

การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรเดี่ยวโดยใช้ผลรวมเวลากระบวนการและวันกำหนดส่งต่ำสุด  
เพื่อให้เวลาล่าช้าโดยรวมต่ำที่สุด

**Production Scheduling Assignment on a Single Machine by Using the Minimum Sum of Processing  
Time and Due Date to Minimize Total Tardiness Time**

ประเสริฐ อินประเสริฐ  
อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

235 ถนนเพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10163 Prasert\_Inp@yahoo.com

**บทคัดย่อ**

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอกฎการจัดตารางการผลิตแบบใหม่สำหรับเครื่องจักรเดี่ยว ตารางการผลิตที่ได้จะมีผลรวมเวลาล่าช้าที่ต่ำเป็นจุดประสงค์หลัก และผลรวมเวลาไหลของงานที่ต่ำเป็นจุดประสงค์รอง โดยการใช้ผลรวมเวลากระบวนการและวันกำหนดส่งเข้าด้วยกันเป็นตัวพิจารณาในการจัดตาราง งานจะถูกจัดลำดับจากการเพิ่มขึ้นของผลรวมที่ได้ งานที่มีผลรวมน้อยที่สุดจะเป็นลำดับแรก งานที่มีผลรวมมากที่สุดจะเป็นลำดับสุดท้าย จากการทดสอบการจัดตารางพบว่าผลรวมเวลาล่าช้าของงานมีค่าน้อยเท่ากับการจัดตารางโดยการใช้กฎของวิลเคอร์สัน-เออร์วิน นอกจากนี้ผลรวมเวลาไหลของงานทั้งหมดที่ได้จากกฎนี้จะอยู่ระหว่างการไหลของเวลาที่สั้นที่สุดและกฎวันกำหนดส่งที่เร็วที่สุด

ซึ่งกฎการจัดตารางแบบใหม่ที่ได้นำเสนอนี้เป็นวิธีการคำนวณที่ง่ายและรวดเร็วอย่างมาก จึงเป็นทางเลือกใหม่ในการนำไปใช้การจัดตารางการผลิต

**คำสำคัญ:** การจัดตารางการผลิต, เวลากระบวนการ, เวลาล่าช้า, เวลาไหลของงาน, ผลรวมเวลากระบวนการและวันกำหนดส่ง

**Abstract**

This paper presents the new rule of production scheduling assignment for a single machine. The major objective of production scheduling is to obtain the minimum total tardiness time and the minor objective of production scheduling is to obtain the minimum total flow time by using the summation of processing time and due date of each job as a scheduling consideration. Jobs are sequenced by the result of summation in ascending order: the job with minimum result will be the first and the job with maximum result will be the last on the schedule. The result from testing the production scheduling indicates that the minimum value of the total tardiness time is equal to the schedule assignment from Wilkerson-Irwin rule. And the total flow time of this rule falls between the rule of shortest processing time and the rule of earliest due date.

Since this new production scheduling assignment rule makes the calculation easier and faster, so it is considered to be the new better way of production scheduling assignment.

**Keyword:** production scheduling assignment, processing time, due date, Flow time, sum of a processing time and a due date, MinSumPDD

## 1. บทนำ

การจัดตารางการผลิตจะกระทำหลังจากได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าหรือจากการพยากรณ์ความต้องการสินค้า[3] ซึ่งจะเป็นผลต่อเนื่องไปยังกิจกรรมอื่นๆที่ต้องเตรียมก่อนการผลิต เช่นการสั่งซื้อวัตถุดิบ, การคงคลังวัตถุดิบ, การวางแผนบุคลากรการผลิต ฯลฯ กิจกรรมระหว่างการผลิต เช่นการจัดตารางการซ่อมบำรุง, การควบคุมคุณภาพ, การควบคุมการผลิต ฯลฯ และเป็นผลถึงกิจกรรมหลังการผลิต เช่นการจัดส่งสินค้า, การคงคลังสินค้า, การวางแผนบุคลากรจัดส่งสินค้า ฯลฯ

