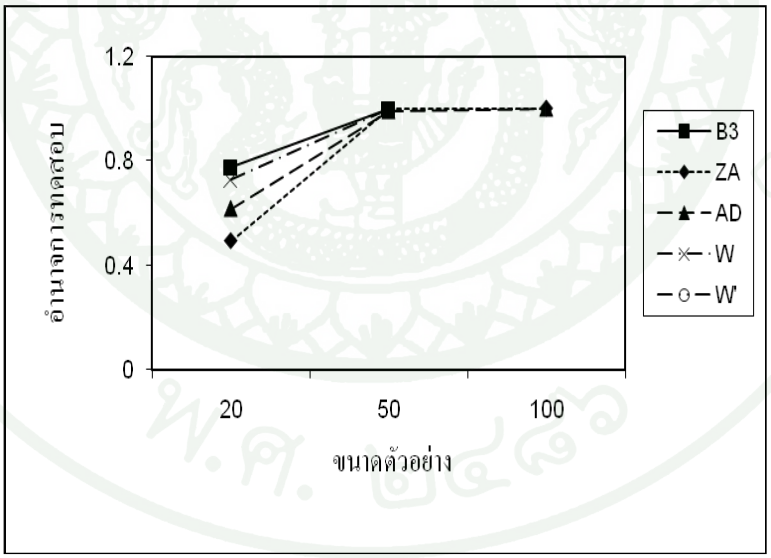
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.452	0.151	0.307	0.332	-
	50	0.998	0.992	0.945	0.986	-
	100	-	1.000	1.000	-	-
0.05	20	0.776	0.492	0.616	0.727	-
	50	0.998	0.999	0.992	0.999	-
	100	-	1.000	1.000	-	-
0.01	20	0.798	0.541	0.636	0.798	-
	50	0.998	0.999	0.998	0.999	-
	100	-	1.000	1.000	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

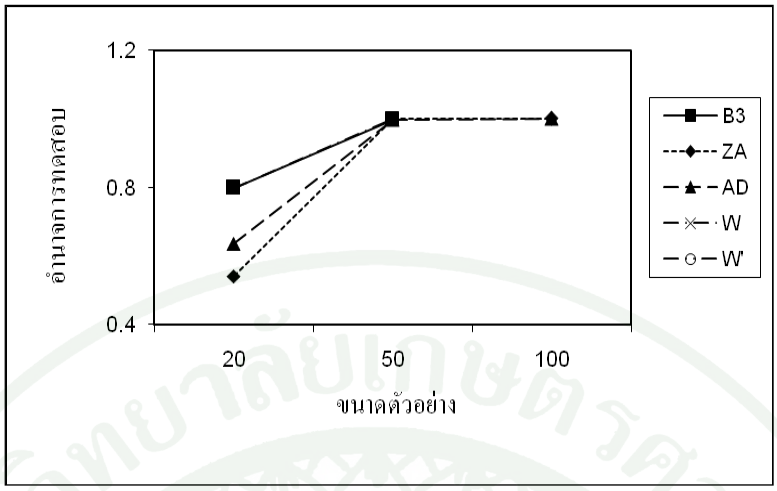


ภาพที่ 24 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้าพารามิเตอร์เท่ากับ 0.5 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 25 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้าพารามิเตอร์เท่ากับ 0.5 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 26 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้าพารามิเตอร์เท่ากับ 0.5 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.7 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 0.5 และ 0.5

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 8 และภาพที่ 24 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 8 และภาพที่ 25 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 8 และภาพที่ 26 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 1 แสดงดังตารางที่ 9

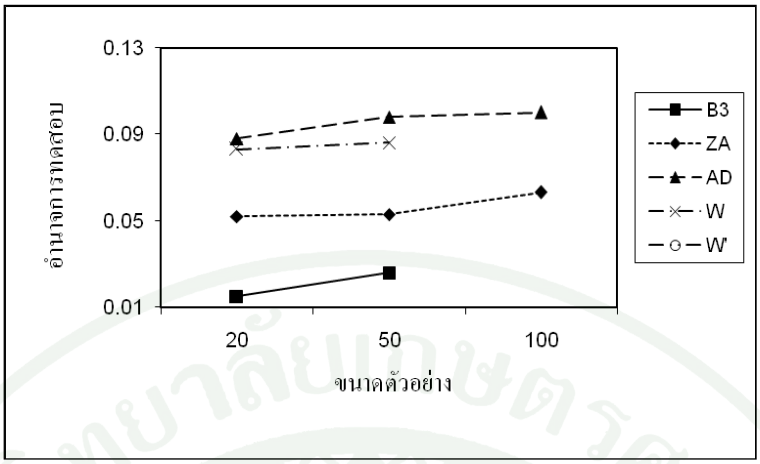
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้าพารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 1

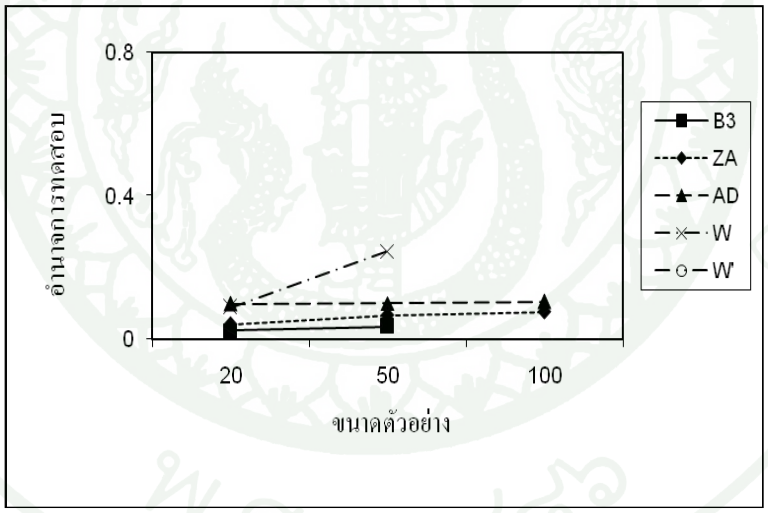
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.015	0.052	0.088	0.083	-
	50	0.026	0.053	0.098	0.086	-
	100	-	0.063	0.100	-	-
0.05	20	0.024	0.041	0.098	0.089	-
	50	0.035	0.067	0.100	0.245	-
	100	-	0.076	0.105	-	-
0.01	20	0.023	0.042	0.098	0.102	-
	50	0.035	0.068	0.101	0.416	-
	100	-	0.089	0.121	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

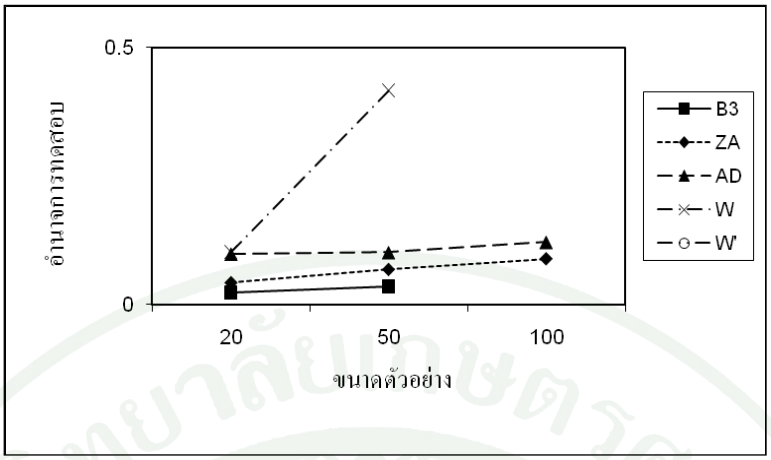


ภาพที่ 27 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้าพารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 28 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้าพารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 29 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้าพารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 1 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.8 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 1

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 9 และภาพที่ 27 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 9 และภาพที่ 28 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 9 และภาพที่ 29 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 2 แสดงดังตารางที่ 10

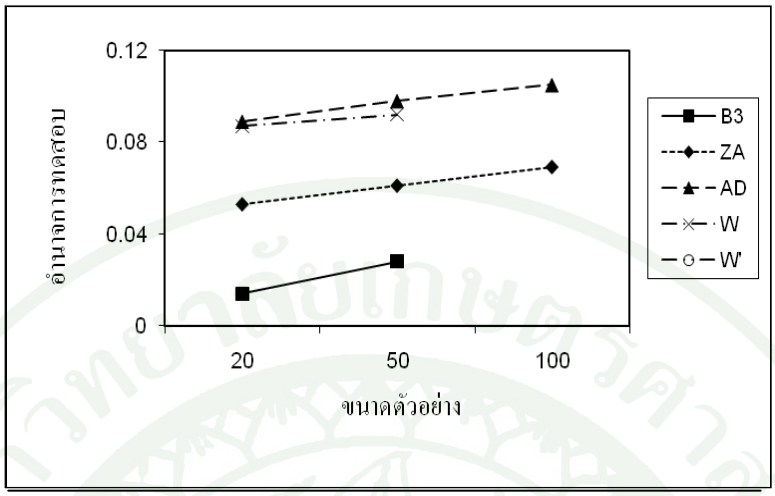
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 2

