

Final Examination

First Semester for Academic Year of 2005

206521: Linear Optimization

ข้อสังเกต: เนื่องจากใน Constraint (3) ที่เป็นส่วนของเวลาการทำงานของคนทำงาน 4 คน ซึ่งทำงานคนละ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (The company employs four workers, who work 40 hours per week.) แสดงว่า ใน 1 สัปดาห์ มีกำลังแรงงานทั้งสิ้น $4 \times 40 = 160$

แต่จาก สมการ LP ที่อาจารย์ให้มาเป็น 60 ผมจึงจำเป็นต้องแก้ไขให้ถูกต้องตามหลักความเป็นจริง คือ 160 จึงเรียนให้อาจารย์ทราบไว้ก่อนพิจารณาคำตอบครับ

ปัญหา LP เป็นดังนี้

$$\text{Max } z = 15 P1 + 8 P2 - 6 (OT) - 1.5 RM - A1 - A2$$

Subject to

$$P1 - 10 A1 \leq 50 \quad (1)$$

$$P2 - 15 A2 \leq 60 \quad (2)$$

$$0.75 P1 + 0.5 P2 - (OT) \leq 160 \quad (3)$$

$$2 P1 + P2 - RM \leq 0 \quad (4)$$

$$RM \leq 400 \quad (5)$$

$$A1 + A2 \leq 100 \quad (6)$$

$$1.5 P1 + 0.8 P2 \leq 320 \quad (7)$$

All variables nonnegative

การใส่ค่าในโปรแกรม Win QSB

Variable -->	P1	P2	OT	RM	A1	A2	Direction	R. H. S.
Maximize	15	8	-6	-1.5	-1	-1		
b1	1				-10		<=	50
b2		1				-15	<=	60
b3	0.75	0.5	-1				<=	160
b4	2	1		-1			<=	0
b5				1			<=	400
b6					1	1	<=	100
b7	1.5	0.8					<=	320
LowerBound	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

คำตอบ

$$\text{MAX } Z = 2,427.667$$

$$P1 = 160$$

$$P2 = 80$$

$$OT = 0$$

$$RM = 400$$

$$A1 = 11$$

$$A2 = 1.33$$

ตาราง Sensitivity of Win QSB

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	P1	160.0000	15.0000	2,400.0000	0	basic	14.4667	15.9667
2	P2	80.0000	8.0000	640.0000	0	basic	7.5167	8.2667
3	OT	0	-6.0000	0	-2.1333	at bound	-M	-3.8667
4	RM	400.0000	-1.5000	-600.0000	0	basic	-6.0000	M
5	A1	11.0000	-1.0000	-11.0000	0	basic	-6.3333	0
6	A2	1.3333	-1.0000	-1.3333	0	basic	-8.2500	0
	Objective Function		(Max.) =	2,427.6670				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	b1	50.0000	<=	50.0000	0	0.1000	-826.6667	160.0000
2	b2	60.0000	<=	60.0000	0	0.0667	1,255.0000	80.0000
3	b3	160.0000	<=	160.0000	0	3.8667	157.5000	187.5000
4	b4	0	<=	0	0	6.0000	-55.0000	6.6667
5	b5	400.0000	<=	400.0000	0	4.5000	345.0000	406.6667
6	b6	12.3333	<=	100.0000	87.6667	0	12.3333	M
7	b7	304.0000	<=	320.0000	16.0000	0	304.0000	M

a. If overtime cost only \$4 per hour, would Wivco use it? Why?

จากการพิจารณา Sensitivity Analysis ของ โปรแกรม Win QSB ทำให้ทราบว่า Overtime cost อยู่ในช่วง \$3.8667 per hour จนถึง \$ +∞ per hour ดังนั้นถ้า Overtime cost เหลือเพียง \$4 per hour จะไม่ทำให้ชุดตัวแปร Basic (Basis Vector) เปลี่ยนไปและค่าตัวแปร (Basic Value) ก็ยังคงเดิมด้วย และจากตัวแปร OT เป็นตัวแปร NonBasic (OT = 0) ซึ่งมีค่า Reduced Cost = -2.1333 หมายความว่าในช่วงดังกล่าวการเปลี่ยนแปลงค่า Overtime cost จะไม่ทำให้ค่าอะไรเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า MAX z จะได้ค่าคงเดิมคือ 2,427.667

