รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเรื่อง สถิติทดสอบภาวะสารูปดีแบบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิ่งที่ปรับปรุงตามอัตราส่วนความควรจะเป็นและฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักการกระจายที่ปลายหาง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาพร เนียมวงษ์

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๐
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ ๒๕๘๓๒๒
สัญญาเลขที่ ๑๕๔/๒๕๖๐

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเรื่อง สถิติทดสอบภาวะสารูปดีแบบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิ่งที่ปรับปรุงตามอัตราส่วนความควรจะเป็นและฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักการกระจายที่ปลายหาง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาพร เนียมวงษ์

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑาพร เนียมวงษ์ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัย จากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง สถิติทดสอบภาวะสารูปดีแบบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิ่งที่ปรับปรุงตามอัตราส่วนความควรจะเป็น และฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักการกระจายที่ปลายหาง Modified Anderson-Darling goodness of fit test based on likelihood ratio and tailed deviation weighted function รหัสโครงการ ๒๕๘๓๒๒ / สัญญาเลขที่ ๑๕๔/๒๕๖๐ ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น ๒๗๕,๐๐๐ บาท (สองแสนเจ็ดหมื่นห้าพันบาทถ้วน) ระยะเวลาการดำเนินงาน ๒ ปี ๙ เดือน

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิม กับสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบที่ปรับปรุงแล้ว ได้แก่ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk สำหรับทดสอบการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยทำการทดสอบกับการแจกแจงล็อกนอร์มัล และการแจกแจงไวบูล การศึกษานี้ได้ได้สร้างค่าวิกฤตสำหรับสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบจากการจำลอง แล้วนำค่าวิกฤตที่ได้ไปศึกษาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 และเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ โดยกำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 30, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 พบว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ มีความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 สำหรับการศึกษากำลังการทดสอบ ในการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล พบว่าค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang มีค่าสูงที่สุดในทุกชุดพารามิเตอร์ ในการทดสอบการแจกแจงแกมมาพบว่าค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าสูงที่สุดในชุดพารามิเตอร์โดยส่วนใหญ่ ทุกระดับนัยสำคัญ ทุกขนาดตัวอย่าง และค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk มีค่าสูงสูดในบางชุดพารามิเตอร์ และทุกระดับนัยสำคัญ ที่ขนาดตัวอย่างเป็น 50 100 และ 200 ในการทดสอบการแจกแจงไวบูล พบว่า ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk มีค่าสูงสูดในทุกชุดพารามิเตอร์ และทุกระดับนัยสำคัญ ที่ขนาดตัวอย่างเป็น 10 และค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าสูงที่สุดในทุกชุดพารามิเตอร์ ทุกระดับนัยสำคัญ ที่ตัวอย่างเป็น 20 50 100 และ 200

ผลการศึกษาที่สำคัญที่พบในการวิจัยนี้คือ ในการพัฒนาตัวสถิติทดสอบจากสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิม จะพบว่าสถิติทดสอบที่พัฒนาขึ้นมาจากสถิติทดสอบแบบดั้งเดิมนั้นจะมีประสิทธิภาพดีกว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิม ในกรณีที่แตกต่างกันออกไป โดยที่ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าสถิติแบบดั้งเดิมและสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad ในทุกสถานการณ์ และมีประสิทธิภาพดีกว่า สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk ในบางสถานการณ์เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก หรือขนาดใหญ่ ซึ่งใน

ภาพรวมจะพบว่า สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสถิติทดสอบอื่น ๆ อีกทั้งยังใช้งานได้ง่าย รูปแบบของสูตรสถิติในการคำนวณมีความยากง่ายไม่แตกต่างไปจากสถิติทดสอบอื่น ๆ อีกทั้งสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang มีอัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังการทดสอบต่อขนาดตัวอย่างสูงที่สุดในทุกการแจกแจง แต่อย่างไรก็ตามสถิติทดสอบนี้ยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางนักเนื่องจากเป็นสถิติทดสอบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ และยังไม่มี software หรือฟังก์ชันในโปรแกรมวิเคราะห์ต่าง ๆ ช่วยในการคำนวณ จึงยังไม่เป็นที่นิยม สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการยืนยันผลงานวิจัยที่ผ่าน ๆ มา ว่าสถิติทดสอบสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang และ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาเป็นสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพ และแนะนำให้ผู้วิจัยที่ต้องการทดสอบการแจกแจงแจงของข้อมูล โดยเฉพาะการแจกแจงเบ้ขวา ได้ใช้สถิติทดสอบเหล่านี้

สำหรับข้อแนะนำในการใช้งาน ในการเลือกใช้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงสำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงไวบูล ควรเลือกใช้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang แต่หากทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัลที่ขนาดตัวอย่าง 10 ควรเลือกใช้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk

---

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง สถิติทดสอบภาวะสารูปดีแบบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิ่งที่ปรับปรุงตามอัตราส่วนความควรจะเป็นและฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักการกระจายที่ปลายหาง สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้วิจัยขอบขอบคุณ มหาวิทยาลัยบูรพาที่สนับสนุนทุนวิจัยเพื่อพัฒนาศักยภาพของคณะผู้วิจัย และขอขอบพระคุณ บุคลลากรในคณะวิทยาศาสตร์ ที่คอยช่วยเหลือให้ผลงานชิ้นนี้สำเร็จลงด้วยดี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 154/2560

จุฑาพร เนียมวงษ์
หัวหน้าโครงการ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิม กับสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบที่ปรับปรุงแล้ว ได้แก่ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk สำหรับทดสอบการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยทำการทดสอบกับการแจกแจงล็อกนอร์มัล และการแจกแจงไวบูล การศึกษานี้ได้ได้สร้างค่าวิกฤตสำหรับสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบจากการจำลอง แล้วนำค่าวิกฤตที่ได้ไปศึกษาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 และเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ โดยกำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 30, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 พบว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ มีความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 สำหรับการศึกษากำลังการทดสอบ ในการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล พบว่าค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang มีค่าสูงที่สุดในทุกชุดพารามิเตอร์ ในการทดสอบการแจกแจงแกมมาพบว่าค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าสูงที่สุดในชุดพารามิเตอร์โดยส่วนใหญ่ ทุกระดับนัยสำคัญ ทุกขนาดตัวอย่าง และค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk มีค่าสูงสูดในบางชุดพารามิเตอร์ และทุกระดับนัยสำคัญ ที่ขนาดตัวอย่างเป็น 50 100 และ 200 ในการทดสอบการแจกแจงไวบูล พบว่า ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk มีค่าสูงสูดในทุกชุดพารามิเตอร์ และทุกระดับนัยสำคัญ ที่ขนาดตัวอย่างเป็น 10 และค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าสูงที่สุดในทุกชุดพารามิเตอร์ ทุกระดับนัยสำคัญ ที่ตัวอย่างเป็น 20 50 100 และ 200

ABSTRACT

The objective of this study is to compare efficiency of Anderson-Darling test and modified Anderson-Darling tests which are Ahmad modified Anderson-Darling test, Zhang modified Anderson-Darling test and Seathow & Neamvonk modified Anderson-Darling test for testing right skewed distribution including Lognormal Gamma and Weibull distribution. Critical values of the 4 tests are estimated through simulation study. These values are applied to study type I error probability and power of the 4 tests with sample size of 10, 20, 30, 50, and 100, and significant level of 0.01, 0.05, and 0.10. The results show that all tests can control type I error probability. This represents that all tests are efficient. For power of the test, when the data are Lognormal distribution the Zhang modified Anderson-Darling test produces the highest power value in all sets of parameters, sample sizes and significant levels. For Gamma distribution, the Zhang modified Anderson-Darling test has the most power in all set of parameters, significant levels and sample sizes. However the
Seathow & Neamvonk modified Anderson-Darling test provides higher power than the Zhang one in some set of parameters when the sample sizes are 50 100 and 200. For Weibull distribution, the Seathow & Neamvonk modified Anderson-Darling test is the most powerful than the others when the sample size is 10 for all set of parameters and significant levels. The Zhang modified Anderson-Darling test has the most power when the sample size is 20 50 100 and 200 for all set of parameters and significant level.

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ 1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา 4
3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา 4
4. ขอบเขตของการศึกษา 5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
1. เอกสารที่เกี่ยวข้อง 6
1.1 การทดสอบภาวะสารูปดี 6
1.2 สถิติทดสอบภาวะสารูปดีที่เกี่ยวข้อง 6
1.3 การแจกแจงที่เกี่ยวข้อง 10
1.4 ความผิดพลาดแบบที่ 1 12
1.5 กำลังการทดสอบ 13
1.6 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด 13
1.7 ความเร็วลม 13
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา 18
1. แผนการศึกษา 18
2. ขั้นตอนในการศึกษา 18
2.1 สร้างค่าวิกฤติของตัวสถิติทดสอบ A^2, AU^2, Z_A และ Z_{AU} สำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล และการแจกแจงไวบูล 18
2.2 การคำนวณค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 20
2.3 การคำนวณค่าอำนาจการทดสอบ 21
2.4 การประยุกต์ใช้สถิติทดสอบกับความเร็วลม 22
บทที่ 4 ผลการศึกษา 23
1. ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ 23
2. ความสามารถในการควบคุมค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 30
3. ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ 35
4. การประยุกต์ใช้กับข้อมูลความเร็วลม 42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ..... 45
1. ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ..... 45
2. ความสามารถในการควบคุมค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1..... 45
3. ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ..... 46
4. ขอเสนอแนะ..... 46
บรรณานุกรม..... 47
ภาคผนวก..... 49

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบสำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล... 24
2. ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบสำหรับทดสอบการแจกแจงแกมมา..... 24
3. ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบสำหรับทดสอบการแจกแจงไวบูล..... 24
4. ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง ทั้ง 4 แบบ สำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล..... 30
5. ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง ทั้ง 4 แบบ สำหรับทดสอบการแจกแจงแกมมา..... 31
6. ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง ทั้ง 4 แบบ สำหรับทดสอบการแจกแจงไวบูล..... 33
7. ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ เมื่อ H_a : ข้อมูลที่มีการแจกแจงไวบูล..... 35
8. ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ เมื่อ H_a : ข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมา..... 36
9. ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ เมื่อ H_a : ข้อมูลที่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล..... 37
10. ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ เมื่อ H_a : ข้อมูลที่มีการแจกแจงไวบูบ..... 38
11. ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ เมื่อ ข้อมูลที่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล..... 40
12. ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ เมื่อ H_a : ข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมา..... 41
13. ค่าสถิติ ผลการทดสอบสำหรับการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลความเร็วลมในสถานีวัดลมต่าง ๆ 42

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 การแจกแจงล็อกนอร์มอล..... 7
2.2 การแจกแจงลอกไวบูล..... 8
2.3 การแจกแจงแกมมา..... 9
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล เมื่อ α=0.01..... 25
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล เมื่อ α=0.05..... 26
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล เมื่อ α=0.10..... 26
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการแจกแจงแกมมา เมื่อ α=0.01..... 27
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการแจกแจงแกมมา เมื่อ α=0.05..... 27
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการแจกแจงแกมมา เมื่อ α=0.10..... 28
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการแจกแจงไวบูล เมื่อ α=0.01..... 28
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการแจกแจงไวบูล เมื่อ α=0.05..... 29
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการแจกแจงไวบูล เมื่อ α=0.10..... 29

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและสำคัญของปัญหา

ข้อมูลต่าง ๆ ในธรรมชาตินั้นมีลักษณะการแจกแจงของข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยข้อมูลบางกลุ่มอาจมีการแจกแจงปรกติ เช่น คะแนนของแบบทดสอบมาตรฐาน ความสูงและความดันโลหิตของมนุษย์ (Lim, 2012) เป็นต้น แต่ข้อมูลบางกลุ่มอาจจะไม่มีการแจกแจงปรกติ เช่น ระยะเวลาการใช้งานของล้อรถไฟฟ้าจนกระทั่งล้อชำรุดเป็นข้อมูลที่มีการแจกแจงไวบูลล์ (สุริยา สารมาตย์ และเทิดเกียรติ ลิมปิทีปราการ, 2553) ปริมาณของอนุภาคในอากาศเป็นข้อมูลที่มีการแจกแจงลอกนอร์มัล (ศรัลย์ ปานศรีพงษ์, 2550) ปริมาณน้ำฝนประจำปีเป็นข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมา (Aksoy, 2000) ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงเป็นข้อมูลที่มีการแจกแจงลอกนอร์มอล (ณัฐกิตต์, 2556) เป็นต้น

ในการศึกษาเชิงสถิติมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับการศึกษารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลหลายส่วน เช่น ในการศึกษาสถิติเชิงอนุมานเกี่ยวกับการประมาณค่าและการทดสอบสมมุติฐาน โดยใช้สถิติศาสตร์อิงพารามิเตอร์ สถิติส่วนใหญ่มีข้อจำกัดที่ว่าประชากรมีการแจกแจงปรกติ เช่น การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติทดสอบที การวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทดสอบข้อมูลที่ศึกษาว่ามีลักษณะตามที่กำหนดหรือไม่ หากข้อมูลไม่มีการแจกแจงปรกติ ผลที่ได้จากการใช้สถิติศาสตร์อิงพารามิเตอร์อาจจะไม่ถูกต้องและขาดความน่าเชื่อถือ หรือการศึกษารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเพื่อใช้ในการพยากรณ์เชิงความน่าจะเป็น หรือทำนายโอกาสการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจได้อย่างแม่นยำ เช่น การศึกษาถึงรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลความเร็วลม (Atul, Thatkar, Dase, & Tandale, 2011) และการศึกษารูปแบบการแจกแจงของปริมาณน้ำฝน (Sharma & Singh, 2010) เป็นต้น

การตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลนี้มีวิธีการตรวจสอบที่เรียกว่า การทดสอบภาวะสารูปดี (Goodness of fit test) โดยมีสถิติทดสอบซึ่งเป็นที่รู้จักหลายสถิติทดสอบ เช่น สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov test) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling test) สถิติทดสอบคราเมอร์-วอน มิเซส (Cramer-von Mises test) สถิติทดสอบซาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) และสถิติทดสอบไคกำลังสอง (CS) เป็นต้น

Anderson and Darling (1954) นำเสนอสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง ซึ่งค่าของสถิติทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงนี้ ศึกษาได้จากผลรวมของความแตกต่างระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงของข้อมูลตัวอย่าง และฟังก์ชันการแจกแจงตามทฤษฎียกกำลังสองกับฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักโดยให้ความสำคัญในความแตกต่างของปลายหางทั้งสองด้านเท่า ๆ กัน Stephens (1976) ทำการทดสอบให้เห็นว่าการทดสอบภาวะสารูปดีโดยใช้ฟังก์ชันแจกแจงจากข้อมูลตัวอย่าง (EDF tests) มีประสิทธิภาพมากกว่าการทดสอบอื่น ๆ และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง เป็นสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบสมมาตร และมีอีกหลายงานวิจัยที่พบว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง มีความเหมาะสมในการทดสอบสำหรับข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงปรกติ (สายทอง แจ่มใจ, 2547; ศรีอัมพร เร่บ้านเกาะ, 2550; ปัจยาการ พรมแดน, 2552; Shawky & Bakoban, 2009; Abd-Elfattah, Hala, & Omima, 2010; Razali & Wah, 2011; Fard & Holmquist, 2013)

ต่อมามีผู้วิจัยได้ศึกษาเปรียบเทียบสถิติทดสอบต่าง ๆ เมื่อประชากรมีการแจกแจงปรกติ ซึ่งพบว่าสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟมีประสิทธิภาพดีเมื่อข้อมูลมีขนาดใหญ่มาก (Razali & Wah, 2011) อย่างไรก็ตาม จากการ ศึกษาพบว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง จะเป็นสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพดีเมื่อข้อมูลมีขนาดใหญ่และข้อมูลมีการแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตร (Stephens, 1976; Razali & Wah, 2011) ซึ่งจากการศึกษาต่าง ๆ พบว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเมื่อประชากรมีการแจกแจงปรกติ

สำหรับกรณีที่ประชากรไม่มีการแจกแจงปรกติ ได้มีผู้วิจัยศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบต่าง ๆ โดยพบว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงมีประสิทธิภาพดีเมื่อใช้ในการทดสอบการแจกแจงลอกนอร์มัล (Log-normal distribution) การแจกแจงไวบูลล์ (ศรีอัมพร เร่บ้านเกาะ, 2550) การแจกแจงเลขชี้กำลังวางนัยทั่วไป (Generalized Exponential distribution) (ปัจยาการ พรมแดน, 2552) การแจกแจงแกมมาวางนัยทั่วไป (Generalized Gamma distribution) (Shawky & Bakoban, 2009) และการแจกแจงเฟรเชต์วางนัยทั่วไป (Abd-Elfattah et al., 2010) สถิติทดสอบคราเมอร์-วอน มิเซสมีประสิทธิภาพดีเมื่อใช้ในการทดสอบการแจกแจงอินเวอร์สเกาเซียน (inverse Gaussian distribution) (สายชล แซ่เตียว, 2549) ส่วนสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟจะมีประสิทธิภาพต่ำที่สุดในบรรดาสถิติทดสอบที่นำมาศึกษา

ต่อมามีนักวิจัยมากมายได้พัฒนาสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบภาวะสารูปดีแบบดั้งเดิมให้เหมาะสมสำหรับการแจกแจงที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยพบว่า สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟสำหรับการทดสอบหนึ่งกลุ่มตัวอย่างสำหรับการแจกแจงแบบสมมาตร ได้ถูกพัฒนาโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่มตัวอย่างย่อย โดยใช้ค่ามัธยฐานของประชากรเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม แล้วทำการทดสอบภาวะสารูปดีของกลุ่มตัวอย่างย่อยทั้งสองกลุ่มโดยใช้สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟแบบดั้งเดิม (Jantra (2010)) การพัฒนาสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่เหมาะสำหรับทดสอบการแจกแจงเอกรูป (Uniform distribution) ได้แก่ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง ซึ่งสถิติทดสอบนี้เป็นสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิมที่อยู่ในรูปของปริพันธ์โดยใช้ปริพันธ์แบบรีมันน์ (Riemann Integral) ในการคำนวณหาค่าสถิติทดสอบ และ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง โดยเปลี่ยนค่าของ $F(x)$ เป็น x และ $dF(x)$ เป็น dx (Rahman, Pearson, & Heien (2006)) การพัฒนาสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่เหมาะสำหรับการแจกแจงแบบเบ้ขึ้นมาใหม่โดยเน้นความสนใจในการศึกษาปลายหางด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น มีงานวิจัยมากมายที่นำสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงของ Ahmad และคนอื่นๆ (1988) มาศึกษาเปรียบเทียบร่วมกับการแจกแจงที่หลากหลาย เช่น การแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (Generalized Pareto distribution) (Arshad, Rasool, & Ahmad, 2003) การแจกแจงเอกซ์ทรีมวาลูวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value distribution) และ การแจกแจงโลจิสติกวางนัยทั่วไป (Generalized Logistic distribution) (Shin, Jung, Jeong, & Heo, 2011) โดยสถิติทดสอบที่ได้พัฒนาใหม่นี้จะกำหนดฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักให้กับตัวสถิติทดสอบตามลักษณะความเบ้ของการแจกแจงที่สนใจศึกษา ซึ่งพบว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงของ Ahmad และคนอื่นๆ (1988) นี้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิมเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบ้ (Ahmad, Sinclair, and Spurr (1988)) และการพัฒนาสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง และสถิติทดสอบคาแมร์-ฟอนมิสขึ้นใหม่ ซึ่งจากเดิมสถิติทดสอบนี้สร้างขึ้นโดยพัฒนามาจากสถิติทดสอบไคกำลังสอง แล้วนำมาพัฒนาใหม่โดยใช้สถิติอัตราส่วนความควรจะเป็น (Likelihood ratio statistic) สถิติทดสอบใหม่ถูกสร้างโดยการปรับฟังก์ชันถ่วงน้ำหนัก

ขึ้นมาใหม่ และเปรียบเทียบสถิติทดสอบพัฒนาใหม่นี้กับสถิติทดสอบดั้งเดิมเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบสมมาตร ได้แก่ การแจกแจงปรกติและการแจกแจงเอกรูป ซึ่งพบว่าวิธีที่ปรับใหม่นี้ให้อำนาจการทดสอบที่ดีกว่าสถิติทดสอบเดิม ต่อมามีนักวิจัยนำสถิติทดสอบใหม่นี้มาศึกษาเปรียบเทียบกับ สถิติทดสอบแบบดั้งเดิมที่ใช้ในการทดสอบภาวะสารูปดีโดยเจาะจงศึกษาเฉพาะการแจกแจงต่าง ๆ เช่น การแจกแจงปรกติ (Zhang & Wu, 2005) และการแจกแจงกัมเบล (Gumbel distribution) (Abidin, Adam, & Midi, 2012) และพบว่าสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ, สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง และสถิติทดสอบคราเมอร์-วอน มิเซสที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่นี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ, สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง และสถิติทดสอบคาแมร์-ฟอนมิสแบบดั้งเดิม (Zhang (2002))

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สันดาร์ลิงเป็นสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาตัวสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงเพื่อให้มีความเหมาะสมสำหรับทดสอบการแจกแจงแบบเบ้ (Ahmad et al., 1988) และมีการปรับฟังก์ชันของสถิติทดสอบใหม่ (Zhang, 2002) แล้วพบว่าสถิติทดสอบที่ปรับปรุงเหล่านี้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสถิติทดสอบเดิม Saethow and Neamvonk (2014) ได้พัฒนาสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงโดยนำวิธีการปรับฟังก์ชันสถิติทดสอบแบบอัตราส่วนความควรจะเป็นของ Zhang (2002) และการปรับฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักการกระจายที่ปลายหางของการแจกแจงของ Ahmad et al. (1998) ได้เป็นสถิติทดสอบใหม่ 2 สถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงเบ้ซ้าย และการแจกแจงเบ้ขวา และนำมาทดสอบการแจกแจงแกมมา และลอกนอร์มอล ซึ่งเป็นการแจกแจงเบ้ขวา อย่างไรก็ตามยังมีการแจกแจงเบ้ซ้าย และการแจกแจงเบ้ขวาในรูปแบบอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้จริง เช่น การแจกแจงไวบูลล์ การแจกแจงปรกติแบบเบ้ ซึ่งเป็นการแจกแจงที่พบกับข้อมูลคุณภาพอากาศ (จุฑาพร และธนกฤต (2557)) ข้อมูลความเร็วลม (ณัฐกิตต์ (2556))