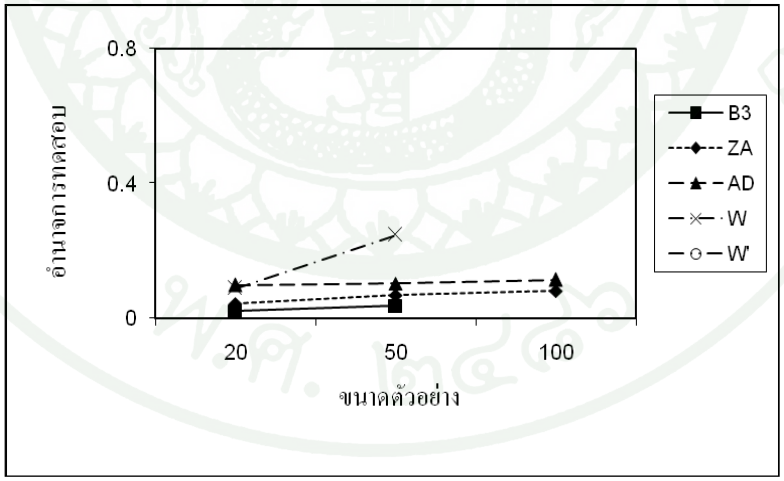
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.014	0.053	0.089	0.087	-
	50	0.028	0.061	0.098	0.092	-
	100	-	0.069	0.105	-	-
0.05	20	0.021	0.042	0.098	0.089	-
	50	0.036	0.068	0.103	0.247	-
	100	-	0.081	0.114	-	-
0.01	20	0.023	0.046	0.099	0.104	-
	50	0.048	0.076	0.103	0.418	-
	100	-	0.098	0.136	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

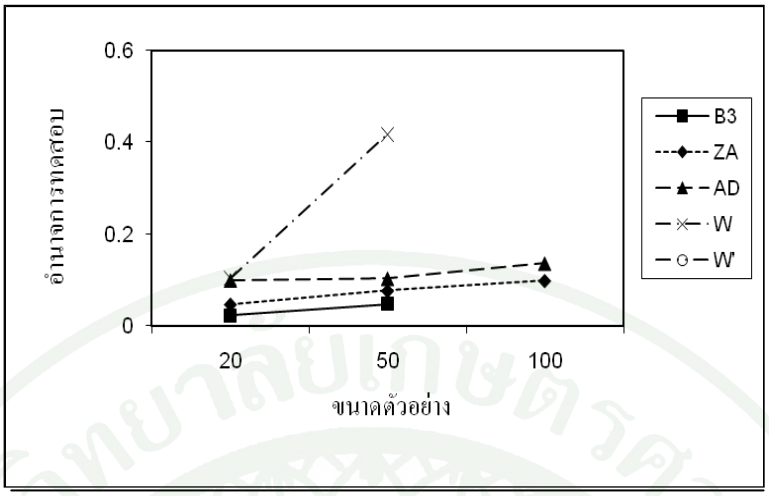


ภาพที่ 30 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 31 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 32 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้าพารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.9 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 2

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 10 และภาพที่ 30 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 10 และภาพที่ 31 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 10 และภาพที่ 32 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 3 และ 2 แสดงดังตารางที่ 11

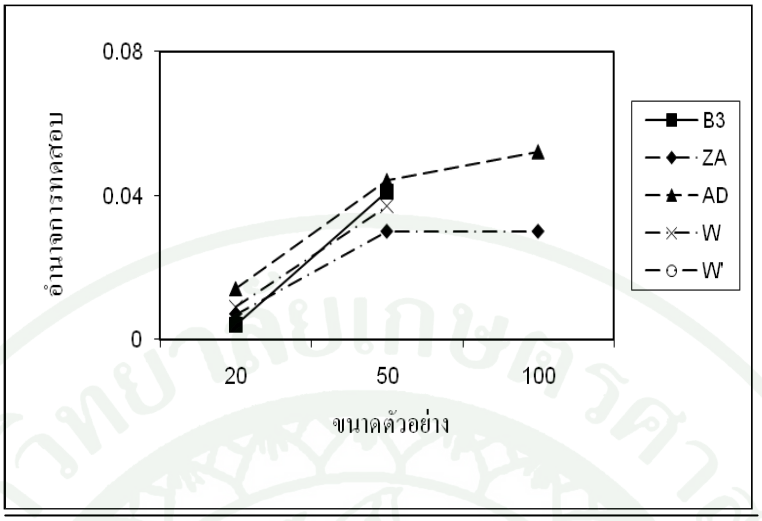
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้าพารามิเตอร์เท่ากับ 3 และ 2

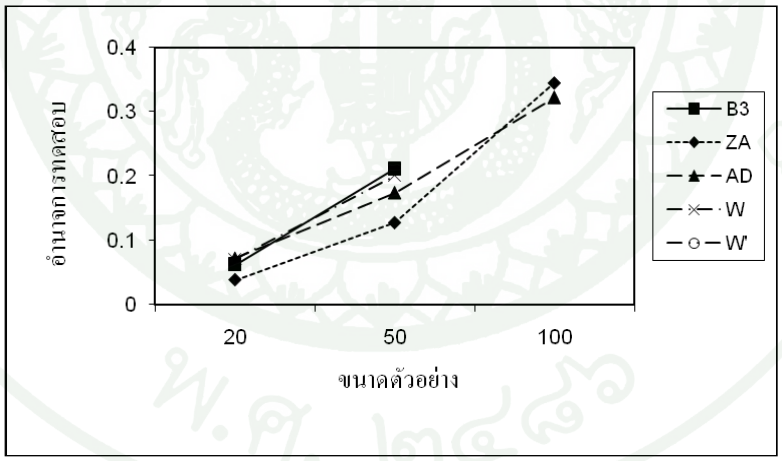
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.004	0.007	0.014	0.009	-
	50	0.041	0.030	0.044	0.037	-
	100	-	0.030	0.052	-	-
0.05	20	0.062	0.038	0.072	0.070	-
	50	0.211	0.127	0.174	0.201	-
	100	-	0.345	0.322	-	-
0.01	20	0.064	0.041	0.078	0.082	-
	50	0.232	0.134	0.187	0.212	-
	100	-	0.398	0.387	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

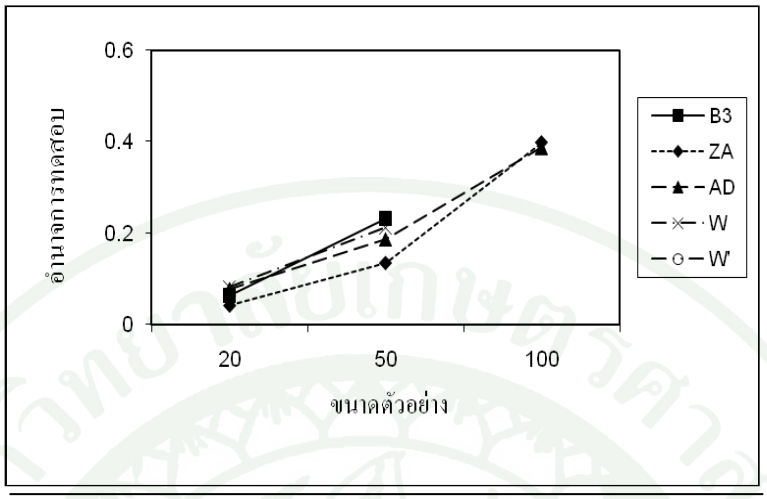


ภาพที่ 33 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 3 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 34 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 3 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 35 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 3 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.10 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 3 และ 2

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 11 และภาพที่ 33 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 11 และภาพที่ 34 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 11 และภาพที่ 35 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 0.5 แสดงดังตารางที่ 12

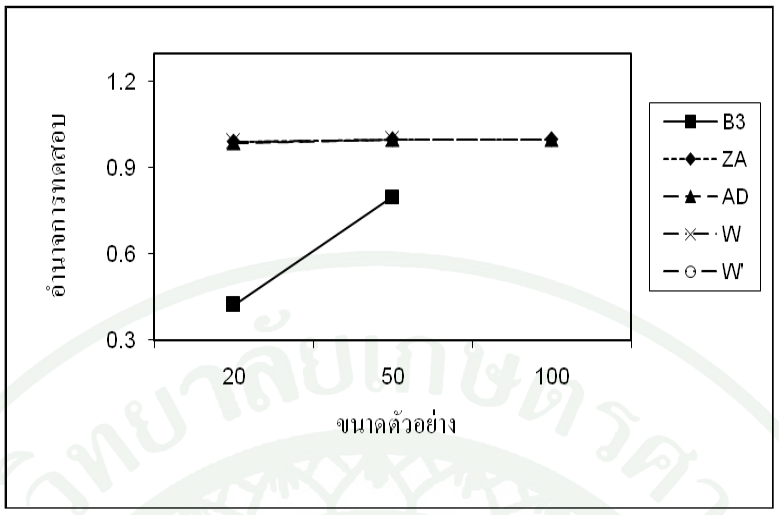
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 0.5