จากเหตุการณ์นี้จึงทำให้สรุปได้ว่าต้นทุนของ Overtime cost อยู่สูงเกินไปจนทำให้บริษัทไม่ได้กำไรจากการใช้งาน Overtime และถ้าต้องการใช้งาน Overtime จำเป็นที่จะต้องลดต้นทุน Overtime cost ให้ต่ำกว่า 3.8667 per hour ซึ่งจะทำให้มีการใช้ Overtime และบริษัทจะได้กำไรเพิ่มขึ้น

- b. If each unit of product 1 sold for \$15.50, would the current basis remain optimal? Why? What would be the new optimal solution?**

ใช่ ,Current basis ยังคงเป็นชุดเดิม เนื่องจากการพิจารณา Sensitivity Analysis ของโปรแกรม Win QSB ทำให้ทราบว่า Selling price ของ Product 1 อยู่ในช่วง 14.4667 ถึง 15.9667 ที่ทำให้ชุดตัวแปร Basic (Basis Vector) ไม่เปลี่ยนแปลง และค่าตัวแปร (Basic Value) ก็ยังคงเดิมด้วย ดังนั้นสามารถคำนวณค่า MAX z ได้จากค่าตัวแปร Basic ชุดเดิมได้ดังนี้

$$\text{MAX } z = 160 \times \underline{15.5} + 80 \times 8 + 0 \times (-6) + 400 \times (-1.5) + 11 \times (-1) + 1.33 \times (-1) = 2,507.67$$

ดังนั้นคำตอบที่เหมาะสมค่าใหม่คือ **2,507.67**

จากเหตุการณ์นี้จึงทำให้สรุปได้ว่า Selling price ของ Product 1 อยู่ในช่วง 14.4667 ถึง 15.9667 จะทำให้บริษัททำการผลิตสินค้า P1 และ P2 ในจำนวนเท่าเดิม รวมทั้งใช้ทรัพยากรที่เป็นข้อจำกัด จำนวนเท่าเดิมในการผลิตด้วย

- c. What is the most that Wivco should be willing to pay for another unit of raw material? Explain why?**

สิ่งที่เป็นส่วนสำคัญที่จะจ่ายเพิ่มเพื่อการได้ Raw material อื่นๆ นั้น ให้พิจารณาสถานการณ์ปัจจุบันก่อน เนื่องจากใน Optimal solution ในสถานการณ์ปัจจุบันได้ใช้ Raw material จนหมดไปแล้ว(400 หน่วย) แต่เมื่อพิจารณาที่ชั่วโมงการทำงานของ Machine time พบว่ายังใช้ไม่เต็มประสิทธิภาพ(304 จาก 320 hours per week) ดังนั้น สิ่งที่ต้องพิจารณาประการแรกเพื่อให้ได้กำไรเพิ่มจากการใช้ Raw material เพิ่มขึ้นก็คือ Machine time

หลังจากการวิเคราะห์ Sensitivity Analysis ของโปรแกรม Win QSB จึงทำให้ทราบว่า Raw material สามารถเพิ่มได้ถึง 426.6667 จึงทำให้ใช้ทรัพยากร Machine time เต็มประสิทธิภาพ คือ 320 hours per week พอดี โดยจะได้กำไรเพิ่มเป็น **3,183.7**

นอกจากนี้ยังสามารถพิจารณาในส่วนของค่าใช้จ่ายของ Raw material เพิ่มเติมได้ และจากการพิจารณา Sensitivity Analysis ของ โปรแกรม Win QSB ทำให้ทราบว่าค่าใช้จ่ายของ Raw material อยู่ในช่วง \$6 per unit จนถึง \$ 0 per unit (ในโปรแกรมจะไปถึง $-\infty$ ซึ่งค่าใช้จ่าย Raw material ไม่สามารถติดลบได้ เพราะถ้า Raw material เป็นลบก็แสดงว่าการซื้อ Raw material ทำให้ Wivco ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และยังได้รายเพิ่มขึ้นโดยตรงด้วย ซึ่งเป็นไปไม่ได้) ดังนั้นค่าที่มากที่สุดที่จะใช้ Raw material จนหมด 400 หน่วยคือ \$6 per unit และมี MAX z เท่ากับ 627.67 จากค่านี้ทำให้ทราบว่า การเพิ่มค่าใช้จ่าย Raw material จะทำให้กำไรลดลงเรื่อยๆ ตามระดับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น จนถึงระดับหนึ่งคือ \$6 per unit จะเป็นขีดสุดที่จะคงการใช้ Raw material ระดับ 400 ไว้ได้ ถ้าค่าใช้จ่าย Raw material ยังเพิ่มสูงขึ้นอีกการผลิตโดยใช้ Raw material ระดับ 400 จะทำให้กำไรลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดระดับการใช้ Raw material เพื่อรักษาระดับกำไรไว้ในระดับการลดที่ช้ากว่า

