การออกแบบทางเศรษฐกิจของแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้าภายใต้ลักษณะของกระบวนการผลิต

Economic Design of the U Chart per Unit of Product Under Characteristics of the Process

กิตติมา คงครบ, กรรธิมา บุญยาชัย, สุนิดา ภู่ธีรอาภา และสุปราณี ลิสวัสดิ์*

ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Kittima Kongkrob, Kanthima Bunyachai, Sunida Phootheera-apha and Supranee Lisawadi*

Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Klong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบทางเศรษฐกิจของแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้า โดยมีขนาดตัวอย่างในการศึกษาจำนวน 25 หน่วย และได้นำวิธีการทางสถิติ คือ การควบคุมคุณภาพด้วยแผนภูมิควบคุม มาใช้ในกระบวนการผลิตของการออกแบบทางเศรษฐกิจ โดยศึกษาแผนภูมิควบคุมเชิงคุณลักษณะ พิจารณาเฉพาะแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยของสินค้า (U chart) โดยจะพิจารณาลักษณะของกระบวนการผลิต 2 กระบวนการ คือ กระบวนการผลิตจะยังคงดำเนินการต่อไปในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติในการผลิต (Duncan process) และกระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติในการผลิต (Shutdown process) ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุด จากการศึกษาโดยพิจารณาค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดแล้ว พบว่ากระบวนการผลิตแบบ Shutdown process มีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำกว่า กระบวนการผลิตแบบ Duncan process ซึ่งจะทำให้รายได้สุทธิเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด

คำสำคัญ : การออกแบบทางเศรษฐกิจ, แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยของสินค้า, กระบวนการผลิตแบบ Duncan process, กระบวนการผลิตแบบ Shutdown process, ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิต

***Corresponding author:** *supranee@mathstat.sci.tu.ac.th* *DOI: 10.14456/tjst.2013.10*

Abstract

This research aims to investigate the economic model for the control chart of defects per product units. The statistical method, quality control with control chart is applied in the production of an economic plan with the sample size of 25 subjects. The research focuses on the defects per unit of product (U chart) by considering the characteristics of two processes. The first process is Duncan Process, which the manufacturing process is still continuing during the search for the cause of the failure in production process. On the other hand, if the production ceased operation during the search for the cause of failure in production process that is so called Shutdown Process. The comparison between the expected costs per unit of production time between these two processes is studied. The outcomes strongly show that Shutdown Process has lower expected costs per production unit than the Duncan Process which will lead to higher net income.

Keywords: economic model, U chart per unit of product, Duncan process, Shutdown process, expected costs per production unit

1. คำนำ

ปัจจุบันการแข่งขันทางการค้าและการตลาดได้เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว องค์กรธุรกิจจำเป็นต้องมีกลยุทธ์และการวางแผนเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค ปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าและบริการก็คือ “คุณภาพ” แต่กระบวนการผลิตในระบบอุตสาหกรรมที่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้อาจเกิดความผิดพลาดได้ จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิต โดยการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่การที่จะตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นนั้นมีต้นทุนที่สูง ใช้เวลานาน หรือในบางครั้งไม่สามารถทำได้ และเป็นการยากที่ผู้บริโภคจะได้รับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคุณภาพสมบูรณ์โดยที่ไม่มีตำหนิทุกชิ้น ดังนั้นจึงมีการออกแบบแผนภูมิควบคุมคุณภาพ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิต โดยวัตถุประสงค์หลักของแผนภูมิควบคุมคือการตรวจสอบกระบวนการผลิตเพื่อให้ทราบว่าเกิดปัญหาด้านคุณภาพในช่วงเวลาใดของกระบวนการผลิต เพื่อที่จะสามารถแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้กลับสู่สภาวะปกติได้ดังเดิม การออกแบบแผนภูมิควบคุมคุณภาพจำเป็นต้องเลือกขนาดตัวอย่าง ความถี่ และขีดจำกัดของการควบคุม ของกระบวนการผลิตนั้น ๆ ซึ่งการเลือกขนาดตัวอย่างนี้จะทำให้ทราบว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามมาตรฐานที่ต้องการหรือไม่ Duncan (1956) ได้เสนอการหาค่าแผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการกำหนดขนาดตัวอย่าง (n) ความกว้างของขอบเขตควบคุม (k) และช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่าง (h) ส่วนแผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียได้ทำการศึกษาอย่าง