โดยทั่วไปแล้วการจัดตารางการผลิตเป็นไปเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ในการผลิตสินค้าได้ครบตามจำนวนที่ต้องการ, จัดส่งตรงเวลาที่กำหนด และมีคุณภาพตามมาตรฐาน โดยมีเป้าหมายที่ต้นทุนการดำเนินงานต่ำ

การจัดตารางการผลิตเพื่อให้ผลรวมเวลาล่าช้าต่ำที่สุดถือได้ว่าเป็นเทคนิคขั้นสูงสำหรับการจัดตารางจำนวน  $n$  งาน ลงเครื่องจักร  $1$  เครื่อง หรือแบบจำลองเครื่องจักรเดี่ยว ซึ่งปัญหานี้ถูกจัดอยู่ในประเภทเอ็นพีแบบยาก(NP-Hard)[4,5,6] ได้มีผู้วิจัยคิดค้นหาวิธีการและกฎต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาไว้อย่างมากมาย แต่วิธีที่ยอมรับและใช้กันโดยทั่วไปคือ ไดนามิกโปรแกรมมิ่ง(Dynamic Programming)[2] และวิธีของ Wilkerson-Irwin[1]

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอกฎการจัดตาราง (Scheduling assignment rule) แบบใหม่ เพื่อให้การส่งมอบสินค้าหรือบริการได้ตรงตามกำหนดเวลาเป็นจุดประสงค์หลักซึ่งตัวชี้วัดคือเวลาล่าช้า(Tardiness) ทำให้ลดความไม่พึงพอใจจากการส่งงานสายให้แก่ลูกค้าได้ โดยมีต้นทุนการดำเนินงานต่ำเป็นจุดประสงค์รองซึ่งตัวชี้วัดเวลาไหลของงาน(Flow time) ในการผลิตหรือบริการ ทำให้ตอบสนองด้านราคาที่ดีให้กับลูกค้าหรือแข่งขันราคากับผู้ผลิตรายอื่นได้

## 2. กฎการจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรเดี่ยว

ในที่นี้จะกล่าวถึงกฎการจัดตารางการผลิตแบบพื้นฐานต่างๆ ในกรณีที่งานแต่ละชิ้นมีผลตอบแทนเท่ากัน ซึ่งทำให้สามารถพิจารณาในเทอมของเวลาเท่านั้น การจัดลำดับงานวิธีใดจะให้ผลดีในวัตถุประสงค์หนึ่งแต่อาจจะให้ผลเสียกับอีกวัตถุประสงค์หนึ่งก็เป็นไปได้

### 2.1 ลำดับการจัดตารางการผลิตจากวันกำหนดส่งที่เร็วที่สุดก่อน(EDD: Earliest Due Date)[7]

โดยการจัดลำดับดังนี้

$$d_1 \leq \dots \leq d_i \leq \dots \leq d_n$$

เมื่อ  $d_1, d_i, d_n$  - ลำดับเวลากำหนดส่งงานแต่ละงานหลัง

จากจัดตารางแล้ว

ผลที่ได้การจัดตารางแบบนี้ทำให้ลดเวลาสายของงานที่มากที่สุดได้ ซึ่งลดความไม่พึงพอใจจากการส่งงานสายของลูกค้าที่รอนานมากที่สุดได้หรือมุ่งขจัดการรอนานจากลูกค้าที่นานที่สุดลดลงได้ ซึ่งตัวชี้วัดคือ

$$\min \{T_{\max}\}$$

เมื่อ  $T_{\max}$  - เวลาล่าช้าของงาน(c-d) สูงสุด

c - เวลาเสร็จงาน

ถ้างานเสร็จก่อนกำหนดจะให้ค่าเป็น 0

ถ้างานเสร็จหลังกำหนดจะให้ค่าเป็น +

### 2.2 ลำดับการจัดตารางการผลิตจากเวลาระบวนการที่สั้นที่สุดก่อน(SPT: Shortest Processing Time)[7]

โดยการจัดลำดับดังนี้

$$t_1 \leq \dots \leq t_i \leq \dots \leq t_n$$

เมื่อ  $t_1, t_i, t_n$  - ลำดับเวลาระบวนการแต่ละงานหลังจาก

จัดตารางแล้ว

ผลที่ได้การจัดตารางแบบนี้ทำให้เวลาโดยเฉลี่ยของการผลิตต่อชิ้นงานลดได้ หรือเป็นไปได้ว่างานใดที่ใช้เวลาทำมากอาจจะไม่ได้อยู่ในตารางการผลิตเลย ถ้ามีงานที่ใช้เวลาในการปฏิบัติน้อยกว่าแทรกเข้ามา ซึ่งเป็นผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงและเพิ่มผลกำไรได้มากที่สุด ซึ่งตัวชี้วัดคือ