ถ้าค่าใช้จ่ายสูงขึ้นเรื่อยๆจะทำให้ การใช้ Raw material ลดน้อยลง และที่ระดับ \$8 per unit จะทำให้ไม่มีการใช้ Raw material และ MAX z จะมีค่าเป็น 0 หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีการผลิตเกิดขึ้น

d. How much would Wivco be willing to pay for another hour of machine time? Explain why?

ในปัญหา LP นี้ไม่มีค่าใช้จ่ายของ การใช้ Machine แต่การใช้ Machine มีข้อจำกัดอยู่ที่ระดับเวลาสูงสุดที่สามารถใช้ Machine ได้คือ 320 hours per week ดังนั้นจากการพิจารณา Sensitivity Analysis ของ โปรแกรม Win QSB ทำให้ทราบว่า Machine time อยู่ในช่วง 304 hours per week จนถึง $+\infty$ hours per week หมายความว่าถึงแม้จะเพิ่มชั่วโมงการใช้งานของ Machine ไปเท่าไรก็ตามก็ไม่ส่งผลต่อกำไร และผลผลิต P1 และ P2 ที่จะได้รับ ทั้งนี้เพราะขีดสุดของการใช้ Machine อยู่ที่ 304 hours per week เพราะที่ระดับนี้ใช้ Raw material หมดไปแล้ว จึงทำให้ไม่มีงานเหลือเพื่อการทำงานที่ระดับ 304 hours per week ขึ้นไป แต่ถ้าลด Machine time ลงต่ำกว่า 304 hours per week จะเป็นผลเสียต่อบริษัทเพราะจะทำให้ได้กำไรลดลง และใช้ Raw material ก็ไม่เต็ม 400 หน่วยด้วย

ดังนั้นถ้าต้องการให้ Machine time เพิ่มขึ้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มระดับ Raw material ให้เพิ่มขึ้นจาก 400 โดยการเพิ่มนี้จะสามารถเพิ่มได้สูงสุดเป็น 426.6667 จึงทำให้ใช้ทรัพยากร Machine time เต็มประสิทธิภาพ คือ 320 hours per week พอดี โดยจะได้กำไรเพิ่มเป็น 3,183.7 ดังได้สรุปไว้แล้วในคำตอบ c.

e. If each worker were required (as part of the regular work week) to work 45 hours per week, what would the company's profits be?

ในการเพิ่มชั่วโมงการทำงานของพนักงานจาก 40 เป็น 45 ทำให้จำนวนชั่วโมงการทำงานทั้งหมดในสัปดาห์เพิ่มขึ้น โดยมีหลักการคำนวณชั่วโมงการทำงานที่เพิ่มขึ้นคือ $45 \times 4 = 180$ hours per week โดย 4 คือจำนวนพนักงานที่มีทั้งหมด 4 คน

จากการพิจารณา Sensitivity Analysis ของ โปรแกรม Win QSB ทำให้ทราบว่าชั่วโมงการทำงานอยู่ในช่วง 157.5 hours per week จนถึง 187.5 hours per week ดังนั้นถ้าชั่วโมงการทำงานเปลี่ยนเป็น 180 hours per week จะไม่ทำให้ชุดตัวแปร Basic (Basis Vector) เปลี่ยนไป แต่ค่าตัวแปร (Basic Value) เปลี่ยนไป ทั้งนี้เนื่องจากชั่วโมงการทำงานมีความจำเป็นต่อการผลิตในปัญหานี้และถูกใช้จนหมดเสมอ(ถึงขีดจำกัดที่มี) ทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าชั่วโมงการทำงานจะทำให้ค่า Basic Value เปลี่ยนไป โดยที่ระดับชั่วโมงการทำงานที่ 180 hours per week จะได้ค่า Basic Value ดังนี้

$$P1 = 80 \quad P2 = 240 \quad OT = 0 \quad RM = 400 \quad A1 = 3 \quad A2 = 12$$

$$MAX z = 80 \times 15 + 240 \times 8 + 0 \times (-6) + 400 \times (-1.5) + 3 \times (-1) + 12 \times (-1) = 2,505$$