จริงจังเป็นครั้งแรกโดย Chiu (1975) และ Duncan (1978) ซึ่งคล้ายคลึงกับแผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยที่เสนอโดย Duncan (1956) คือการดำเนินการอยู่ภายใต้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีเพียงคุณลักษณะเดียวที่มีผลทำให้กระบวนการผลิตไม่อยู่ในสภาวะการควบคุม และลักษณะนั้นกระบวนการผลิตยังคงดำเนินการผลิตต่อไปในระหว่างทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้น (Duncan process) ซึ่งจะแตกต่างกับกระบวนการผลิตของ Chiu (1975) ที่ว่ากระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติในการผลิต (Shutdown process) ในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการทางสถิติคือการควบคุมคุณภาพมาใช้ในกระบวนการผลิตของการออกแบบทางเศรษฐกิจโดยศึกษาแผนภูมิควบคุมเชิงคุณลักษณะ พิจารณาเฉพาะแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้า (U chart) เป็นการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ควบคุมที่ส่งผลกระทบทางเศรษฐกิจ ซึ่งจะทำให้รายได้สุทธิเฉลี่ยของกระบวนการผลิตมีค่าที่สูงที่สุด โดยจะพิจารณาเปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียที่ต่ำที่สุดระหว่างกระบวนการ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการการผลิตจะยังคงดำเนินการผลิตต่อไปในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติ (Duncan process) และกระบวนการการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติ (Shutdown process) เพื่อที่องค์กรธุรกิจจะได้นำไปใช้ในการกำหนดนโยบายและวางแผน

2.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตของการออกแบบทางเศรษฐกิจของแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้า ในกรณีที่กระบวนการผลิตจะยังคงดำเนินการผลิตต่อไปในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติ (Duncan process) และกรณีที่กระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติ (Shutdown process)

2.2 เพื่อวิเคราะห์ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายรวมในระหว่างหนึ่งรอบการผลิตและค่าคาดหวังของระยะเวลาในหนึ่งรอบการผลิต โดยจะหาค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตต่ำที่สุดที่มีผลต่อการออกแบบทางเศรษฐกิจของแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้า ในกรณีที่กระบวนการผลิตจะยังคงดำเนินการผลิตต่อไปในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติ (Duncan process) กับกรณีที่กระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติ (Shutdown process)

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แผนภูมิควบคุมนี้เป็นเครื่องมือทางสถิติเพื่อควบคุมกระบวนการผลิต โดยอาศัยการเก็บตัวอย่างของผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบและวัดค่าสมบัติที่ต้องการควบคุม จากนั้นก็นำค่าที่ได้นี้ไปสร้างแผนภูมิควบคุม โดยอาศัยหลักและทฤษฎีทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และแปลผล แล้วเปรียบเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแผนภูมิ U ใช้ควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วย ในกรณีที่หน่วยข้อมูลไม่เท่ากัน จะนำรอยตำหนิมาหาค่าเฉลี่ยต่อ 1 หน่วย ที่ระดับนัยสำคัญ

99.73 % จะมีขอบเขตการควบคุม ±3σ สามารถคำนวณ ขีดจำกัดควบคุมบน (upper control limit, UCL) เส้นกึ่งกลาง (center line, CL) และขีดจำกัดควบคุมล่าง (lower control limit, LCL) ได้ดังนี้

$$UCL = \bar{u}+3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \qquad CL = \bar{u} \qquad LCL = \bar{u}-3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

3.2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

3.2.1 กระบวนการผลิตจะยังคงดำเนินการต่อไปในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติในการผลิต (Duncan process)

Duncan (1956) เป็นผู้แรกที่ได้ศึกษาถึงแผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุม โดยที่กระบวนการผลิตมีความต่อเนื่องในระหว่างการค้นหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ต่อมาปี ค.ศ. 1971 Gibra (1971) ได้ศึกษาและพัฒนารูปแบบที่มีลักษณะคล้าย ๆ กับรูปแบบของ Duncan แต่จะแตกต่างจากกันตรงที่ว่า Gibra (1971) ไม่ได้แบ่งกระบวนการผลิตออกเป็นช่วง in-control และ out-of-control แต่จะทำการผลิตต่อไปจนพบความผิดปกติแล้วจึงปรับปรุงแก้ไข จากนั้น Montgomery (1975), Heikes (1975) และ Mance (1975) ได้พิจารณากระบวนการผลิตโดยให้กระบวนการผลิตมีเวลาที่คาดหวังในการค้นหาสาเหตุการเตือนที่ผิด (false alarm) มีค่าเท่ากับเวลาที่คาดหวังในการค้นหาสาเหตุการเตือนที่มีการเกิดความผิดปกติจริง (true alarm) ซึ่งจะเหมือนกับของ Gibra (1971) แต่ต่างกันตรงที่ Gibra (1971) พิจารณาถึงช่วงเวลาในการทดสอบและการแสดงผลบนแผนภูมิควบคุม (*gn*) เข้ามาในกระบวนการผลิตด้วย ต่อมาในปี ค.ศ. 1988 Bai (1998) และ Lee (1998) ได้พิจารณาแตกต่างจากงานวิจัยอื่นที่ผ่านมาตรงการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบ แต่เดิมจะเป็นการสุ่มที่กำหนดขนาดตัวอย่างที่แน่นอน (fixed sampling interval, FSI) ซึ่งการสุ่มตัวอย่างขึ้นมานั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ (variable sampling interval, VSI) ถัดมาในปี ค.ศ. 2003 Chou (2003), Chen (2003), Liu (2003), และ Huang (2003) ได้พิจารณากระบวนการผลิตโดยให้กระบวนการผลิตมีเวลาที่คาดหวังในการค้นหาสาเหตุการเตือนที่ผิด (false alarm) ให้มีค่าเท่ากับเวลาที่คาดหวังในการค้นหาสาเหตุการเตือนที่เกิดความผิดปกติจริง และได้พิจารณาถึงแผนภูมิควบคุมที่สามารถใช้ได้กับทุก ๆ กระบวนการผลิต