$$\min \{\Sigma F\}$$

เมื่อ  $\Sigma F$  - ผลรวมเวลาไหลของงาน(Flow time) ทั้งหมด

### 2.3 ลำดับการจัดตารางการผลิตจากเวลาที่เหลืออยู่ น้อยที่สุดก่อน(MST: Minimum Slack Time)[2]

โดยการจัดลำดับดังนี้

$$S_1 \leq \dots \leq S_i \leq \dots \leq S_n$$

เมื่อ  $S_1, S_i, S_n$  - ลำดับเวลาที่เหลืออยู่(d-t)แต่ละงาน  
หลังจากจัดตารางแล้ว

ผลที่ได้การจัดตารางแบบนี้ทำให้มั่นใจได้ว่าจะมีเวลา  
เสร็จของงานได้ก่อนกำหนดที่มากที่สุด แต่ก็เป็นไปได้ว่า  
งานใดที่ใกล้กำหนดส่งมากที่สุดแต่ใช้เวลาในการทำงาน  
นานที่สุดจะถูกจัดเป็นอันดับต้นๆของตาราง ดังนั้นจึงวาง  
สมรรถนะกฎ STP (Anti-SPT Performance)  
ซึ่งเป็นผลให้กำไรน้อยลงแต่ก็ลดเวลารอคอยของลูกค้าได้ดี  
ซึ่งตัวชี้วัดคือ

$$\max \{ \Sigma L \}$$

เมื่อ  $\Sigma L$  - ผลรวมเวลาสายของงาน(Lateness)

ถ้างานเสร็จก่อนกำหนดจะให้ค่าเป็น +

ถ้างานเสร็จหลังกำหนดจะให้ค่าเป็น -

### 2.4 ลำดับการจัดตารางการผลิตจากอัตราส่วนเวลา ลำดับเวลาที่เหลืออยู่ต่อเวลากระบวนการที่น้อยที่สุด ก่อน(SLACK/PT: Smallest Ratio Slack Time per Processing Time)[2]

โดยการจัดลำดับดังนี้

$$s_1/t_1 \leq \dots \leq s_i/t_i \leq \dots \leq s_n/t_n$$

เมื่อ  $s_1/t_1, s_i/t_i, s_n/t_n$  - อัตราส่วนเวลาลำดับเวลาที่  
เหลืออยู่ต่อเวลากระบวนการ  
แต่

ละงานหลังจากจัดตารางแล้ว

ผลที่ได้การจัดตารางแบบนี้เป็นเช่นเดียวกับ MST  
ดังนั้นจึงมีพฤติกรรมวางสมรรถนะกฎ STP (Anti-  
SPT Performance) แต่ถูกกระทำให้มั่นใจได้ว่าเวลา  
กระบวนการที่ยาวนานมีโอกาสคลาดเคลื่อนจากความ  
ผิดพลาดในการปฏิบัติงานมากกว่า ซึ่งเป็นผลให้อาจจะส่ง  
งานไม่ทันกำหนดได้