จากเหตุการณ์นี้จึงทำให้สรุปได้ว่า การเพิ่มชั่วโมงการทำงานของพนักงานจะทำให้บริษัทมีกำไรเพิ่มขึ้น ซึ่งเหตุการณ์นี้จะจริงเสมอ เพราะพนักงานได้รับเงินค่าจ้างเป็นต้นทุนคงที่ต่อเวลาทำงาน การเพิ่มเวลาทำงานย่อมทำให้บริษัทได้ผลประโยชน์และได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ดังนั้นเหตุการณ์นี้อาจเกิดขึ้นได้ยากในสถานการณ์จริง เพราะพนักงานอาจจะไม่ยอมรับการทำงานที่เพิ่มขึ้นโดยได้รายได้เท่าเดิม

f. Explain why the shadow price of row (1) is 0.10

จากการพิจารณา Sensitivity Analysis ของ โปรแกรม Win QSB ทำให้ทราบว่า Shadow price ของ Constraint ที่ (1) คือ 0.10 นั้นมีความสัมพันธ์กับค่าใช้จ่ายในการโฆษณาของ Product 1 โดยตรง โดยที่ค่า Shadow price เป็น 0.1 เพราะ การลดค่าใช้จ่ายในการโฆษณาของ Product 1 ลง \$0.1 จะส่งผลให้ Demand Product 1 ที่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าโฆษณาเพิ่มขึ้น 1 หน่วย และ Demand Product 1 ที่ขึ้นอยู่กับค่าโฆษณาลดลงไป 1 หน่วย และการลดค่าใช้จ่ายลงก็จะทำให้กำไรเพิ่มขึ้น 0.1 หน่วยด้วย ทั้งนี้จะเห็นว่าการผลิต P1 ยังคงเดิมที่ 160 หน่วยเพราะ Demand จริงของลูกค้าไม่ได้เปลี่ยนแปลงไป

ทั้งนี้จะเห็นว่าถ้า Demand Product 1 ของลูกค้าเป็น 160 โดยเป็น Demand ที่ไม่ต้องโฆษณา ซึ่งหมายถึงมันจะส่งผลให้กำไรเพิ่มขึ้นจากการลดค่าใช้จ่ายในการโฆษณาของ Product 1 ลงจนเป็น \$0 (ไม่มีการโฆษณาใน Product 1) โดยเป็นกำไรที่เพิ่มขึ้นจากการนำค่าการ Shadow price 0.1 ไปคูณกับจำนวน Demand ที่เพิ่มขึ้นเมื่อไม่ต้องโฆษณา $0.1 \times 110 = 11$ ดังนั้นจะทำให้ได้กำไรเพิ่มขึ้นจากเดิม $2427.7 + 11 = 2438.7$

- g. In what follows, b_i represents the RHS of an LP's i^{th} constraint. To graph the optimal z -value as a function of b_1, b_2, b_3 , and b_4 , respectively.

การพิจารณานี้จะพิจารณา ค่า RHS แบ่งเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 RHS ที่เป็นจริงได้ในสถานการณ์จริง คือ ใน b_1, b_2, b_3 และ b_4 จะมีค่าได้ตั้งแต่ $[0, +\infty]$ โดยจะมีค่าติดลบไม่ได้เพราะถ้าติดลบจะทำให้ Constraints ทุกๆ Constraints ไม่สามารถเป็นจริงได้ คือ b_1 และ b_2 Demand จะไม่เป็นจริงถ้า b_1, b_2 ติดลบ ในกรณี b_3 ชั่วโมงการทำงานก็ติดลบไม่ได้เช่นกัน และสุดท้าย b_4 จำนวน Raw material ก็มีค่าต่ำสุดได้เป็น 0 เท่านั้น