3.2.2 กระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติในการผลิต (Shutdown process)

ในปี ค.ศ.1968 Taylor (1968) ได้พิจารณากระบวนการผลิตโดยใช้แผนภูมิ *CUSUM* มาตรวจสอบหาสาเหตุความผิดปกติของกระบวนการผลิตที่ไม่มีความต่อเนื่องในระหว่างการค้นหาสาเหตุและแก้ไขสาเหตุความผิดปกตินั้น จากนั้นในปี ค.ศ. 1978 Gibra (1978) ได้ศึกษาการกำหนดความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของแผนแบบของแผนภูมิความคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย (*np chart*) โดย Gibra (1978) ได้พิจารณาเวลาที่คาดหวังในการค้นหาสาเหตุการเตือนที่ผิดมีค่าเท่ากับระยะเวลาที่คาดหวังในการค้นหาสาเหตุการเกิดความผิดปกติจริง และได้พิจารณาเวลาที่คาดหวังในการทดสอบและแสดงผลบนแผนภูมิควบคุม (*gn*) เข้ามาในกระบวนการผลิตด้วย และในปี ค.ศ. 1980 Montgomery (1980) ได้พิจารณาการเกิดการเตือนที่ผิดพลาด จากนั้นในปี ค.ศ. 1986 Lorenzen (1986) และ Vance (1986) ได้ศึกษาถึงแผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมซึ่งได้กำหนดให้กระบวนการผลิตออกเป็น 5 ช่วงเวลาประกอบไปด้วย ช่วงเวลาจนกระทั่งเกิดความผิดปกติ ช่วงเวลาจนกระทั่งตัวอย่างต่อไปถูกสุ่มขึ้นมาตรวจสอบบนแผนภูมิควบคุม ช่วงเวลาในการทดสอบและแสดงผลบนแผนภูมิควบคุม ช่วงเวลาจนกระทั่งแผนภูมิควบคุมได้แสดงการเตือนที่

แท้จริงถึงการออกนอกขอบเขตการควบคุม และช่วงเวลาในการค้นพบสาเหตุความผิดปกติในการผลิตและทำการแก้ไขสาเหตุความผิดปกติในการผลิต

4. ตัวแปรที่ใช้ศึกษา

n คือ ขนาดตัวอย่าง

h คือ ช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบ

d คือ จำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับได้

k คือ ขีดจำกัดควบคุม

α คือ ความเสี่ยงของผู้ผลิต

β คือ ความเสี่ยงของผู้บริโภค

δ คือ ขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยจาก μ ไปเป็น $\mu \pm \delta\sigma$

τ คือ ช่วงเวลาของการเกิดสาเหตุความผิดปกติของกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างตัวอย่างที่ j และ $j+1$

P คือ โอกาสที่ผลของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบแล้วพบว่าสภาวะการผลิตไม่อยู่ในสภาวะควบคุม เมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม

p_0 คือ สัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ เมื่อกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม

p_1 คือ สัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ เมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม

λ คือ อัตราการเกิดความผิดปกติในกระบวนการผลิตต่อชั่วโมง

g คือ ช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างและแสดงผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยตัวอย่าง

b คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ของการสุ่มตัวอย่างในการทดสอบ

c คือ ค่าใช้จ่ายแปรผันแต่ละหน่วยของการสุ่มตัวอย่าง

C_1 คือ ค่าใช้จ่ายในการหาสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้น

C_2 คือ ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เมื่อพบว่าสัญญาณเตือนมีการเตือนผิดพลาด

V คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อกระบวนการผลิตเปลี่ยนจากช่วงที่อยู่ภายใต้การควบคุมไปสู่ช่วงที่ไม่อยู่ภายใต้การควบคุม

D_d คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการหาสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้นตามที่กระบวนการผลิตได้ส่งสัญญาณเตือนและแก้ไขกระบวนการผลิตให้กลับสู่การควบคุมอีกครั้ง สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan process

D_s คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการตรวจหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้นตามที่กระบวนการผลิตได้ส่งสัญญาณเตือนและแก้ไขกระบวนการผลิตให้กลับสู่การควบคุมอีกครั้ง สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown process

D_t คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการตรวจหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้นและแก้ไขกระบวนการผลิต หลังจากที่พบว่ากระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ถูก