### 2.5 ลำดับการจัดตารางการผลิตโดยวิธีของ Wilkerson-Irwin[1]

โดยพิจารณาที่ละ 3 ลำดับงานอย่างต่อเนื่องกันไป ซึ่ง  
มีลำดับการพิจารณาอย่างซับซ้อน 4 ขั้นตอน ซึ่งตัวชี้วัดคือ

$$\min \{ \Sigma T \}$$

เมื่อ  $\Sigma T$  - ผลรวมเวลาล่าช้าของงาน

### 3.กฎการรวมเวลากระบวนการและวันกำหนดส่ง

เนื่องจากงานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่  
มีเป้าหมายในการจัดตารางเพื่อลดผลรวมเวลาล่าช้าของ  
งานทั้งหมด( $\min \{ \Sigma T \}$ ) และลดผลรวมเวลาไหลของ  
งาน( $\min \{ \Sigma F \}$ ) ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ว่าเวลา  
ล่าช้าของงานที่เกิดขึ้นเนื่องจากตัวแปรใดบ้าง และ  
ผลกระทบจากการใช้กฎพื้นฐานในการพิจารณา

#### 3.1 ผลเสียจากการเลือกใช้กฎ STP เท่านั้น

จากนิยามเวลาล่าช้าของงานคือเวลาที่เสร็จงานเกิน  
กว่าเวลาที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าจะจัดงานที่ใช้  
เวลากระบวนการที่น้อยที่สุดก่อนลงตารางการผลิตก่อน  
(SPT) เพื่อเร่งจำนวนงานให้เสร็จก่อนกำหนดเป็นจำนวน  
มากจะได้มีเวลาที่เสร็จช้ากว่ากำหนดน้อยลง แต่ว่าแนวคิดนี้  
งานที่ปฏิบัติที่ใช้เวลาน้อยที่สุดอาจเป็นงานที่เสียเวลาอีก  
นานจะถึงกำหนดส่งก็เป็นไปได้ ซึ่งจะทำให้เวลาล่าช้าไป  
ปรากฏที่ท้ายตารางโดยเฉพาะเมื่องานที่ท้ายตารางการผลิต  
จะเป็นงานที่มีกำหนดส่งเร็วที่สุดแต่ใช้เวลากระบวนการ  
นานที่สุด

ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่ายังคงมีงานล่าช้าอยู่ ซึ่งไม่  
สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา  
ถึงแม้ว่าต้นทุนการผลิตหรือบริการจะต่ำมากก็ตาม

#### 3.2 ผลเสียจากการเลือกใช้กฎ EDD เท่านั้น

จากนิยามเวลาล่าช้าของงานคือเวลาที่เสร็จงานเกิน  
กว่าเวลาที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่ให้เริ่มต้นจัดงาน  
ลงตารางการผลิตโดยเป็นงานที่ใกล้จะถึงกำหนดส่งที่เร็ว  
ที่สุดก่อน(EDD) เพื่อป้องกันการส่งงานล่าช้า แต่แนวคิด  
นี้งานที่ใกล้จะถึงกำหนดส่งที่เร็วที่สุดอาจเป็นงานที่ใช้เวลา  
กระบวนการนานที่สุดก็เป็นได้ซึ่งจะทำให้เวลาล่าช้าที่มาก  
ที่สุดเกิดอยู่ที่ต้นตารางการผลิต และโดยกลับกันที่ท้าย  
ตารางการผลิตจะเป็นงานที่มีกำหนดส่งนานที่สุดแต่อาจ  
เป็นงานที่ใช้เวลากระบวนการเร็วที่สุดก็เป็นได้ซึ่งจะทำให้  
เวลาล่าช้าที่น้อยที่สุดเกิดอยู่ที่ท้ายตารางการผลิต

ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าต้นทุนการผลิตหรือบริการอาจ  
สูงมากขึ้นได้เนื่องจากเวลาไหลของงานมีค่ามาก แต่ก็ไม่  
สามารถประกันได้ว่าจะให้ผลรวมเวลาล่าช้าของงานทั้งหมด  
ต่ำที่สุด

### 3.3 ผลจากการรวมเวลาระบวนการและวันกำหนดส่ง (MinSumPDD: Minimum Sum of Processing Time and Due Date)

เนื่องจากการใช้กฎใดเพียงกฎหนึ่งจะไม่ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์การจัดตารางเพื่อลดผลรวมเวลาล่าช้าของงานทั้งหมด ( $\min\{\Sigma T\}$ ) และลดผลรวมเวลาไหลของงาน ( $\min\{\Sigma F\}$ ) ได้สองอย่างพร้อมกันในกรณีทั่วไปได้ แต่จะเป็นไปได้ในกรณีเดียวคืองานที่ใช้เวลาระบวนการที่สั้นที่สุดเป็นงานที่ครบกำหนดส่งก่อนและงานที่มีเวลาระบวนการนานที่สุดเป็นงานที่ครบกำหนดส่งหลังสุดเช่นกัน สำหรับค่าระหว่างกลางนั้นลดสั้นกันไปดังนี้

$$t_1 \leq \dots \leq t_i \leq \dots \leq t_n \text{ และ } d_1 \leq \dots \leq d_i \leq \dots \leq d_n$$

