

บทที่ 3

ข้อตกลงเบื้องต้น

3.1 ข้อสมมุติของกระบวนการผลิตในการกำหนดแผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุม จำนวนผลิตภัณฑ์เสีย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาลักษณะการผลิตระหว่างกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ซึ่งในการเลือกใช้ลักษณะการผลิตแบบใดก็ตามจำเป็นต้องมีข้อกำหนดข้อสมมุติต่าง ๆ ของการผลิต ทั้งนี้เนื่องจากว่าในแต่ละการผลิตจะมีความแตกต่างกันออกไป อาทิเช่น การเลือกใช้กระบวนการผลิต การกำหนดวงจรการผลิต การกำหนดค่าใช้จ่ายในการผลิต เป็นต้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้กำหนดข้อสมมุติต่าง ๆ ของลักษณะการผลิตของกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ได้ดังต่อไปนี้

3.1.1 กระบวนการผลิต

งานวิจัยนี้จะพิจารณากระบวนการผลิต ที่มีการตรวจสอบด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นเดียวตามแผนแบบที่กำหนดไว้ ซึ่งในแผนแบบดังกล่าวจะพิจารณาถึงการสุ่มตัวอย่างทุก ๆ ชั่วโมงในกระบวนการผลิต และในกรณีที่คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เข้ารับการตรวจสอบเป็นไปตามขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Specification limits) แล้วจะถือว่าผลิตภัณฑ์ชิ้นนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ดี ในทางตรงกันข้าม ถ้าคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เข้ารับการตรวจสอบไม่เป็นไปตามขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Specification limits) แล้วจะถือว่าผลิตภัณฑ์ชิ้นนั้นเป็นผลิตภัณฑ์เสีย หลังจากนั้นจะทำการพล็อตจุดตามค่าของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างลงบนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่มีอยู่แล้ว ซึ่งแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียจะประกอบด้วย ขีดจำกัดควบคุมบน ขีดจำกัดควบคุมล่างและเส้นกลาง

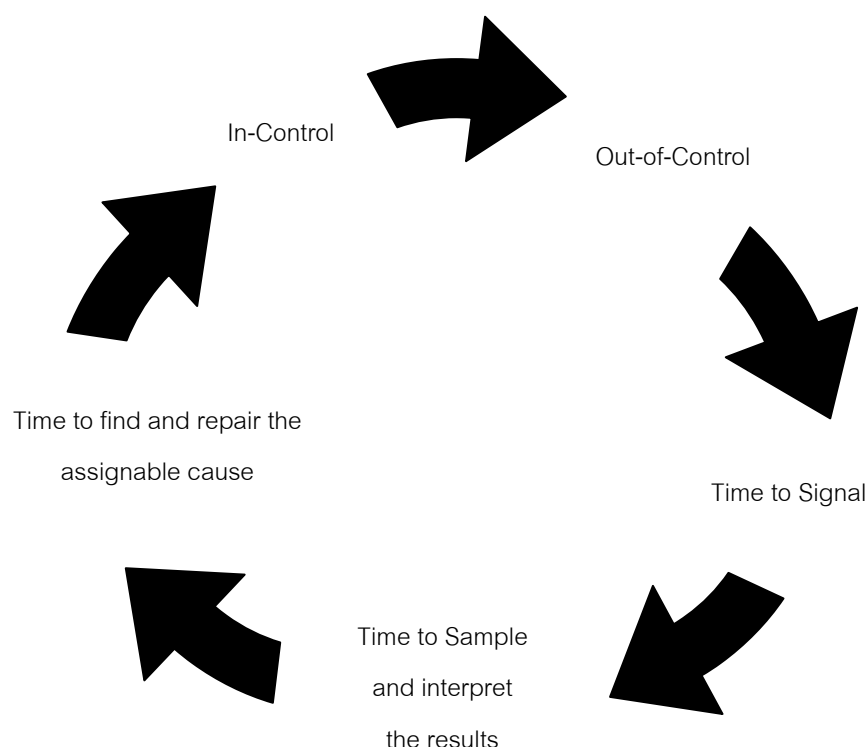
ขีดจำกัดควบคุมบนจะแสดงถึงจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้ ในขณะที่ขีดจำกัดควบคุมล่างจะมีค่าเท่ากับศูนย์ และเส้นกลางมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียต่อจำนวนการสุ่มตัวอย่าง โดยค่าเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียนี้เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณจากข้อมูลชุดก่อน และจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าควบคุมกลางก็ต่อเมื่อค่าเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียต่อจำนวนการสุ่มตัวอย่างมีค่าเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ

ถ้าจุดที่พล็อตลงบนแผนภูมิควบคุมไม่แสดงถึงความผิดปกติ กล่าวคือ จุดที่พล็อตลงบนแผนภูมิควบคุมไม่มีจุดใดตกอยู่นอกช่วงขอบเขตการควบคุม กระบวนการผลิตก็จะดำเนินการผลิตต่อไป แต่ถ้าจุดที่พล็อตลงบนแผนภูมิควบคุมตกออกนอกเส้นขอบเขตการควบคุมแสดงว่ากระบวนการผลิตอาจเกิดความผิดปกติ ถ้ากระบวนการผลิตเกิดความผิดปกติจะกำหนดให้การเกิดความผิดปกติมีเพียงสาเหตุเดียว (Single Assignable Cause) โดยช่วงเวลาระหว่างการเกิดความผิดปกติเป็นไปตามการแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson Process) ซึ่งมีจำนวนครั้งของการเกิดความผิดปกติในการผลิตเป็น λ ครั้งต่อหน่วยเวลา ดังนั้นช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตจะยังคงอยู่ในสภาวะการควบคุมเป็นไปตามตัวแปรสุ่มแบบชี้กำลัง (Exponential Random Variable)

งานวิจัยนี้จะให้ความสำคัญในด้านของคุณภาพ ดังนั้นจึงได้แบ่งกระบวนการผลิตออกเป็น 2 สภาวะ ประกอบไปด้วย สภาวะการผลิตที่อยู่ในการควบคุมและสภาวะการผลิตที่ไม่อยู่ในการควบคุม โดยที่สภาวะการผลิตที่อยู่ในการควบคุม หมายถึง สภาวะที่จำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างมีค่าระหว่างขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่าง และสภาวะที่ไม่อยู่ในการควบคุม หมายถึงจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างมีค่ามากกว่าขีดจำกัดบน เนื่องจากสภาวะทั้งสองเกิดขึ้นสลับกันอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นในการพิจารณาจะพิจารณาเป็นลักษณะของวงจร ซึ่งเรียกว่า วงจรการผลิต

3.1.2 วงจรการผลิต

ในวงจรการผลิตแต่ละวงจรการผลิต จะเริ่มต้นที่กระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะการควบคุม จนกว่าการตรวจสอบจะตรวจพบว่าจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างบนแผนภูมิควบคุมมีค่าตกออกนอกขีดจำกัดควบคุมบน ซึ่งหมายถึง กระบวนการผลิตเปลี่ยนแปลงไปสู่กระบวนการผลิตที่ไม่อยู่ในสภาวะการควบคุม หลังจากนั้นจะเข้าสู่การค้นหาสาเหตุความผิดปกติของกระบวนการผลิตพร้อมทั้งแก้ไขกระบวนการผลิตให้กลับเข้าสู่สภาวะการควบคุมอีกครั้ง ซึ่งถือเป็นจุดสิ้นสุดของวงจรการผลิต หลังจากนั้นการผลิตก็จะเริ่มต้นวงจรการผลิตใหม่ดังแสดงให้เห็นได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 แสดงถึงลักษณะทั่วไปของวงจรการผลิต

จากภาพที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าการดำเนินการตามวงจรการผลิตที่กำหนดไว้สิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณา คือ ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3.1.3 ค่าใช้จ่าย

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า งานวิจัยนี้จะให้ความสำคัญกับด้านคุณภาพ ดังนั้น ค่าใช้จ่ายที่จะพิจารณาในงานวิจัยนี้ จึงเป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการด้านคุณภาพเท่านั้น ส่วนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการผลิตอื่น ๆ นั้น กำหนดให้มีค่าคงที่ต่อหน่วยซึ่งค่าใช้จ่ายที่พิจารณาในงานวิจัยนี้หมายถึงรวมถึง

3.1.3.1 ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการสุ่มและการทดสอบขนาดตัวอย่าง

3.1.3.2 ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการสืบสาวถึงสาเหตุของการเตือนที่เกิดขึ้นบนแผนภูมิควบคุม

3.1.3.3 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาวะการผลิตไม่อยู่ในสภาวะการควบคุม

3.1.3.4 ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเมื่อสภาวะการผลิตหยุดดำเนินการผลิต

3.1.3.5 ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งกระบวนการผลิตในกรณีที่กระบวนการผลิตจะยังคงดำเนินการผลิตต่อไปในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติ

3.1.3.6 ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งกระบวนการผลิตในกรณีที่กระบวนการผลิตหยุดการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติ

ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มและการทดสอบ หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่าง ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบตัวอย่าง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมข้อมูล และ ค่าใช้จ่ายในการพล็อตจำนวนผลิตภัณฑ์เสียลงบนแผนภูมิควบคุม ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มและการทดสอบนี้สามารถ แบ่งออกได้เป็นค่าใช้จ่ายแบบคงที่ (Fixed Cost) และค่าใช้จ่ายแบบแปรผัน (Variable Cost) โดยกำหนดให้ b เป็นค่าใช้จ่ายแบบคงที่ของการสุ่มและการทดสอบตัวอย่างทั้งหมดและ c เป็นค่าใช้จ่ายแบบแปรผันของการสุ่มและการทดสอบต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดจากการสุ่มและการทดสอบตัวอย่างขนาด n หน่วย จะมีค่าเท่ากับ $b + cn$ ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นตรง

ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสืบสาวถึงสาเหตุของการเตือนที่เกิดขึ้นบนแผนภูมิควบคุมจะเกิดขึ้นในกรณีที่ปริมาณผลิตภัณฑ์เสียตกออกนอกช่วงขอบเขตการควบคุม ซึ่งในกรณีนี้จะเป็นการส่งสัญญาณเตือนว่ากระบวนการผลิตเกิดความผิดปกติ ซึ่งสัญญาณเตือนนั้น แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ประเภทที่หนึ่ง คือสัญญาณเตือนที่ถูกต้อง (True alarm) และประเภทที่สอง คือสัญญาณเตือนที่ผิด (False alarm)

สัญญาณเตือนที่ถูกต้อง (True alarm) หมายถึง สัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นเมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ในสภาวะการควบคุมและสัญญาณเตือนที่ผิด (False alarm) หมายถึง สัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นเมื่อกระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะการควบคุม

ในการพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสืบสาวถึงสาเหตุของการเตือน ที่เกิดขึ้นบนแผนภูมิควบคุมได้มีการพิจารณาที่แตกต่างกันออกไป อาทิเช่น พิจารณาให้ค่าใช้จ่ายในการสืบสาวถึงการเกิดสัญญาณเตือนที่ถูกต้อง (True Alarm) มีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายในการสืบสาวถึงการเกิดสัญญาณเตือนที่ผิด (False Alarm) หรืออาจพิจารณาให้ค่าใช้จ่ายในการสืบสาวถึงการเกิดสัญญาณเตือนที่ถูกต้อง (True Alarm) มีค่าแตกต่างไปจากค่าใช้จ่ายในการสืบสาวถึงการเกิดสัญญาณเตือนที่ผิด (False Alarm) ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นการพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสืบสาวถึงสาเหตุของการเตือนที่เกิดขึ้นบนแผนภูมิ ในกรณีที่ค่าใช้จ่ายในการสืบสาวถึงการเกิด

สัญญาณเตือนที่ถูกต้อง (True Alarm) มีค่าแตกต่างไปจากค่าใช้จ่ายในการสืบสาวถึงการเกิดสัญญาณเตือนที่ผิด (False Alarm)

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาวะการผลิตไม่อยู่ในสภาวะการควบคุม หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมด เมื่อกระบวนการผลิตเปลี่ยนจากสภาวะการผลิตที่อยู่ในสภาวะการควบคุมไปสู่สภาวะการผลิตที่ไม่อยู่ในสภาวะการควบคุม

ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเมื่อสภาวะการผลิตหยุดดำเนินการผลิต คือ ค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ในกรณีที่กระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติและทำการแก้ไขกระบวนการผลิตที่ไม่อยู่ในสภาวะการควบคุมให้กับมาอยู่ในสภาวะการควบคุมอีกครั้ง

ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งกระบวนการผลิตในกรณีที่กระบวนการผลิตจะยังคงดำเนินการผลิตต่อไปในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติ ค่าใช้จ่ายนี้เป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการแก้ไขให้กระบวนการผลิตที่ไม่อยู่ในสภาวะการควบคุมให้กลับมาอยู่ในสภาวะการควบคุม โดยจะพิจารณาค่าใช้จ่ายประเภทนี้ ในกรณีที่กระบวนการผลิตจะยังคงดำเนินการผลิตต่อไปในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติและทำการแก้ไขให้กระบวนการผลิตที่ไม่อยู่ในสภาวะการควบคุมให้กลับมาอยู่ในสภาวะการควบคุมอีกครั้ง

ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งกระบวนการผลิตในกรณีที่กระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติ ค่าใช้จ่ายนี้เป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการแก้ไขให้กระบวนการผลิตที่ไม่อยู่ในสภาวะการควบคุมให้กลับมาอยู่ในสภาวะการควบคุม โดยจะพิจารณาค่าใช้จ่ายประเภทนี้ ในกรณีที่กระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติและทำการแก้ไขให้กระบวนการผลิตที่ไม่อยู่ในสภาวะการควบคุมให้กลับมาอยู่ในสภาวะการควบคุมอีกครั้ง