W คือ ค่าใช้จ่ายของการปรับตั้งกระบวนการผลิต

A คือ เวลาที่ใช้ในการค้นหาการเกิดการเตือนในแต่ละครั้ง

S คือ เวลาในการปรับตั้งกระบวนการผลิตใหม่เพื่อให้การผลิตเข้าสู่สภาวะการควบคุมอีกครั้ง

T คือ ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเมื่อกระบวนการผลิตหยุดดำเนินการผลิต

$E(L_d)$ คือ ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan process

$E(TC_d)$ คือ ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายรวมในระหว่างหนึ่งรอบการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan process

$E(T_d)$ คือ ค่าคาดหวังของระยะเวลาในหนึ่งรอบการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan process

$E(L_s)$ คือ ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown process

$E(TC_s)$ คือ ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายรวมในระหว่างหนึ่งรอบการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown process

$E(T_s)$ คือ ค่าคาดหวังของระยะเวลาในหนึ่งรอบการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown process

5. ขั้นตอนการวิจัย

5.1 การวางแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ต้องการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตของการออกแบบทางเศรษฐกิจของแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้า เมื่อกระบวนการผลิตเป็นแบบ Duncan process และกระบวนการผลิตเป็นแบบ Shutdown process ซึ่งมีแผนการทดลองดังนี้

5.1.1 ขนาดตัวอย่างที่ใช้ศึกษา (n) คือ 25

5.1.2 กำหนดค่าตัวแปร ดังนี้

$$P_0 = 0.05, \quad \lambda = 0.25, \quad C_1 = 300$$
$$C_2 = 700, \quad c = 10, \quad b = 400$$
$$V = 1000, \quad g = 1, \quad D = 0.5$$
$$W = 1500, \quad A = 0.25, \quad S = 0.5$$

ค่าที่กำหนดให้กับตัวแปร เป็นการสมมติขึ้นมา โดยอ้างอิงค่าตามการศึกษาแผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย โดยไกรศักดิ์ (2551)

5.1.3 คำนวณด้วยโปรแกรม R เวอร์ชัน 2.15.2 และทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์

5.2 การวิเคราะห์และคำนวณวงจรการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตด้วยรูปแบบกระบวนการผลิต 2 กระบวนการ ดังนี้

5.2.1 กระบวนการผลิตแบบ Duncan process

กระบวนการผลิตจะเริ่มจากการผลิตอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม กล่าวคือสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ p_0 โดยในระหว่างการผลิตนั้นจะมีการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาเพื่อทดสอบ โดยมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ n หน่วย และทำการสุ่มตัวอย่างทุก h ช่วงเวลา ถ้าจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสุ่มมีค่าน้อยกว่า d แล้ว กระบวนการผลิตจะยังคงดำเนินต่อไป แต่ถ้าจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสุ่มมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ d แล้ว กระบวนการผลิตจะค้นหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้น และกำหนดให้สัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์เมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุมมีค่าเท่ากับ p_1 มีค่าเท่ากับ

$p_1 = p_0 + 3\sqrt{p_0(1-p_0)}$ โดยในระหว่างนี้กระบวนการผลิตยังคงดำเนินต่อไป โดยในการดำเนินการผลิตสามารถแบ่งออกเป็นช่วงเวลาได้ดังนี้

(1) ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมมีค่าเท่ากับ $1/\lambda$ ชั่วโมง

(2) ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม สามารถพิจารณาได้ดังนี้

(2.1) ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตเริ่มมีความผิดปกติจนกระทั่งพบความผิดปกติเมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม นั่นคือมีสัดส่วนของจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ p_1โอกาสที่ผลของการสุ่มตัวอย่างจะชี้ให้เห็นว่าสภาวะการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุมจะมีค่าเท่ากับ

$$P = 1 - \sum_{x=0}^{d} \binom{n}{x} p_1^x (1-p_1)^{n-x}$$

แต่ถ้ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม นั่นคือมีสัดส่วนของจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ p_0 และจากการสุ่มตัวอย่างมีโอกาสที่ผลของการสุ่มตัวอย่างจะชี้ให้เห็นว่า สภาวะการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุมจะมีค่าเท่ากับ

$$\alpha = 1 - \sum_{x=0}^{d} \binom{n}{x} p_0^x (1-p_0)^{n-x}$$

ส่วนค่าคาดหวังของช่วงเวลาของการเกิดสาเหตุความผิดปกติของกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างตัวอย่างที่ j^{th} และ $(j+1)^{st}$ จะมีค่าเท่ากับ

$$\tau = \frac{1 - (1+\lambda h)\, e^{-\lambda h}}{\lambda\,(1-e^{-\lambda h})}$$

ดังนั้นค่าคาดหวังของช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตจะไม่อยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมก่อนที่สัญญาณเตือนจะถูกตรวจพบจะมีค่าเท่ากับ

$$\frac{h}{P} - \tau = \frac{h}{P} - \left[\frac{h}{2} - \frac{\lambda h^2}{12}\right] = h\left[\frac{1}{P} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12}\right]$$