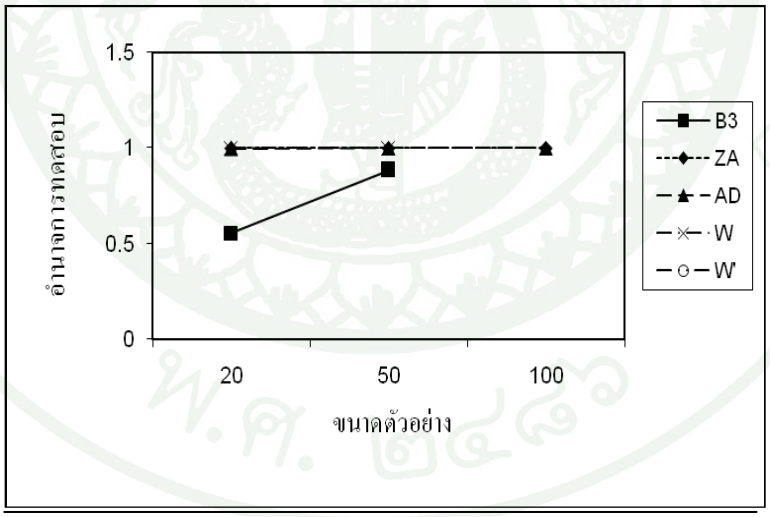
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.422	0.992	0.987	0.991	-
	50	0.799	1.000	1.000	1.000	-
	100	-	1.000	1.000	-	-
0.05	20	0.553	0.998	0.997	0.998	-
	50	0.884	1.000	1.000	1.000	-
	100	-	1.000	1.000	-	-
0.01	20	0.564	0.998	0.998	0.999	-
	50	0.986	1.000	1.000	1.000	-
	100	-	1.000	1.000	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

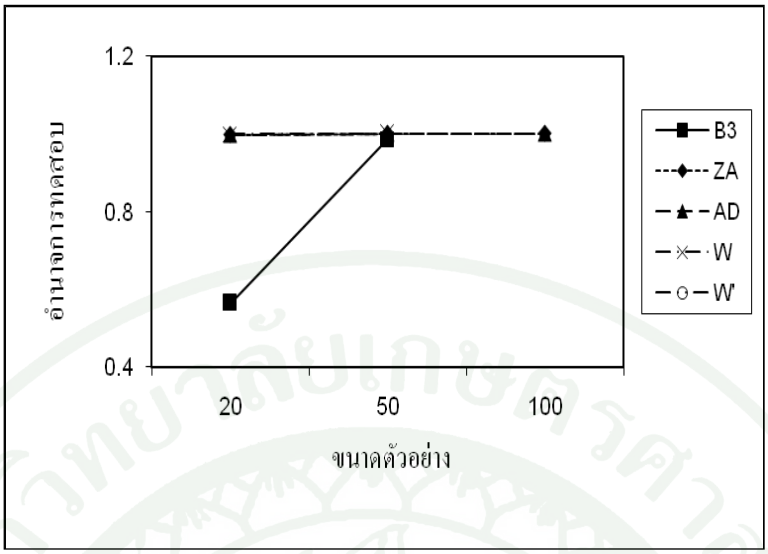


ภาพที่ 36 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 37 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 38 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 0.5 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.11 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 0.5

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 12 และภาพที่ 36 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 12 และภาพที่ 37 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 12 และภาพที่ 38 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2 แสดงดังตารางที่ 13

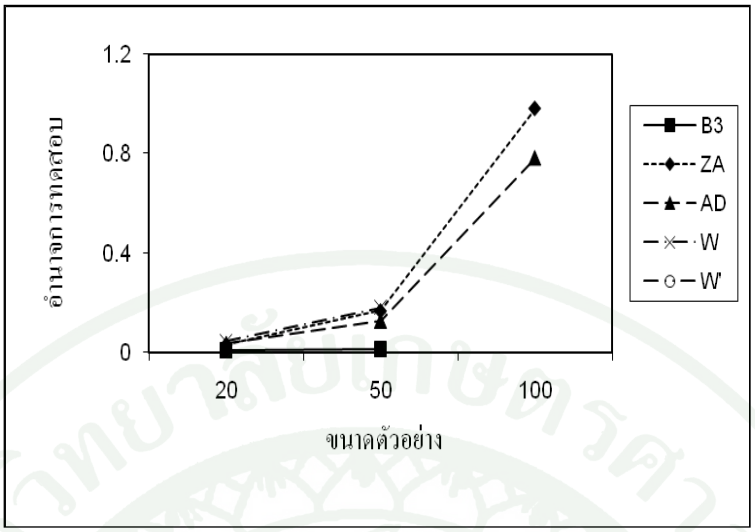
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2

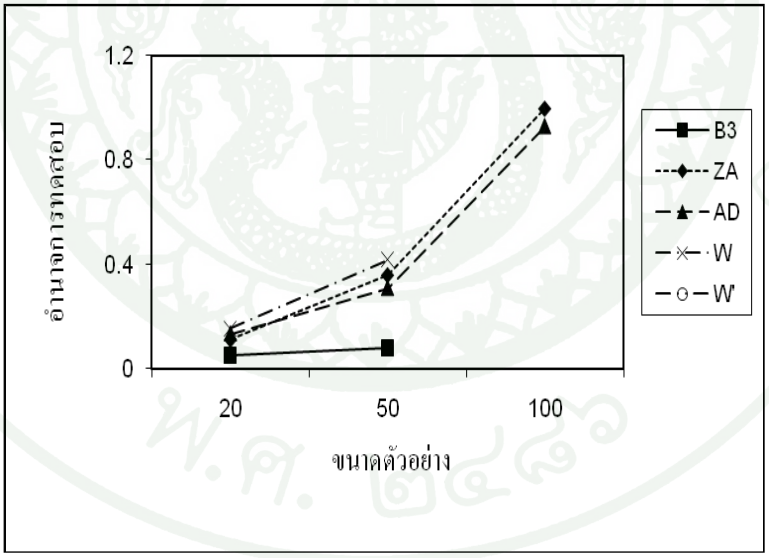
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.009	0.032	0.036	0.044	-
	50	0.014	0.167	0.127	0.181	-
	100	-	0.979	0.783	-	-
0.05	20	0.050	0.111	0.133	0.154	-
	50	0.080	0.358	0.308	0.418	-
	100	-	0.997	0.928	-	-
0.01	20	0.064	0.224	0.259	0.322	-
	50	0.102	0.559	0.574	0.668	-
	100	-	1.000	0.998	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

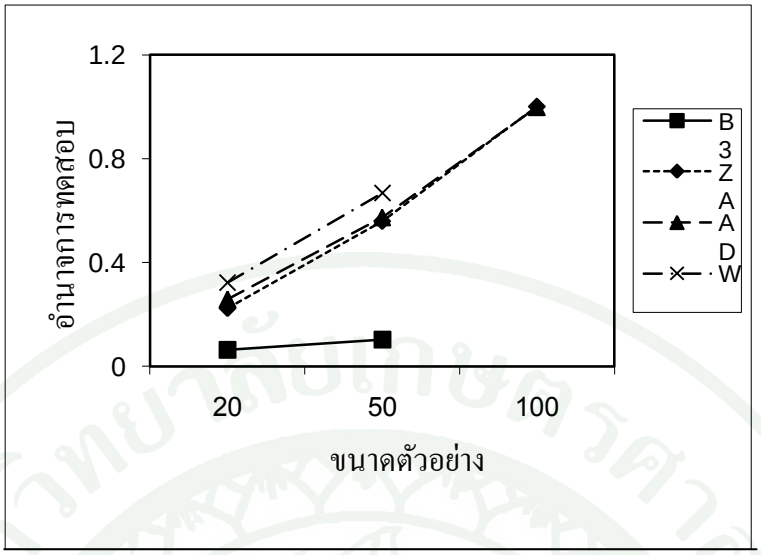


ภาพที่ 39 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 40 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 41 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.12 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 13 และภาพที่ 39 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 13 และภาพที่ 40 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 13 และภาพที่ 41 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2.2 แสดงดังตารางที่ 14

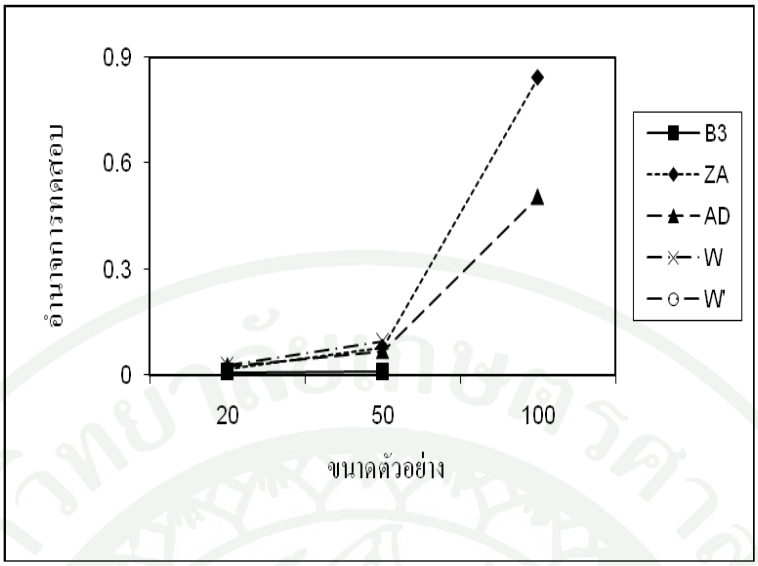
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2.2