จากที่กล่าวมาในข้างต้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ทางสถิติ เพื่อให้เกิดความแม่นยำและถูกต้องของตัวสถิติมากขึ้น โดยตัวสถิติทดสอบที่พัฒนาขึ้นมานี้เป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยประยุกต์ที่จะนำสถิติที่มีประสิทธิภาพไปใช้เพื่อสร้างผลงานวิจัยที่มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น และสถิติทดสอบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงกับข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาและแก้ปัญหาของประเทศ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลคุณภาพอากาศ ข้อมูลทางเศรษฐกิจ และสังคม หรือข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการจัดการพลังงานและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบันพลังงานถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นของมนุษย์ในโลกและมีความสำคัญเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณเมื่อโลกยิ่งมีพัฒนามากยิ่งขึ้น แหล่งพลังงานค่อย ๆ เปลี่ยนไปเป็นแหล่งพลังงานที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีในการผลิตมากขึ้น จากน้ำมันปิโตรเลียมไปเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ประเทศไทยมีแหล่งพลังงานหลายประเภทด้วยกัน เช่นพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม แต่อาจจะมีในปริมาณค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ บางครั้งวิกฤตการณ์ของโลกอาจจะทำให้ประเทศไทยได้รับอิทธิพลอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จึงทำให้พลังงานลมได้รับความสนใจในการศึกษาและพัฒนาให้เกิดประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง และกังหันลมก็เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถนำพลังงานลมมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้โดยเฉพาะในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการสูบน้ำ ซึ่งมีการใช้งานกันมาแล้วอย่างแพร่หลายในอดีตที่ผ่านมา มีผู้วิจัยที่ศึกษาเพื่อความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ต่าง ๆ พบว่าเป็นแหล่งที่มีศักยภาพของความเร็วลมที่ดีของประเทศไทยคือแถบภาคใต้บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเริ่มตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลา จังหวัดปัตตานีและที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

เนื่องมาจากอิทธิพลของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงปลายเดือนมีนาคม (สมชาย ภูพงศ์ไพบูลย์, 2544) อย่างไรก็ตามการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อสร้างพลังงานทดแทนจากพลังงานลม จำเป็นต้องมีการประเมินศักยภาพของความเร็วลมในแต่ละสถานที่ว่ามีความคุ้มค่าต่อการติดตั้งอุปกรณ์หรือไม่ โดยพบว่าความเร็วลมที่ต่ำว่า 3 เมตรต่อวินาทีจะไม่สามารถผลิตพลังงานได้ แต่ความเร็วลมที่ 2.5 ถึง 15 เมตรต่อวินาทีเป็นช่วงที่เหมาะสม (สำนักนวัตกรรมไม้เศรษฐกิจ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) ดังนั้นการที่จะทราบถึงลักษณะการกระจายของความเร็วลมในแต่ละพื้นที่ และทราบถึงโอกาสที่จะหาช่วงของความเร็วลมที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตพลังงานได้ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

จากยุทธ์ศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ นโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ รวมถึงยุทธศาสตร์ประเทศและนโยบาย/เป้าหมายของรัฐบาลเพื่อเป็นการพัฒนาเพื่อสร้างองค์ความรู้ ต่อยอดภูมิปัญญาของประเทศและสาธารณะ อีกทั้งยังเป็นการเสริมสร้างศักยภาพในการทำวิจัยของประเทศ รวมถึงเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับแบบ Zhang และถ่วงน้ำหนักที่ปลายหางของการแจกแจง (Modified upper and lower tailed Anderson-Darling Z_A test) มาทำการทดสอบทดสอบกับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวาและเบ้ซ้าย พร้อมทั้งสร้างตารางค่าวิกฤติที่เหมาะสมสำหรับการแจกแจงที่กำหนดที่ขนาดตัวอย่างต่าง ๆ ที่ระดับนัยสำคัญระดับต่างๆ จากนั้นทำการศึกษาความสามารถในการควบคุมค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I error) และเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิม และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงของ Ahmad (Ahmad et al., 1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงของ Saethow และ Namvonk (2014) ซึ่งการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยการสร้างข้อมูลให้มีลักษณะตามที่ได้กำหนดไว้ด้วยวิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โร และในการศึกษาวิจัยนี้จะนำผลการศึกษาสถิติทดสอบไปใช้ในการศึกษาการแจกแจงความเร็วลม เพื่อประเมินศักยภาพของความเร็วลม ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย ที่จะใช้เป็นพลังงานทดแทน

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุง เมื่อประชากรมีการแจกแจงในรูปแบบต่างๆ
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 และ อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบภาวะสารูปดีที่ปรับปรุงใหม่กับสถิติทดสอบภาวะสารูปดีแบบเดิม
3. เพื่อประเมินศักยภาพของความเร็วลมในเขตภูมิภาคต่างๆ ต่อการตัดสินใจติดตั้งกังหันลมเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

3.1 ด้านวิชาการ

ได้ทราบถึงประสิทธิภาพในการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง แบบต่างๆ สำหรับการแจกแจงแบบเบ้ขวา และเบ้ซ้าย

เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่เป็นทางเลือกของนักวิจัยในการเลือกใช้สถิติที่เหมาะสม

เป็นแนวทางในการพัฒนาตัวสถิติทดสอบภาวะสารูปดี แบบอื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3.2 ด้านสังคม อุตสาหกรรม เศรษฐกิจ/พาณิชย์

ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาทั้งด้านสังคม อุตสาหกรรม เศรษฐกิจ/พาณิชย์ มีความจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อที่จะอธิบายถึง ลักษณะการทำงาน การวางแผนพัฒนาขององค์กรในด้านต่างๆ การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมจะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จะมีประโยชน์เพื่อให้นักวิจัยทั้งหลายที่ต้องการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลเพื่อศึกษาลักษณะการกระจายของข้อมูลในด้านต่าง ๆ ได้เลือกใช้สถิติทดสอบได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

3.3 การเผยแพร่ผลงาน

ผู้วิจัยจะนำผลงานที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ในรูปแบบวารสารระดับนานาชาติ

4. ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง แบบเดิมและแบบปรับปรุง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสถิติทดสอบต่าง ๆ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย และเบ้ขวา โดยใช้ข้อมูลจากการจำลองตามการแจกแจงที่กำหนด และเมื่อทราบถึงประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบต่าง ๆ แล้วจะนำสถิติที่มีประสิทธิภาพในสถานการณ์ต่าง ๆ มาทำการทดสอบการแจกแจงข้อมูลความเร็วลม ในสถานที่ต่าง ๆ ของประเทศ เพื่อประเมินศักยภาพในการใช้เป็นพลังงานทดแทนต่อไป

4.1 สถิติทดสอบที่ใช้เปรียบเทียบการทดสอบการแจกแจงในงานวิจัยนี้มี 4 สถิติการทดสอบ ได้แก่

4.1.1 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง $\left(A^2\right)$ ที่ถูกเสนอโดย Anderson และ Darling (1954)

4.1.2 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad ที่พิจารณาการแจกแจงเบ้ขวา $\left(AU^2\right)$ ที่ถูกเสนอโดย Ahmad et al. (1988)

4.1.3 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang $\left(Z_A\right)$ ที่ถูกเสนอโดย Zhang (2002)

4.1.4 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk ที่พิจารณาการแจกแจงเบ้ขวา $\left(Z_{AU}\right)$ ที่ถูกเสนอโดย Saethow และ Neamvonk (2014)

4.2 การแจกแจงที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ การแจกแจงล็อกนอร์มัล การแจกแจงไวบูล และ การแจกแจงแกมมา

4.3 ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ คือ 10, 20, 30, 50 และ 100

4.4 ระดับนัยสำคัญที่ใช้ คือ 0.01, 0.05 และ 0.1

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.1 การทดสอบภาวะสารูปดี

กำหนดให้ X เป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องสำหรับฟังก์ชันการแจกแจงสะสม $F(x)$ และ $X_1, X_2, \ldots$ เป็นตัวอย่างสุ่มของ X ซึ่งมีสถิติอันดับเป็น $X_{(1)}, X_{(2)}, \ldots$ โดยมีการทดสอบสมมติฐานหลัก

$$H_0 : F(x) = F_0(x) \quad \text{สำหรับทุกค่าของ } x$$

และสมมติฐานทางเลือก

$$H_a : F(x) \neq F_0(x) \quad \text{สำหรับบางค่าของ } x$$

โดยที่ $F_0(x)$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมที่ตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ และ $x \in (-\infty, \infty)$

Zhang (2002) แสดงให้เห็นว่าตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานจะอยู่ในรูป

$$Z = \int_{-\infty}^{\infty} Z_x \, dw(x) \tag{1}$$

$$Z_{\max} = \sup_{x \in (-\infty, \infty)} \{ Z_x w(x) \} \tag{2}$$

โดยที่ $w(x)$ เป็นฟังก์ชันถ่วงน้ำหนัก และ Z_x ถูกแทนที่ด้วยสถิติทดสอบไคกำลังสอง $\left(\chi_x^2\right)$ และสถิติอัตราส่วนความควรจะเป็น $\left(G_x^2\right)$ ดังนี้

$$\chi_x^2 = \frac{n\{F_n(x) - F_0(x)\}^2}{F_0(x)\{1 - F_0(x)\}} \tag{3}$$

และ

$$G_x^2 = 2n\left[F_n(x) \log\left\{ \frac{F_n(x)}{F_0(x)} \right\} + \{1 - F_n(x)\} \log\left\{ \frac{1 - F_n(x)}{1 - F_0(x)} \right\} \right] \tag{4}$$

โดยที่ $F_n(x)$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงของตัวอย่าง $X_1, X_2, \ldots$

$F_0(x)$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงที่สนใจจากสมมติฐาน

1.2 สถิติทดสอบภาวะสารูปดีที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling test : A^2) เป็นสถิติทดสอบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และยังเป็นสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูงเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ และไม่มีการแจกแจงปรกติ โดยตัวสถิติทดสอบนี้ได้จากการแทน Z_x ในสมการ (1) ด้วย χ_x^2 ในสมการ (3) และกำหนดให้ $dw(x) = dF_0(x)$ จะได้

$$
\begin{aligned}
A^2 &= \int_{-\infty}^{\infty} Z_x dw(x) \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} \chi_x^2 dw(x) \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{n\{F_n(x)-F_0(x)\}^2}{F_0(x)\{1-F_0(x)\}} dF_0(x)
\end{aligned}
$$

ดังนั้น

$$
A^2 = -\frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[\left(i-\frac{1}{2}\right)\log\left\{F_0\left(X_{(i)}\right)\right\}+\left(n-i+\frac{1}{2}\right)\log\left\{1-F_0\left(X_{(i)}\right)\right\}\right]-n \qquad (5)
$$

1.2.2 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad (Ahmad Modified Anderson-Darling test) Ahmad et al. (1988) ได้ปรับปรุงจากสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิม โดยปรับฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักให้กับค่าของสถิติตัวใหม่ โดยที่พิจารณาจากปลายหางของการแจกแจงและกำหนดฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักที่ปลายหางด้านบนและด้านล่าง

เมื่อพิจารณาการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย จะกำหนดให้ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักเป็น $dw(x)=\{1-F_0(x)\}dF_0(x)$ จะได้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad$\left(AL^2\right)$ ดังนี้

$$
\begin{aligned}
AL^2 &= \int_{-\infty}^{\infty} Z_x dw(x) \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} \chi_x^2 dw(x) \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{n\{F_n(x)-F_0(x)\}^2}{F_0(x)\{1-F_0(x)\}} \{1-F_0(x)\} dF_0(x)
\end{aligned}
$$

จะได้

$$
AL^2 = -\frac{3n}{2}+2\sum_{i=1}^{n}F_0\left(X_{(i)}\right)-\sum_{i=1}^{n}\left[\left(\frac{2i-1}{n}\right)\log\left\{F_0\left(X_{(i)}\right)\right\}\right] \qquad (6)
$$

เมื่อพิจารณาการแจกแจงแบบเบ้ขวา จะกำหนดให้ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักเป็น $dw(x)=F_0(x)dF_0(x)$ จะได้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad$\left(AU^2\right)$ ดังนี้

$$
\begin{aligned}
AU^2 &= \int_{-\infty}^{\infty} Z_x dw(x) \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} \chi_x^2 dw(x) \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{n\{F_n(x)-F_0(x)\}^2}{F_0(x)\{1-F_0(x)\}} F_0(x) dF_0(x)
\end{aligned}
$$

ดังนั้น

$$
AU^2 = \frac{n}{2} - 2\sum_{i=1}^{n} F_0\left(X_{(i)}\right) - \sum_{i=1}^{n}\left[\left\{2-\left(\frac{2i-1}{n}\right)\right\}\log\left\{1-F_0\left(X_{(i)}\right)\right\}\right] \qquad (7)
$$

1.2.3 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang (Zhang Modified Anderson-Darling test : Z_A) ได้พัฒนาสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิม ซึ่งใช้สถิติอัตราส่วนความควรจะเป็นและปรับฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักใหม่ โดยตัวสถิติทดสอบสามารถหาได้โดยการแทน Z_x ในสมการ (1) ด้วย G_x^2 ในสมการ (4) และกำหนดให้ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักเป็น $dw(x) = \frac{1}{F_n(x)\{1-F_n(x)\}} dF_n(x)$ จะได้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang ดังนี้

$$
\begin{aligned}
Z_A &= \int_{-\infty}^{\infty} Z_x dw(x) \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} G_x^2 dw(x) \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} 2n\left[F_n(x)\log\left\{\frac{F_n(x)}{F_0(x)}\right\} + \{1-F_n(x)\}\log\left\{\frac{1-F_n(x)}{1-F_0(x)}\right\}\right] \frac{1}{F_n(x)\{1-F_n(x)\}} dF_n(x)
\end{aligned}
$$

ดังนั้น

$$
Z_A = 2\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{n}{n-i+\frac{1}{2}}\log\left\{\frac{i-\frac{1}{2}}{nF_0\left(X_{(i)}\right)}\right\} + \frac{n}{i-\frac{1}{2}}\log\left\{\frac{n-i+\frac{1}{2}}{n\left\{1-F_0\left(X_{(i)}\right)\right\}}\right\}\right] \qquad (8)
$$

1.2.4 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow & Neamvonk (Modified Anderson-Darling test) Saethow & Neamvonk (2014) ได้มีการพัฒนาสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงจากการปรับฟังก์ชั่นถ่วงน้ำหนักของ Ahmad et al. (1988) และการปรับฟังก์ชั่นโดยใช้สถิติอัตราส่วนความน่าจะเป็นของ Zhang (2002) โดยตัวสถิติทดสอบสามารถหาได้โดยการแทน Z_x ในสมการ (1) ด้วย G_x^2 ในสมการ (4)

เมื่อพิจารณาการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย ซ้าย จะกำหนดให้ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักเป็น $dw(x)=\frac{1}{F_n(x)}dF_n(x)$

จะได้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow & Neamvonk (Z_{AL}) ดังนี้

$$\begin{aligned} Z_{AL} &= \int_{-\infty}^{\infty} Z_x dw(x) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} G_x^2 dw(x) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} 2n\left[F_n(x)\log\left\{\frac{F_n(x)}{F_0(x)}\right\}+\{1-F_n(x)\}\log\left\{\frac{1-F_n(x)}{1-F_0(x)}\right\}\right]\frac{1}{F_n(x)}dF_n(x) \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$Z_{AL}=2\sum_{i=1}^{n}\left[\log\left\{\frac{F_n\left(X_{(i)}\right)}{F_0\left(X_{(i)}\right)}\right\}+\frac{1-F_n\left(X_{(i)}\right)}{F_n\left(X_{(i)}\right)}\log\left\{\frac{1-F_n\left(X_{(i)}\right)}{1-F_0\left(X_{(i)}\right)}\right\}\right] \qquad (9)$$

โดยกำหนดให้ $F_n\left(X_{(i)}\right)=\frac{i-\frac{1}{2}}{n}$

เมื่อพิจารณาการแจกแจงแบบเบ้ขวา จะกำหนดให้ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักเป็น $dw(x)=\frac{1}{\{1-F_n(x)\}}dF_n(x)$

จะได้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow & Neamvonk (Z_{AU}) ดังนี้

$$\begin{aligned} Z_{AU} &= \int_{-\infty}^{\infty} Z_x dw(x) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} G_x^2 dw(x) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} 2n\left[F_n(x)\log\left\{\frac{F_n(x)}{F_0(x)}\right\}+\{1-F_n(x)\}\log\left\{\frac{1-F_n(x)}{1-F_0(x)}\right\}\right]\frac{1}{\{1-F_n(x)\}}dF_n(x) \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$Z_{AU}=2\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{F_n\left(X_{(i)}\right)}{1-F_n\left(X_{(i)}\right)}\log\left\{\frac{F_n\left(X_{(i)}\right)}{F_0\left(X_{(i)}\right)}\right\}+\log\left\{\frac{1-F_n\left(X_{(i)}\right)}{1-F_0\left(X_{(i)}\right)}\right\}\right] \qquad (10)$$

โดยกำหนดให้ $F_n\left(X_{(i)}\right)=\frac{i-\frac{1}{2}}{n}$

1.3 การแจกแจงที่เกี่ยวข้อง

1.3.1 การแจกแจงล็อกนอร์มัล

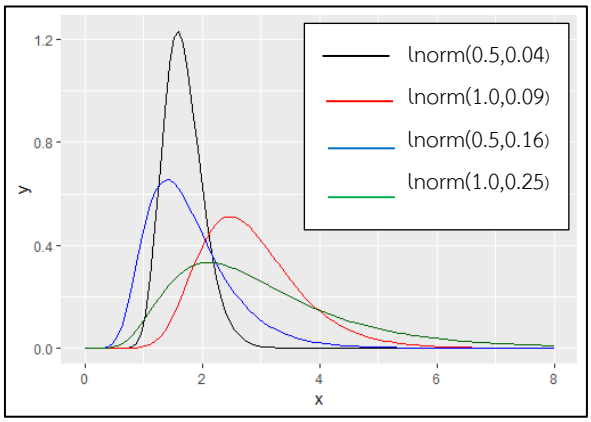
กำหนดให้ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล โดยที่มีพารามิเตอร์ขนาดเป็น $\mu > 0$ และพารามิเตอร์รูปร่างเป็น $\sigma^2 > 0$ จะได้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นความหนาแน่นของ X คือ

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{\left(-\dfrac{(\log x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)} & ; \quad x > 0 \\ 0 & ; \quad x \le 0 \end{cases}$$

โดยมี ค่าเฉลี่ย $E(X) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$

ค่าความแปรปรวน $V(X) = \left[e^{\sigma^2} - 1\right] e^{2\mu + \sigma^2}$

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ $\gamma_1 = \left(e^{\sigma^2} + 2\right)\sqrt{e^{\sigma^2} - 1}$



ภาพที่ 2.1 การแจกแจงล็อกนอร์มัล

1.3.2 การแจกแจงแกมมา

กำหนดให้ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงแกมมา โดยที่มีพารามิเตอร์ขนาดเป็น $\beta > 0$ และพารามิเตอร์รูปร่างเป็น $\alpha > 0$ จะได้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นความหนาแน่นของ X คือ

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^{\alpha}} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} & ; \quad x > 0 \\ 0 & ; \quad x \le 0 \end{cases}$$

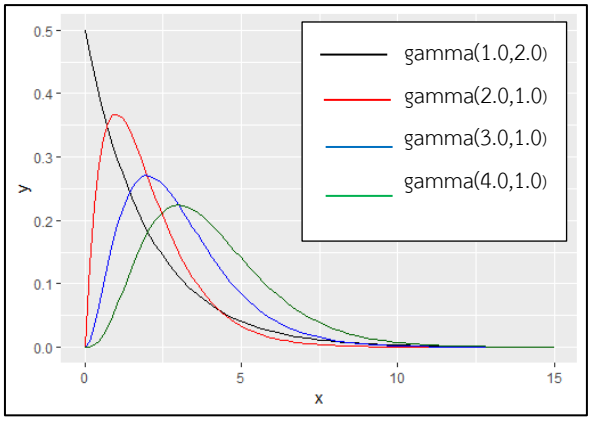
โดยมี ค่าเฉลี่ย $E(X) = \alpha\beta$

ค่าความแปรปรวน $V(X) = \alpha\beta^2$

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ $\gamma_1 = \dfrac{2}{\sqrt{\alpha}}$

$$\Gamma(\alpha)=\int_0^{\infty} x^{\alpha-1}e^{-x}dx=(\alpha-1)\Gamma(\alpha-1)$$

$$\Gamma(n)=(n-1)! \qquad n\in I^{+}$$



ภาพที่ 2.2 การแจกแจงแกมมา

1.3.3 การแจกแจงไวบูล

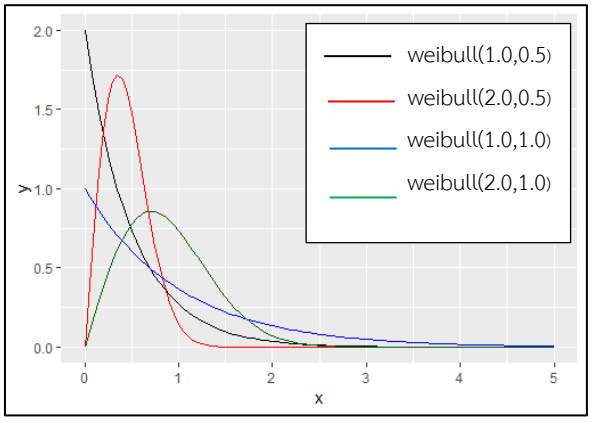
กำหนดให้ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงไวบูล โดยที่มีพารามิเตอร์ขนาดเป็น $\lambda>0$ และพารามิเตอร์รูปร่างเป็น $k>0$ จะได้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นความหนาแน่นของ X คือ

$$f(x)=\begin{cases}\dfrac{k}{\lambda}\left(\dfrac{x}{\lambda}\right)^{k-1}e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k}} & ;\ x\geq 0\\ 0 & ;\ x<0\end{cases}$$

โดยมี ค่าเฉลี่ย $E(X)=\lambda\Gamma\left(1+\dfrac{1}{k}\right)$

ค่าความแปรปรวน $V(X)=\lambda^2\left[\Gamma\left(1+\dfrac{2}{k}\right)-\left[\Gamma\left(1+\dfrac{1}{k}\right)\right]^2\right]$