กรณีที่ 2 จะแสดงกราฟในกรณีทั่วไปคือ แสดงค่า b_1, b_2, b_3 และ b_4 ตั้งแต่ $[-\infty, +\infty]$ เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาเท่านั้น

สรุป ผลการจัดทำกราฟ

จากกราฟของ b_1 ทำให้ทราบว่าในช่วง 0 ถึง 160 การเพิ่ม Demand ในช่วงนี้จะก่อให้เกิดกำไรเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่ม Demand เกินกว่า 160 โดยที่ทรัพยากรอื่นๆ คงที่ กำไรจะไม่เพิ่มขึ้น นั่นคือ ที่ระดับ 160 เป็นขีดสุดของบริษัทที่สามารถผลิตได้ ณ ระดับทรัพยากรปัจจุบันที่มีอยู่

จากกราฟของ b_2 มีลักษณะคล้ายกันกับของ b_1 นั่นคือ ช่วง 0 ถึง 80 การเพิ่ม Demand ในช่วงนี้จะทำให้บริษัทมีกำไรเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะช่วง 60 ถึง 80 จะเพิ่มในอัตราสูงขึ้น แต่การเพิ่ม Demand เกิน 80 นั้นจะไม่ทำให้อำไรเพิ่ม เพราะเป็นขีดสุดของบริษัทที่สามารถผลิตได้ ณ ระดับทรัพยากรปัจจุบันที่มีอยู่

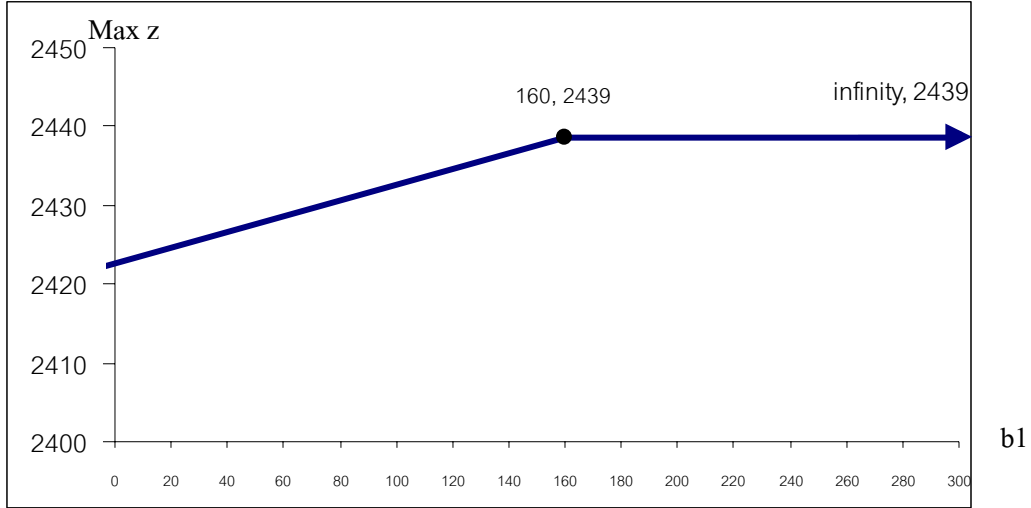
จากกราฟของ b_3 ให้สังเกตว่าการเพิ่มชั่วโมงการทำงานของพนักงานทั้ง 4 คนรวมกันต่อสัปดาห์สามารถเพิ่มได้สูงสุด 200 hours per week โดยจะใช้ทรัพยากรที่มีอยู่จนหมด ดังนั้นการเพิ่มชั่วโมงการทำงานขึ้นไปอีกก็ไม่ก่อให้เกิดกำไรเพิ่ม และยังเป็นผลเสียต่อการทำงานของพนักงานด้วย(ทำงานหนักเกินไป)

จากกราฟของ b_4 เป็นการใช้ทรัพยากร Raw material ซึ่งมีช่วงการใช้ตั้งแต่ 0 ถึง 426.67 (จากเดิม 400) ที่ในช่วงนี้จะก่อให้เกิดกำไรเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่ม Raw material เกินไปกว่านี้โดยให้ทรัพยากรอื่นๆ คงที่ จะไม่ก่อให้เกิดกำไรเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากทรัพยากรอื่นที่มีอยู่ถูกใช้จนหมดไปแล้ว โดยเฉพาะในส่วนของ Machine time ที่จากเดิมถูกใช้เพียง 304 จะเพิ่มขึ้นเป็น 320 เต็มประสิทธิภาพของเครื่องจักร