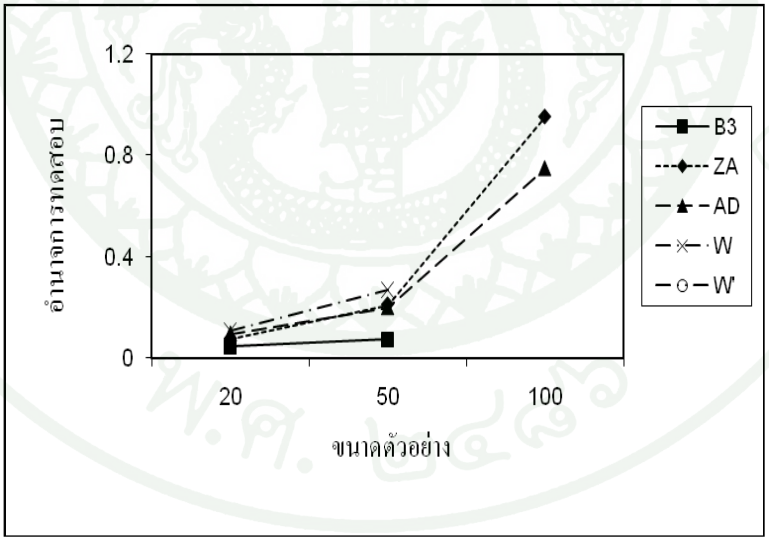
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.008	0.018	0.025	0.027	-
	50	0.009	0.078	0.067	0.095	-
	100	-	0.842	0.504	-	-
0.05	20	0.046	0.077	0.095	0.108	-
	50	0.073	0.211	0.199	0.269	-
	100	-	0.953	0.749	-	-
0.01	20	0.063	0.098	0.131	0.211	-
	50	0.112	0.340	0.266	0.412	-
	100	-	0.989	0.877	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

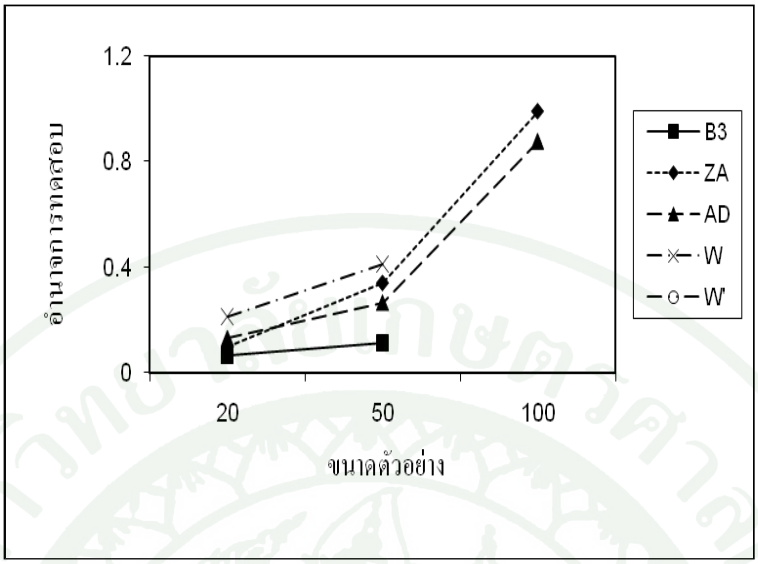


ภาพที่ 42 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2.2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 43 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2.2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 44 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2.2 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.13 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 2.2

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 14 และภาพที่ 42 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 14 และภาพที่ 43 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 14 และภาพที่ 44 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจการทดสอบ 5 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 4 แสดงดังตารางที่ 15

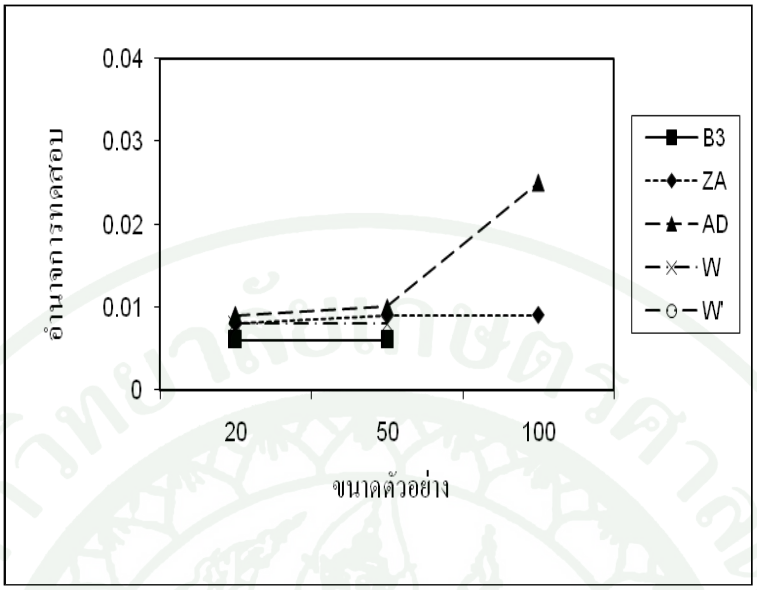
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 4

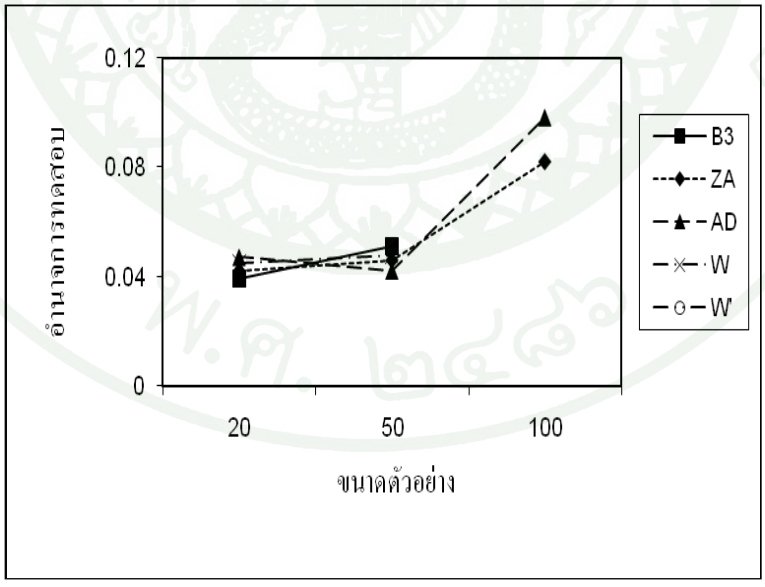
ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	β_3^2	Z_A	AD	W	W'
0.01	20	0.006	0.008	0.009	0.008	-
	50	0.006	0.009	0.010	0.008	-
	100	-	0.009	0.025	-	-
0.05	20	0.039	0.042	0.047	0.045	-
	50	0.051	0.046	0.042	0.048	-
	100	-	0.082	0.105	-	-
0.01	20	0.052	0.064	0.059	0.086	-
	50	0.088	0.076	0.098	0.102	-
	100	-	0.145	0.198	-	-

หมายเหตุ " - " หมายถึง ไม่พิจารณาอำนาจการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

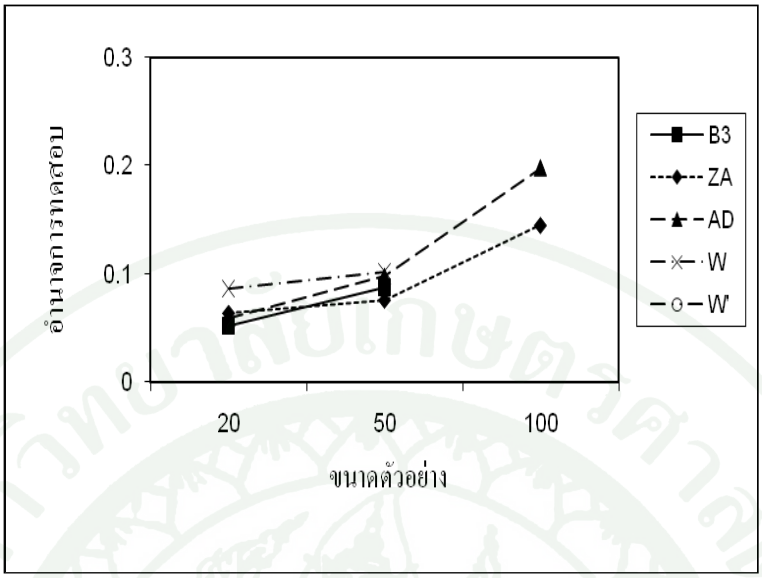


ภาพที่ 45 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 46 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 47 อำนาจการทดสอบของการทดสอบทั้ง 5 วิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 4 และกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.14 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ 4

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 15 และภาพที่ 45 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W)และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 15 และภาพที่ 46 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือการทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำจนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดมีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 15 และภาพที่ 47 พบว่า

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) และการทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression และการทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) ตามลำดับ

- เมื่อขนาดตวอย่างเท่ากับ 100 การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทด มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A)

นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบ 5 วิธี ได้แก่ การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) และการทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic (W′) โดยศึกษาความสามารถในการควบคุมความความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และศึกษาอำนาจของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบไคสแควร์ การแจกแจงแบบเบต้า และการแจกแจงแบบไวบูลล์ กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 โดยการจำลองข้อมูลซ้ำแต่ละลักษณะจำนวน 1,000 ชุด สรุปผลได้ดังนี้

1.ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่1

1.1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 50 และไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 50 และไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

การทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic (W′) ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

1.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 50 และไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อoประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 50 และไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

การทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic (W′) ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 50 และไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

การทดสอบของ Anderson-Darling (AD) สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 50 และไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

การทดสอบของ Shapiro-Francia Statistic (W′) ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง

2. อำนาจการทดสอบ

2.1 เมื่อพิจารณาตามลักษณะการแจกแจงของประชากรพบว่า

2.1.1 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที พบว่า การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W)

2.1.2 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบไคสแควร์ พบว่า การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.3 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเบต้า พบว่า การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเท่ากัน

2.1.4 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบไวบูลล์ พบว่า การทดสอบของ Shapiro-Wilk Statistic (W) มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)

2.2 เมื่อพิจารณาที่ขนาดตัวอย่างพบว่า ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

2.3 เมื่อพิจารณาที่ระดับนัยสำคัญพบว่า ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าสูงขึ้น เมื่อระดับนัยสำคัญเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1.ด้านการนำไปใช้ประโยชน์

จากงานวิจัยนี้ พบว่าเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ควรเลือกใช้การทดสอบของ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio (Z_A) และการทดสอบของ Anderson-Darling (AD) เนื่องจากมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดีที่สุด ที่ทุกขนาดตัวอย่าง

เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที ที่ตัวอย่างขนาดเล็กและขนาดกลาง ควรเลือกใช้การทดสอบของ β_3^2 based on polynomial regression ซึ่งมีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด และมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดีที่สุด

เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบไคสแควร์ และการแจกแจงแบบเบต้า ควรเลือกใช้การทดสอบของ Anderson-Darling (AD)ซึ่งมีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด และมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดีที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.ด้านการศึกษาและวิจัยต่อไป

ศึกษาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี โดยใช้การแจกแจงอื่นๆ ที่แตกต่างจากที่ผู้วิจัยได้ทำ เช่น การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล การแจกแจงแบบลอกนอร์มอล เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2541. **หลักสถิติ.** โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เกตุจันทร□ พัชรินทร□ศักดิ์. 2534. **เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ6 ตัว.** วิทยานิพนธ□ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ□มหาวิทยาลัย.

ชิดชนก ชาญณรงค□. 2548. **การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบการแจกแจงแบบ ปกติ 4 วิธี**. วิทยานิพนธ□ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร□.

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2547. **หลักสถิติ 1**. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รวมพร เรืองโรจน□. 2543. **การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีสถิติทดสอบการแจกแจงปกติ ระหว□างไคสแควร□ สถิติชาฟ□โร-วิลด□ และสถิติชาฟ□โร-ฟรานเซีย**. วิทยานิพนธ□ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

รุ□งรวี เอื้อเจริญทรัพย□. 2544. **การเปรียบเทียบการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข□อมูล 4 การ ทดสอบ**. วิทยานิพนธ□ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร□.

สมพิศ โชติวิทยธารากร. 2531. **การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติบางตัวที่ใช□ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ**. วิทยานิพนธ□ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ□มหาวิทยาลัย.

สิริทิพ วะศินรัตน์. 2549. **การเปรียบเทียบการทดสอบของภาวะรูปสนิทดีโดยสถิติไลค์ลิฮูด เร โชว์สำหรับการแจกแจงแบบปกติ.** วิทยานิพนธ□ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร□.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Anderson, T. W. and Darling, D. A. 1952. A test of goodness-of-fit. **J.Am.Statist. Ass.**49: 765-769.

Coin, D. 2007. A goodness-of-fit test for normality based on polynomial regression. **Computational Statistics and Data Analysis.** 52: 2185-2198.

Conover, W.J. 1980. **Practical Nonparametric Statistics.** 2nd ed. John Wiley and Sons,Inc., New York.

D'Agostino, R.B. 1971. An omnibus test of normality for moderate and large sample Size. **Biometrika.** 58: 341-348.

Harter, H.L. 1961. Expected values of normal order statistics. **Biometrika.** 48: 151-165.

Royston, J.P. 1982. Expected normal order statistics (exact and approximate) as 177. **Applied Statistics.** 31: 161-165.

Seier, E. 2003. Comparison of test for univariate normality. **Univariate Normality.** Available Source: http://WWW.etsu.edu/math/seier/vita.htm, November 15, 2005.

Shapiro, S.S. and R.S. Francia. 1972. an approximate analysis of variance test for normality. **Journal of the American Statistical Association.** 67: 216-251.

Shapiro, S.S. and M.B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete sample). **Biometrika.** 66: 760-762.

Shapiro, S.S. and H.J.Chen. 1968. A comparative study of various tests for normality. **Journal of the American Statistical Association.** 63: 1343-1372.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Stephens, M.A. 1974. Edf statistics for goodness of fit and some comparison. **Journal of the American Statistical Association.** 69: 730-739.

Zhang, J. 2002. Powerful goodness-of-fit tests based on the likelihood ratio. **Journal of the Royal Statistics Society.** B, 64: 281-294.

Zhang, J. and Y, Wu. 2005. Likelihood-ratio tests for normality. **Computational Statistics and Data Analysis.** 49: 709-721.

Zhang, P. 1999. Omnibus test of normality using the Q statistic. **Journal of Applied Statistics.** 26: 519-528.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
##############################################################################
##                    A generator for Normal Distribution                   ##
##############################################################################

method='rnorm';
#Random data distribution
X=rnorm(n,0,1);

##############################################################################
##                    A generator for t Distribution                        ##
##############################################################################

method='rt';
#Random data distribution
X=rt(n,df);

##############################################################################
##                    A generator for Chi-square Distribution               ##
##############################################################################

method='rchisq';
#Random data distribution
X=rchisq(n,df);
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
##############################################################################
##                          A generator for Beta Distribution                 ##
##############################################################################

method='rbeta';
#Random data distribution
X=rbeta(n,shape1,shape2);

##############################################################################
##                          A generator for Weibull Distribution              ##
##############################################################################
method='rt';
#Random data distribution
X=rt(n,df);

##############################################################################


##############################################################################
##                          β3^2 based on polynomial regression               ##
##############################################################################

n=length(X);
a=table_B3alpha[1:length(X),which(names(table_B3alpha)==length(X))];
#solving equation by using Polynomial regression degree'3 techniques
case a,b0 not equal 0
fit3 <- lm(X ~ a + I(a) + I(a^2) + I(a^3))
fit3b <- lm(X ~ poly(a, 3, raw=TRUE))
b3= as.numeric(fit3b$coefficients[4]);
case a,b0 equal 0
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
fit3b <- lm(X ~ I(a^3));
b3= as.numeric(fit3b$coefficients[2]);
B3sq=(b3/2)^2

##########################################################################


##########################################################################
##                  Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ( Z_A )                  ##
##########################################################################

n= length(X);
A=array();
B=array();
C=array();
i in 1:n
A[i]=log(F[i])/(n-i+0.5);
B[i]=log(1-F[i])/(i-0.5);
C[i]=A[i]+B[i];
funcZa=-sum(C);
p=pnorm(z)
Za=-sum(((log(p))/(n-x+0.5))+log(1-(p)))/(x-0.5)
k=(10*Za)-32

##########################################################################
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
##############################################################################
##                          Anderson-Darling ( AD )                         ##
##############################################################################

X=sort(X);
XB=mean(X);
SD=sd(X);
n=length(X);
Z=array();
A=array();
Z[i]=(X[i]-XB)/SD;
H = (2 * seq(1:n) - 1) * (log(P) + log(1 - rev(P)));
AD = -n - mean(H);
AA=(1 + 0.75/n + 2.25/n^2) * AD;

##############################################################################

##############################################################################
##                        Shapiro-Wilk Statistic ( W )                      ##
##############################################################################

funcW50 <- function (X)
n=length(X);
Y=sort(X);
Y_bar = sum(Y)/n;
C = (Y - Y_bar)^2;
D = sum(C);
A=array();
k=round(n/2);
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
A[i] = a_data[i]*(Y[n+1-i] - Y[i]);
B=sum(A)^2;
W= B/D;
funcW50=W;

funcW100 <- function (X,method)
n=length(X);
Y=sort(X);
Y_bar = mean(Y);
B=Y-Y_bar;
C = (Y - Y_bar)^2;
ssq = sum(C);
m=array();
astar=array();
f1=((6*n)+7)/((6*n)+13);
f2=(exp(1))/(n+2);
f3=((n+1)/(n+2))^(n-2);
aa=f1*(sqrt(f2*f3));
astar_1=sqrt((aa*sum(astar^2))/(1-2*aa));
a=array();
A = a/(sqrt(sum(a^2)));
W = (sum(A*t(Y)))^2/ssq;

