การเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบสำหรับสัมประสิทธิ์ ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม

นางสาวสุทธาทิพย์ มาระเนตร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974 - 347 - 169 - 3

A COMPARISON OF POWER OF THE TESTS FOR A COEFFICIENT IN FIRST - ORDER AUTOREGRESSIVE MODEL WITH TREND

Miss Sutthatip Maranate

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Statistics

Department of Statistics
Faculty of Commerce and Accountancy
Chulalongkorn University

Academic 2001
ISBN 974 - 347 - 169 - 3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบสำหรับสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม
โดย	นางสาวสุทธาทิพย์ มาระเนตร์
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

--- คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช อภิเมธีธำรง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

--- ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ศิริพร สาเกทอง)

--- อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์)

--- กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นพรัตน์ รุ่งอุทัยศิริ)

--- กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ชูศักดิ์ อุดมศรี)

สุทธาทิพย์ มาระเนตร์ : การเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบสำหรับสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม (A COMPARISON OF POWER OF THE TESTS FOR A COEFFICIENT IN FIRST-ORDER AUTOREGRESSIVE MODEL WITH TREND) อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์ , 176 หน้า . ISBN 974-347-169-3

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของตัวสถิติที่ใช้ทดสอบสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม 3 ตัว คือ 1) ตัวสถิติทดสอบที 2) ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที 3) ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ ภายใต้เงื่อนไขของค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม ขนาดตัวอย่าง และลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้จากการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) จำนวน 1,000 ครั้ง สำหรับแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดเพื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทั้ง 3 ตัว ที่ระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 , 0.05 และ 0.10

ผลการวิจัยสรุปได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1

ตัวสถิติทดสอบที สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 15 และ 20 ทุกระดับนัยสำคัญ ที่ทำการศึกษา

ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ทุกสถานการณ์

ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 15 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) อำนาจการทดสอบ ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปทีและตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ จะให้อำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันในหลายสถานการณ์ และตัวสถิติทีให้อำนาจการทดสอบต่ำสุดทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษา

ภาควิชา ....สถิติ....... ลายมือชื่อนิสิต ....

สาขาวิชา ....สถิติ...... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

ปีการศึกษา ....2544......

4182409826 : MAJOR STATISTICS

KEYWORD : First – order autocorrelation / Power of the test / Bootstrap sampling / Trend

A COMPARISON OF POWER OF THE TESTS FOR A COEFFICIENT IN FIRST-ORDER AUTOREGRESSIVE MODEL WITH TREND . THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. CAPT. MANOP VARAPHAKDI . 176 pp . ISBN 974-347-169-3

The objective of this study is to investigate the probability of type - I error and power of the test for a coefficient in first – order autoregressive model with trend. The test statistics are T – test , Bootstrap t – test and Dickey - Fuller test under conditions of severity of autocorrelation coefficient of dependent variable (y_t) , sample sizes and distributions of random error (u_t) . The data for this experiment were generated through the Monte Carlo simulation technique by Personal Computer . It was used to calculate the probability type - I error and power of the test. The experiment was repeat 1,000 times under each condition at one percent , five percent and ten percent significant level.

Results of the study are as follow : -

1) Probability of type - I error :

T – test could control the probability of type - I error except sample sizes are 15 and 20 for all significant levels .

Bootstrap t – test could control the probability of type - I error for all simulation conditions in this study.

Dickey - Fuller test could control the probability of type - I error except sample sizes is 15 at 1% significant level.

2) Power of the test : Bootstrap t – test and Dickey and Fuller test had a nearly high power for almost simulation conditions. T – test had the lowest power for all simulation conditions in this study.

Department of Statistics	Student 's signature ………………………………..
Field of study Statistics	Advisor's signature ………………………………..
Academic year …2001…	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจน ควบคุม ดูแล แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ศิริพร สาเกทอง รองศาสตราจารย์ นพรัตน์ รุ่งอุทัยศิริ รองศาสตราจารย์ ชูศักดิ์ อุดมศรี ที่ได้ตรวจและแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และ คุณป้า ที่ห่วงใยและสนับสนุน การเรียนของผู้เขียนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา พร้อมทั้งขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจ มาโดยตลอด

สารบัญ

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญตาราง

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญรูป

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งเรียกว่า “ตัวแปรอิสระ” (Independent Variable) ซึ่งอาจมีหนึ่งตัวหรือหลายตัว โดยค่าที่วัดจะเป็นค่าวัดประเภทใดก็ได้ อีกกลุ่มหนึ่งเรียก “ตัวแปรตาม” (Dependent Variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ค่าขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระ และความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 กลุ่มเป็นแบบเชิงเส้น ซึ่งมีรูปแบบทั่วไปดังนี้

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t1} + \beta_2 x_{t2} + \ldots + \beta_p x_{tp} + v_t \quad ; \quad t = 1,2,...,n$$

โดยที่

y_t คือ ตัวแปรตาม

x_{ti} คือ ตัวแปรอิสระ (i = 1,2,…,p)

β_i คือ พารามิเตอร์ เรียกว่า สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient)

v_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error)

n คือ ขนาดตัวอย่าง

เมื่อได้ตัวแบบสมการถดถอยแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่สำคัญคือ การประมาณค่าพารามิเตอร์ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย β_i แทนด้วย $\hat{\beta}_i$ ซึ่งมีวิธีการประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์หลายวิธี ในการเลือกวิธีการที่เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงข้อสมมติ (Assumption) ของวิธีที่ใช้ วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่ง คือ วิธีกำลังสองน้อยสุดแบบสามัญ (Ordinary Least Squares Method) หรือเรียกย่อๆว่า OLS ซึ่งวิธีนี้จะให้ตัวประมาณที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงเชิงเส้นที่ดีที่สุด (Best Linear Unbiased Estimator :BLUE) และตัวสถิติที่ใช้ทดสอบเกี่ยวกับพารามิเตอร์ดังกล่าว คือ ตัวสถิติที (Student ' s t) โดยมีข้อสมมติของความคลาดเคลื่อนสุ่ม v_t คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 มีความแปรปรวนคงที่ ไม่มีสหสัมพันธ์กัน และมีการแจกแจงแบบปกติ จากข้อสมมติดังกล่าวจะได้ว่า

ตัวสถิติทดสอบที T = $\frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{s_{\hat{\beta}_i}}$ มีการแจกแจงที ที่ระดับขั้นความเสรี (Degrees of Freedom) เท่ากับ n - p -1 (p = จำนวนตัวแปรอิสระ , $s_{\hat{\beta}_i}$ = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ของ $\hat{\beta}_i$)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจตัวแบบการถดถอยที่เรียกว่า ตัวแบบ Distributed Lag ซึ่งเป็นตัวแบบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ โดยที่ค่าในอดีตของตัวแปรอิสระส่งผลกระทบต่อความผันแปรของค่าปัจจุบันของตัวแปรตามด้วย ซึ่งพบได้ในทางปฏิบัติ เช่น พบว่ายอดขายสินค้า ณ คาบเวลา t มีอิทธิพลมาจากการโฆษณา ณ คาบเวลา t -1 มากที่สุด และลดลงเรื่อยๆในคาบเวลา t-2 , t-3 , … ตามลำดับ ในทางทฤษฎีกล่าวคือไม่ว่าเวลาจะผ่านไปกี่คาบเวลาอิทธิพลของตัวแปรอิสระในอดีตจะส่งผลต่อค่าตัวแปรตาม ดังนั้น เรียกตัวแบบนี้ว่า Infinite Distributed Lag Model เมื่อมีตัวแปรอิสระ x_t หนึ่งตัว จะมีรูปแบบดังนี้

$$y_t = \sum_{i=0}^{\infty} \beta_i^* x_{t-i} + v_t$$

จากรูปแบบข้างต้นพบว่า การวิเคราะห์ยุ่งยากมากในทางปฏิบัติเนื่องจากต้องประมาณค่าพารามิเตอร์ β_i^* จำนวนมากจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบของ β_i^* โดยทั่วไปแล้วพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป ตัวแปรอิสระที่อยู่ ณ คาบเวลาใกล้ๆกับตัวปัจจุบันจะมีผลต่อตัวแปรตามมากกว่าตัวแปรอิสระ ณ คาบเวลาที่ห่างไกล ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จะกำหนดรูปแบบ β_i^* เป็นแบบ Geometric Lag นั่นคือค่า β_i^* จะมีค่าลดลงในรูปอนุกรมเรขาคณิต ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$\beta_i^* \quad = \quad \alpha\lambda^i \quad = \quad -1 < \lambda < 1 \quad ; \quad i = 0, 1, 2, \ldots$$

α = ค่าคงที่

จาก $y_t = \sum_{i=0}^{\infty} \beta_i^* x_{t-i} + v_t$

แทนค่า $\beta_i^* = \alpha\lambda^i$

$$\begin{aligned} y_t &= \sum_{i=0}^{\infty} (\alpha\lambda^i) x_{t-i} + v_t \\ &= \alpha \sum_{i=0}^{\infty} \lambda^i x_{t-i} + v_t \\ &= \alpha \, (x_t + \lambda x_{t-1} + \lambda^2 x_{t-2} + \ldots) + v_t \end{aligned}$$

นิยาม Lag Operation L : $(L^i)\ x_t = x_{t-i}$ และฟังก์ชันของ L ให้เป็น

$$W(L) = 1 + \lambda L + \lambda^2 L^2 + \ldots$$

$$= (1-\lambda L)^{-1}$$

เพราะฉะนั้น $$y_t = \alpha\ (1+\lambda L+\lambda^2 L^2+\ldots) x_t + v_t$$

$$= \alpha\ W(L)\ x_t + v_t$$

$$= \alpha (1-\lambda L)^{-1} x_t + v_t$$

$$(1-\lambda L)\ y_t = \alpha x_t + v_t (1-\lambda L)$$

$$y_t - \lambda y_{t-1} = \alpha x_t + u_t \quad , \quad u_t = v_t (1-\lambda L)$$

$$y_t = \lambda y_{t-1} + \alpha x_t + u_t$$ ซึ่งเรียกว่าสมการถดถอยที่มีตัวแปรตามย้อนเวลาร่วมเป็นตัวแปรอิสระ

สำหรับตัวแบบ Distributed Lag ตัวแบบหนึ่งที่ผู้วิจัยสนใจทำการศึกษาในครั้งนี้ โดยที่ตัวแปรอิสระ x_t คือ คาบเวลา t มีรูปแบบดังนี้

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 y_{t-1} + u_t \quad ; \quad t = 1,2,\ldots,n \quad , |\beta_2| < 1 \quad \ldots \quad (1.1)$$

โดยที่

y_t คือ ตัวแปรตาม

y_{t-1} คือ ตัวแปรตามย้อนเวลา (Lag Dependent Variable)

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ คือ พารามิเตอร์ (parameter) สำหรับ β_2 เป็นพารามิเตอร์ซึ่งแสดงอัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 ของตัวแปรตาม

t คือ คาบเวลา

$u_t = v_t - \lambda v_{t-1}$ คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มซึ่งพบว่ามีสหสัมพันธ์ ถึงแม้ว่า v_t จะไม่มีสหสัมพันธ์ก็ตาม

ตัวแบบในสมการ (1.1) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "ตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม" (First-order Autoregressive Model with Trend)

เนื่องจากความคลาดเคลื่อนสุ่ม u_t มีอัตสหสัมพันธ์ (autocorrelation) ดังนั้นการใช้ตัวสถิติที T = $\dfrac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{s_{\hat{\beta}_i}}$ มีการแจกแจงที ที่ระดับขั้นความเสรี n - p –1 อาจจะเกิดความผิดพลาดได้มากในการทดสอบสมมติฐาน จึงควรศึกษาตัวสถิติใหม่แทนการใช้ตัวสถิติ T นอกจากนี้ถ้า u_t มีการแจกแจงที่ไม่ใช่การแจกแจงแบบปกติ การศึกษาหาตัวสถิติใหม่แทนตัวสถิติ T ควรจะกระทำมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบ ตัวสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม 3 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบที (T - Statistic) ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที (Bootstrap t - Statistic) ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ (Dickey-Fuller Statistic)

ในการศึกษาเปรียบเทียบนั้นจะศึกษาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error) และสำหรับตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ จึงจะเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของตัวสถิตินั้นต่อไป เพื่อจะได้เสนอแนะตัวสถิติทดสอบสำหรับการทดสอบอัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 ของตัวแปรตาม ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม

สำหรับผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยขอกล่าวโดยสังเขปดังนี้ Robert K. Rayner (1990: 251-263) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการหาค่า p-value และอำนาจการทดสอบ ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 โดยวิธีบูทสแทรปโดยการจำลองแบบมอนติคาร์โล พบว่า ในการหาการแจกแจงที่แท้จริงของตัวสถิติทดสอบด้วยวิธีบูทสแทรปเทียบกับวิธี Student 's t นั้น วิธีบูทสแทรป สามารถประมาณค่า p-value และอำนาจการทดสอบ ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 สำหรับตัวอย่างขนาดเล็ก (5 - 10) ได้ถูกต้องแม่นยำกว่า วิธี Student 's t

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยที่นำมาศึกษาคือ ขนาดตัวอย่าง และลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่มส่งผลต่อความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ตัวสถิติทดสอบ 3 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบที (T - Statistic : T) ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที (Bootstrap t - Statistic : T_B) และ ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ (Dickey-Fuller Statistic : D) ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม ที่ระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 ,0.05 และ 0.10

1.2.2 เพื่อหาตัวสถิติทดสอบที่ให้อำนาจการทดสอบสูงสุด ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่า ตัวสถิติทดสอบที และตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

ตัวแบบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นตัวแบบถดถอยเชิงเส้นที่มีตัวแปรตามย้อนเวลาเป็นตัวแปรอิสระที่เรียกว่าตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม และทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์อัตสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตามในตัวแบบดังกล่าว ในกรณีความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงใน 3 ลักษณะดังจะได้กล่าวต่อไป

1.4.1 จากสมการ (1.1) เขียนในรูปเมทริกซ์ ดังนี้

$$\underline{Y} = X\underline{\beta} + \underline{U} \qquad \text{.....(1.2)}$$

โดยที่

$\underline{Y}$ คือ เวกเตอร์ของตัวแปรตาม ณ เวลา t ขนาด $n \times 1$

X คือ เมทริกซ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อ $\underline{Y}$ ขนาด $n \times 3$

$\underline{\beta}$ คือ เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ในตัวแบบ ขนาด 3×1

$\underline{U}$ คือ เวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนสุ่ม ขนาด $n \times 1$

$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & . \\ 1 & 2 & y_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & n & y_{n-1} \end{bmatrix}, \quad \underline{U} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}, \quad \underline{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix}$$

1.4.2 การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่มที่จะศึกษามี 3 ลักษณะต่างๆ ดังนี้

1.4.2.1 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

ตัวแปรสุ่ม U มีการแจกแจงความน่าจะเป็นปกติ ด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ^2 ถ้า U มีฟังก์ชันความหนาแน่น

$$f(u;\mu,\sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(\frac{-(u-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \qquad ; -\infty < u < \infty$$

$$-\infty < \mu < \infty \text{ , } \sigma > 0$$

1.4.2.2 การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล (Lognormal Distribution)

ตัวแปรสุ่ม U มีการแจกแจงความน่าจะเป็นล็อกนอร์มอล ด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ^2 ถ้า U มีฟังก์ชันความหนาแน่น

$$f(u;\mu,\sigma^2) = \frac{1}{u\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(\frac{-(\ln u-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \qquad ; 0 < u < \infty$$

$$-\infty < \mu < \infty \text{ , } \sigma > 0$$

1.4.2.3 การแจกแจงแบบไค-สแควร์ (Chi-square Distribution)

ตัวแปรสุ่ม U มีการแจกแจงความน่าจะเป็นไค-สแควร์ ด้วยพารามิเตอร์ n ถ้า U มีฟังก์ชันความหนาแน่น

$$f(u;n) = \frac{u^{(n-2)/2} \exp(-u/2)}{2^{n/2}\,\Gamma(n/2)} \qquad ; \quad u > 0$$

$$n = 1,2,3,\ldots$$

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในการหาตัวสถิติทดสอบที่ให้อำนาจการทดสอบสูงสุด ที่ใช้สำหรับทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าอัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม จะมีสมมติฐานดังนี้ สำหรับการศึกษาความผิดพลาดประเภทที่ 1 $H_0 : \beta_2 = 0$ เทียบกับ $H_1 : \beta_2 \neq 0$ สำหรับการศึกษาอำนาจการทดสอบ $H_0 : \beta_2 = 0$ เทียบกับ $H_1 : \beta_2 > 0$ โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1.5.1 กำหนดลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่มที่ต้องการศึกษา ตามหัวข้อ 1.4.2 โดยกำหนดพารามิเตอร์ของการแจกแจงต่างๆ พิจารณาจากเกณฑ์สัมประสิทธิ์ความเบ้ และ/หรือ สัมประสิทธิ์ความโด่ง ดังนี้

1.5.1.1 การแจกแจงแบบปกติ มีสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และการแจกแจงแบบปกติมีสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3 ดังนั้นผู้วิจัยสนใจศึกษา กรณีเฉพาะคือ การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน $\mu = 0$, $\sigma^2 = 1.0$ และที่พารามิเตอร์ $\mu = 1$ และ $\sigma^2 = 1.0$ [๑]

1.5.1.2 การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล มีสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็น $\alpha_3 = (\omega+2)(\omega-1)^{1/2}$ และสัมประสิทธิ์ความโด่งเป็น $\alpha_4 = \omega^4 + 2\omega^3 + 3\omega^2 - 3$ โดยที่ $\omega = \exp(\sigma^2)$ ซึ่งสัมประสิทธิ์ความเบ้และสัมประสิทธิ์ความโด่งจะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ σ^2 ดังนั้นผู้วิจัยสนใจศึกษาที่ $\mu = 1$, $\sigma^2 = 0.7$ [๒] ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 4.0 และสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 41.9

1.5.1.3 การแจกแจงแบบไค-สแควร์ มีสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็น $\alpha_3 = 2^{3/2} n^{-1/2}$ และสัมประสิทธิ์ความโด่งเป็น $\alpha_4 = 3 + 12/n$ ซึ่งสัมประสิทธิ์ความเบ้และสัมประสิทธิ์ความโด่งจะขึ้นอยู่กับระดับขั้นความเสรี [๓] (n) ผู้วิจัยสนใจศึกษาที่ระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 8 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.0 สัมประสิทธิ์ความโด่ง เท่ากับ 4.5

1.5.2 กำหนด $\beta_0 = 1$

$\beta_1 = 1$

ในทุกประชากรที่ศึกษา [๔]

---

[๑] การวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองค่า σ^2 ที่ค่าอื่นๆ บางค่าปรากฏว่าผลสรุปไม่แตกต่างกันดังตัวอย่างแสดงในภาคผนวก ข. เช่น $\sigma^2 = 0.7$ และ 1.5 สำหรับขนาดตัวอย่าง 25,50 และ 80

[๒] การวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองค่า σ^2 ที่ค่าอื่นๆ บางค่าปรากฏว่าผลสรุปไม่แตกต่างกันดังตัวอย่างแสดงในภาคผนวก ข. เช่น $\sigma^2 = 0.5$ และ 1.2 สำหรับขนาดตัวอย่าง 25,50 และ 80

[๓] การวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองค่า n ที่ค่าอื่นๆ บางค่าปรากฏว่าผลสรุปไม่แตกต่างกันดังตัวอย่างแสดงในภาคผนวก ข. เช่น n = 5 และ 12 สำหรับขนาดตัวอย่าง 25,50 และ 80

[๔] การวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองค่าของ β_0, β_1 ที่ค่าอื่นๆบางค่าปรากฏว่าผลสรุปไม่แตกต่างกัน

1.5.3 จำนวนครั้งในการสุ่มตัวอย่างแบบบูทสแตรป (BS) 500 ครั้ง [๑]

1.5.4 ขนาดตัวอย่างที่จะทำการศึกษา คือ n = 15,20,25,30,40,50,60,70 และ 80

1.5.5 ค่าอัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม ที่จะทำการศึกษาคือ 0 ,0.1 ,0.3 , 0.5 , 0.7 และ 0.9

ค่าอัตสหสัมพันธ์ (β_2) มีค่าอยู่ในช่วง -1< β_2 <1 แต่เนื่องจากในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะข้อมูลทางธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ ส่วนมากมักพบว่ามีค่าที่เป็นบวก และค่าของ β_2 มีความสมมาตรกัน ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาเฉพาะ $0 \le \beta_2 < 1$

1.5.6 ระดับนัยสำคัญ (α) ที่ศึกษา คือ 0.01 , 0.05 และ 0.10

1.5.7 การวิจัยครั้งนี้จำลองข้อมูลขึ้นตามสถานการณ์ที่ต้องการศึกษา โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) จากเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) โดยใช้ภาษาฟอร์แทรน (Fortran) ทำการจำลองแบบซ้ำๆกัน จำนวน 1000 ครั้ง

1.6 เกณฑ์ในการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1

ให้ α แทนความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ และให้ $\hat{\alpha}$ แทนตัวประมาณของ α ซึ่งค่าของ $\hat{\alpha}$ ได้จากการทดลอง ทำการทดสอบค่า α โดยใช้เกณฑ์การทดสอบแบบทวินาม (Binomial Test) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบแบบทวินามที่ α^* =0.05 โดยมีรูปแบบการทดสอบดังนี้

$$H_0 : \alpha \le \alpha_0$$

$$H_1 : \alpha > \alpha_0$$

---

[๑] การวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองค่าของ BS ที่ค่าอื่นๆบางค่าปรากฏว่าผลได้ผลลู่เข้าที่ระดับ BS $\ge$ 500

ดังนั้น โดยใช้ทฤษฎีบทลิมิตสู่ส่วนกลาง (Central Limit Theorem) ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับสมมติฐาน H_0 เท่ากับ

$$P\left[\frac{\hat{\alpha}-\alpha_0}{\sqrt{\alpha_0(1-\alpha_0)/n}} < Z_{\alpha^*}\right] = 1-\alpha^*$$

หรือ

$$P\left[\hat{\alpha} < \alpha_0 + Z_{\alpha^*}\sqrt{\alpha_0(1-\alpha_0)/n}\right] = 1-\alpha^*$$

เพราะฉะนั้นช่วงของการยอมรับสมมติฐาน $H_0 : \alpha \le \alpha_0$ คือ

$$(0\,,\ \alpha_0 + Z_{\alpha^*}\sqrt{\alpha_0(1-\alpha_0)/n}\ )$$

เมื่อ α_0 คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1

Z_{α^*} คือ ค่าวิกฤตที่ได้จากตารางการแจกแจงปกติมาตรฐานที่ระดับนัยสำคัญ α^*

n คือ จำนวนรอบของการทดลอง

ถ้าค่า α เปรียบเทียบกับ $\alpha_0 = 0.01$ บริเวณการยอมรับ H_0 เป็น (0 , 0.0116)

ถ้าค่า α เปรียบเทียบกับ $\alpha_0 = 0.05$ บริเวณการยอมรับ H_0 เป็น (0 , 0.0613)

ถ้าค่า α เปรียบเทียบกับ $\alpha_0 = 0.10$ บริเวณการยอมรับ H_0 เป็น (0 , 0.1163)

ถ้าค่า $\hat{\alpha}$ หรือค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบอยู่ในช่วงของการยอมรับ กล่าวได้ว่า ตัวสถิติทดสอบสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

1.7 คำจำกัดความ

1.7.1 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ H_0 ถูกต้อง

1.7.2 ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐาน H_0 เมื่อ H_0 ไม่ถูกต้อง

1.6.3 อำนาจการทดสอบ (Power of the Test) เป็นความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 ไม่ถูกต้อง

1.6.4 อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (first-order autocorrelation) เป็นค่าวัดระดับความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรตามที่อยู่ห่างกัน 1 คาบเวลา

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกตัวสถิติที่เหมาะสม ในการทดสอบอัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 ของตัวแปรตาม ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม ที่ให้อำนาจการทดสอบสูงสุด

1.8.2 เพื่อเป็นแนวทางในการเปรียบเทียบตัวสถิติอื่นที่ใช้สำหรับทดสอบอัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 ของตัวแปรตาม และเลือกใช้ตัวสถิติที่ให้อำนาจการทดสอบสูงสุดต่อไป

บทที่ 2

สถิติทดสอบและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการทดสอบสัมประสิทธิ์อัตสัมพันธ์อันดับ 1 ของตัวแปรตาม สำหรับการวิเคราะห์การถดถอยที่มีตัวแปรตามย้อนเวลาเป็นตัวแปรอิสระนั้น มีตัวสถิติที่ใช้ทดสอบอยู่หลายตัว สำหรับตัวสถิติทดสอบที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ คือ ตัวสถิติทดสอบที ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียด สถิติทดสอบแต่ละวิธี พร้อมทั้งกล่าวถึง วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดแบบสามัญ ความเบ้ (skewness) ความโด่ง (kurtosis) และการแจกแจงที่นำมาศึกษา ซึ่งรายละเอียดต่างๆเป็นดังนี้

2.1 ตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ตัวแบบที่ใช้คือ ตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม มีรูปแบบดังนี้

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 y_{t-1} + u_t \quad ;t = 1, 2, ..., n \;, |\beta_2| < 1$$

สมมติฐานของการทดสอบอัตสหสัมพันธ์อันดับ1 (β_2) ของตัวแปรตาม คือ

สำหรับการศึกษาความผิดพลาดประเภทที่ 1 คือ

H_0 : $\beta_2 = 0$

H_1 : $\beta_2 \neq 0$

สำหรับการศึกษาอำนาจการทดสอบ คือ

H_0 : $\beta_2 = 0$

H_1 : $\beta_2 > 0$

ตัวสถิติทดสอบต่างๆที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานข้างต้นมีรายละเอียด ดังนี้

2.1.1 ตัวสถิติทดสอบที (T)

เป็นวิธีที่มีผู้นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆ และในการศึกษาครั้งนี้จะทำการทดสอบพารามิเตอร์ β_2 คือ อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 ของตัวแปรตาม ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม ตัวสถิติทดสอบทีมีขั้นตอนการดำเนินงานทดสอบ ดังนี้

2.1.1.1 วิเคราะห์สมการถดถอย $\underline{Y} = X\underline{\beta} + \underline{U}$, $\underline{Y}' = (y_1, y_2, ..., y_n)$, $X = [\,\underline{1} \quad \underline{t} \quad \underline{Y}^{**}\,]$: $\underline{t}' = (1, 2, 3, ..., n)$, $\underline{Y}^{**\prime} = (\,.\,, y_1, ..., y_{n-1})$ ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี OLS ได้ $\underline{\hat{\beta}} = (X'X)^{-1}X'\underline{Y}$ ค่าพยากรณ์ $\underline{\hat{Y}} = X\underline{\hat{\beta}}$ และเวกเตอร์ของส่วนเหลือ (residual vector) คือ $\underline{\hat{u}} = \underline{Y} - \underline{\hat{Y}}$

2.1.1.2 จากเวกเตอร์ของส่วนเหลือ ($\underline{\hat{u}}$) ; $\underline{\hat{u}}' = (\,.\,, \hat{u}_2, ..., \hat{u}_n)$ นำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง :

$$s^2 = \frac{\sum_{t=2}^{n} \hat{u}_t^2}{n - p - 2} \qquad , \quad p = 2$$

2.1.1.3 คำนวณค่าสถิติทดสอบ

$$T = \frac{\hat{\beta}_2}{(s^2 G)^{1/2}}$$

G คือ ค่าของสมาชิกตำแหน่งที่ (3,3) ในเมทริกซ์ $(X'X)^{-1}$

2.1.1.4 เกณฑ์การตัดสินใจแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.1.1.4.1 สำหรับการศึกษาความผิดพลาดประเภทที่ 1

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|T| \geq t_{\alpha/2\,,\,n-p-2}$

จะยอมรับ H_0 เมื่อ $|T| < t_{\alpha/2\,,\,n-p-2}$

2.1.1.4.2 สำหรับการศึกษาอำนาจการทดสอบ

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $T \geq t_{\alpha,\,n-p-2}$

จะยอมรับ H_0 เมื่อ $T < t_{\alpha,\,n-p-2}$

เมื่อ $t_{\alpha,\ n-p-2}$ และ $t_{\alpha/2\ ,\ ,n-p-2}$ เป็นค่าวิกฤตที่ได้จากตารางการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ α และ $\alpha/2$ ตามลำดับ ที่ระดับขั้นความเสรี n-p-2

2.1.2 ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที (T_B)*

ตัวสถิติบูทสแทรปทีของ Robert K. Rayner ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 ได้อาศัยหลักการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบบูทสแทรป ซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Sampling with Replacement) ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

2.1.2.1 จากเวกเตอร์ $\underline{Y}$ ในข้อ 2.1.1.1 $\underline{Y}' = (y_1, y_2, ..., y_n)$ นำมาสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบบูทสแทรป จากนั้นจัดเรียงเวกเตอร์ ได้ $\underline{Y}^{*\prime} = (y_1^*, y_2^*, ..., y_n^*)$ และ $\underline{Y}_*$

2.1.2.2 วิเคราะห์สมการถดถอย $\underline{Y}^* = X^* \underline{\beta}^* + \underline{U}^*$, $X^* = [\underline{1} \quad \underline{t} \quad \underline{Y}_*]$ $\underline{Y}_*' = (\ .\ , y_1^*, ..., y_{n-1}^*)$ ประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี OLS ได้ $\hat{\underline{\beta}}^* = (X^{*\prime} X^*)^{-1} X^{*\prime} \underline{Y}^*$ ค่าพยากรณ์ $\hat{\underline{Y}}^* = X^* \hat{\underline{\beta}}^*$ และเวกเตอร์ของส่วนเหลือ (residual vector) คือ $\underline{\hat{u}}^* = \underline{Y}^* - \hat{\underline{Y}}^*$

2.1.2.3 จากเวกเตอร์ของส่วนเหลือ $(\underline{\hat{u}}^*)$; $\underline{\hat{u}}^{*\prime} = (\ .,\ \hat{u}_2^*, ..., \hat{u}_n^*)$ นำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองจาก :

$$s^{*2} = \frac{\sum_{t=2}^{n} \hat{u}_t^{*2}}{n-p-2} \quad , \quad p = 2$$

2.1.2.4 คำนวณค่าสถิติทดสอบ

$$T_B = \frac{\hat{\beta}_2^*}{(s^{*2} G^*)^{1/2}}$$

G^* คือ ค่าของสมาชิกตำแหน่งที่ (3,3) ในเมทริกซ์ $(X^{*\prime} X^*)^{-1}$

2.1.2.5 ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 2.1.2.1 - 2.1.2.4 จนครบจำนวนครั้งที่ทำการสุ่มตัวอย่างแบบบูทสแทรป (B) จะได้ $T_1, T_2, ..., T_B$

---

* Robert K. Rayner . ‘ Bootstrapping p -value and power in first order autoregressive: A Monte carlo investigation ’ , Journal of Business & Economic Statistics , Vol 8 (1990) : 251-263

2.1.2.6 เปรียบเทียบค่าของตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที (T_B) แต่ละตัวกับค่าสถิติทดสอบที (T) ที่คำนวณได้ในข้อ 2.1.1.3 จากเวกเตอร์ $\underline{Y}$ เดียวกัน

2.1.2.7 คำนวณหาค่า p - value = จำนวนครั้งที่ ($T_B > T$) / B

2.1.2.8 เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับการศึกษาความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ p - value ≤ α

จะยอมรับ H_0 เมื่อ p - value > α

เมื่อ α เป็นค่าระดับนัยสำคัญที่ทำการทดสอบ

2.1.3 ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ (D)

ผู้ที่คิดค้นตัวสถิติทดสอบดิคกี้และฟูลเลอร์ คือ David A. Dickey และ Wayne A. Fuller ในปี ค.ศ. 1979 ซึ่งบุคคลทั้งสองได้เสนอวิธีการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์ถดถอยในตัวแบบถดถอยดิคกี้และฟูลเลอร์ (Dickey – Fuller Regression) โดยสถิติทดสอบนี้มีวิธีการคำนวณคล้ายกับตัวสถิติทีในข้อ 2.1.1 ซึ่งตัวสถิติทดสอบดิคกี้และฟูลเลอร์มีขั้นตอนการดำเนินการทดสอบดังนี้

2.1.3.1 จากสมการถดถอยที่ศึกษา คือ $y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 y_{t-1} + u_t$ ทำการปรับพารามิเตอร์ (reparameterization) โดยลบด้วยตัวแปรตาม ณ เวลา t-1 ทั้ง 2 ข้าง

$$y_t - y_{t-1} = \beta_0 + \beta_1 t + (\beta_2 - 1) y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \gamma y_{t-1} + u_t \qquad (2.1)$$

จากสมการ (2.1) เขียนในรูปเมทริกซ์ คือ $\underline{\Delta Y} = X \underline{\beta_*} + \underline{U_D}$ เมื่อ $\underline{\Delta Y}' = (. , \Delta y_2, ..., \Delta y_n)$, $\underline{\beta_*}' = [\ \beta_0 \quad \beta_1 \quad \gamma\ ]$

2.1.3.2 ประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยวิธี OLS ได้ $\underline{\hat{\beta}_*} = [\ \hat{\beta}_0 \ \ \hat{\beta}_1 \ \ \hat{\gamma}\ ]$ ค่าพยากรณ์ $\underline{\hat{Y}_D} = X \underline{\hat{\beta}_*}$ และเวกเตอร์ของส่วนเหลือ (residual vector) คือ $\underline{\hat{u}_D} = \Delta \underline{Y} - \underline{\hat{Y}_D}$

2.1.3.3 จากเวกเตอร์ของส่วนเหลือ ($\underline{\hat{u}_D}$) ; $\underline{\hat{u}_D} = (. , u_2, ..., u_n)$ นำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองจาก :

$$s_D^2 = \frac{\sum_{D=2}^{n} \hat{u}_D^2}{n - p - 2} \qquad , \quad p = 2$$

2.1.1.3 คำนวณค่าสถิติทดสอบ

$$D = \frac{\hat{\gamma}}{(s_D{}^2 G)^{1/2}}$$

G คือ ค่าของสมาชิกตำแหน่งที่ (3,3) ในเมทริกซ์ $(X'X)^{-1}$

2.1.1.4 เกณฑ์การตัดสินใจแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.1.1.4.1 สำหรับการศึกษาความผิดพลาดประเภทที่ 1

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $D \geq D_{1-\alpha/2\ ,\ n}$

จะยอมรับ H_0 เมื่อ $D < D_{1-\alpha/2\ ,\ n}$

2.1.1.4.2 สำหรับการศึกษาอำนาจการทดสอบ

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $D \geq D_{1-\alpha\ ,\ n}$

จะยอมรับ H_0 เมื่อ $D < D_{1-\alpha\ ,\ n}$

เมื่อ $D_{1-\alpha/2\ ,\ n}$ และ $D_{1-\alpha\ ,\ n}$ เป็นค่าวิกฤตที่คำนวณจากค่าสถิติดิคกี้และฟูลเลอร์ โดยวิธีมอนติคาร์โล ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 1-α/2 และ 1-α ที่ตัวอย่างขนาด n ตามลำดับ

2.2 วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Square Method)

วิธีประมาณพารามิเตอร์วิธีนี้มีรากฐานมาจากทฤษฎีการประมาณเชิงเส้น (Theory of Linear Estimation) ในปี ค.ศ. 1856 - 1922 อังเดร แอนดรีวิช มาร์คอฟ (Andrei Andrewich Markov) ซึ่งมีหลักการในการประมาณค่าพารามิเตอร์ คือ ทำให้ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

จากตัวแบบ

$$\underline{Y} = X\underline{\beta} + \underline{U}$$

เมื่อ $E(\underline{U}) = 0$ และ $Var(\underline{U}) = \sigma^2 I_n$

ตัวประมาณกำลังสองน้อยสุดของ $\underline{\beta}$ คือ $\hat{\underline{\beta}}$ ซึ่งทำให้ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (sum square error) หรือ SSE มีค่าน้อยสุด

$$\begin{aligned} SSE &= \underline{U}'\underline{U} \\ &= (\underline{Y} - X\hat{\underline{\beta}})'(\underline{Y} - X\hat{\underline{\beta}}) \\ &= \underline{Y}'\underline{Y} - \underline{Y}'X\hat{\underline{\beta}} - \hat{\underline{\beta}}X'\underline{Y} + \hat{\underline{\beta}}X'X\hat{\underline{\beta}} \\ &= \underline{Y}'\underline{Y} - 2\hat{\underline{\beta}}X'\underline{Y} + \hat{\underline{\beta}}X'X\hat{\underline{\beta}} \end{aligned}$$

การหาค่าน้อยที่สุดของผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนทำได้โดยการหาอนุพันธ์ (differentiate) เทียบกับ $\hat{\underline{\beta}}$ แล้วกำหนดให้เท่ากับ $\underline{0}$

$$\frac{\partial}{\partial \hat{\underline{\beta}}} SSE = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial \hat{\beta}_1} SSE \\ \vdots \\ \frac{\partial}{\partial \hat{\beta}_p} SSE \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \underline{0}$$

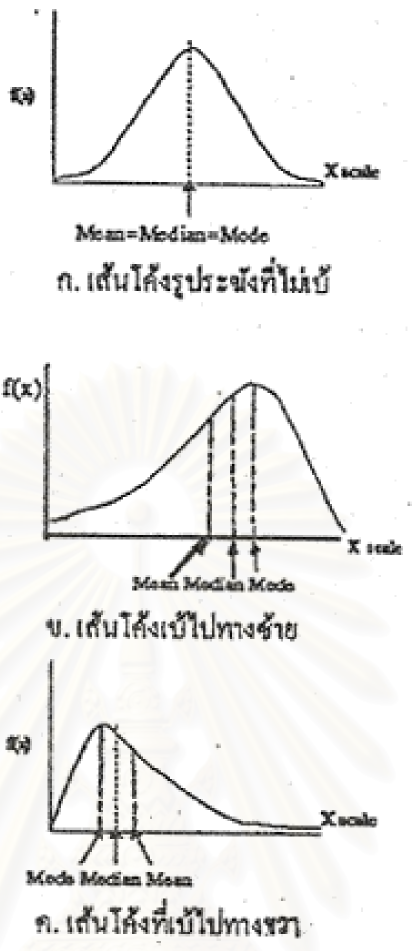
$$\begin{aligned} 2X'\underline{Y} + 2X'X\hat{\underline{\beta}} &= 0 \\ (X'X)\hat{\underline{\beta}} &= X'\underline{Y} \\ \hat{\underline{\beta}} &= (X'X)^{-1}X'\underline{Y} \end{aligned}$$

2.3 ความเบ้ และ ความโด่ง

2.3.1 ความเบ้ (Skewness)

ประชากรที่มีการแจกแจงแบบสมมาตรนั้น เส้นโค้งที่ได้จากการแจกแจงจะมีลักษณะเป็นรูประฆังที่สมมาตรกันที่ค่าเฉลี่ย เส้นโค้งทางด้านขวาของค่าเฉลี่ย และทางด้านซ้ายของค่าเฉลี่ยจะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ค่าเฉลี่ย (Mean) มัธยฐาน (Median) และฐานนิยม (Mode)

จะมีค่าเท่ากันและทับกันสนิท แต่ถ้าประชากรมีการแจกแจงแบบไม่สมมาตร มีลักษณะเบ้ไปข้างใดข้างหนึ่ง ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยม จะมีค่าต่างกัน พิจารณารูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 แสดงเส้นโค้งของการแจกแจงที่ไม่มีความเบ้ เบ้ซ้าย และเบ้ขวา

จะเห็นว่ารูป ก. ประชากรมีการแจกแจงแบบสมมาตร ซึ่งได้ว่าค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยม จะมีค่าเท่ากัน ส่วนในรูป ข. ประชากรมีการแจกแจงเบ้ไปทางซ้าย เพราะพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งทางด้านซ้ายของค่าฐานนิยมมีมากกว่าพื้นที่ทางด้านขวาของค่าฐานนิยม และในรูป ค. ประชากรมีการแจกแจงเบ้ไปทางขวา เพราะพื้นที่ทางด้านขวาของค่าฐานนิยมมากกว่าพื้นที่ทางด้านซ้ายของค่าฐานนิยม

การวัดความเบ้ (Measure of Skewness) จะใช้การวัดความเบ้โดยวิธีโมเมนต์(Moment) สูตรสำหรับหาค่าวัดสมมาตร หรือ สัมประสิทธิ์ความเบ้จากค่าประชากรเป็นดังนี้

$$\alpha_3 = \frac{\mu_3}{\sigma^3} = \frac{E((U-\mu)^3)}{(Var(U))^{3/2}}$$

โดยที่

α_3 คือ โมเมนต์ศูนย์กลางอันดับที่ 3 $E((U-\mu)^3)$

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร $\sqrt{Var(U)}$

สามารถประมาณค่าวัดสมมาตร หรือ สัมประสิทธิ์ความเบ้ จากข้อมูลตัวอย่างได้ค่าสถิติดังนี้

$$\hat{\alpha}_3 = \frac{m_3}{m_2^{\ 3/2}}$$

โดยที่

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(u_i - \bar{u})^3}{n}$$

$$m_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(u_i - \bar{u})^2}{n}$$

การวัดความเบ้ด้วยโมเมนต์ศูนย์กลางอันดับที่ 3 จะให้ค่าต่างๆกันดังนี้

1. ถ้าการแจกแจงสมมาตร ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็นศูนย์
2. ถ้าการแจกแจงเบ้ขวา ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าเป็นบวก
3. ถ้าการแจกแจงเบ้ซ้าย ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ค่าเป็นลบ

2.3.2 ความโด่ง (Kurtosis)

การวัดค่าความโด่ง (Measure of Kurtosis) ก็คือการวัดเส้นโค้งว่าจะมีความโด่งมากน้อยเพียงไร เส้นโค้งที่เราเรียกว่าเส้นโค้งปกติ เส้นโค้งใดโด่งผิดจากเส้นโค้งปกติก็นับเป็นเส้นโค้งไม่ปกติทั้งสิ้น แม้แต่จะเป็นรูประฆังที่สมมาตรก็ตาม

ความโด่งของการแจกแจงประชากรมี 3ลักษณะดังนี้

1. เส้นโค้งที่มีความโด่งเป็นปกติ เรียกว่าเส้นโค้งชนิด Mesokurtic
2. เส้นโค้งที่แบนราบกว่าปกติ เรียก เส้นโค้งชนิด Platykurtic
3. เส้นโค้งที่โด่งกว่าปกติ เรียก เส้นโค้งชนิด Leptokurtic

การวัดความโด่ง หรือการหาสัมประสิทธิ์ความโด่ง (α_4) ซึ่งวัดได้จากค่าโมเมนต์ศูนย์กลางอันดับที่ 4 หารด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานยกกำลังสี่ ดังสูตรต่อไปนี้

$$\alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} = \frac{E((U-\mu)^4)}{(Var(U))^2}$$

โดยที่

α_4 คือ โมเมนต์ศูนย์กลางอันดับที่ 4 $E((U-\mu)^4)$

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร $\sqrt{Var(U)}$

สามารถประมาณค่าวัดความโด่ง หรือ สัมประสิทธิ์ความโด่ง จากข้อมูลตัวอย่างได้ค่าสถิติดังนี้

$$\hat{\alpha}_4 = \frac{m_4}{m_2^{\;2}}$$

โดยที่

$$m_4 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(u_i-\bar{u})^4}{n}$$

$$m_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(u_i-\bar{u})^2}{n}$$

การวัดความโด่งด้วยโมเมนต์ศูนย์กลางอันดับที่ 4 จะให้ค่าต่างๆกันดังนี้

1. ถ้า α_4 เท่ากับ 3 แสดงว่าเส้นโค้งมีความโด่งเป็นปกติ
2. ถ้า α_4 น้อยกว่า 3 แสดงว่าเส้นโค้งแบนราบกว่าปกติ
3. ถ้า α_4 มากกว่า 3 แสดงว่าเส้นโค้งที่โด่งกว่าปกติ

2.5 การแจกแจงที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution)

ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ ด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ^2 ถ้า X มีฟังก์ชันความหนาแน่น

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \qquad -\infty < x < \infty$$

$$-\infty < \mu < \infty,\ \sigma > 0$$

ลักษณะทั่วไปของตัวแปรสุ่ม X ที่มีการแจกแจงแบบปกติ

1. ค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่ม X

$$E(X) = \mu$$

2. ค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม X

$$V(X) = \sigma^2$$

3. ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้

$$\alpha_3 = 0$$

4. ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง

$$\alpha_4 = 3$$

จากตัวแปรสุ่ม X ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย μ ความแปรปรวน σ^2 สามารถแปลงตัวแปรสุ่ม X ให้เป็นตัวแปรใหม่ที่เป็นมาตรฐาน คือ Z โดย $Z = \dfrac{X - \mu}{\sigma}$ แล้วจะได้ว่า ตัวแปร Z มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 0 ความแปรปรวน 1 และมีฟังก์ชันความน่าจะเป็น คือ

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-z^2/2)$$

และเรียกการแจกแจงของ Z นี้ ว่า การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution) ดังรูป

รูปที่ 2.3 แสดงเส้นโค้งของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

2.1.2 การแจกแจงล็อกนอร์มอล (Lognormal Distribution)

ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบล็อกนอร์มอลด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ^2 ถ้า X มีฟังก์ชันความหนาแน่น

$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad , \quad x > 0$$

$$-\infty < \mu < \infty \ , \ \sigma > 0$$

ลักษณะทั่วไปของตัวแปรสุ่ม X ที่มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล

1. ค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่ม X

$$E(X) = \exp(\mu + \sigma^2/2)$$

2. ค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม X

$$V(X) = \exp(2\mu + \sigma^2)[\exp(\sigma^2) - 1]$$

3. ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้

$$\alpha_3 = (\omega + 2)(\omega - 1)^{1/2}$$

4. ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง

$$\alpha_4 = \omega^4 + 2\omega^3 + 3\omega^2 - 3$$

2.1.3 การแจกแจงไค-สแควร์ (Chi-square Distribution)

ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย μ ความแปรปรวน σ^2 จะได้ $Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$ มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน และ $Z^2 = \frac{(X - \mu)^2}{\sigma^2}$ จะมีการแจกแจงไค-สแควร์ ด้วยระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 1

ถ้า $X_1, X_2, \ldots, X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มขนาด n จากการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย μ ความแปรปรวน σ^2 จะได้ว่า $\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \mu)^2}{\sigma^2}$ จะมีการแจกแจงไค-สแควร์ ด้วยระดับขั้นความเสรีเท่ากับ n หรือเขียนได้ว่า

$$\chi_n^2 = \sum_{i=1}^{n} Z^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \mu)^2}{\sigma^2}$$

ดังนั้นถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงไค-สแควร์ ด้วยระดับขั้นความเสรีเท่ากับ n ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X คือ

$$f(x) = \frac{x^{(n-2)/2} \exp(-x/2)}{2^{n/2}\Gamma(n/2)} \qquad x > 0$$

ลักษณะทั่วไปของตัวแปรสุ่ม X ที่มีการแจกแจงแบบไค-สแควร์

1. ค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่ม X

$$E(X) = n$$

2. ค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม X

$$V(X) = 2n$$

3. สัมประสิทธิ์ความเบ้

$$\alpha_3 = 2^{3/2} n^{-1/2}$$

4. สัมประสิทธิ์ความโด่ง

$$\alpha_4 = 3 + 12/n$$

ลักษณะเส้นโค้งของการแจกแจงไค - สแควร์ คือ

1. ค่าตัวแปร χ^2_n มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง ∞
2. เส้นโค้งมีลักษณะเบ้ขวา ซึ่งการเบ้จะแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับระดับขั้นความเสรี (n)
3. ถ้าระดับขั้นความเสรีมีค่ามาก เส้นโค้งไค-สแควร์ จะคล้ายเส้นโค้งปกติ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ต้องการศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบอัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 ของตัวแปรตามในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม โดยศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบ 3 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบที (T - Test) ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที (Bootstrap - t Test) ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ (Dickey-Fuller Test) โดยในขั้นตอนแรกจะศึกษาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติแต่ละตัว ถ้าตัวสถิติใดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ในแต่ละสถานการณ์ จะนำมาพิจารณาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบต่อไป โดยทำการศึกษาภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ดังนี้ (1) ณ ระดับค่าอัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 คือ พารามิเตอร์ β_2 ในสมการถดถอย จำนวน 6 ค่า คือ 0 , 0.1, 0.3 , 0.5 , 0.7 และ 0.9 (2) ขนาดตัวอย่าง 9 ขนาด คือ 15,20,25,30 - 80 โดยศึกษาเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 (3) การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) 3 รูปแบบ คือ การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล การแจกแจงแบบไค - สแควร์ จำนวนครั้งการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบบูทสแทรป 500 ครั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 , 0.05 และ 0.10

ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เทคนิควิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) ในการจำลองเหตุการณ์ต่างๆ ดังนั้นผู้วิจัยจะกล่าวถึงวิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โลพอสังเขป และรายละเอียดของแผนการทดลอง ขั้นตอนการวิจัย และโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย ตามลำดับ

3.1 วิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล

เทคนิคที่ใช้แก้ปัญหาสำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) มีหลายวิธี เช่น ระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Analysis) ระเบียบวิธีการจำลอง (Simulation Analysis) เป็นต้น แต่ระเบียบวิธีการจำลอง เป็นวิธีที่นิยมใช้และเป็นที่แพร่หลายมากกว่า เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และมักเป็นเครื่องมือสุดท้ายที่จะนำมาแก้ปัญหา แฮมเมอร์สเลย์ และแฮนสโคม (Hammerslay and Handscomb) กล่าวว่าวิธีมอนติคาร์โลเป็นสาขาหนึ่งของ

คณิตศาสตร์เชิงทดลอง ซึ่งหลักวิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โลนั้นจะใช้ตัวเลขสุ่ม (random number) มาช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่ทำการศึกษา

ขั้นตอนของวิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 **สร้างตัวเลขสุ่ม** การใช้ตัวเลขสุ่มเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับวิธีมอนติคาร์โลทั้งนี้เพราะว่า หลักการของวิธีมอนติคาร์โลจะใช้ตัวเลขสุ่มมาช่วยในการหาคำตอบ ลักษณะของตัวเลขสุ่มจะมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในช่วง (0,1) สำหรับวิธีการสร้างตัวเลขสุ่มมีผู้เสนอไว้หลายวิธี แต่วิธีที่ดีนั้น ลักษณะของตัวเลขสุ่มที่เกิดขึ้นจะต้องมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในช่วง (0,1) และเป็นอิสระกัน

3.3.2 **การประยุกต์ปัญหาที่ต้องการศึกษามาใช้กับตัวเลขสุ่ม** ในขั้นตอนนี้ขึ้นกับลักษณะของปัญหาที่ต้องการศึกษา บางปัญหาอาจใช้ตัวเลขสุ่มโดยตรง แต่บางปัญหาอาจต้องมีขั้นตอนอื่นๆอีก

3.3.3 **การทดลองกระทำ** เมื่อประยุกต์ปัญหาให้ใช้กับตัวเลขสุ่มได้แล้วนั้น ขั้นตอนต่อไป คือ การทดลองโดยใช้กระบวนการของการสุ่ม (random process) มาทำในลักษณะซ้ำๆกัน เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษา

3.2 แผนการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ณ ระดับค่าอัตสหสัมพันธ์อันดับที่ 1 คือ พารามิเตอร์ β_2 ของสมการถดถอย จำนวน 6 ค่า ขนาดตัวอย่าง 9 ขนาด การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) 3 รูปแบบ จำนวนครั้งการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบบูทสแทรป 500 ครั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ ซึ่งแต่ละเหตุการณ์ที่กำหนดจะทำการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เพื่อหาตัวสถิติที่ดีที่สุด

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก คือ

1. จำลองค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) จากการแจกแจงตามรูปแบบที่กำหนด
2. จำลองข้อมูล (y_t, y_{t-1}, t) ที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตามรูปแบบ

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 y_{t-1} + u_t \quad ; \quad t = 1, 2, ..., n$$

3. คำนวณสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว

4. คำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1

5. คำนวณและเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 จำลองค่าความคลาดเคลื่อน (u_t) จากการแจกแจงตามรูปแบบที่กำหนด

ในการจำลองค่าความคลาดเคลื่อน (u_t) จะใช้วิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล โดยกำหนดให้มีการแจกแจงเหมือนกันและเป็นอิสระต่อกัน (independent and identically distribution) โดยกำหนดให้ u_t มีการแจกแจงแบบปกติมีค่าเฉลี่ย 0 และความแปรปรวน σ^2 จากนั้นทำการแปลงค่า u_t ที่ทำการจำลองได้ให้เป็นไปตามรูปแบบการแจกแจงที่จะทำการศึกษา 3 รูปแบบ คือ การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล และ การแจกแจงแบบไค-สแควร์ ซึ่งวิธีการจำลองค่าและการแปลงค่าจากรูปแบบต่างๆแสดงในภาคผนวก ก.

3.3.2 จำลองข้อมูล (y_t, y_{t-1}, t) ให้มีรูปแบบอัตถดถอยอันดับ 1แบบมีแนวโน้ม ซึ่งมีขั้นตอนการจำลอง ดังนี้

3.3.2.1 สร้างค่า y_0 ก่อน โดยสร้าง y_0 ให้มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย $\dfrac{\beta_0-\beta_0\beta_2-\beta_1\beta_2}{(1-\beta_2)^2}$ และความแปรปรวน $\dfrac{\sigma_y^2}{(1-\beta_2^{\,2})}$

3.3.2.2 จากนั้นสร้างค่า y_t ให้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับ y_{t-1} ,t ดังนี้

$$y_t = \beta_0+\beta_1 t+\beta_2 y_{t-1}+u_t \quad ; \quad t = 1, 2, \ldots, n$$

ซึ่ง $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดขึ้น และ u_t เป็นความคลาดเคลื่อนสุ่ม ซึ่งค่าที่จำลองได้ในข้อ 3.3.1 จะได้ค่า y_t ต่างๆ ดังนี้

$$y_1 = \beta_0+\beta_1(1)+\beta_2 y_0+u_1$$

$$y_2 = \beta_0+\beta_1(2)+\beta_2 y_1+u_2$$

$$\vdots$$

$$y_n = \beta_0+\beta_1(n)+\beta_2 y_{n-1}+u_n$$

3.3.3 การคำนวณสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว

เมื่อจำลองข้อมูล (y_t, y_{t-1}, t) ที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงตามรูปแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม ขั้นต่อไป คือ การคำนวณค่าตัวสถิติที่ใช้ทดสอบทั้ง 3 ตัว ดังนี้

3.3.3.1 ตัวสถิติทดสอบที มีขั้นตอนการคำนวณสถิติทดสอบดังนี้

1. นำข้อมูล (y_t, y_{t-1}, t) มาประมาณค่า $\underline{\beta}'$ = ($\beta_0, \beta_1, \beta_2$) โดยวิธี OLS แทนด้วย $\underline{\hat{\beta}}'$ = ($\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2$) และหาค่า $\hat{y}_t$

2. คำนวณหาความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (s^2) จาก $\hat{u}_t$ จำนวน n-1 ค่า

$$s^2 = \frac{\sum_{t=2}^{n} \hat{u}_t^2}{n-p-2} \quad , \quad p = 2$$

3. คำนวณค่าสถิติทดสอบที จากสูตร

$$T = \frac{\hat{\beta}_2}{(s^2 G)^{1/2}}$$

3.3.3.2 ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรป (Bootstrap-t Test) มีขั้นตอนการคำนวณสถิติทดสอบดังนี้

1. จาก y_t ที่จำลองได้ในข้อ 3.3.2.2 ทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบบูทสแทรป ขนาดตัวอย่างเท่ากับ n เรียก y_t^*

2. นำข้อมูล (y_t^*, y_{t-1}^*, t) มาประมาณค่า $\underline{\beta^*}'$ = ($\beta_0^*, \beta_{1_1}^*, \beta_2^*$) โดยวิธี OLS $\underline{\hat{\beta}^*}'$ = ($\hat{\beta}_0^*, \hat{\beta}_1^*, \hat{\beta}_2^*$) และหาค่า $\hat{y}_t^*$

3. คำนวณหาความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (s^{*2}) จาก $\hat{u}_t^*$ จำนวน n-1 ค่า

$$s^{*2} = \frac{\sum_{t=2}^{n} \hat{u}_t^{*2}}{n-p-2} \quad , \quad p = 2$$

4. คำนวณค่าสถิติทดสอบบูทสแทรปที จากสูตร

$$T_B = \frac{\hat{\beta}^*_2}{(s^{*2} G)^{1/2}}$$

5. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 - 4 จำนวน B ครั้ง จะได้ $T_1, T_2, \ldots, T_B$ นำแต่ละค่ามาเปรียบเทียบกับค่า T ที่คำนวณใน 3.3.3.1 นับจำนวนครั้งที่ $T_B > T$ หารด้วย B เรียก p - value

3.3.3.3 ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ (Dickey-Fuller Test) มีขั้นตอนการคำนวณสถิติทดสอบดังนี้

1. นำข้อมูล y_t ที่จำลองได้ในข้อ 3.3.2.2 มาทำการปรับพารามิเตอร์ โดยลบด้วย y_{t-1} ทั้ง 2 ข้าง กล่าวคือ $y_t - y_{t-1} = \Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 t + (\beta_2 - 1) y_{t-1} + u_t$

2. นำข้อมูล ($\Delta y_t, y_{t-1}, t$) มาประมาณค่า $\underline{\beta}_*'$ = $(\beta_0, \beta_1, \gamma)\gamma = \beta_2 - 1$ โดยวิธี OLS แทนด้วย $\underline{\hat{\beta}'_*}$ = $(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\gamma})$ และหาค่า $\hat{y}_D$

3. คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง(s_D^2) จาก $\hat{u}_D$ จำนวน n-1 ค่า

$$s_D^2 = \frac{\sum_{D=2}^{n} \hat{u}_D^2}{n - p - 2} \quad , \quad p = 2$$

2.1.1.3 คำนวณค่าสถิติทดสอบ

$$D = \frac{\hat{\gamma}}{(s_D^2 G)^{1/2}}$$

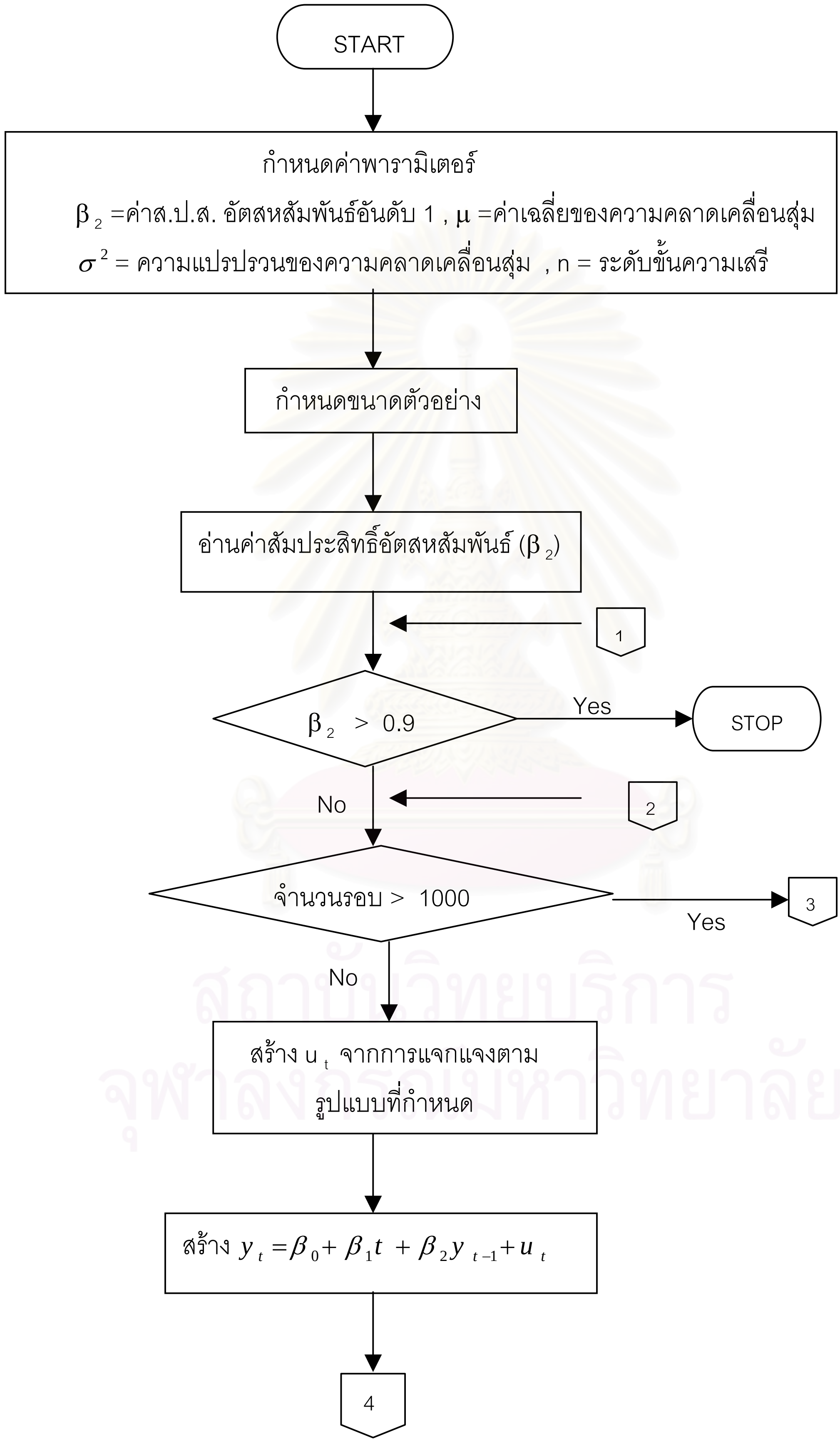
3.3.4 **การหาความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1**

เมื่อคำนวณค่าสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว จะนำค่าสถิติเหล่านั้นมาเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต เพื่อทำการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก $H_0 : \beta_2 = 0$ เทียบกับ $H_1 : \beta_2 \neq 0$ ในกรณีที่ปฏิเสธสมมติฐานหลักให้นับจำนวนครั้งที่ปฏิเสธ แล้วย้อนกลับไปสุ่มตัวอย่างชุดใหม่ และทำซ้ำในทุกขั้นตอนที่กล่าวมาทั้งหมดจนครบ 1000 ครั้ง แล้วคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1

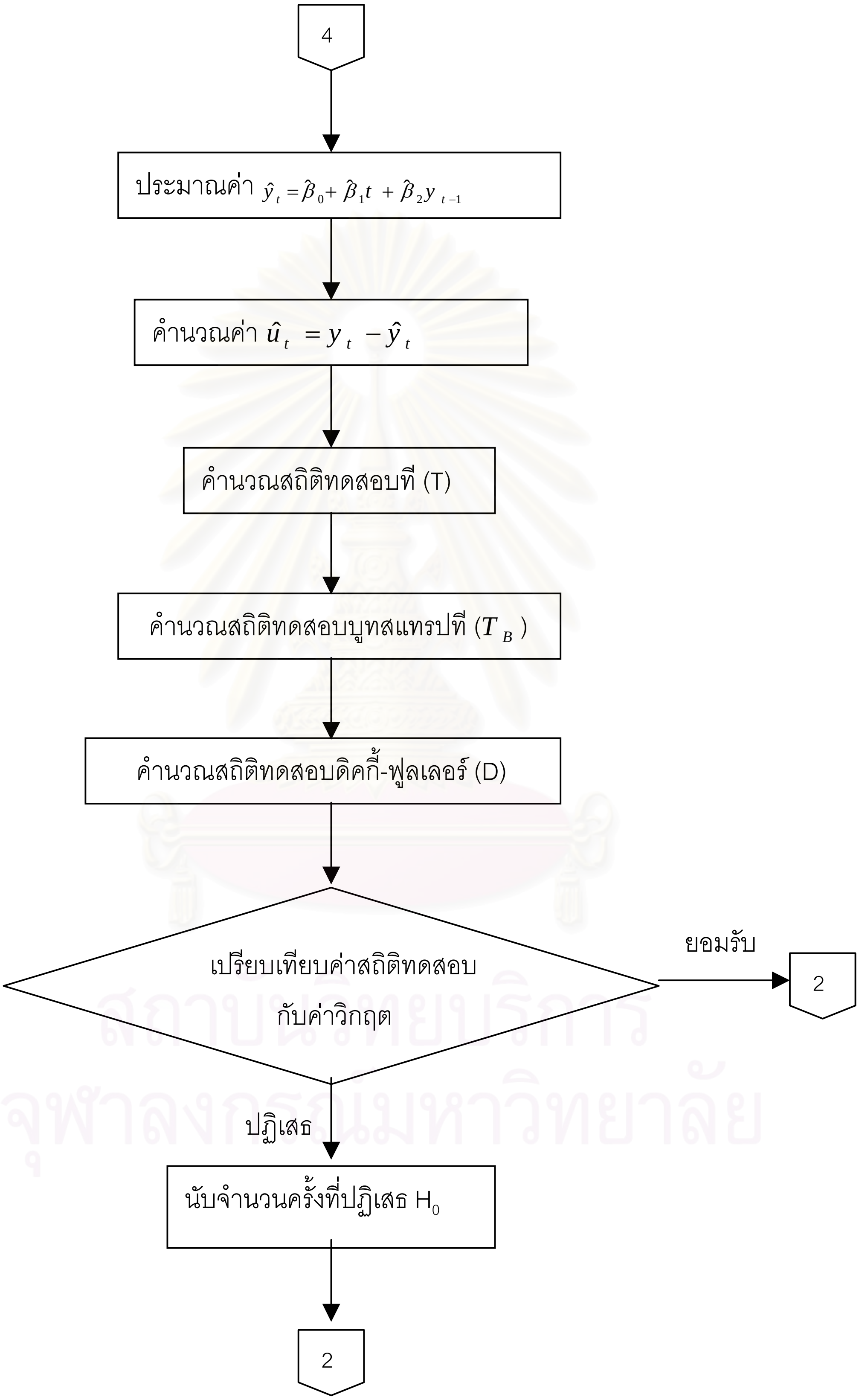
3.3.5 **การเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้**

การคำนวณหาค่าอำนาจการทดสอบทำในลักษณะเดียวกับการหาค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 คือ การนับจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก $H_0 : \beta_2 \leq 0$ เทียบกับ $H_0 : \beta_2 > 0$ ทำซ้ำจำนวน 1000 ครั้ง แล้วเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบ สรุปเป็นผังงานได้ดังนี้

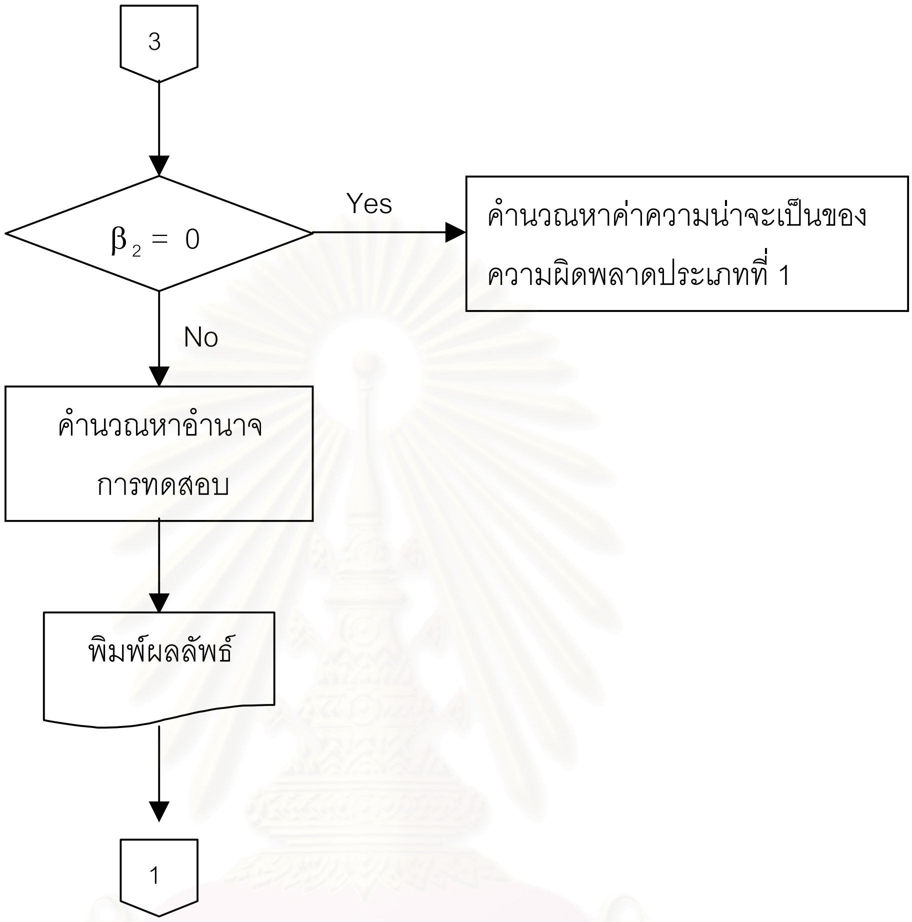
รูปที่ 3.1 แสดงผังงานสำหรับหาความน่าจะเป็นค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี



รูปที่ 3.1 (ต่อ) แสดงผังงานสำหรับหาความน่าจะเป็นค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี



รูปที่ 3.1(ต่อ) แสดงผังงานสำหรับหาความน่าจะเป็นค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบสัมประสิทธิ์อัตสัมพันธ์อันดับ 1 ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม คือ ตัวสถิติทดสอบที ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที และตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ โดยการศึกษาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบของแต่ละตัวสถิติทดสอบ เมื่อพิจารณาระดับอัตสัมพันธ์อันดับ1 ขนาดตัวอย่าง ลักษณะการแจกแจงแบบต่างๆของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) ที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ เป็นองค์ประกอบ เพื่อหาข้อสรุปว่า ตัวสถิติใดเป็นตัวสถิติที่เหมาะสมในการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์อัตสัมพันธ์อันดับที่ 1 ในแต่ละสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในการทดลอง โดยจะทำการพิจารณาว่า ตัวสถิติใดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ และมีความน่าจะเป็นของการเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 2 น้อยที่สุดหรืออำนาจการทดสอบมากที่สุด

การวิจัยครั้งนี้จะนำเสนอเป็น 2 ลักษณะ คือ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ ซึ่งจะนำเสนอในรูปตารางและกราฟเส้น และเพื่อให้สะดวกในการอธิบาย จะกำหนดสัญลักษณ์แทนความหมายต่างๆดังต่อไปนี้

T หมายถึง การทดสอบโดยการใช้ตัวสถิติที

T_B หมายถึง การทดสอบโดยใช้ตัวสถิติบูทสแทรปที

D หมายถึง การทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์

SN หมายถึง ความคลาดเคลื่อนสุ่ม u_t มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

N (μ, σ^2) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) มีการแจกแจงแบบปกติที่พารามิเตอร์ μ และ σ^2

LN (μ, σ^2) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล ที่พารามิเตอร์ μ และ σ^2

CHI (n) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนสุ่ม(u_t)การแจกแจงแบบไค-สแควร์ ที่ระดับขั้นความเสรี เท่ากับ n

α หมายถึง ระดับนัยสำคัญ หรือ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่กำหนด แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 0.01 , 0.05 และ 0.10

NS หมายถึง ขนาดตัวอย่างที่ศึกษา คือ 15,20,25,30,40,50,60,70 และ 80

β_2 หมายถึง ค่าของสัมประสิทธิ์อัตสัมพันธ์อันดับที่ 1ที่ศึกษา ได้แก่ 0.1,0.3,0.5 ,0.7 และ 0.9

4.1 **ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่** 1

ในการพิจารณาหาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จากผลการทดลองจะนำเสนอในลักษณะตาราง โดยใช้เกณฑ์พิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 คือ การทดสอบทวินาม (Binomial Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งถ้าค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 จากการทดลองที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.01 ,0.05 และ 0.10 อยู่ในช่วง (0 , 0.0153) , (0 , 0.0613) และ (0 , 0.1163) ตามลำดับจะแสดงว่าตัวสถิติทดสอบนั้นสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

ตารางที่ 4.1 - 4.4 แสดงค่า ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ภายใต้ H_0 : $\beta_2 = 0$ หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์อัตสัมพันธ์อันดับ 1 เท่ากับ 0 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว สำหรับการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่มแบบต่างๆ สรุปรายละเอียดได้ดังนี้

ตาราง 4.1 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ภายใต้ H_0 เป็นจริงหรือค่าสัม ประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์เป็น 0 ของตัวสถิติทั้ง 3 ตัว เมื่อความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน จำแนกตามระดับนัยสำคัญ (α) และขนาดตัวอย่าง (NS)

α	NS	ตัวสถิติ		
		T	T_B	D
0.01	15	0.021*	0.014	0.016*
	20	0.017*	0.013	0.008
	25	0.007	0.008	0.011
	30	0.007	0.007	0.007
	40	0.011	0.012	0.006
	50	0.012	0.011	0.007
	60	0.008	0.010	0.007
	70	0.005	0.010	0.003
	80	0.012	0.009	0.006
0.05	15	0.075*	0.058	0.045
	20	0.067*	0.060	0.050
	25	0.054	0.043	0.028
	30	0.043	0.045	0.025
	40	0.053	0.046	0.024
	50	0.052	0.053	0.025
	60	0.045	0.057	0.033
	70	0.045	0.052	0.027
	80	0.059	0.045	0.027
0.10	15	0.139*	0.105	0.064
	20	0.128*	0.109	0.062
	25	0.112	0.099	0.051
	30	0.105	0.096	0.046
	40	0.100	0.101	0.052
	50	0.100	0.103	0.055
	60	0.100	0.107	0.056
	70	0.092	0.109	0.049
	80	0.104	0.091	0.051

* หมายถึง การทดสอบที่มีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 อยู่นอกช่วงตามเกณฑ์การทดสอบทวินามที่ระดับนัยสำคัญ0.05

ตาราง 4.2 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ภายใต้ H_0 เป็นจริง หรือค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์เป็น 0 ของตัวสถิติทั้ง 3 ตัว เมื่อความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) มีการแจกแจงแบบปกติ μ =1 , σ^2=1.0 จำแนกตามระดับนัยสำคัญ (α) และขนาดตัวอย่าง (NS)

α	NS	ตัวสถิติ		
		T	T_B	D
0.01	15	0.020*	0.014	0.017*
	20	0.023*	0.012	0.010
	25	0.009	0.006	0.005
	30	0.012	0.008	0.008
	40	0.012	0.008	0.004
	50	0.009	0.004	0.004
	60	0.010	0.007	0.003
	70	0.015	0.011	0.007
	80	0.008	0.010	0.006
0.05	15	0.069*	0.058	0.033
	20	0.061*	0.055	0.029
	25	0.046	0.045	0.028
	30	0.047	0.033	0.024
	40	0.055	0.037	0.021
	50	0.048	0.047	0.026
	60	0.042	0.050	0.025
	70	0.058	0.048	0.019
	80	0.046	0.047	0.021
0.10	15	0.123*	0.100	0.066
	20	0.120*	0.108	0.072
	25	0.092	0.089	0.053
	30	0.111	0.086	0.048
	40	0.110	0.092	0.046
	50	0.104	0.091	0.053
	60	0.096	0.106	0.055
	70	0.102	0.105	0.049
	80	0.095	0.089	0.046

* หมายถึง การทดสอบที่มีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 อยู่นอกช่วงตามเกณฑ์การทดสอบทวินามที่ระดับนัยสำคัญ0.05

ตาราง 4.3 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ภายใต้ H_0 เป็นจริง หรือค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์เป็น 0 ของตัวสถิติทั้ง 3 ตัว เมื่อความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) มีการแจกแจงล็อกนอร์มอล μ =1, σ^2=0.7 จำแนกตามระดับนัยสำคัญ (α) และขนาดตัวอย่าง (NS)

α	NS	ตัวสถิติ		
		T	T_B	D
0.01	15	0.016*	0.013	0.020*
	20	0.016*	0.015	0.010
	25	0.008	0.012	0.005
	30	0.009	0.008	0.005
	40	0.003	0.012	0.001
	50	0.007	0.015	0.006
	60	0.005	0.013	0.005
	70	0.004	0.008	0.003
	80	0.007	0.015	0.006
0.05	15	0.064*	0.058	0.035
	20	0.066*	0.060	0.028
	25	0.023	0.035	0.024
	30	0.028	0.054	0.019
	40	0.025	0.057	0.022
	50	0.034	0.055	0.022
	60	0.033	0.054	0.023
	70	0.027	0.039	0.029
	80	0.033	0.050	0.023
0.10	15	0.118*	0.109	0.081
	20	0.123*	0.093	0.076
	25	0.105	0.074	0.087
	30	0.101	0.100	0.067
	40	0.105	0.088	0.091
	50	0.099	0.086	0.089
	60	0.093	0.088	0.084
	70	0.103	0.079	0.086
	80	0.107	0.096	0.093

* หมายถึง การทดสอบที่มีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 อยู่นอกช่วงตามเกณฑ์การทดสอบทวินามที่ระดับนัยสำคัญ0.05

ตาราง 4.4 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ภายใต้ H_0 เป็นจริง หรือค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์เป็น 0 ของตัวสถิติทั้ง 3 ตัว เมื่อความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) มีการแจกแจงแบบไค- สแควร์ที่ระดับขั้นความเสรี (df) = 8 จำแนกตามระดับนัยสำคัญ (α) และขนาดตัวอย่าง (NS)

α	NS	ตัวสถิติ		
		T	T_B	D
0.01	15	0.024*	0.014	0.019*
	20	0.019*	0.015	0.008
	25	0.011	0.010	0.006
	30	0.011	0.012	0.006
	40	0.007	0.016*	0.008
	50	0.007	0.012	0.004
	60	0.003	0.010	0.005
	70	0.010	0.013	0.007
	80	0.006	0.008	0.003
0.05	15	0.070*	0.060	0.033
	20	0.066*	0.058	0.030
	25	0.042	0.056	0.026
	30	0.053	0.062*	0.031
	40	0.046	0.052	0.027
	50	0.046	0.045	0.022
	60	0.042	0.063	0.028
	70	0.055	0.064	0.030
	80	0.051	0.054	0.024
0.10	15	0.124*	1.111	0.069
	20	0.119*	0.102	0.074
	25	0.099	0.102	0.061
	30	0.104	0.096	0.058
	40	0.084	0.101	0.056
	50	0.088	0.099	0.050
	60	0.099	0.113	0.065
	70	0.086	0.125	0.067
	80	0.095	0.102	0.053

* หมายถึง การทดสอบที่มีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 อยู่นอกช่วงตามเกณฑ์การทดสอบทวินามที่ระดับนัยสำคัญ0.05

ผลสรุปความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จากตารางที่ 4.1 - 4.4 เมื่อความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน การแจกแจงแบบปกติ ศึกษาที่พารามิเตอร์ μ = 1 และ σ^2 = 1.0 การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล ศึกษาที่พารามิเตอร์ μ = 1 และ σ^2 = 0.7 และการแจกแจงไค-สแควร์ ที่ระดับขั้นความเสรี เท่ากับ 8 ที่ระดับนัยสำคัญ(α) เท่ากับ 0.01 ,0.05 และ 0.10 สรุปได้ดังนี้

1) ตัวสถิติทดสอบ T สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 15 และ 20 ทุกระดับนัยสำคัญ ที่ทำการศึกษา

2) ตัวสถิติทดสอบ T_B สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ทุกสถานการณ์

3) ตัวสถิติทดสอบ D สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 15 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

4.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติที่ใช้ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ตำแหน่งที่ 1ในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม

การศึกษาอำนาจการทดสอบที่ได้จากการทดลองนั้น ศึกษาในกรณีที่ตัวสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้และการนำเสนออำนาจการทดสอบจะนำเสนอในรูปตารางและแผนภูมิเชิงเส้น จำแนกตาม รูปแบบของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) ขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ

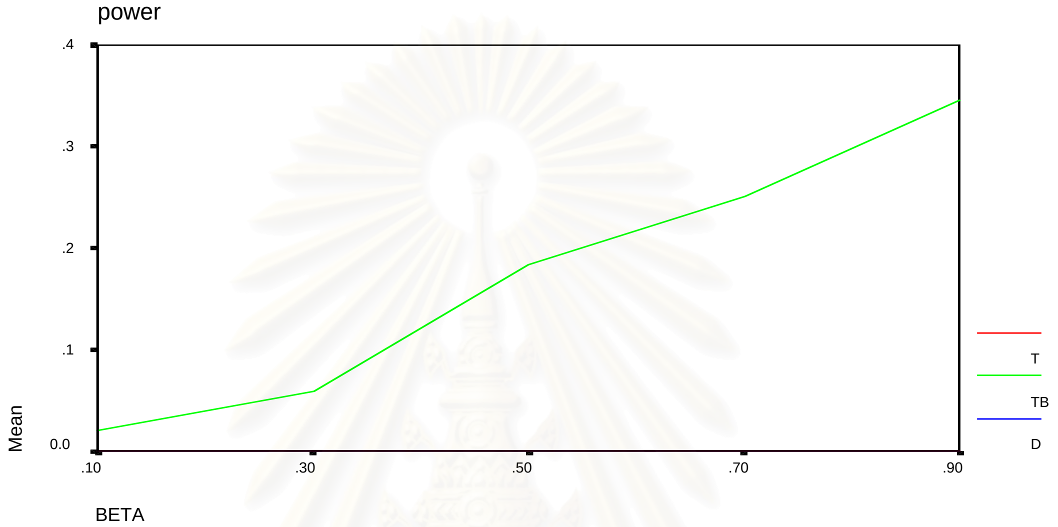
รายละเอียดเกี่ยวกับอำนาจการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.5 - 4.31 และรูปที่ 4.1 - 4.27

ตาราง 4.5 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 15 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

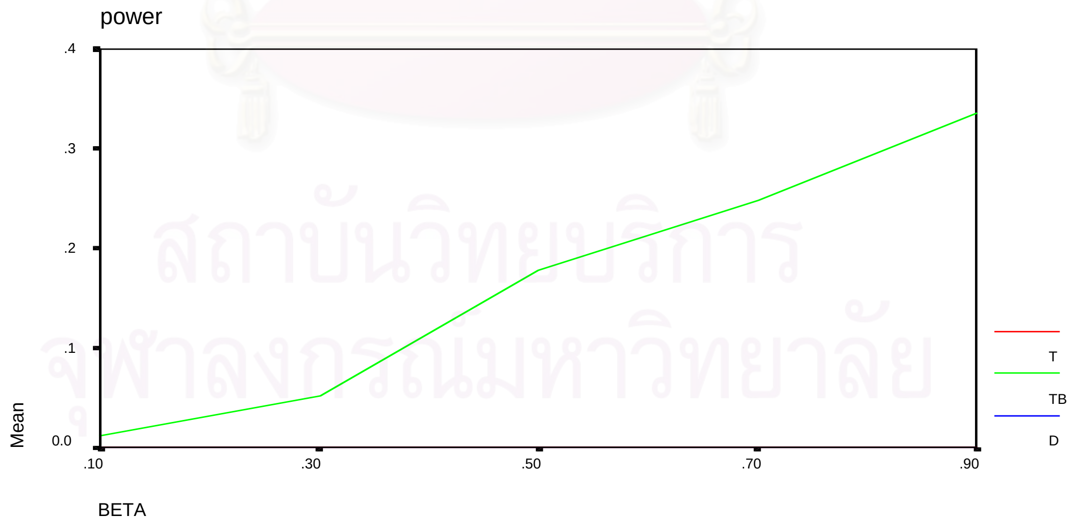
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	-	0.020	-
	0.3	-	0.059	-
	0.5	-	0.183	-
	0.7	-	0.251	-
	0.9	-	0.346	-
N(1,1)	0.1	-	0.011	-
	0.3	-	0.052	-
	0.5	-	0.178	-
	0.7	-	0.248	-
	0.9	-	0.335	-
LN(1,0.7)	0.1	-	0.020	-
	0.3	-	0.060	-
	0.5	-	0.188	-
	0.7	-	0.261	-
	0.9	-	0.312	-
CHI(8)	0.1	-	0.021	-
	0.3	-	0.066	-
	0.5	-	0.176	-
	0.7	-	0.331	-
	0.9	-	0.357	-

รูปที่ 4.1 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 15 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ N (0,1)

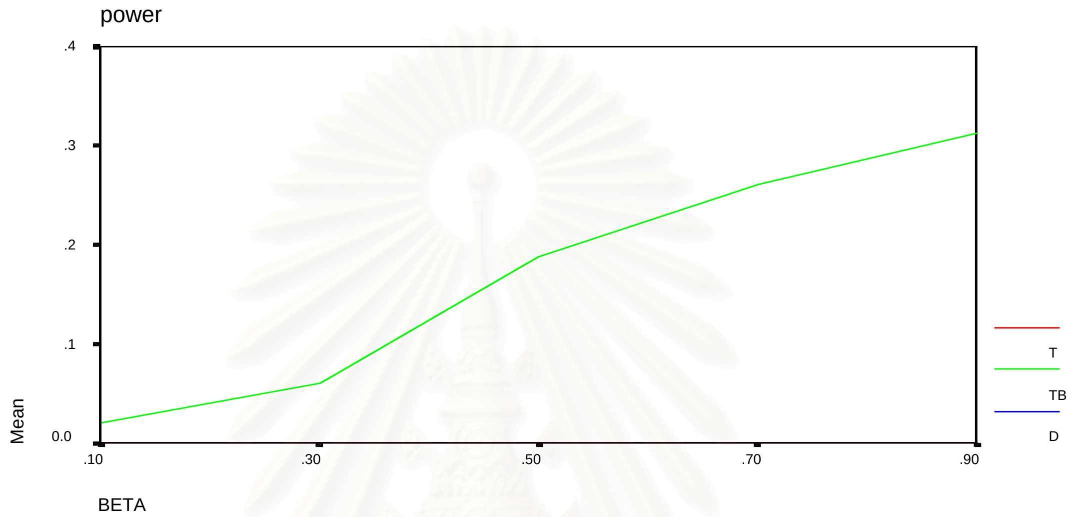


$u_t \sim$ N (1,1)

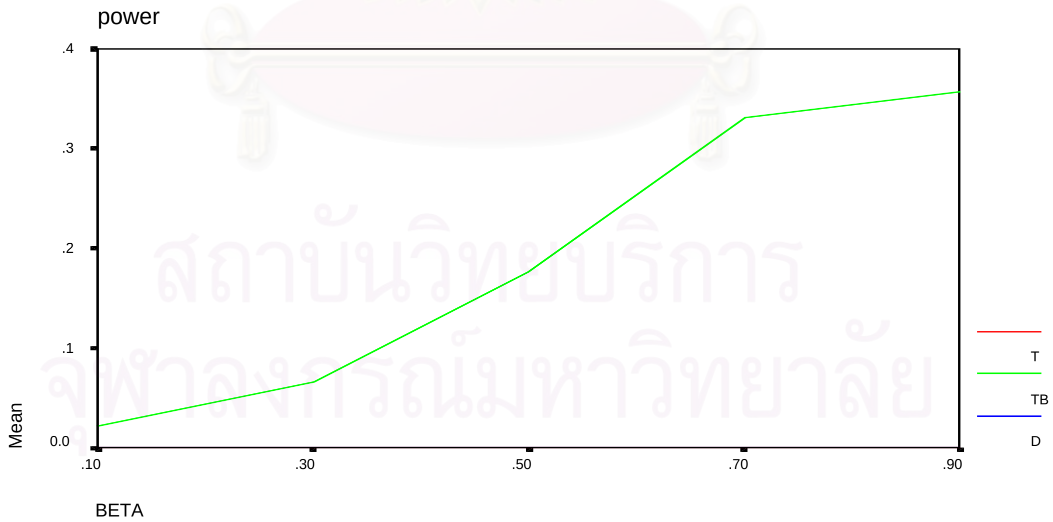


รูปที่ 4.1(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 15 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

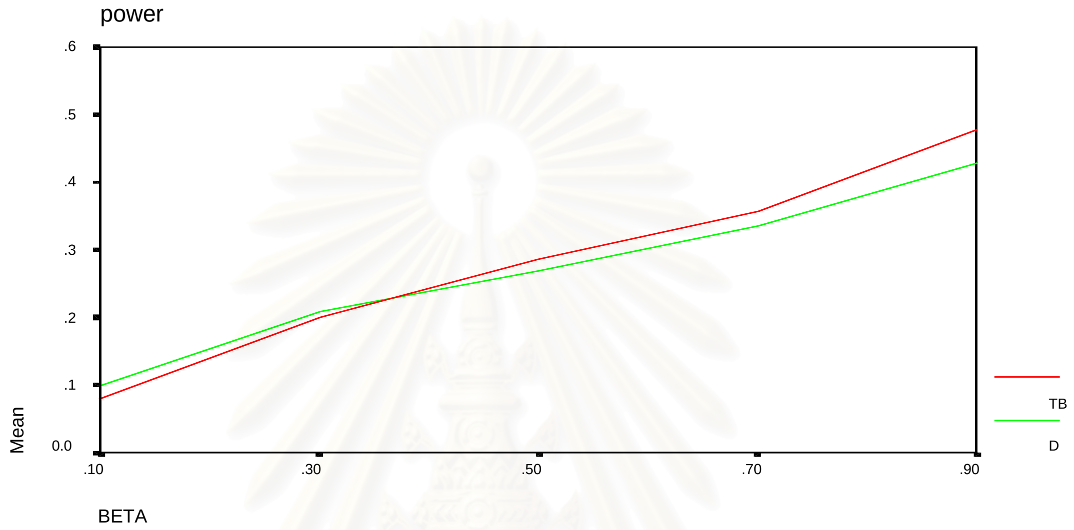


ตาราง 4.6 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 15 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

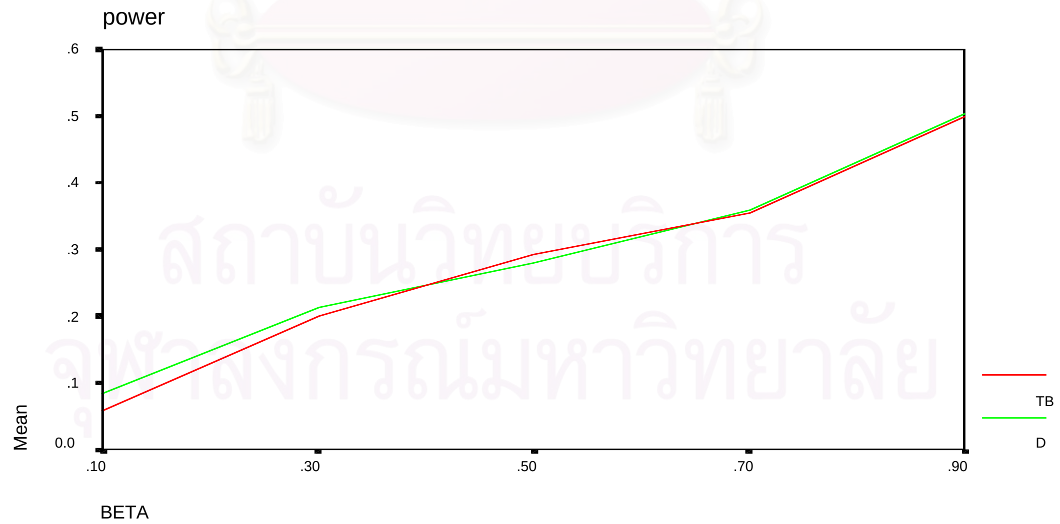
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	-	0.080	0.100
	0.3	-	0.201	0.208
	0.5	-	0.285	0.268
	0.7	-	0.356	0.335
	0.9	-	0.478	0.429
N(1,1)	0.1	-	0.059	0.083
	0.3	-	0.199	0.212
	0.5	-	0.292	0.280
	0.7	-	0.354	0.359
	0.9	-	0.499	0.503
LN(1,0.7)	0.1	-	0.089	0.074
	0.3	-	0.174	0.173
	0.5	-	0.399	0.336
	0.7	-	0.428	0.406
	0.9	-	0.592	0.517
CHI(8)	0.1	-	0.076	0.078
	0.3	-	0.233	0.211
	0.5	-	0.420	0.370
	0.7	-	0.500	0.481
	0.9	-	0.586	0.534