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ $\gamma_1=\dfrac{\Gamma\left(1+\dfrac{3}{k}\right)\lambda^3-3\mu\sigma^2-\mu^3}{\sigma^3}$



ภาพที่ 2.3 การแจกแจงไวบูล

1.4 ความผิดพลาดแบบที่ 1

เกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงใหม่ และทดสอบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบใหม่นี้เปรียบเทียบกับสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงของ Ahmad โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบ

โดยทั่วไปในการทดสอบภาวะสารูปดีจะพบว่าผลการทดสอบที่ได้อาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ 1 คือ

1. ความผิดพลาดแบบที่ 1 เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (H_0) เมื่อสมมุติฐานหลัก (H_0) เป็นจริง ซึ่งความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดในลักษณะนี้ คือ ระดับนัยสำคัญ (α)

2. ความผิดพลาดแบบที่ 2 เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมุติฐานหลัก (H_0) เมื่อสมมุติฐานหลัก (H_0) เป็นเท็จ

ตารางที่ 1 การเกิดความผิดพลาดในการทดสอบ

สมมุติฐานหลัก (H_0)	ผลการทดสอบ	
	ยอมรับ	ปฏิเสธ
จริง	ตัดสินใจถูก	ความผิดพลาดแบบที่ 1
เท็จ	ความผิดพลาดแบบที่ 2	อำนาจการทดสอบ

ส่วนความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (H_0) เมื่อสมมุติฐานหลัก (H_0) เป็นเท็จ คือ อำนาจการทดสอบ $(1-\beta)$

ในงานวิจัยนี้นี้ใช้เกณฑ์ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ทั้งหมด 2 เกณฑ์ คือ

1. เกณฑ์ของ Cochran (Cochran, 1954)
2. เกณฑ์ของ Bradley (Bradley, 1978 อ้างถึงใน ศิริรัตน์ วงศ์ประกรณ์กุล, 2539)

ความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อ H_0 เป็นจริง ซึ่งจะแทนสัญลักษณ์ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ด้วย α โดยค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 $(\hat{\alpha})$ สามารถหาค่าได้ ดังนี้

$$\hat{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^{n} M_i}{n} \quad ; \quad M_i = \begin{cases} 0 \ ; \ Accept \ \ H_0 \\ \\ 1 \ ; \ Reject \ \ H_0 \end{cases}$$

โดยที่ M_i คือ การยอมรับหรือปฏิเสธสมมุติฐานหลักในครั้งที่ i เมื่อ H_0 เป็นจริง

n คือ จำนวนครั้งในการทดสอบสมมุติฐาน

1.5 กำลังการทดสอบ

กำลังการทดสอบ (Power of test) หมายถึง ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมติฐานหลัก $\left(H_0\right)$ เมื่อ H_0 ไม่เป็นจริง ซึ่งจะแทนสัญลักษณ์กำลังการทดสอบด้วย $1-\beta$ โดยค่าประมาณกำลังการทดสอบ $\left(1-\beta\right)$ สามารถหาค่าได้ ดังนี้

$$1-\beta = \frac{\sum_{i=1}^{n} M_i}{n} \quad ; \quad M_i = \begin{cases} 0 \ ; \ Accept \ \ H_0 \\ \\ 1 \ ; \ Reject \ \ H_0 \end{cases}$$

โดยที่ M_i คือ การยอมรับหรือปฏิเสธสมมุติฐานหลักในครั้งที่ i

n คือ จำนวนครั้งในการทดสอบสมมุติฐาน

1.6 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood method) เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ตัวหนึ่งหรือหลายตัวของประชากรที่ทำให้ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นของตัวอย่างสุ่มมีค่าสูงสุด ในกรณีที่สามารถหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นได้ และภายใต้เงื่อนไขตามเกณฑ์ กำหนดให้ให้ $x_1,\ldots$ เป็นตัวแปรสุ่ม และ $\underline{\theta} = \left(\theta_1,\ldots\right.$ เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า จะได้ตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของพารามิเตอร์คือผลเฉลยของสมการภาวะน่าเป็นดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial}{\partial\theta} \ln L\left(x_1,\ldots\right. = 0$$

เมื่อ $\quad \frac{\partial^2}{\partial\theta^2} \ln L\left(x_1,\ldots\right. < 0$

โดยที่ $\quad L\left(x_1,\ldots\right. \prod_{i=1}^{n} \ldots$

และ $\quad L\left(x_1,\ldots\right.$ คือ ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นของตัวอย่างสุ่ม

1.7 ความเร็วลม

1.7.1 ความหมายของลม

ลม เป็นการไหลเวียนของแก๊สในขนาดใหญ่ บนโลก ลมประกอบด้วยการเคลื่อนที่ของอากาศขนาดใหญ่ โดยทั่วไปการจำแนกประเภทของลมใช้ขนาดเชิงพื้นที่, ความเร็ว, ประเภทของแรงที่เป็นสาเหตุ, ภูมิภาคที่เกิด และผลกระทบ ในทางอุตุนิยมวิทยา ลมมักถูกเรียกชื่อตามพลังและทิศทาง ลมที่มีความเร็วสูงที่พัดมาสั้น ๆ เรียกว่า ลมกระโชก (Gust) ลมแรงที่มีระยะการเกิดปานกลาง (ประมาณหนึ่งนาที) เรียก ลมพายุฝน

(Squall) ส่วนลมที่มีระยะการเกิดนานนั้นมีหลายชื่อตามความแรงเฉลี่ย เช่น ลม (Breeze), เกล, พายุ, เฮอร์ริเคนและไต้ฝุ่น ลมเกิดขึ้นได้หลายขนาด ตั้งแต่พายุฝนฟ้าคะนองที่ไหลเวียนนานหลายสิบนาที ไปถึงลมท้องถิ่นที่เกิดจากการให้ความร้อนจากผิวดิน และเกิดนานไม่กี่ชั่วโมง ไปจนถึงลมทั่วโลกที่เกิดจากความแตกต่างในการดูดซับพลังงานจากดวงอาทิตย์ระหว่างเขตภูมิอากาศบนโลก สองสาเหตุหลักของวงรอบอากาศขนาดใหญ่เกิดจากการให้ความร้อนที่ต่างกันระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับขั้วโลก และการหมุนของดาวเคราะห์ (ปรากฏการณ์คอริออลิส) ในเขตร้อน วงรอบความร้อนต่ำเหนือภูมิประเทศและที่ราบสูงสามารถก่อให้เกิดวงรอบมรสุมได้ ในพื้นที่ชายฝั่ง วัฏจักรลมบก/ลมทะเลสามารถกำหนดลมท้องถิ่นได้ ในพื้นที่ซึ่งมีภูมิประเทศขึ้น ๆ ลง ๆ ลมภูเขาและหุบเขาสามารถมีอิทธิพลเหนือลมท้องถิ่นได้

1.7.2 ความเร็วลมและกำลังของกังหันลม

พลังงานที่ได้จากกังหันลม จะเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความเร็วลม แต่ความสัมพันธ์นี้ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงที่ความเร็วลมต่ำในช่วง 1 ถึง 3 เมตรต่อวินาที ในช่วงนี้กังหันลมจะยังไม่ทำงานจึงไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ที่ความเร็วลมระหว่าง 2.5 ถึง 5 เมตรต่อวินาที กังหันลมจะเริ่มทำงานเรียกช่วงนี้ว่า ช่วงเริ่มความเร็วลม (cut in wind speed) และที่ความเร็วลมช่วงประมาณ 12 ถึง 15 เมตรต่อวินาที เป็นช่วงที่เรียกว่า ช่วงความเร็วลม (nominal หรือ rate wind speed) ซึ่งเป็นช่วงที่กังหันลมทำงานอยู่บนพิกัดกำลังสูงสุดของตัวมันเอง และในช่วงเลยความเร็วลม (cut out wind speed) เป็นช่วงที่ความเร็วลมสูงกว่า 25 เมตรต่อวินาที กังหันลมจะหยุดทำงานเนื่องจากความเร็วลมสูงเกินไปซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อกลไกของกังหันลมได้ (สำนักนวัตกรรมไม้เศรษฐกิจ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553)

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Shawky and Bakoban (2009) ได้ศึกษาสถิติทดสอบภาวะสารูปดีที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงแกมมาวางนัยทั่วไป (Exponentiated Gamma Distribution) เมื่อไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ในกรณีที่ข้อมูลตัวอย่างเป็นข้อมูลที่สมบูรณ์และข้อมูลขาดหายประเภทที่ 2 โดยเปรียบเทียบอำนาจในการทดสอบของสถิติโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ, สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงและสถิติทดสอบ คราเมอร์-วอน มิเซส จากผลการทดสองพบว่าในกรณีที่ข้อมูลตัวอย่างเป็นข้อมูลที่สมบูรณ์และข้อมูลขาดหายประเภทที่ 2 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงจะมีประสิทธิภาพในการทดสอบมากที่สุดในบางระดับนัยสำคัญ

Abd-Elfatah, Hala, and Omima (2010) ทำการศึกษาสถิติทดสอบที่เหมาะสมในการทดสอบการแจกแจงเฟเชทวางนัยทั่วไป (Generalized Frechet Distribution) เมื่อไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ, สถิติทดสอบ คราเมอร์-วอน มิเซส, สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง, สถิติทดสอบ Watson และสถิติทดสอบของ Liao และ Shimokawa และประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximun likelihood) จากผลการวิจัยพบว่าโดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบของ Liao และ Shimokawa มีอำนาจในการทดสอบสูงที่สุดในบรรดาสถิติทดสอบทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ

Fard and Holmquist (2013) ได้ศึกษาสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบภาวะสารูปดีที่เหมาะสมสำหรับทดสอบการแจกแจงเอกซ์ทรีมวาลู (Extreme Value Distribution) ทำการศึกษาโดยเปรียบเทียบอำนาจในการทดสอบของสถิติทดสอบ B_n (Kinnison, 1989), สถิติทดสอบ แอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง, สถิติทดสอบของ Liao และ Shimokawa และสถิติทดสอบ D_{SP}^{+} (Michael, 1983) จากผลการจำลองสรุปได้ว่าในกรณีที่ศึกษาอำนาจในการทดสอบภายใต้ข้อมูลตัวอย่างที่มีการแจกแจงไวบูลล์, การแจกแจงลอกนอร์มัล, การแจก

แจงปรกติ สถิติทดสอบ B_n มีอำนาจในการทดสอบมากที่สุด ส่วนสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงจะมีอำนาจในการทดสอบมากที่สุดเมื่อศึกษาอำนาจการทดสอบภายใต้การแจกแจงคอชี (Cauchy Distribution) และลอกไคกำลังสอง (Log-chi-square) แต่อย่างไรก็ตามสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงจะมีอำนาจในการทดสอบที่สูงใกล้เคียงกันกับสถิติทดสอบอื่นๆ เมื่อขนาดของตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น

Ahamd, Sinclair, and Spurr (1990) ได้นำเสนอสถิตทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงใหม่สำหรับการแจกแจงเอกซ์ทรีมวาลูวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution) และการแจกแจงลอจิสติกวางนัยทั่วไป (Generalized Logistic Distribution) เมื่อไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ ซึ่งสถิติทดสอบใหม่นี้ให้ความสนใจไปยังปลายหางด้านบนหรือปลายหางด้านล่างของข้อมูลมากยิ่งขึ้น โดยเพิ่มฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักไปยังปลายหางด้านใดด้านหนึ่ง

Zhang and Wu (2005) ศึกษาสถิติทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการแจกแจงปรกติ โดยเปรียบเทียบอำนาจในการทดสอบสถิติทดสอบ Z_K , Z_A , Z_C (Zhang , 2002), สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง, สถิติทดสอบ Shapiro-Francia และสถิติทดสอบ D'Agostino ซึ่งทำการทดสอบภายใต้การแจกแจงที่หลากหลาย พบว่าสถิติทดสอบ Z_A และ Z_C มีอำนาจในการทดสอบที่ดีที่สุดเมื่อข้อมูลตัวอย่างมีการแจกแจงที่แตกต่างจากการแจกแจงที่มาจากสมมติฐาน

Shin, Jung, Jeong, and Heo (2011) ได้พัฒนาสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงใหม่ (Ahamd et al., 1990) สำหรับการทดสอบการแจกแจงเอกซ์ทรีมวาลูวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution) และการแจกแจงลอจิสติกวางนัยทั่วไป (Generalized Logistic Distribution) ซึ่งในที่นี้ทำการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง (shape parameter) โดยสนใจศึกษาเพียงแค่กรณีความเบ้เป็นบวก (positive skewess) โดยใช้วิธีโมเมนต์ความน่าจะเป็นแบบถ่วงน้ำหนัก (Probability Weighted Moments) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ จากนั้นเปรียบเทียบอำนาจในการทดสอบของสถิติทดสอบไคกำลังสอง, สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ, สถิติทดสอบคราเมอร์-วอน มิเซสและสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงใหม่ ซึ่งได้ผลว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงใหม่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

özmen (1993) ทำการปรับปรุงสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงสำหรับทดสอบการแจกแจงแกมมาเมื่อไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ โดยประมาณค่าพารามิเตอร์บ่งรูปร่างด้วยวิธีการประมาณค่าระยะทางต่ำสุด (minimum distance estimation) ส่วนค่าพารามิเตอร์บ่งขนาดประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีแบบภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood estimation) จากนั้นทำการเปรียบเทียบอำนาจในการทดสอบระหว่างสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงใหม่และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิมโดยพิจารณาจากการแจกแจงแกมมาในแต่ละค่าพารามิเตอร์ซึ่งได้ผลว่า สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงใหม่มีอำนาจในการทดสอบที่ดีกว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิมถึง 56%

ศรีอัมพร เร่บ้านเกาะ (2549) ทำการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบภาวะสารูปดีของสถิติบางตัวสำหรับการแจกแจงลอกนอร์มอลและไวบูลล์ โดยใช้สถิติทดสอบในการวิจัย คือ Anderson Darling Test Statistic (AD), Kuiper Test Statistic(K) , Ratio of Maximum Likelihoods Test Statistic (RML) และ Kolmogorov -Smirnov Test Statistic (KS) ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ การพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยใช้เกณฑ์ของ Cochran ผลปรากฏว่า ตัวสถิติทดสอบ RML สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด และโดยใช้เกณฑ์ของ Bradley ผลปรากฏว่าตัวสถิติทดสอบ KS สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจของการทดสอบของตัวสถิติทดสอบดังกล่าวผลปรากฏว่า ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ ทดสอบ RML มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ AD ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ K และ KS มีค่าต่ำสุดและใกล้เคียงกัน

Waesak, J. และคณะ (2011)การวิเคราะห์ข้อมูลลมเชิงสถิติ ที่ได้จากการวัดเป็นเวลา 12 เดือน ในช่วงเดือน มกราคม ถึง ธันวาคม 2008 ที่อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยข้อมูลลมเชิงสถิติถูกวิเคราะห์โดยใช้การแจกแจงไวบูลล์ เพื่อตรวจสอบพารามิเตอร์รูปร่างและพารามิเตอร์สเกลของการแจกแจง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์รูปร่างอยู่ในช่วง 1.1-2.8 m/s ในขณะที่พารามิเตอร์สเกลอยู่ในช่วง 2.27-5.94 m/s โดยที่ความเร็วลมต่อเดือนโดยเฉลี่ย อยู่ในช่วง 2.2-9.4m/s ค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ความสูง 20, 30 และ 40เมตร ที่คำนวณโดย WAsP9.0 มีค่าอยู่ในช่วง 2.4-7.8m/s, 2.7-8.3m/s และ 3.1-8.8m/s ตามลำดับ ความหนาแน่นของพลังงานต่อเดือนอยู่ในช่วง 5.8-480.3 W/m2 ซึ่งสอดคล้องกับระดับพลังงานของลม ตั้งแต่ระดับที่ต่ำมาก ถึงระดับดี ผลการศึกษาพบว่า ลมมีความแรงเพียงพอสำหรับการสร้างพลังงานทดแทนจะอยู่ในช่วงเดือน มกราคมถึงกรกฎาคม และ ในเดือนตุลาคม

Chang, T.P. (2010)ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันสำหรับการนำไปใช้อธิบายความเร็วลมและความหนาแน่นของพลังงานลม โดยใช้ bimodal mixture Weibull function (WW) และ Maximum Entropy Principle Distribution (MEP) เพื่อใช้เทียบกับ Weibull function เก็บข้อมูลความเร็วลมจากฟาร์ม 3 แห่งที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในไต้หวัน คือ ฟาร์ม Pingtung Penghu และTaoyuan โดยการวัดข้อมูลทุกๆ 10 นาที ตั้งแต่ปี 2006 ถึงปี 2008 และนำข้อมูลที่ได้มาตัดสินใจโดยใช้เกณฑ์ 4 แบบ คือ Kolmogorov-Smirnov test Chi-square error root mean square Errors และ Relative error ได้ผลสรุปว่า Mixture Weibull distribution (WW pdf) Maximum Entropy Principle Distribution (MEP pdf)สามารถอธิบายลักษณะของลมได้ดีกว่า Weibull function โดยเฉพาะเมื่อการกระจายลมเป็นแบบ 2humps สำหรับความเร็วลม mixture Weibull function (WW) มีประสิทธิภาพดีที่สุดในขณะที่ความหนาแน่นของพลังงานลม maximum entropy principle (MEP) มีประสิทธิภาพดีที่สุด

Zhang (2002) สร้างสถิติทดสอบภาวะสารูปดีตัวใหม่ โดยสร้างจากสถิติทดสอบแบบดั้งเดิมคือ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน–ดาร์ลิง (Anderson-Darling test) สถิติทดสอบคาแมร์-ฟอนมิส (Cramer-von Misses test) และ สถิติทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov test) จะได้สถิติทดสอบรูปแบบใหม่ คือ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุง (Zhang Modified Anderson-Darling test) สถิติคาแมร์-ฟอนมิสที่ปรับปรุง (Zhang Modified Cramer-von-Mises test) และ สถิติทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟที่ปรับปรุง (Zhang Modified Kolmogorov-Smirnov test) ซึ่งพบว่าสถิติทดสอบที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสถิติทดสอบแบบเดิม

Arshad ,Rasool & Ahmad (2003) ศึกษาการทดสอบตัวสถิติแอนเดอร์สัน–ดาร์ลิงแบบดั้งเดิม และแอนเดอร์สัน–ดาร์ลิงที่ปรับปรุงโดย Ahmad (Modified Anderson–Darling test) Ahmad et al. (1988) สำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution) ซึ่งเป็นการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยพิจารณาจากกำลังการทดสอบภาวะสารูปดีของการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป พบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน–ดาร์ลิงแบบดั้งเดิมดีกว่า สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน–ดาร์ลิงที่ปรับปรุงโดย Ahmad et al. (1988)

สายทอง แจ่มใจ (2547) ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบในการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี สำหรับการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง การแจกแจงปรกติ การแจกแจงล็อกนอร์มัล การแจกแจงเอกซ์โปแนนเชียล และการแจกแจงไวบูล โดยใช้สถิติทดสอบ 4 ตัว คือ สถิติทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ สถิติทดสอบเดลต้า-คอเรต-โคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (δ-corrected Kolmogorov–Smirnov) สถิติทดสอบไคกำลังสอง และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน–ดาร์ลิง ซึ่งพบว่าสถิติทดสอบไคกำลังสอง มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเมื่อทดสอบกับการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง การแจกแจงปกติ การแจกแจงเอกซ์โปแนนเชียล และการแจกแจง

ไวบูลล์ ส่วนสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน–ดาร์ลิงมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเมื่อทดสอบกับการแจกแจงลอกนอร์มอล

Hongjoon Shin , Younghun Jung , Changsam Jeong & Junhaeng Heo (2011) ศึกษาการประเมินสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน–ดาร์ลิงที่ปรับปรุงโดย Ahmad et al. (1988) สำหรับค่าสุดขีดนัยทั่วไปและการแจกแจงโลจิสติกนัยทั่วไป ซึ่งนำสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน–ดาร์ลิงที่ปรับปรุงโดย Ahmad (Modified Anderson–Darling test) มาเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบไคกำลังสอง สถิติทดสอบ สถิติทดสอบคาแมร์-ฟอนมิส และ สถิติทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ ซึ่งพบว่ากำลังการทดสอบสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน–ดาร์ลิงที่ปรับปรุงโดย Ahmad et al. (1988) มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าตัวสถิติทดสอบอื่น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการศึกษา

สำหรับงานวิจัยนี้ได้จำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลในการแจกแจงล็อกนอร์มัล และการแจกแจงไวบูล โดยทำการทดลองซ้ำๆกัน 200,000 ครั้งในการคำนวณค่าวิกฤต และ 10,000 ครั้งในการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กับกำลังการทดสอบ ด้วยโปรแกรม R

1. แผนการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดเงื่อนไขสมมุติฐานการทดสอบ และขอบเขตการศึกษาดังนี้

1. สมมุติฐานการทดสอบ

H_0 : ข้อมูลที่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล

H_a : ข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล

และ

H_0 : ข้อมูลทีมีการแจกแจงไวบูล

H_a : ข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงไวบูล

2. สถิติที่ใช้ในการทดสอบ

2.1 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงแบบดั้งเดิม $\left(A^2\right)$

2.2 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) ที่พิจารณาการแจกแจงแบบเบ้ขวา$\left(AU^2\right)$

2.3 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) $\left(Z_A\right)$

2.4 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) ที่พิจารณาการแจกแจงแบบเบ้ขวา $\left(Z_{AU}\right)$

3. ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ คือ 10, 20, 30, 50 100 และ 200

4. ระดับนัยสำคัญที่ใช้ คือ 0.01, 0.05 และ 0.10

5. ค่าพารามิเตอร์ในการศึกษานี้จะอ้างอิงค่ามาจากงานวิจัยต่อไปนี้

Islam, Chaichana, Dussadee, and Intaniwet (2017). Amaya-Martínez, Saavedra-Montes, and Arango-Zuluaga, (2014) Morgan, Lackner, Vogel, and Baise (2011) Shin, Jung, Jeong, and Heo, (2011) Waewsak, Chancham, Landry, and Gagnon, (2011) นิตยา วัฒนะ (2554) พรรณวิพา เพ็ชรสวัสดิ์ (2554) ลลิตา โรจนศิริพงษ์ (2554) และ ณัฐกิตติ์ โนรินทร (2555)

2. ขั้นตอนในการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษามีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 สร้างค่าวิกฤติสำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล และการแจกแจงไวบูล