##############################################################################
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
##############################################################################
##                        Shapiro-Francia Statistic ( W′ )                  ##
##############################################################################

funcWf <- function (X,method)
n=length(X);
Y=sort(X);
Y_bar = mean(Y);
C = (Y - Y_bar)^2;
sum_C = sum(C);
m_data=table_WCoef2(n);
E = m_data^2;
sum_E = sum(E);
B=array();
j<(n/2 + 1))
B[j] = -m_data[j]*Y[j];
B[j] = m_data[n-j+1]*Y[j];
sum_B = sum(B);
W = (sum_B)^2 / (2*sum_E*sum_C);

##############################################################################
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

ตารางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 The Quantile $1-\alpha$ of $\hat{\beta}_3^2$

n	$1-\alpha$				
	0.9	0.95	0.99	0.995	0.999
10	0.0689	0.0957	0.1549	0.1916	0.2584
20	0.0189	0.0266	0.0446	0.0544	0.0756
30	0.0092	0.0130	0.0224	0.0271	0.0394
40	0.0056	0.0080	0.0141	0.0169	0.0251
50	0.0038	0.0055	0.0099	0.0118	0.0180
60	0.0029	0.0041	0.0076	0.0089	0.0138
70	0.0022	0.0033	0.0060	0.0071	0.0111
80	0.0018	0.0027	0.0050	0.0058	0.0093
90	0.0015	0.0022	0.0042	0.0049	0.0079
100	0.0013	0.0019	0.0037	0.0043	0.0069
150	0.0007	0.0011	0.0021	0.0025	0.0041
200	0.0005	0.0007	0.0015	0.0017	0.0029
250	0.0004	0.0006	0.0011	0.0013	0.0023
300	0.0003	0.0004	0.0009	0.0011	0.0018
350	0.0002	0.0004	0.0008	0.0009	0.0015
400	0.0002	0.0003	0.0007	0.0008	0.0013
450	0.0002	0.0003	0.0006	0.0007	0.0012
500	0.0002	0.0002	0.0005	0.0006	0.0010
600	0.0001	0.0002	0.0004	0.0005	0.0007
700	0.0001	0.0002	0.0004	0.0004	0.0007
800	0.0001	0.0001	0.0003	0.0004	0.0006
900	0.0001	0.0001	0.0003	0.0003	0.0006
1000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0005

ที่มา : Coin (2007)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข2 Estimated coefficients of $\hat{a}_1$, $\hat{a}_2$

$\hat{q}$ $\hat{\beta}_3^2$	$\hat{a}_1$	$\hat{a}_2$
0.9	0.06821059	6.21061739
0.95	0.1063876	8.5078500
0.99	0.2342095	13.1447941
0.995	0.2611048	16.5483270
0.999	0.4794659	21.0458649

ที่มา : Coin (2007)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข3 Percentage points for Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio ($10\,Z_A$ -32)

n	percentage points for the following level α														
	0.001	0.01	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	0.99	0.999
5	-0.1639	0.140	0.666	1.0940	1.824	2.549	3.334	4.235	5.317	6.17	8.70	12.21	15.98	25.43	39.77
6	0.0718	0.358	0.836	1.224	1.875	2.514	3.200	3.989	4.929	6.14	7.86	10.88	14.04	22.10	34.55
7	0.2386	0.506	0.942	1.292	1.879	2.452	3.064	3.763	4.599	5.67	7.18	9.83	12.62	19.68	30.39
8	0.3532	0.613	1.015	1.335	1.872	2.392	2.946	3.574	4.322	5.28	6.63	9.01	11.49	17.69	27.46
9	0.4454	0.683	1.061	1.359	1.854	2.327	2.834	3.405	4.084	4.95	6.18	8.32	10.54	10.54	24.74
10	0.5140	0.742	1.095	1.374	1.831	2.270	2.736	3.261	3.887	4.69	5.80	7.75	9.79	14.89	22.74
12	0.6158	0.823	1.137	1.381	1.782	2.164	2.566	3.017	3.554	4.23	5.19	6.86	8.60	12.89	19.64
14	0.6867	0.872	1.156	1.375	1.732	1.071	2.427	2.824	3.294	3.89	4.73	6.19	7.70	11.46	17.32
16	0.7350	0.906	1.164	1.364	1.686	1.989	2.309	2.665	3.087	3.62	4.37	5.67	7.01	10.35	15.47
18	0.7659	0.929	1.168	1.351	1.645	1.923	2.214	2.536	2.917	3.40	4.07	5.24	6.46	9.47	11.11
20	0.7964	0.945	1.167	1.336	1.607	1.862	2.127	2.421	2.769	3.21	3.82	4.89	5.99	8.69	12.84

ที่มา : Zhang (2002)

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

n	percentage points for the following level α														
	0.001	0.01	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	0.99	0.999
25	0.8427	0.972	1.159	1.301	1.528	1.741	1.961	2.204	2.490	2.85	3.35	4.23	5.13	7.32	10.71
30	0.8668	0.982	1.147	1.271	1.467	1.650	1.838	2.047	2.291	2.60	3.03	3.76	4.53	6.39	9.22
40	0.8980	0.990	1.122	1.220	1.377	1.521	1.668	1.831	0.022	2.26	2.59	3.16	3.75	5.17	7.37
50	0.9120	0.990	1.102	1.184	1.314	1.433	1.555	1.689	1.845	2.04	2.31	2.77	3.25	4.41	6.16
70	0.9233	0.983	1.070	1.132	1.230	1.319	1.410	1.510	1.626	1.77	1.97	2.31	2.65	3.49	4.75
100	0.9270	0.974	1.038	1.085	1.157	1.222	1.289	1.361	1.445	1.55	1.69	1.93	2.18	2.78	3.7
150	0.9272	0.960	1.007	1.040	1.092	1.138	1.184	1.234	1.292	1.36	1.46	1.63	1.80	2.20	2.81
200	0.9246	0.951	0.988	1.014	1.054	1.089	1.125	1.164	1.209	1.26	1.34	1.47	1.59	1.90	2.35
300	0.9207	0.940	0.966	0.985	1.013	1.037	1.062	1.089	1.120	1.16	1.21	1.30	1.38	1.59	1.9
500	0.9156	0.928	0.945	0.975	0.975	0.991	1.006	1.023	1.042	1.07	1.10	1.15	1.20	1.33	1.52
1000	0.9097	0.917	0.926	0.926	0.942	0.951	0.959	0.968	0.978	0.99	1.01	1.03	1.06	1.13	1.22

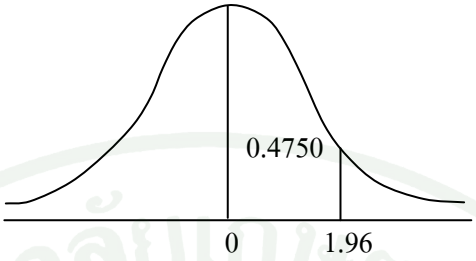
ตารางผนวกที่ ข4 ตารางค่าวิกฤตของ Anderson และ Darling

n	α				
	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01
10	0.514	0.578	0.683	0.779	0.926
20	0.528	0.591	0.704	0.815	0.969
50	0.546	0.616	0.735	0.861	1.021
100	0.599	0.631	0.754	0.884	1.047
∞	0.576	0.656	0.787	0.918	1.092

ที่มา : Stephens (1974)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข5 พื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐาน



Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.1200	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2730	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4046	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4681	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

ที่มา : ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2547:335)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข6 Coefficients for the Shapiro-Wilk Test

i\n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.7071	0.7071	0.6872	0.6646	0.6431	0.6233	0.6052	0.5888	0.5739
2		0.0000	0.1677	0.2413	0.2806	0.3031	0.3164	0.3244	0.3291
3				0.0000	0.0875	0.1401	0.1743	0.1976	0.2141
4						0.0000	0.0561	0.0947	0.1224
5								0.0000	0.0399

i\n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.5601	0.5473	0.5359	0.5251	0.515	0.5056	0.4968	0.4886	0.4808	0.4734
2	0.3315	0.3325	0.3325	0.3318	0.3306	0.3290	0.3273	0.3253	0.3232	0.3211
3	0.2260	0.2347	0.2412	0.2460	0.2495	0.2521	0.2540	0.2553	0.2561	0.2565
4	0.1429	0.1586	0.1701	0.1802	0.1878	0.1939	0.1988	0.2027	0.2059	0.2085
5	0.0695	0.0922	0.1099	0.1240	0.1353	0.1447	0.1324	0.1587	0.1641	0.1636
6	0.0000	0.0303	0.0539	0.0727	0.088	0.1005	0.1109	0.1197	0.1271	0.1334
7			0.0000	0.0240	0.0433	0.0593	0.0725	0.0837	0.0932	0.1013
8					0.0000	0.0196	0.0359	0.0496	0.0612	0.0711
9							0.0000	0.0163	0.0303	0.0422
10									0.0000	0.0140

i\n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0.4643	0.4590	0.4542	0.4493	0.4450	0.4407	0.4366	0.4328	0.4291	0.4254
2	0.3185	0.3156	0.3126	0.3098	0.3069	0.3043	0.3018	0.2992	0.2968	0.2944
3	0.2578	0.2571	0.2563	0.2554	0.2543	0.2533	0.2522	0.2510	0.2499	0.2487
4	0.2119	0.2131	0.2139	0.2145	0.2148	0.2151	0.2152	0.2151	0.2150	0.2148
5	0.1736	0.1764	0.1787	0.1807	0.1822	0.1836	0.1848	0.1857	0.1864	0.1870
6	0.1399	0.1443	0.1480	0.1512	0.1539	0.1563	0.1584	0.1601	0.1616	0.1630
7	0.1092	0.1150	0.1201	0.1245	0.1283	0.1316	0.1346	0.1372	0.1395	0.1415
8	0.0804	0.0873	0.0941	0.0997	0.1046	0.1089	0.1128	0.1162	0.1192	0.1219
9	0.0530	0.0618	0.0696	0.0764	0.0823	0.0876	0.0923	0.0965	0.1002	0.1036
10	0.0263	0.0368	0.0459	0.0539	0.0610	0.0672	0.0728	0.0778	0.0822	0.0862
11	0.0000	0.0122	0.0228	0.0321	0.0403	0.0476	0.0540	0.0598	0.0650	0.0697
12			0.0000	0.0107	0.0200	0.0284	0.0358	0.0424	0.0483	0.0537
13					0.0000	0.0094	0.0178	0.0253	0.0320	0.0381
14							0.0000	0.0084	0.0159	0.0227
15									0.0000	0.0076