(2.2) ช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างและแสดงผลของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ มีค่าเท่ากับ gn

(2.3) ช่วงเวลาที่ใช้ในการหาสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้นตามที่กระบวนการผลิตได้ส่งสัญญาณเตือน และแก้ไขกระบวนการผลิตให้กลับสู่การควบคุมอีกครั้งหลังจากที่พบว่ามีจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์มากกว่าที่กำหนดไว้ มีค่าเท่ากับ D_d

ดังนั้นค่าคาดหวังของระยะเวลาในหนึ่งรอบการผลิตในกรณีการผลิตแบบ Duncan process แทนด้วย $E(T_d)$ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$E(T_d) = \frac{1}{\lambda} + h\left(\frac{1}{P} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12}\right) + gn + D_d$$

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งวงจรการผลิต มี 4 ประเภท พิจารณาได้ดังต่อไปนี้

(1) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการสุ่มและการทดสอบตัวอย่างมีค่าเท่ากับ $(b+cn)\frac{E(T_d)}{h}$

(2) ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการค้นหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้น เมื่อกระบวน การผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้นจะมีการส่งสัญญาณเตือน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สัญญาณเตือนที่ถูกและสัญญาณเตือนที่ผิด

(2.1) สัญญาณเตือนที่ถูก เป็นสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นเมื่อความผิดปกติในกระบวนการผลิตเกิดขึ้นจริง มีค่าเท่ากับ $C_1 P$

(2.2) สัญญาณเตือนที่ผิด เป็นสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นเมื่อไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยที่มีค่าเท่ากับ $C_2\alpha$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายโดยรวมของการค้นหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้น มีค่าเท่ากับ $C_1 P + C_2\alpha$

(3) ค่าใช้จ่ายของการปรับตั้งกระบวนการผลิต จะเกิดขึ้นเมื่อในกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ถูก ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ PW แต่ถ้าในกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ผิด ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งกระบวนการผลิตจะไม่เกิดขึ้น

(4) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม จะเกิดขึ้นเมื่อกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ถูก มีค่าเท่ากับ $PV\left(\frac{h}{P}-\tau+gn+D_d\right)$ แต่ถ้ากระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ผิด ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการผลิตที่ไม่อยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมจะไม่เกิดขึ้น

ดังนั้นค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายรวม $E(TC_d)$ ต่อหนึ่งรอบการผลิต มีค่าดังนี้

$$E(TC_d) = (b+cn)\left[\frac{E(T_d)}{h}\right] + C_1P + C_2\alpha + PW + PV\left(\frac{h}{P}-\tau+gn+D_d\right)$$

ดังนั้นค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแบบ Duncan process มีค่าดังนี้

$$E(L_d) = \frac{E(TC_d)}{E(T_d)}$$

เมื่อกำหนดให้ $h = \sqrt{\frac{\alpha(C_1+C_2)+(b+cn)}{\lambda V(\frac{1}{P}-\frac{1}{2})}}$

จากฟังก์ชัน $E(L_d)$ โดยที่ $E(L_d)$ เป็นฟังก์ชันของแผนแบบ n, h และ d ของแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้า ดังนั้นในกรณีที่ต้องการหาค่าการออกแบบที่เหมาะสมสามารถพิจารณาได้จากการหาค่าต่ำสุดของ $E(L_d)$ โดยเปรียบเทียบกับค่าแผนแบบ n, h และ d

เมื่อทราบค่าแผนแบบ n, h และ d ที่ทำให้มีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตต่ำที่สุดแล้ว จากนั้นก็จะคำนวณหาค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต (α) และค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (β) ตามลำดับ ดังนี้

$$\alpha = 1 - \sum_{x=0}^{d}\binom{n}{x} p_0^x\,(1-p_0)^{n-x}$$

$$\beta = \sum_{x=0}^{d}\binom{n}{x} p_1^x\,(1-p_1)^{n-x}$$

5.2.2 กระบวนการผลิตแบบ Shutdown process

กระบวนการผลิตจะเริ่มจากการผลิตอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม กล่าวคือ สัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ p_0 โดยในระหว่างการผลิตนั้นจะมีการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาเพื่อทดสอบ โดยมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ n หน่วย และทำการสุ่มตัวอย่างทุก h ช่วงเวลา ถ้าจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสุ่มมีค่าน้อยกว่า d แล้ว กระบวนการผลิตจะยังคงดำเนินต่อไป แต่ถ้าจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสุ่มมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ d แล้ว กระบวนการผลิตจะค้นหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้น และกำหนดให้สัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์เมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุมมีค่าเท่ากับ p_1 มีค่าเท่ากับ $p_1 = p_0 + 3\sqrt{p_0(1-p_0)}$ โดยในระหว่างนี้กระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิต ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาที่ทำการตรวจสอบดูว่า สัญญาณเตือนที่เตือนออกมานั้นเป็นสัญญาณเตือนที่ถูกหรือผิด ในการดำเนินการผลิตสามารถแบ่งออกเป็นช่วงเวลาได้ดังนี้