รูปที่ 4.2 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 15 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ N (0,1)

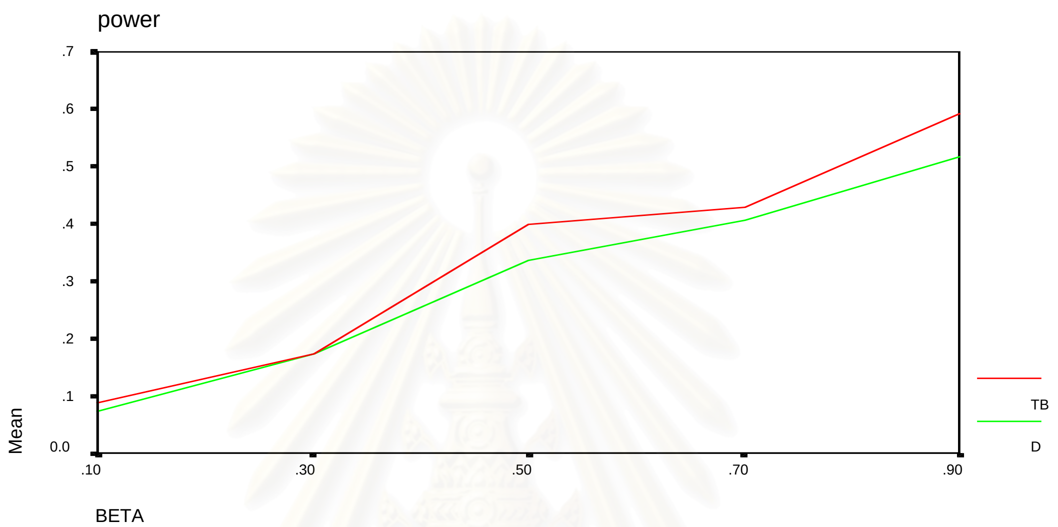


$u_t \sim$ N (1,1)

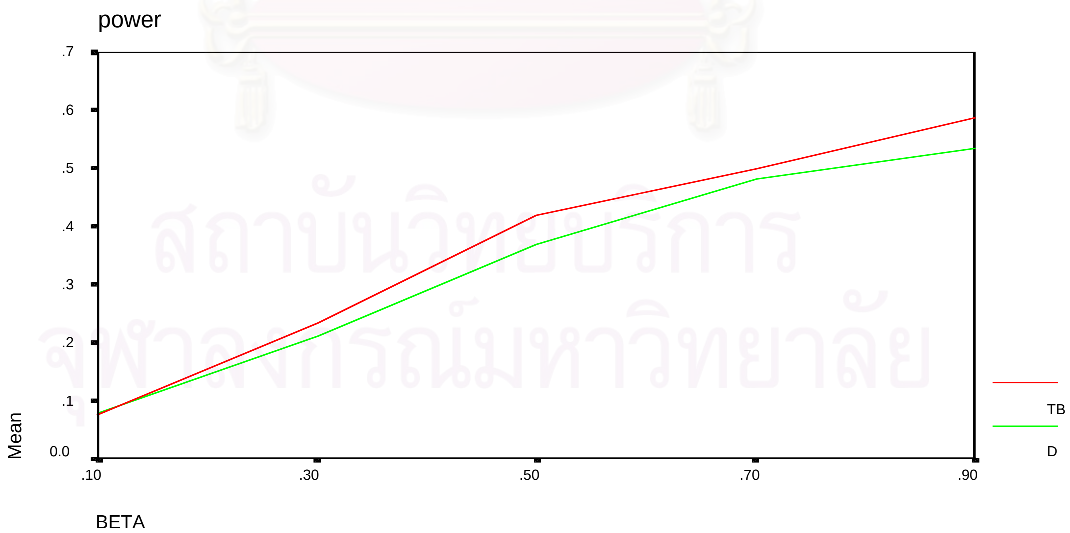


รูปที่ 4.2(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 15 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

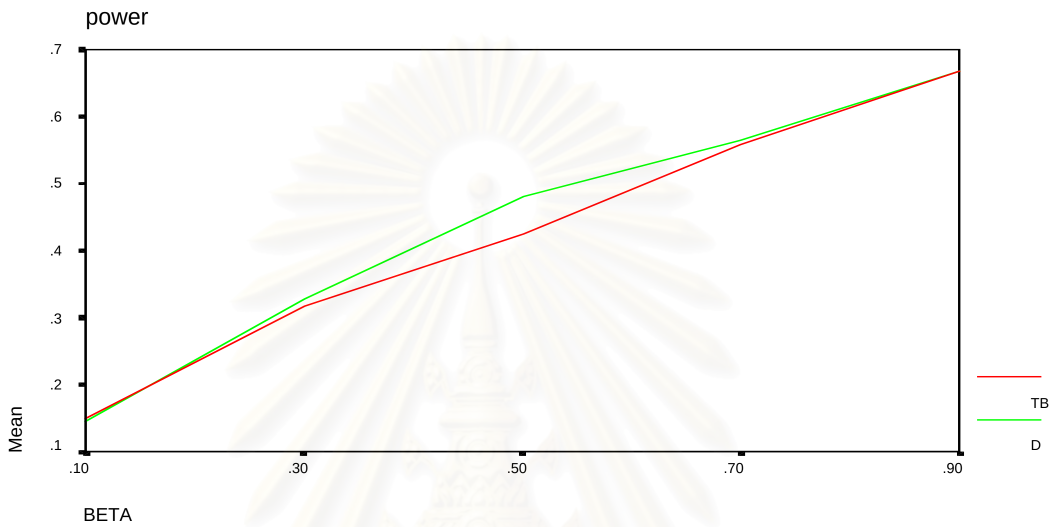


ตาราง 4.7 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 15 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

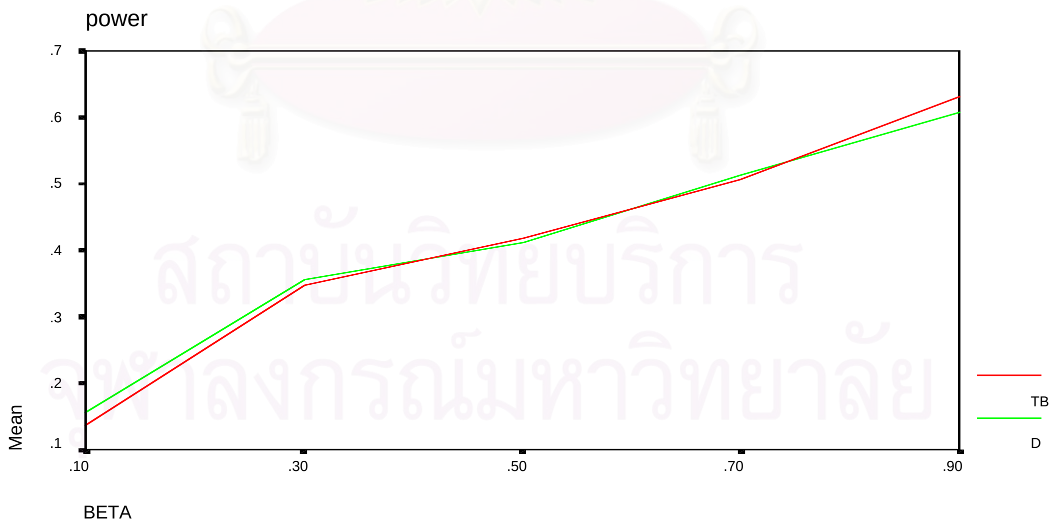
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	-	0.149	0.145
	0.3	-	0.317	0.329
	0.5	-	0.424	0.481
	0.7	-	0.559	0.524
	0.9	-	0.668	0.667
N(1,1)	0.1	-	0.137	0.155
	0.3	-	0.347	0.356
	0.5	-	0.419	0.412
	0.7	-	0.506	0.512
	0.9	-	0.631	0.607
LN(1,0.7)	0.1	-	0.163	0.158
	0.3	-	0.287	0.293
	0.5	-	0.543	0.516
	0.7	-	0.667	0.683
	0.9	-	0.713	0.700
CHI(8)	0.1	-	0.140	0.150
	0.3	-	0.352	0.331
	0.5	-	0.547	0.523
	0.7	-	0.615	0.606
	0.9	-	0.702	0.693

รูปที่ 4.3 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 15 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ N (0,1)

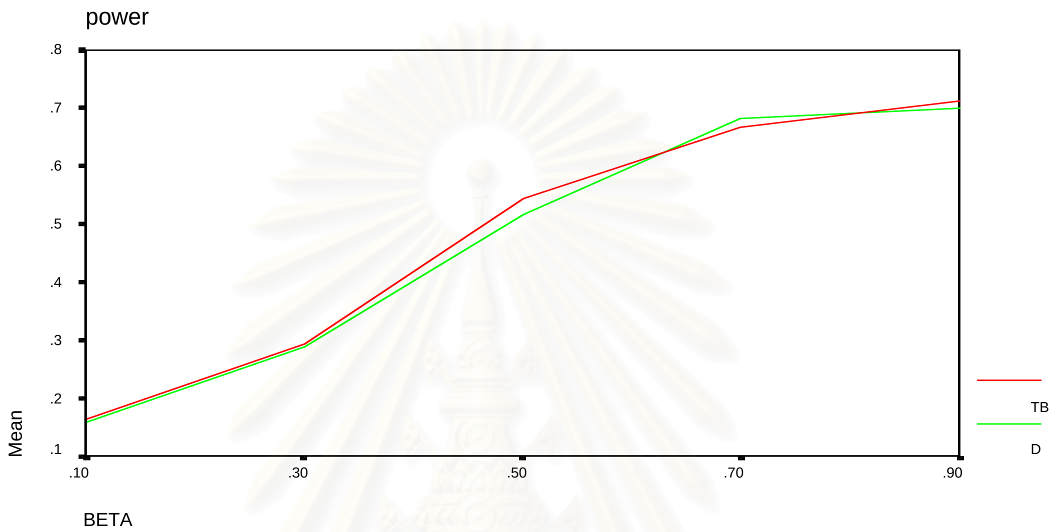


$u_t \sim$ N (1,1)

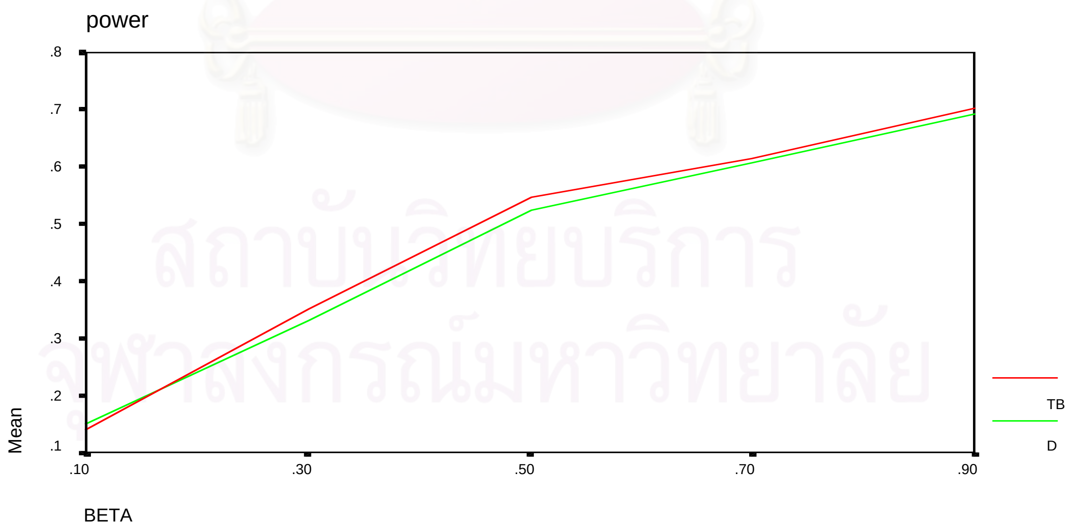


รูปที่ 4.3(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 15 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$



4.2.1 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 ตัว สำหรับขนาดตัวอย่าง (NS)เท่ากับ 15 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 , 0.05 และ 0.10 ซึ่งสรุปได้จากตาราง 4.5 - 4.7 และรูปที่ 4.1 - 4.3 ได้ดังนี้

1) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน และการแจกแจงแบบปกติ สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =1.0 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ค่าอำนาจการทดสอบจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม สูงขึ้น

2) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =0.7 ตัวสถิติ T_b จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมา คือ ตัวสถิติ D

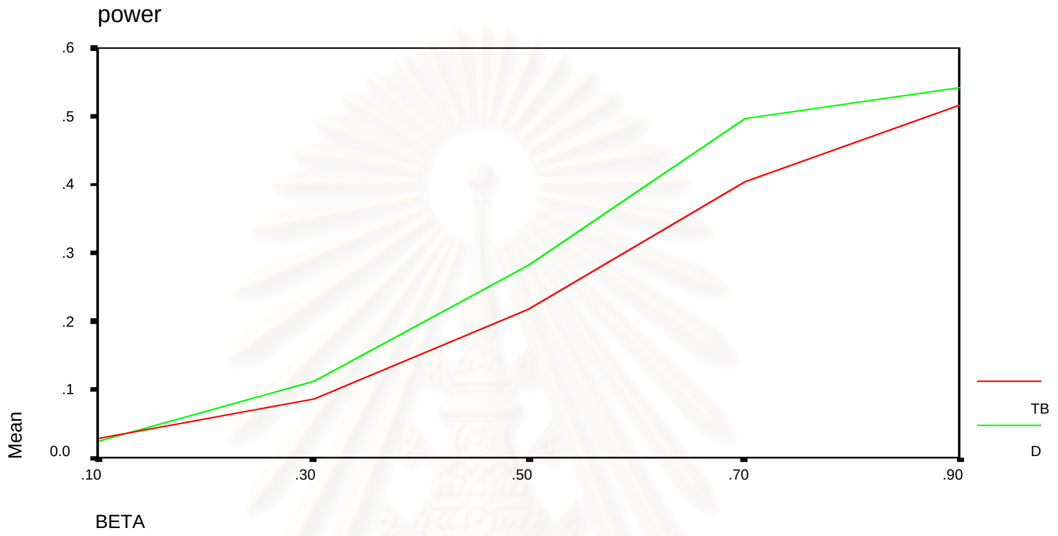
4) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบไค-สแควร์ ที่ระดับขั้นความเสรี (n) = 8 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ค่าอำนาจการทดสอบจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม สูงขึ้น

ตาราง 4.8 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 20 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

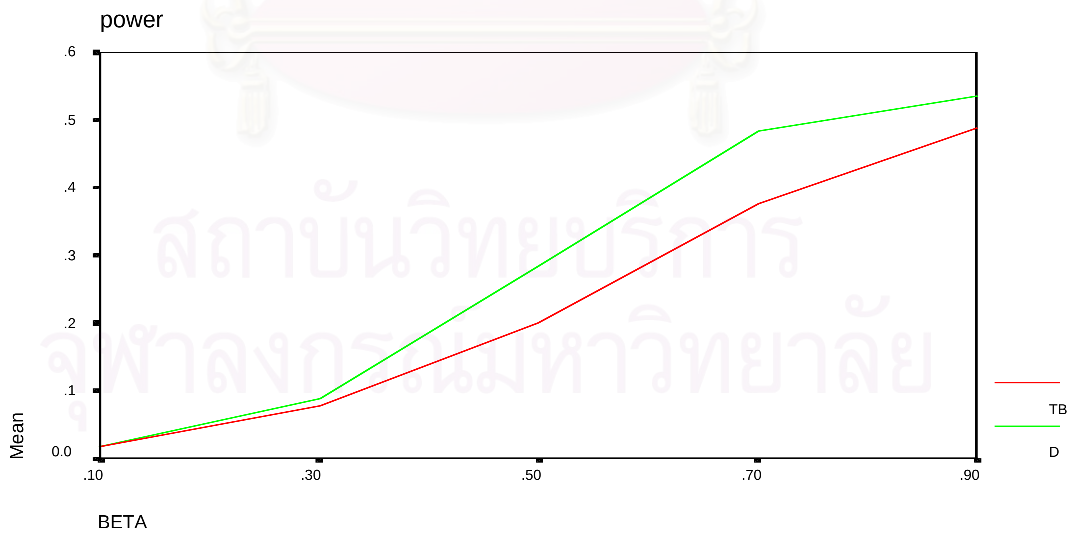
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	-	0.027	0.024
	0.3	-	0.086	0.112
	0.5	-	0.218	0.281
	0.7	-	0.404	0.497
	0.9	-	0.516	0.541
N	0.1	-	0.017	0.017
	0.3	-	0.078	0.089
	0.5	-	0.199	0.284
	0.7	-	0.376	0.484
	0.9	-	0.488	0.535
LN	0.1	-	0.031	0.021
	0.3	-	0.094	0.081
	0.5	-	0.287	0.134
	0.7	-	0.445	0.347
	0.9	-	0.528	0.580
CHI	0.1	-	0025	0.020
	0.3	-	0.091	0.080
	0.5	-	0.273	0.227
	0.7	-	0.491	0.479
	0.9	-	0.533	0.516

รูปที่ 4.4 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 20 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ N (0,1)

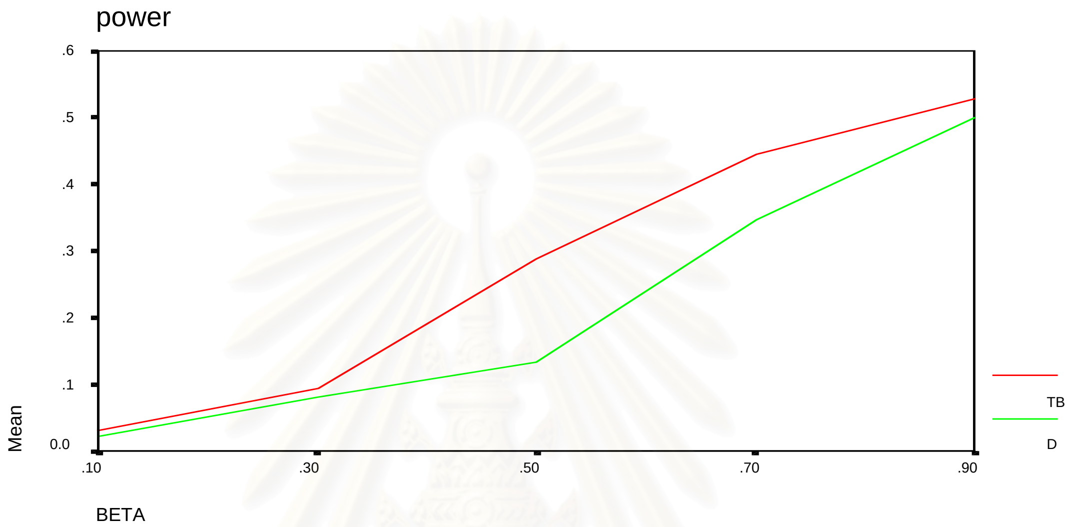


$u_t \sim$ N (1,1)

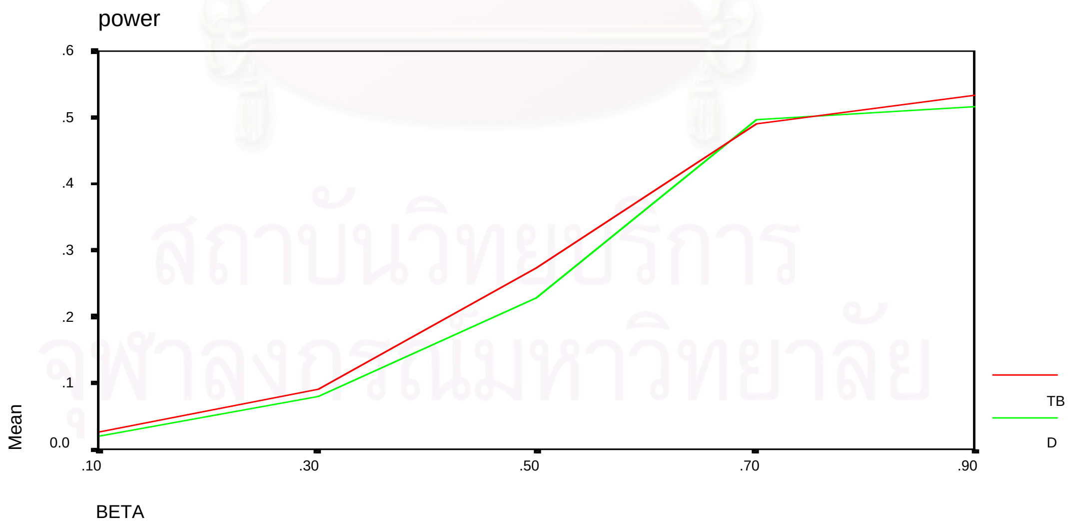


รูปที่ 4.4(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 20 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

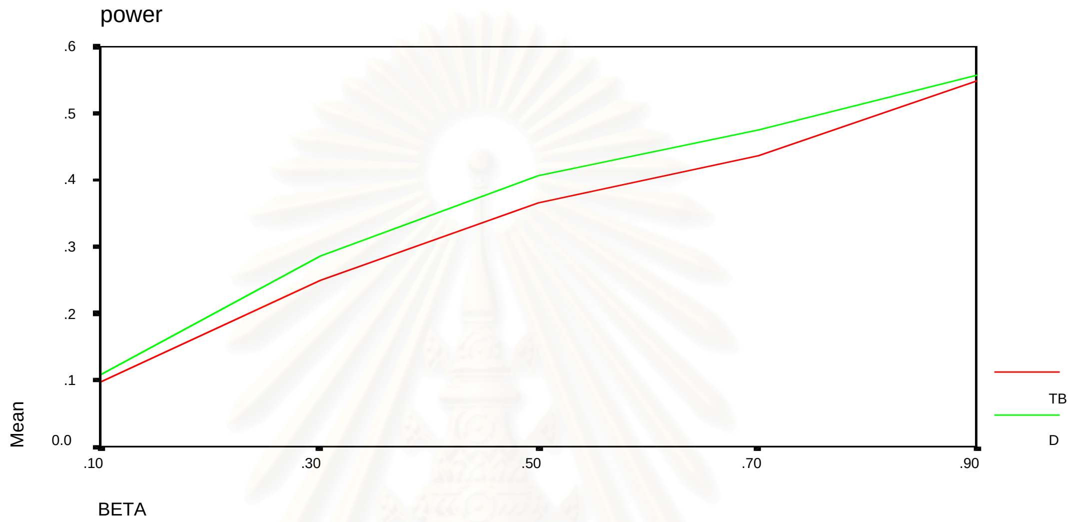


ตาราง 4.9 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 20 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

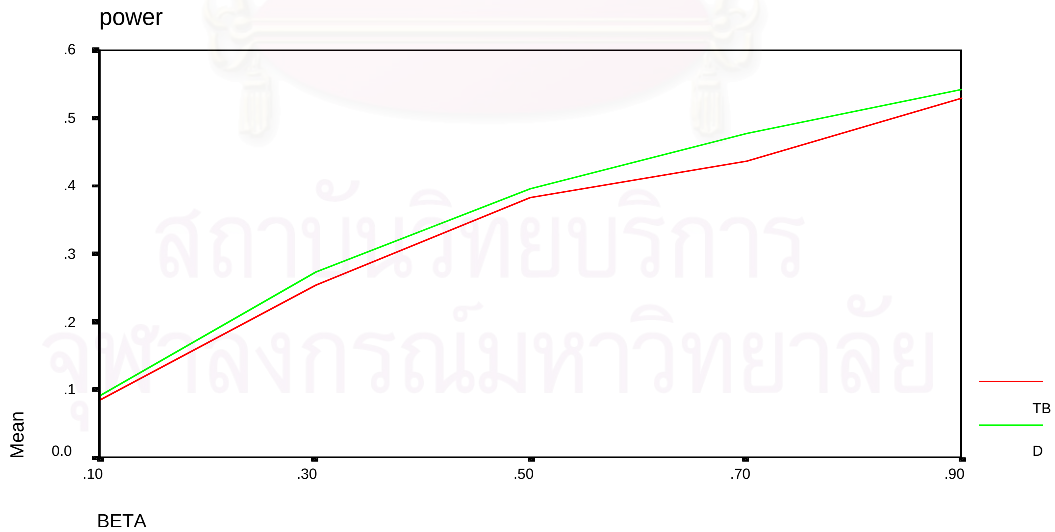
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	-	0.097	0.108
	0.3	-	0.250	0.287
	0.5	-	0.366	0.407
	0.7	-	0.437	0.475
	0.9	-	0.548	0.558
N(1,1)	0.1	-	0.083	0.090
	0.3	-	0.253	0.273
	0.5	-	0.383	0.395
	0.7	-	0.436	0.477
	0.9	-	0.529	0.541
LN(1,0.7)	0.1	-	0.095	0.021
	0.3	-	0.262	0.240
	0.5	-	0.567	0.469
	0.7	-	0.625	0.610
	0.9	-	0.775	0.746
CHI(8)	0.1	-	0.087	0.085
	0.3	-	0.265	0.257
	0.5	-	0.555	0.508
	0.7	-	0.678	0.622
	0.9	-	0.764	0.729

รูปที่ 4.5 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 20 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ N (0,1)

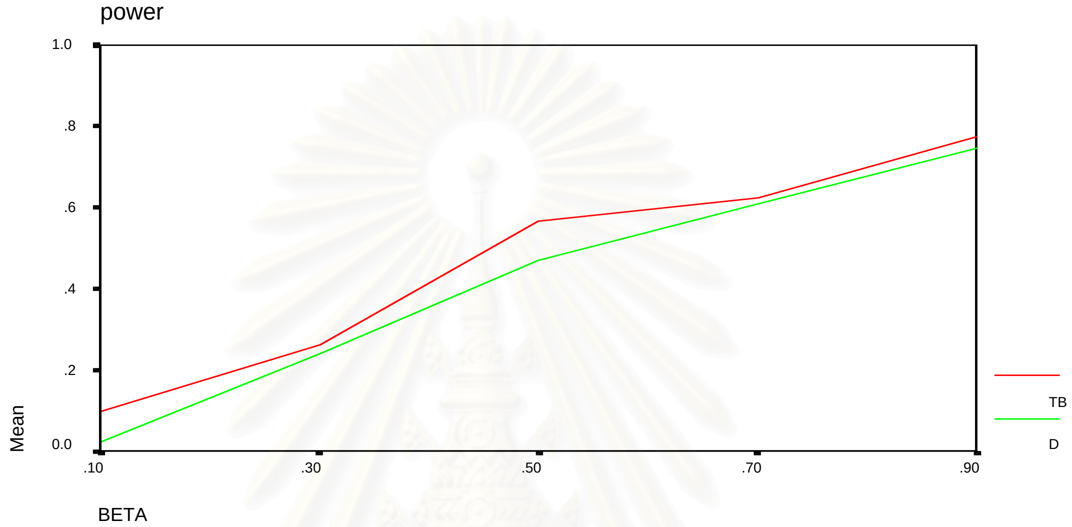


$u_t \sim$ N (1,1)

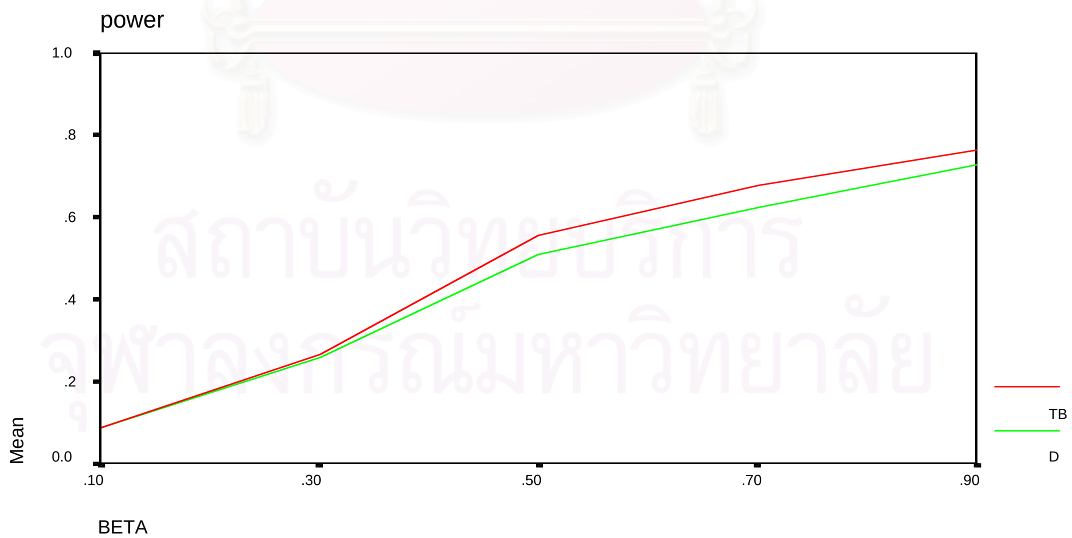


รูปที่ 4.5(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 20 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

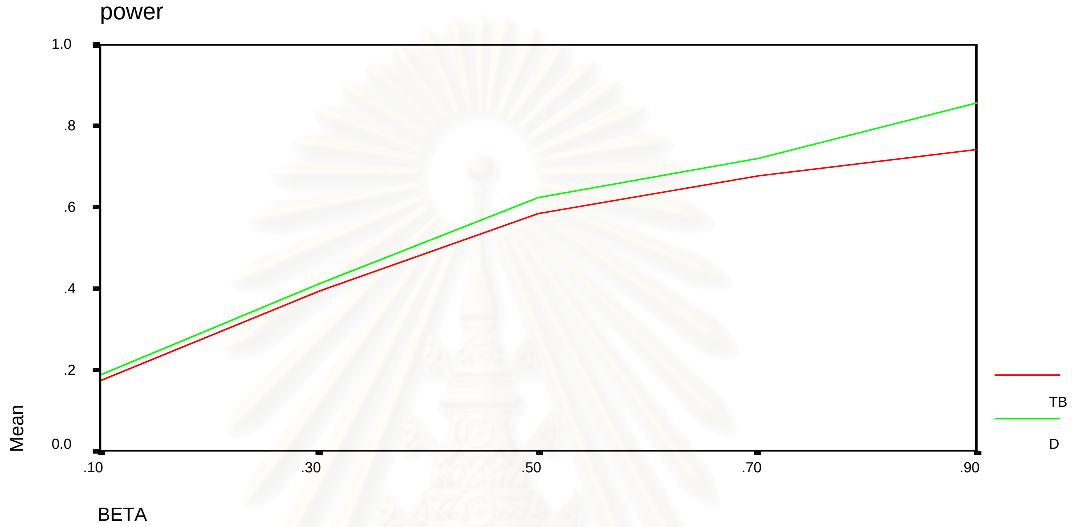


ตาราง 4.10 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 20 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

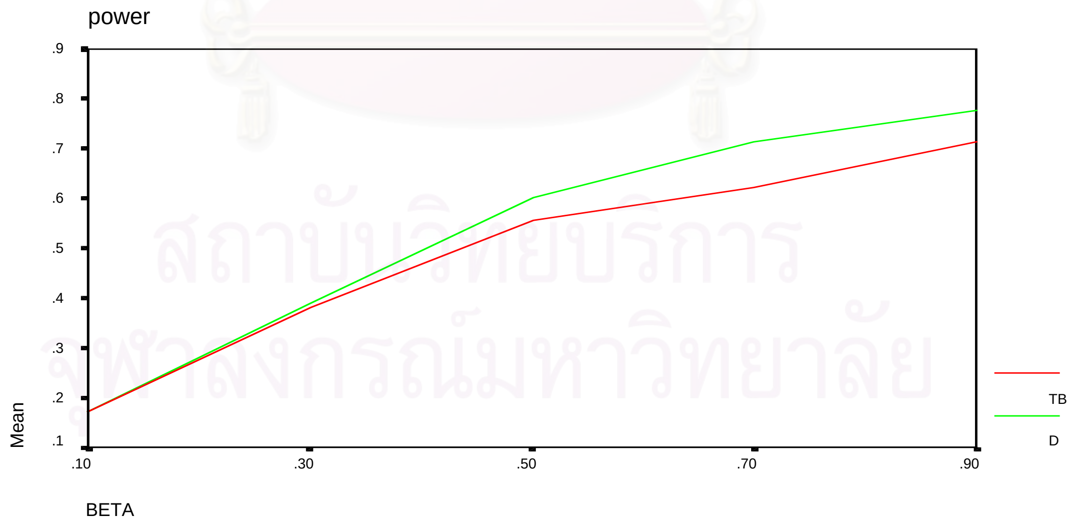
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	-	0.173	0.188
	0.3	-	0.393	0.411
	0.5	-	0.585	0.624
	0.7	-	0.678	0.722
	0.9	-	0.743	0.858
N(1,1)	0.1	-	0.172	0.173
	0.3	-	0.380	0.390
	0.5	-	0.557	0.601
	0.7	-	0.623	0.715
	0.9	-	0.715	0.777
LN(1,0.7)	0.1	-	0.179	0.179
	0.3	-	0.369	0.354
	0.5	-	0.544	0.502
	0.7	-	0.713	0.697
	0.9	-	0.862	0.849
CHI(8)	0.1	-	0.165	0.176
	0.3	-	0.401	0.392
	0.5	-	0.674	0.645
	0.7	-	0.776	0.748
	0.9	-	0.841	0.885

รูปที่ 4.6 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 20 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ N (0,1)

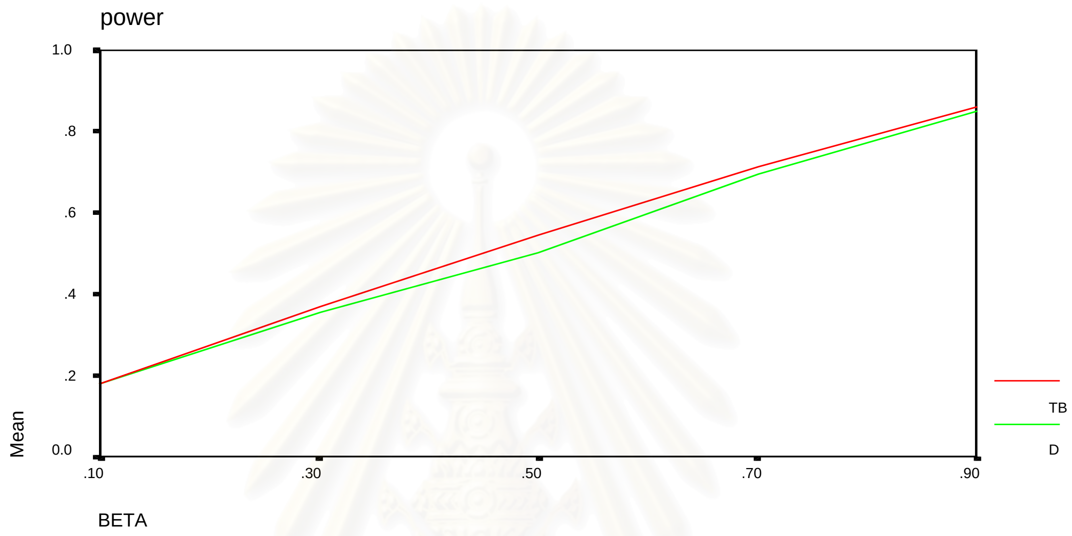


$u_t \sim$ N (1,1)

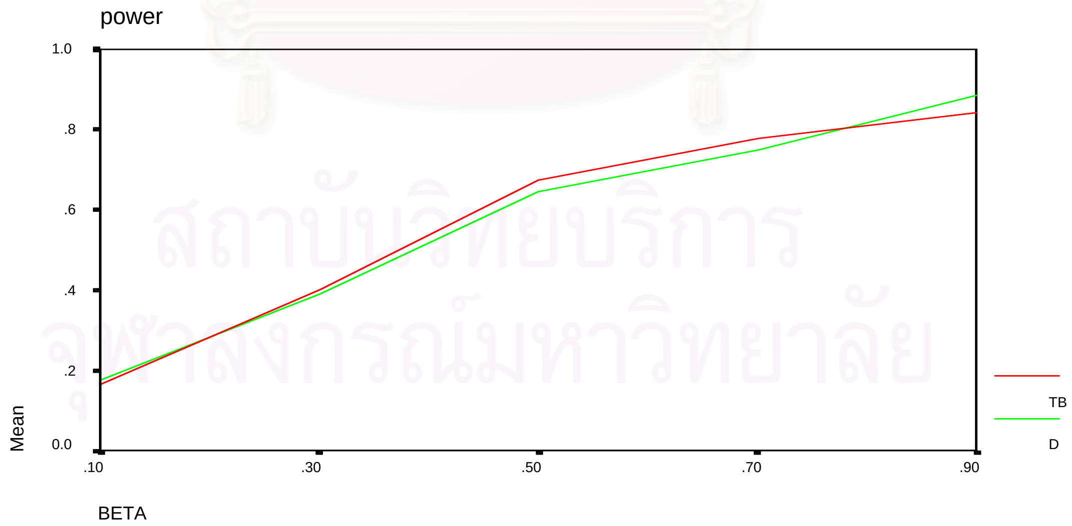


รูปที่ 4.6(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 20 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสัมสหพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$



4.2.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 ตัว สำหรับขนาดตัวอย่าง(NS) เท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 , 0.05 และ 0.10 ซึ่งสรุปได้จากตาราง 4.8 - 4.10 และรูปที่ 4.4 - 4.6 ได้ดังนี้

1) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมา คือ ตัวสถิติ T_b

2) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบปกติ สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =1.0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมา คือ ตัวสถิติ T_b สำหรับที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

2) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =0.7 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

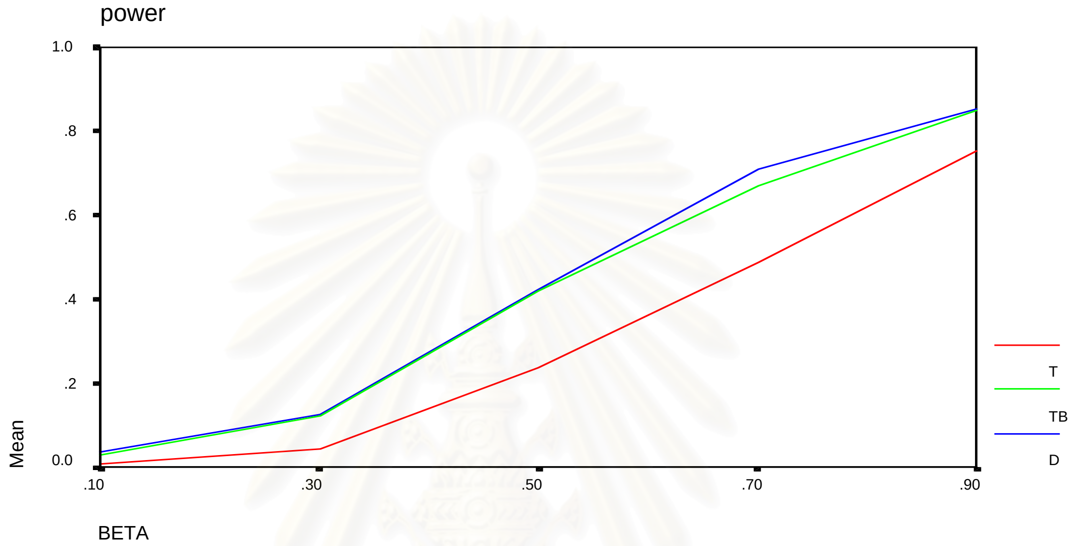
3) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบไค-สแควร์ ที่ระดับขั้นความเสรี (n) = 8 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ตาราง 4.11 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

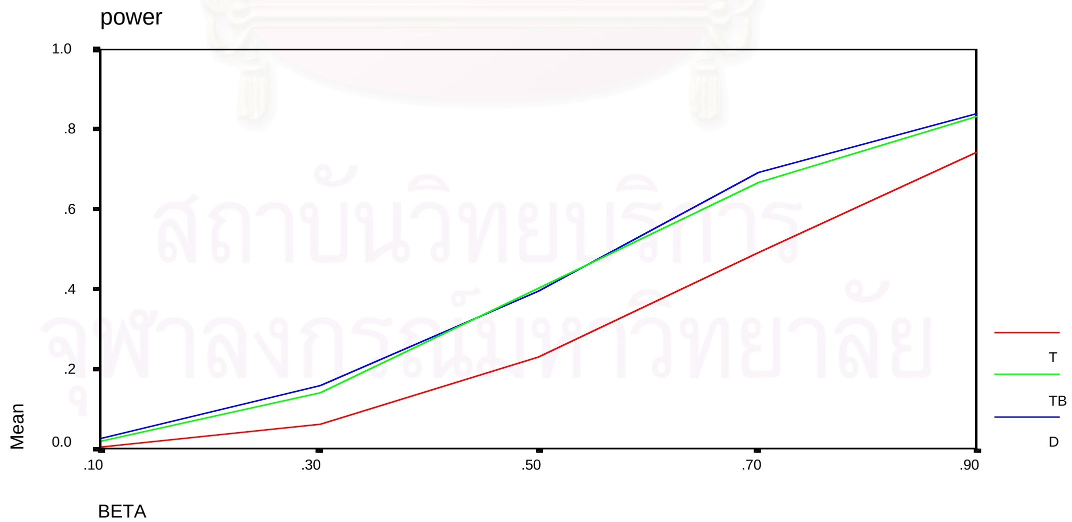
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.008	0.029	0.035
	0.3	0.042	0.122	0.125
	0.5	0.237	0.420	0.424
	0.7	0.486	0.671	0.709
	0.9	0.752	0.849	0.853
N(1,1)	0.1	0.005	0.019	0.026
	0.3	0.061	0.141	0.157
	0.5	0.230	0.401	0.393
	0.7	0.491	0.665	0.691
	0.9	0.741	0.830	0.840
LN(1,0.7)	0.1	0.008	0.032	0.023
	0.3	0.052	0.128	0.057
	0.5	0.198	0.392	0.220
	0.7	0.547	0.709	0.551
	0.9	0.758	0.857	0.788
CHI(8)	0.1	0.006	0.027	0.018
	0.3	0.035	0.108	0.094
	0.5	0.218	0.388	0.357
	0.7	0.536	0.696	0.650
	0.9	0.749	0.851	0.831

รูปที่ 4.7 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ N (0,1)

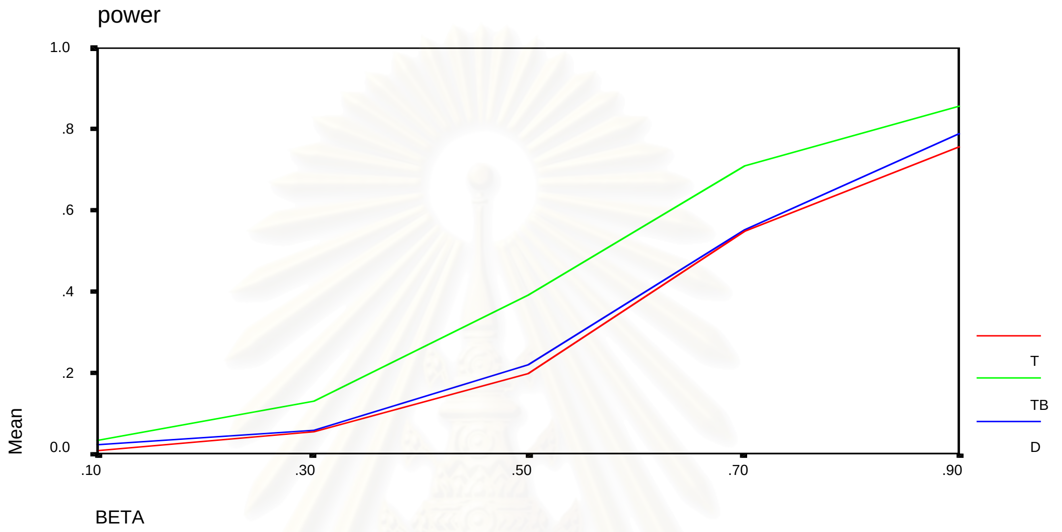


$u_t \sim$ N (1,1)