ที่มา : Conover (1980)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข6 (ต่อ)

i\n	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	0.4220	0.4186	0.4156	0.4127	0.4096	0.4068	0.404	0.4015	0.3989	0.3964
2	0.2921	0.2898	0.2876	0.2854	0.2834	0.2813	0.2794	0.2774	0.2755	0.2737
3	0.2475	0.2463	0.2451	0.2439	0.2427	0.2415	0.2403	0.2391	0.2380	0.2368
4	0.2145	0.2141	0.2137	0.2132	0.2127	0.2121	0.2116	0.2110	0.2104	0.2098
5	0.1874	0.1878	0.1880	0.1882	0.1883	0.1883	0.1883	0.1881	0.1880	0.1878
6	0.1641	0.1651	0.1660	0.1667	0.1673	0.1678	0.1683	0.1686	0.1689	0.1691
7	0.1433	0.1449	0.1463	0.1475	0.1487	0.1496	0.1505	0.1513	0.1520	0.1526
8	0.1243	0.1265	0.1284	0.1301	0.1317	0.1331	0.1344	0.1356	0.1366	0.1376
9	0.1066	0.1093	0.1118	0.1140	0.1160	0.1179	0.1196	0.1211	0.1225	0.1237
10	0.0899	0.0931	0.0961	0.0988	0.1013	0.1036	0.1056	0.1075	0.1092	0.1108
11	0.0739	0.0777	0.0812	0.0844	0.0873	0.09	0.0924	0.0947	0.0967	0.0986
12	0.0585	0.0629	0.0669	0.0706	0.0739	0.0770	0.0798	0.0824	0.0848	0.0870
13	0.0435	0.0485	0.053	0.0572	0.061	0.0645	0.0677	0.0706	0.0733	0.0759
14	0.0289	0.0344	0.0395	0.0441	0.0484	0.0523	0.0559	0.0592	0.0622	0.0651
15	0.0144	0.0206	0.0262	0.0314	0.0361	0.0404	0.0444	0.0481	0.0515	0.0546
16	0.0000	0.0068	0.0131	0.0187	0.0239	0.0287	0.0331	0.0372	0.0409	0.0444
17			0.0000	0.0062	0.0119	0.0172	0.0220	0.0264	0.0305	0.0343
18					0.0000	0.0057	0.0110	0.0158	0.0203	0.0244
19							0.0000	0.0053	0.0101	0.0146
20									0.0000	0.0049

i\n	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	0.3940	0.3917	0.3894	0.3872	0.3850	0.3830	0.3808	0.3789	0.3770	0.3751
2	0.2719	0.2701	0.2684	0.2667	0.2651	0.2635	0.2620	0.2604	0.2589	0.2574
3	0.2357	0.2345	0.2334	0.2323	0.2313	0.2302	0.2291	0.2281	0.2271	0.2260
4	0.2091	0.2085	0.2078	0.2072	0.2065	0.2058	0.2052	0.2045	0.2038	0.2032
5	0.1876	0.1874	0.1871	0.1868	0.1865	0.1862	0.1859	0.1855	0.1851	0.1847
6	0.1693	0.1694	0.1695	0.1695	0.1695	0.1695	0.1695	0.1693	0.1692	0.1691
7	0.1531	0.1535	0.1539	0.1542	0.1545	0.1548	0.1550	0.1551	0.1553	0.1554
8	0.1384	0.1392	0.1398	0.1405	0.1410	0.1415	0.1420	0.1423	0.1427	0.1430
9	0.1249	0.1259	0.1269	0.1278	0.1286	0.1293	0.1300	0.1306	0.1312	0.1317
10	0.1123	0.1136	0.1149	0.1160	0.1170	0.118	0.1189	0.1197	0.1205	0.1212
11	0.1004	0.1020	0.1035	0.1049	0.1062	0.1073	0.1085	0.1095	0.1105	0.1113
12	0.0891	0.0909	0.0927	0.0943	0.0959	0.0972	0.0986	0.0998	0.1010	0.1020
13	0.0782	0.0804	0.0824	0.0824	0.0860	0.0876	0.0892	0.0906	0.0919	0.0932
14	0.0677	0.0701	0.0724	0.0745	0.0765	0.0783	0.0801	0.0817	0.0832	0.0846
15	0.0575	0.0602	0.0628	0.0651	0.0673	0.0694	0.0713	0.0731	0.0748	0.0764
16	0.0476	0.0506	0.0534	0.0560	0.0584	0.0607	0.0628	0.0648	0.0667	0.0685
17	0.0379	0.0411	0.0442	0.0471	0.0497	0.0522	0.0546	0.0568	0.0588	0.0608
18	0.0283	0.0318	0.0352	0.0383	0.0412	0.0439	0.0465	0.0489	0.0511	0.0532
19	0.0188	0.0227	0.0263	0.0296	0.0328	0.0357	0.0385	0.0411	0.0436	0.0459
20	0.0094	0.0136	0.0175	0.0211	0.0245	0.0277	0.0307	0.0335	0.0361	0.0386

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข6 (ต่อ)

i\n	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
21	0.0000	0.0045	0.0087	0.0126	0.0163	0.0197	0.0229	0.0259	0.0288	0.0314
22			0.0000	0.0042	0.0081	0.0118	0.0153	0.0185	0.0215	0.0244
23					0.0000	0.0039	0.0076	0.0111	0.0143	0.0174
24							0.0000	0.0037	0.0071	0.0104
25									0.0000	0.0035

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข7 Percentage points of the Shapiro-Wilk test for n = 3(1)50

n	α								
	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	0.9	0.95	0.98	0.99
3	0.753	0.756	0.767	0.789	0.959	0.998	0.999	1.000	1.000
4	0.687	0.707	0.748	0.792	0.935	0.987	0.992	0.996	0.997
5	0.686	0.715	0.762	0.806	0.927	0.979	0.986	0.991	0.993
6	0.713	0.743	0.788	0.826	0.927	0.974	0.981	0.986	0.989
7	0.730	0.760	0.803	0.838	0.928	0.972	0.979	0.985	0.988
8	0.749	0.778	0.818	0.851	0.932	0.972	0.978	0.984	0.987
9	0.764	0.791	0.829	0.859	0.935	0.972	0.978	0.983	0.986
10	0.781	0.806	0.842	0.869	0.938	0.972	0.978	0.983	0.986
11	0.792	0.817	0.850	0.876	0.940	0.973	0.979	0.984	0.986
12	0.805	0.828	0.859	0.883	0.943	0.973	0.979	0.984	0.986
13	0.814	0.837	0.866	0.889	0.945	0.974	0.979	0.984	0.986
14	0.825	0.846	0.874	0.895	0.947	0.975	0.980	0.984	0.986
15	0.835	0.855	0.881	0.901	0.950	0.975	0.980	0.984	0.987
16	0.844	0.863	0.887	0.906	0.952	0.976	0.981	0.985	0.987
17	0.851	0.869	0.892	0.910	0.954	0.977	0.981	0.985	0.987
18	0.858	0.874	0.897	0.914	0.956	0.978	0.982	0.986	0.988
19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989
23	0.881	0.895	0.914	0.928	0.962	0.981	0.984	0.987	0.989
24	0.884	0.898	0.916	0.930	0.963	0.981	0.984	0.987	0.989
25	0.888	0.901	0.918	0.931	0.964	0.981	0.985	0.988	0.989
26	0.891	0.904	0.920	0.933	0.965	0.982	0.985	0.988	0.989
27	0.894	0.906	0.923	0.935	0.965	0.982	0.985	0.988	0.990
28	0.896	0.908	0.924	0.936	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
29	0.898	0.910	0.926	0.937	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
30	0.900	0.912	0.927	0.939	0.967	0.983	0.985	0.988	0.900
31	0.902	0.914	0.929	0.940	0.967	0.983	0.986	0.988	0.990
32	0.904	0.915	0.930	0.941	0.968	0.983	0.986	0.988	0.990
33	0.906	0.917	0.931	0.942	0.968	0.983	0.986	0.989	0.990
34	0.908	0.919	0.933	0.943	0.969	0.983	0.986	0.989	0.990
35	0.910	0.920	0.934	0.944	0.969	0.984	0.986	0.989	0.990
36	0.912	0.922	0.935	0.945	0.970	0.984	0.986	0.989	0.990
37	0.914	0.924	0.936	0.946	0.970	0.984	0.987	0.989	0.990
38	0.916	0.927	0.939	0.947	0.971	0.984	0.987	0.989	0.990
39	0.917	0.927	0.939	0.948	0.971	0.984	0.987	0.989	0.991
40	0.919	0.928	0.940	0.949	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991