1. สร้างข้อมูลจำลองที่มีลักษณะการแจกแจงตามที่ต้องการ โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ตามการแจกแจงที่ใช้ในการศึกษาวิจัยดังนี้

1.1 การแจกแจงล็อกนอร์มัลมีค่าพารามิเตอร์ μ และ σ^2 ดังนี้

- μ = 1.2721, σ^2 = 0.2557
- μ = 1.2779, σ^2 = 0.3074
- μ = 1.4775, σ^2 = 0.2246
- μ = 1.3407, σ^2 = 0.3407
- μ = 1.0237, σ^2 = 0.3803

1.2 การแจกแจงแกมมามีค่าพารามิเตอร์ α และ β ดังนี้

- α =1.423, β =0.905
- α =2.005, β =0.500
- α =3.118, β =0.319
- α =2.983, β =0.421
- α =5.523, β =1.422
- α =1.489, β =1.605
- α =1.823, β =6.432
- α =2.490, β =4.233
- α =0.361, β =20.314
- α =0.494, β =10.457
- α =1.423, β =0.905

1.3 การแจกแจงไวบูลมีค่าพารามิเตอร์ λ และ k ดังนี้

- λ = 3.612, k = 6.197
- λ = 5.660, k = 3.588
- λ = 3.630, k = 4.724
- λ = 1.980, k = 5.950
- λ = 1.690, k = 2.240
- λ = 2.770, k = 4.460
- λ = 2.400, k = 4.390
- λ = 1.860, k = 5.350
- λ = 2.590, k = 3.800
- λ = 1.760, k = 2.270
- λ = 1.360, k = 3.240
- λ = 1.460, k = 0.280
- λ = 18.0897, k = 4.7545
- λ = 18.3112, k = 4.4515
- λ = 18.0897, k = 4.7545
- λ = 18.9852, k = 4.5839
- λ = 16.7600, k = 4.0815
- λ = 16.2779, k = 3.7532

2. ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงล็อกนอร์มัล การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงไวบูลด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด จากนั้นนำไปแทนค่าในฟังก์ชันการแจกแจงที่สนใจศึกษา

3. คำนวณสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ

4. ทำการทดลองในขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 จำนวน 200,000 ครั้ง แล้วนำค่าสถิติมาเรียงลำดับจากน้อยไปมาก และหาค่าเปอร์เซ็นไทล์ ที่ 90 ,95 และ 99 ซึ่งเป็นค่าวิกฤติที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 ,0.05 และ 0.01 ตามลำดับ ในแต่ละตัวสถิติ

5. นำค่าวิกฤติที่ได้ในทุกพารามิเตอร์ที่มีขนาดตัวอย่างเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นตัวแทนค่าวิกฤติในแต่ละขนาดตัวอย่าง และทุกพารามิเตอร์

6. หาสมการแทนความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติที่และขนาดตัวอย่างในแต่ละระดับนัยสำคัญ เพื่อใช้ในการประมาณค่าวิกฤติสำหรับขนาดตัวอย่างค่าอื่น ๆ ที่ไม่ได้ทำการจำลอง

2.2 การคำนวณค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

1. สร้างข้อมูลจำลองที่มีลักษณะการแจกแจงตามที่ต้องการ โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ตามการแจกแจงที่ใช้ให้อยู่ในช่วงของพารามิเตอร์ที่ใช้สร้างค่าวิกฤต ได้แก่

1.1 การแจกแจงล็อกนอร์มัลมีค่าพารามิเตอร์ μ และ σ^2 ดังนี้

- μ = 1.1, σ^2 = 0.25
- μ = 1.2, σ^2 = 0.35
- μ = 1.3, σ^2 = 0.35
- μ = 1.4, σ^2 = 0.25

1.2 การแจกแจงแกมมามีค่าพารามิเตอร์ α และ β ดังนี้

- α =5.874, β =1.178
- α =2.313, β =2.680
- α =2.566, β =3.167
- α =2.748, β =2.035
- α =12.936, β =0.157
- α =3.190, β =9.262

1.3 การแจกแจงไวบูลมีค่าพารามิเตอร์ λ และ k ดังนี้

- λ = 16.5, k = 4.0
- λ = 17.0, k = 4.5
- λ = 0.29, k = 1.53
- λ = 0.30, k = 1.45
- λ = 3.63, k = 4.72
- λ = 5.66, k = 3.59
- λ = 3.78, k = 2.17
- λ = 4.05, k = 2.63
- λ = 2.61, k = 1.19

2. ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงล็อกนอร์มัลและไวบูลด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด จากนั้นนำไปแทนค่าในฟังก์ชันการแจกแจงที่สนใจศึกษา

3. คำนวณสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ

4. นำค่าสถิติที่คำนวณได้มาเทียบกับค่าวิกฤต เพื่อดูว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) โดยจะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าสถิติที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤต

5. ทำการทดลองในขั้นตอนที่ 1 – 3 ซ้ำกัน 10,000 ครั้ง

6. นับจำนวนครั้งที่ปฏิเสธ H_0 แล้วหารด้วย 10,000 จึงจะได้ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ

$$\hat{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^{10,000} I_i}{10,000} \quad ; \quad i = 1,2,...,10000$$

$$I_i = \begin{cases} 1 & ; \text{ ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก } (H_0) \\ 0 & ; \text{ ยอมรับสมมุติฐานหลัก } (H_0) \end{cases}$$

7. พิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยนำค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 $(\hat{\alpha})$ เทียบกับเกณฑ์ของ Cochran (1954) (อ้างอิงจาก ธนพงศ์ ก้องนภาสันติกุล, ธวัชชัย แตงทอง, ธารทิพย์ โนภาศ, นัฐกานต์ ปัตติสัย และสายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2561)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ค่า $\hat{\alpha}$ จะอยู่ในช่วง [0.007,0.015]
ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่า $\hat{\alpha}$ จะอยู่ในช่วง [0.040,0.060]
ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ค่า $\hat{\alpha}$ จะอยู่ในช่วง [0.080,0.120]

ถ้าค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Cochran (1954) แสดงว่าตัวสถิติทดสอบสามารถควบคุมค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

2.3 การคำนวณค่ากำลังการทดสอบ

1. สร้างข้อมูลจำลองที่ไม่ใช่ลักษณะการแจกแจงที่ศึกษา ซึ่งในที่นี้จะสร้างข้อมูลจำลองที่มีลักษณะการแจกแจงไวบูล และการแจกแจงแกมมาสำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล และสร้างข้อมูลจำลองที่มีลักษณะการแจกแจงล็อกนอร์มัล และการแจกแจงแกมมาสำหรับทดสอบการแจกแจงไวบูล โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ตามการแจกแจงที่ใช้โดยกำหนดจากงานวิจัยของ พรรณวิพา เพ็ชรสวัสดิ์ (2554) ลลิตา โรจนศิริพงษ์ (2554) และ คงขวัญ สุขีวงศ์ (2557) ได้แก่

1.1 การแจกแจงล็อกนอร์มัล

- μ = 2.7034, σ^2 = 0.6566
- μ = 1.3343, σ^2 = 0.3866
- μ = 1.2, σ^2 = 0.35

1.2 การแจกแจงไวบูล

- λ = 5.4457, k = 2.8380
- λ = 20.2815, k = 1.8328

1.3 การแจกแจงแกมมา

- α = 6.8276, β = 0.7106
- α = 9.3338, β = 1.5728
- α = 2.8474, β = 0.1584

2. ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงล็อกนอร์มัลและไวบูลด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด จากนั้นนำไปแทนค่าในฟังก์ชันการแจกแจงที่สนใจศึกษา

3. คำนวณสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ

4. นำค่าสถิติที่คำนวณได้มาเทียบกับค่าวิกฤต เพื่อดูว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) โดยจะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าสถิติที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤต

5. ทำการทดลองในขั้นตอนที่ 1 – 3 ซ้ำ ๆ กัน 10,000 ครั้ง

6. นับจำนวนครั้งที่ปฏิเสธ H_0 แล้วหารด้วย 10,000 จึงจะได้ค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ

$$power = \frac{\sum_{i=1}^{10,000} I_i}{10,000} \quad ; \quad i = 1,2,...,10000$$

$$I = \begin{cases} 1 & ; \text{ ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก } (H_0) \\ 0 & ; \text{ ยอมรับสมมุติฐานหลัก } (H_0) \end{cases}$$

7. พิจารณาเปรียบเทียบค่าประมาณกำลังการทดสอบ โดยนำค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งสถิติทดสอบที่มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุดจะแสดงว่าสถิติทดสอบนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

2.4 การประยุกต์ใช้กับข้อมูลความเร็วลม

นำสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดไปทดสอบกับสถานการณ์จริง เพื่อศึกษาการแจกแจงของข้อมูลความเร็วลม โดยเลือกใช้สถิติทดสอบที่เหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ ได้แก่ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) สำหรับการแจกแจงแบบเบ้ขวา ได้แก่ การแจกแจงล็อกนอร์มัล และ การแจกแจงไวบูล โดยสร้างตารางค่าวิกฤตสำหรับสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบของการแจกแจงล็อกนอร์มัล และ การแจกแจงไวบูล จากนั้นทำการเปรียบเทียบการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ ซึ่งทำการศึกษาข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 30, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.1

กำหนดสัญกรณ์ต่าง ๆ สำหรับใช้ในงานวิจัย

A^2 คือ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง

AU^2 คือ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988)

Z_A คือ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang (2002)

Z_{AU} คือ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014)

α คือ ระดับนัยสำคัญ

n คือ ขนาดตัวอย่าง

ค่าตัวหนา คือ ค่าประมาณกำลังการทดสอบที่มีค่าสูงที่สุด ในแต่ละขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้

การนำเสนอผลการวิจัยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ
2. ความสามารถในการควบคุมค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
3. ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ
4. การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลความเร็วลม

1. ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) สำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล การแจกแจงแกมมา และ การแจกแจงไวบูล ตามขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญที่ได้กำหนดไว้

จากขั้นตอนการสร้างค่าวิกฤติสำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงไวบูล ดังแสดงในบทที่ 3 ค่าวิกฤตจะมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละชุดพารามิเตอร์เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน และที่ระดับนัยสำคัญเดียวกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบนั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงนั้น (ดังแสดงในภาคผนวก) จึงนำค่าวิกฤตในแต่ละชุดพารามิเตอร์มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนค่าวิกฤติในขนาดตัวอย่างนั้น ๆ ซึ่งจะแสดงค่าวิกฤตที่ได้ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบสำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.9740	0.5085	8.3652	4.6421	0.7237	0.3750	5.6179	3.0248	0.6141	0.3158	4.4851	2.3627
20	1.0060	0.5299	11.3942	6.5690	0.7384	0.3840	7.8146	4.3190	0.6235	0.3208	6.3193	3.3799
30	1.0130	0.5344	13.2150	7.8211	0.7424	0.3860	9.1554	5.1592	0.6253	0.3221	7.4702	4.0389
50	1.0244	0.5402	15.5738	9.4978	0.7461	0.3887	10.9549	6.2729	0.6276	0.3234	8.9994	4.9032
100	1.0277	0.5432	19.0076	11.9964	0.7488	0.3898	13.5278	7.8431	0.6288	0.3241	11.1809	6.1480
200	1.0278	0.5454	22.5588	14.5394	0.7490	0.3900	16.1101	9.4052	0.6289	0.3243	13.3728	7.3635

ตารางที่ 2 ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบสำหรับทดสอบการแจกแจงแกมมา

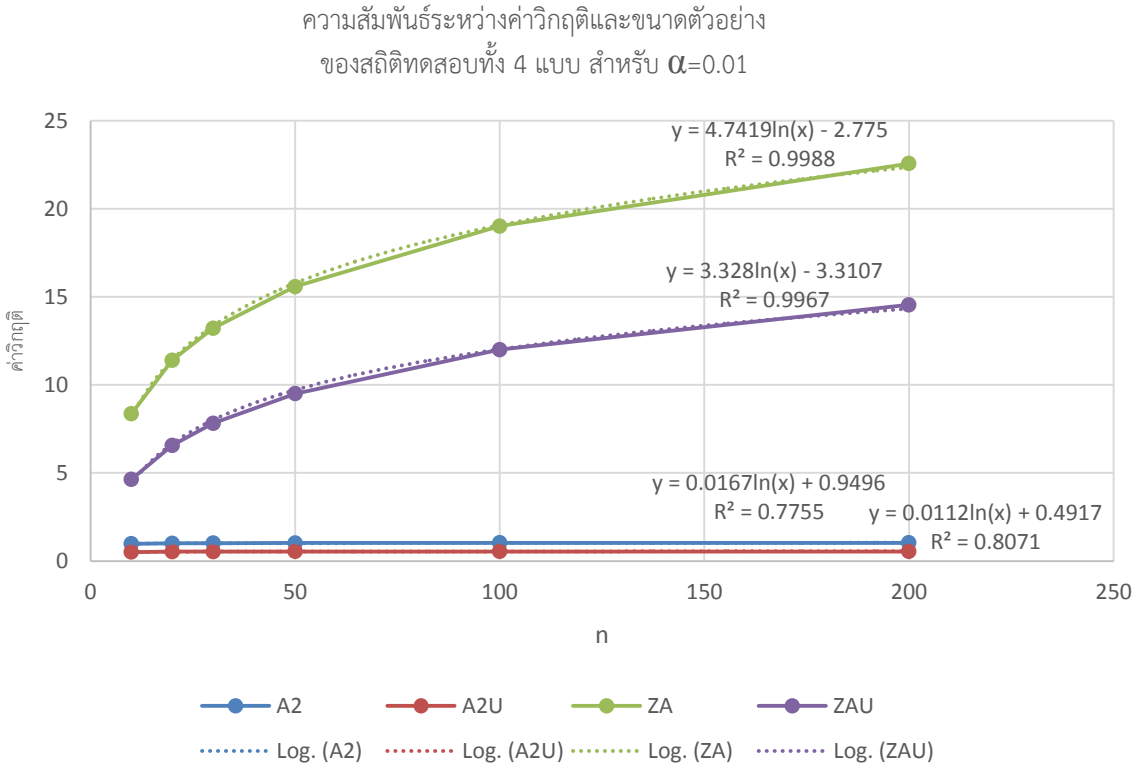
n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	1.0112	0.5236	8.2686	4.4977	0.7445	0.3831	5.5504	2.9232	0.6293	0.3214	4.4424	2.2864
20	1.0509	0.5495	11.2669	6.3735	0.7652	0.3953	7.7279	4.1727	0.6424	0.3288	6.2518	3.2705
30	1.0641	0.5577	13.0172	7.5678	0.7706	0.3987	9.0581	4.9871	0.6459	0.3311	7.3930	3.9078
50	1.0732	0.5635	15.3655	9.2200	0.7755	0.4011	10.8309	6.0736	0.6487	0.3325	8.9091	4.7629
100	1.0782	0.5667	18.7300	11.6002	0.7776	0.4025	13.3301	7.6054	0.6502	0.3334	11.0511	5.9674
200	1.0834	0.5691	22.3343	14.0995	0.7803	0.4046	15.9549	9.1881	0.6528	0.3346	13.2656	7.2179

ตารางที่ 3 ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบสำหรับทดสอบการแจกแจงไวบูล

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.9807	0.4698	8.6625	3.7066	0.7262	0.3496	5.8030	2.4822	0.6153	0.2957	4.6238	1.9785
20	1.0107	0.4950	11.7403	5.3731	0.7416	0.3612	8.0264	3.5743	0.6251	0.3029	6.4734	2.8327
30	1.0247	0.5037	13.6234	6.4539	0.7471	0.3651	9.4029	4.2983	0.6285	0.3051	7.6365	3.4026
50	1.0283	0.5080	16.0765	7.9344	0.7501	0.3672	11.1933	5.2830	0.6308	0.3066	9.1578	4.1806
100	1.0392	0.5135	19.5367	10.1391	0.7536	0.3698	13.7321	6.7370	0.6330	0.3081	11.3064	5.3159
200	1.0394	0.5149	23.1673	12.5546	0.7538	0.3708	16.2986	8.2221	0.6330	0.3085	13.4660	6.4958

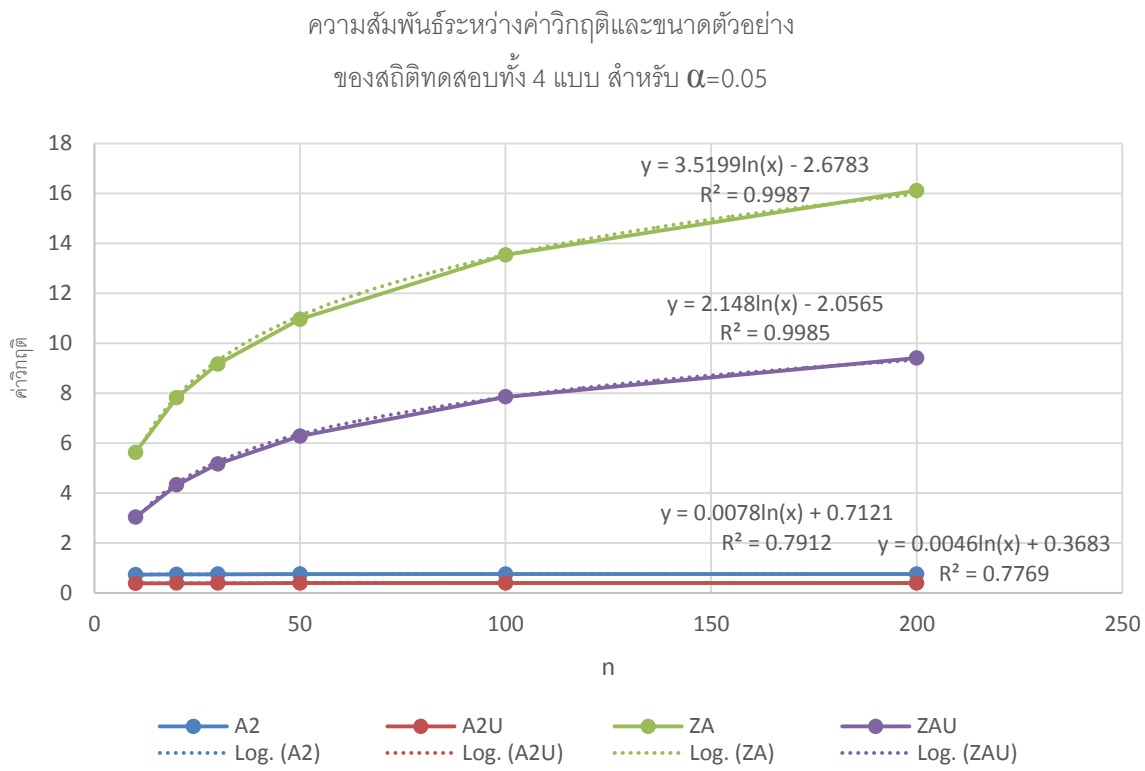
จากตารางที่ 1 ถึง 3 แสดงค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบสำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงไวบูล จะเห็นได้ว่าในระดับนัยสำคัญที่เท่ากัน ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบจะขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ

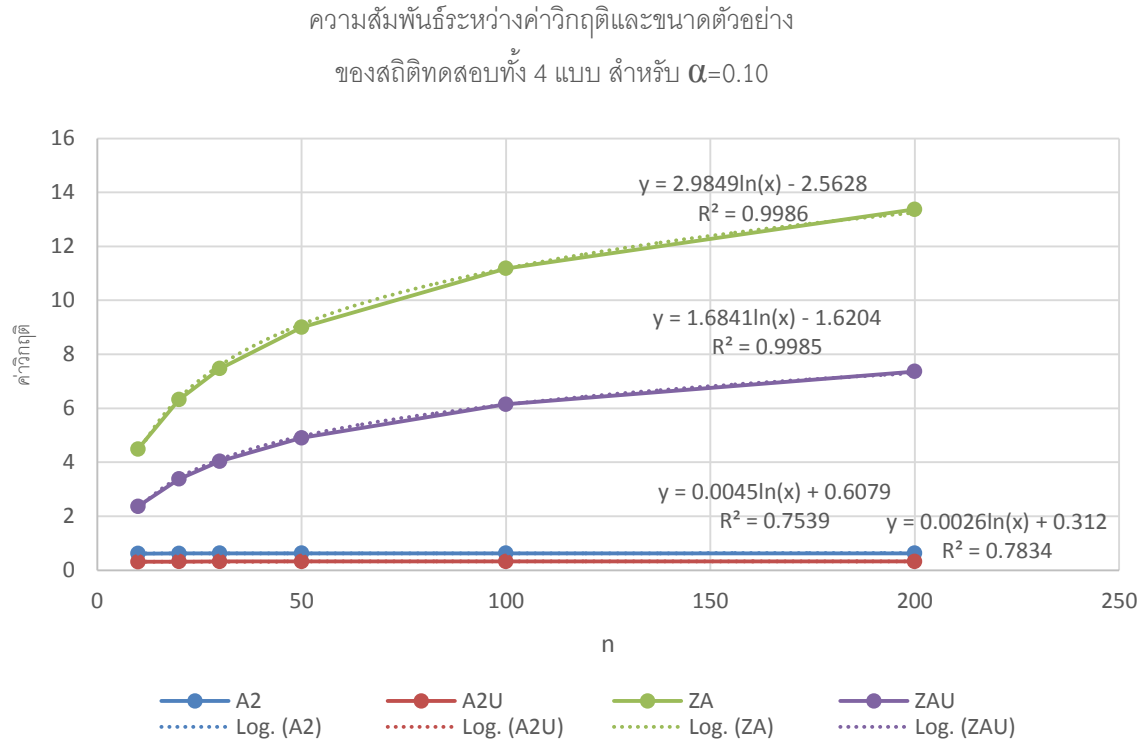


ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล เมื่อ α=0.01

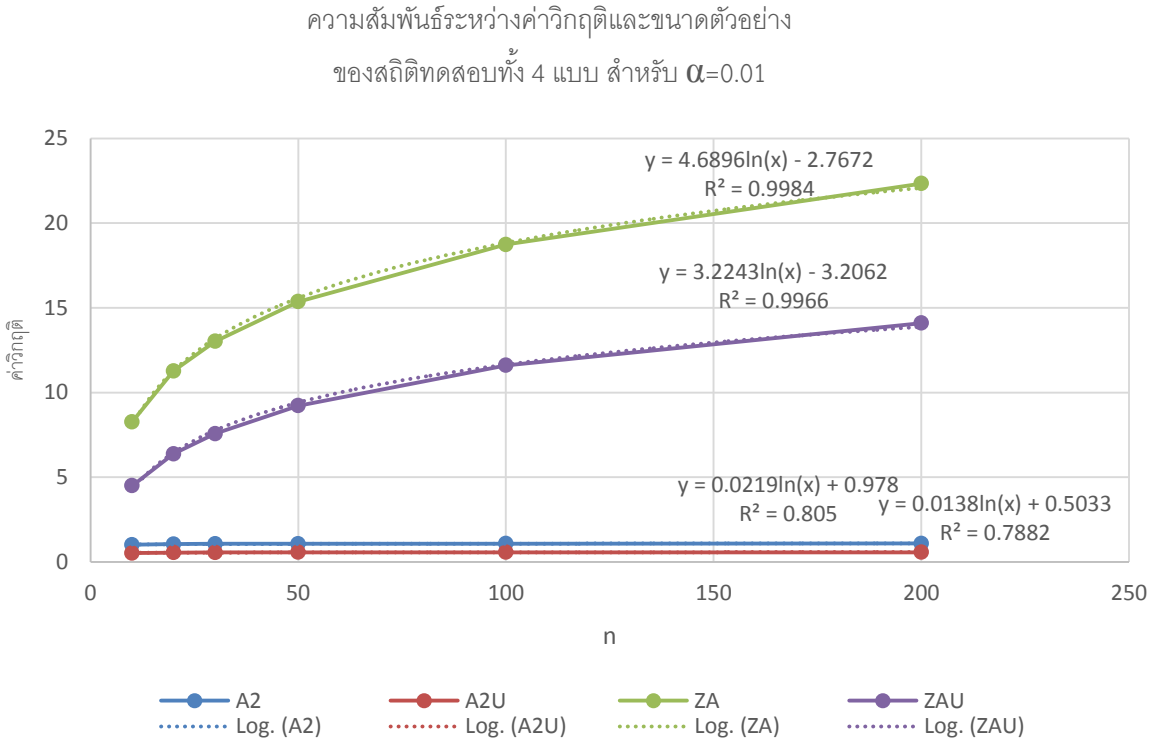
ภาพที่ 4.1-4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล (4.1-4.3) การแจกแจงแกมมา (4.4-4.6) และการแจกแจงไวบูล (4.7-4.9) เมื่อระดับนัยสำคัญเป็น 0.01 0.05 และ 0.10 เพื่อใช้ในการประมาณค่าวิกฤติเมื่อขนาดตัวอย่างมีค่าเป็นค่าอื่น ๆ ที่ไม่ได้ทำการจำลองไว้ ซึ่งสมการที่ประมาณขึ้นมีค่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่มีค่าสูงมาก