3.2 ตัวแปรที่ศึกษา

สัญลักษณ์และความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีดังนี้

n	คือ ขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบ
h	คือ ช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบ
d	คือ จำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้
α	คือ ความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's Risk)
β	คือ ความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's Risk)
P	คือ โอกาสที่ผลของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบชี้ให้เห็นว่าสถานะการผลิตไม่อยู่ในสถานะการควบคุมเมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ในช่วงระหว่างการควบคุม
p_0	คือ อัตราส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียเมื่อกระบวนการผลิตอยู่ในช่วงระหว่างการควบคุม
p_1	คือ อัตราส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียเมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ในช่วงระหว่างการควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ $p_1 = p_0 + 3\sqrt{p_0(1-p_0)}$
np_0	คือ เส้นควบคุมกลาง (ค่าเฉลี่ย) ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย
np_1	คือ เส้นควบคุมบนของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียโดยมีค่าเท่ากับ $np_0 + 3\sqrt{np_0(1-p_0)}$
λ	คือ จำนวนการเกิดความผิดปกติในการผลิตต่อชั่วโมง
A	คือ เวลาที่ใช้ในการค้นหาการเกิดการเตือนในแต่ละครั้ง
τ	คือ เวลาของการเกิดสาเหตุความผิดปกติของกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างตัวอย่างที่ j และ $j+1$
g	คือ เวลาระหว่างที่สุ่มตัวอย่างหนึ่ง ๆ มาทำการพล็อตค่าลงบนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามขนาดตัวอย่าง ดังนั้นความล่าช้าของการสุ่มและการพล็อตค่า ๆ หนึ่งลงบนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ gn
D_d	คือ เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสาเหตุความผิดปกติและทำการแก้ไขกระบวนการผลิตหลังจากที่พบว่ามีความผิดปกติเสียมากกว่าที่กำหนดไว้หรือช่วงเวลาที่มียุคหนึ่งซึ่งพล็อตค่าลงบนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียตกออกนอกขอบเขตควบคุมสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

D_s	คือ เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสาเหตุความผิดปกติและทำการแก้ไขกระบวนการผลิตหลังจากที่พบว่ามีความผิดปกติที่เสียมากกว่าที่กำหนดไว้หรือช่วงเวลาที่มึจุด ๆ หนึ่งที่พล็อตค่าลงบนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียตกนอกขอบเขตควบคุมสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process
D_t	คือ เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสาเหตุความผิดปกติและทำการแก้ไขกระบวนการผลิตหลังจากที่พบว่ากระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ถูกต้อง
S	คือ เวลาในการปรับตั้งกระบวนการผลิตใหม่เพื่อให้การผลิตเข้าสู่สภาวะการควบคุมอีกครั้ง
b	คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อตัวอย่างในการสุ่มและแสดงผลบนแผนภูมิควบคุม
c	คือ ค่าใช้จ่ายแปรผันในแต่ละหน่วยของการสุ่มและแสดงผลบนแผนภูมิควบคุม
C_1	คือ ค่าใช้จ่ายของการสืบสาวในแต่ละครั้งของการเกิดสัญญาณเตือนที่ถูกต้อง
C_2	คือ ค่าใช้จ่ายของการสืบสาวในแต่ละครั้งของการเกิดสัญญาณเตือนที่ผิด
V	คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อกระบวนการผลิตเปลี่ยนจากช่วงที่อยูในการควบคุมไปสู่ช่วงที่ไม่อยูในการควบคุม
W	คือ ค่าใช้จ่ายของการปรับตั้งกระบวนการผลิต
T	คือ ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเมื่อสภาวะการผลิตหยุดดำเนินการผลิต
$E(T_{duncan \text{ process}})$	คือ ค่าคาดหวังของระยะเวลาของหนึ่งวงจรการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process
$E(TC_{duncan \text{ process}})$	คือ ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายรวมต่อวงจรการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process
$E(L_{duncan \text{ process}})$	คือ ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตสำหรับกระบวนการ ผลิตแบบ Duncan Process
$E(T_{shutdown \text{ process}})$	คือ ค่าคาดหวังของระยะเวลาของหนึ่งวงจรการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process
$E(TC_{shutdown \text{ process}})$	คือ ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายรวมต่อวงจรการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process
$E(L_{shutdown \text{ process}})$	คือ ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process