Constraint (1) หรือ b1

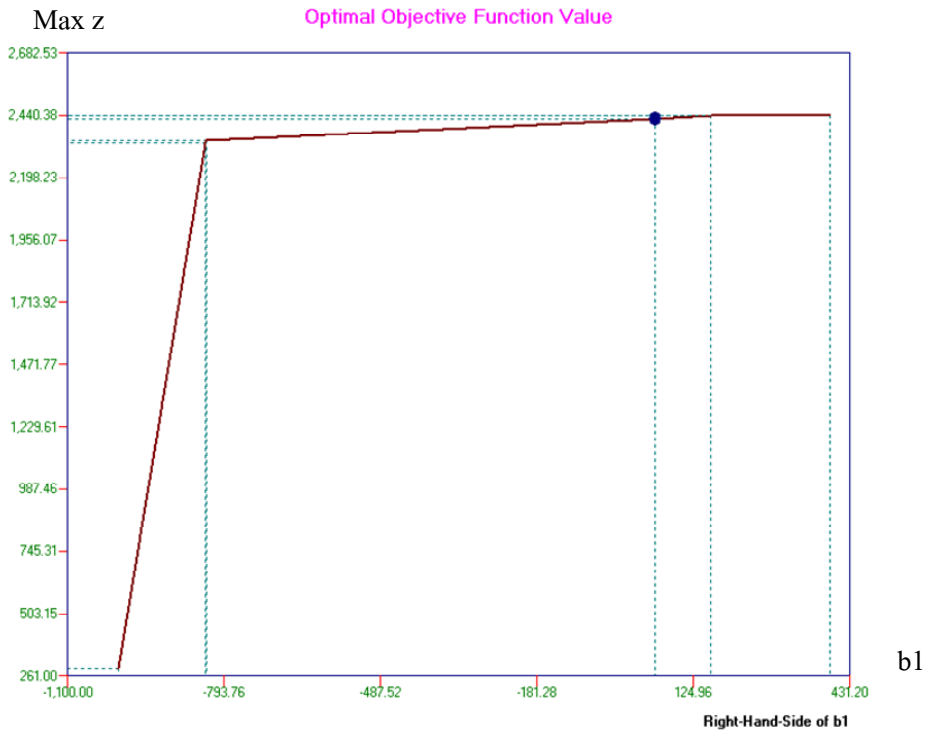
กรณีที่ 1: b1 มีค่า $[0, +\infty]$

$\text{Max}(Z) = f(b1)$; $b1\{0 \text{ to infinity}\}$



กรณีที่ 2: b1 มีค่า $[-\infty, +\infty]$

$\text{Max}(Z) = f(b1)$; $b1\{-\text{infinity to infinity}\}$

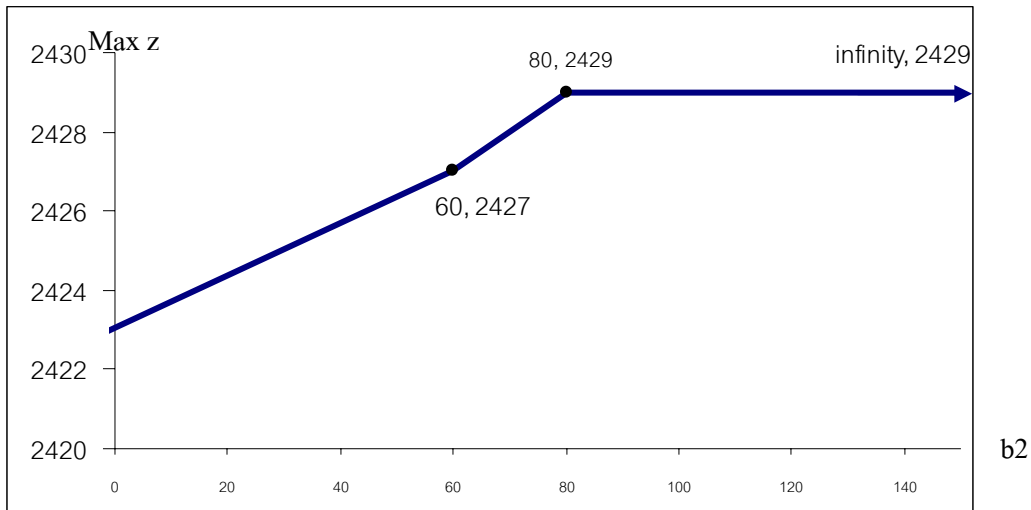


Range	From RHS of b1	To RHS of b1	From OBJ Value	To OBJ Value	Slope	Leaving Variable	Entering Variable
1	50.0000	160.0000	2,427.6670	2,438.6670	0.1000	A1	Slack_b1
2	160.0000	M	2,438.6670	2,438.6670	0		
3	50.0000	-826.6666	2,427.6670	2,340.0000	0.1000	Slack_b6	Slack_b3
4	-826.6666	-830.0000	2,340.0000	2,330.0000	3.0000	A2	Slack_b5
5	-830.0000	-1,000.0000	2,330.0000	290.0000	12.0000	P1	
6	-1,000.0000	-Infinity	Infeasible				