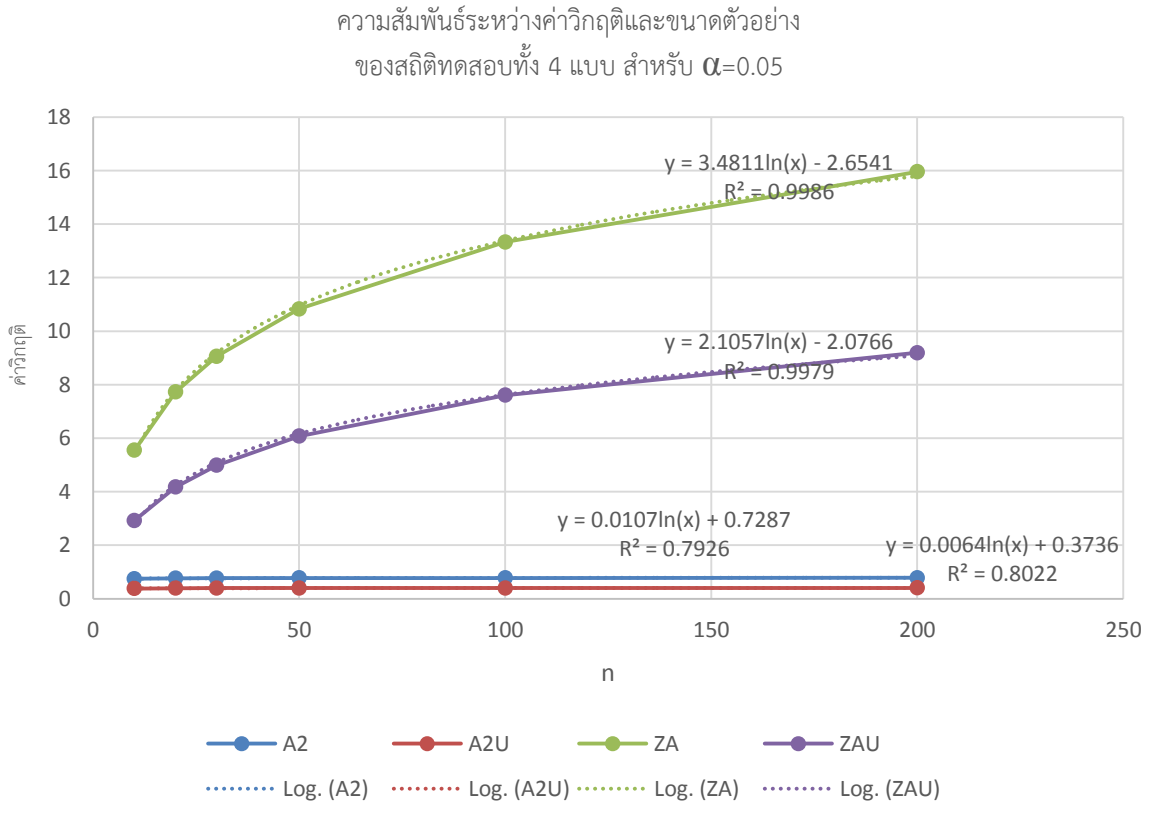
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล เมื่อ α=0.05



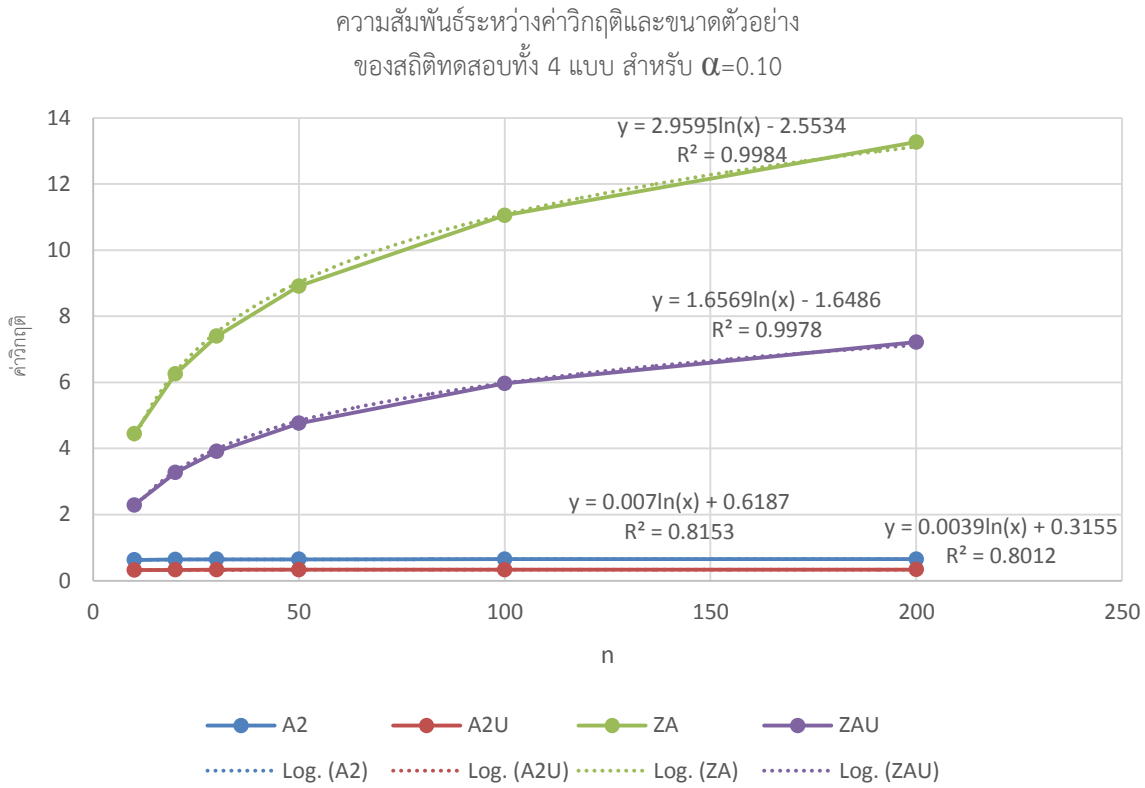
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล เมื่อ α=0.10



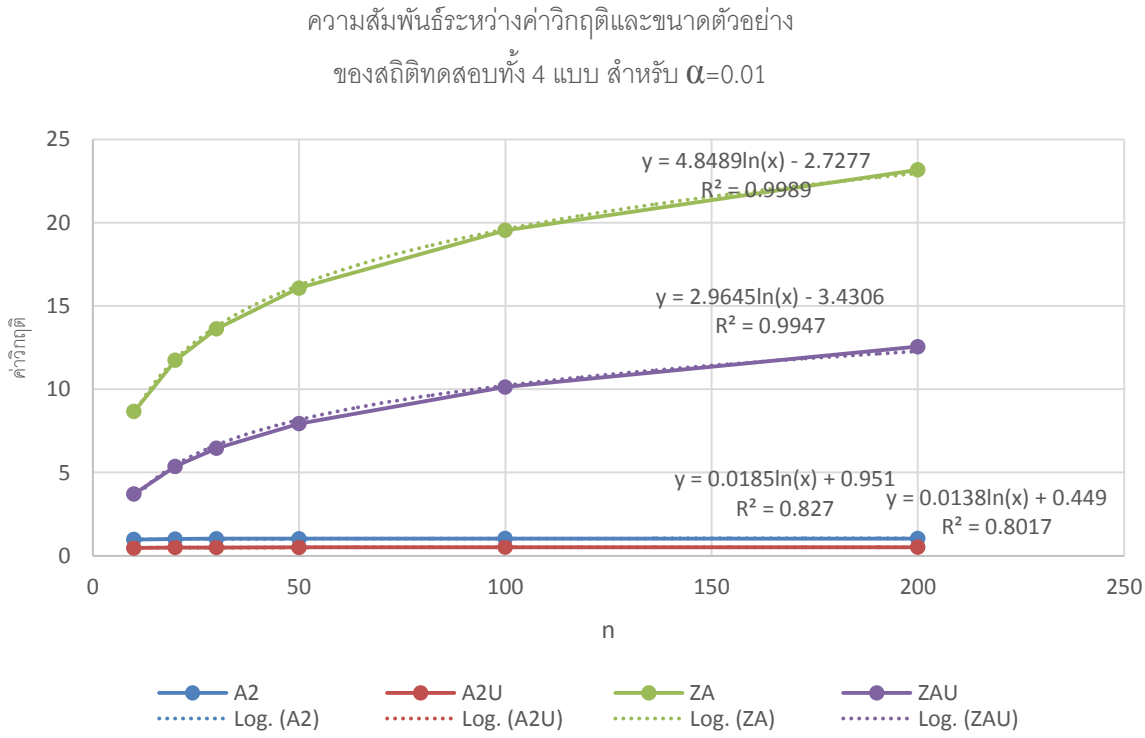
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบการแจกแจงแกมมา เมื่อ α=0.01



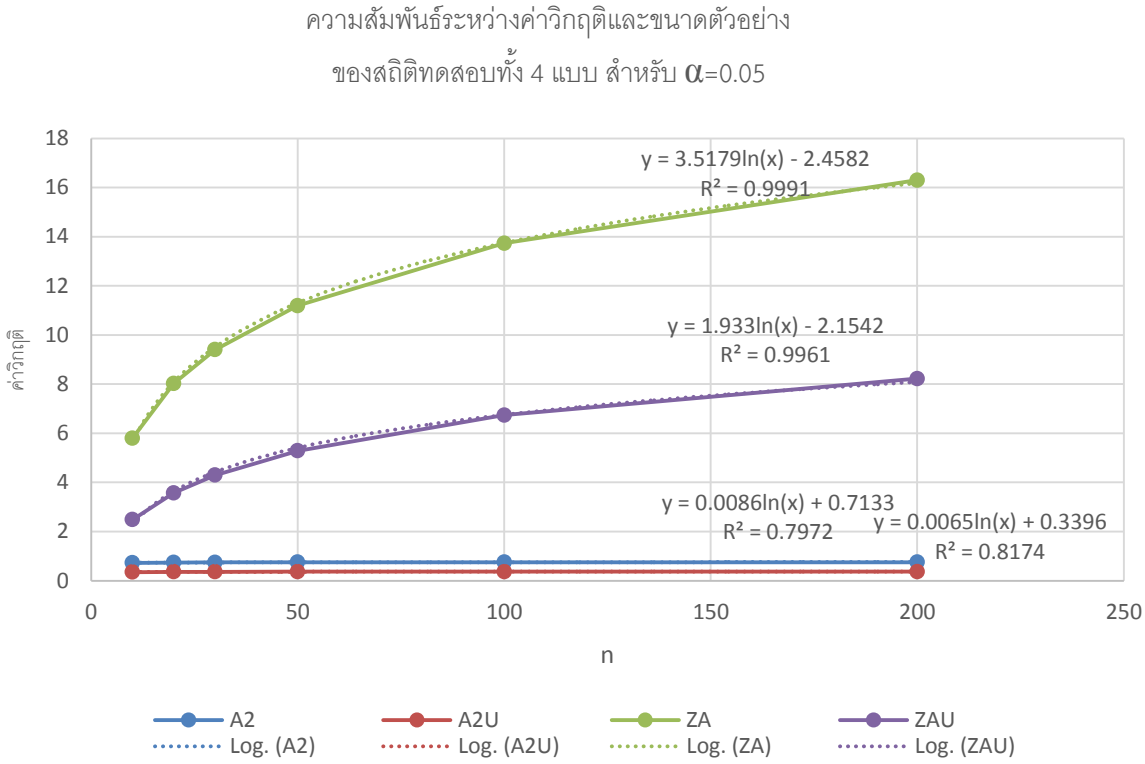
ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบการแจกแจงแกมมา เมื่อ α=0.05



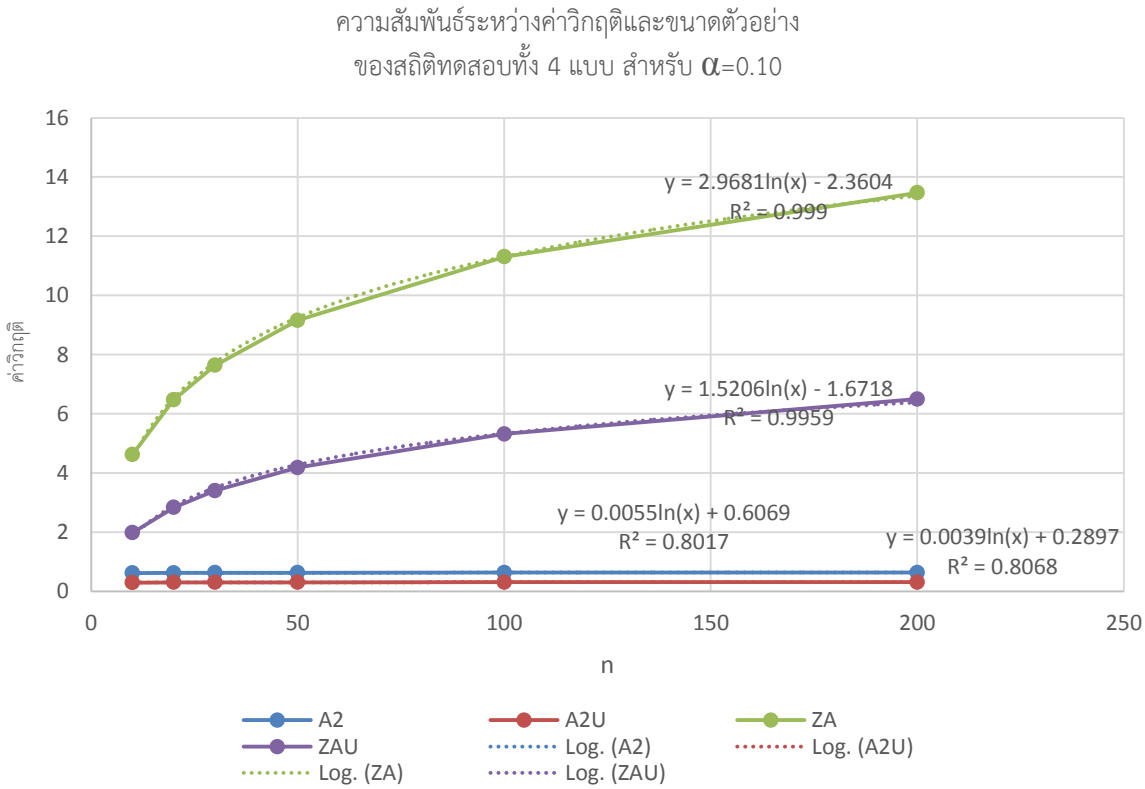
ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบการแจกแจงแกมมา เมื่อ α=0.10



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบการแจกแจงไวบูล เมื่อ α=0.01



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบการแจกแจงไวบูล เมื่อ α=0.05



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิกฤติและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบการแจกแจงไวบูล เมื่อ α=0.10

2. ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) สำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัลและการแจกแจงไวบูลตามขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญที่ได้กำหนดไว้

จากขั้นตอนในการคำนวณค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (ดังแสดงในบทที่ 3) เพื่อนำมาเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 การทดสอบ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของ Cochran (1954)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ค่า $\hat{\alpha}$ จะอยู่ในช่วง [0.007,0.015]
ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่า $\hat{\alpha}$ จะอยู่ในช่วง [0.040,0.060]
ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ค่า $\hat{\alpha}$ จะอยู่ในช่วง [0.080,0.120]

ถ้าค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Cochran (1954) แสดงว่าตัวสถิติทดสอบนั้นมีความสามารถในการควบคุมค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ส่วนถ้าค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Cochran (1954) แสดงว่าตัวสถิติทดสอบนั้นไม่มีความสามารถในการควบคุมค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ซึ่งจะแสดงผลการทดสอบได้ในตารางที่ 4 ถึง 6

ตารางที่ 4 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ สำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Lognormal (1.1,0.25)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0102	0.0108	0.0105	0.0122	0.0510	0.0507	0.0491	0.0513	0.1019	0.0979	0.1005	0.1022
20	0.0091	0.0093	0.0083	0.0097	0.0530	0.0521	0.0527	0.0529	0.1027	0.1030	0.1056	0.1093
30	0.0091	0.0089	0.0094	0.0103	0.0483	0.0483	0.0495	0.0494	0.0958	0.0962	0.0976	0.0958
50	0.0090	0.0085	0.0100	0.0096	0.0523	0.0538	0.0515	0.0521	0.1003	0.1008	0.1003	0.1010
100	0.0098	0.0086	0.0092	0.0085	0.0522	0.0517	0.0488	0.0534	0.1006	0.0989	0.1010	0.0999
200	0.0111	0.0112	0.0103	0.0107	0.0537	0.0518	0.0525	0.0501	0.1011	0.1031	0.1011	0.1020
	Lognormal (1.2,0.35)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0101	0.0102	0.0096	0.0092	0.0480	0.0498	0.0472	0.0477	0.0975	0.0995	0.0979	0.1011
20	0.0100	0.0087	0.0106	0.0096	0.0512	0.0519	0.0545	0.0571	0.1045	0.1032	0.1035	0.1034
30	0.0115	0.0117	0.0106	0.0115	0.0524	0.0516	0.0517	0.0497	0.0995	0.1050	0.1060	0.1065
50	0.0107	0.0115	0.0121	0.0118	0.0496	0.0502	0.0519	0.0496	0.0987	0.0977	0.0993	0.0970
100	0.0106	0.0106	0.0106	0.0102	0.0514	0.0499	0.0540	0.0506	0.0998	0.1025	0.1036	0.0988
200	0.0100	0.0114	0.0107	0.0114	0.0488	0.0471	0.0507	0.0520	0.0993	0.0988	0.1013	0.1022

ตารางที่ 4 (ต่อ)

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Lognormal (1.3,0.35)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0084	0.0098	0.0088	0.0101	0.0507	0.0507	0.0500	0.0523	0.0981	0.0984	0.1017	0.1006
20	0.0104	0.0112	0.0099	0.0087	0.0465	0.0476	0.0466	0.0477	0.0965	0.1001	0.0969	0.0979
30	0.0096	0.0108	0.0112	0.0108	0.052	0.0524	0.0528	0.0503	0.1036	0.1062	0.1023	0.1015
50	0.0096	0.0096	0.0098	0.0098	0.0514	0.0478	0.0527	0.0521	0.1043	0.1025	0.1010	0.0996
100	0.0117	0.0119	0.0110	0.0111	0.0515	0.0516	0.0535	0.0543	0.0940	0.0953	0.1003	0.0943
200	0.0103	0.0092	0.0111	0.0103	0.0498	0.0504	0.0512	0.0497	0.098	0.1016	0.1007	0.0997
	Lognormal (1.4,0.25)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0082	0.0079	0.0075	0.0092	0.0475	0.0481	0.0508	0.0498	0.0979	0.0959	0.1000	0.1003
20	0.0096	0.0105	0.0092	0.0086	0.0525	0.0508	0.0488	0.0484	0.1009	0.1048	0.0981	0.0995
30	0.0101	0.0109	0.0094	0.0107	0.0487	0.0496	0.0479	0.0486	0.1012	0.1021	0.1003	0.1004
50	0.0108	0.0112	0.0100	0.0085	0.049	0.0489	0.0461	0.0480	0.0994	0.099	0.1009	0.0995
100	0.0088	0.0094	0.0094	0.0090	0.0486	0.0478	0.0452	0.0477	0.0973	0.0990	0.1000	0.0961
200	0.0093	0.0097	0.0085	0.0078	0.0514	0.0516	0.0462	0.0501	0.1019	0.0972	0.1015	0.1014

ตารางที่ 5 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบสำหรับทดสอบการแจกแจงแกมมา