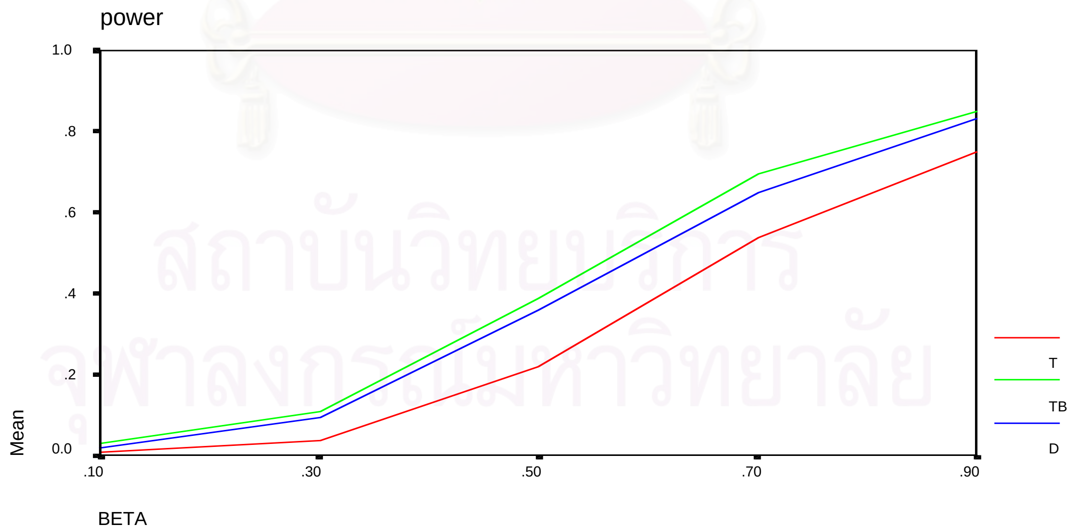


รูปที่ 4.7(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

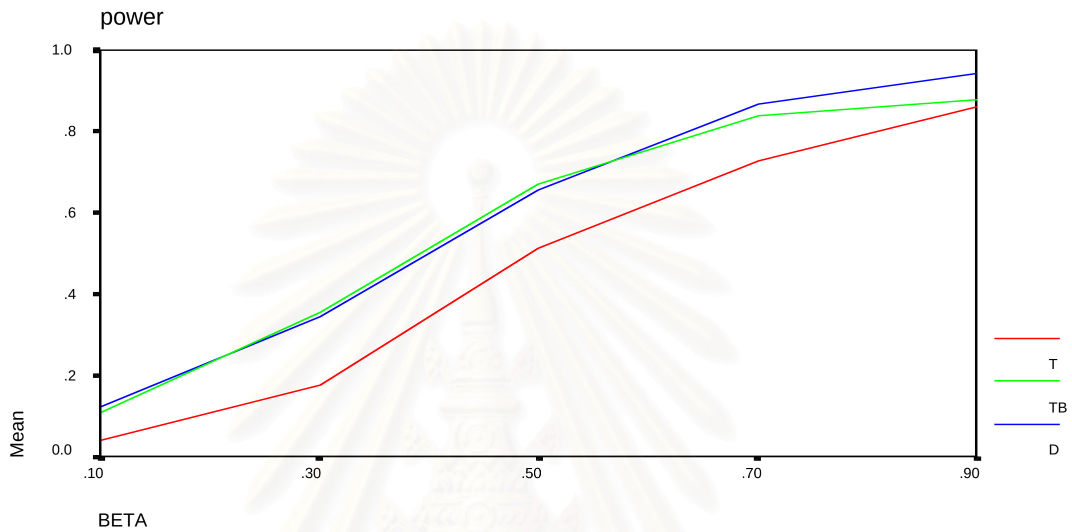


ตาราง 4.12 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

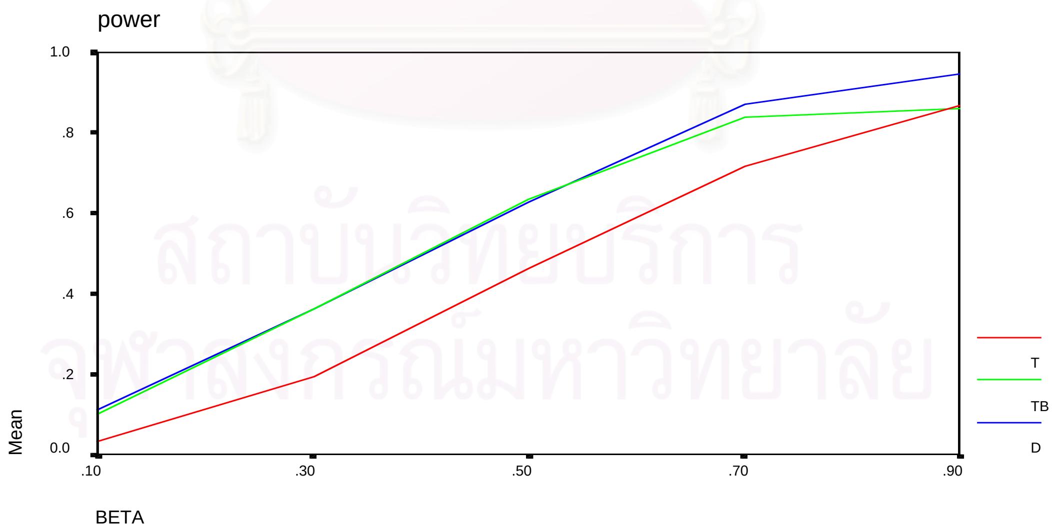
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.039	0.107	0.121
	0.3	0.175	0.355	0.343
	0.5	0.512	0.669	0.655
	0.7	0.729	0.839	0.869
	0.9	0.861	0.879	0.944
N(1,1)	0.1	0.031	0.100	0.110
	0.3	0.195	0.362	0.362
	0.5	0.461	0.633	0.628
	0.7	0.717	0.839	0.871
	0.9	0.867	0.898	0.945
LN(1,0.7)	0.1	0.041	0.097	0.100
	0.3	0.165	0.337	0.288
	0.5	0.470	0.685	0.635
	0.7	0.772	0.901	0.855
	0.9	0.887	0.945	0.935
CHI(8)	0.1	0.035	0.100	0.088
	0.3	0.148	0.318	0.299
	0.5	0.457	0.641	0.637
	0.7	0.756	0.881	0.853
	0.9	0.884	0.942	0.934

รูปที่ 4.8 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ N (0,1)

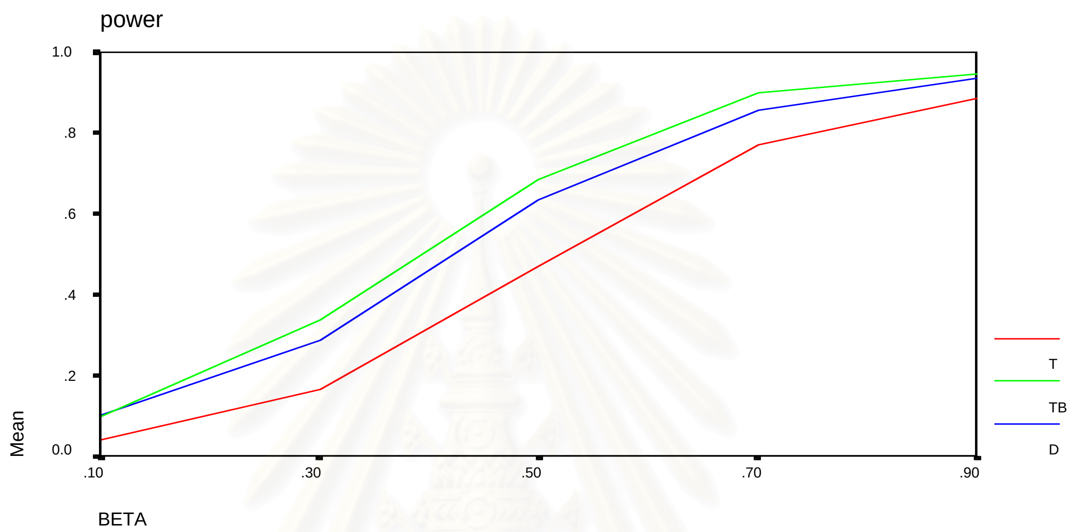


$u_t \sim$ N (1,1)

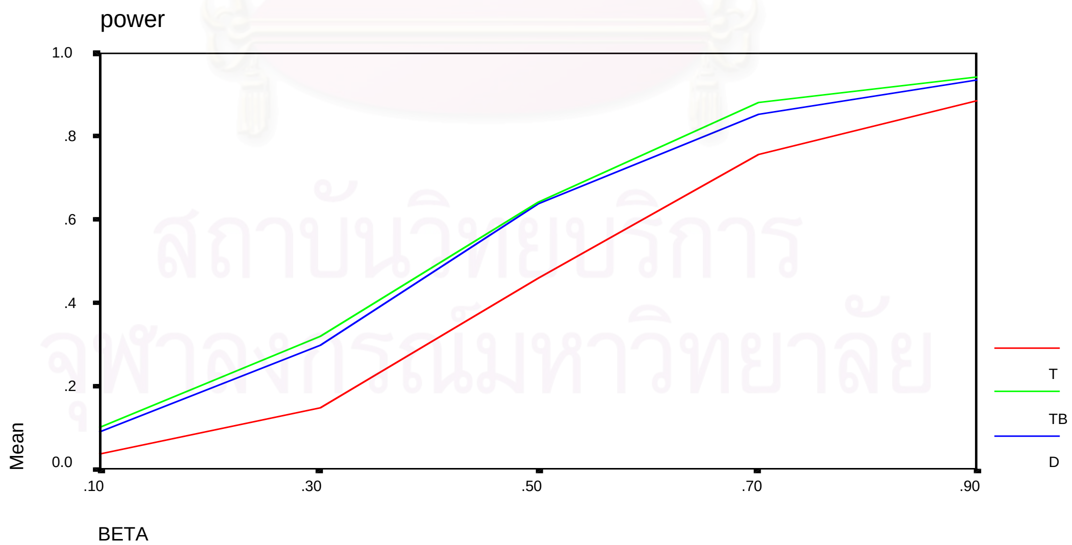


รูปที่ 4.8(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

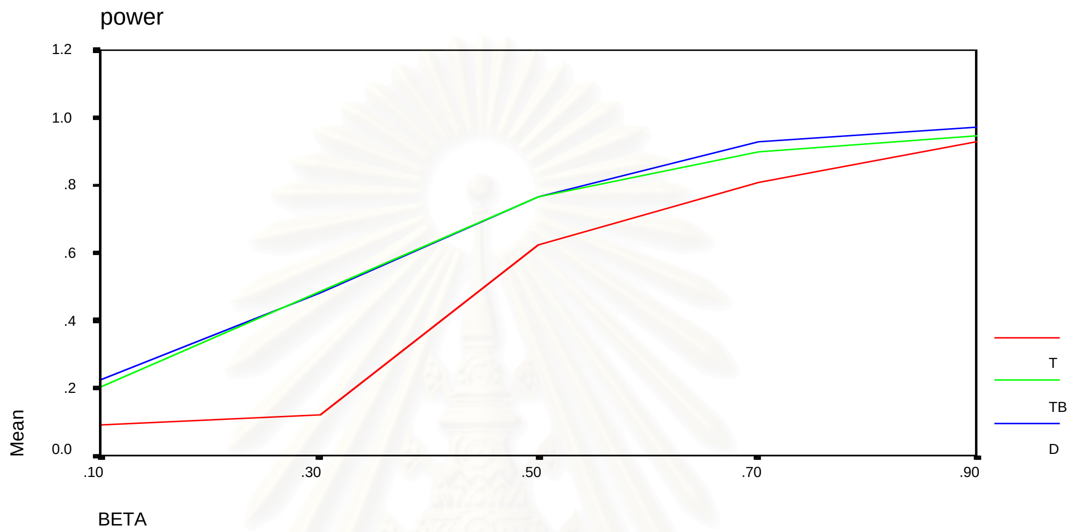


ตาราง 4.13 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

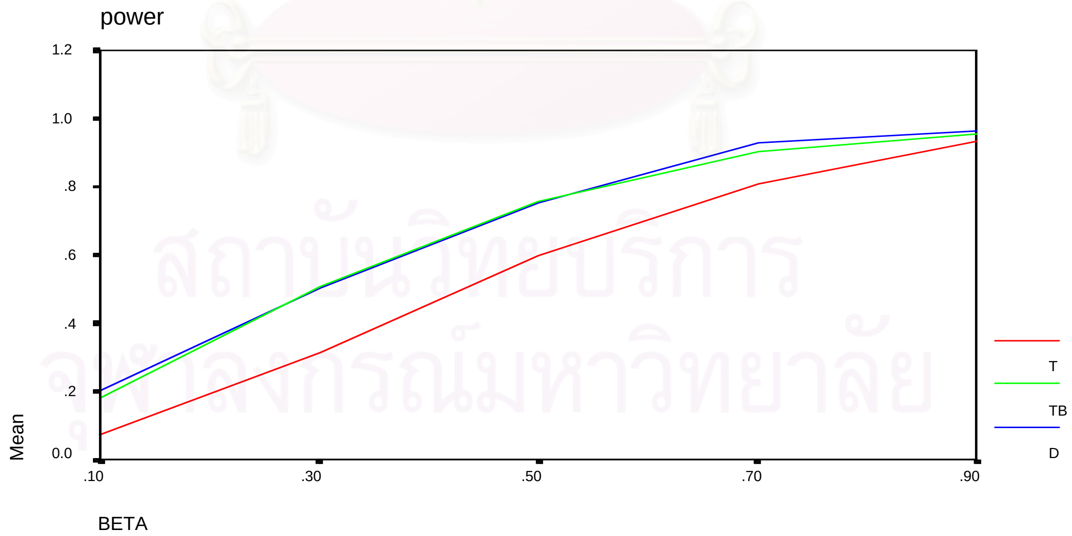
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.090	0.203	0.223
	0.3	0.122	0.485	0.480
	0.5	0.622	0.766	0.765
	0.7	0.810	0.901	0.927
	0.9	0.928	0.947	0.973
N(1,1)	0.1	0.075	0.179	0.201
	0.3	0.315	0.506	0.502
	0.5	0.600	0.755	0.751
	0.7	0.810	0.903	0.927
	0.9	0.925	0.956	0.963
LN(1,0.7)	0.1	0.073	0.159	0.177
	0.3	0.288	0.500	0.470
	0.5	0.636	0.817	0.790
	0.7	0.876	0.939	0.928
	0.9	0.931	0.970	0.967
CHI(8)	0.1	0.076	0.192	0.184
	0.3	0.252	0.454	0.442
	0.5	0.601	0.762	0.748
	0.7	0.854	0.934	0.906
	0.9	0.929	0.974	0.973

รูปที่ 4.9 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ N (0,1)

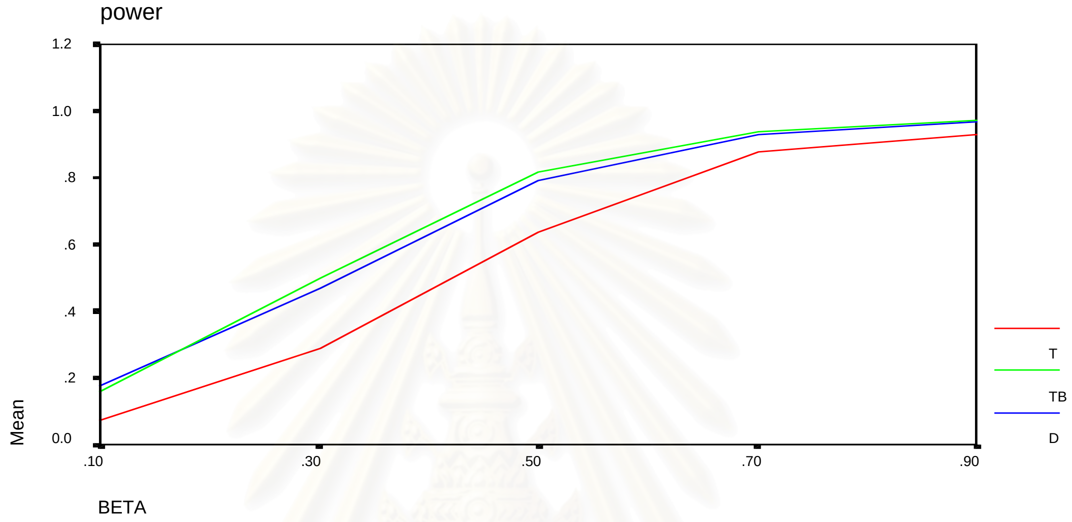


$u_t \sim$ N (1,1)

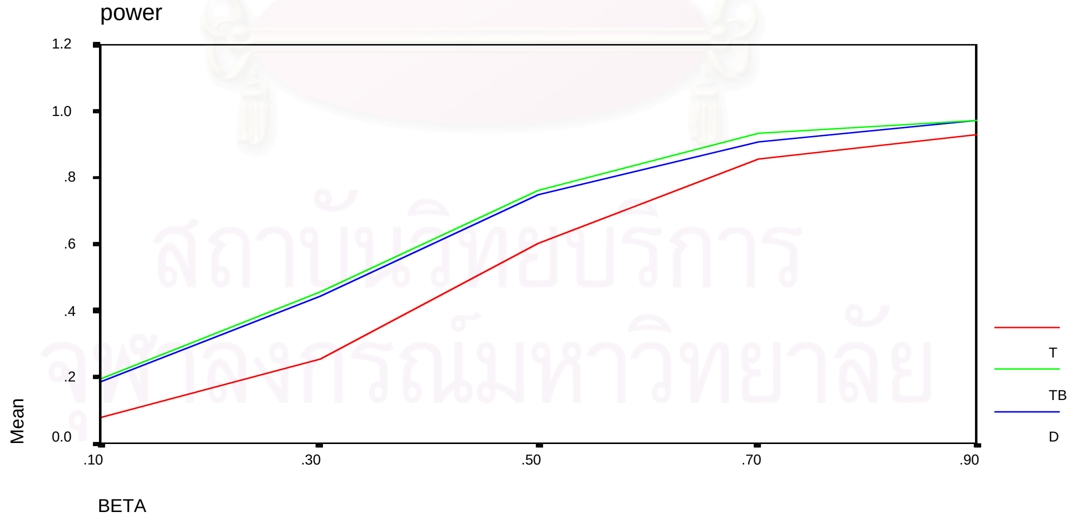


รูปที่ 4.9(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$



4.2.3 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 ตัว สำหรับขนาดตัวอย่าง (NS)เท่ากับ 25 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 , 0.05 และ 0.10 ซึ่งสรุปได้จากตาราง 4.11 - 4.13 และรูปที่ 4.7 - 4.9 ได้ดังนี้

1) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ตัวสถิติ T และค่าอำนาจการทดสอบจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม สูงขึ้น

2) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบปกติ สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =1.0 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ตัวสถิติ T และค่าอำนาจการทดสอบจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม สูงขึ้น

3) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =0.7 ตัวสถิติ T_b จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมา คือ ตัวสถิติ D และ ตัวสถิติ T ตามลำดับ

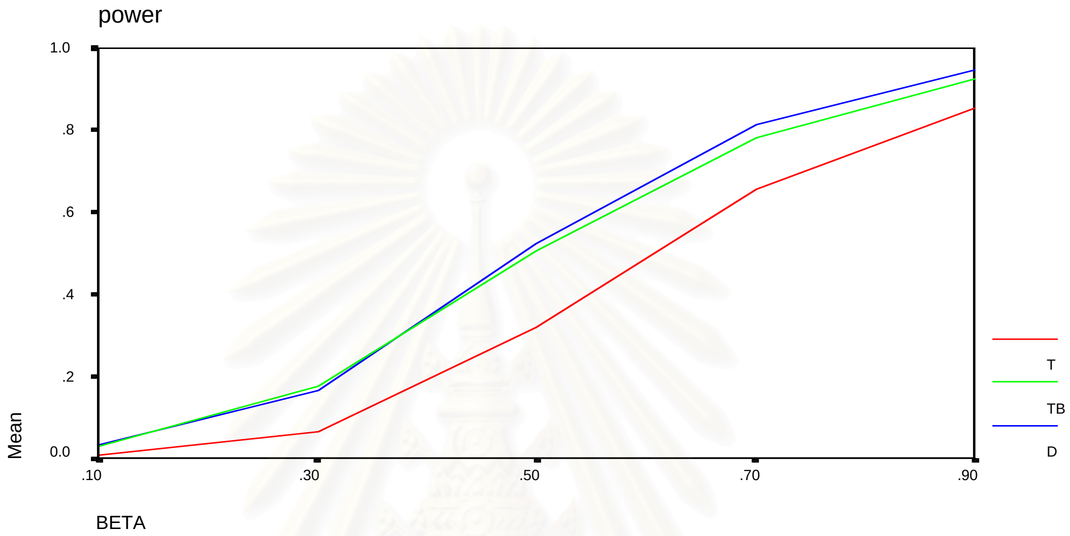
4) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบไค-สแควร์ ที่ระดับขั้นความเสรี (n) = 8 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ตัวสถิติ T และค่าอำนาจการทดสอบจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม สูงขึ้น

ตาราง 4.14 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 30 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

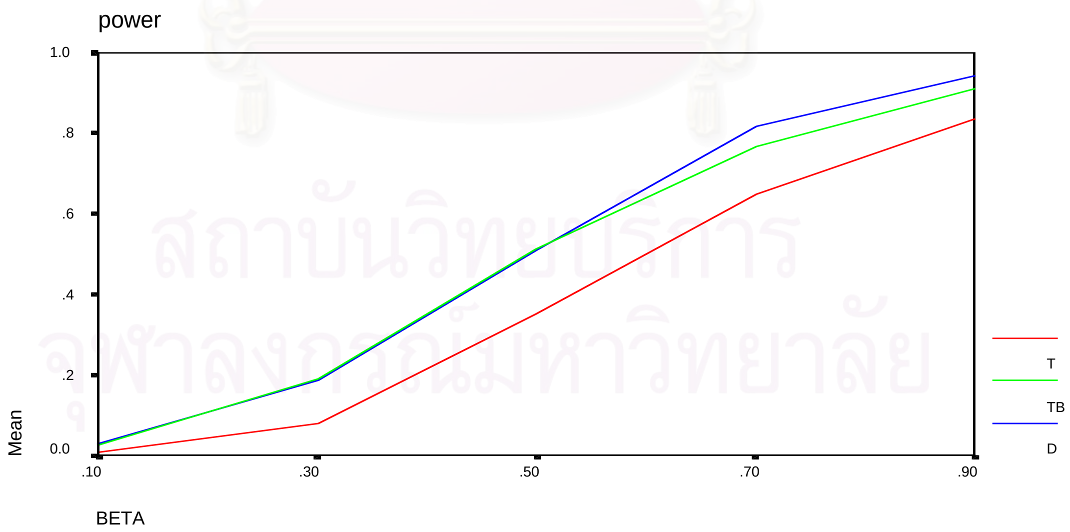
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.008	0.029	0.032
	0.3	0.066	0.177	0.166
	0.5	0.320	0.505	0.524
	0.7	0.655	0.783	0.815
	0.9	0.853	0.926	0.945
N	0.1	0.007	0.025	0.027
	0.3	0.079	0.190	0.187
	0.5	0.353	0.514	0.508
	0.7	0.650	0.768	0.818
	0.9	0.834	0.910	0.943
LN	0.1	0.013	0.036	0.020
	0.3	0.048	0.131	0.071
	0.5	0.319	0.511	0.324
	0.7	0.743	0.853	0.726
	0.9	0.895	0.941	0.917
CHI	0.1	0.009	0.034	0.024
	0.3	0.076	0.168	0.169
	0.5	0.360	0.535	0.500
	0.7	0.707	0.819	0.785
	0.9	0.866	0.914	0.911

รูปที่ 4.10 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 30 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ N (0,1)

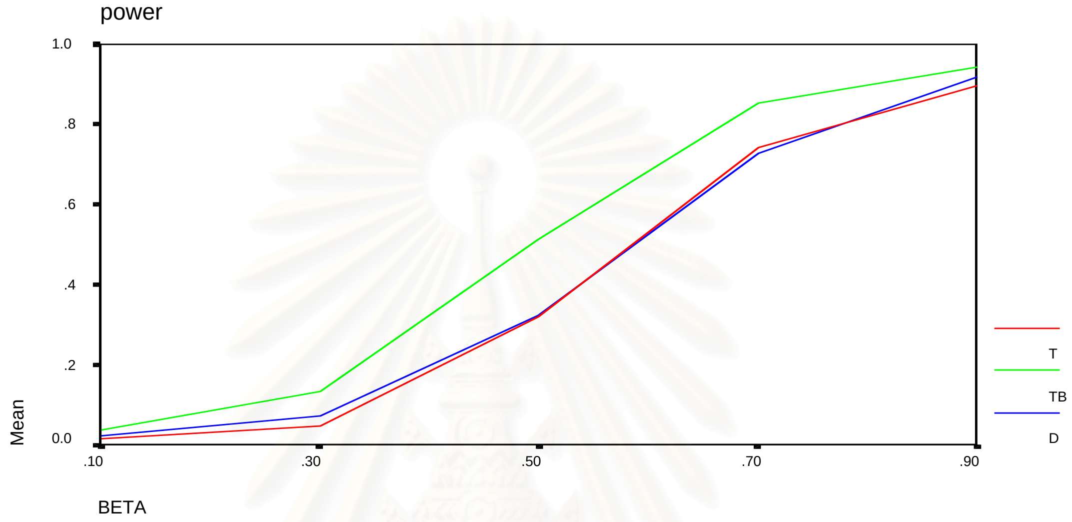


$u_t \sim$ N (1,1)

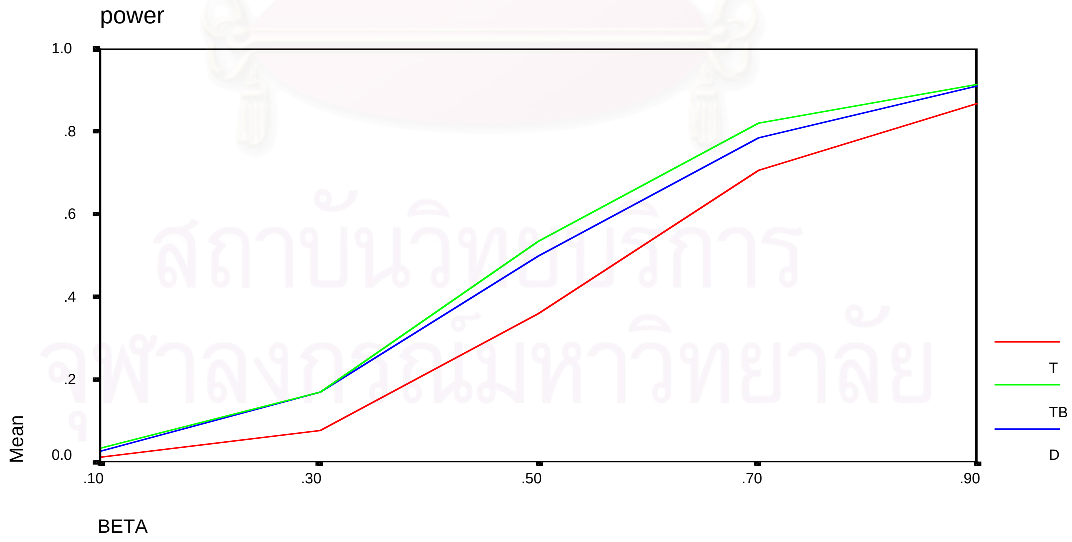


รูปที่ 4.10(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 30 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

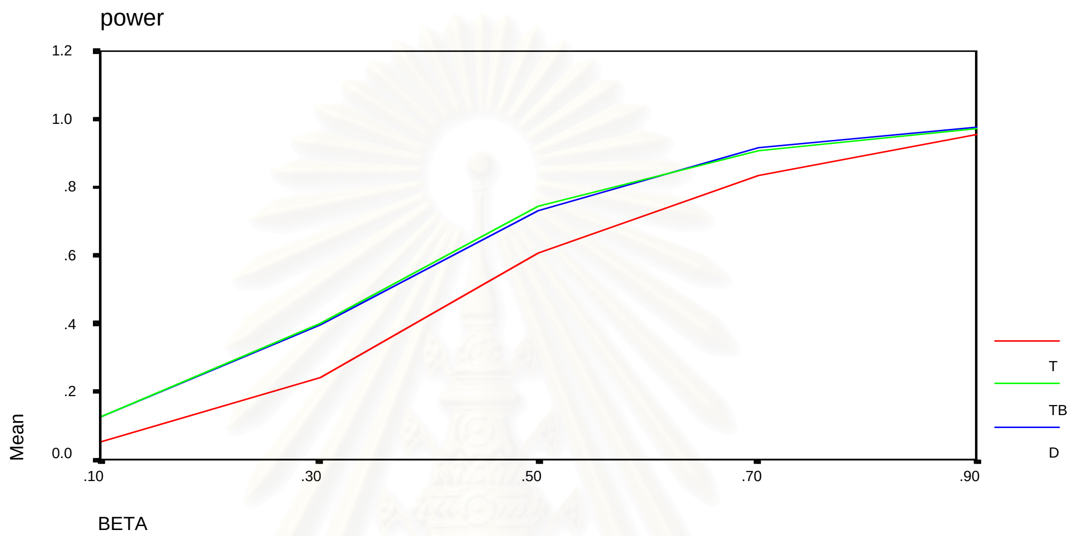


ตาราง 4.15 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 30 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

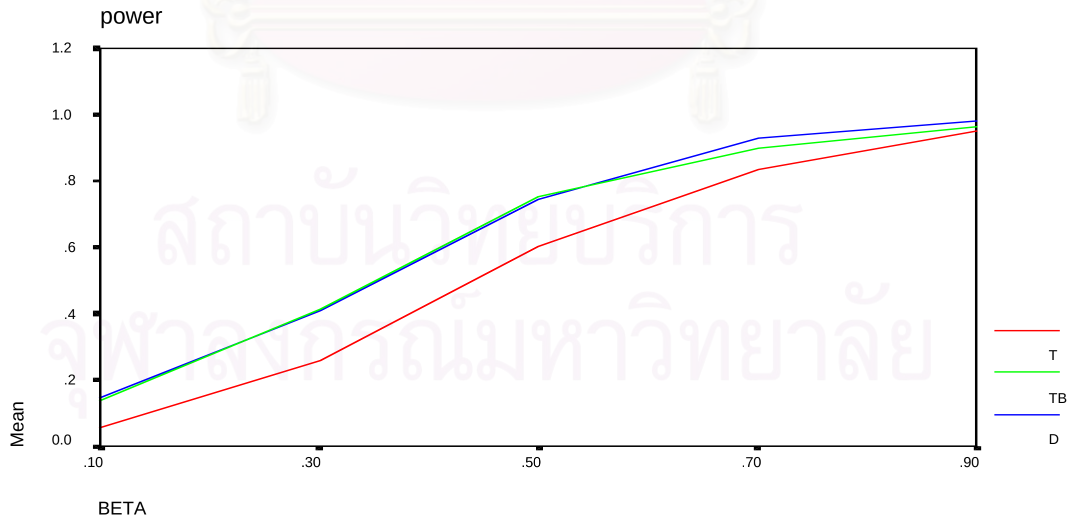
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.052	0.125	0.126
	0.3	0.239	0.399	0.397
	0.5	0.606	0.743	0.733
	0.7	0.836	0.907	0.917
	0.9	0.956	0.971	0.977
N(1,1)	0.1	0.054	0.137	0.146
	0.3	0.256	0.413	0.407
	0.5	0.603	0.752	0.746
	0.7	0.833	0.901	0.931
	0.9	0.950	0.963	0.980
LN(1,0.7)	0.1	0.049	0.106	0.102
	0.3	0.197	0.386	0.341
	0.5	0.637	0.813	0.768
	0.7	0.900	0.959	0.934
	0.9	0.960	0.983	0.982
CHI(8)	0.1	0.049	0.117	0.112
	0.3	0.255	0.452	0.415
	0.5	0.623	0.747	0.727
	0.7	0.888	0.943	0.931
	0.9	0.969	0.990	0.990

รูปที่ 4.11 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 30 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ N (0,1)

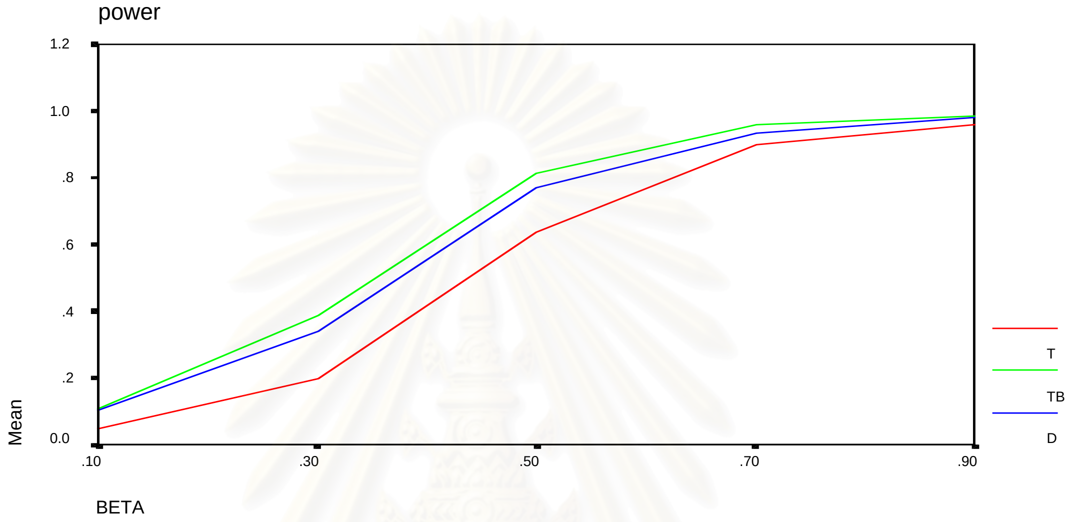


$u_t \sim$ N (1,1)

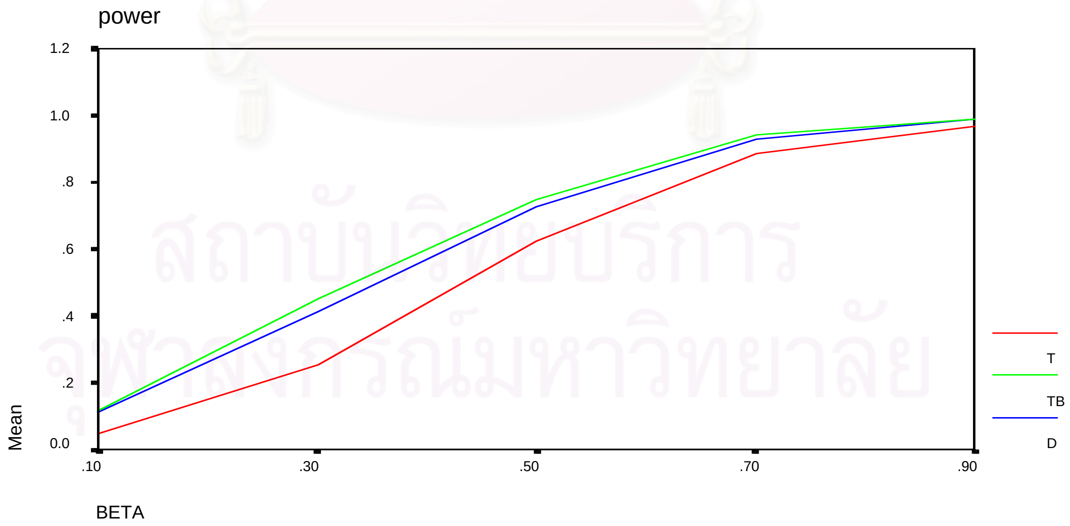


รูปที่ 4.11(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 30 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

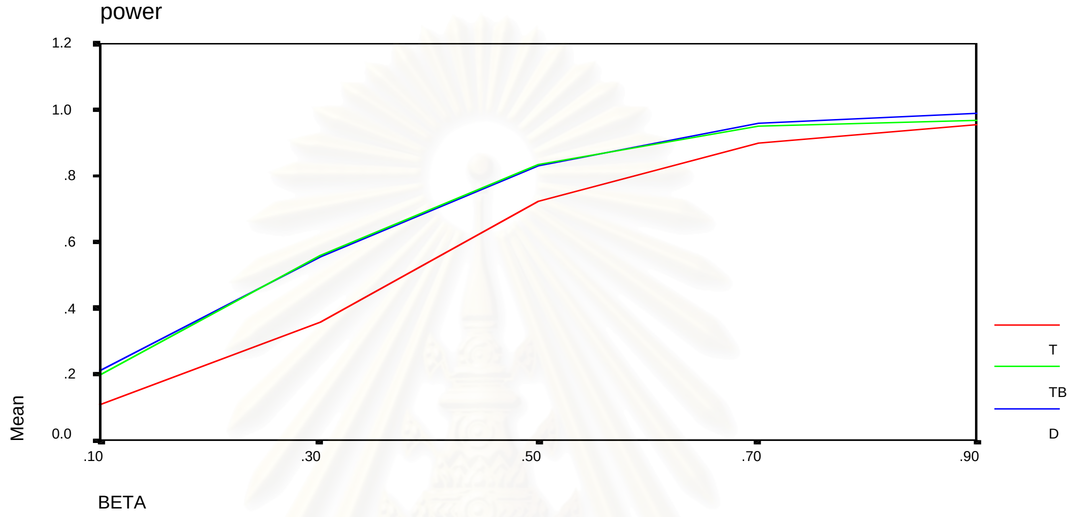


ตาราง 4.16 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 30 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

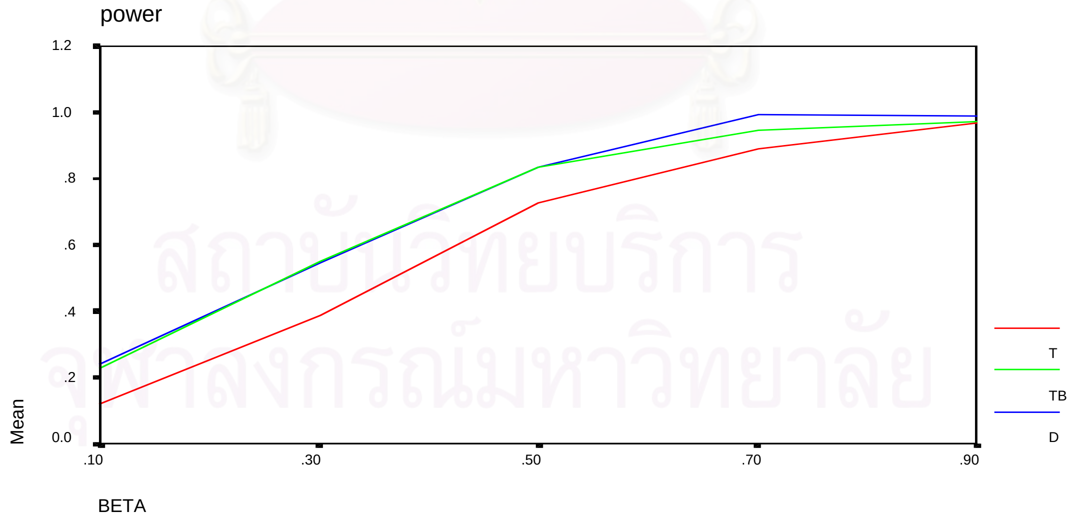
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.107	0.198	0.209
	0.3	0.359	0.560	0.555
	0.5	0.723	0.835	0.831
	0.7	0.898	0.950	0.960
	0.9	0.954	0.969	0.991
N(1,1)	0.1	0.120	0.229	0.242
	0.3	0.385	0.549	0.545
	0.5	0.728	0.833	0.835
	0.7	0.891	0.947	0.995
	0.9	0.966	0.973	0.988
LN(1,0.7)	0.1	0.093	0.168	0.182
	0.3	0.351	0.541	0.547
	0.5	0.781	0.887	0.870
	0.7	0.953	0.976	0.975
	0.9	0.978	0.992	0.991
CHI(8)	0.1	0.102	0.213	0.204
	0.3	0.391	0.550	0.538
	0.5	0.721	0.836	0.824
	0.7	0.936	0.966	0.958
	0.9	0.969	0.990	0.990

รูปที่ 4.12 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 30 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ N (0,1)

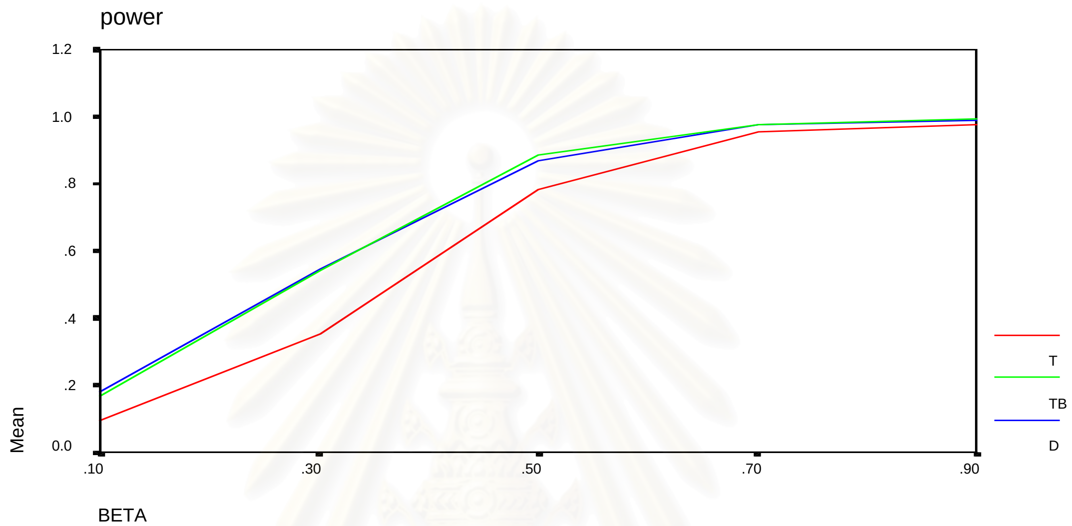


$u_t \sim$ N (1,1)

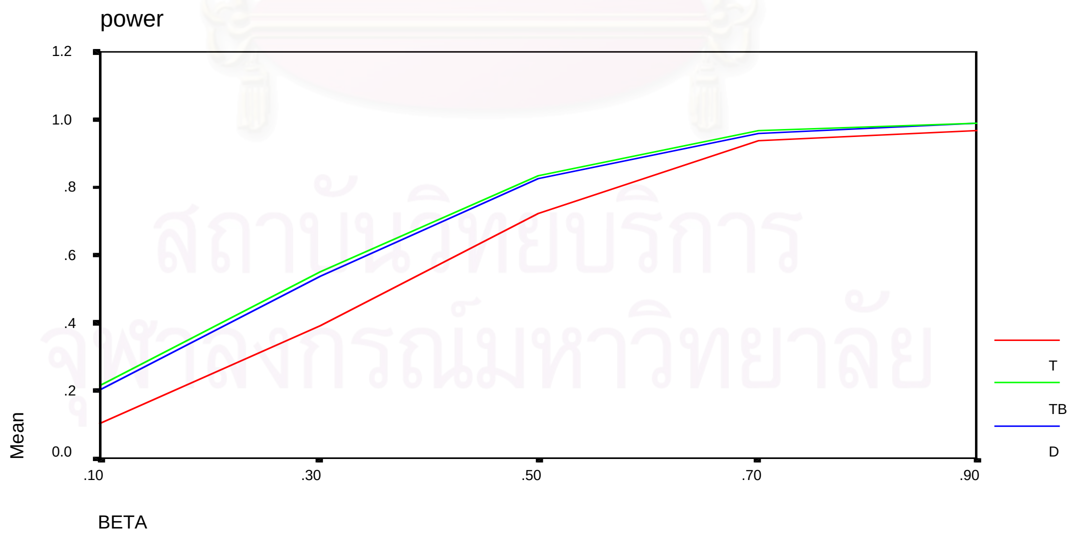


รูปที่ 4.12(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 30 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสัมสหพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$



4.2.4 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 ตัว สำหรับขนาดตัวอย่าง(NS) เท่ากับ 30 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 , 0.05 และ 0.10 ซึ่งสรุปได้จากตาราง 4.14 - 4.16 และรูปที่ 4.10 - 4.12 ได้ดังนี้

1) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน และ การแจกแจงแบบปกติ สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =1.0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ตัวสถิติ T สำหรับที่ระดับนัยสำคัญ0.05 และ 0.10 เมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม มีค่า 0.7 และ 0.9 ตัวสถิติทั้ง 3 ตัว จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

2) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =0.7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติ T_b จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมา คือ ตัวสถิติ D และตัวสถิติ T ตามลำดับ สำหรับที่ระดับนัยสำคัญ0.05 และ 0.10 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

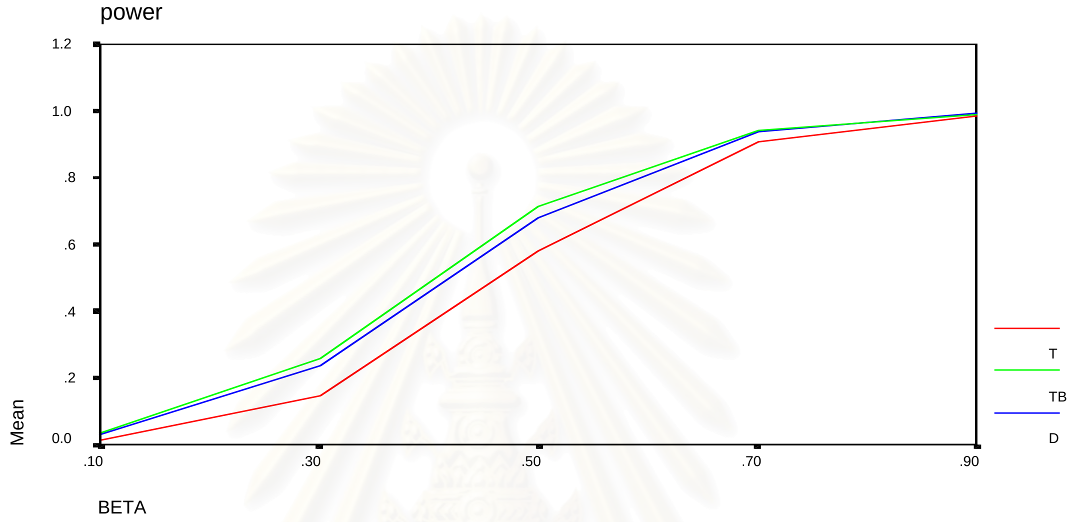
3) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบไค-สแควร์ ที่ระดับขั้นความเสรี (n) = 8 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ตัวสถิติ T เมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม มีค่า 0.7 และ 0.9 ตัวสถิติทั้ง 3 ตัว จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ตาราง 4.17 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 40 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