(1) ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมมีค่าเท่ากับ $1/\lambda$ ชั่วโมง

(2) ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม สามารถพิจารณาได้ดังนี้

(2.1) ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตเริ่มมีความผิดปกติจนกระทั่งพบความผิดปกติ

เมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม นั่นคือมีสัดส่วนของจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ p_1โอกาสที่ผลของการสุ่มตัวอย่างจะชี้ให้เห็นว่าสภาวะการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุมจะมีค่าเท่ากับ

$$P = 1 - \sum_{x=0}^{d} \binom{n}{x} p_1^x (1-p_1)^{n-x}$$

แต่ถ้ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม นั่นคือมีสัดส่วนของจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ p_0 และจากการสุ่มตัวอย่างมีโอกาสที่ผลของการสุ่มตัวอย่างจะชี้ให้เห็นว่า สภาวะการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุมจะมีค่าเท่ากับ

$$\alpha = 1 - \sum_{x=0}^{d} \binom{n}{x} p_0^x (1-p_0)^{n-x}$$

ส่วนค่าคาดหวังของช่วงเวลาของการเกิดสาเหตุความผิดปกติของกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างตัวอย่างที่ j^{th} และ $(j+1)^{st}$ จะมีค่าเท่ากับ

$$\tau = \frac{1 - (1+\lambda h)\, e^{-\lambda h}}{\lambda\,(1 - e^{-\lambda h})}$$

ดังนั้นค่าคาดหวังของช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตจะไม่อยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมก่อนที่สัญญาณเตือนจะถูกตรวจพบจะมีค่าเท่ากับ

$$\frac{h}{P} - \tau = \frac{h}{P} - \left[\frac{h}{2} - \frac{\lambda h^2}{12}\right] = h\left[\frac{1}{P} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12}\right]$$

(2.2) ช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างและแสดงผลของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ มีค่าเท่ากับ gn

(3) ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตหยุดการผลิต เป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการตรวจหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้นตามที่กระบวนการผลิตได้ส่งสัญญาณเตือน

$$D_s = A\left(\frac{\alpha}{\lambda h}\right) + D_t + S$$

ดังนั้นค่าคาดหวังของระยะเวลาในหนึ่งรอบการผลิตในกรณีการผลิตแบบ Shutdown process แทนด้วย $E(T_s)$ จะมีค่าเท่ากับ

$$E(T_s) = \frac{1}{\lambda} + h\left(\frac{1}{P} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12}\right) + gn + D_s$$

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งวงจรการผลิตมี 5 ประเภท พิจารณาได้ดังต่อไปนี้

(1) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการสุ่มและการทดสอบตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ

$$(b + cn)\left[\frac{1}{\lambda} + h\left(\frac{1}{P} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12}\right) + gn\right] /\square\square\square\square h$$

(2) ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการค้นหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้น เมื่อกระบวนการผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้น จะมีการส่งสัญญาณเตือน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สัญญาณเตือนที่ถูกและสัญญาณเตือนที่ผิด

(2.1) สัญญาณเตือนที่ถูก เป็นสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นเมื่อความผิดปกติในกระบวนการผลิตเกิดขึ้นจริง มีค่าเท่ากับ $C_1 P$

(2.2) สัญญาณเตือนที่ผิด เป็นสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นเมื่อไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยที่มีค่าเท่ากับ $C_2\alpha$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายโดยรวมของการค้นหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้น มีค่าเท่ากับ $C_1 P + C_2\alpha$

(3) ค่าใช้จ่ายของการปรับตั้งกระบวนการผลิต จะเกิดขึ้นเมื่อในกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ถูก ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ PW แต่ถ้าในกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ผิด ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งกระบวนการผลิตจะไม่เกิดขึ้น

(4) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมจะเกิดขึ้นเมื่อกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ถูก มีค่าเท่ากับ $PV\left(\frac{h}{P} - \tau + gn\right)$ แต่ถ้ากระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ผิด ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

เนื่องจากกระบวนการผลิตที่ไม่อยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมจะไม่เกิดขึ้น

(5) ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเมื่อกระบวนการผลิตหยุดดำเนินการผลิต จะเกิดขึ้นไม่ว่าสัญญาณเตือนที่จะเป็นสัญญาณเตือนที่ถูกหรือผิด มีค่าเท่ากับ TD_s

ดังนั้นค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายรวม $E(TC_s)$ ต่อหนึ่งรอบการผลิต มีค่าดังนี้

$$E(TC_s) = (b+cn)\left[\frac{\left(\frac{1}{\lambda}+h\left(\frac{1}{P}-\frac{1}{2}+\frac{\lambda h}{12}\right)+gn\right)}{h}\right]+C_1P +C_2\alpha+PW+PV\left[h\left(\frac{1}{P}-\frac{1}{2}+\frac{\lambda h}{12}\right)+gn\right] +TD_s$$