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Gamma (5.8742, 1.1778)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0071	0.0074	0.0082	0.0094	0.0450	0.0463	0.0496	0.0551	0.0912	0.0982	0.0994	0.1086
20	0.0077	0.0075	0.0099	0.0112	0.0468	0.0459	0.0514	0.0528	0.0921	0.0929	0.0987	0.1077
30	0.0097	0.0088	0.0116	0.0121	0.0449	0.0438	0.0486	0.0518	0.0904	0.0914	0.1060	0.1093
50	0.0074	0.0076	0.0100	0.0093	0.0488	0.0499	0.0541	0.0557	0.0917	0.0951	0.0978	0.1032
100	0.0079	0.0079	0.0094	0.0113	0.0456	0.0453	0.0523	0.0526	0.0899	0.0931	0.0986	0.1051
200	0.0072	0.0081	0.0101	0.0117	0.0425	0.0448	0.0497	0.0529	0.0899	0.0877	0.0972	0.1040
n	Gamma (2.3127, 2.6804)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0088	0.0095	0.0100	0.0111	0.0449	0.0457	0.0455	0.0525	0.0906	0.0957	0.0984	0.1013
20	0.0083	0.0087	0.0100	0.0115	0.0455	0.0480	0.0533	0.0548	0.0972	0.0965	0.1041	0.1051
30	0.0073	0.0092	0.0086	0.0108	0.0439	0.0443	0.0499	0.0531	0.0938	0.0940	0.1015	0.1052
50	0.0083	0.0083	0.0086	0.0104	0.0470	0.0483	0.0529	0.0531	0.0903	0.0926	0.0998	0.1028
100	0.0104	0.0101	0.0125	0.0112	0.0410	0.0435	0.0508	0.0529	0.0916	0.0932	0.0974	0.1018
200	0.0080	0.0094	0.0083	0.0099	0.0503	0.0477	0.0527	0.0547	0.0898	0.0925	0.1009	0.1080

ตารางที่ 5 (ต่อ)

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Gamma (2.5656, 3.1673)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0072	0.0083	0.0098	0.0095	0.0446	0.0465	0.0506	0.0523	0.0950	0.0949	0.1000	0.1026
20	0.0082	0.0087	0.0102	0.0117	0.0474	0.0461	0.0525	0.0536	0.0930	0.0925	0.1021	0.1033
30	0.0080	0.0079	0.0098	0.0108	0.0477	0.0463	0.0487	0.0515	0.0911	0.0928	0.0980	0.1047
50	0.0073	0.0090	0.0093	0.0110	0.0461	0.0464	0.0527	0.0526	0.0946	0.0961	0.1034	0.1074
100	0.0084	0.0092	0.0098	0.0106	0.0463	0.0479	0.0519	0.0537	0.0978	0.1006	0.1061	0.1055
200	0.0081	0.0087	0.0096	0.0118	0.0483	0.0460	0.0519	0.0540	0.0925	0.0973	0.1028	0.1047
n	Gamma (2.7481, 2.0348)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0088	0.0092	0.0099	0.0115	0.0435	0.0452	0.0472	0.0522	0.0989	0.1013	0.1048	0.1061
20	0.0089	0.0077	0.0101	0.0104	0.0437	0.0465	0.0506	0.0550	0.0946	0.0944	0.1034	0.1060
30	0.0099	0.0093	0.0109	0.0141	0.0462	0.0450	0.0514	0.0532	0.0889	0.0909	0.0997	0.1023
50	0.0078	0.0084	0.0102	0.0106	0.0459	0.0489	0.0546	0.0555	0.0904	0.0940	0.1002	0.1073
100	0.0083	0.0089	0.0103	0.0113	0.0493	0.0485	0.0567	0.0535	0.0879	0.0914	0.0959	0.1008
200	0.0085	0.0094	0.0109	0.0139	0.0475	0.0486	0.0518	0.0569	0.0937	0.0945	0.0983	0.1002
n	Gamma (12.936, 0.1568)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0078	0.0094	0.0109	0.0119	0.0448	0.0453	0.0511	0.0557	0.0892	0.0887	0.1023	0.1052
20	0.0092	0.0101	0.0128	0.0123	0.0401	0.0432	0.0473	0.0535	0.0948	0.0970	0.1068	0.1161
30	0.0079	0.0077	0.0110	0.0111	0.0442	0.0476	0.0513	0.0565	0.0860	0.0905	0.1025	0.1064
50	0.0083	0.0082	0.0123	0.0135	0.0418	0.0422	0.0501	0.0564	0.0867	0.0875	0.0992	0.1066
100	0.0085	0.0084	0.0119	0.0110	0.0445	0.0459	0.0551	0.0539	0.0906	0.0917	0.1060	0.1050
200	0.0092	0.0085	0.0112	0.0098	0.0423	0.0437	0.0523	0.0534	0.0872	0.0914	0.1019	0.1066
n	Gamma (3.1897, 9.262)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0068	0.0080	0.0101	0.0124	0.0470	0.0479	0.0521	0.0529	0.0919	0.0919	0.0967	0.1025
20	0.0080	0.0097	0.0106	0.0121	0.0455	0.0484	0.0530	0.0537	0.0901	0.0880	0.0991	0.1018
30	0.0092	0.0087	0.0112	0.0097	0.0432	0.0420	0.0518	0.0512	0.0949	0.0943	0.1049	0.1054
50	0.0080	0.0079	0.0091	0.0091	0.0430	0.0454	0.0513	0.0509	0.0914	0.0930	0.1045	0.1070
100	0.0095	0.0092	0.0110	0.0121	0.0449	0.0464	0.0489	0.0494	0.0950	0.0953	0.1050	0.1136
200	0.0081	0.0077	0.0108	0.0102	0.0439	0.0437	0.0463	0.0504	0.0857	0.0901	0.0986	0.1052

ตารางที่ 6 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ สำหรับทดสอบการแจกแจงไวบูล

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Weibull (4,16.5)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0093	0.0087	0.0104	0.0100	0.0513	0.0514	0.0528	0.0548	0.1052	0.1019	0.1013	0.1011
20	0.0111	0.0106	0.0106	0.0096	0.0458	0.0483	0.0471	0.0493	0.1007	0.0994	0.0990	0.1000
30	0.0091	0.0095	0.0089	0.0099	0.0479	0.0492	0.0470	0.0500	0.1023	0.1037	0.1008	0.1009
50	0.0091	0.0094	0.0100	0.0083	0.0502	0.0499	0.0498	0.0510	0.1061	0.1020	0.0976	0.0994
100	0.0096	0.0091	0.0092	0.0088	0.0483	0.0482	0.0513	0.0497	0.1000	0.1030	0.0957	0.1016
200	0.0106	0.0093	0.0088	0.0103	0.0517	0.0500	0.0497	0.0478	0.0985	0.0978	0.1024	0.1009
n	Weibull (4.5,17)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0099	0.0084	0.0088	0.0094	0.0537	0.0551	0.0525	0.0558	0.1045	0.1023	0.1009	0.1034
20	0.0117	0.0095	0.0097	0.0090	0.0472	0.0505	0.0469	0.0508	0.0976	0.0979	0.1023	0.0992
30	0.0094	0.0088	0.0091	0.0087	0.0493	0.0496	0.0491	0.0537	0.0993	0.0973	0.0997	0.1017
50	0.0114	0.0111	0.0121	0.0116	0.0556	0.0542	0.0528	0.0516	0.1016	0.1032	0.1006	0.1024
100	0.0092	0.0089	0.0094	0.0109	0.0478	0.0485	0.0503	0.0522	0.1015	0.0996	0.1030	0.1020
200	0.0108	0.0089	0.0102	0.0088	0.0479	0.0508	0.0487	0.0503	0.1027	0.1008	0.0980	0.0950
n	Weibull (0.29,1.53)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0096	0.0105	0.0097	0.0102	0.0499	0.0508	0.0518	0.0504	0.1048	0.1051	0.1038	0.1050
20	0.0107	0.0092	0.0112	0.0090	0.0486	0.0520	0.0496	0.0518	0.1037	0.0999	0.1012	0.0970
30	0.0107	0.0108	0.0105	0.0124	0.0491	0.0505	0.0481	0.0485	0.0972	0.0969	0.0980	0.0967
50	0.0097	0.0084	0.0108	0.0109	0.0484	0.0525	0.0496	0.0484	0.1024	0.1041	0.1016	0.0963
100	0.0095	0.0087	0.0104	0.0109	0.0476	0.0446	0.0488	0.0499	0.0978	0.1016	0.0974	0.1009
200	0.0093	0.0094	0.0097	0.0080	0.0474	0.0513	0.0470	0.0481	0.0986	0.0992	0.0981	0.0981
n	Weibull (0.3,1.45)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0100	0.0097	0.0100	0.0106	0.0507	0.0494	0.0458	0.0489	0.1018	0.0991	0.1023	0.0956
20	0.0111	0.0107	0.0108	0.0105	0.0517	0.0525	0.0506	0.0509	0.1014	0.1005	0.0972	0.1020
30	0.0120	0.0104	0.0104	0.0088	0.0501	0.0503	0.0481	0.0504	0.1002	0.0973	0.1024	0.1019
50	0.0092	0.0088	0.0099	0.0103	0.0510	0.0543	0.0549	0.0522	0.0992	0.0973	0.0960	0.0936
100	0.0089	0.0096	0.0080	0.0102	0.0533	0.0533	0.0504	0.0528	0.0984	0.1005	0.0980	0.1010
200	0.0088	0.0083	0.0112	0.0104	0.0496	0.0517	0.0479	0.0468	0.1017	0.1059	0.0957	0.0959

ตารางที่ 6 (ต่อ)

n	Weibull (3.63,4.72)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0089	0.0098	0.0088	0.0092	0.0495	0.0498	0.0507	0.0519	0.0995	0.1009	0.0985	0.0964
20	0.0085	0.0078	0.0099	0.0091	0.0509	0.0523	0.0506	0.0507	0.1026	0.1046	0.1000	0.1011
30	0.0089	0.0093	0.0104	0.0091	0.0476	0.0502	0.0506	0.0506	0.1007	0.1012	0.1019	0.0982
50	0.0099	0.0097	0.0108	0.0097	0.0526	0.0507	0.0472	0.0468	0.0959	0.0940	0.0948	0.1010
100	0.0098	0.0103	0.0093	0.0080	0.0492	0.0491	0.0488	0.0505	0.1069	0.1008	0.0971	0.1009
200	0.0108	0.0113	0.0109	0.0107	0.0481	0.0477	0.0489	0.0469	0.0943	0.0982	0.1010	0.0984
n	Weibull (5.66,3.588)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0107	0.0116	0.0109	0.0106	0.0480	0.0480	0.0500	0.0489	0.1011	0.1030	0.1021	0.1049
20	0.0095	0.0090	0.0102	0.0087	0.0513	0.0497	0.0522	0.0512	0.1030	0.0975	0.0991	0.0991
30	0.0096	0.0106	0.0101	0.0099	0.0505	0.0488	0.0491	0.0478	0.1024	0.1041	0.0948	0.1003
50	0.0114	0.0107	0.0090	0.0092	0.0462	0.0485	0.0508	0.0474	0.0977	0.0972	0.1009	0.0997
100	0.0092	0.0110	0.0095	0.0102	0.0478	0.0508	0.0507	0.0458	0.0965	0.0973	0.0958	0.1007
200	0.0107	0.0102	0.0100	0.0095	0.0523	0.0510	0.0477	0.0525	0.1063	0.0978	0.0984	0.1011
n	Weibull (3.78,2.17)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0085	0.0097	0.0104	0.0105	0.0492	0.0524	0.0491	0.0514	0.1038	0.1080	0.0975	0.1047
20	0.0091	0.0105	0.0102	0.0102	0.0451	0.0463	0.0474	0.0493	0.0985	0.0981	0.0984	0.0995
30	0.0109	0.0097	0.0108	0.0100	0.0494	0.0498	0.0489	0.0496	0.0953	0.0964	0.0967	0.0992
50	0.0101	0.0097	0.0106	0.0109	0.0536	0.0531	0.0527	0.0532	0.1038	0.1012	0.1007	0.0985
100	0.0092	0.0100	0.0089	0.0093	0.0528	0.0523	0.0492	0.0512	0.0955	0.0960	0.0943	0.0894
200	0.0118	0.0119	0.0110	0.0088	0.0532	0.0532	0.0522	0.0522	0.1043	0.1065	0.1013	0.1026
n	Weibull (4.05,2.63)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0099	0.0106	0.0118	0.0102	0.0492	0.0483	0.0490	0.0482	0.1003	0.1001	0.0979	0.0981
20	0.0099	0.0089	0.0089	0.0092	0.0507	0.0516	0.0480	0.0491	0.0988	0.0997	0.1017	0.1010
30	0.0109	0.0109	0.0115	0.0103	0.0496	0.0488	0.0530	0.0529	0.0998	0.0990	0.1011	0.1003
50	0.0086	0.0102	0.0091	0.0088	0.0473	0.0509	0.0517	0.0480	0.1035	0.1056	0.0994	0.1004
100	0.0084	0.0091	0.0085	0.0103	0.0487	0.0496	0.0484	0.0491	0.1007	0.0990	0.1034	0.0982
200	0.0100	0.0089	0.0099	0.0110	0.0507	0.0515	0.0509	0.0486	0.1010	0.0970	0.0956	0.0940
n	Weibull (2.61,1.19)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0111	0.0105	0.0095	0.0105	0.0492	0.0479	0.0467	0.0474	0.1050	0.1009	0.1013	0.1048
20	0.0091	0.0098	0.0088	0.0099	0.0494	0.0530	0.0521	0.0496	0.0990	0.0981	0.1027	0.0985
30	0.0100	0.0097	0.0085	0.0089	0.0488	0.0488	0.0484	0.0477	0.0970	0.0975	0.0980	0.0981
50	0.0082	0.0097	0.0094	0.0094	0.0477	0.0501	0.0493	0.0505	0.1023	0.1056	0.1038	0.1022
100	0.0104	0.0106	0.0110	0.0103	0.0481	0.0479	0.0485	0.0495	0.0979	0.0954	0.0950	0.0986
200	0.0083	0.0086	0.0108	0.0115	0.0484	0.0516	0.0516	0.0497	0.1003	0.0992	0.1047	0.1003

จากตารางที่ 4 ถึง 6 จะเห็นได้ว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) มีค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 อยู่ในช่วงเกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ของ Cochran (1954) นั่นคือ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ มีความสามารถในการควบคุมค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.10

3. ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) สำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล และการแจกแจงไวบูลในทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.10

3.1 เมื่อทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล โดยมีสมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ

H_0 : ข้อมูลที่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล

H_a : ข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล

และกำหนดให้ H_a มีการแจกแจงดังต่อไปนี้

1. การแจกแจงไวบูล
2. การแจกแจงแกมมา

ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ เมื่อ H_a : ข้อมูลที่มีการแจกแจงไวบูล

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Weibull (2.8380,5.4457)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0506	0.0371	**0.0598**	0.0328	0.1389	0.1123	**0.1567**	0.1159	0.2141	0.1840	**0.2399**	0.1912
20	0.1276	0.0991	**0.1700**	0.1273	0.2766	0.2402	**0.3366**	0.2953	0.3738	0.3384	**0.4351**	0.4059
30	0.2198	0.1832	**0.2939**	0.2459	0.3986	0.3621	**0.4864**	0.4548	0.5086	0.4742	**0.5907**	0.5691
50	0.3915	0.3598	**0.5155**	0.4713	0.5969	0.5672	**0.7004**	0.6821	0.6993	0.6694	**0.7824**	0.6914
100	0.7489	0.7305	**0.8564**	0.8245	0.8862	0.8777	**0.9432**	0.9344	0.9317	0.9264	**0.9668**	0.9642
200	0.9811	0.9793	**0.9950**	0.9910	0.9965	0.9960	**0.9992**	0.9988	0.999	0.9986	**0.9998**	0.9996

ตารางที่ 7 (ต่อ)

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Weibull (1.8328,20.2815)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0488	0.0353	**0.0578**	0.0318	0.1417	0.1161	**0.1570**	0.1168	0.2182	0.1897	**0.2404**	0.1935
20	0.1235	0.0987	**0.1629**	0.126	0.2624	0.2314	**0.3242**	0.2898	0.3619	0.3282	**0.4272**	0.3981
30	0.2057	0.1733	**0.2762**	0.2336	0.3831	0.3470	**0.4689**	0.4314	0.4965	0.4567	**0.5772**	0.5518
50	0.3880	0.3532	**0.5097**	0.4681	0.5948	0.5634	**0.6966**	0.6767	0.6952	0.6722	**0.7846**	0.6863
100	0.7445	0.7226	**0.8617**	0.8257	0.8821	0.8737	**0.9459**	0.9409	0.9294	0.9240	**0.9699**	0.9688
200	0.9801	0.9789	**0.9956**	0.9915	0.9955	0.9955	**0.9989**	0.9986	0.9976	0.9980	**0.9996**	0.9994

จากตารางที่ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.10 พบว่า ในการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไวบูลสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด

ตารางที่ 8 ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 การทดสอบ เมื่อ H_a : ข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมา

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Gamma (6.8276,0.7106)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0143	0.0113	**0.0161**	0.0087	0.0624	0.0545	**0.0643**	0.0486	0.1176	0.1044	**0.1219**	0.0988
20	0.0231	0.0172	**0.0279**	0.0197	0.0771	0.0650	**0.0891**	0.0717	0.1369	0.1192	**0.1540**	0.1404
30	0.0276	0.0199	**0.0391**	0.0295	0.0914	0.0784	**0.1149**	0.0952	0.1574	0.1420	**0.1860**	0.1676
50	0.0435	0.0325	**0.0591**	0.0482	0.1289	0.1088	**0.1613**	0.1439	0.2056	0.1816	**0.2441**	0.2253
100	0.0811	0.0659	**0.1206**	0.0994	0.2084	0.1828	**0.2754**	0.2464	0.3117	0.2800	**0.3807**	0.3534
200	0.1840	0.1597	**0.2620**	0.2079	0.3762	0.3405	**0.4772**	0.4322	0.4937	0.4602	**0.5922**	0.5596
	Gamma (9.3338,1.5728)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0116	0.0102	**0.0129**	0.0103	0.0551	0.0519	**0.0571**	0.0483	0.1058	0.0987	**0.1077**	0.0980
20	0.0143	0.0130	**0.0168**	0.0129	0.0604	0.0514	**0.0644**	0.0597	0.1169	0.1052	**0.1243**	0.1128
30	0.0143	0.0108	**0.0213**	0.0166	0.0738	0.0641	**0.0799**	0.0732	0.1295	0.1194	**0.1431**	0.1299
50	0.0206	0.0178	**0.0280**	0.0263	0.0816	0.0708	**0.0998**	0.0945	0.1482	0.1305	**0.1664**	0.1611
100	0.0333	0.0285	**0.0510**	0.0491	0.1148	0.1020	**0.1470**	0.1393	0.1906	0.1732	**0.2360**	0.2218
200	0.1192	0.0991	**0.1759**	0.1469	0.2777	0.2496	**0.3648**	0.3293	0.3876	0.3602	**0.4811**	0.4452
	Gamma (2.8474,0.1584)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0225	0.0162	**0.0259**	0.0127	0.0804	0.0676	**0.0865**	0.0628	0.1365	0.1187	**0.1476**	0.1180
20	0.0418	0.0305	**0.0602**	0.0379	0.1257	0.1039	**0.1515**	0.1249	0.1994	0.1740	**0.2346**	0.2080
30	0.0645	0.0480	**0.0936**	0.0697	0.1642	0.1369	**0.2143**	0.1800	0.2575	0.2187	**0.3068**	0.2751
50	0.1095	0.0883	**0.1634**	0.1294	0.2520	0.2187	**0.3213**	0.2858	0.3517	0.3145	**0.4279**	0.3972
100	0.2494	0.2133	**0.3606**	0.2917	0.4520	0.4159	**0.5629**	0.5140	0.5699	0.5285	**0.6739**	0.6404
200	0.5533	0.5127	**0.6944**	0.6018	0.7576	0.7288	**0.8523**	0.8167	0.8383	0.8330	**0.9097**	0.8890

จากตารางที่ 8 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 พบว่า ในการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแกมมาสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด

3.2 เมื่อทดสอบการแจกแจงแกมมา โดยมีสมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ

H_0 : ข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมา

H_a : ข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงแกมมา

และกำหนดให้ H_a มีการแจกแจงดังต่อไปนี้

1. การแจกแจงล็อกนอร์มัล 2. การแจกแจงไวบูล

ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 9 และ 10

ตารางที่ 9 ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ เมื่อ H_a : ข้อมูลที่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Lognormal (2.7034,0.6566)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0239	0.0269	0.0304	**0.0406**	0.0796	0.0884	0.0950	**0.1129**	0.1396	0.1539	0.1593	**0.1808**
20	0.0409	0.0461	**0.0600**	0.0596	0.1327	0.143	**0.1667**	0.1639	0.2068	0.2192	**0.2448**	0.2419
30	0.0656	0.0714	**0.1002**	0.0817	0.1706	0.1797	**0.2213**	0.1915	0.2579	0.2663	**0.3137**	0.2762
50	0.1158	0.1179	**0.1803**	0.1205	0.2683	0.2725	**0.3575**	0.2688	0.3748	0.3761	**0.4649**	0.379
100	0.2816	0.258	**0.4001**	0.219	0.4934	0.4693	**0.6073**	0.4279	0.603	0.5848	**0.7085**	0.5544
200	0.6025	0.5544	**0.7391**	0.4456	0.8007	0.7628	**0.8833**	0.6896	0.8671	0.838	**0.9268**	0.7891
n	Lognormal (1.3343,0.3866)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0143	0.0163	0.0170	**0.0220**	0.0543	0.0609	0.0660	**0.0794**	0.1103	0.1205	0.1251	**0.1430**
20	0.0165	0.0203	0.0287	**0.0312**	0.0733	0.0856	0.0945	**0.0988**	0.1374	0.1507	0.1608	**0.1706**
30	0.0221	0.026	**0.0393**	0.0376	0.0822	0.0924	**0.1107**	0.1083	0.1518	0.1618	**0.1825**	0.1726
50	0.0324	0.0364	**0.0591**	0.0405	0.1113	0.1199	**0.1659**	0.1341	0.1868	0.1978	**0.2517**	0.2151
100	0.0699	0.0724	**0.1241**	0.0672	0.1878	0.1893	**0.2740**	0.1852	0.2841	0.2844	**0.3774**	0.2864
200	0.1603	0.1523	**0.2644**	0.1166	0.3598	0.338	**0.4782**	0.2970	0.4648	0.4455	**0.5818**	0.4207
n	Lognormal (1.2,0.35)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0116	0.0136	0.0148	**0.0206**	0.052	0.0595	0.0622	**0.0778**	0.1029	0.1141	0.1174	**0.138**
20	0.0169	0.0194	0.0263	**0.0291**	0.0634	0.0735	0.0789	**0.0846**	0.1178	0.1308	0.1416	**0.1486**
30	0.0234	0.0261	**0.0335**	0.0315	0.0788	0.0889	**0.1073**	0.1072	0.1372	0.154	0.1724	**0.1801**
50	0.0279	0.0323	**0.0527**	0.0367	0.0972	0.1091	**0.1408**	0.1138	0.1717	0.1792	**0.2194**	0.1879
100	0.0602	0.0618	**0.1013**	0.0523	0.1605	0.1622	**0.2334**	0.1571	0.2535	0.2568	**0.3257**	0.2522
200	0.1250	0.1171	**0.2110**	0.0897	0.2909	0.2766	**0.4034**	0.2555	0.4033	0.3887	**0.5075**	0.3589