จากเงื่อนไขกรณีนี้ จะเห็นได้ว่าถ้านำเวลาระบวนการบวกกับวันกำหนดส่งเข้าด้วยกันแล้วก็ยังคงทำให้ผลรวมเวลาล่าช้าของงานทั้งหมดและผลรวมเวลาไหลของงานน้อยที่สุดเช่นกัน ดังนั้นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่นำเสนอเขียนได้ดังนี้

$$t_1 + d_1 \leq \dots \leq t_i + d_i \leq \dots \leq t_n + d_n$$

จากแบบจำลองที่นำเสนอจะให้ผลที่ดีในกรณีที่ถ้างานใดใช้เวลากระบวนการที่น้อยที่สุด แต่กำหนดส่งนานที่สุด จะไม่อยู่ในต้นตารางการผลิตหรือท้ายตารางการผลิตอย่างแน่นอน และถ้างานใดใช้เวลากระบวนการที่มากที่สุด แต่กำหนดส่งเร็วที่สุด ก็จะไม่อยู่ในต้นตารางการผลิตหรือท้ายตารางการผลิตอย่างแน่นอนอีกเช่นกัน

แต่อย่างไรก็ตามต้องคำนวณเปรียบเทียบกับกฎการจัดตารางอื่นๆ ที่คิดค้นขึ้นมาว่าได้ผลที่แตกต่างกันอย่างไรบ้าง

### 4. การคำนวณเปรียบเทียบ

ในที่นี้จะทำการจำลองสถานการณ์เพื่อการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างกฎการจัดตารางแบบใหม่กับกฎการจัดตารางแบบอื่นๆ

กำหนดให้โรงงานที่จะต้องจัดลำดับงานจำนวน 8 งาน ใช้เวลาระบวนการและกำหนดส่งงานดังตารางที่ 1 ตารางที่ 1 งานที่ใช้เวลาระบวนการและวันกำหนดส่ง

งาน	เวลาระบวนการ (t)	กำหนดส่งงาน(d)
1	5	15
2	8	10

3	6	15
4	3	25
5	10	20
6	14	40
7	7	45
8	3	50

จากตารางที่ 1 หาผลรวมเวลาระบวนการและกำหนดส่งงานพร้อมทั้งจัดอันดับ MinSumPDD ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 งานที่ใช้เวลาระบวนการ วันกำหนดส่ง และผลรวม

งาน	เวลาระบวนการ+กำหนดส่งงาน(t+d)
2	8+10=18
1	5+15=20
3	6+15=23
4	3+25=28
5	10+20=30
7	14+40=54
8	7+45=52
6	3+50=53

เปรียบเทียบผลที่ได้จากการจัดตารางการผลิตกับกฎการจัดตารางแบบอื่นๆ ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบกฎการจัดตารางแบบต่างๆ

กฎที่ใช้	ลำดับงานในตาราง	$\Sigma T$	$\Sigma F$
EDD	2-1-3-5-4-6-7-8	40	256
SPT	4-8-1-3-7-2-5-6	46	191
MST	2-3-1-5-4-6-7-8	40	257
Wilkerson-Irwin	2-1-3-4-5-7-8-6	32	231
MinSum PDD	2-1-3-4-5-7-8-6	32	231

### 5. วิเคราะห์ผล

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่ากฎการจัดตาราง MinSumPDD มีผลรวมเวลาล่าช้าของงานต่ำเท่ากับวิธีของ Wilkerson-Irwin แต่จากตารางที่ 2 เป็นวิธีการคำนวณสำหรับการจัดตารางตามกฎของ MinSumPDD จะเห็นได้ว่าเป็นวิธีที่ง่ายกว่ามากเมื่อเทียบกับการจัดตารางโดยการใช้กฎของ Wilkerson-

Irwin ซึ่งขั้นตอนการคำนวณจัดตารางของ Wilkerson-Irwin แสดงอย่างละเอียดตาม[1]

นอกจากนี้ยังได้คำนวณเปรียบเทียบผลรวมเวลาไหลของงานทั้งหมดกับวิธีต่างๆไว้ด้วย ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าผลรวมเวลาไหลของงานทั้งหมดไม่ดีกว่าการใช้กฎ SPT แต่ก็ให้ผลที่ดีกว่าการใช้กฎ EDD แต่อย่างไรก็ตามการใช้กฎ MST ให้ผลที่แย่ที่สุดในเรื่องของผลรวมเวลาไหลของงาน ก็เป็นจริงในแง่ที่ว่ากฎ MST เป็น Anti-SPT

## 6. สรุป

จะเห็นได้จากผลการทดสอบกฎการจัดตารางแบบใหม่ โดยใช้ผลรวมเวลากระบวนการและวันกำหนดส่งที่ต่ำสุด โดยงานจะถูกจัดลำดับจากการเพิ่มขึ้นของผลรวมที่ได้ งานที่มีผลรวมน้อยที่สุดจะเป็นลำดับแรก งานที่มีผลรวมมากที่สุดจะเป็นลำดับสุดท้าย มีผลรวมเวลาล่าช้าของงานต่ำเทียบเท่ากับการจัดตารางโดยการใช้กฎของ

Wilkerson-Irwin นอกจากนี้ผลรวมเวลาไหลของงานทั้งหมดจะอยู่ระหว่างการใช้กฎเวลากระบวนการที่สั้นที่สุด และกฎวันกำหนดส่งที่เร็วที่สุด

ซึ่งกฎการจัดตาราง MinSumPDD ที่ได้นำเสนอนี้บรรลุประสงค์หลักการส่งมอบสินค้าหรือบริการได้ตรงตามกำหนดเวลา โดยมีต้นทุนการดำเนินงานต่ำเป็นจุดประสงค์รอง แต่เป็นวิธีการคำนวณที่ง่ายและรวดเร็วกว่ามาก จึงน่าจะเป็นทางเลือกใหม่ในการนำไปใช้ในการจัดตารางการผลิต

## เอกสารอ้างอิง

[1] พิภพ เล้าประจง; “ระบบควบคุมการผลิตเชิงวิศวกรรม”; 2536; พิมพ์ครั้งที่ 5 ; สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย ญี่ปุ่น); หน้า 230-242

[2] ปารเมศ ชูติมา; "เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน"; 2546; จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; หน้า 75-91

[3] Gerhard Planert and Bill Kirchner; 2000; 'Finite Capacity Scheduling'; John Wiley & Sons, Inc; pp 67-91

[4] Potts, C. N. and van Wassenhove, L. N.; 1982; 'A Decomposition Algorithm for the Single Machine Total Tardiness

Problem'; Operation Research Letters; Vol.1; pp 177-181

[5] Potts, C. N. and van Wassenhove, L. N. ; 1985; 'A Branch and Bound Algorithm for the Total Wighted Tardiness Problem'; Operation Research Letters; Vol.33; pp 363-377

[6] Potts, C. N. and van Wassenhove, L. N.; 1987; 'Dynamic Programming and Decomposition Approaches for the Single Machine Total Tardiness Problem'; European Journal of Operational Research; Vol.32; pp 405-414

[7] Steven Nahmias; 2005; 'Production and Operations Analysis'; Fifth Edition; Santa Clara University; McGraw-Hill, Inc; pp 409-418

## ประวัติผู้เขียน

นายประเสริฐ อินประเสริฐ

- ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร เน้น Agricultural Process ปีการศึกษา 2526



มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กว. อุตสาหกรรม)

- ปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรม  
เครื่องกล เน้น **Thermal process** ปีการศึกษา  
2535 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
(กว. เครื่องกล)