Constraint (2) หรือ b2

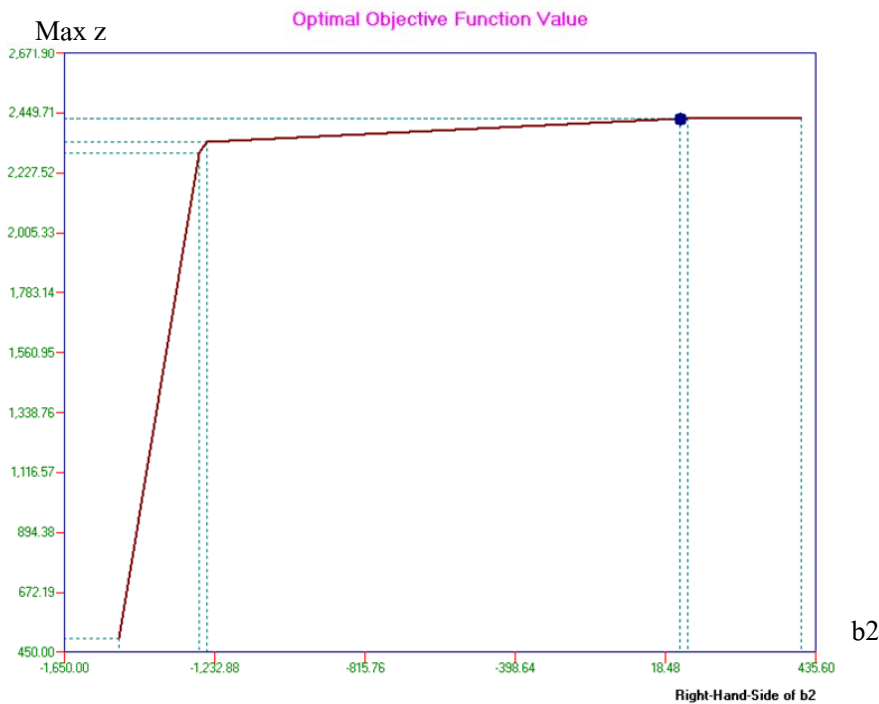
กรณีที่ 1: b2 มีค่า $[0, +\infty]$

$\text{Max}(Z) = f(b2)$; $b2\{0 \text{ to infinity}\}$



กรณีที่ 2: b2 มีค่า $[-\infty, +\infty]$

$\text{Max}(Z) = f(b2)$; $b2\{-\text{infinity to infinity}\}$

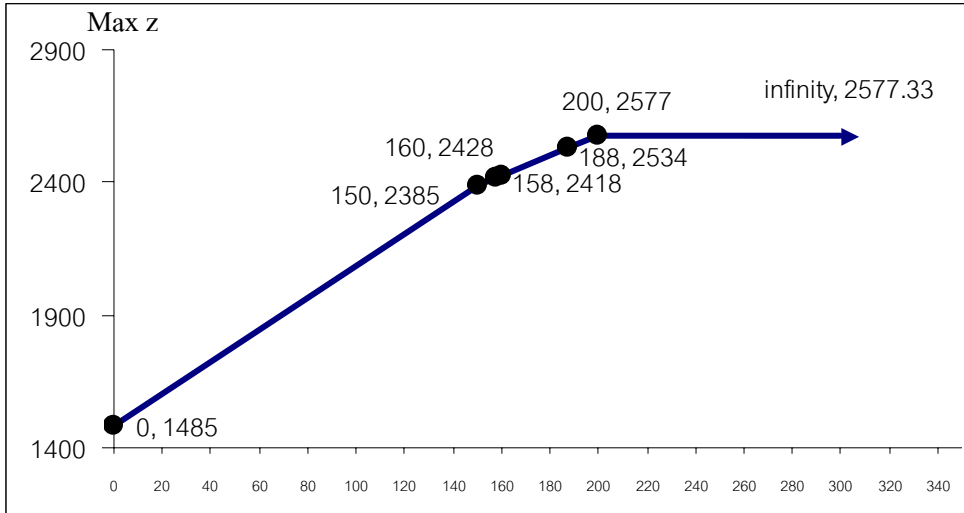


Range	From RHS of b2	To RHS of b2	From OBJ Value	To OBJ Value	Slope	Leaving Variable	Entering Variable
1	60.0000	80.0000	2,427.6670	2,429.0000	0.0667	A2	Slack_b2
2	80.0000	M	2,429.0000	2,429.0000	0		