ตารางที่ 10 ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ เมื่อ H_a : ข้อมูลที่มีการแจกแจงไวบูล

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Weibull (1.53, 0.29)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0153	0.0118	**0.0177**	0.0094	0.0621	0.0548	**0.0696**	0.0558	0.1199	0.1113	**0.1312**	0.1163
20	0.0236	0.0196	**0.033**	0.0225	0.0879	0.0772	**0.1087**	0.0957	0.156	0.1369	**0.1801**	0.1635
30	0.0321	0.0251	**0.0485**	0.0436	0.1113	0.0959	**0.1479**	0.1319	0.1867	0.1657	**0.2311**	0.2177
50	0.0592	0.0481	**0.087**	0.0795	0.1675	0.1449	**0.214**	0.1659	0.2577	0.2302	**0.3127**	0.3085
100	0.1343	0.117	**0.2021**	0.1919	0.3106	0.282	**0.3998**	0.3885	0.4238	0.4012	**0.5152**	0.5109
200	0.33	0.2985	**0.444**	0.4021	0.5693	0.5456	**0.6769**	0.6503	0.6892	0.669	**0.776**	0.7593
n	Weibull (4.724, 3.63)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0253	0.0204	**0.0346**	0.0191	0.0884	0.0753	**0.1087**	0.0836	0.1531	0.1364	**0.1796**	0.149
20	0.0554	0.0387	**0.0858**	0.0645	0.1498	0.1302	**0.2056**	0.1838	0.2342	0.2061	**0.3001**	0.2777
30	0.0866	0.0699	**0.1484**	0.1242	0.2273	0.1956	**0.3157**	0.2833	0.3294	0.2986	**0.4151**	0.3978
50	0.1652	0.1444	**0.2761**	0.244	0.3577	0.3257	**0.482**	0.411	0.4748	0.4464	**0.5837**	0.5796
100	0.4141	0.3894	**0.5934**	0.5465	0.6432	0.6227	**0.7804**	0.7643	0.7484	0.7344	**0.852**	0.8448
200	0.7988	0.7861	**0.9169**	0.8873	0.9239	0.917	**0.9756**	0.9697	0.9573	0.9537	**0.9883**	0.9847
n	Weibull (3.588, 5.66)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0214	0.0153	**0.0286**	0.0152	0.0800	0.0705	**0.1037**	0.077	0.1447	0.1249	**0.1717**	0.1453
20	0.0468	0.0358	**0.072**	0.0555	0.1387	0.119	**0.1809**	0.1615	0.2226	0.1934	**0.267**	0.2502
30	0.0731	0.0547	**0.1169**	0.0965	0.1926	0.1671	**0.2634**	0.2412	0.2965	0.2623	**0.3627**	0.3455
50	0.1247	0.1039	**0.2047**	0.1786	0.2971	0.2666	**0.4061**	0.3362	0.41	0.3833	**0.5174**	0.507
100	0.3259	0.2957	**0.4794**	0.4427	0.5423	0.5141	**0.6783**	0.6636	0.6638	0.6382	**0.7763**	0.7638
200	0.6888	0.6721	**0.8329**	0.7806	0.8594	0.8487	**0.9373**	0.9276	0.9179	0.9105	**0.9657**	0.9624

จากตารางที่ 9 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.10 พบว่า ในการทดสอบการแจกแจงแกมมา เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงล็อกนอร์มัลสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุดเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่าง 30 50 100 และ 200 และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow & Neamvonk (2014) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีค่าเป็น 10 และ 20

ตารางที่ 10 (ต่อ)

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Weibull (2.17, 3.78)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0117	0.0092	**0.0118**	0.0077	0.0540	0.0473	**0.0595**	0.0479	0.1082	0.1001	**0.1102**	0.1010
20	0.0134	0.0102	**0.0174**	0.0145	0.0606	0.0570	**0.0691**	0.0644	0.1175	0.1130	**0.1240**	0.1212
30	0.0175	0.0135	**0.0239**	0.0207	0.0729	0.0624	**0.0830**	0.0791	0.1366	0.1224	**0.1477**	0.1394
50	0.0210	0.0178	0.0288	**0.0312**	0.0865	0.0763	0.1032	**0.1034**	0.1548	0.1438	0.1746	**0.1767**
100	0.0423	0.0395	0.0561	**0.0636**	0.1427	0.1249	0.1709	**0.1771**	0.2263	0.2107	0.2639	**0.2699**
200	0.0925	0.0779	**0.1167**	0.1146	0.2346	0.2182	0.2768	**0.2798**	0.3452	0.3247	0.3978	**0.4063**
n	Weibull (1.19, 2.61)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0099	0.008	**0.0104**	0.0082	0.0479	0.0436	**0.0505**	0.0441	0.0963	0.0937	**0.0989**	0.0908
20	0.0115	0.0097	**0.0104**	0.0097	0.0517	0.0513	**0.0545**	0.0512	0.1011	0.1014	0.1042	**0.1045**
30	0.0090	0.0086	0.0101	**0.0102**	**0.0535**	0.0500	0.0499	0.0524	**0.1081**	0.1007	0.1066	0.1039
50	0.0115	0.0117	0.0124	**0.0136**	0.0581	0.0543	**0.0582**	0.0440	0.1108	0.1085	0.1117	**0.1159**
100	0.0161	0.0138	0.0165	**0.023**	0.0611	0.0602	0.0662	**0.0740**	0.1188	0.1157	0.1188	**0.1331**
200	0.0214	0.0184	0.0222	**0.0294**	0.0813	0.0722	0.0870	**0.1016**	0.1419	0.1354	0.1558	**0.1729**

จากตารางที่ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.10 พบว่า ในการทดสอบการแจกแจงแกมมา เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไวบูล สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกกรณีเมื่อ ข้อมูลมีการแจกแจงไวบูล (1.53, 0.29) การแจกแจงไวบูล (4.724, 3.63) การแจกแจงไวบูล (3.588, 5.66) และสำหรับการแจกแจงที่เหลือ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุดเมื่อตัวอย่างมีขนาด 10 20 และ 30 และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow & Neamvonk (2014) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีค่าเป็น 50 100 และ 200

3.3 เมื่อทดสอบการแจกแจงไวบูล โดยมีสมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ

H_0 : ข้อมูลที่มีการแจกแจงไวบูล

H_a : ข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงไวบูล

และกำหนดให้ H_a มีการแจกแจงดังต่อไปนี้

1. การแจกแจงล็อกนอร์มัล
2. การแจกแจงแกมมา

ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 11 และ 12

ตารางที่ 11 ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ เมื่อ H_a : ข้อมูลที่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Lognormal (2.7034,0.6566)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0268	0.0343	0.0373	**0.0502**	0.0976	0.1125	0.1240	**0.1431**	0.1688	0.1907	0.2048	**0.2225**
20	0.0858	0.0845	**0.1389**	0.0968	0.2158	0.2120	**0.2966**	0.2242	0.3150	0.3096	**0.4023**	0.3246
30	0.1599	0.1418	**0.2611**	0.1449	0.3404	0.3113	**0.4622**	0.3025	0.4572	0.4252	**0.5758**	0.4188
50	0.3374	0.2792	**0.4916**	0.2278	0.5537	0.4914	**0.7053**	0.4353	0.6660	0.6070	**0.7940**	0.5628
100	0.7198	0.5930	**0.8727**	0.4386	0.8787	0.7907	**0.9568**	0.6916	0.9297	0.8700	**0.9780**	0.8034
200	0.9784	0.9281	**0.9965**	0.7911	0.9959	0.9818	**0.9995**	0.9403	0.9991	0.9911	**0.9999**	0.9732

ตารางที่ 11 (ต่อ)

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Lognormal (2.7034,0.6566)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0266	0.0323	0.0389	**0.0462**	0.1002	0.1112	0.1238	**0.1420**	0.1720	0.1932	0.2004	**0.2208**
20	0.0834	0.0868	**0.1384**	0.0970	0.2147	0.2137	**0.2965**	0.2335	0.3167	0.3114	**0.4064**	0.3318
30	0.1558	0.1394	**0.2500**	0.1358	0.3254	0.2962	**0.4564**	0.2952	0.4436	0.4093	**0.5669**	0.4036
50	0.3390	0.2772	**0.4993**	0.2330	0.5575	0.4878	**0.7036**	0.4426	0.6704	0.6078	**0.7953**	0.5677
100	0.7159	0.5903	**0.8663**	0.4388	0.8763	0.7905	**0.9520**	0.6877	0.9224	0.8704	**0.9741**	0.8043
200	0.9788	0.9273	**0.9968**	0.7864	0.9957	0.9809	**0.9996**	0.9392	0.9983	0.9921	**0.9997**	0.9727
n	Lognormal (1.3343,0.3866)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0267	0.0327	0.0378	**0.0501**	0.0924	0.1074	0.1205	**0.1419**	0.1654	0.1816	0.1964	**0.2210**
20	0.0897	0.0881	**0.1375**	0.0983	0.2156	0.2164	**0.2933**	0.2353	0.3180	0.3168	**0.4066**	0.3283
30	0.1621	0.1473	**0.2583**	0.1440	0.3385	0.3128	**0.4519**	0.3008	0.4508	0.4258	**0.5662**	0.4158
50	0.3274	0.2655	**0.4860**	0.2217	0.5528	0.4856	**0.6987**	0.4346	0.6658	0.6009	**0.7904**	0.5549
100	0.7139	0.5899	**0.8657**	0.4444	0.8751	0.7877	**0.9520**	0.6844	0.9277	0.8673	**0.9744**	0.7957
200	0.9785	0.9277	**0.9965**	0.7910	0.9958	0.9818	**0.9995**	0.9405	0.9991	0.9911	**0.9999**	0.9732

จากตารางที่ 11 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ,0.05 และ 0.10 พบว่า ในการทดสอบการแจกแจงไวบูลเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงล็อกนอร์มัล เมื่อตัวอย่างมีขนาด 10 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อตัวอย่างมีขนาด 20 30 50 100 และ 200 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด

ตารางที่ 12 ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ เมื่อ H_a : ข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมา

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Gamma (6.8276,0.7106)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0126	0.0165	0.0172	**0.0242**	0.0592	0.0705	0.0689	**0.0894**	0.1176	0.1346	0.1300	**0.1537**
20	0.0329	0.0374	**0.0501**	0.0423	0.1080	0.1124	**0.1421**	0.1193	0.1764	0.1839	**0.2209**	0.2007
30	0.0524	0.0521	**0.0888**	0.0567	0.1538	0.1523	**0.2121**	0.1526	0.2382	0.2387	**0.3034**	0.2389
50	0.1002	0.0873	**0.1678**	0.0778	0.2462	0.2254	**0.3424**	0.1981	0.3529	0.3328	**0.4530**	0.3008
100	0.2519	0.1980	**0.3880**	0.1411	0.4755	0.4095	**0.6183**	0.3276	0.5985	0.5336	**0.7156**	0.4572
200	0.5887	0.4569	**0.7316**	0.2800	0.7934	0.6927	**0.8883**	0.5475	0.8662	0.7931	**0.9342**	0.6864
n	Gamma (2.8474,0.1584)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0101	0.0130	0.0110	**0.0151**	0.0523	0.0596	0.0572	**0.0688**	0.1063	0.1174	0.1094	**0.1292**
20	0.0172	0.0190	**0.0253**	0.0234	0.0719	0.0803	**0.0918**	0.0825	0.1320	0.1443	**0.1578**	0.1469
30	0.0241	0.0250	**0.0397**	0.0265	0.0872	0.0923	**0.1199**	0.0930	0.1540	0.1656	**0.1914**	0.1634
50	0.0386	0.0381	**0.0692**	0.0357	0.1253	0.1226	**0.1838**	0.1190	0.2078	0.2082	**0.2740**	0.1980
100	0.0864	0.0741	**0.1437**	0.0484	0.2207	0.2033	**0.3045**	0.1566	0.3229	0.3004	**0.4176**	0.2534
200	0.2207	0.1654	**0.3207**	0.0846	0.4240	0.3610	**0.5390**	0.2592	0.5468	0.4829	**0.6490**	0.3926
n	Gamma (9.3338,1.5728)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.0165	0.0213	0.0208	**0.0302**	0.0757	0.0840	0.0874	**0.1008**	0.1337	0.1507	0.1469	**0.1725**
20	0.0384	0.0422	**0.0632**	0.0493	0.1218	0.1255	**0.1639**	0.1386	0.1964	0.2071	**0.2502**	0.2180
30	0.0615	0.0600	**0.1074**	0.0631	0.1738	0.1659	**0.2467**	0.1739	0.2637	0.2598	**0.3434**	0.2656
50	0.1261	0.1083	**0.2095**	0.0931	0.2866	0.2626	**0.4049**	0.2384	0.4003	0.3762	**0.5182**	0.3538
100	0.3128	0.2446	**0.4781**	0.1733	0.5473	0.4645	**0.6918**	0.3738	0.6613	0.5891	**0.7830**	0.5104
200	0.6851	0.5375	**0.8200**	0.3469	0.8623	0.7660	**0.9315**	0.6294	0.9149	0.8522	**0.9608**	0.7586

จากตารางที่ 12 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.10 พบว่า ในการทดสอบการแจกแจงไวบูล เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแกมมา เมื่อตัวอย่างมีขนาด 10 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อตัวอย่างมีขนาด 20 30 50 100 และ 200 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด

4. การประยุกต์ใช้กับข้อมูลความเร็วลม

นำสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดไปทดสอบกับสถานการณ์จริง เพื่อศึกษาการแจกแจงของข้อมูลความเร็วลม 7 สถานี โดยเลือกใช้สถิติทดสอบที่เหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด แสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าสถิติ ผลการทดสอบสำหรับการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลความเร็วลมในสถานีวัดลมต่าง ๆ

สถานีวัดลม	สถิติทดสอบ	การแจกแจงที่ทดสอบ		
		ล็อกนอร์มัล	แกมมา	ไวบูล
วิทยาเขตสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.จันทบุรี	A^2	105.0042 (ปฏิเสธ H_0)	106.4496 (ปฏิเสธ H_0)	98.3791 (ปฏิเสธ H_0)
	AU^2	55.8283 (ปฏิเสธ H_0)	59.1396 (ปฏิเสธ H_0)	59.5479 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_A	1174.0130 (ปฏิเสธ H_0)	1789.3980 (ปฏิเสธ H_0)	1696.737 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_{AU}	824.5617 (ปฏิเสธ H_0)	849.9233 (ปฏิเสธ H_0)	826.5657 (ปฏิเสธ H_0)
บ้านอ่าวขาม จ.ตราด	A^2	67.2278 (ปฏิเสธ H_0)	67.4718 (ปฏิเสธ H_0)	63.3303 (ปฏิเสธ H_0)
	AU^2	30.1082 (ปฏิเสธ H_0)	31.6942 (ปฏิเสธ H_0)	33.4885 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_A	920.5923 (ปฏิเสธ H_0)	917.8390 (ปฏิเสธ H_0)	875.5253 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_{AU}	360.2962 (ปฏิเสธ H_0)	369.6241 (ปฏิเสธ H_0)	374.0720 (ปฏิเสธ H_0)
บ้านพยูน จ.ระยอง	A^2	112.5486 (ปฏิเสธ H_0)	121.4665 (ปฏิเสธ H_0)	108.2921 (ปฏิเสธ H_0)
	AU^2	17.4358 (ปฏิเสธ H_0)	18.7453 (ปฏิเสธ H_0)	14.5571 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_A	1321.1070 (ปฏิเสธ H_0)	1295.609 (ปฏิเสธ H_0)	1111.6680 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_{AU}	883.2877 (ปฏิเสธ H_0)	867.748 (ปฏิเสธ H_0)	735.0010 (ปฏิเสธ H_0)

ตารางที่ 13 (ต่อ)

สถานีวัดลม	สถิติทดสอบ	การแจกแจงที่ทดสอบ		
		ล็อกนอร์มัล	แกมมา	ไวบูล
บ้านมหาการ จ.สงขลา	A^2	48.0282 (ปฏิเสธ H_0)	48.6179 (ปฏิเสธ H_0)	48.7141 (ปฏิเสธ H_0)
	AU^2	25.2618 (ปฏิเสธ H_0)	26.0393 (ปฏิเสธ H_0)	27.7979 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_A	741.5512 (ปฏิเสธ H_0)	738.8076 (ปฏิเสธ H_0)	724.2249 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_{AU}	272.3333 (ปฏิเสธ H_0)	279.5577 (ปฏิเสธ H_0)	308.4381 (ปฏิเสธ H_0)
บ้านปากบางสะกอม จ.สงขลา	A^2	123.3280 (ปฏิเสธ H_0)	123.2415 (ปฏิเสธ H_0)	114.0757 (ปฏิเสธ H_0)
	AU^2	66.0632 (ปฏิเสธ H_0)	67.9754 (ปฏิเสธ H_0)	67.3498 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_A	3182.7350 (ปฏิเสธ H_0)	3299.5550 (ปฏิเสธ H_0)	3405.8080 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_{AU}	875.2091 (ปฏิเสธ H_0)	881.7318 (ปฏิเสธ H_0)	847.9209 (ปฏิเสธ H_0)
บ้านคลองญวน จ.กระบี่	A^2	109.5673 (ปฏิเสธ H_0)	109.8141 (ปฏิเสธ H_0)	105.3924 (ปฏิเสธ H_0)
	AU^2	55.8799 (ปฏิเสธ H_0)	56.9901 (ปฏิเสธ H_0)	59.0478 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_A	2926.3950 (ปฏิเสธ H_0)	3035.7760 (ปฏิเสธ H_0)	3526.8870 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_{AU}	760.6215 (ปฏิเสธ H_0)	761.0216 (ปฏิเสธ H_0)	723.7876 (ปฏิเสธ H_0)

ตารางที่ 13 (ต่อ)

สถานีวัดลม	สถิติทดสอบ	การแจกแจงที่ทดสอบ		
		ล็อกนอร์มัล	แกมมา	ไวบูล
บ้านคลองญวน จ.ตรัง	A^2	125.6788 (ปฏิเสธ H_0)	126.0652 (ปฏิเสธ H_0)	118.0686 (ปฏิเสธ H_0)
	AU^2	52.5845 (ปฏิเสธ H_0)	54.5295 (ปฏิเสธ H_0)	51.3777 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_A	3648.7070 (ปฏิเสธ H_0)	3876.797 (ปฏิเสธ H_0)	3919.0260 (ปฏิเสธ H_0)
	Z_{AU}	1380.464 (ปฏิเสธ H_0)	1391.3790 (ปฏิเสธ H_0)	1339.7680 (ปฏิเสธ H_0)

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษางานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ ได้แก่ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) สำหรับการแจกแจงแบบเบ้ขวา ได้แก่ การแจกแจงล็อกนอร์มัล การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงไวบูล โดยสร้างตารางค่าวิกฤตสำหรับสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ จากนั้นทำการเปรียบเทียบการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ ซึ่งทำการศึกษาข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 30, 50 100 และ 200 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.1 จึงสรุปผลได้ดังนี้

1. ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ

ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.1 จะขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล การแจกแจงแกมมา และ การแจกแจงไวบูล

2. ความสามารถในการควบคุมของความน่าจะเป็นความผิดพลาดแบบที่ 1

เมื่อพิจารณาค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) พบว่าค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบอยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Cochran (1954) จึงสรุปได้ว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบมีความสามารถในการควบคุมค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

3. กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ

เมื่อพิจารณาค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014)

สำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล พบว่าค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าสูงที่สุดในทุกชุดพารามิเตอร์ จึงสรุปได้ว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีประสิทธิภาพดีกว่าสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงตัวอื่น ในทุกขนาดตัวอย่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ,0.05 และ 0.10

สำหรับการทดสอบการแจกแจงแกมมา พบว่าค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าสูงที่สุดในบางชุดพารามิเตอร์ ทุกระดับนัยสำคัญ ที่ตัวอย่างเป็น 10 20 30 50 100 และ 200 และค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) มีค่าสูงสูดในบางชุดพารามิเตอร์ และทุกระดับนัยสำคัญ ที่ขนาดตัวอย่างเป็น 50 100 และ 200

สำหรับการทดสอบการแจกแจงไวบูล พบว่า ค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) มีค่าสูงสูดในทุกชุดพารามิเตอร์ และทุกระดับนัยสำคัญ ที่ขนาดตัวอย่างเป็น 10 และค่าประมาณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) มีค่าสูงที่สุดในทุกชุดพารามิเตอร์ ทุกระดับนัยสำคัญ ที่ตัวอย่างเป็น 20 50 100 และ 200

4. ข้อเสนอแนะ

1. ในการเลือกใช้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงสำหรับการทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงไวบูล ควรเลือกใช้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) แต่หากทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัลที่ขนาดตัวอย่าง 10 ควรเลือกใช้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรังปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014)

2. ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบสำหรับทดสอบการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยเลือกทดสอบเฉพาะการแจกแจงล็อกนอร์มัลและการแจกแจงไวบูลเท่านั้น ดังนั้นสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไปอาจศึกษาข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวาอื่น ๆ ให้มีความหลากหลายมากขึ้น หรือศึกษาข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบ้ซ้ายด้วย

บรรณานุกรม

คงขวัญ สุขีวงศ์. (2557). *ศึกษาการแจกแจงความน่าจะเป็นของพลังงานลมในจังหวัดชลบุรี*, ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ณัฐกิตติ์ โนรินทร. (2555). *การแจกแจงความน่าจะเป็นของความเร็วลม ณ จังหวัดสงขลา*, ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ธนพงศ์ ก้องนภาสันติกุล, ธวัชชัย แตงทอง, ธารทิพย์ โนภาศ, นัฐกานต์ ปัตติสัย และสายชล สินสมบูรณ์ทอง. (2561). *การเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบในการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างการทดสอบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ของแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม*, บทความวิจัย, สาขาวิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พจนานุกรมศัพท์สถิติศาสตร์ ฉบับราชบัณราชบัณฑิตยสภา. (2561). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักงานราชบัณราชบัณฑิตยสภา.