ดังนั้นค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแบบ Shutdown process มีค่าดังนี้

$$E(L_s) = \frac{E(TC_s)}{E(T_s)}$$

เมื่อกำหนดให้ $h = \sqrt{\frac{\alpha(C_1+C_2)+(b+cn)(gn+1)}{\lambda V(\frac{1}{P}-\frac{1}{2})}}$

จากฟังก์ชัน $E(L_s)$ โดยที่ $E(L_s)$ เป็นฟังก์ชันของแผนแบบ n, h และ d ของแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วย ดังนั้นในกรณีที่ต้องการหาค่าการออกแบบที่เหมาะสมสามารถพิจารณาได้จากการหาค่าต่ำสุดของ $E(L_s)$ โดยเปรียบเทียบกับค่าแผนแบบ n, h และ d

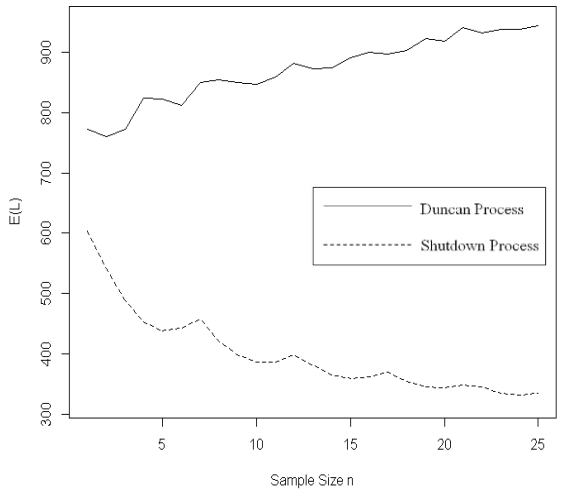
เมื่อทราบค่าแผนแบบ n, h และ d ที่ทำให้มีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตต่ำที่สุดแล้ว จากนั้นก็จะคำนวณหาค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต (α) และค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (β) ตามลำดับ ดังนี้

$$\alpha = 1 - \sum_{x=0}^{d} \binom{n}{x} p_0^x (1-p_0)^{n-x}$$

$$\beta = \sum_{x=0}^{d} \binom{n}{x} p_1^x (1-p_1)^{n-x}$$

6. ผลการวิจัย

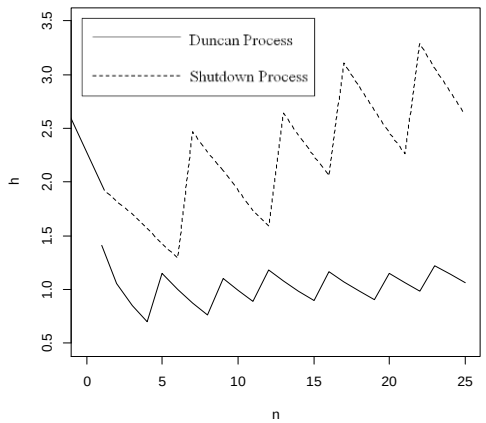
การวิเคราะห์กระบวนการผลิตของการออกแบบทางเศรษฐกิจของแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้า สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้



รูปที่ 1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่มีค่าต่ำที่สุด ในแต่ละขนาดตัวอย่างของการสุ่มตัวอย่างของกระบวนการผลิตแบบ Duncan process และแบบ Shutdown process

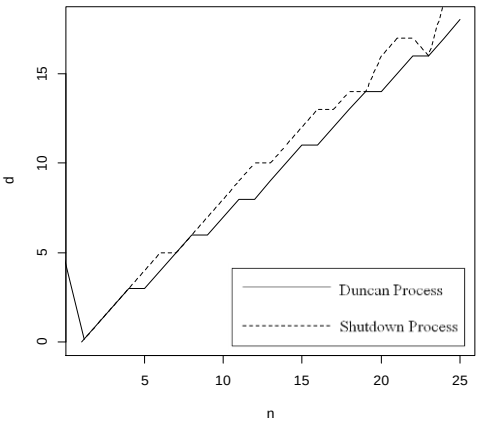
จากรูปที่ 1 จะพบว่าในกรณีกระบวนการผลิตแบบ Duncan process ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่มีค่าต่ำที่สุด คือ แผนแบบที่มีขนาดในการสุ่มตัวอย่าง (*n*) เท่ากับ 2 โดยที่จำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับได้ (*d*) เท่ากับ 0 และช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบ (*h*) เท่ากับ 1.054931473 ชั่วโมง หรือประมาณค่า 1 ชั่วโมง จะทำให้กระบวนการผลิตแบบ Duncan process มีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตเท่ากับ 759.6075 บาท หรือประมาณค่า 760