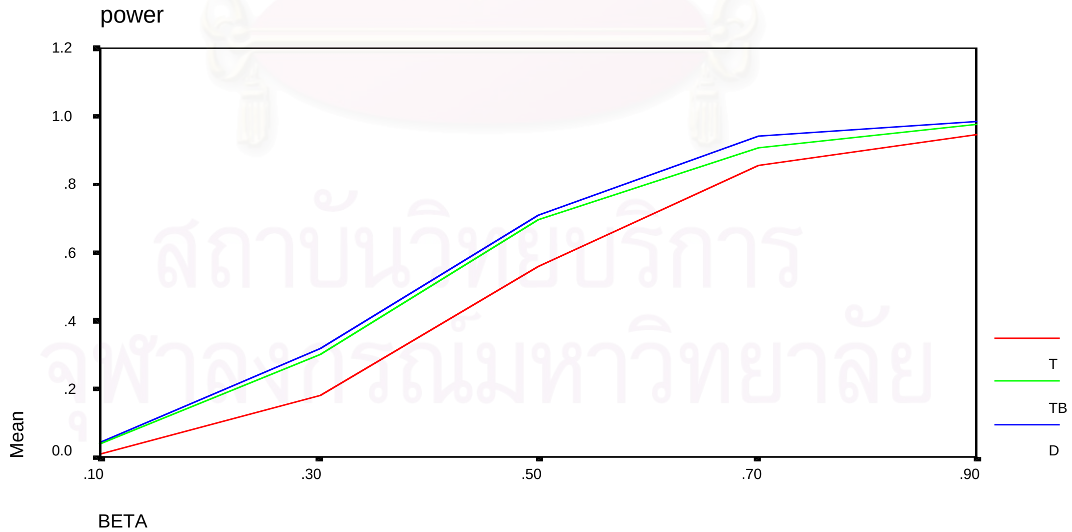
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.007	0.032	0.034
	0.3	0.159	0.275	0.274
	0.5	0.559	0.678	0.696
	0.7	0.854	0.907	0.949
	0.9	0.954	0.962	0.987
N(1,1)	0.1	0.007	0.038	0.041
	0.3	0.181	0.303	0.318
	0.5	0.559	0.697	0.710
	0.7	0.858	0.907	0.942
	0.9	0.946	0.976	0.986
LN(1,0.7)	0.1	0.015	0.034	0.036
	0.3	0.148	0.244	0.149
	0.5	0.604	0.735	0.570
	0.7	0.935	0.967	0.918
	0.9	0.968	0.980	0.977
CHI(8)	0.1	0.011	0.033	0.032
	0.3	0.148	0.257	0.238
	0.5	0.582	0.712	0.679
	0.7	0.909	0.944	0.939
	0.9	0.983	0.990	0.992

รูปที่ 4.13 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 40 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ N (0,1)

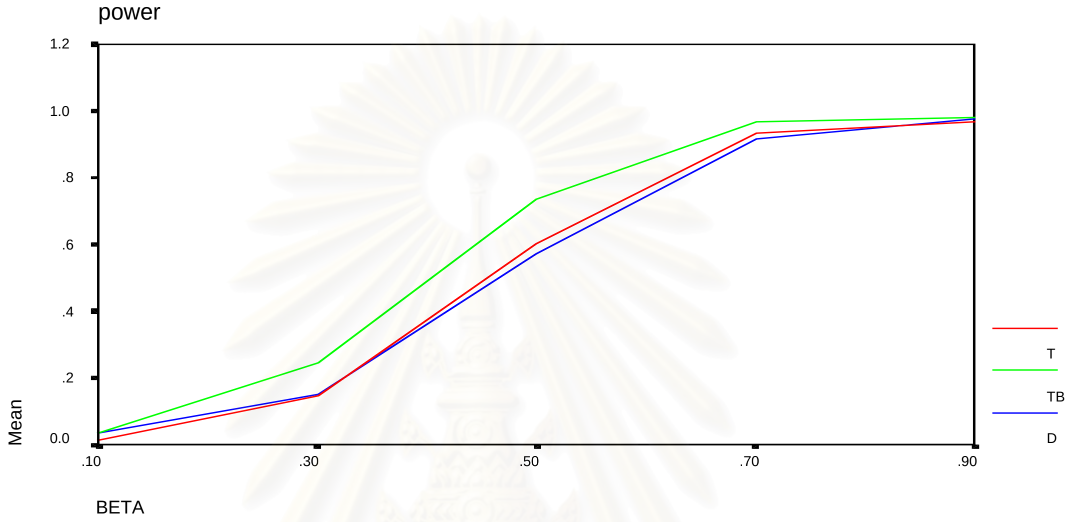


$u_t \sim$ N (1,1)

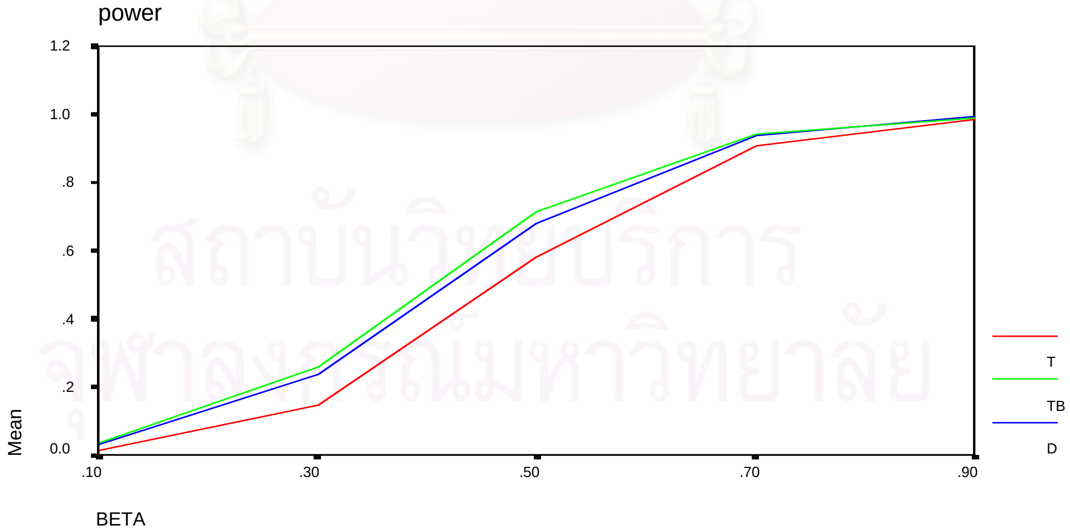


รูปที่ 4.13(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 40 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

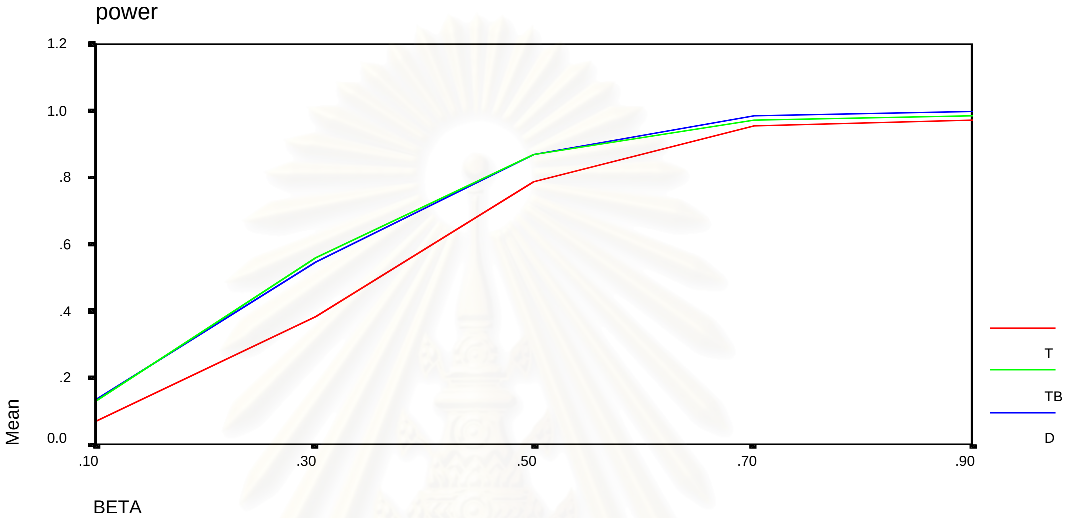


ตาราง 4.18 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 40 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

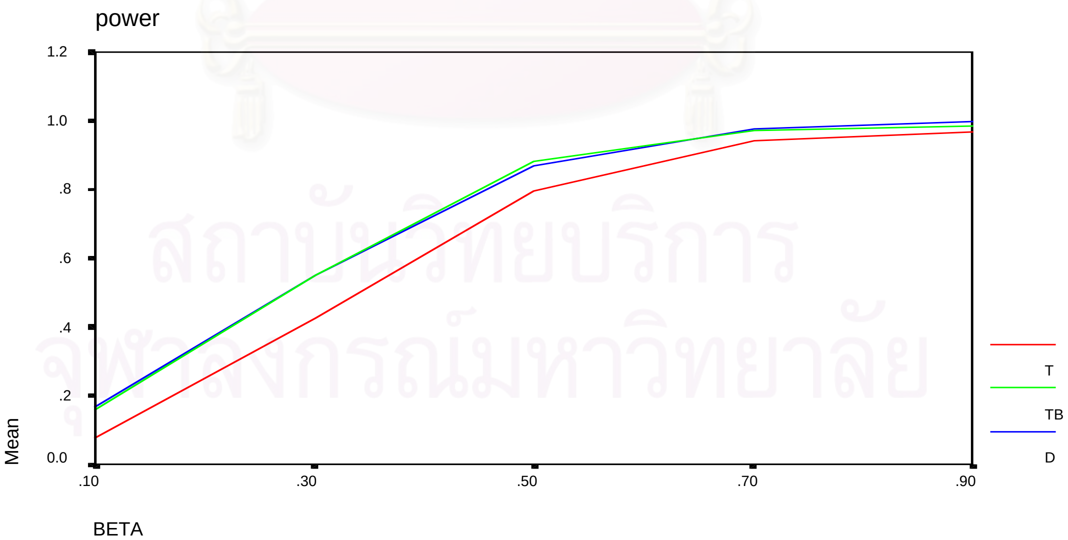
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.068	0.131	0.134
	0.3	0.382	0.557	0.548
	0.5	0.785	0.869	0.867
	0.7	0.954	0.970	0.984
	0.9	0.973	0.984	0.997
N(1,1)	0.1	0.079	0.157	0.167
	0.3	0.426	0.549	0.549
	0.5	0.796	0.880	0.870
	0.7	0.943	0.970	0.978
	0.9	0.968	0.987	0.996
LN(1,0.7)	0.1	0.064	0.111	0.112
	0.3	0.355	0.520	0.480
	0.5	0.844	0.916	0.884
	0.7	0.980	0.992	0.988
	0.9	0.989	0.994	0.995
CHI(8)	0.1	0.066	0.144	0.148
	0.3	0.377	0.530	0.514
	0.5	0.800	0.886	0.872
	0.7	0.976	0.986	0.984
	0.9	0.994	0.997	0.988

รูปที่ 4.14 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 40 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ N (0,1)

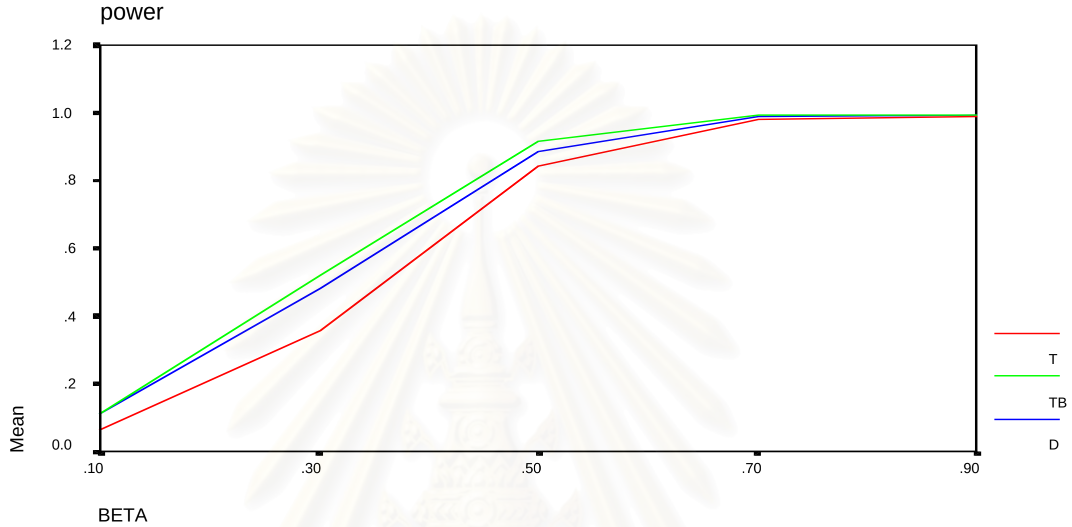


$u_t \sim$ N (1,1)

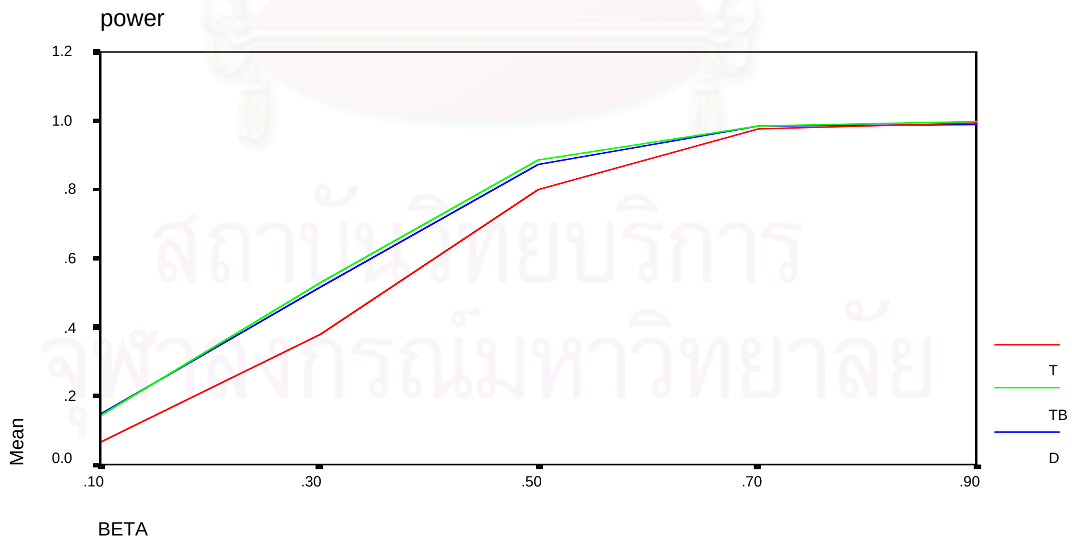


รูปที่ 4.14(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 40 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

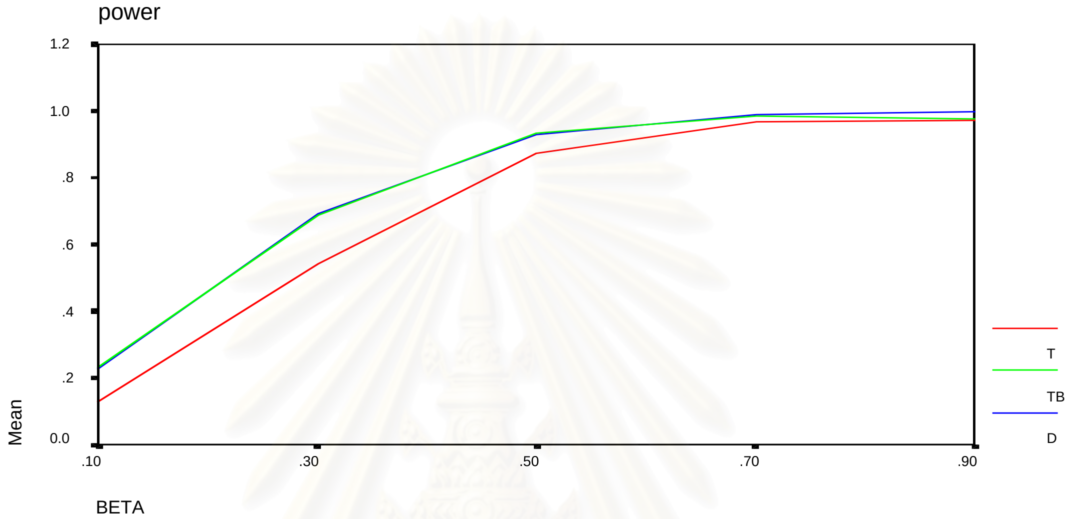


ตาราง 4.19 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 40 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

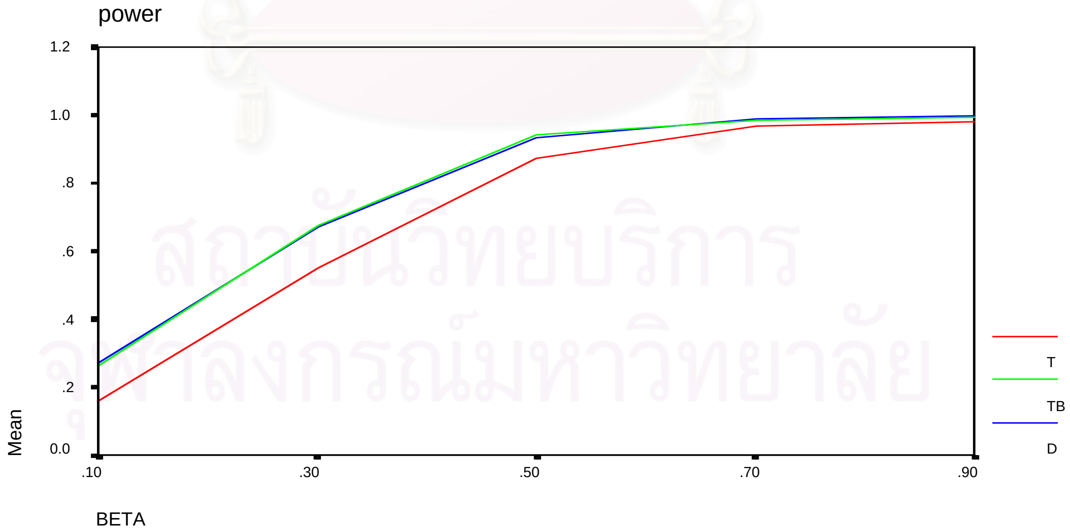
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.130	0.231	0.226
	0.3	0.543	0.688	0.691
	0.5	0.871	0.934	0.930
	0.7	0.969	0.987	0.991
	0.9	0.973	0.975	0.999
N(1,1)	0.1	0.157	0.261	0.269
	0.3	0.552	0.676	0.669
	0.5	0.872	0.941	0.935
	0.7	0.966	0.984	0.991
	0.9	0.980	0.992	0.998
LN(1,0.7)	0.1	0.113	0.202	0.209
	0.3	0.517	0.688	0.672
	0.5	0.918	0.961	0.957
	0.7	0.992	0.995	0.994
	0.9	0.994	0.997	0.997
CHI(8)	0.1	0.141	0.238	0.246
	0.3	0.534	0.680	0.653
	0.5	0.885	0.932	0.933
	0.7	0.984	0.993	0.994
	0.9	0.998	0.999	0.999

รูปที่ 4.15 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 40 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ N (0,1)

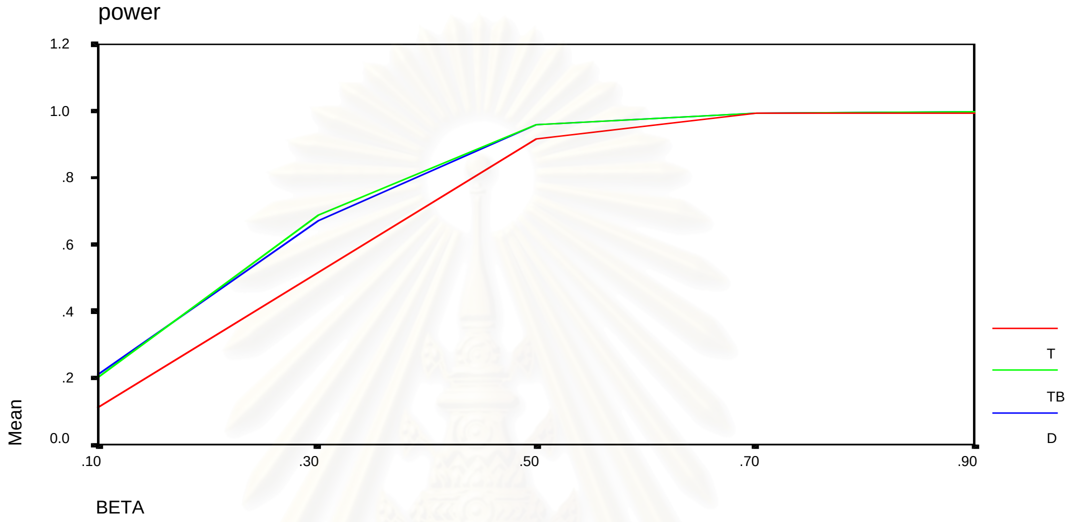


$u_t \sim$ N (1,1)

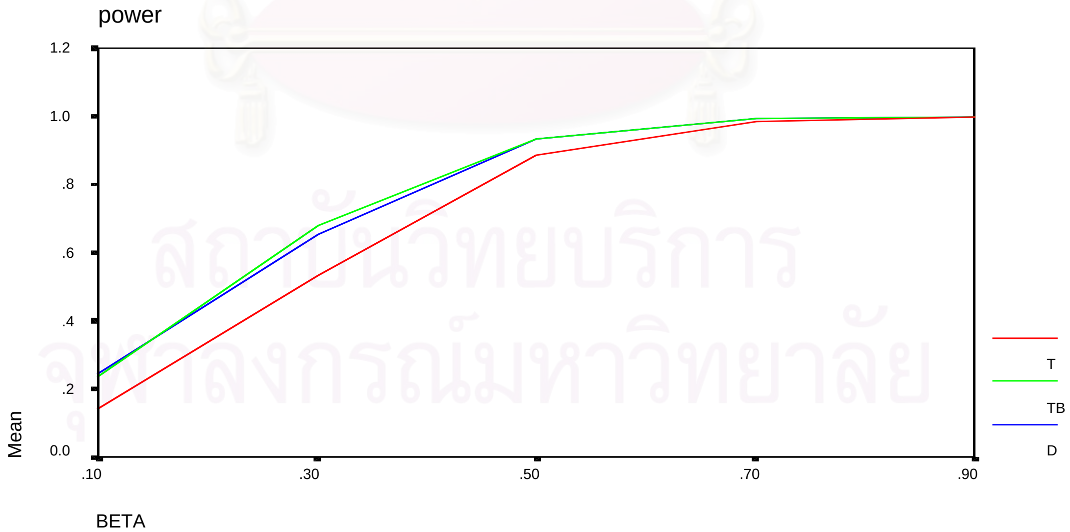


รูปที่ 4.15(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 40 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$



4.2.5 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 ตัว สำหรับขนาดตัวอย่าง(NS) เท่ากับ 40 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 , 0.05 และ 0.10 ซึ่งสรุปได้จากตาราง 4.17 - 4.19 และรูปที่ 4.13 - 4.15 ได้ดังนี้

1) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน และ การแจกแจงแบบปกติ สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =1.0 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ตัวสถิติ T เมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ตัวสถิติทั้ง 3 ตัวธี จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

2) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =0.7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติ T_b จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมา คือ ตัวสถิติ D และ ตัวสถิติ T จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันรองลงมา คือ ตัวสถิติ T เมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ตัวสถิติทั้ง 3 ตัว จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

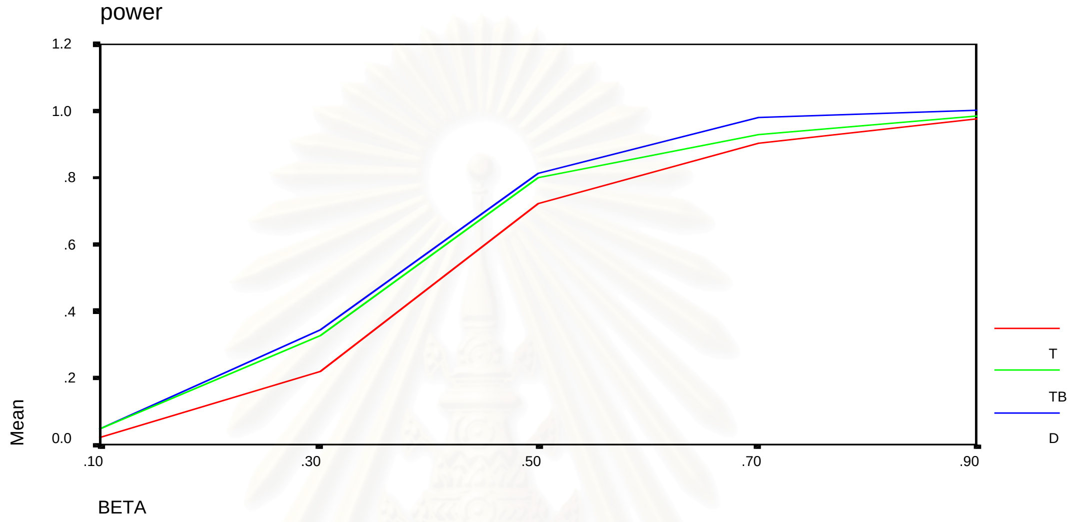
3) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบไค-สแควร์ ที่ระดับขั้นความเสรี (n) = 8 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ตัวสถิติ T เมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม มีค่า ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ตัวสถิติทั้ง 3 ตัว จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ตาราง 4.20 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

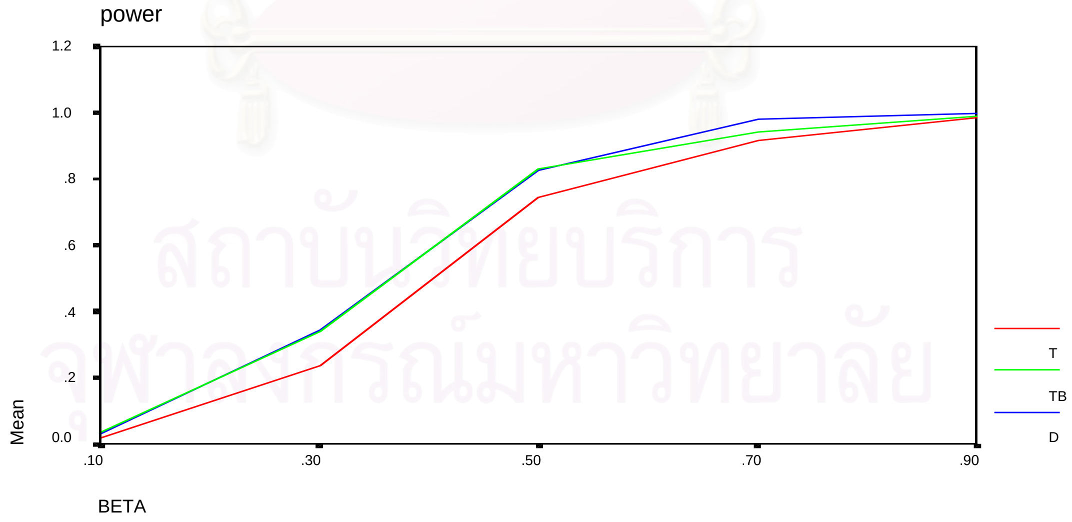
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.022	0.046	0.047
	0.3	0.220	0.326	0.344
	0.5	0.723	0.799	0.815
	0.7	0.903	0.931	0.980
	0.9	0.977	0.984	1.000
N(1,1)	0.1	0.019	0.035	0.031
	0.3	0.236	0.338	0.346
	0.5	0.743	0.829	0.826
	0.7	0.917	0.942	0.980
	0.9	0.983	0.991	0.999
LN(1,0.7)	0.1	0.018	0.042	0.024
	0.3	0.230	0.315	0.235
	0.5	0.769	0.858	0.742
	0.7	0.978	0.983	0.977
	0.9	0.994	0.996	0.995
CHI(8)	0.1	0.014	0.034	0.027
	0.3	0.263	0.355	0.346
	0.5	0.764	0.844	0.834
	0.7	0.968	0.982	0.979
	0.9	0.993	0.996	0.995

รูปที่ 4.16 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ N (0,1)

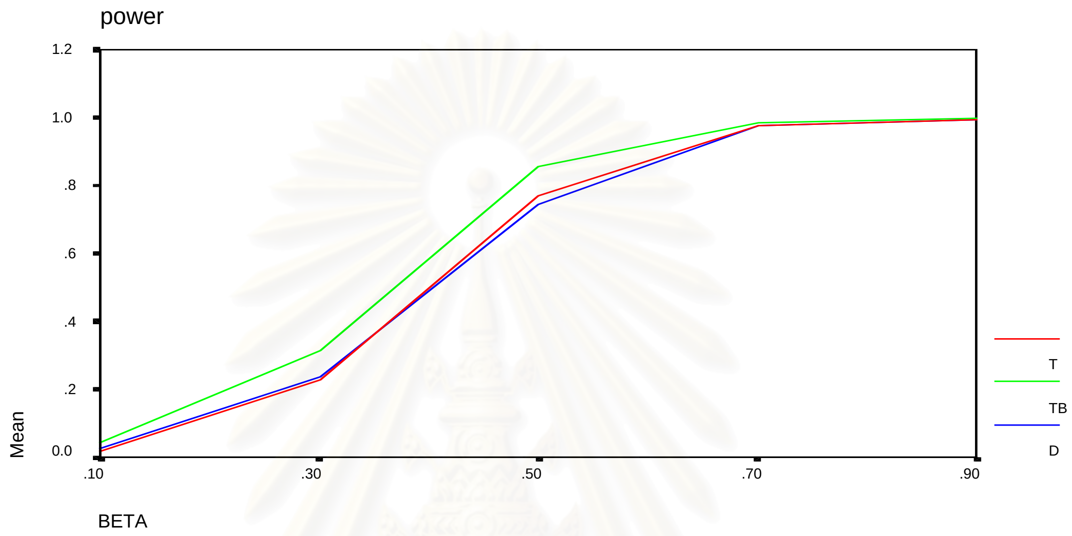


$u_t \sim$ N (1,1)

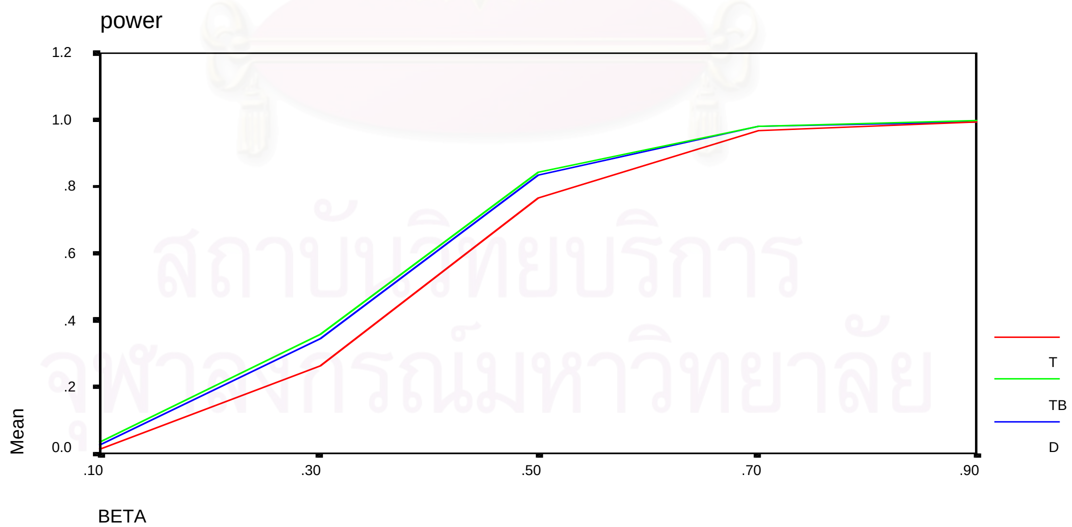


รูปที่ 4.16(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

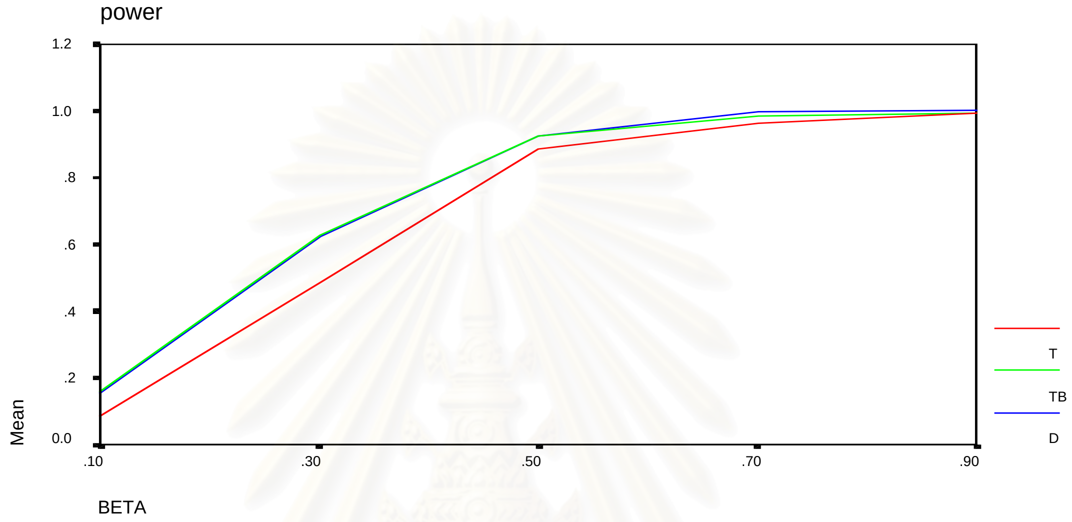


ตาราง 4.21 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

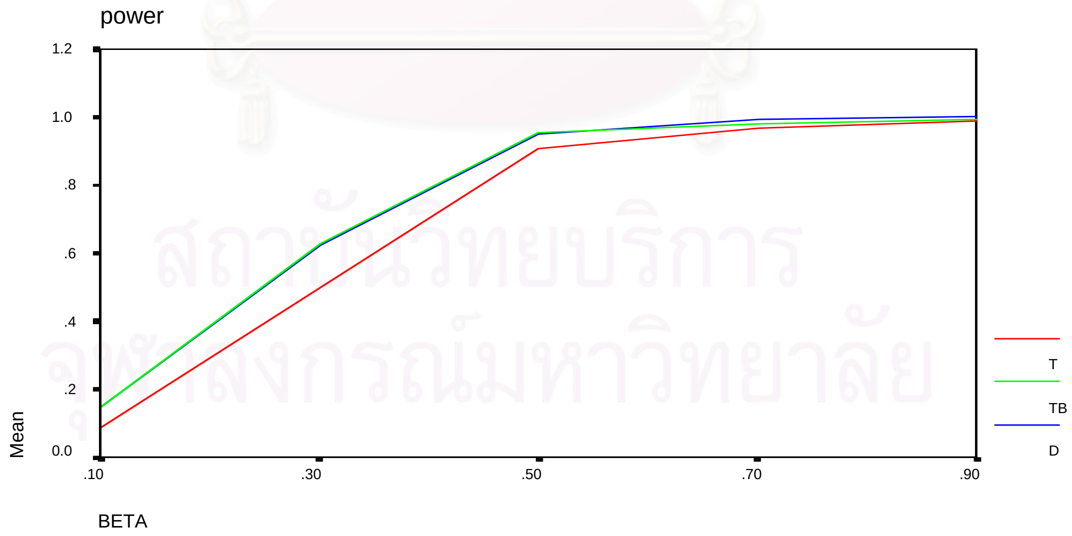
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.088	0.157	0.155
	0.3	0.487	0.627	0.623
	0.5	0.886	0.923	0.923
	0.7	0.965	0.983	0.997
	0.9	0.985	0.993	1.000
N(1,1)	0.1	0.084	0.147	0.148
	0.3	0.498	0.626	0.624
	0.5	0.907	0.954	0.949
	0.7	0.968	0.981	0.994
	0.9	0.990	0.995	1.000
LN(1,0.7)	0.1	0.089	0.145	0.139
	0.3	0.463	0.616	0.614
	0.5	0.929	0.961	0.956
	0.7	0.995	0.999	0.999
	0.9	0.997	0.999	0.997
CHI(8)	0.1	0.070	0.144	0.136
	0.3	0.480	0.608	0.608
	0.5	0.909	0.953	0.951
	0.7	0.994	0.995	0.994
	0.9	0.997	0.998	1.000

รูปที่ 4.17 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ N (0,1)

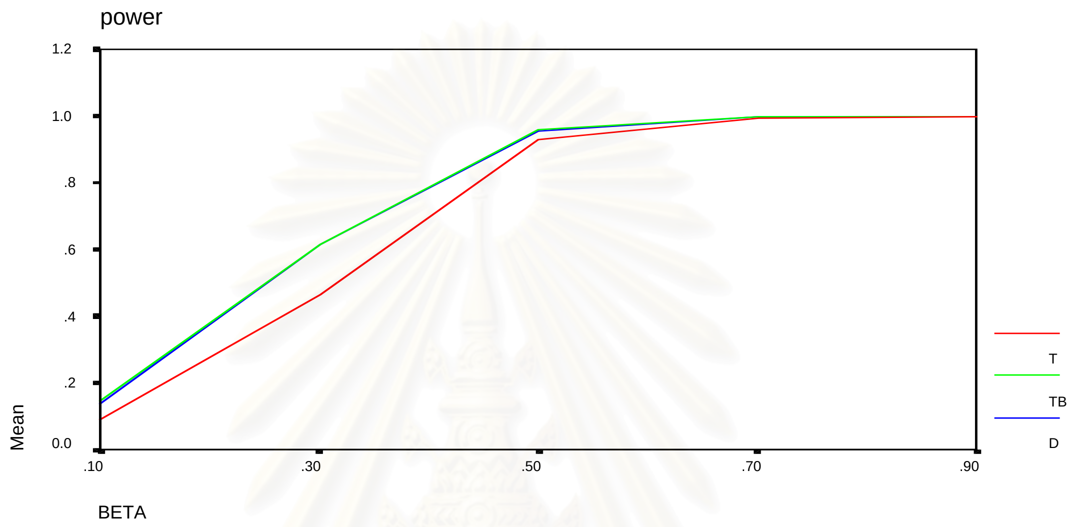


$u_t \sim$ N (1,1)

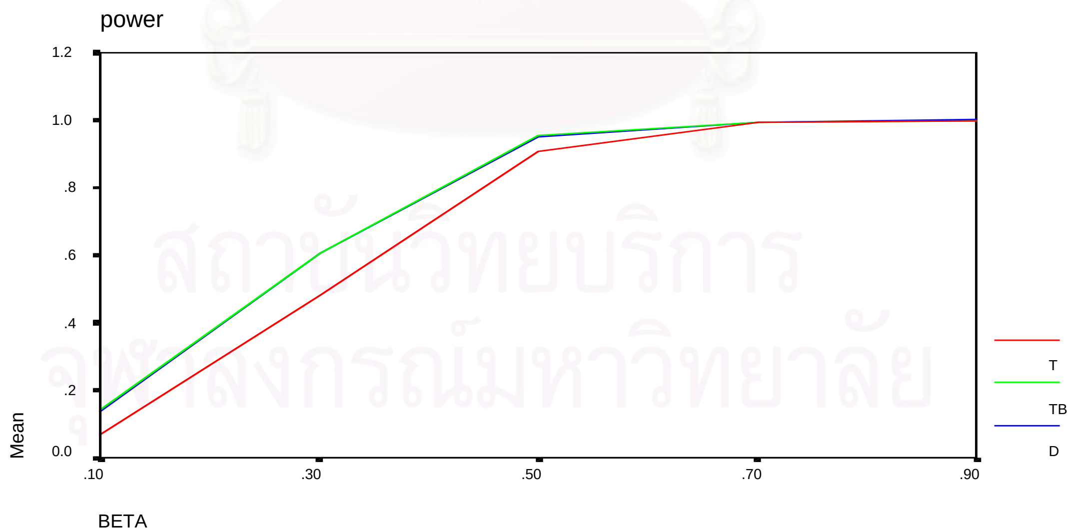


รูปที่ 4.17(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

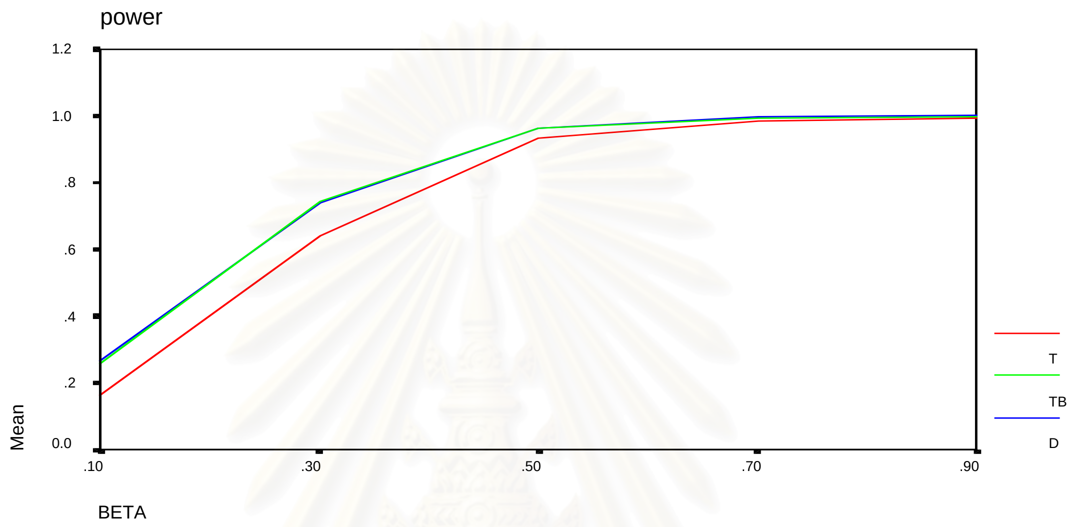


ตาราง 4.22 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

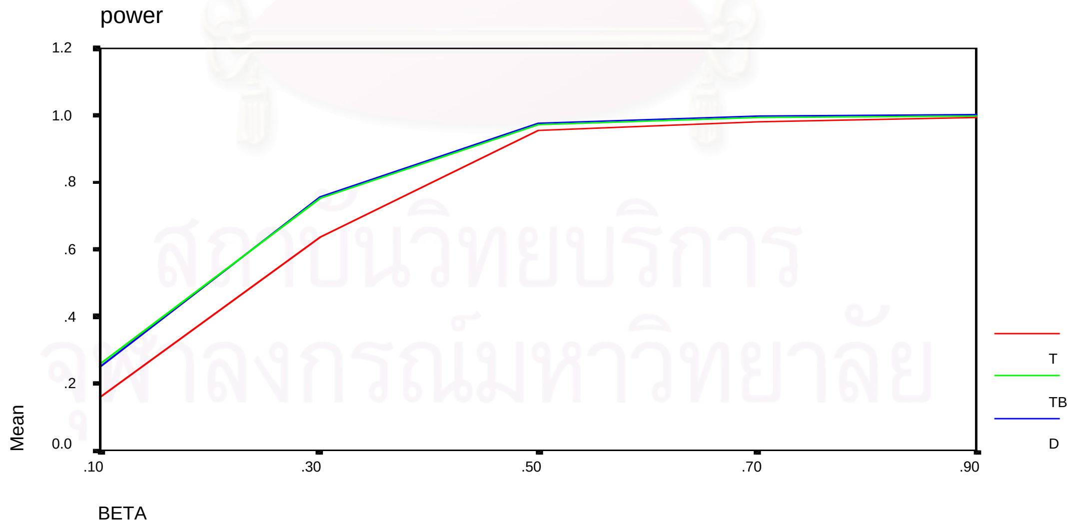
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.162	0.259	0.266
	0.3	0.639	0.743	0.739
	0.5	0.935	0.965	0.963
	0.7	0.983	0.992	0.998
	0.9	0.995	0.997	1.000
N(1,1)	0.1	0.159	0.258	0.251
	0.3	0.637	0.754	0.758
	0.5	0.956	0.974	0.976
	0.7	0.981	0.993	0.998
	0.9	0.995	0.999	1.000
LN(1,0.7)	0.1	0.148	0.241	0.240
	0.3	0.633	0.788	0.778
	0.5	0.966	0.981	0.974
	0.7	0.999	1.000	0.999
	0.9	0.999	0.999	0.997
CHI(8)	0.1	0.151	0.243	0.244
	0.3	0.629	0.730	0.743
	0.5	0.954	0.971	0.971
	0.7	0.997	0.998	0.997
	0.9	0.998	0.999	1.000

รูปที่ 4.18 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ N (0,1)

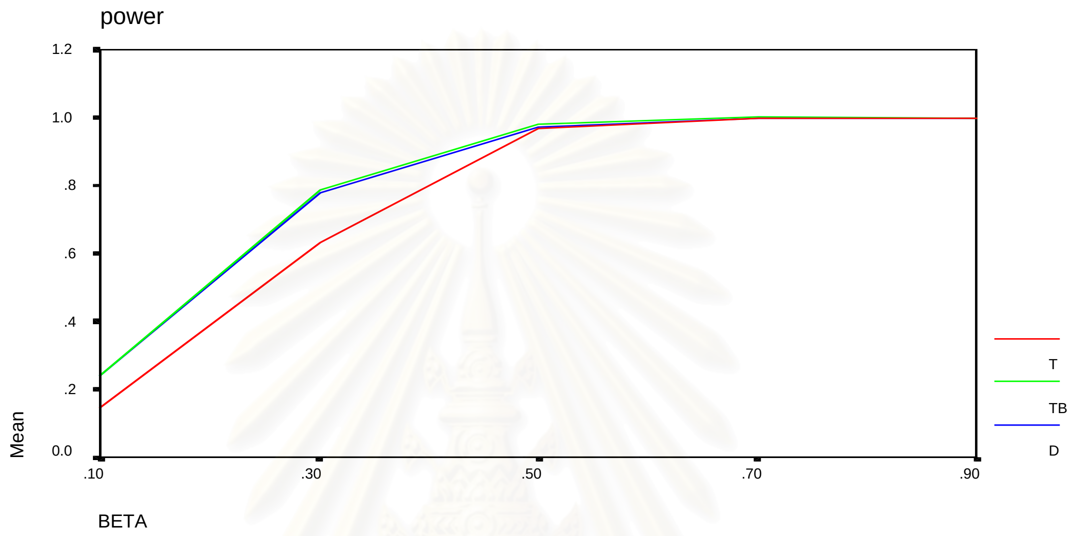


$u_t \sim$ N (1,1)

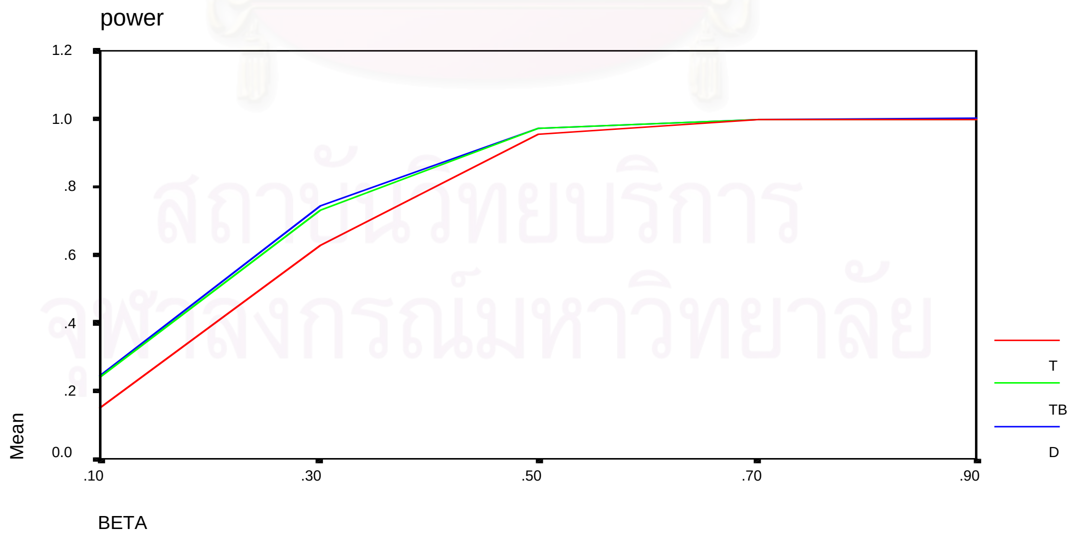


รูปที่ 4.18(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$



4.2.6 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 ตัว สำหรับขนาดตัวอย่าง(NS)เท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 , 0.05 และ 0.10 ซึ่งสรุปได้จากตาราง 4.14 - 4.16 และรูปที่ 4.10 - 4.12ได้ดังนี้

1) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน และ การแจกแจงแบบปกติ สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =1.0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติ T_b จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ ตัวสถิติ D และ ตัวสถิติ T ตามลำดับ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม มีค่า 0.1,0.3 และ 0.5 แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม มีค่า 0.7 และ 0.9 ตัวสถิติทั้ง 3 ตัว จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

สำหรับที่ระดับนัยสำคัญ0.05 และ 0.10 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันรองลงมา คือ ตัวสถิติ T เมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ตัวสถิติทั้ง 3 ตัว จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

2) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =0.7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติ T_b จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมา คือ ตัวสถิติ D และตัวสถิติ T ตามลำดับ

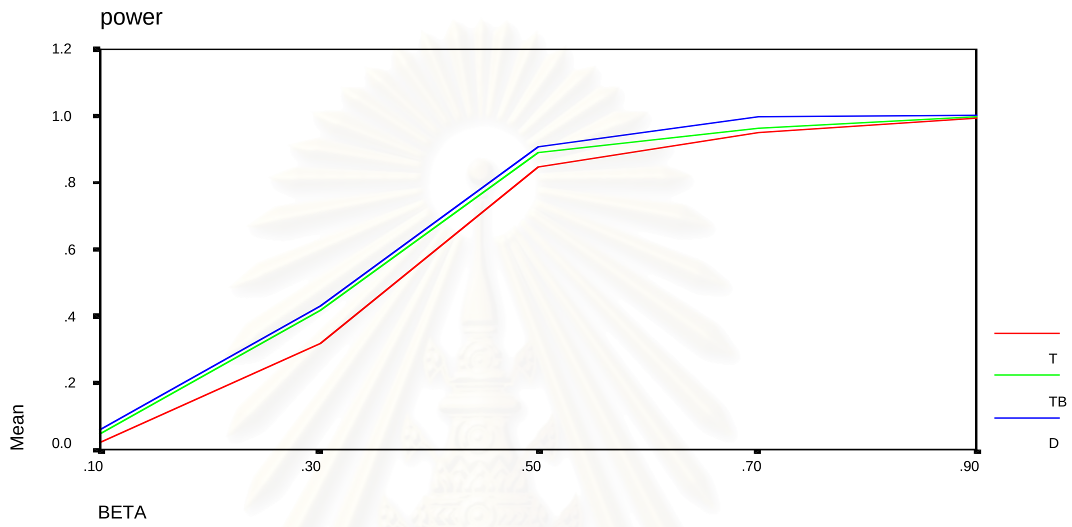
3) เมื่อ u_t มีการแจกแจงแบบไค-สแควร์ ที่ระดับขั้นความเสรี (n) = 8 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ตัวสถิติ T เมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม มีค่า ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ตัวสถิติทั้ง 3 ตัว จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ตาราง 4.23 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 60 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

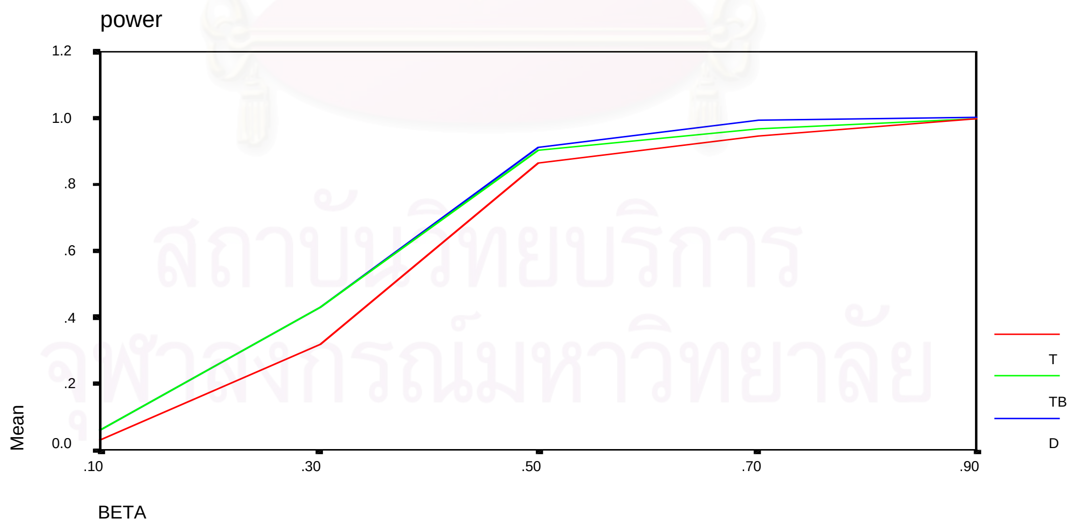
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.021	0.048	0.059
	0.3	0.319	0.416	0.428
	0.5	0.846	0.891	0.909
	0.7	0.952	0.964	0.998
	0.9	0.994	0.996	1.000
N(1,1)	0.1	0.028	0.061	0.059
	0.3	0.318	0.429	0.431
	0.5	0.865	0.905	0.911
	0.7	0.948	0.969	0.995
	0.9	0.996	0.999	1.000
LN(1,0.7)	0.1	0.028	0.052	0.036
	0.3	0.322	0.430	0.427
	0.5	0.876	0.926	0.915
	0.7	0.998	1.000	0.999
	0.9	0.999	0.999	0.999
CHI(8)	0.1	0.025	0.065	0.055
	0.3	0.350	0.443	0.419
	0.5	0.855	0.915	0.905
	0.7	0.994	0.999	0.997
	0.9	1.000	1.000	1.000

รูปที่ 4.19 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 60 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ N (0,1)

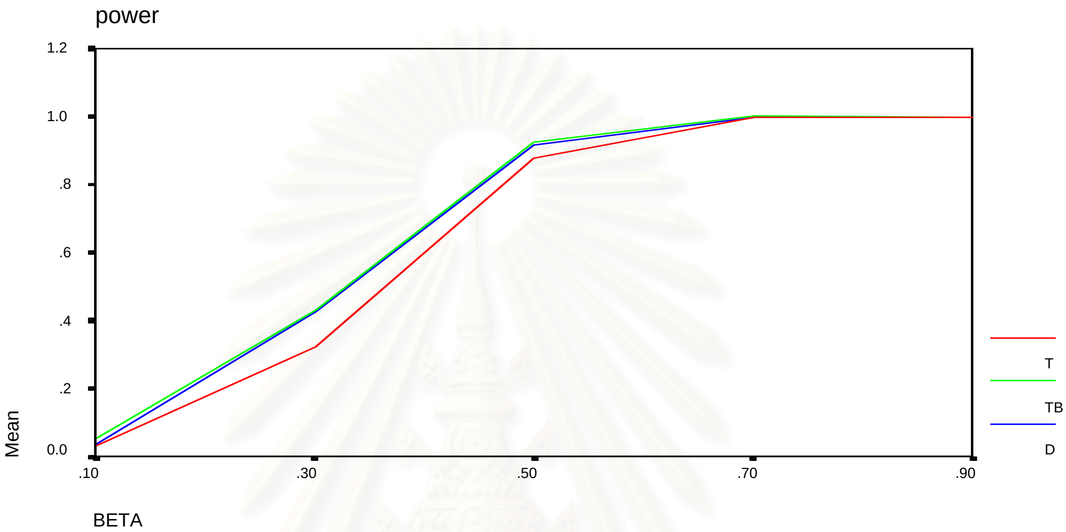


$u_t \sim$ N (1,1)

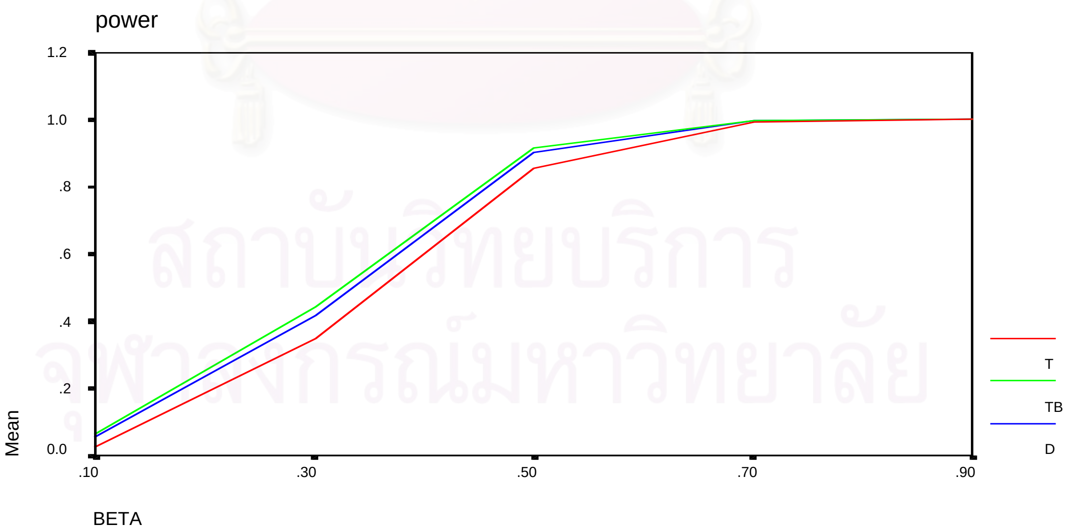


รูปที่ 4.19(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 60 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

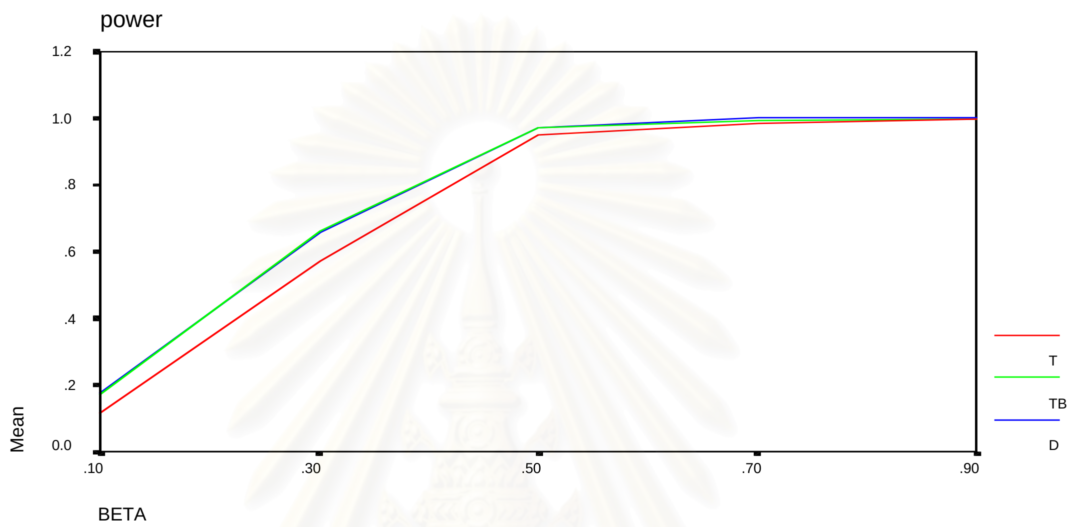


ตาราง 4.24 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 60 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

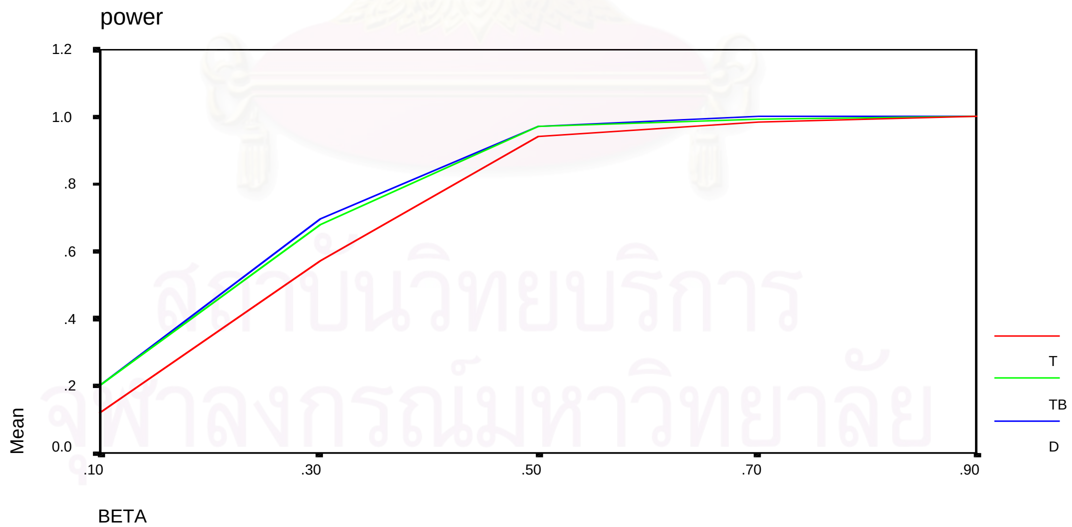
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.118	0.172	0.176
	0.3	0.573	0.662	0.660
	0.5	0.951	0.973	0.971
	0.7	0.985	0.994	1.000
	0.9	0.997	0.999	1.000
N(1,1)	0.1	0.120	0.204	0.202
	0.3	0.574	0.681	0.697
	0.5	0.944	0.971	0.972
	0.7	0.984	0.995	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
LN(1,0.7)	0.1	0.102	0.170	0.154
	0.3	0.602	0.733	0.690
	0.5	0.970	0.984	0.971
	0.7	1.000	1.000	0.999
	0.9	1.000	1.000	0.999
CHI(8)	0.1	0.121	0.185	0.194
	0.3	0.591	0.716	0.705
	0.5	0.971	0.984	0.980
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000

รูปที่ 4.20 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 60 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ N (0,1)

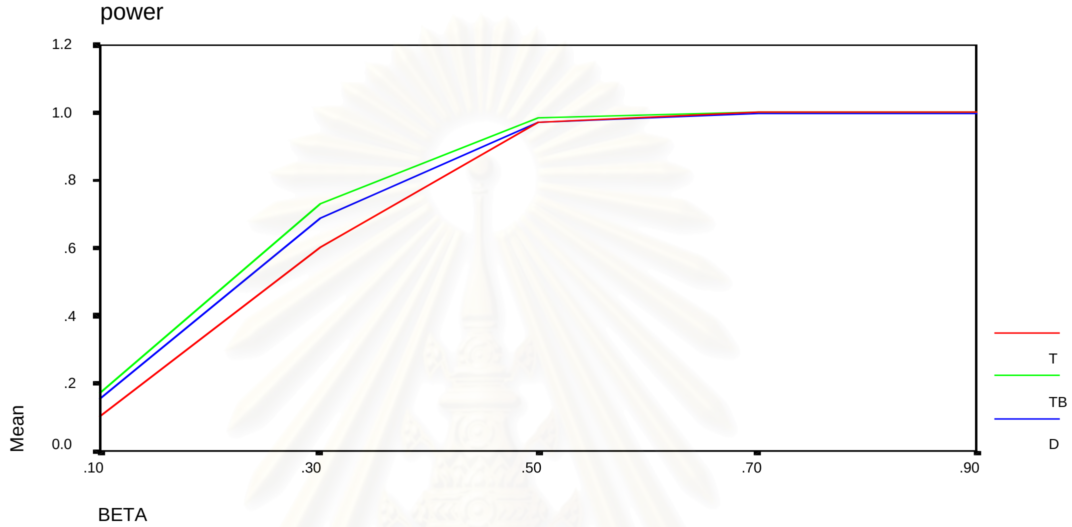


$u_t \sim$ N (1,1)

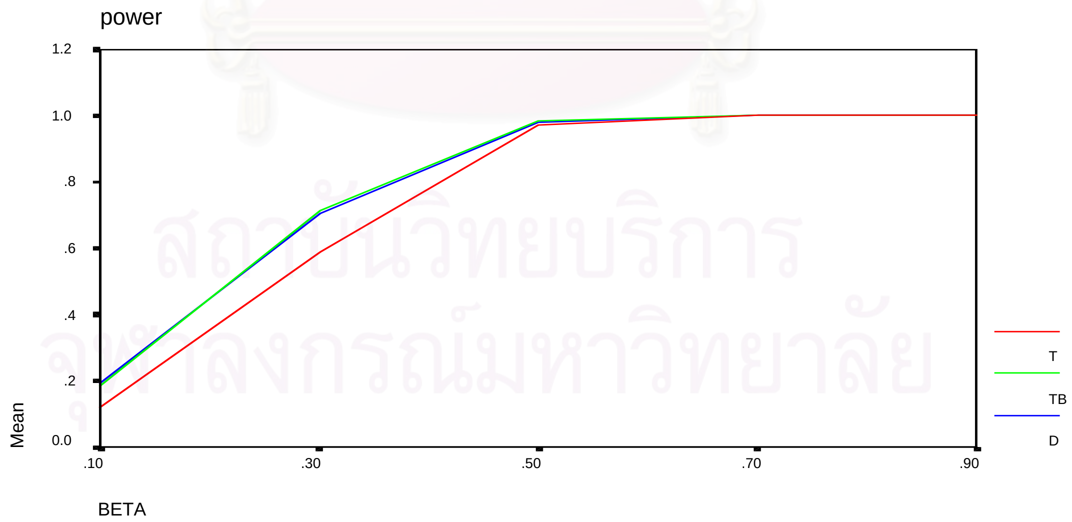


รูปที่ 4.20(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 60 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

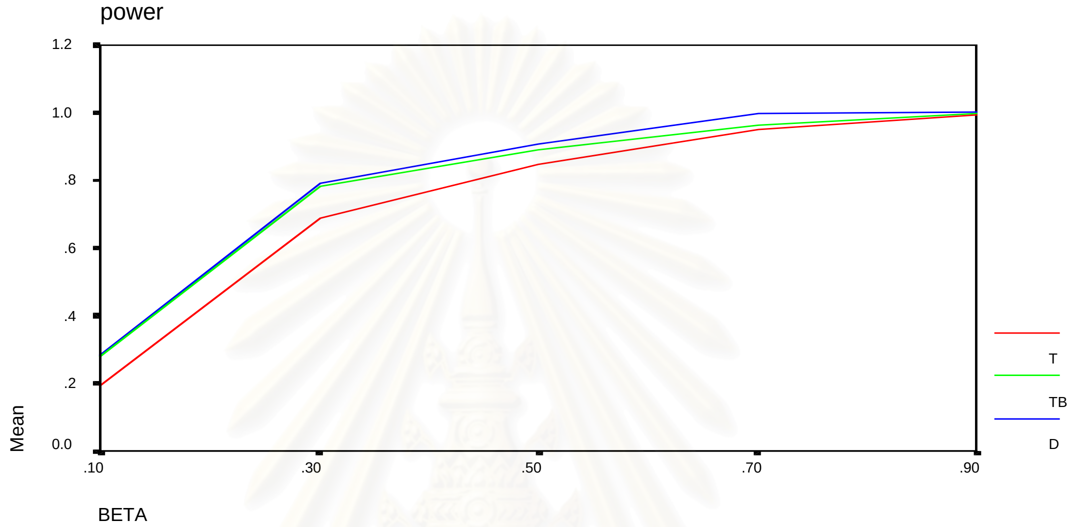


ตาราง 4.25 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 60 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

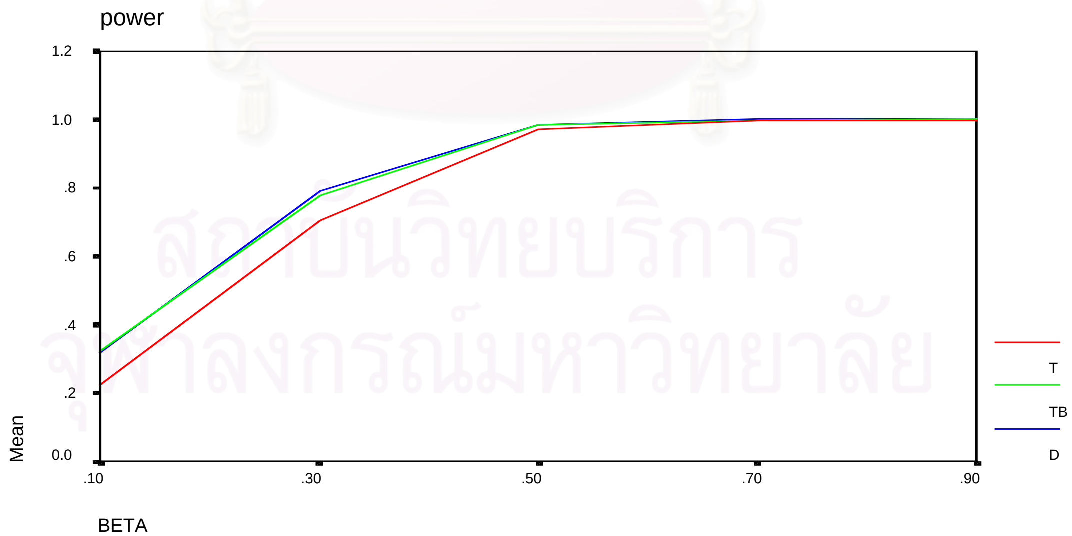
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.193	0.279	0.286
	0.3	0.687	0.784	0.793
	0.5	0.846	0.891	0.909
	0.7	0.952	0.964	0.998
	0.9	0.994	0.999	1.000
N(1,1)	0.1	0.223	0.322	0.317
	0.3	0.704	0.780	0.790
	0.5	0.973	0.984	0.987
	0.7	0.996	0.996	1.000
	0.9	0.996	1.000	1.000
LN(1,0.7)	0.1	0.187	0.261	0.272
	0.3	0.758	0.852	0.857
	0.5	0.987	0.992	0.988
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	0.999
CHI(8)	0.1	0.201	0.309	0.298
	0.3	0.745	0.839	0.823
	0.5	0.985	0.991	0.992
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000

รูปที่ 4.21 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 60 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ N (0,1)

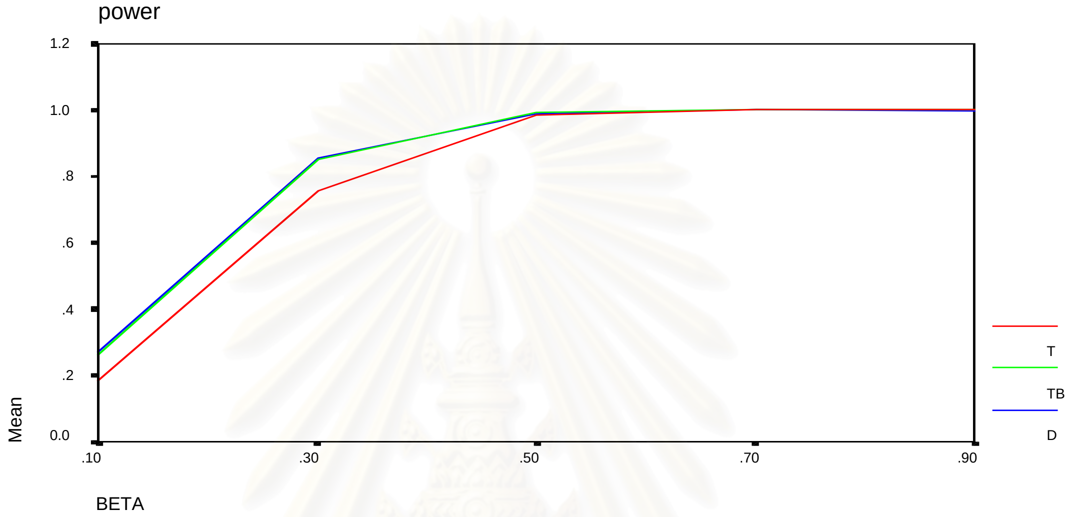


$u_t \sim$ N (1,1)

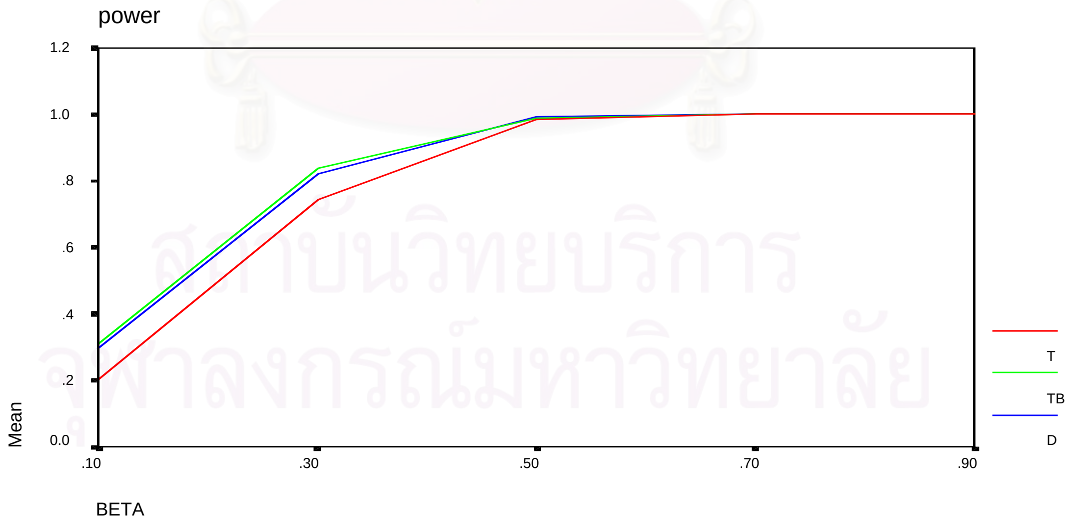


รูปที่ 4.21(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 60 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$



4.2.7 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 ตัว สำหรับขนาดตัวอย่าง(NS)เท่ากับ 60 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ,0.05 และ 0.10 ซึ่งสรุปได้จากตาราง 4.23 - 4.25 และรูปที่ 4.19 - 4.21 ได้ดังนี้

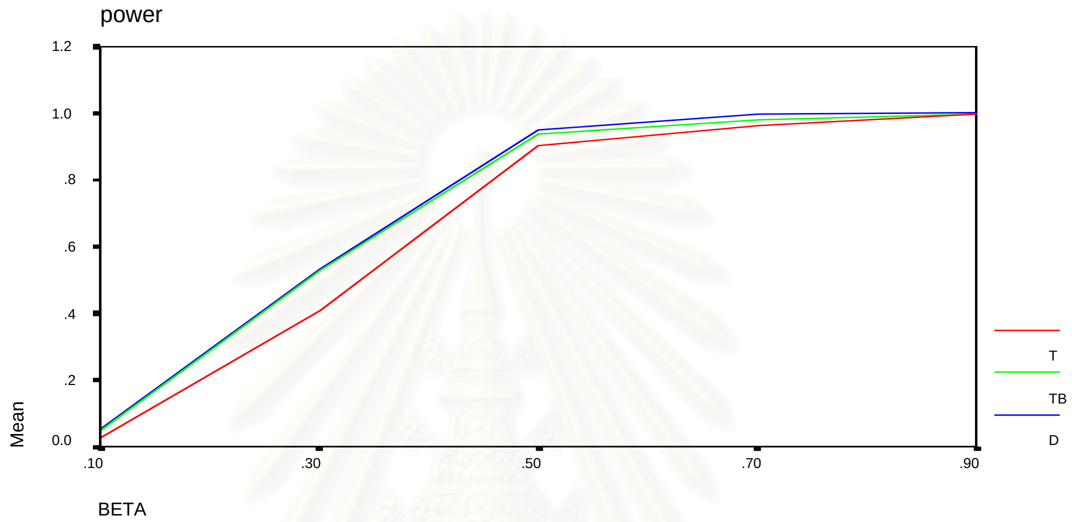
ในทุกลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) ที่ทำการศึกษา ได้แก่ การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน การแจกแจงแบบปกติ สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =1.0 การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =0.7 และ การแจกแจงแบบไค-สแควร์ ที่ระดับขั้นความเสรี (n) = 8 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ตัวสถิติ T และเมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตามมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ตัวสถิติทั้ง 3 วิธี จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ตาราง 4.26 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 70 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

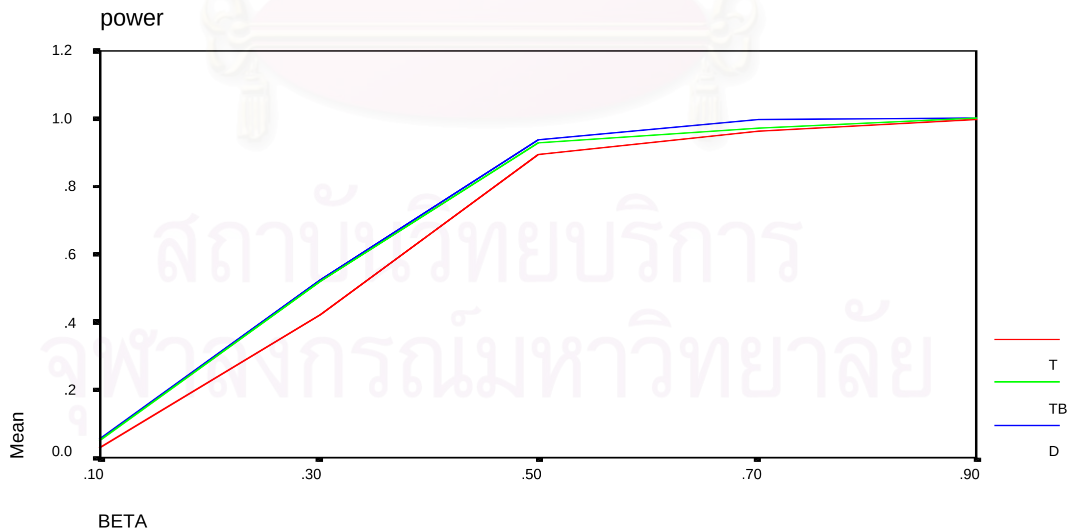
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.025	0.046	0.053
	0.3	0.408	0.527	0.535
	0.5	0.904	0.939	0.949
	0.7	0.965	0.979	0.999
	0.9	0.998	0.998	1.000
N(1,1)	0.1	0.032	0.051	0.057
	0.3	0.423	0.522	0.524
	0.5	0.895	0.930	0.937
	0.7	0.964	0.974	0.999
	0.9	0.999	1.000	1.000
LN(1,0.7)	0.1	0.034	0.060	0.036
	0.3	0.383	0.496	0.352
	0.5	0.947	0.968	0.927
	0.7	1.000	1.000	0.998
	0.9	0.999	0.999	1.000
CHI(8)	0.1	0.030	0.057	0.051
	0.3	0.411	0.528	0.497
	0.5	0.924	0.949	0.944
	0.7	0.999	0.999	0.991
	0.9	1.000	1.000	1.000

รูปที่ 4.22 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 70 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ N (0,1)

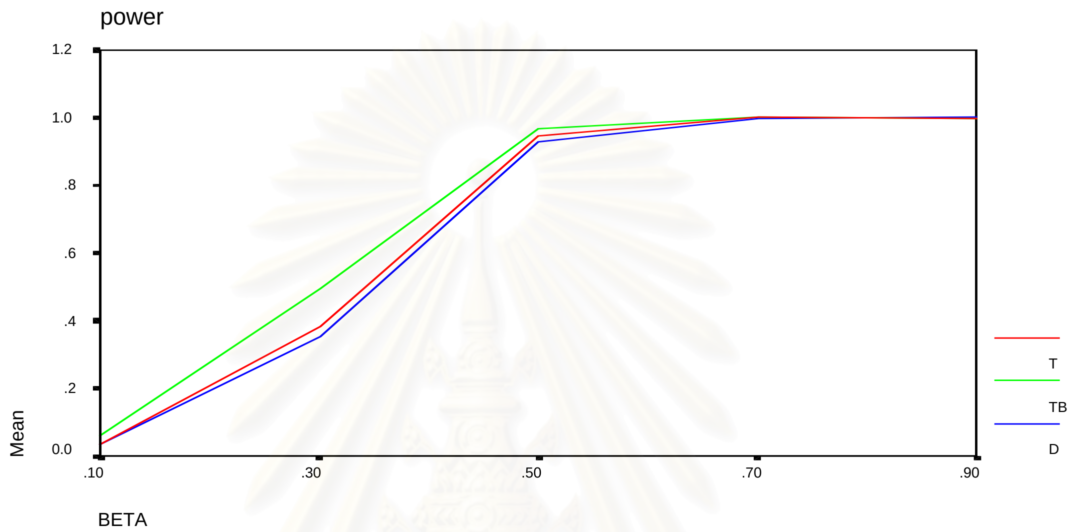


$u_t \sim$ N (1,1)

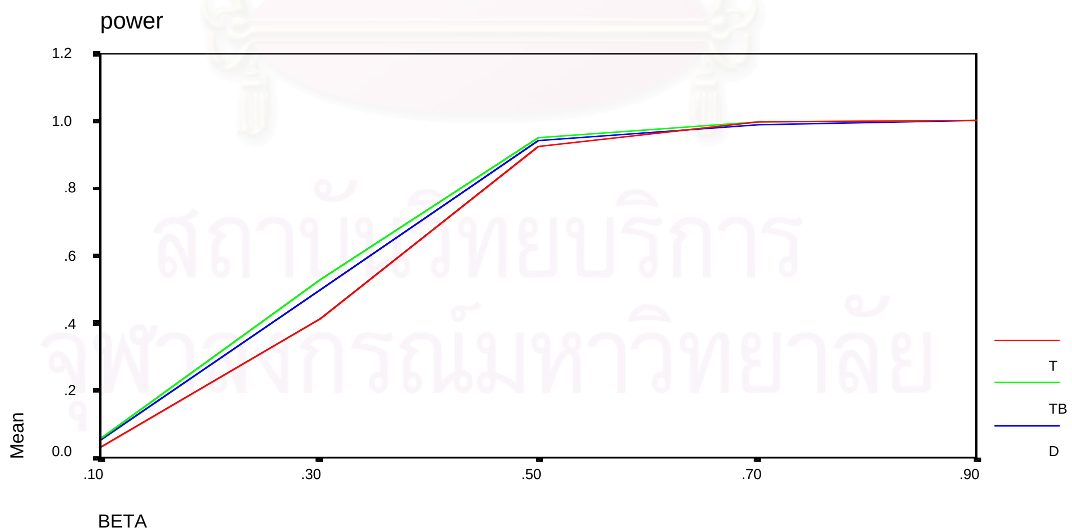


รูปที่ 4.22(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 70 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

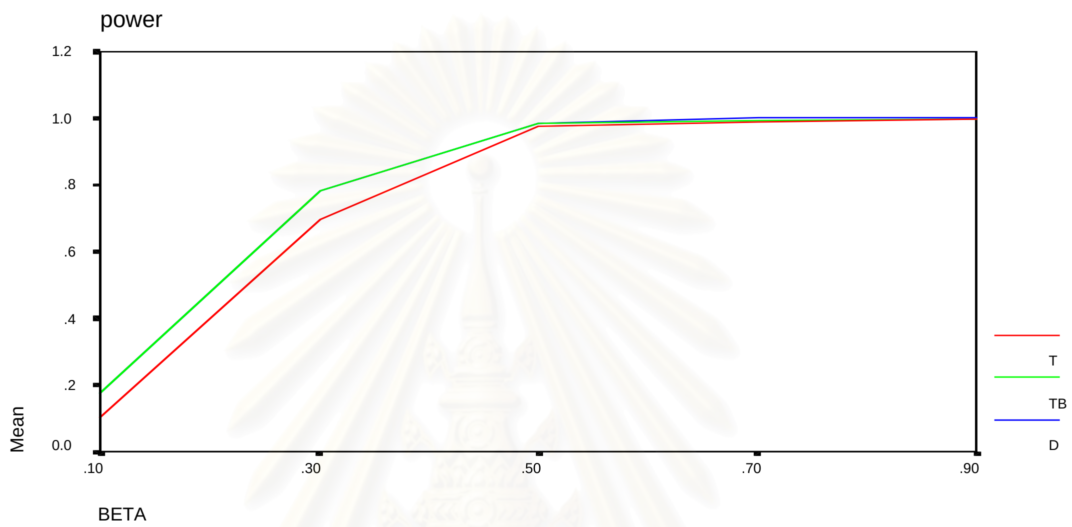


ตาราง 4.27 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 70 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

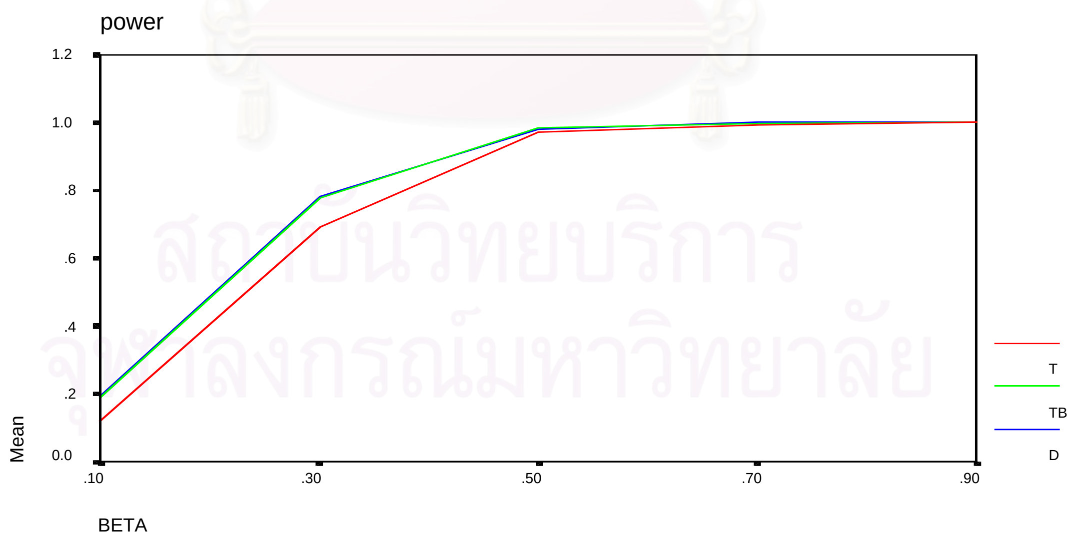
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.103	0.175	0.177
	0.3	0.697	0.783	0.783
	0.5	0.975	0.983	0.984
	0.7	0.991	0.994	1.000
	0.9	0.998	0.999	1.000
N(1,1)	0.1	0.122	0.190	0.193
	0.3	0.694	0.777	0.781
	0.5	0.970	0.984	0.982
	0.7	0.992	0.998	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
LN(1,0.7)	0.1	0.121	0.180	0.174
	0.3	0.669	0.771	0.732
	0.5	0.989	0.997	0.990
	0.7	1.000	1.000	0.998
	0.9	0.999	0.999	1.000
CHI(8)	0.1	0.126	0.190	0.192
	0.3	0.689	0.772	0.763
	0.5	0.983	0.992	0.992
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000

รูปที่ 4.23 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 70 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ N (0,1)



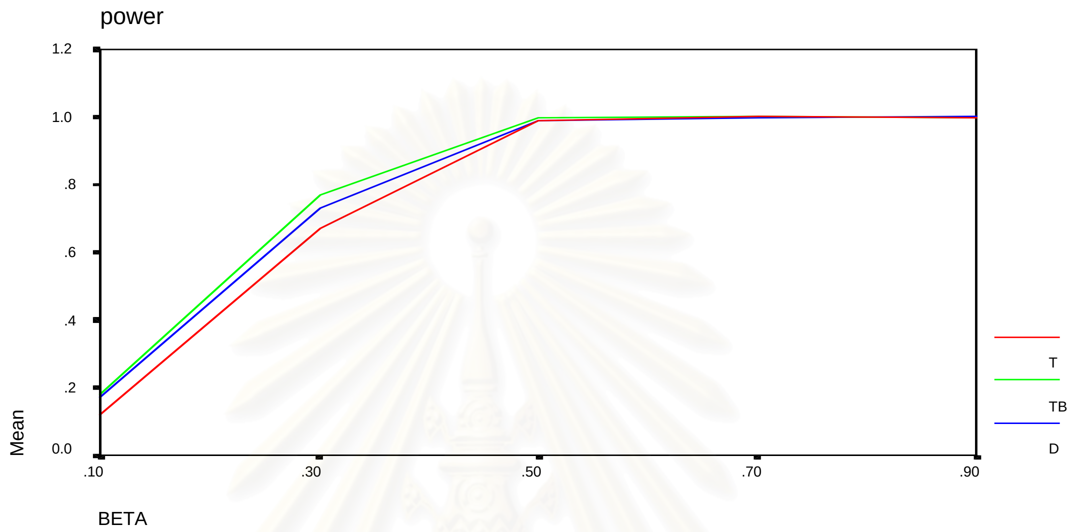
$u_t \sim$ N (1,1)



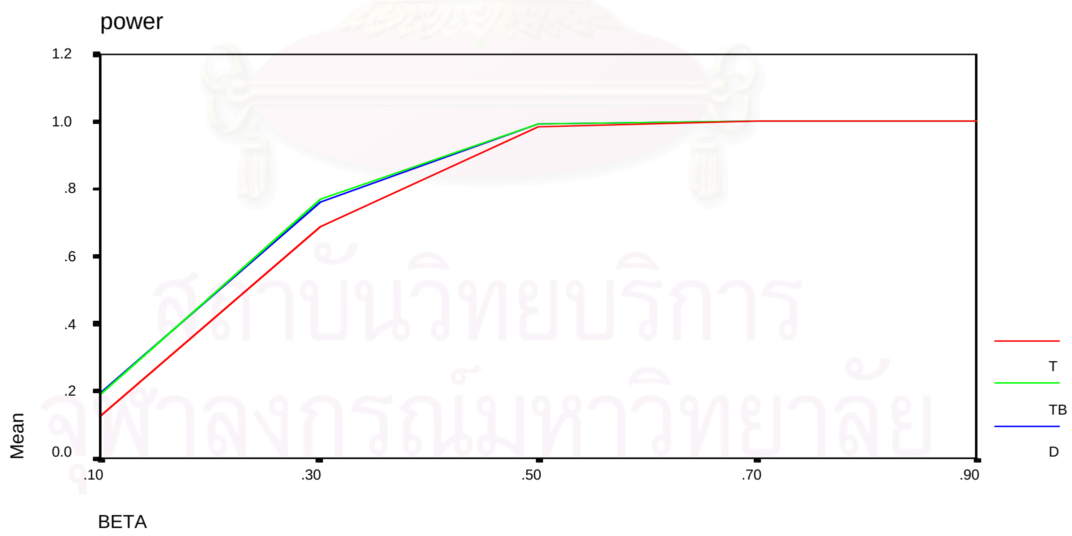
รูปที่ 4.23(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 70

จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

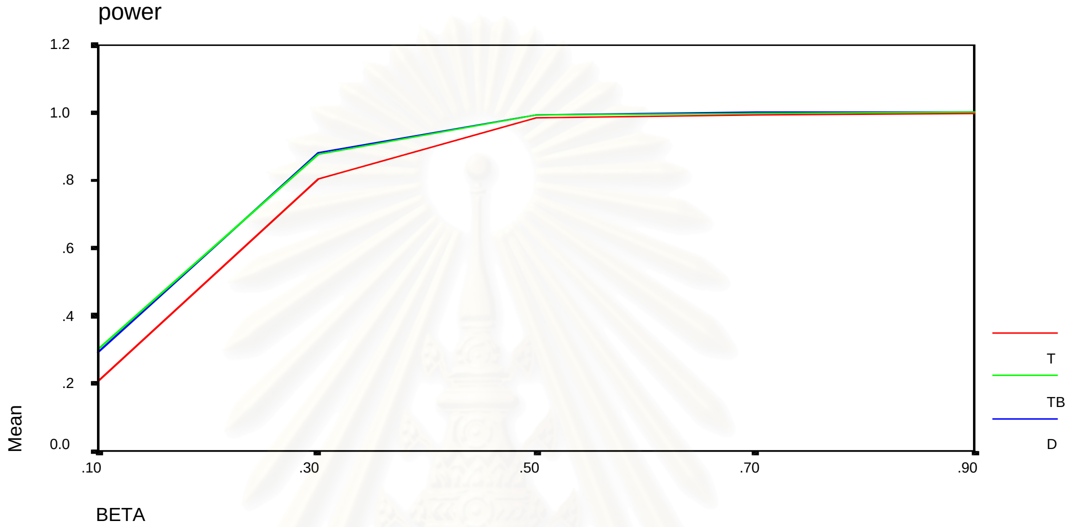


ตาราง 4.28 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 70 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

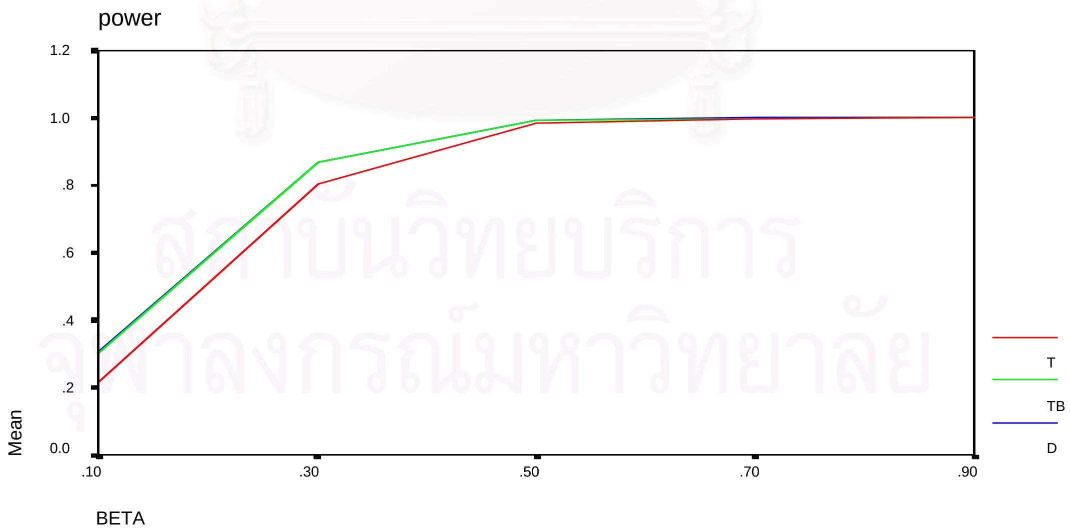
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.207	0.300	0.291
	0.3	0.806	0.879	0.880
	0.5	0.985	0.993	0.992
	0.7	0.995	0.997	1.000
	0.9	0.997	1.000	1.000
N(1,1)	0.1	0.217	0.302	0.304
	0.3	0.805	0.867	0.870
	0.5	0.987	0.993	0.995
	0.7	0.999	0.999	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
LN(1,0.7)	0.1	0.208	0.286	0.294
	0.3	0.801	0.887	0.863
	0.5	0.999	0.999	0.998
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
CHI(8)	0.1	0.215	0.307	0.302
	0.3	0.802	0.864	0.861
	0.5	0.994	0.997	0.997
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000

รูปที่ 4.24 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 70 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ N (0,1)

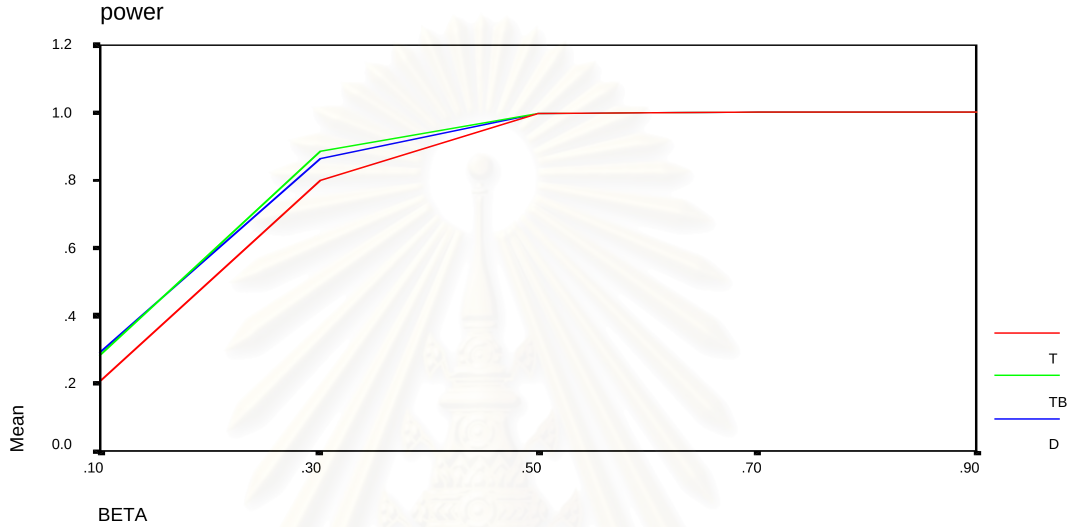


$u_t \sim$ N (1,1)

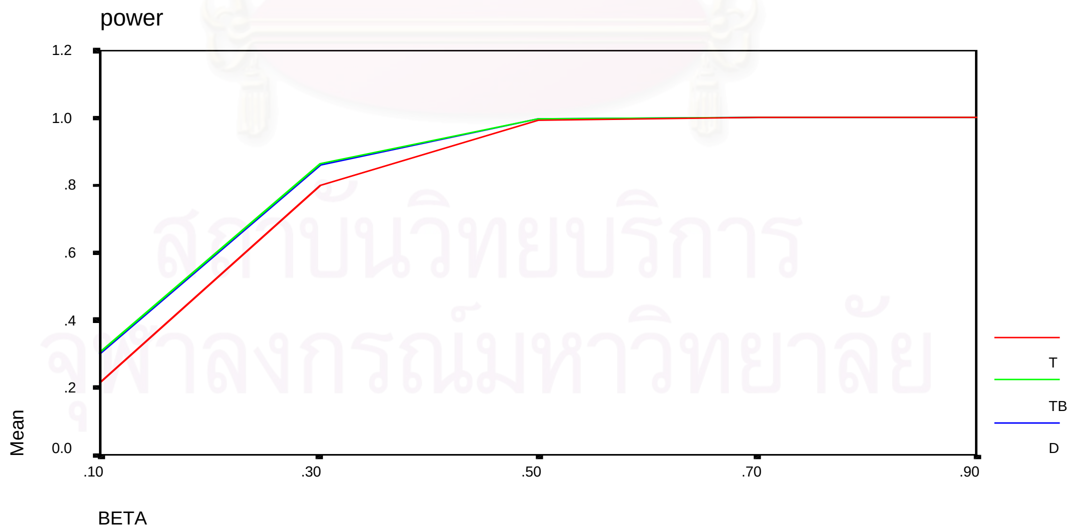


รูปที่ 4.24(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 70 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$



4.2.8 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 ตัว สำหรับขนาดตัวอย่าง(NS) เท่ากับ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ,0.05 และ 0.10 ซึ่งสรุปได้จากตาราง 4.26 - 4.28 และรูปที่ 4.22 - 4.24 ได้ดังนี้

ในทุกลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) ที่ทำการศึกษา ได้แก่ การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน การแจกแจงแบบปกติ สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =1.0 การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =0.7 และ การแจกแจงแบบไค-สแควร์ ที่ระดับขั้นความเสรี (n) = 8 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ,0.05 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ตัวสถิติ T และเมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตามมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ตัวสถิติทั้ง 3 วิธี จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

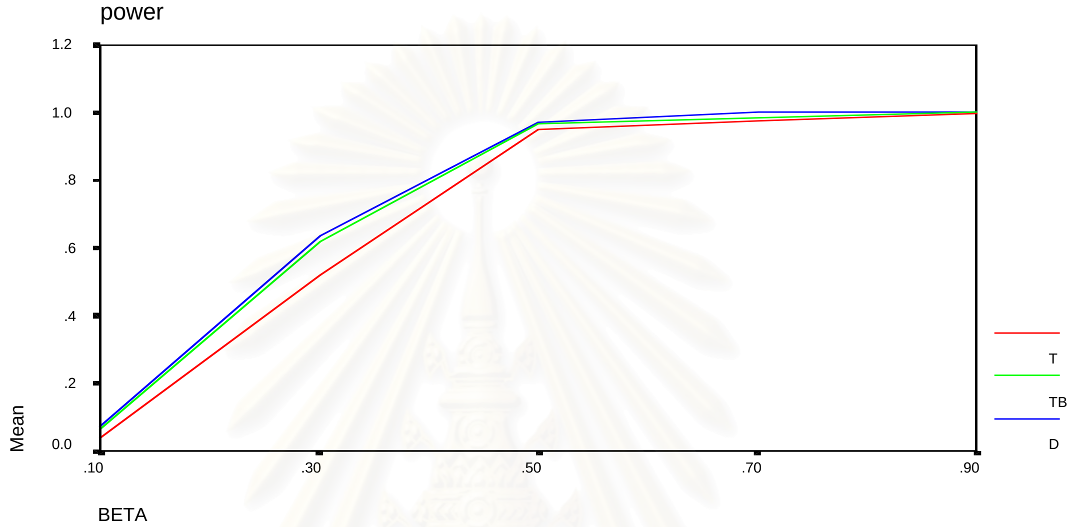
ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ตัวสถิติทั้ง 3 วิธี จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน เมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตามมีค่าตั้งแต่ 0.3 ขึ้นไป

ตาราง 4.29 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

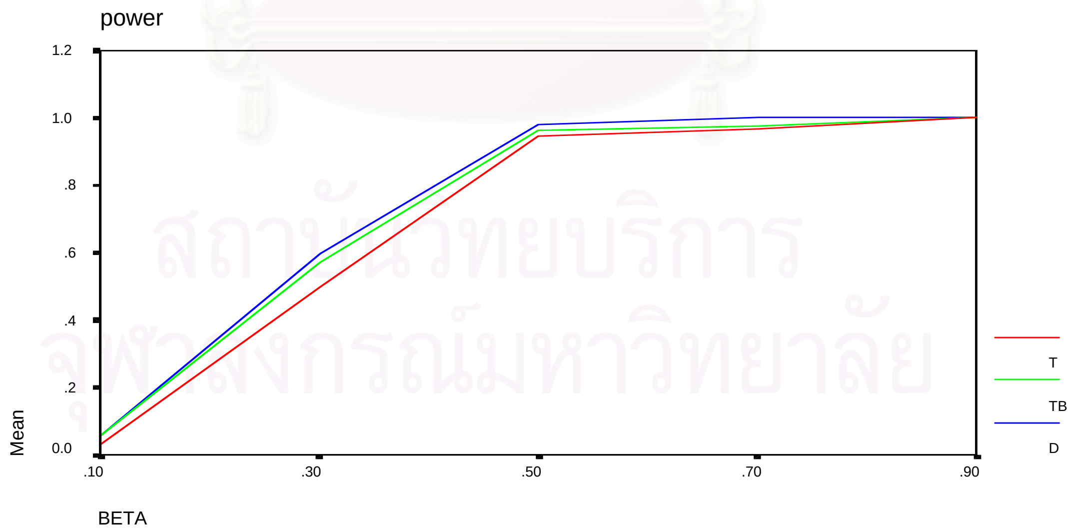
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.037	0.066	0.075
	0.3	0.520	0.620	0.637
	0.5	0.950	0.969	0.974
	0.7	0.978	0.985	1.000
	0.9	0.998	1.000	1.000
N(1,1)	0.1	0.028	0.057	0.055
	0.3	0.499	0.571	0.600
	0.5	0.946	0.964	0.980
	0.7	0.968	0.976	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
LN(1,0.7)	0.1	0.037	0.073	0.033
	0.3	0.483	0.578	0.439
	0.5	0.977	0.988	0.965
	0.7	1.000	1.000	0.999
	0.9	1.000	1.000	1.000
CHI(8)	0.1	0.033	0.056	0.053
	0.3	0.485	0.564	0.566
	0.5	0.965	0.975	0.977
	0.7	0.999	1.000	0.999
	0.9	1.000	1.000	1.000

รูปที่ 4.25 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ N (0,1)

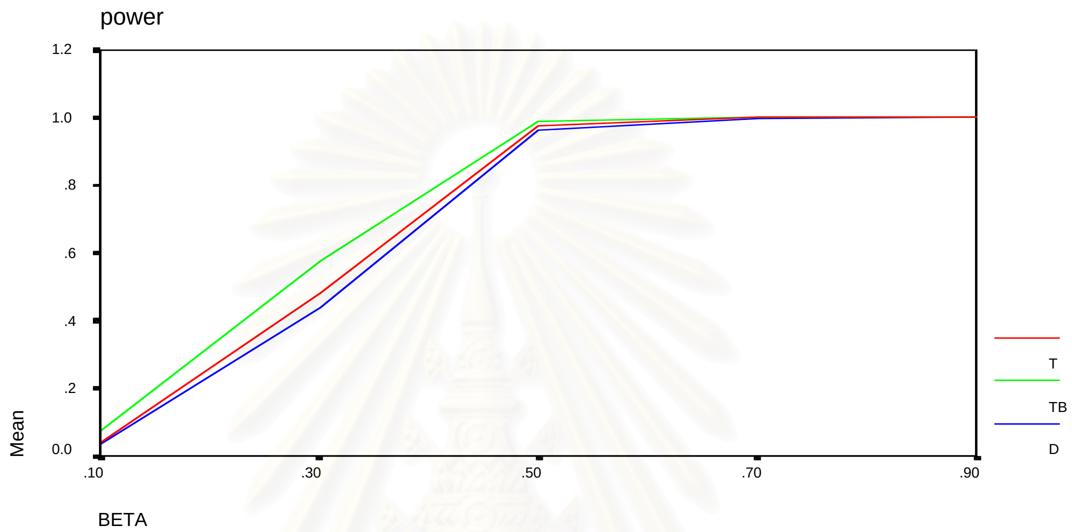


$u_t \sim$ N (1,1)

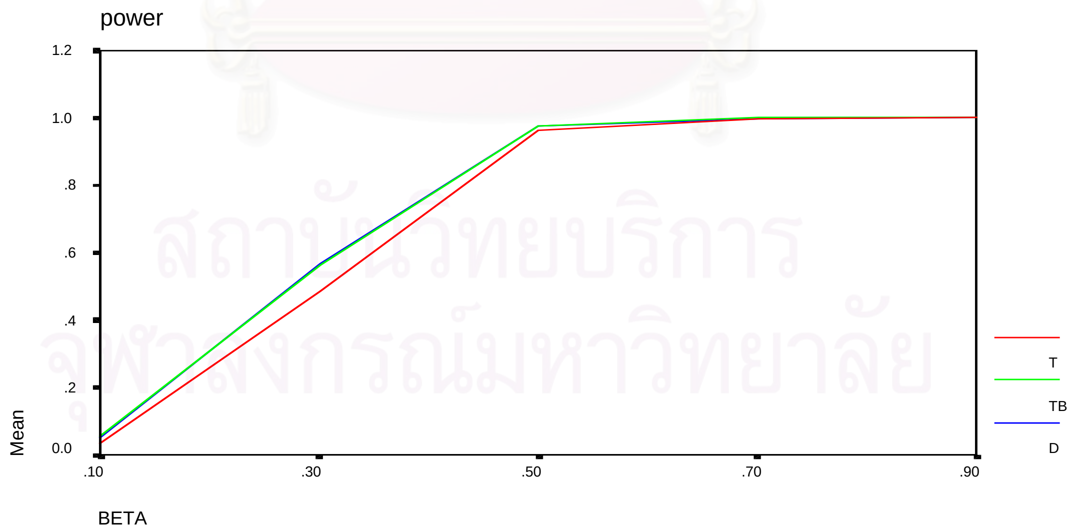


รูปที่ 4.25(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

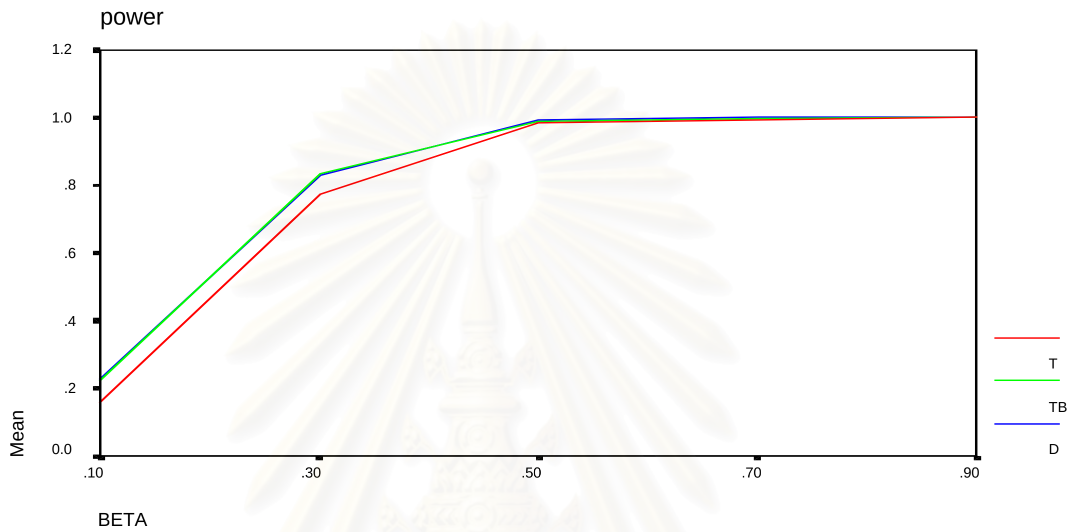


ตาราง 4.30 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

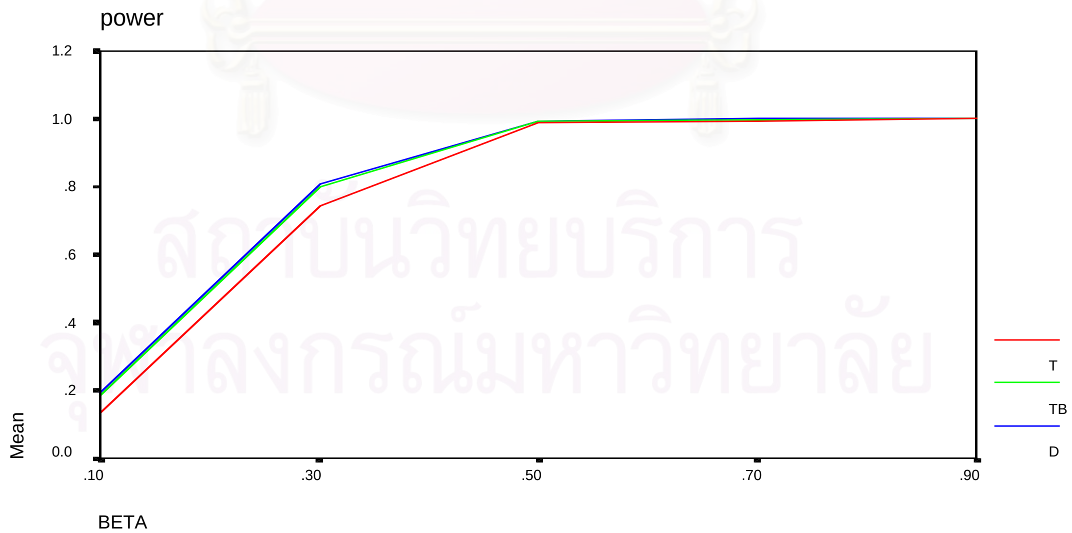
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.157	0.225	0.227
	0.3	0.773	0.835	0.832
	0.5	0.987	0.991	0.993
	0.7	0.993	0.998	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
N(1,1)	0.1	0.133	0.186	0.193
	0.3	0.744	0.799	0.807
	0.5	0.991	0.993	0.994
	0.7	0.992	0.997	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
LN(1,0.7)	0.1	0.137	0.188	0.174
	0.3	0.763	0.866	0.822
	0.5	0.996	0.997	0.990
	0.7	1.000	1.000	0.999
	0.9	1.000	1.000	1.000
CHI(8)	0.1	0.144	0.199	0.202
	0.3	0.749	0.826	0.818
	0.5	0.991	0.994	0.994
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000

รูปที่ 4.26 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ N (0,1)

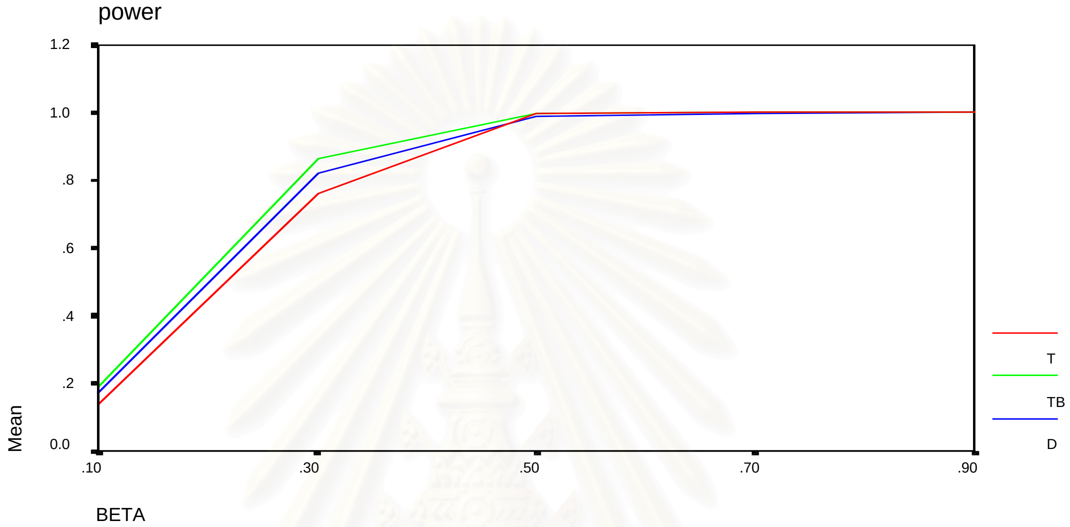


$u_t \sim$ N (1,1)

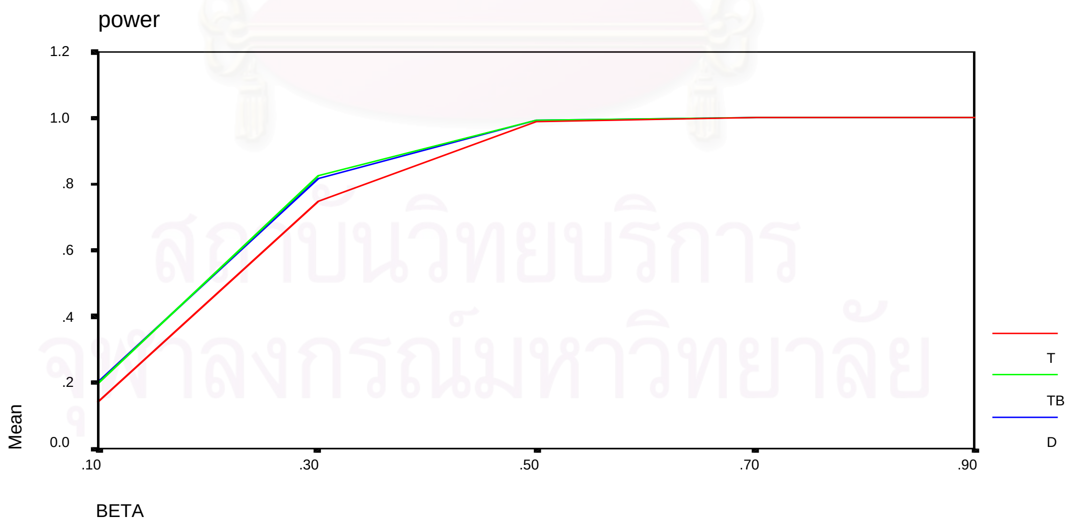


รูปที่ 4.26(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$

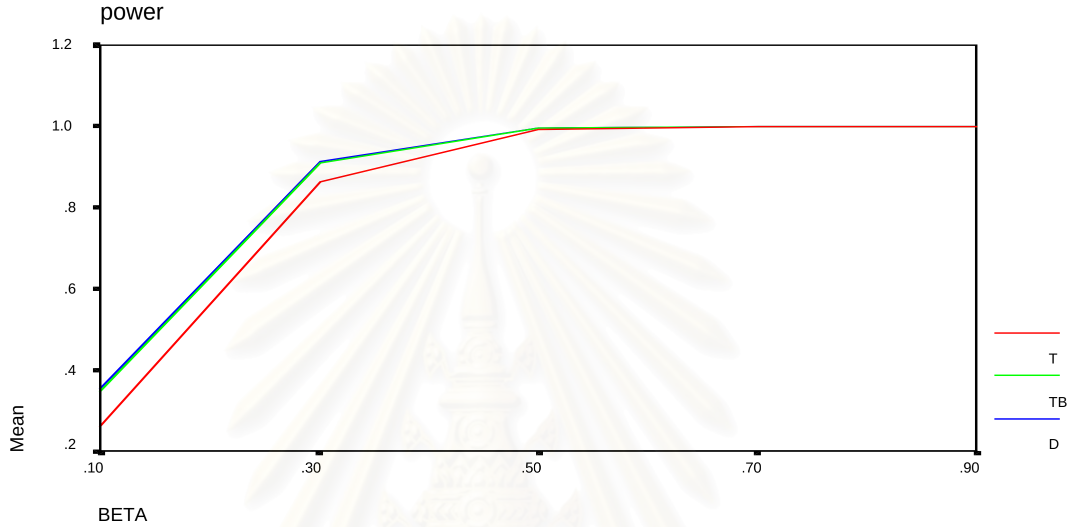


ตาราง 4.31 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

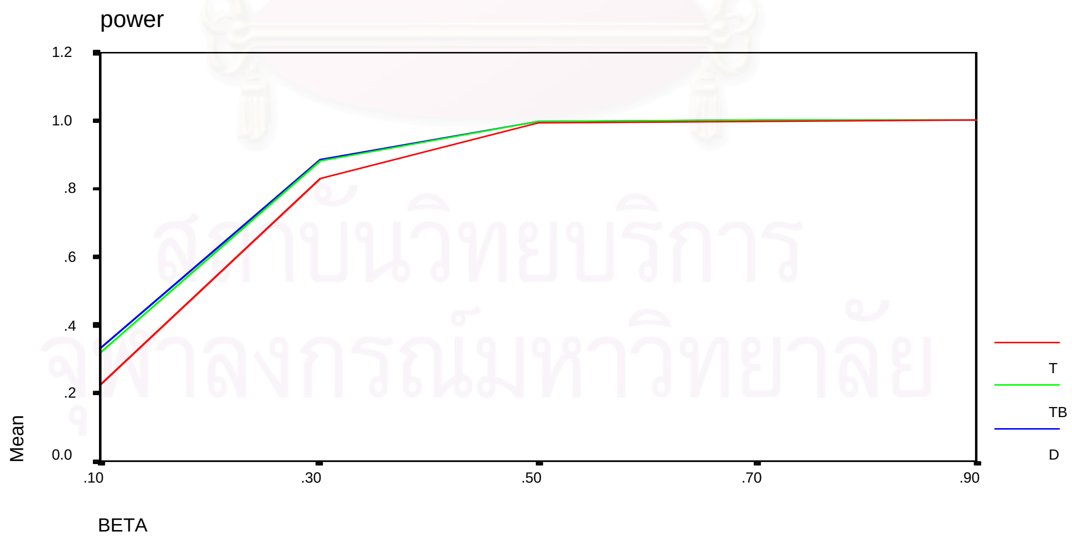
u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
SN	0.1	0.262	0.347	0.353
	0.3	0.862	0.910	0.913
	0.5	0.993	0.995	0.997
	0.7	0.999	0.999	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
N(1,1)	0.1	0.224	0.317	0.331
	0.3	0.830	0.880	0.885
	0.5	0.994	0.997	0.997
	0.7	0.998	1.000	1.000
	0.9	0.999	0.999	1.000
LN(1,0.7)	0.1	0.216	0.301	0.290
	0.3	0.898	0.937	0.928
	0.5	0.999	0.999	0.999
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
CHI(8)	0.1	0.238	0.325	0.324
	0.3	0.863	0.908	0.904
	0.5	0.995	0.997	0.997
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000

รูปที่ 4.27 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ N (0,1)

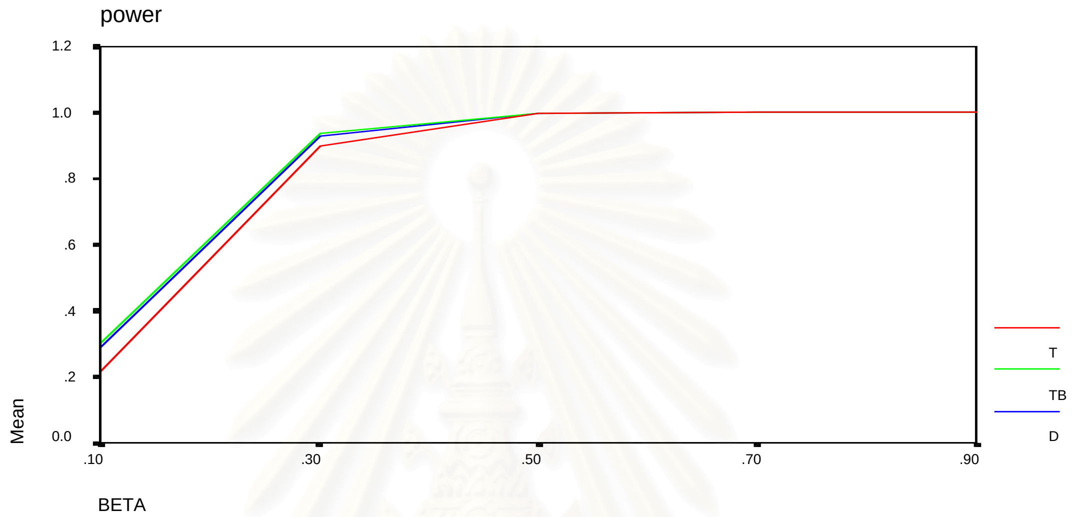


$u_t \sim$ N (1,1)

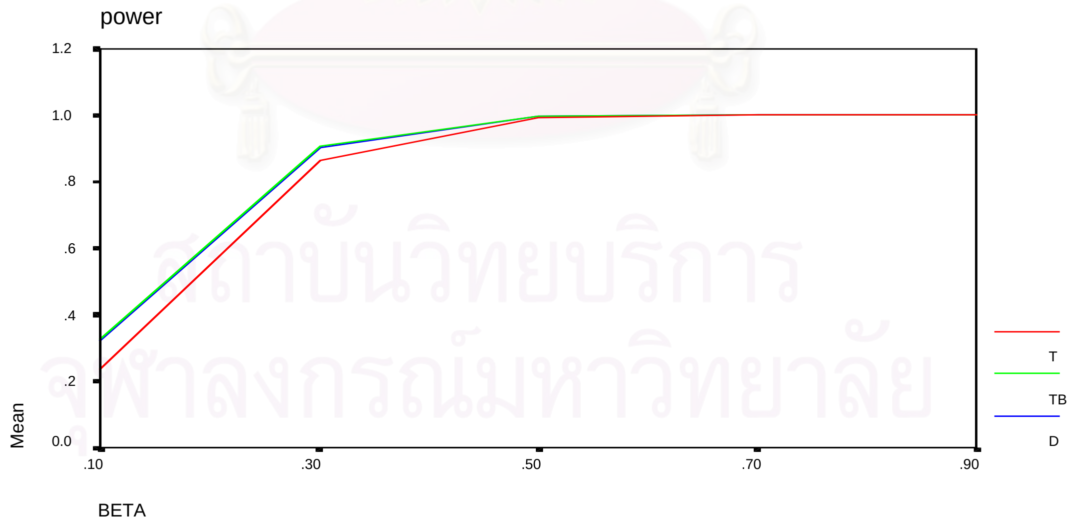


รูปที่ 4.27(ต่อ) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

$u_t \sim$ LN (1,0.7)



$u_t \sim \chi^2_{(8)}$



4.2.9 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 ตัว สำหรับขนาดตัวอย่าง(NS) เท่ากับ 80 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ,0.05 และ 0.10 ซึ่งสรุปได้จากตาราง 4.29 - 4.31 และรูปที่ 4.25 - 4.27 ได้ดังนี้

ในทุกลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) ที่ทำการศึกษา ได้แก่ การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน การแจกแจงแบบปกติ สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =1.0 การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล สำหรับพารามิเตอร์ μ =1.0 และ σ^2 =0.7 และ การแจกแจงแบบไค-สแควร์ ที่ระดับขั้นความเสรี (n) = 8 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ,0.05 ตัวสถิติ T_b และ ตัวสถิติ D จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ตัวสถิติ T และเมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตามมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ตัวสถิติทั้ง 3 วิธี จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ตัวสถิติทั้ง 3 วิธี จะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน เมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตามมีค่าตั้งแต่ 0.3 ขึ้นไป

4.3 สรุปผลอำนาจการทดสอบจากผลสรุปในข้อ 4.2.1 – 4.2.9

4.3.1 ตัวสถิติทดสอบที จะให้อำนาจในการทดสอบต่ำสุดทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษา ถึงแม้ว่าจะควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ก็ตาม

4.3.2 ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุดในกรณีที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 กรณีที่ u_t มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล สำหรับพารามิเตอร์ σ^2=0.7 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 จะ ให้อำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบดิคกี้และฟูลเลอร์

4.3.3 ตัวสถิติทดสอบดิคกี้และฟูลเลอร์ จะให้อำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที ยกเว้น กรณีที่ u_t มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล สำหรับพารามิเตอร์ σ^2 =0.7

4.3.4 ตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นเมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับที่ 1 (β_2) ของตัวแปรตามเพิ่มขึ้น ในทุกขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษา และค่าอำนาจการทดสอบจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อขนาดตัวอย่างมีค่าตั้งแต่ 50

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ ต้องการศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบอัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 ของตัวแปรตามในตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 1 แบบมีแนวโน้ม คือ ตัวสถิติทดสอบที (T - Test) ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที (Bootstrap - t Test) ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ (Dickey-Fuller Test) โดยศึกษาถึงความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 และ อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทั้ง 3 ตัว เมื่อเปลี่ยนแปลงรูปแบบการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม ที่พารามิเตอร์ต่างๆ ขนาดตัวอย่าง และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ของตัวแปรตาม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 , 0.05 และ 0.10 ในแต่ละสถานการณ์

วิธีการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการจำลองแบบการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ทำงานด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) โดยใช้ภาษาฟอร์แทรน (Fortran) สร้างข้อมูลให้มีลักษณะตามแผนทดลองที่กำหนดและกำหนดให้มีการทดลองซ้ำๆกันจำนวน 1,000 รอบ ในแต่ละสถานการณ์

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาวิจัย สรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ผลสรุปของความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1

จากการทดลองหาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบที ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ ซึ่งใช้เกณฑ์การเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 คือ เกณฑ์การทดสอบแบบทวินาม (Binomial Test) ผลสรุป คือ

ตัวสถิติทดสอบที สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 15 และ 20 ทุกระดับนัยสำคัญ ที่ทำการศึกษา

ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ทุกสถานการณ์

ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 15 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ผลสรุปอำนาจการทดสอบ

5.1.2.1 ตัวสถิติที ให้อำนาจการทดสอบต่ำสุดทุกสถานการณ์ สถานการณ์ให้อำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกับตัวสถิติบูทสแทรปทีและตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ คือ สถานการณ์ที่ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับที่ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 60 ขึ้นไป

5.1.2.2 ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุด ในกรณีที่ u_t มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล μ =1.0 ,σ^2=0.7 ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนสถานการณ์อื่นจะให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์

5.1.2.3 ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ จะให้อำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที ทุกค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม ยกเว้นกรณีที่ u_t มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน และ การแจกแจงแบบปกติ μ =1.0,σ^2=1.0 ระดับนัยสำคัญ 0.01

5.1.2.4 เมื่อค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม มีค่าสูงขึ้น ตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีก็จะให้อำนาจในการทดสอบสูงขึ้น และจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมากขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้ขอเสนอแนะเป็น 2 ด้าน คือ

5.2.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์

5.2.1.1 ในกรณีที่ตัวแบบสมการถดถอยเป็นแบบ Distributed Lag การเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ $\hat{\beta}_2$ (ค่าประมาณ OLS ของβ_2)ของตัวแปรตาม มีแนวทางดังนี้

สำหรับตัวอย่างขนาด 15 –20

ควรเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที เพราะเป็นตัวสถิติที่ให้อำนาจการทดสอบสูงสุดในหลายกรณีที่ทำการศึกษา

สำหรับตัวอย่างขนาด 25 – 40

เมื่อสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ $\hat{\beta}_2$ (ค่าประมาณ OLS ของβ_2)ของตัวแปรตาม มีค่า (0.1,0.3) ควรเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที เพราะเป็นตัวสถิติที่ให้อำนาจการทดสอบสูงสุดในหลายกรณีที่ทำการศึกษา

เมื่อสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 ของตัวแปรตาม มีค่าสูงกว่า 0.3 สามารถเลือกใช้ตัวสถิติใดก็ได้ระหว่าง ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที หรือ ตัวสถิติทดสอบดิคกี้-ฟูลเลอร์ เพราะให้อำนาจในการทดสอบใกล้เคียงกัน

สำหรับขนาดตัวอย่าง 40 ขึ้นไป

ควรเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบบูทสแทรปที เพราะให้อำนาจในการทดสอบสูง หรือ ตัวสถิติทดสอบดิคกี้และฟูลเลอร์

5.2.1.2 ตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวที่นำมาศึกษาอาจใช้ในการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยตัวอื่น (β_0,β_1) นอกจากค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์อันดับ 1 (β_2) ของตัวแปรตาม ซึ่งน่าจะมีการศึกษาต่อไป

5.2.2 ด้านการศึกษา

5.2.2.2 สำหรับกรณีความคลาดเคลื่อนสุ่มที่มีการแจกแจงนอกเหนือจากที่ศึกษา เช่น มาจากการแจกแจงที่มีลักษณะเบ้ซ้าย ตัวสถิติทดสอบดังกล่าวข้างต้น ผลสรุปที่ได้อาจไม่เหมือนกัน

5.2.2.3 สำหรับตัวแบบที่จะทำการศึกษาอาจเป็นตัวแบบ Distributed Lag ในลำดับที่สูงขึ้น เช่นตัวแบบอัตถดถอยอันดับ 2 แบบมีแนวโน้ม ซึ่งตัวสถิติทดสอบในงานวิจัยนี้บางตัวไม่สามารถใช้ทดสอบได้ จะมีตัวสถิติอื่นๆที่น่าสนใจศึกษา เช่น ตัวสถิติ Augmented Dickry-Fuller

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ทรงศิริ แต้สมบัติ . เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ . กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ , 2539 .

มัลลิกา บุนนาค . สถิติเพื่อการตัดสินใจ .พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2539 .

ภาษาอังกฤษ

Abraham Bovas and Johannes Ledolter . Statistical Method for Forecasting . New York : John Wiley & Sons , 1983 .

David A. Dickey and Wayne A. Fuller . Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Roots . Journal of the American Statistical Association 74 (June 1979) : 427 – 431 .

David A. Dickey , D . F. Hanza and Wayne A. Fuller . Testing for Unit Roots in Seasonal Time Series . Journal of the American Statistical Association 74 (June 1984) : 355 – 367 .

J . C. Nankervis and N . E . Savin . The Level and Power of Bootstrap t Test in AR (1) Model with Trend . Journal of Business and Economic Statistics 14 (April 1996) : 161 – 168 .

Law . A . M . and W . D . Kelton . Simulation Modeling and Analysis . 2 nd Edition : Singapore : Mc – Grawhill , 1991 .

Robert K. Rayner . Bootstrapping p – value and Power in First –Order Autoregression : Monte Carlo Investigation . Journal of Business and Economic Statistics 8 (April 1990) : 251 – 263 .

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การผลิตเลขสุ่มโดยการใช้โปรแกรม

ชุดตัวเลขสุ่มที่ผลิตขึ้น r_1 , r_2 , … ต้องมีคุณสมบัติทางสถิติที่สำคัญ 2 ปะการ คือ ความเป็นสม่ำเสมอ (uniform) และความเป็นอิสระ (independent) ตัวเลขสุ่ม r_i แต่ละตัวจะถูกเลือกอย่างอิสระหรืออย่างสุ่มจากเลขสุ่ม R ที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอ (uniform distribution) ระหว่าง 0 ถึง 1

วิธีการผลิตเลขสุ่มแบบ linear congruential method จะผลิตชุดตัวเลขสุ่มจำนวนเต็ม X_1 , X_2 , … มีค่าระหว่าง 0 ถึง M-1 จากสมการตัวผลิต

$$X_i = (a X_{i-1} + c) \bmod M \qquad i = 1, 2, \ldots$$

ตัวเลขจำนวนเต็ม X_1 , X_2 , … จะมีการแจกแจงสม่ำเสมอ U (0,M-1) เพราะฉะนั้น ตัวเลขสุ่ม X_1 , X_2 , … จะมีการแจกเจงสม่ำเสมอ U (0,1) ผลิตได้จากสมการ

$$R_i = X_i / M \qquad i = 1, 2, \ldots$$

a เป็นค่าคงที่

c เป็นค่าส่วนเพิ่ม (Increment)

X_0 เป็นตัวเลขนำ

M เป็น modulus

mod หมายความว่า $(a X_{i-1} + c)$ หารด้วย M จนกระทั่งเหลือเศษที่น้อยกว่าค่า M เลขที่เหลือจึงเป็นเลขสุ่มคล้ายสุ่มตัวต่อไป X_i

ถ้ากำหนดค่า $c \neq 0$ เรียกตัวผลิตว่า mixed congruential method แต่ถ้ากำหนด $c = 0$ เรียกตัวผลิตนี้ว่า multiplicative congruential method การกำหนดค่า c , a , M และ X_0 มีความสำคัญมาก เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางสถิติ และความยาวของชุดตัวเลขสุ่ม จากสูตร $R_i = X_i / M$ จะได้ว่า R_i มีค่าอยู่ในเซตของ { 0 ,1/M , 2/M , …(M-1)/M) ทั้งนี้เพราะค่าของ X_i เป็นเลขจำนวนเต็มอยู่ในเซต {0,1,2…(M-1)} เพราะฉะนั้นค่า R_i มีค่าไม่ต่อเนื่อง แทนที่จะเป็นค่าที่ต่อเนื่องที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอ [0,1] อย่างไรก็ตามจะประมาณความต่อเนื่องได้ โดยการกำหนด

ค่า M ให้มีขนาดใหญ่มากๆ จะมีผลทำให้ช่องว่าง R_i , i = 1 , 2,...มีค่าเล็กลง ทำให้ได้ค่า R_i ที่มีความต่อเนื่องโดยประมาณ ลักษณะการกระทำดังกล่าวเป็นการสร้างความหนาแน่น (density) ในกลุ่มตัวเลขสุ่มให้มีความหนาแน่นสูงใน [0,1] และเพื่อหลีกเลี่ยงชุดตัวเลขสุ่มซ้ำในการใช้งานครั้งหนึ่งๆ ตัวผลิตควรมีความยาวของชุดตัวเลขสุ่มมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

การกำหนดค่า c , a , M และ X_0 มีความสำคัญมาก เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางสถิติ และความยาวของชุดตัวเลขสุ่ม ตัวผลิตเลขสุ่มที่ได้ผ่านการทดสอบแล้วเป็นอย่างมาก คือ วิธี multiplicative congruential ที่กำหนด c =0 , และกำหนด $a = 7^5 = 16807$ การกำหนดค่า M ให้มีขนาดใหญ่มากๆ และเป็นเลขคี่ที่สามารถคำนวณได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์โดยที่ $M = 2^b$ เมื่อ b เป็นค่าความยาว 1 word หรือจำนวน bit ใน 1 word ของเครื่องคอมพิวเตอร์ 32 bit ซึ่ง bit สุดท้าย 1 bit ใช้สำหรับแสดงเครื่องหมาย ดังนั้นเลขจำนวนเต็มที่ใหญ่ที่สุดใน 1 word และเป็นเลขคี่ที่คอมพิวเตอร์ได้รับ $2^{b-1}-1$คือ เท่ากับ $2^{31}-1$ 2147483647 นั่นคือค่า M ควรมีค่า = 2147483647

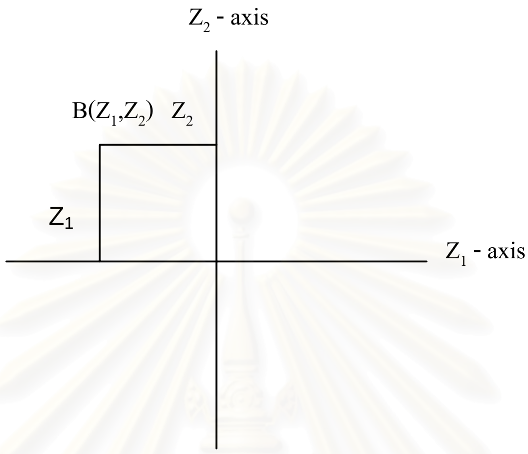
จากค่า a และ M ข้างต้นสามารถเขียนโปรแกรมภาษาฟอร์แทรนที่เป็นโปรแกรมย่อย Function ได้ดังนี้

```
FUNCTION  RAND(IX)
IX=IX*16807
IF (IX.LT.0)  IX=IX+2147483647+1
RAND=IX
RAND=RAND*0.465613E-9
RETURN
END
```

หมายเหตุ
1. IX คือ เลขสุ่มตัวแรกที่เป็นจำนวนเต็มบวกเลขคี่ และน้อยกว่า 2147483647 ในที่นี้ค่าเริ่มต้นที่ใช้ IX = 973523 ซึ่งค่า IX นี้เป็นค่าเริ่มต้นที่จะให้ฟังก์ชันคำนวณ IX ใหม่ออกมาให้
2. $2^{-31} = 0.4656613 \times 10$
3. ในรูปสมการข้างต้น X_i หารด้วย 2^{31} แทนที่จะเป็น $2^{31}-1$ซึ่งไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก M มีค่าใหญ่มาก
4. RAND เป็นค่าตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอกรูป(Uniform) ในช่วง (0,1)

การสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยวิธี Box และ Muller (ค.ศ. 1958) สร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และค่าความแปรปรวนเป็น 1 พร้อมกัน 2 ค่า ที่เป็นอิสระต่อกัน โดยใช้ตัวผลิต (Generator) Z_1 และ Z_2 ดังรูปต่อไปนี้



จากรูปจะได้ว่า $Z_1 = B\cos(\theta)$ ......(1)

$Z_2 = B\sin(\theta)$ ......(2)

เนื่องจาก $B^2 = Z_1^2 + Z_2^2$ มีการแจกแจงแบบไคกำลังสอง ด้วยระดับขั้นเสรี เท่ากับ 2 ซึ่งเทียบเท่ากับการแจกแจงชี้กำลัง (Exponential Distribution) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2 เราสามารถใช้วิธีแปลงผกผัน (Inverse Transformation) สร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงดังต่อไปนี้

$$B = (-2\ln R)^{1/2} \qquad ......(3)$$

โดย เป็นเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1)

จากสมมาตรของการแจกแจงปกติ เราจะได้ว่า θ มีการแจกแจงแบบเอกรูป ระหว่าง 0 ถึง 2π เรเดียน และรัศมี B กับ θ เป็นอิสระกัน จากสมการ (1) , (2) และ (3) สามารถสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐานจากเลขสุ่ม 2 ชุด คือ R_1 และ R_2 กล่าวคือ

$$Z_1 = (-2\ln R_1)^{1/2}\cos(2\pi R_2)$$

$$Z_2 = (-2\ln R_1)^{1/2}\sin(2\pi R_2)$$

ซึ่ง R_1 และ R_2 เป็นตัวเลขสุ่มที่สร้างจากโปรแกรมย่อยฟังก์ชัน RAND เมื่อได้ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานแล้ว เราสามารถสร้างตัวแปรสุ่มให้มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 ได้โดยแปลงค่าเลขสุ่มแบบปกติมาตรฐานโดยอาศัยฟังก์ชัน

$$Z_1' = \mu + \sigma Z_1$$

และ $$Z_2' = \mu + \sigma Z_2'$$

ซึ่งจะได้ว่า Z_1' และ Z_2' เป็นตัวแปรสุ่มอิสระและต่างมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย E(X) $= \mu$ และความแปรปรวน V(X) = σ^2 ($Z_i' \sim$ N (μ, σ^2) : i = 1,2) และสามารถสร้างโปรแกรมย่อยสับรูทีน NORMAL สำหรับผลิตตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติดังนี้

```
            SUBROUTINE   NORMAL  (MEAN,SD,EX)
            COMMON/ SEED / IX ,KK
            REAL    MEAN
            PI=3.1515926
            IF (KK.EQ.1)   GO TO  10
            U1=RAND (IX)
            U2=RAND (IX)
            ZONE  =  SQRT  (-2 * ALOG (U1))  COS (2*PI*U2)
            ZTWO  =  SQRT  (-2 * ALOG (U1))  SIN (2*PI*U2)
            EX=ZONE *SD + MEAN
            KK=1
            GO TO   30
10          EX=ZONE *SD + MEAN
            KK=0
30          RETURN
            END
```

เมื่อ EX คือ ค่าของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

U1,U2 คือ ค่าของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอกรูปในช่วง (0,1)

การสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล (Log-normal Distribution)

เนื่องจากการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอลมีความสัมพันธ์กับการแจกแจงแบบปกติ คือ ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 แล้ว Y = EXP(X) จะมีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล

ดังนั้นการผลิตตัวแปรสุ่มให้มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอลที่มีพารามิเตอร์ μ และ σ^2 มีหลักการดังนี้

1. ผลิตตัวแปรสุ่มแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2
2. สร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอลได้จากค่าชี้กำลัง (exponential) ของตัวแปรสุ่มแบบปกติที่ได้จากข้อ 1

โดยโปรแกรมที่ใช้สร้างเลขสุ่มให้มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล ที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 จะอยู่ในส่วนของโปรแกรมย่อยสับรูทีน SERIES ดังนี้

```
DO   10   I =  1,NS
CALL NORMAL (MEAN,SD,EX(I))
LNOR (I)   =  0
LNOR  (I)   =  EXP(G (I) )
RETURN
END
```

เมื่อ MEAN, SD คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงแบบปกติที่ต้องป้อนเข้าไปในโปรแกรมพร้อมค่าเริ่มต้น IX

G(I) คือ ค่าของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ (μ, σ^2)

LNOR(I) คือ ค่าของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล (μ, σ^2)

การสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบไคกำลังสอง (Chi-square Distribution)

เนื่องจากการแจกแจงแบบไคกำลังสองมีความสัมพันธ์กับการแจกแจงแบบปกติ คือ X_1 , X_2 ,… X_n ถ้า เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน N (0,1) และ Y = $\sum_{i=1}^{n} X_i^2$ เป็นตัวแปรที่เป็นอิสระต่อกัน แล้ว จะมีการแจกแจงแบบไคกำลังสอง ที่ระดับขั้นความเสรีเท่ากับ n

ดังนั้นในการผลิตตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบไคกำลังสองที่ระดับขั้นความเสรี เท่ากับ V มีหลักการดังนี้

1. ผลิตตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐาน ดังโปรแกรมย่อยฟังก์ชัน NORMAL
2. นำค่าตัวแปรสุ่มแบบปกติที่สร้างจากข้อ 1 ยกกำลังสอง
3. ผลิตตัวแปรสุ่มให้มีการแจกแจงแบบไคกำลังสอง ที่มีพารามิเตอร์ V โดยการสร้างตัวแปรสุ่มที่ได้จากข้อ 2 ทั้งหมด V ค่ามาบวกรวมกัน

โดยโปรแกรม ที่ใช้สร้างเลขสุ่มให้มีการแจกแจงไคกำลังสอง ที่ระดับขั้นความเสรี V จะอยู่ในส่วนของโปรแกรมย่อยสับรูทีน SERIES ดังนี้

```
        DO  30  J  =  1,NS
            CHI(J)  =  0
        DO  10   I =  1, V
          CALL   SNORMAL (MEAN,SD,EX (I) )
10      CONTINUE
        DO  20  I = 1, V
           Z  =  EX (I)
           W  = W+Z*Z
20      CONTINUE
           CHI (J)  =  W
30      CONTINUE
```

เมื่อ V คือ ค่าระดับขั้นความเสรี ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่จะต้องป้อนเข้าไปในโปรแกรม

CHI คือ ค่าของตัวแปรสุ่มแบบไคกำลังสอง

การสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Sampling with Replacement)

เป็นการสุ่มตัวอย่างที่ยอมให้มีหน่วยตัวอย่างซ้ำกันได้ นั่นคือแต่ละหน่วยตัวอย่างมีโอกาส (probability) ในการถูกสุ่มเท่าๆกัน $= \frac{1}{N}$ เมื่อ N เป็นขนาดของประชากร การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืนโดยใช้ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอที่มีค่าอยู่ในช่วง [0,1] เป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability) เพื่อกำหนดหน่วยตัวอย่างตามจำนวนที่ต้องการ ซึ่งขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืนพอสรุปได้ดังนี้

1. คำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของแต่ละหน่วยตัวอย่าง $= \frac{1}{N}$
2. หาค่าความน่าจะเป็นสะสมแล้วจัดเป็นช่วง
3. สร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง [0,1]
4. นำตัวเลขสุ่มในข้อ 3 มาเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นสะสม ถ้าตกอยู่ในช่วงใดหมวดนั้นๆจะถูกเลือกมาเป็นตัวอย่าง
5. กระทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3 - 4 จำนวน n ครั้ง เมื่อ คือ n ขนาดตัวอย่างที่ต้องการ

ตัวอย่าง การสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน

เมื่อ N = 10

n = 3

- คำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของแต่ละหน่วยตัวอย่างได้ = $\frac{1}{10}$ = 0.10 ดังนั้นสามารถสร้างตารางได้ดังนี้

หน่วยตัวอย่าง	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงความน่าจะเป็น
1	0.10	0.10	0.10-0.10
2	0.10	0.20	0.11-0.20
3	0.10	0.30	0.21-0.30
4	0.10	0.40	0.31-0.40
5	0.10	0.50	0.41-0.50
6	0.10	0.60	0.51-0.60
7	0.10	0.70	0.61-0.70
8	0.10	0.80	0.71-0.80
9	0.10	0.90	0.81-0.90
10	0.10	1.00	0.91-1.00

สมมติเลขสุ่ม ตัวที่ 1 มีค่า = 0.18 หมวดที่ 2 จะถูกเลือกมาเป็นตัวอย่าง

ตัวที่ 2 มีค่า = 0.55 หมวดที่ 6 จะถูกเลือกมาเป็นตัวอย่าง

ตัวที่ 3 มีค่า = 0.12 หมวดที่ 2 จะถูกเลือกมาเป็นตัวอย่าง

จะเห็นได้ว่าแต่ละหน่วยตัวอย่างมีโอกาสถูกเลือกมากกว่า 1 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นกับค่าของตัวเลขว่าจะตกอยู่ในช่วงใดของความน่าจะเป็นสะสม

ดังนั้นสามารถสร้างโปรแกรมย่อยสับรูทีนที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Sampling with Replacement) แสดงดังนี้

```
SUBROUTINE  REPLACE (P,RES,RES1,NS)
DIMENSION  P(150), RES(150), RES1(150)
COMMON/ SEED / IX,KK
         DO   10   I  =  1,NS
          R = RAND (IX)
             DO  20  J  =  1,NS
                  K =  J -1
                  IF(K.EQ.0)  THEN
                     A1=0
                  ELSE
                     A1=P(K)
                  END  IF
                  A2=P(J)
                  IF((R.GT.A1) .AND. (R.LT.A2))   THEN
                  RES(I)  =  RES(J)
                  GO  TO  20
20       CONTINUE
10       CONTINUE
         RETURN
         END
```

เมื่อ NS คือ ขนาดตัวอย่าง

P คือ ค่าความน่าจะเป็นสะสม

RES1 คือ ค่าของส่วนเหลือ(residual)ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน แต่ละตัวอาจซ้ำกันได้

ภาคผนวก ข.

ตาราง ข.1 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และ ค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,0.7)	0.1	0.006	0.025	0.031
	0.3	0.041	0.124	0.122
	0.5	0.221	0.407	0.400
	0.7	0.423	0.588	0.699
	0.9	0.710	0.753	0.855
LN(1,0.5)	0.1	0.007	0.024	0.026
	0.3	0.052	0.129	0.101
	0.5	0.218	0.412	0.272
	0.7	0.571	0.736	0.604
	0.9	0.603	0.781	0.803
CHI(5)	0.1	0.006	0.023	0.028
	0.3	0.049	0.145	0.124
	0.5	0.222	0.402	0.351
	0.7	0.553	0.723	0.641
	0.9	0.710	0.814	0.811

ตาราง ข.2 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,0.7)	0.1	0.041	0.109	0.115
	0.3	0.157	0.319	0.331
	0.5	0.477	0.649	0.656
	0.7	0.637	0.779	0.853
	0.9	0.842	0.858	0.953
LN(1,0.5)	0.1	0.035	0.103	0.103
	0.3	0.173	0.349	0.322
	0.5	0.475	0.690	0.663
	0.7	0.769	0.883	0.853
	0.9	0.819	0.910	0.937
CHI(5)	0.1	0.034	0.101	0.098
	0.3	0.183	0.344	0.308
	0.5	0.484	0.667	0.659
	0.7	0.773	0.897	0.873
	0.9	0.846	0.926	0.922

ตาราง ข.3 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,0.7)	0.1	0.088	0.198	0.204
	0.3	0.265	0.466	0.475
	0.5	0.605	0.765	0.799
	0.7	0.739	0.862	0.919
	0.9	0.930	0.948	0.974
LN(1,0.5)	0.1	0.074	0.186	0.196
	0.3	0.292	0.499	0.486
	0.5	0.641	0.804	0.790
	0.7	0.860	0.937	0.933
	0.9	0.896	0.944	0.964
CHI(5)	0.1	0.079	0.177	0.176
	0.3	0.290	0.472	0.460
	0.5	0.638	0.800	0.755
	0.7	0.869	0.940	0.931
	0.9	0.910	0.954	0.958

ตาราง ข.4 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,1.5)	0.1	0.004	0.019	0.022
	0.3	0.046	0.126	0.123
	0.5	0.243	0.421	0.425
	0.7	0.480	0.652	0.653
	0.9	0.733	0.825	0.848
LN(1,1.2)	0.1	0.013	0.031	0.012
	0.3	0.060	0.137	0.041
	0.5	0.203	0.420	0.163
	0.7	0.581	0.767	0.436
	0.9	0.800	0.903	0.728
CHI(12)	0.1	0.008	0.032	0.037
	0.3	0.046	0.139	0.131
	0.5	0.210	0.378	0.349
	0.7	0.553	0.736	0.683
	0.9	0.756	0.856	0.820

ตาราง ข.5 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,1.5)	0.1	0.035	0.105	0.108
	0.3	0.155	0.344	0.347
	0.5	0.486	0.662	0.658
	0.7	0.707	0.840	0.853
	0.9	0.856	0.862	0.953
LN(1,1.2)	0.1	0.047	0.115	0.100
	0.3	0.173	0.309	0.261
	0.5	0.499	0.715	0.645
	0.7	0.821	0.908	0.867
	0.9	0.928	0.972	0.939
CHI(12)	0.1	0.040	0.110	0.116
	0.3	0.189	0.946	0.335
	0.5	0.441	0.633	0.613
	0.7	0.792	0.889	0.861
	0.9	0.890	0.955	0.949

ตาราง ข.6 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) =กับ 25 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,1.5)	0.1	0.085	0.205	0.204
	0.3	0.295	0.479	0.484
	0.5	0.609	0.761	0.768
	0.7	0.810	0.906	0.906
	0.9	0.921	0.968	0.974
LN(1,1.2)	0.1	0.088	0.180	0.183
	0.3	0.267	0.473	0.458
	0.5	0.669	0.825	0.821
	0.7	0.891	0.950	0.933
	0.9	0.958	0.980	0.965
CHI(12)	0.1	0.087	0.185	0.192
	0.3	0.297	0.477	0.470
	0.5	0.592	0.757	0.737
	0.7	0.873	0.936	0.926
	0.9	0.939	0.969	0.970

ตาราง ข.7 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,0.7)	0.1	0.025	0.043	0.048
	0.3	0.228	0.332	0.341
	0.5	0.724	0.795	0.821
	0.7	0.848	0.888	0.992
	0.9	0.884	0.991	0.998
LN(1,0.5)	0.1	0.027	0.049	0.033
	0.3	0.237	0.360	0.265
	0.5	0.744	0.856	0.791
	0.7	0.984	0.991	0.980
	0.9	0.987	0.995	0.996
CHI(5)	0.1	0.029	0.054	0.044
	0.3	0.228	0.309	0.302
	0.5	0.719	0.807	0.796
	0.7	0.975	0.989	0.983
	0.9	0.990	0.995	0.997

ตาราง ข.8 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,0.7)	0.1	0.088	0.153	0.162
	0.3	0.479	0.599	0.599
	0.5	0.882	0.937	0.948
	0.7	0.929	0.960	0.998
	0.9	0.971	0.996	1.000
LN(1,0.5)	0.1	0.088	0.150	0.135
	0.3	0.510	0.643	0.612
	0.5	0.937	0.964	0.953
	0.7	0.995	1.000	0.998
	0.9	0.993	0.999	0.997
CHI(5)	0.1	0.092	0.166	0.160
	0.3	0.475	0.598	0.593
	0.5	0.896	0.940	0.946
	0.7	0.995	1.000	0.996
	0.9	0.995	0.998	1.000

ตาราง ข.9 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,0.7)	0.1	0.160	0.246	0.254
	0.3	0.615	0.733	0.732
	0.5	0.943	0.967	0.970
	0.7	0.962	0.984	1.000
	0.9	0.995	0.998	1.000
LN(1,0.5)	0.1	0.156	0.241	0.249
	0.3	0.658	0.784	0.759
	0.5	0.965	0.984	0.981
	0.7	1.000	1.000	0.999
	0.9	0.997	0.998	0.998
CHI(5)	0.1	0.170	0.275	0.269
	0.3	0.620	0.732	0.725
	0.5	0.947	0.973	0.970
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	0.998	1.000	1.000

ตาราง ข.10 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,1.5)	0.1	0.027	0.052	0.054
	0.3	0.238	0.350	0.353
	0.5	0.761	0.843	0.846
	0.7	0.958	0.976	0.984
	0.9	0.898	0.987	1.000
LN(1,1.2)	0.1	0.026	0.052	0.028
	0.3	0.182	0.274	0.138
	0.5	0.803	0.871	0.694
	0.7	0.987	0.994	0.973
	0.9	0.999	1.000	0.995
CHI(12)	0.1	0.020	0.044	0.036
	0.3	0.246	0.365	0.351
	0.5	0.745	0.828	0.806
	0.7	0.977	0.987	0.986
	0.9	0.998	0.999	0.999

ตาราง ข.11 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,1.5)	0.1	0.097	0.163	0.169
	0.3	0.495	0.620	0.619
	0.5	0.912	0.951	0.952
	0.7	0.991	0.997	0.997
	0.9	0.994	0.996	1.000
LN(1,1.2)	0.1	0.085	0.146	0.134
	0.3	0.437	0.640	0.584
	0.5	0.936	0.973	0.952
	0.7	0.997	0.999	0.996
	0.9	1.000	1.000	0.999
CHI(12)	0.1	0.087	0.158	0.157
	0.3	0.513	0.608	0.609
	0.5	0.900	0.946	0.936
	0.7	0.994	0.997	0.996
	0.9	0.999	1.000	0.999

ตาราง ข.12 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 50 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,1.5)	0.1	0.177	0.282	0.279
	0.3	0.640	0.745	0.748
	0.5	0.954	0.977	0.978
	0.7	0.998	0.999	0.999
	0.9	0.999	1.000	1.000
LN(1,1.2)	0.1	0.154	0.239	0.245
	0.3	0.661	0.812	0.817
	0.5	0.979	0.990	0.985
	0.7	1.000	1.000	0.998
	0.9	1.000	1.000	0.999
CHI(12)	0.1	0.165	0.259	0.265
	0.3	0.616	0.739	0.738
	0.5	0.948	0.971	0.971
	0.7	0.998	0.999	1.000
	0.9	1.000	1.000	0.999

ตาราง ข.13 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,0.7)	0.1	0.029	0.052	0.058
	0.3	0.500	0.590	0.623
	0.5	0.929	0.948	0.975
	0.7	0.985	0.994	1.000
	0.9	0.999	1.000	1.000
LN(1,0.5)	0.1	0.047	0.065	0.053
	0.3	0.476	0.575	0.465
	0.5	0.976	0.979	0.974
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	0.998	0.992	1.000
CHI(5)	0.1	0.043	0.069	0.069
	0.3	0.516	0.600	0.577
	0.5	0.965	0.975	0.973
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	0.998	0.999	1.000

ตาราง ข.14 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,0.7)	0.1	0.124	0.207	0.199
	0.3	0.757	0.825	0.839
	0.5	0.980	0.992	0.996
	0.7	0.990	0.997	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
LN(1,0.5)	0.1	0.136	0.190	0.195
	0.3	0.747	0.815	0.791
	0.5	0.995	0.998	0.996
	0.7	0.990	1.000	1.000
	0.9	1.000	0.998	1.000
CHI(5)	0.1	0.156	0.214	0.209
	0.3	0.753	0.823	0.812
	0.5	0.992	0.995	0.996
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	0.999	1.000	1.000

ตาราง ข.15 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,0.7)	0.1	0.230	0.313	0.317
	0.3	0.850	0.901	0.914
	0.5	0.994	0.997	0.999
	0.7	0.999	0.999	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
LN(1,0.5)	0.1	0.223	0.309	0.318
	0.3	0.857	0.901	0.905
	0.5	0.998	0.999	0.996
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	0.996	0.999	1.000
CHI(5)	0.1	0.247	0.332	0.333
	0.3	0.861	0.910	0.908
	0.5	0.998	1.000	0.999
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000

ตาราง ข.16 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,1.5)	0.1	0.039	0.067	0.073
	0.3	0.508	0.596	0.618
	0.5	0.952	0.967	0.977
	0.7	0.997	0.998	0.999
	0.9	1.000	1.000	1.000
LN(1,1.2)	0.1	0.047	0.066	0.038
	0.3	0.478	0.575	0.333
	0.5	0.985	0.989	0.948
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
CHI(12)	0.1	0.042	0.071	0.069
	0.3	0.502	0.587	0.572
	0.5	0.968	0.975	0.975
	0.7	0.999	0.999	0.999
	0.9	1.000	1.000	1.000

ตาราง ข.17 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,1.5)	0.1	0.156	0.255	0.229
	0.3	0.766	0.824	0.829
	0.5	0.988	0.994	0.993
	0.7	0.999	1.000	0.999
	0.9	1.000	1.000	1.000
LN(1,1.2)	0.1	0.111	0.167	0.148
	0.3	0.807	0.885	0.842
	0.5	0.993	0.999	0.996
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
CHI(12)	0.1	0.153	0.231	0.233
	0.3	0.746	0.813	0.803
	0.5	0.994	0.996	0.996
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000

ตาราง ข.18 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว เมื่อ จำนวนตัวอย่าง (NS) = 80 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม (u_t) และค่าสัมประสิทธิ์อัตสหสัมพันธ์ (β_2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

u_t	β_2	ตัวสถิติทดสอบ		
		T	T_B	D
N(1,1.5)	0.1	0.270	0.352	0.347
	0.3	0.856	0.905	0.902
	0.5	0.995	0.998	0.998
	0.7	0.999	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
LN(1,1.2)	0.1	0.188	0.257	0.272
	0.3	0.903	0.950	0.935
	0.5	0.999	1.000	0.999
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000
CHI(12)	0.1	0.264	0.353	0.356
	0.3	0.841	0.894	0.900
	0.5	0.996	0.998	0.997
	0.7	1.000	1.000	1.000
	0.9	1.000	1.000	1.000

```
*****************************************************************************************
        PROGRAM TO TEST HYPHOTHESIS ABOUT COEFFICIENT IN
           FIRST - ORDER AUTOREGRESSIVE  MODEL WITH TREND

                              BY

           SUTTHATIP     MARANATE       ID  4182409826

                    DEPARTMENT OF STATISTICS
              FACULTY   OF  FINANCE AND ACCOUNTING
                   CHULALONGKORN   UNIVERSITY
*****************************************************************************************
C    MAIN   PROGRAM
         INTEGER  V,NS,BS,DE
         REAL NUM
         DIMENSION      BET(3),T(0:30000),DY(100),YY(100),BETD(5)
         COMMON / SEED / IX ,KK
         PI=3.1415926
         KK=0
         NUM=0.
         T01=0.
         T05=0.
         T10=0.
         B01=0.
         B05=0.
         B10=0.
         D01=0.
         D05=0.
         D10=0.
         C1=0.
         A=1.0
         B=1.0
         BS=500
         SD=0.0
         READ (*,*) C,V,DE,NS,AMEAN,USD,IX
```

```
      SD=SQRT(USD)
C*************************************************************************
C          CRITICAL VALUE OF DICKEY-FULLER TEST
C*************************************************************************
      DO 900 K=1,5
        DCAL=0.
        T(1)=0.
        DV=0.
      CALL SERIES (A,B,C1,V,NS,DE,AMEAN,SD,YY,DY)
      CALL OLSD  (DY,YY,NS,BETD,V1,H)
        DV=SQRT(V1*H)
        DCAL= (BETD(3))/DV
        T(1)=DCAL
      DO 3000  I = 2 , 30000
         T(I)=0.
         DCAL=0.
         DV1=0.
      CALL SERIES (A,B,C1,V,NS,DE,AMEAN,SD,YY,DY)
      CALL OLSD  (DY,YY,NS,BETD,V1,H)
          DV1=SQRT(V1*H)
          DCAL= (BETD(3))/DV1
        IN=1
        LN=I
        T(I)=DCAL
          IF(T(I).GE.T(I-1))  GO TO 3 000
          IF(T(I).LE.T(1))  GO TO  3007
3005    MID=(IN+LN)/2
          IF(T(I).LE.T(MID).AND.T(I).GE.T(MID-1))  GO TO 3001
          IF(T(I).GE.T(MID).AND.T(I).LE.T(MID+1))  GO TO 3002
          IF (T(I).LT.T(MID)) THEN
               LN=MID
               GO TO 3005
       ELSE
          IF (T(I).GT.T(MID)) THEN
               IN=MID
```

```
          GO TO 3005
          END IF
        END IF
3007      Q=T(I)
      DO  3008  J = I,2,-1
          T(J)=T(J-1)
3008    CONTINUE
          T(1)=Q
          GO TO 3000
3001      Q=T(I)
          MID1=MID+1
        DO 3015 J=I,MID1,-1
          T(J)=T(J-1)
3015    CONTINUE
          T(MID)=Q
           GO TO 3000
3002      Q=T(I)
          MID2=MID+2
        DO 3025 J = I,MID2,-1
          T(J) =T(J-1)
3025    CONTINUE
          T(MID+1)=Q
3000    CONTINUE
          DF005=DF005+T(29850)
          DF010=DF010+T(29700)
          DF025=DF025+T(29250)
          DF050=DF050+T(28500)
          DF100=DF100+T(27000)
900     CONTINUE
          ADF1=DF005/5.
          ADF2=DF010/5.
          ADF3=DF025/5.
          ADF4=DF050/5.
          ADF5=DF100/5.
```

```
          DO 100  J1=1,1000
               CALL SERIES (A,B,C,V,NS,DE,AMEAN,SD,YY,DY)
C*************************************************************************
C               T-TEST AND NUMBER OF REJECTION
C*************************************************************************
               CALL OLS (YY,NS,BET,V1,H)
               V2=0.
               V2=SQRT (V1*H)
               BOLS=BET(3)
               ATCAL=0.
               TCAL=0.
                  ATCAL =BOLS/V2
                  TCAL=ABS(ATCAL)
               IF(C.NE.0)  GO  TO 1011
               GO TO 1010
1010           IF  (NS.EQ.15)  THEN
               IF (TCAL.GE.3.106)  T01 = T01+1.
               IF (TCAL.GE.2.201)  T05 = T05+1.
               IF (TCAL.GE.1.796)  T10 = T10+1.
        ELSE  IF  (NS.EQ.20)  THEN
               IF (TCAL.GE.2.921)  T01 = T01+1.
               IF (TCAL.GE.2.120)  T05 = T05+1.
               IF (TCAL.GE.1.746)  T10 = T10+1.
        ELSE  IF  (NS.EQ.25)  THEN
               IF (TCAL.GE.2.819)  T01 = T01+1.
               IF (TCAL.GE.2.074)  T05 = T05+1.
               IF (TCAL.GE.1.717)  T10 = T10+1.
        ELSE  IF (NS.EQ.30) THEN
               IF (TCAL.GE.2.771)  T01 = T01+1.
               IF (TCAL.GE.2.052)  T05 = T05+1.
               IF (TCAL.GE.1.703)  T10 = T10+1.
        ELSE  IF (NS.EQ.40) THEN
               IF (TCAL.GE.2.718)  T01 = T01+1.
               IF (TCAL.GE.2.027)  T05 = T05+1.
               IF (TCAL.GE.1.688)  T10 = T10+1.
```

```
      ELSE  IF (NS.EQ.50) THEN
            IF (TCAL.GE.2.675)  T01 = T01+1.
            IF (TCAL.GE.2.012)  T05 = T05+1.
            IF (TCAL.GE.1.676)  T10 = T10+1.
      ELSE  IF (NS.EQ.60) THEN
            IF (TCAL.GE.2.667)  T01 = T01+1.
            IF (TCAL.GE.2.003)  T05 = T05+1.
            IF (TCAL.GE.1.673)  T10 = T10+1.
      ELSE  IF (NS.EQ.70) THEN
            IF (TCAL.GE.2.655)  T01 = T01+1.
            IF (TCAL.GE.1.997)  T05 = T05+1.
            IF (TCAL.GE.1.669)  T10 = T10+1.
      ELSE  IF (NS.EQ.80) THEN
            IF (TCAL.GE.2.629)  T01 = T01+1.
            IF (TCAL.GE.1.986)  T05 = T05+1.
            IF (TCAL.GE.1.662)  T10 = T10+1.
      END IF
            GO TO 1020
1011        IF  (NS.EQ.20)  THEN
            IF (TCAL.GE.2.718)  T01 = T01+1.
            IF (TCAL.GE.1.796)  T05 = T05+1.
            IF (TCAL.GE.1.363)  T10 = T10+1.
      ELSE  IF (NS.EQ.20) THEN
            IF (ATCAL.GT.2.583)  T01 = T01+1.
            IF (ATCAL.GT.1.746)  T05 = T05+1.
            IF (ATCAL.GT.1.337)  T10 = T10+1.
      ELSE  IF (NS.EQ.25) THEN
            IF (ATCAL.GT.2.508)  T01 = T01+1.
            IF (ATCAL.GT.1.717)  T05 = T05+1.
            IF (ATCAL.GT.1.321)  T10 = T10+1.
      ELSE  IF (NS.EQ.30) THEN
            IF (ATCAL.GT.2.473)  T01 = T01+1.
            IF (ATCAL.GT.1.703)  T05 = T05+1.
            IF (ATCAL.GT.1.314)  T10 = T10+1.
      ELSE  IF (NS.EQ.40) THEN
```

```
                IF (ATCAL.GT.2.433)  T01 = T01+1.
                IF (ATCAL.GT.1.688)  T05 = T05+1.
                IF (ATCAL.GT.1.305)  T10 = T10+1.
        ELSE  IF (NS.EQ.50) THEN
                IF (ATCAL.GT.2.402)  T01 = T01+1.
                IF (ATCAL.GT.1.676)  T05 = T05+1.
                IF (ATCAL.GT.1.303)  T10 = T10+1.

        ELSE  IF (NS.EQ.60) THEN
                IF (ATCAL.GT.2.395)  T01 = T01+1.
                IF (ATCAL.GT.1.673)  T05 = T05+1.
                IF (ATCAL.GT.1.302)  T10 = T10+1.
        ELSE  IF (NS.EQ.70) THEN
                IF (ATCAL.GT.2.386)  T01 = T01+1.
                IF (ATCAL.GT.1.669)  T05 = T05+1.
                IF (ATCAL.GT.1.295)  T10 = T10+1.
        ELSE  IF (NS.EQ.80) THEN
                IF (ATCAL.GT.2.367)  T01 = T01+1.
                IF (ATCAL.GT.1.662)  T05 = T05+1.
                IF (ATCAL.GT.1.291)  T10 = T10+1.
        END IF
C*****************************************************************************
C               DICKEY-FULLER TEST
C*****************************************************************************
1020     CALL OLSD  (DY,YY,NS,BETD,V1,H)
                 DCAL1= (BETD(3))/SQRT(V1*H)
           IF(C.NE.0) GO TO 3011
           GO TO 3010
3010            IF (DCAL1.GT.ADF1)  D01 = D01+1.
                IF (DCAL1.GT.ADF3)  D05 = D05+1.
                IF (DCAL1.GT.ADF4)  D10 = D10+1.
           GO TO 2020
3011             IF (DCAL1.GT.ADF2)  D01 = D01+1.
                IF (DCAL1.GT.ADF4)  D05 = D05+1.
                IF (DCAL1.GT.ADF5)  D10 = D10+1.
```

```
C*************************************************************************
C            BOOTSTRAP T-TEST AND NUMBER OF REJECTION
C*************************************************************************
2020              CALL BOOT (YY,NS,BS,ATCAL,NUM)
                    BCAL=0.
                      BCAL = NUM/FLOAT(BS)
                  IF (BCAL.LT.0.01)  B01 = B01+1.
                  IF (BCAL.LT.0.05)  B05 = B05+1.
                  IF (BCAL.LT.0.10)  B10 = B10+1.
100       CONTINUE
C*************************************************************************
C             TYPE I ERROR & BINOMIAL TEST OF T-TEST
C*************************************************************************
                  TTO1=0.0
                   TT01=T01/FLOAT(1000)
                   WRITE (*,*) 'TT01= ',TT01
                  TTO5=0.0
                   TT05=T05/FLOAT(1000)
                   WRITE (*,*) 'TT05= ',TT05
                  TT10=0.0
                    TT10=T10/FLOAT(1000)
                   WRITE (*,*) 'TT10= ',TT10
C*************************************************************************
C        TYPE I ERROR & BINOMIAL TEST OF BOOTSTRAP T-TEST
C*************************************************************************
                  TBO1=0.0
                   TB01=B01/FLOAT(1000)
                   WRITE (*,*) 'TB01= ',TB01
                  TBO5=0.0
                   TB05=B05/FLOAT(1000)
                   WRITE (*,*) 'TB05= ',TB05
                  TB10=0.0
                   TB10=B10/FLOAT(1000)
                   WRITE (*,*) 'TB10= ',TB10
```

```
C************************************************************************
C          TYPE I ERROR & BINOMIAL TEST OF DICKEY-FULLER TEST
C************************************************************************
                    DLO1=0.0
                     DL01=D01/FLOAT(1000)
                     WRITE (*,*) 'DL01= ',DL01
                    DLO5=0.0
                      DL05=D05/FLOAT(1000)
                     WRITE (*,*) 'DL05= ',DL05
                    DL10=0.0
                     DL10=D10/FLOAT(1000)
                     WRITE (*,*) 'DL10= ',DL10
          STOP
          END
C************************************************************************
C                 SUBROUTINE STANDARD NORMAL
C************************************************************************
          SUBROUTINE NORMAL (AMEAN,SD,EX)
          COMMON/ SEED/ IX,KK
          PI=3.1415926
          IF(KK.EQ.1) GO TO 155
          U1=RAND (IX)
          U2=RAND (IX)
          ZONE = SQRT(-2*ALOG(U1))*COS(2*PI*U2)
          ZTWO = SQRT(-2*ALOG(U1))*SIN(2*PI*U2)
          EX=ZONE*SD+AMEAN
          KK=1
          GO TO 160
          155     EX=ZTWO*SD+AMEAN
          KK=0
160     RETURN
          END
```

```
C*************************************************************************
C                    FUNCTION  RAND
C*************************************************************************
          FUNCTION  RAND (IX)
          IX=IX*16807
          IF(IX.LT.0) IX=(IX+2147483647)+1
          RAND = IX
          RAND = RAND*0.4656613E-9
          RETURN
          END
C**************************************************************************
C                   DISTRIBUTION OF ERROR
C                1. STANDARD NORMAL
C                2. LOGNORMAL
C                3. CHI-SQUARE
C**************************************************************************
          SUBROUTINE SERIES (A,B,C,V,NS,DE,AMEAN,SD,YY,DY)
          DIMENSION Y(150),YY(100),LNOR(150),CHI(150),G(150),DY(150)
          INTEGER V,DE
          MY0=0.
          SY0=0.
          MY0=(A*(A*B)*(B*C)) / (1-C**2)
          SY0=SQRT((SD**2)/(1-C**2))
            CALL NORMAL (AMEAN,SD,EX)
                Y(1)=0.
                Y(1)=SY0*EX+MY0
              IF (DE.EQ.1) THEN
                DO 111 K=2,NS+50
                   CALL  NORMAL (AMEAN,SD,G(K))
                     Y(K)=0.
                     Y(K)=A+(B*K)+(C*Y(K-1))+G(K)
111             CONTINUE
          ELSE  IF (DE.EQ.2) THEN
                DO 114  J=2,NS+50
                   CALL  NORMAL (AMEAN,SD,G(J))
```

```
                    LNOR(J)=0.
                    LNOR(J)=EXP(G(J))
114           CONTINUE
                DO  116   K=2,NS+50
                    Y(K)=0.
                    Y(K) = A+(B*K)+(C*Y(K-1))+LNOR(K)
116           CONTINUE
        ELSE  IF  (DE.EQ.3)  THEN
                DO 119 MI= 2,NS+50
                  CHI(MI)=0.
                 DO 117 J=1,V
                    G(J)=0.
                    CALL NORMAL (AMEAN,SD,G(J))
117           CONTINUE
                    W=0.
                    Z=0.
                 DO 115  L=1,V
                    Z=G(L)
                    W=W+Z*Z
115           CONTINUE
                CHI(MI)=W
119          CONTINUE
                DO 113 K=2,NS+50
                  Y(K)=0.
                  Y(K) = A+(B*K)+(C*Y(K-1))+CHI(K)
113          CONTINUE
        END IF
                DO 32 I=1,NS
                  YY(I)=0.
                  YY(I)=Y(I+50)
32     CONTINUE
                DO 902 NI= 2,NS
                  DY(NI)= 0.
                  DY(NI)= YY(NI)-YY(NI-1)
902     CONTINUE
```

```
      RETURN
      END
C*************************************************************************
C          SUBROUTINE  LEAST SQUARE FOR T-TEST
C*************************************************************************
      SUBROUTINE OLS (YY,NS,BET,V1,H)
      DIMENSION YY(100),X(100,10),XX(10,10),XY(100),BET(10),YHAT(100)
      DIMENSION  RES(100)
        DO 200  I=1,NS-1
             X(I,1) = 0.
                X(I,1) = 1.0
             X(I,2) = 0.
                X(I,2) = I+1
             X(I,3) = 0.
                X(I,3) = YY(I)
200   CONTINUE
       DO 210  I=1,3
         DO 210  J=1,3
            XX(I,J)=0.0
            XY(J)=0.0
           DO 220  K=1,NS-1
                XX(I,J)=XX(I,J)+X(K,I)*X(K,J)
                XY(J) = XY(J)+X(K,J)*YY(K+1)
220     CONTINUE
210   CONTINUE
           CALL INVERSE (XX,M,N1,N)
           H=0.
           H=XX(3,6)
        DO  230  I=1,3
            BET(I)=0.
        DO  230  J=N1,N
            BET(I)=BET(I)+XX(I,J)*XY(J-3)
230   CONTINUE
        DO  240  I=2,NS
            YHAT(I)=0.
```

```
           RES(I)=0.
         DO 250  J=1,3
             YHAT(I)=YHAT(I)+X(I-1,J)*BET(J)
250    CONTINUE
             RES(I)=YY(I)-YHAT(I)
240  CONTINUE
             V=0.
             V1=0.
        DO  280  I=2,NS
             V=V+RES(I)**2
280    CONTINUE
             V1=V/FLOAT(NS-4)
       RETURN
       END
C**************************************************************************
C            SUBROUTINE  LEAST SQUARE FOR D-F TEST
C**************************************************************************
       SUBROUTINE OLSD (DY,YY,NS,BETD,V1,H)
       DIMENSION  YY(100),DX(100,10),DXX(10,10),DXY(100),BETD(5)
       DIMENSION  DRES(100),DY(100),DYHAT(100)
       REAL  H,V1,V
          DO 205  I=1,NS-1
             DX(I,1) = 0.
               DX(I,1) = 1.0
             DX(I,2) = 0.
               DX(I,2) = I+1
             DX(I,3) = 0.
               DX(I,3) = YY(I)
205    CONTINUE
          DO 215  I=1,3
           DO 215  J=1,3
             DXX(I,J)=0.0
             DXY(J)=0.0
            DO 225  K=1,NS-1
                DXX(I,J)=DXX(I,J)+DX(K,I)*DX(K,J)
```

```
              DXY(J) = DXY(J)+DX(K,J)*DY(K+1)
225       CONTINUE
215     CONTINUE
          CALL INVERSE (DXX,M,N1,N)
          H=0.
          H=DXX(3,6)
          DO  235  I=1,3
             BETD(I)=0.
           DO  235  J=N1,N
              BETD(I)=BETD(I)+DXX(I,J)*DXY(J-3)
235     CONTINUE
          DO  245  I=2,NS
             DYHAT(I)=0.
             DRES(I)=0.
           DO 255  J=1,3
             DYHAT(I)=DYHAT(I)+DX(I-1,J)*BETD(J)
255     CONTINUE
             DRES(I)=DY(I)-DYHAT(I)
245     CONTINUE
             V=0.
             V1=0.
         DO  285  I=2,NS
           V=V+DRES(I)**2
285      CONTINUE
             V1=V/FLOAT(NS-4)
        RETURN
        END
C*************************************************************************
C           SUBROUTINE CRITICAL BOOTSTRAP SAMPLING
C*************************************************************************
        SUBROUTINE BOOT (YY,NS,BS,ATCAL,NUM)
        DIMENSION Y(150),YY(100),X(100,10),XX(10,10),BXY(100),PP(100)
   *    ,BYHAT(100),BRES(100),BV(500),BBETA(10),BV1(500),CB(500)
        INTEGER NS,BS
        REAL NUM
```

```
         NUM=0.
            DO  31 I=1,NS
                 PP(I)= 0.
                  PP(I)= FLOAT(I)/FLOAT(NS)
31       CONTINUE
            DO 300 I1= 1,BS
                  CALL REPLACE (PP,Y,YY,NS)
               DO 315 I=1,NS-1
                  X(I,1)=0.
                   X(I,1)=1.0
                  X(I,2)=0.
                   X(I,2)=I+1
                  X(I,3)=0.
                   X(I,3)=Y(I)
315      CONTINUE
          DO 320  I2=1,3
            DO 320  J2=1,3
                  XX(I2,J2)=0.0
                  BXY(J2)=0.0
               DO 330  KK=1,NS-1
                     XX(I2,J2)=XX(I2,J2)+X(KK,I2)*X(KK,J2)
                     BXY(J2)= BXY(J2)+X(KK,J2)*Y(KK+1)
330      CONTINUE
320      CONTINUE
              CALL INVERSE (XX,M,N1,N)
              H1=0.
              H1=XX(3,6)
           DO  340  I3=1,3
                BBETA(I3)=0.0
             DO  340  JJ=N1,N
                  BBETA(I3)=BBETA(I3)+XX(I3,JJ)*BXY(JJ-3)
340      CONTINUE
           DO  350  IK=2,NS
                 BYHAT(IK)=0.
                 BRES(IK)=0.
```

```
              DO 360  J4=1,3
                   BYHAT(IK)=BYHAT(IK)+X(IK-1,J4)*BBETA(J4)
360       CONTINUE
                   BRES(IK)=Y(IK)-BYHAT(IK)
350     CONTINUE
                 BV(I1)=0.
                 BV1(I1)=0.
                 CB(I1)=0.
           DO  370 I5=2,NS
               BV(I1)=BV(I1)+BRES(I5)**2
370       CONTINUE
               BV1(I1)=BV(I1)/FLOAT(NS-4)
                    CB(I1) =BBETA(3)/(SQRT(BV1(I1)*H1))
                 IF(CB(I1).GT.ATCAL) NUM=NUM+1.
300       CONTINUE
          RETURN
          END
C****************************************************************************
C              SUBROUTINE SAMPLING WITH REPLACEMENT
C****************************************************************************
          SUBROUTINE  REPLACE (P,Y,YY,NS)
          DIMENSION  P(100),Y(100),YY(100)
          COMMON/SEED/IX,KK
            DO 430  J=1,NS
             Y(J)=0.
             R=RAND(IX)
            DO 440 I=1,NS
              K=I-1
              IF(K.EQ.0) THEN
              A1=0.
          ELSE
              A1=P(K)
          END IF
              A2=P(I)
               IF((R.GT.A1).AND.(R.LT.A2)) THEN
```

```
      Y(J)=YY(I)
     GO TO  440
     END IF
440  CONTINUE
430  CONTINUE
     RETURN
     END
C**************************************************************************
C                SUBROUTINE INVERSE MATRIX
C**************************************************************************
     SUBROUTINE INVERSE (XX1,M,N1,N)
     DIMENSION  XX1(10,10)
     M=3
     N=2*M
     N1=M+1
     M1=M-1
       DO  20  I=1,M
         M1=M1+1
       DO  20  J=N1,N
         M2=J-M1
        IF(M2.EQ.1)  XX1(I,J) =1.0
        IF(M2.NE.1)  XX1(I,J) =0.0
20   CONTINUE
       DO  60 I=1,M
         DO  25  K=I,M
           IF (XX1(K,I).EQ.0.0)  GO TO 25
            I1=K
            GO TO 30
25   CONTINUE
30         IF (I1.EQ.I) GO TO 40
       DO 35  J=1,N
            E=XX1(I1,J)
            F=XX1(I,J)
              XX1(I,J)=E
              XX1(I1,J)=F
```

```
35      CONTINUE
40              D=XX1(I,I)
            DO  45  J=1,N
                XX1(I,J)=XX1(I,J)/D
45      CONTINUE
            DO  55  K=1,M
                IF(K.EQ.I)  GO TO 55
                IF(XX1(K,I).EQ.0.0) GO TO 55
                C=XX1(K,I)
            DO  50  J=1,N
                XX1(K,J)=XX1(K,J)-(C*XX1(I,J))
50      CONTINUE
55      CONTINUE
60      CONTINUE
        RETURN
        END
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุทธาทิพย์ มาระเนตร์ เกิดเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2519 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติ) จากมหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2540 เข้าศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิต ที่คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2541