ที่มา : Shapiro and Wilk (1965)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข7 (ต่อ)

n	α								
	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	0.9	0.95	0.98	0.99
41	0.920	0.929	0.941	0.950	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
42	0.922	0.930	0.942	0.951	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
43	0.923	0.932	0.943	0.951	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
44	0.924	0.933	0.944	0.952	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
45	0.926	0.934	0.945	0.953	0.973	0.985	0.988	0.990	0.991
46	0.927	0.935	0.945	0.953	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
47	0.928	0.936	0.946	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
48	0.929	0.937	0.947	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
49	0.929	0.937	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
50	0.930	0.938	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข8 Expected values of normal order statistics

k\n	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.564	0.846	1.029	1.162	1.267	1.352	1.423	1.483
2		0.000	0.297	0.495	0.641	0.757	0.852	0.832
3				0.000	0.201	0.352	0.472	0.574
4						0.000	0.152	0.216
5								0.000

k\n	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1.538	1.586	1.629	1.667	1.703	1.735	1.765	1.793	1.820	1.844
2	1.001	1.061	1.115	1.164	1.207	1.247	1.284	1.318	1.350	1.379
3	0.656	0.728	0.792	0.849	0.901	0.947	0.990	1.029	1.065	1.099
4	0.375	0.461	0.536	0.602	0.661	0.714	0.763	0.807	0.848	0.885
5	0.122	0.224	0.312	0.388	0.455	0.515	0.570	0.619	0.664	0.706
6		0.000	0.102	0.190	0.267	0.335	0.396	0.451	0.501	0.547
7				0.000	0.088	0.165	0.233	0.295	0.350	0.401
8						0.000	0.077	0.145	0.207	0.263
9								0.000	0.068	0.130
10										0.000

k\n	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	1.867	1.889	1.909	1.929	1.947	1.965	1.982	1.998	2.013	2.028
2	1.407	1.433	1.458	1.481	1.503	1.524	1.544	1.563	1.581	1.588
3	1.130	1.160	1.188	1.214	1.239	1.262	1.285	1.306	1.326	1.345
4	0.920	0.953	0.984	1.013	1.040	1.066	1.091	1.114	1.136	1.158
5	0.745	0.781	0.815	0.846	0.876	0.905	0.931	0.957	0.981	1.004
6	0.590	0.629	0.666	0.701	0.733	0.764	0.792	0.820	0.846	0.870
7	0.448	0.491	0.531	0.568	0.603	0.636	0.667	0.697	0.725	0.751
8	0.314	0.362	0.405	0.446	0.483	0.519	0.552	0.584	0.613	0.642
9	0.186	0.238	0.285	0.329	0.370	0.408	0.444	0.478	0.509	0.539
10	0.062	0.118	0.169	0.217	0.261	0.302	0.341	0.377	0.410	0.442
11		0.000	0.056	0.108	0.155	0.200	0.241	0.279	0.316	0.350
12				0.000	0.051	0.099	0.143	0.185	0.223	0.260
13						0.000	0.047	0.092	0.133	0.172
14								0.000	0.044	0.085
15										0.000

ที่มา : Harter, H.L. (1961)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข8 (ต่อ)

k\n	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	2.042	2.056	2.069	2.082	2.094	2.106	2.118	2.129	2.140	2.150
2	1.615	1.631	1.647	1.662	1.676	1.690	1.703	1.716	1.729	1.741
3	1.364	1.382	1.399	1.416	1.432	1.447	1.462	1.476	1.490	1.504
4	1.178	1.198	1.216	1.234	1.251	1.268	1.284	1.300	1.315	1.329
5	1.026	1.047	1.067	1.086	1.105	1.122	1.140	1.156	1.172	1.188
6	0.894	0.916	0.938	0.959	0.978	0.997	1.016	1.033	1.050	1.067
7	0.776	0.800	0.823	0.845	0.866	0.886	0.906	0.924	0.943	0.960
8	0.668	0.694	0.718	0.742	0.764	0.785	0.806	0.826	0.845	0.863
9	0.568	0.595	0.621	0.645	0.669	0.692	0.713	0.734	0.754	0.773
10	0.473	0.502	0.529	0.555	0.580	0.604	0.627	0.649	0.670	0.690
11	0.382	0.412	0.441	0.469	0.495	0.520	0.544	0.567	0.590	0.611
12	0.294	0.326	0.357	0.386	0.414	0.440	0.466	0.490	0.513	0.535
13	0.208	0.243	0.275	0.306	0.335	0.363	0.390	0.415	0.440	0.463
14	0.124	0.161	0.195	0.228	0.259	0.288	0.316	0.343	0.368	0.393
15	0.041	0.080	0.116	0.151	0.184	0.215	0.244	0.272	0.299	0.325
16		0.000	0.038	0.075	0.110	0.142	0.173	0.203	0.231	0.258
17				0.000	0.036	0.071	0.103	0.135	0.164	0.192
18						0.000	0.034	0.067	0.098	0.128
19								0.000	0.032	0.063
20										0.000

k\n	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
1	2.249	2.256	2.264	2.271	2.278	2.285	2.292	2.299	2.306	2.312
2	1.854	1.863	1.872	1.880	1.889	1.897	1.905	1.912	1.920	1.927
3	1.628	1.638	1.647	1.656	1.665	1.674	1.683	1.691	1.700	1.708
4	1.463	1.474	1.484	1.494	1.503	1.513	1.522	1.531	1.540	1.548
5	1.331	1.342	1.352	1.363	1.373	1.383	1.393	1.402	1.412	1.421
6	1.218	1.230	1.241	1.252	1.263	1.273	1.283	1.293	1.303	1.313
7	1.119	1.131	1.143	1.155	1.166	1.177	1.188	1.198	1.208	1.218
8	1.030	1.043	1.055	1.067	1.079	1.090	1.102	1.113	1.123	1.134
9	0.948	0.962	0.975	0.987	0.999	1.011	1.023	1.034	1.046	1.056
10	0.873	0.887	0.900	0.913	0.926	0.938	0.950	0.962	0.947	0.985
11	0.802	0.816	0.830	0.844	0.857	0.870	0.882	0.895	0.907	0.918
12	0.735	0.750	0.764	0.778	0.792	0.805	0.818	0.831	0.843	0.856
13	0.671	0.686	0.701	0.716	0.730	0.744	0.757	0.771	0.783	0.796
14	0.609	0.625	0.641	0.656	0.671	0.685	0.699	0.713	0.726	0.739
15	0.550	0.567	0.583	0.599	0.614	0.629	0.643	0.657	0.671	0.685
16	0.493	0.510	0.527	0.543	0.559	0.574	0.589	0.604	0.618	0.632
17	0.437	0.455	0.473	0.489	0.506	0.522	0.537	0.552	0.567	0.581
18	0.383	0.402	0.420	0.437	0.454	0.470	0.486	0.502	0.517	0.532
19	0.330	0.349	0.368	0.386	0.403	0.420	0.437	0.453	0.468	0.483
20	0.278	0.297	0.317	0.335	0.354	0.371	0.385	0.405	0.421	0.436

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข8 (ต่อ)

k\n	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
21	0.226	0.247	0.267	0.286	0.305	0.323	0.340	0.357	0.374	0.390
22	0.175	0.197	0.217	0.237	0.257	0.275	0.294	0.311	0.328	0.345
23	0.125	0.147	0.168	0.189	0.209	0.228	0.247	0.265	0.283	0.300
24	0.074	0.098	0.120	0.141	0.162	0.182	0.202	0.220	0.239	0.256
25	0.024	0.048	0.072	0.094	0.115	0.136	0.156	0.176	0.194	0.213
26		0.000	0.024	0.047	0.069	0.090	0.111	0.131	0.151	0.170
27				0.000	0.023	0.045	0.066	0.087	0.107	0.100
28						0.000	0.022	0.043	0.064	0.084
29								0.000	0.021	0.042
30										0.000

k\n	100…
1	2.507
2	2.148
3	1.946
4	1.801
5	1.687
6	1.591
7	1.508
8	1.434
9	1.367
10	1.306
11	1.249
12	1.196
13	1.146
14	1.099
15	1.055
16	1.012
17	0.971
18	0.932
19	0.894
20	0.857
21	0.821
22	0.787
23	0.753
24	0.720
25	0.688

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข8 (ต่อ)

k\n	100…
26	0.657
27	0.626
28	0.596
29	0.566
30	0.537
31	0.508
32	0.480
33	0.452
34	0.425
35	0.397
36	0.371
37	0.344
38	0.317
39	0.291
40	0.265
41	0.239
42	0.214
43	0.188
44	0.163
45	0.138
46	0.112
47	0.087
48	0.062
49	0.037
50	0.012

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวอัญชุลี ปิ่นทองพันธ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	20 พฤศจิกายน 2527
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสตูล
ประวัติการศึกษา	วท.บ.(คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยทักษิณ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์