นิตยา วัฒนะ. (2554). *การศึกษาการแจกแจงความน่าจะเป็นของรังสีแสงอาทิตย์ ณ จังหวัดเชียงใหม่*, ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

พรรณภัทร แซ่โท้ว. (2557). *สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับตาอัตราส่วนความควรจะเป็นสำหรับการแจกแจงแบบเบ้*, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

พรรณวิพา เพ็ชรสวัสดิ์. (2554). *การศึกษาการแจกแจงความน่าจะเป็นของรังสีแสงอาทิตย์ ณ จังหวัดกรุงเทพมหานคร*, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

รัชกมล กบิลจิตต์. (2548). สถิติอนุมาน : ทฤษฎีและการประยุกต์.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลลิตา โรจนศิริพงษ์. (2554). *การศึกษาการแจกแจงความน่าจะเป็นของความเร็วลม ณ จังหวัดนครศรีธรรมราช*, ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สายชล สินสมบูรณ์. (2560). สถิติเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักส์.

ศรีอัมพร เร่บ้านเกาะ. (2550). *การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบภาวะสารูปดีของสถิติบางตัวสำหรับการแจกแจงล็อกนอร์มัลและไวบูล*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สายทอง แจ่มใจ. (2547). *การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบในการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี*, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Ahmad, M. I., Sinclair, C. D. and Spurr, B. D. (1988). Assessment of flood frequency models using empirical distribution function statistics. *Water Resour Res*, *24*(8), 1323–1328.

Anderson, T. W. & Darling, D. A. (1954). A test of goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, *49*(268), 765-769.

Arshad, M., Rasool, M. T. and Ahmad, M. I. (2003). Anderson Darling and Modified Anderson Darling Tests for Generalized Pareto Distribution. In *Pakistan Journal of Appplied Sciences*, *3*(2), 85-88

Islam, K.D., Chaichana, T., Dussadee, N., and Intaniwet, A. (2017). Statistical distribution and energy estimation of the wind speed at Saint Martin's Island, Bangladesh. *International Journal of Renewable Energy*, 12(1), 77-88

Amaya-Martínez, P. A., Saavedra-Montes, A. J. & Arango-Zuluaga, E. I. (2014). A statistical analysis of wind speed distribution models in the Aburrá Valley, Colombia. *CT&F – Ciencia, Tecnología y Futuro, 5(5)*, 121-136.

Morgan, E.C., Lackner, M., Vogel, R.M., Baise, L.G. (2011) Probability distributions for offshore wind speeds. *Energy Conversion and Management, 52*, 15–26.

Saethow, P. & Neamvonk, J. (2014). Modified Anderson-Darling test based on the likelihood ratio for skewed distributions. In *Proceedings of the International Conference on Applied Statistics 2014*, (pp. 27-34), KhonKaen, Thailand.

Shin, H.J., Jung, Y.H., Jeong, C.S. and Heo, J.H. (2011). Assessment of modified Anderson–Darling test statistics for the generalized extreme value and generalized logistic distributions. Stochastic Environment Resource Risk Assessment, *26*, 105-114

Waewsak, J., Chancham, C., Landry, M., and Gagnon, Y. (2011) An Analysis of Wind Speed Distribution at Thasala Nakhon Si Thammarat Thailand. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, *2*, 51-55

Zhang, J. (2002). Powerful goodness-of-fit tests based on the likelihood ratio. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), 64*(2), 281-294.

ภาคผนวก

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้สร้างค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ ได้แก่ สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Ahmad et al. (1988) สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Zhang (2002) และสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงที่ปรับปรุงตามวิธีของ Saethow และ Neamvonk (2014) ในแต่ละชุดพารามิเตอร์ ที่ขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญที่ได้กำหนดไว้ ดังนี้

ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ สำหรับทดสอบการแจกแจงล็อกนอร์มัล

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Lognormal (1.2712,0.2557)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.9736	0.5104	8.3893	4.6589	0.7254	0.3759	5.6226	3.0281	0.6150	0.3164	4.4862	2.3594
20	1.0029	0.5290	11.4411	6.5426	0.7385	0.3845	7.8278	4.3436	0.6235	0.3215	6.3374	3.3858
30	1.0113	0.5340	13.2523	7.8431	0.7403	0.3854	9.1418	5.1395	0.6221	0.3213	7.4501	4.0222
50	1.0268	0.5409	15.5525	9.5075	0.7462	0.3895	11.0146	6.3074	0.6278	0.3242	9.0414	4.9211
100	1.0323	0.5444	18.9688	11.9110	0.7512	0.3908	13.5495	7.8144	0.6299	0.3244	11.2035	6.1535
200	1.0343	0.5472	22.5328	14.5348	0.7541	0.3924	16.0872	9.4284	0.6328	0.3259	13.3669	7.3940
n	Lognormal (1.2779, 0.3074)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.9745	0.5070	8.3468	4.6404	0.7234	0.3753	5.6200	3.0258	0.6137	0.3158	4.4888	2.3625
20	1.0041	0.5282	11.4187	6.5704	0.7381	0.3838	7.8199	4.3274	0.6239	0.3213	6.3220	3.3880
30	1.0160	0.5346	13.2053	7.8115	0.7428	0.3867	9.1598	5.1754	0.6273	0.3221	7.4751	4.0534
50	1.0194	0.5382	15.5711	9.4309	0.7470	0.3888	10.9697	6.2667	0.6285	0.3235	9.0123	4.9031
100	1.0259	0.5432	19.0510	11.9840	0.7484	0.3896	13.5163	7.8524	0.6297	0.3240	11.1897	6.1448
200	1.0292	0.5463	22.6358	14.5729	0.7483	0.3900	16.1507	9.4138	0.6282	0.3245	13.3855	7.3694
n	Lognormal (1.4775, 0.2246)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.9786	0.5087	8.4186	4.6450	0.7229	0.3741	5.6291	3.0253	0.6137	0.3157	4.4857	2.3650
20	1.0067	0.5291	11.3073	6.5525	0.7381	0.3836	7.8065	4.2997	0.6236	0.3204	6.3197	3.3729
30	1.0072	0.5318	13.2040	7.7872	0.7425	0.3865	9.1179	5.1407	0.6262	0.3223	7.4593	4.0283
50	1.0239	0.5402	15.5681	9.4862	0.7454	0.3883	10.9430	6.2490	0.6284	0.3234	8.9852	4.8922
100	1.0303	0.5450	19.1261	12.0480	0.7496	0.3908	13.5471	7.8415	0.6296	0.3249	11.1709	6.1332
200	1.0292	0.5463	22.6358	14.5729	0.7483	0.3900	16.1507	9.4138	0.6282	0.3245	13.3855	7.3694

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Lognormal (1.3407, 0.3518)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.9673	0.5058	8.2656	4.6080	0.7218	0.3737	5.6002	3.0118	0.6128	0.3151	4.4777	2.3562
20	1.0033	0.5299	11.3424	6.5483	0.7379	0.3832	7.7911	4.2947	0.6238	0.3206	6.2956	3.3684
30	1.0099	0.5348	13.1160	7.8358	0.7435	0.3859	9.1661	5.1525	0.6247	0.3219	7.4667	4.0392
50	1.0251	0.5409	15.5699	9.4388	0.7453	0.3879	10.8789	6.2401	0.6252	0.3222	8.9439	4.8735
100	1.0199	0.5403	18.8148	12.0132	0.7450	0.3874	13.4881	7.8547	0.6264	0.3230	11.1457	6.1480
200	1.0232	0.5436	22.4949	14.5082	0.7472	0.3889	16.0811	9.3850	0.6276	0.3234	13.3629	7.3422
n	Lognormal (1.0237, 0.3803)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.9762	0.5108	8.4056	4.6584	0.7252	0.3758	5.6176	3.0332	0.6155	0.3159	4.4870	2.3706
20	1.0130	0.5333	11.4615	6.6311	0.7395	0.3847	7.8276	4.3297	0.6228	0.3202	6.3218	3.3843
30	1.0205	0.5369	13.2975	7.8278	0.7428	0.3857	9.1914	5.1878	0.6263	0.3228	7.4999	4.0514
50	1.0270	0.5407	15.6076	9.6258	0.7465	0.3890	10.968	6.3011	0.6279	0.3239	9.0140	4.9260
100	1.0300	0.5432	19.0772	12.0260	0.7498	0.3906	13.538	7.8527	0.6284	0.3243	11.194	6.1607
200	1.0232	0.5436	22.4949	14.5082	0.7472	0.3889	16.081	9.3850	0.6276	0.3234	13.362	7.3422

ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ สำหรับทดสอบการแจกแจงแกมมา

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Gamma (1.423, 0.905)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	1.007	0.520	8.336	4.553	0.740	0.381	5.527	2.937	0.626	0.320	4.440	2.302
20	1.040	0.543	11.271	6.403	0.759	0.392	7.731	4.194	0.638	0.326	6.265	3.290
30	1.055	0.551	13.001	7.644	0.766	0.395	9.065	5.014	0.642	0.328	7.387	3.929
50	1.062	0.560	15.365	9.344	0.771	0.399	10.847	6.115	0.646	0.331	8.921	4.801
100	1.067	0.559	18.736	11.604	0.771	0.399	13.306	7.654	0.646	0.331	11.041	6.010
200	1.076	0.566	22.428	14.265	0.775	0.402	15.944	9.237	0.648	0.332	13.266	7.251
n	Gamma (2.005, 0.5)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.995	0.518	8.261	4.575	0.736	0.379	5.552	2.975	0.623	0.319	4.458	2.327
20	1.031	0.540	11.291	6.514	0.755	0.392	7.771	4.264	0.636	0.326	6.285	3.333
30	1.043	0.547	13.164	7.752	0.761	0.394	9.105	5.082	0.638	0.328	7.412	3.976
50	1.051	0.556	15.439	9.487	0.764	0.397	10.890	6.186	0.640	0.328	8.946	4.838
100	1.057	0.558	18.823	11.773	0.766	0.397	13.395	7.717	0.641	0.329	11.089	6.067
200	1.062	0.559	22.391	14.352	0.767	0.399	16.038	9.288	0.644	0.330	13.337	7.320

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Gamma (3.118, 0.319)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.989	0.513	8.321	4.620	0.729	0.378	5.567	3.002	0.617	0.317	4.454	2.336
20	1.015	0.531	11.228	6.443	0.745	0.385	7.744	4.249	0.628	0.323	6.273	3.348
30	1.034	0.543	13.133	7.769	0.752	0.391	9.140	5.124	0.632	0.326	7.450	4.008
50	1.046	0.550	15.491	9.442	0.758	0.393	10.921	6.220	0.635	0.327	8.972	4.871
100	1.048	0.550	18.891	11.913	0.760	0.394	13.419	7.746	0.637	0.327	11.114	6.063
200	1.048	0.552	22.493	14.418	0.761	0.395	16.032	9.351	0.639	0.327	13.306	7.312
n	Gamma (2.983, 0.421)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.992	0.514	8.343	4.591	0.731	0.378	5.562	2.994	0.618	0.317	4.443	2.332
20	1.021	0.536	11.358	6.493	0.746	0.387	7.777	4.269	0.628	0.323	6.275	3.335
30	1.038	0.545	13.098	7.703	0.753	0.391	9.091	5.085	0.633	0.326	7.419	3.977
50	1.047	0.549	15.529	9.440	0.755	0.392	10.908	6.196	0.635	0.326	8.940	4.849
100	1.039	0.550	18.881	11.894	0.758	0.394	13.415	7.799	0.637	0.328	11.119	6.099
200	1.055	0.557	22.493	14.413	0.761	0.397	16.123	9.373	0.640	0.329	13.370	7.336
n	Gamma (5.523, 1.422)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.974	0.509	8.294	4.593	0.725	0.376	5.573	2.994	0.616	0.317	4.463	2.346
20	1.013	0.535	11.405	6.570	0.745	0.386	7.804	4.314	0.627	0.323	6.298	3.363
30	1.026	0.540	13.089	7.729	0.748	0.389	9.123	5.116	0.629	0.324	7.434	4.008
50	1.033	0.541	15.523	9.411	0.751	0.389	10.926	6.242	0.631	0.325	8.974	4.871
100	1.042	0.548	18.976	12.042	0.753	0.393	13.465	7.800	0.632	0.326	11.131	6.092
200	1.038	0.547	22.517	14.470	0.755	0.393	16.105	9.406	0.635	0.327	13.379	7.379
n	Gamma (1.489, 1.605)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	1.000	0.521	8.244	4.538	0.740	0.381	5.546	2.950	0.626	0.320	4.443	2.302
20	1.042	0.545	11.296	6.443	0.759	0.393	7.715	4.207	0.639	0.328	6.253	3.291
30	1.057	0.557	13.023	7.638	0.763	0.395	9.064	5.038	0.640	0.328	7.423	3.950
50	1.060	0.557	15.427	9.355	0.769	0.399	10.840	6.128	0.645	0.331	8.935	4.815
100	1.070	0.562	18.714	11.719	0.773	0.400	13.354	7.703	0.647	0.331	11.076	6.025
200	1.077	0.566	22.382	14.088	0.774	0.402	15.959	9.256	0.649	0.332	13.253	7.252
n	Gamma (1.823, 6.432)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.987	0.517	8.182	4.540	0.732	0.378	5.552	2.960	0.622	0.318	4.453	2.309
20	1.035	0.542	11.317	6.444	0.753	0.390	7.767	4.239	0.635	0.325	6.279	3.320
30	1.035	0.545	13.020	7.647	0.756	0.393	9.042	5.057	0.638	0.327	7.394	3.967
50	1.053	0.553	15.419	9.273	0.765	0.396	10.850	6.176	0.640	0.329	8.942	4.840
100	1.050	0.554	18.801	11.702	0.761	0.393	13.384	7.703	0.638	0.328	11.117	6.041
200	1.064	0.559	22.476	14.278	0.769	0.399	15.991	9.256	0.644	0.330	13.274	7.295

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Gamma (2.49, 4.233)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.988	0.513	8.291	4.572	0.731	0.378	5.588	2.988	0.620	0.318	4.447	2.337
20	1.026	0.539	11.356	6.534	0.752	0.390	7.757	4.270	0.632	0.324	6.265	3.335
30	1.039	0.547	13.160	7.767	0.758	0.394	9.139	5.121	0.637	0.327	7.447	3.995
50	1.046	0.550	15.437	9.389	0.760	0.394	10.871	6.176	0.637	0.328	8.943	4.845
100	1.051	0.557	18.909	11.884	0.761	0.395	13.388	7.742	0.639	0.328	11.084	6.077
200	1.056	0.555	22.474	14.306	0.763	0.396	16.005	9.335	0.640	0.329	13.328	7.322
n	Gamma (0.3606, 20.314)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	1.111	0.565	8.230	4.110	0.800	0.405	5.515	2.670	0.668	0.337	4.397	2.102
20	1.172	0.606	11.086	5.870	0.833	0.425	7.613	3.790	0.690	0.349	6.145	2.997
30	1.179	0.614	12.722	6.936	0.838	0.429	8.887	4.551	0.694	0.353	7.267	3.577
50	1.193	0.624	14.991	8.414	0.844	0.433	10.610	5.569	0.699	0.356	8.744	4.387
100	1.198	0.624	18.189	10.534	0.848	0.436	13.041	6.984	0.701	0.357	10.839	5.513
200	1.202	0.630	21.784	12.983	0.851	0.438	15.619	8.576	0.704	0.360	13.048	6.783
n	Gamma (0.4944, 10.4568)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	1.069	0.547	8.184	4.285	0.781	0.397	5.523	2.762	0.656	0.331	4.427	2.171
20	1.115	0.578	11.060	6.021	0.806	0.413	7.601	3.932	0.670	0.340	6.181	3.092
30	1.135	0.587	12.763	7.093	0.812	0.416	8.925	4.684	0.676	0.344	7.296	3.690
50	1.141	0.596	15.034	8.645	0.817	0.418	10.647	5.728	0.679	0.346	8.774	4.512
100	1.158	0.604	18.380	10.937	0.824	0.424	13.136	7.207	0.684	0.348	10.901	5.687
200	1.156	0.601	21.905	13.422	0.825	0.424	15.733	8.802	0.684	0.349	13.094	6.929

ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงทั้ง 4 แบบ สำหรับทดสอบการแจกแจงไวบูล

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Weibull (4.4515, 18.3112)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.975	0.469	8.619	3.700	0.726	0.348	5.808	2.471	0.614	0.296	4.621	1.979
20	1.018	0.498	11.861	5.367	0.743	0.360	8.014	3.564	0.625	0.302	6.458	2.822
30	1.023	0.502	13.680	6.466	0.746	0.366	9.366	4.298	0.629	0.306	7.613	3.400
50	1.028	0.510	16.025	7.897	0.751	0.367	11.170	5.284	0.631	0.306	9.136	4.180
100	1.042	0.517	19.515	10.106	0.758	0.372	13.735	6.740	0.634	0.308	11.324	5.320
200	0.975	0.469	8.619	3.700	0.726	0.348	5.808	2.471	0.614	0.296	4.621	1.979

n	$\alpha = 0.01$				$\alpha = 0.05$				$\alpha = 0.10$			
	Weibull (4.7545, 18.0897)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.979	0.471	8.620	3.715	0.727	0.350	5.790	2.477	0.614	0.296	4.608	1.974
20	1.005	0.493	11.682	5.405	0.740	0.360	8.016	3.579	0.624	0.303	6.465	2.826
30	1.021	0.501	13.646	6.417	0.746	0.364	9.378	4.302	0.628	0.304	7.645	3.409
50	1.030	0.507	16.081	7.932	0.752	0.368	11.197	5.265	0.632	0.307	9.166	4.172
100	1.035	0.514	19.526	10.157	0.754	0.371	13.690	6.730	0.634	0.309	11.314	5.319
200	0.979	0.471	8.620	3.715	0.727	0.350	5.790	2.477	0.614	0.296	4.608	1.974
n	Weibull (4.5839, 18.9852)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.986	0.470	8.679	3.717	0.725	0.350	5.800	2.480	0.615	0.295	4.619	1.972
20	1.009	0.495	11.801	5.376	0.744	0.362	8.053	3.602	0.627	0.304	6.484	2.850
30	1.022	0.503	13.624	6.433	0.748	0.365	9.392	4.296	0.629	0.305	7.626	3.396
50	1.029	0.508	15.999	7.914	0.753	0.369	11.228	5.305	0.633	0.308	9.183	4.173
100	1.041	0.513	19.519	10.168	0.755	0.370	13.757	6.709	0.635	0.308	11.286	5.311
200	0.986	0.470	8.679	3.717	0.725	0.350	5.800	2.480	0.615	0.295	4.619	1.972
n	Weibull (4.0815, 16.76)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.980	0.470	8.684	3.727	0.726	0.350	5.805	2.487	0.614	0.296	4.617	1.981
20	1.010	0.494	11.663	5.362	0.741	0.361	7.994	3.573	0.625	0.303	6.462	2.825
30	1.019	0.505	13.502	6.455	0.747	0.366	9.348	4.282	0.628	0.305	7.606	3.398
50	1.026	0.510	16.112	7.964	0.749	0.367	11.190	5.305	0.630	0.306	9.163	4.197
100	1.041	0.513	19.611	10.094	0.755	0.370	13.720	6.736	0.633	0.308	11.305	5.305
200	0.980	0.470	8.684	3.727	0.726	0.350	5.805	2.487	0.614	0.296	4.617	1.981
n	Weibull (3.7532, 16.2779)											
	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}	A^2	AU^2	Z_A	Z_{AU}
10	0.977	0.467	8.619	3.694	0.726	0.349	5.784	2.483	0.615	0.296	4.612	1.977
20	1.016	0.493	11.781	5.361	0.742	0.361	8.025	3.568	0.624	0.303	6.479	2.824
30	1.026	0.501	13.655	6.419	0.746	0.364	9.388	4.278	0.627	0.305	7.637	3.392
50	1.028	0.510	16.042	7.928	0.752	0.368	11.206	5.293	0.632	0.308	9.179	4.185
100	1.040	0.515	19.478	10.180	0.753	0.370	13.720	6.743	0.633	0.309	11.336	5.319
200	0.977	0.467	8.619	3.694	0.726	0.349	5.784	2.483	0.615	0.296	4.612	1.977

รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย (NRMS 13 หลัก) 2560A10802022 สัญญาเลขที่ 154/2560
โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ สถิติทดสอบภาวะสารูปดีแบบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิ่งที่ปรับปรุงตามอัตราส่วนความควรจะเป็นและฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักการกระจายที่ปลายหาง
ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาพร เนียมวงษ์
รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ (วัน/เดือน/ปี) 1 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ (วัน/เดือน/ปี) 31 กรกฎาคม 2562
ระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี 9 เดือน ตั้งแต่วันที่ (วัน/เดือน/ปี) 1 ตุลาคม 2559

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ 255,000 บาท
งวดที่ 1 (50%) 177,500 บาท เมื่อวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2560
งวดที่ 2 (40%) 78,000 บาท เมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2560
งวดที่ 3 (10%) 0 บาท เมื่อวันที่
รวม 255,500 บาท (สองแสนห้าหมื่นห้าพันห้าร้อยบาทถ้วน)

รายจ่าย

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. ค่าตอบแทน			
ค่าตอบแทนผู้วิจัย 2 คน	27,500 บาท	27,500 บาท	0 บาท
ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินคุณภาพผลงานวิจัย	2000 บาท	0 บาท	เหลือ 2,000 บาท
ค่าตอบแทนนิสิตช่วยงาน	0 บาท	6,000 บาท	เกิน 6,000 บาท
3. ค่าวัสดุ			
ค่าหนังสือและการสั่งซื้อบทความวิจัย	10,000 บาท	500 บาท	เหลือ 9,500 บาท
วัสดุสำนักงานและคอมพิวเตอร์	10,000 บาท	6,429 บาท	เหลือ 3,571 บาท

รายการ	**งบประมาณที่ตั้งไว้**	**งบประมาณที่ใช้จริง**	**จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน**
4. ค่าใช้สอย			
ค่าใช้จ่ายในการสัมมนาฝึกอบรม	80,000 บาท	78,038บาท	เหลือ 1,962 บาท
ค่าเดินทาง	6,000 บาท	6,000 บาท	0 บาท
ค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์ผลงานวิจัย และทำรายงานฉบับสมบูรณ์	40,000 บาท	40,000 บาท	0 บาท
5. ค่าครุภัณฑ์			
ครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์	80,000 บาท	80,976 บาท	เกิน 976 บาท
6. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ค่าธรรมเนียมการอุดหนุนสถาบัน	19,500 บาท	17,500 บาท	เหลือ 2,000 บาท
รวม	275,000 บาท	262,943 บาท	ขาด 12,057 บาท

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาพร เนียมวงษ์.)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน