การเปรียบเทียบแผนภูมิควบคุมสำหรับกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยในค่าเฉลี่ย

นางสาวนภัสพร เธียรพัฒนะวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1074-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20471610

A COMPARISON ON CONTROL CHARTS FOR THE SMALL SHIFTS IN THE PROCESS MEAN

Miss Napasporn Tainpattanawong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Statistics

Department of Statistics

Faculty of Commerce and Accountancy

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1074-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบแผนภูมิควบคุมสำหรับกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยในค่าเฉลี่ย
โดย	นางสาวนภัสพร เธียรพัฒนะวงศ์
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิรัช อภิเมธีธำรง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ศิริพร สาเกทอง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา)

นภัสพร เรียรพัฒนะวงศ์ : การเปรียบเทียบแผนภูมิควบคุมสำหรับกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยในค่าเฉลี่ย (A COMPARISON ON CONTROL CHARTS FOR THE SMALL SHIFTS IN THE PROCESS MEAN) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ร.อ. มานพ วราภักดิ์ ; 264 หน้า. ISBN 974-17-1074-7.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสำหรับกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยในค่าเฉลี่ย แผนภูมิควบคุม ได้แก่ แผนภูมิควบคุมเฉลี่ย($\bar{x}$) แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักด้วยเอกซโพเนนเชียล(E) แผนภูมิควบคุมรวมค่าเฉลี่ยและผลรวมสะสม(C-S) และแผนภูมิควบคุมสังเคราะห์(S) โดยจะเปรียบเทียบจำนวนความยาววิ่งโดยเฉลี่ย(Average Run Length : ARL) ภายใต้ตัวแบบอนุกรมเวลาแบบค่าเฉลี่ยคงที่เฉพาะช่วงเวลา ถ้าแผนภูมิควบคุมใดให้จำนวนความยาววิ่งโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด จะถือว่าแผนภูมิควบคุมนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุดในแต่ละสถานการณ์ โดยศึกษาภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ดังนี้ กลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ย(μ_0) = 100 และความแปรปรวน (σ^2) = 100 กระบวนการจะมีค่าเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงไปจาก μ_0 เป็น $\mu_1 = \mu_0 + \delta\sigma$ ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย($\delta\sigma$) มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 25 โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 และ 27 30 33 35 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 30 40 50 และ 60 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยได้จากการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ของการทดลองที่กำหนด

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยน้อย ($1 \le \delta\sigma \le 5$) เมื่อขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 2 ถึง 4 แผนภูมิควบคุม C-S และแผนภูมิควบคุม E มีประสิทธิภาพมากที่สุด ขนาดตัวอย่าง 5 และ 6 แผนภูมิควบคุม E มีประสิทธิภาพมากที่สุด ขนาดตัวอย่าง 7 หรือมากกว่า แผนภูมิควบคุม E และแผนภูมิควบคุม S เมื่อ ARL(0) = 200 มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยปานกลาง ($5 < \delta\sigma \le 15$) เมื่อขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 2 ถึง 5 แผนภูมิ E และแผนภูมิควบคุม S เมื่อ ARL(0) = 200 มีประสิทธิภาพมากที่สุด ขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 6 ถึง 9 แผนภูมิควบคุม S เมื่อ ARL(0) = 200 มีประสิทธิภาพมากที่สุด ขนาดตัวอย่าง 10 หรือมากกว่า ทุกแผนภูมิควบคุมมีประสิทธิภาพเท่ากัน

ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยเมื่ออยู่ในระดับมาก ($15 < \delta\sigma \le 35$) ทุกแผนภูมิควบคุมมีประสิทธิภาพเท่ากัน ที่ทุกขนาดตัวอย่าง

ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย($\delta\sigma$) และขนาดตัวอย่างเมื่อมีค่ามากขึ้น ทุกแผนภูมิควบคุมจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น

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

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

ปีการศึกษา..... **2545**.....

#4282251026 : MAJOR STATISTICS

KEYWORD : CONTROL CHARTS / SMALL SHIFTS / PROCESS MEAN / AVERAGE RUN LENGTH / MONTE CARLO

NAPASPORN TAINPATTANAWONG : A COMPARISON ON CONTROL CHARTS FOR THE SMALL SHIFTS IN THE PROCESS MEAN. THESIS ADVISOR : ASSIST.PROF.CAPT.MANOP VARAPHAKDI, 264 pp.

ISBN 974-17-1074-7.

The purpose of this research is to compare efficiency of Control Charts for the small shifts in the process mean of $\bar{X}$ Control Chart ($\bar{X}$), Exponential Weighted Moving Average Control Chart (E), Combined $\bar{X}$ - Cumulative Sum Control Chart (C-S), and Synthetic Control Chart(S). Control Charts are determined by comparing Average Run Length under a time series constant mean model. Control Charts having least Average Run Length is considered to be the best. The distribution under study is Normal distribution with population mean (μ_0) = 100 and variance (σ^2) = 100 , the process mean will be change from μ_0 to $\mu_1 = \mu_0 + \delta\sigma$, values of the level of mean shift ($\delta\sigma$) are ranges from 1 to 25 increasing by 1 and 27 30 33 35 and the sample sizes are 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 30 40 50 and 60. For this research , The data for the experiment were obtained through the Monte Carlo Simulation technique and the experiment was repeated 1,000 times for each case.

Results of the study are as follows :

For small level of mean shift ($1 \leq \delta\sigma \leq 5$), sample size from 2 to 4 , C-S Control Chart and E Control Chart are most efficient ; sample size 5 and 6 , E Control Chart is most efficient ; and for sample size greater than or equal to 7 , E Control Chart and S Control Chart ARL(0) = 200 are most efficient.

For medium level of mean shift ($5 < \delta\sigma \leq 15$) , sample size from 2 to 5 , E Control Chart and S Control Chart ARL(0) = 200 are most efficient ; sample size from 6 to 9 , S Control Chart ARL(0) = 200 is most efficient ; and for sample size greater than or equal to 10 , all Control Charts are equally efficient .

For large level of mean ($15 < \delta\sigma \leq 35$) , all Control Charts are equally efficient , for all sample sizes.

For the level of mean shift and sample sizes when increase , all Control Charts will be more efficient.

Department.....Statistics..... **Student's signature.....**

Field of Study.....Statistics..... **Advisor's signature.....**

Academic year....2002.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดี จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ในความกรุณาของท่านไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ศิริพร สาเกทอง และรองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา ในฐานะประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำชี้แนะอันเป็นประโยชน์ในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ครู-อาจารย์ ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยตั้งแต่การศึกษาขั้นต้นถึงปัจจุบัน

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ เป็นอย่างสูงที่ส่งเสริมและสนับสนุนด้านการเรียนของผู้วิจัยและเป็นกำลังใจให้เสมอมาจนสำเร็จการศึกษา และขอขอบคุณ คุณน้าทุกคน น้อง และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอ

นภัสพร เธียรพัฒนะวงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ฑ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น	6
1.6 เกณฑ์การตัดสินใจ	6
1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	7
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
2 ทฤษฎีและสถิติที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 การแจกแจงแบบปกติ	8
2.2 แผนภูมิควบคุมที่ใช้ในการทดสอบ	10
3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
3.1 การจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล	22
3.2 ขั้นตอนในการทดลอง	23
3.3 การผลิตตัวแปรสุ่มให้มีการแจกแจงตามที่กำหนด	39
4 ผลการวิจัย	44
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	114
รายการอ้างอิง	119
ภาคผนวก	121

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก..... 122

ภาคผนวก ข..... 123

ภาคผนวก ค..... 212

ภาคผนวก ง..... 233

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 264

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ข้อมูลจากการจำลองภายใต้ตัวแบบอนุกรมเวลาแบบค่าเฉลี่ยคงที่ เฉพาะช่วงเวลา (Xt) เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 กำหนดจำนวนคาบเวลา(Run-In Period) เท่ากับ 15 และระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) เท่ากับ 5 10 15 และ 25..... 25

4.1 ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n)..... 46

4.2 ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ปรับน้ำหนักแบบเอกซโพเนนเชียล (E) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n)..... 51

4.3 ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมรวมค่าเฉลี่ยและผลรวมสะสม (C-S) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n)..... 56

4.4 ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ สำหรับ ARL(0) เท่ากับ 200 (S200) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n)..... 61

4.5 ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ สำหรับ ARL(0) เท่ากับ 370 (S370) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n)..... 65

4.6 ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ สำหรับ ARL(0) เท่ากับ 500 (S500) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n)..... 69

4.7 จำนวนความยาววิ่งโดยเฉลี่ย (ARL) ของแผนภูมิควบคุมทั้ง 4 แบบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 15 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n)..... 75

4.8 แผนภูมิควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงสุด จำแนกตามขนาดตัวอย่างและระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย..... 85

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.9	ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยที่แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยมีประสิทธิภาพสูงสุด จำแนกตามขนาดตัวอย่าง.....	88
4.10	ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยที่แผนภูมิควบคุมเคลื่อนที่ปรับน้ำหนักแบบเอกซโพเนนเชียลมีประสิทธิภาพสูงสุด จำแนกตามขนาดตัวอย่าง.....	89
4.11	ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยที่แผนภูมิควบคุมรวมค่าเฉลี่ยและผลรวมสะสมมีประสิทธิภาพสูงสุด จำแนกตามขนาดตัวอย่าง.....	90
4.12	ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยที่แผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ เมื่อ ARL(0) เท่ากับ 200 มีประสิทธิภาพสูงสุด จำแนกตามขนาดตัวอย่าง.....	91
4.13	ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยที่แผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ เมื่อ ARL(0) เท่ากับ 370 และ 500 มีประสิทธิภาพสูงสุด จำแนกตามขนาดตัวอย่าง.....	92
4.14	ความน่าจะเป็นที่ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจะออกนอกขอบเขตควบคุม เมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย ของแผนภูมิควบคุมของทั้ง 4 แบบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 15 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n).....	95
4.15	แผนภูมิควบคุมที่ให้ค่าความน่าจะเป็นมากสุดที่ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจะออกนอกขอบเขตควบคุม เมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย จำแนกตามขนาดตัวอย่างและระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย.....	105
4.16	ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยที่แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยให้ค่าความน่าจะเป็นมากสุดที่ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจะออกนอกขอบเขตควบคุม เมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย จำแนกตามขนาดตัวอย่าง.....	108
4.17	ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยที่แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ปรับน้ำหนักแบบเอกซโพเนนเชียลให้ค่าความน่าจะเป็นมากสุดที่ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจะออกนอกขอบเขตควบคุม เมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย จำแนกตามขนาดตัวอย่าง.....	109
4.18	ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยที่แผนภูมิควบคุมรวมค่าเฉลี่ยและผลรวมสะสมให้ค่าความน่าจะเป็นมากสุดที่ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจะออกนอกขอบเขตควบคุม เมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย จำแนกตามขนาดตัวอย่าง.....	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.19	ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยที่แผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ เมื่อ ARL(0) เท่ากับ 200 ให้ค่าความน่าจะเป็นมากสุดที่ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจะออกนอกขอบเขตควบคุม เมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย จำแนกตามขนาดตัวอย่าง	111
4.20	ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยที่แผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ เมื่อ ARL(0) เท่ากับ 370 และ 500 ให้ค่าความน่าจะเป็นมากสุดที่ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจะออกนอกขอบเขตควบคุม เมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย จำแนกตามขนาดตัวอย่าง.....	112
5.1	แผนภูมิควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงสุด จำแนกตามกลุ่มของระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยและขนาดตัวอย่าง.....	116
ข1.	ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 120 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 15 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n).....	124
ข2.	ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ปรับน้ำหนักแบบเอกซโพเนนเชียล (E) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 120 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 15 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n)	128
ข3.	ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมรวมค่าเฉลี่ยและผลรวมสะสม (C-S) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 120 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 15 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n)	132
ข4.	ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ สำหรับ ARL(0) เท่ากับ 200 (S200) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 120 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 15 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n)	136
ข5.	ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ สำหรับ ARL(0) เท่ากับ 370 (S370) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 120 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 15 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n)	140

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข6. ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ สำหรับ ARL(0) เท่ากับ 500 (S500) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 120 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 15 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n) 144

ข7. จำนวนความยาววิ่งโดยเฉลี่ย (ARL) ของแผนภูมิควบคุมทั้ง 4 แบบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 120 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 15 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n)..... 148

ข8. ความน่าจะเป็นที่ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจะออกนอกขอบเขตควบคุม เมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย ของแผนภูมิควบคุมของทั้ง 4 แบบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 120 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 15 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n) 158

ข9. ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 25 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n)..... 168

ข10. ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ปรับน้ำหนักแบบเอกซโพเนนเชียล (E) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 25 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n) 172

ข11. ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมรวมค่าเฉลี่ยและผลรวมสะสม (C-S) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 25 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง(n) 176

ข12. ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ สำหรับ ARL(0) เท่ากับ 200 (S200) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 25 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n) 180

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข13. ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ สำหรับ ARL(0) เท่ากับ 370 (S370) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 25 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n) 184

ข14. ขอบเขตของแผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ สำหรับ ARL(0) เท่ากับ 500 (S500) เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 25 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n) 188

ข15. จำนวนความยาววิ่งโดยเฉลี่ย (ARL) ของแผนภูมิควบคุมทั้ง 4 แบบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 25 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n)..... 192

ข16. ความน่าจะเป็นที่ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจะออกนอกขอบเขตควบคุม เมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย ของแผนภูมิควบคุมของทั้ง 4 แบบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n) 202

ค1. จำนวนความยาววิ่งโดยเฉลี่ย (ARL) ของแผนภูมิควบคุมทั้ง 4 แบบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำนวนคาบเวลาเท่ากับ 15 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n)..... 213

ค2. ความน่าจะเป็นที่ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจะออกนอกขอบเขตควบคุม เมื่อกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย ของแผนภูมิควบคุมของทั้ง 4 แบบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 จำแนกตามระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) และขนาดตัวอย่าง (n) 223

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เส้นโค้งรูประฆังคว่ำที่มีลักษณะสมมาตรลักษณะการแจกแจงแบบปกติ.....	8
2.2	พื้นที่โค้งของการแจกแจงแบบปกติ.....	9
2.3	แผนผังสรุปขั้นตอนของแผนภูมิควบคุมสังเคราะห์.....	21
3.1	กราฟแสดงข้อมูลจากการจำลองภายใต้ตัวแบบอนุกรมเวลาแบบค่าเฉลี่ยคงที่เฉพาะช่วงเวลา (Xt) เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 100 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 กำหนดจำนวนคาบเวลา(Run-In Period) เท่ากับ 15 และระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (GAMMA) เท่ากับ 5 10 15 และ 25	29
3.2	แผนผังการหาจำนวนคาบเวลาโดยเฉลี่ยของแผนภูมิควบคุมทั้ง 4 แบบ.....	33
3.3	แผนผังการหาความน่าจะเป็นที่ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจะออกนอกขอบเขตควบคุมเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ย ของแผนภูมิควบคุมทั้ง 4 แบบ.....	36