บาทและในกรณี Shutdown process ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่มีค่าต่ำที่สุด คือ แผนแบบที่มีขนาดในการสุ่มตัวอย่าง (n) เท่ากับ 24 โดยที่จำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับได้ (d) เท่ากับ 19 และช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบ(h) เท่ากับ 2.8431375 ชั่วโมง หรือประมาณค่า 3 ชั่วโมง จะทำให้กระบวนการผลิตแบบ Shutdown process มีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตเท่ากับ 332.2118 บาท หรือประมาณค่า 333 บาท สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อขนาดตัวอย่างของกระบวนการผลิตแบบ Duncan process มีค่าเพิ่มขึ้นค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่มีค่าต่ำที่สุดจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะเดียวกันเมื่อขนาดตัวอย่างของกระบวนการผลิตแบบ Shutdown process มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่มีค่าต่ำที่สุดมีค่าลดลง เมื่อพิจารณากราฟโดยภาพรวมจะพบว่ากระบวนการผลิตแบบ Duncan process มีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่สูงกว่ากระบวนการผลิตแบบ Shutdown process ในทุก ๆ ขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบ



รูปที่ 2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบ ในแต่ละขนาดตัวอย่างของการสุ่มตัวอย่างของกระบวน การผลิตแบบ Duncan process และแบบ Shutdown process

จากรูปที่ 2 อธิบายได้ว่ากระบวนการผลิตแบบ Duncan มีช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบน้อยกว่ากระบวนการผลิตแบบ Shutdown เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น



รูปที่ 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับได้ ในแต่ละขนาดตัวอย่างของการสุ่มตัวอย่างของกระบวนการผลิตแบบ Duncan process และแบบ Shutdown process

จากรูปที่ 3 อธิบายได้ว่าเมื่อขนาดตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบมีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย จะทำให้จำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับได้มีจำนวนเพิ่มขึ้นตามด้วยเช่นกัน และจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับได้ระหว่างกระบวนการผลิตแบบ Duncan กับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown มีจำนวนไม่แตกต่างกันมากนัก

7. วิจารณ์และสรุป

การออกแบบทางเศรษฐกิจของแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้า เมื่อกระบวนการ

ผลิตเป็นแบบ Duncan process กล่าวคือกระบวนการผลิตจะยังคงดำเนินการผลิตต่อไปในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติ และกระบวนการผลิตเป็นแบบ Shutdown process กล่าวคือ กระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้น เป็นการเปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุด เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้า (U chart) มาประยุกต์กับการออกแบบทางเศรษฐกิจที่สามารถทำให้เกิดรายได้สุทธิเฉลี่ยสูงสุดต่อองค์กรธุรกิจ ในการคำนวณค่าคาดหวัง อาจพิจารณาความแปรปรวนเพิ่มเพื่อเป็นการตรวจสอบความแม่นยำของผลการคำนวณค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุด และเนื่องจากการใช้แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้า (U chart) อาจเป็นการยาก เพราะเป็นการควบคุมจำรอยตำหนิ ดังนั้นจึงสามารถใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P chart) หรือแผนภูมิอื่น ๆ

ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดของการออกแบบทางเศรษฐกิจของแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิต่อหน่วยสินค้าระหว่าง กระบวนการผลิตแบบ Duncan process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown process สรุปผลได้ว่ากระบวนการผลิตแบบ Shutdown process มีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำกว่ากระบวนการผลิตแบบ Duncan process นอกจากนั้นกระบวนการผลิตแบบ Duncan process มีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุ่มมาตรวจสอบและมีจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่ยอมรับได้ มีขนาดเล็กกว่า กระบวนการผลิตแบบ Shutdown process และหากพิจารณาถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบจะพบว่า กระบวนการผลิตแบบ Duncan process มีความถี่ของช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบมากกว่า กระบวนการผลิตแบบ Shutdown process

8. เอกสารอ้างอิง

ไกรศักดิ์ ตั้งมั่นธนบวร, 2551, แผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไกรศักดิ์ ตั้งมั่นธนบวร และจิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์, 2550, รูปแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผ่านไม่ผ่าน, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, แหล่งที่มา : http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2553/inma0253ml_bib.pdf.

สุธาสินี โพธิจันทร์, 2550, การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแผนภูมิควบคุมคุณภาพโดยอาศัยกลวิธีพื้นผิวตอบสนอง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Acheson, J., Duncan, A.J., 1956, The economic design of $\bar{x}$ charts used to maintain current control of a process, J. Am. Stat. Assoc. 51: 228.

Economic Design of Control Chart, Focus Economics, Economic Forecasts from the World's Leading Economists, from http://www.docstoc.com/docs/4876715/Chapter-2-Economic-Design-of-Control-Charts, Retrieved November 20, 2012.

Girshick, M.A. and Rubin, H., 1952, The large-sample power of tests based on permutetions of observations, Ann. Math. Stat. 23:

175.

Thilakarathne, L.R. and Daundasekera, W.B., 2009, Economic design of fraction non-confirming quality control chart, Ceylon, J. Sci. Phys. Sci. 15: 71-78.