3	60.0000	-1,255.0000	2,427.6670	2,340.0000	0.0667	Slack_b6	Slack_b3
4	-1,255.0000	-1,275.0000	2,340.0000	2,300.0000	2.0000	P2	Slack_b5
5	-1,275.0000	-1,500.0000	2,300.0000	500.0006	8.0000	A1	
6	-1,500.0000	-Infinity	Infeasible				

Constraint (3) หรือ b3

กรณีที่ 1: b3 มีค่า $[0, +\infty]$

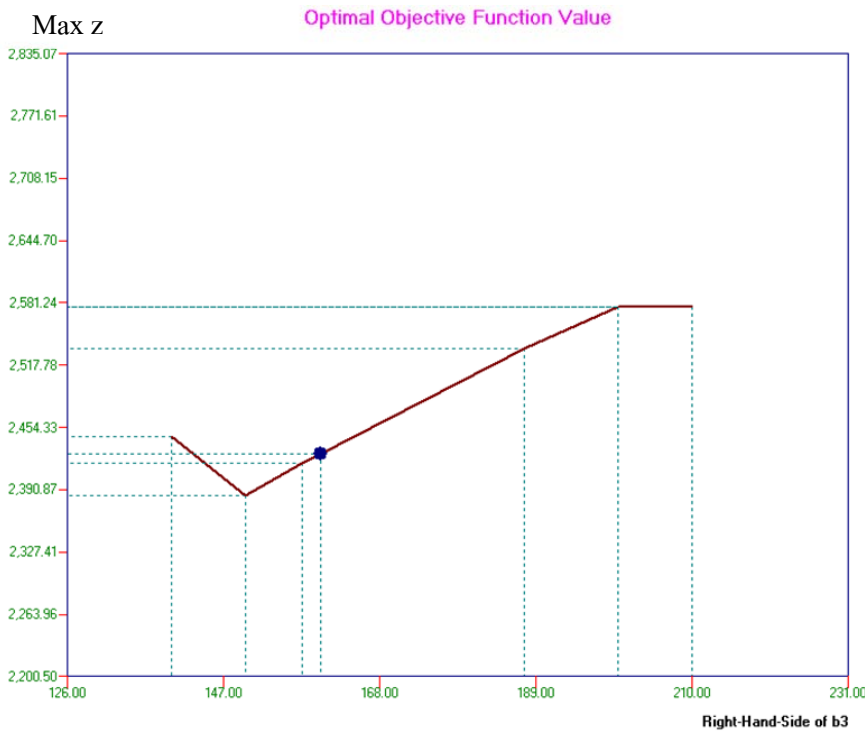
$\text{Max}(Z) = f(b3)$; $b3\{0 \text{ to infinity}\}$



b3

กรณีที่ 2: b3 มีค่า $[-\infty, +\infty]$

$\text{Max}(Z) = f(b3)$; $b3\{-\text{infinity to infinity}\}$



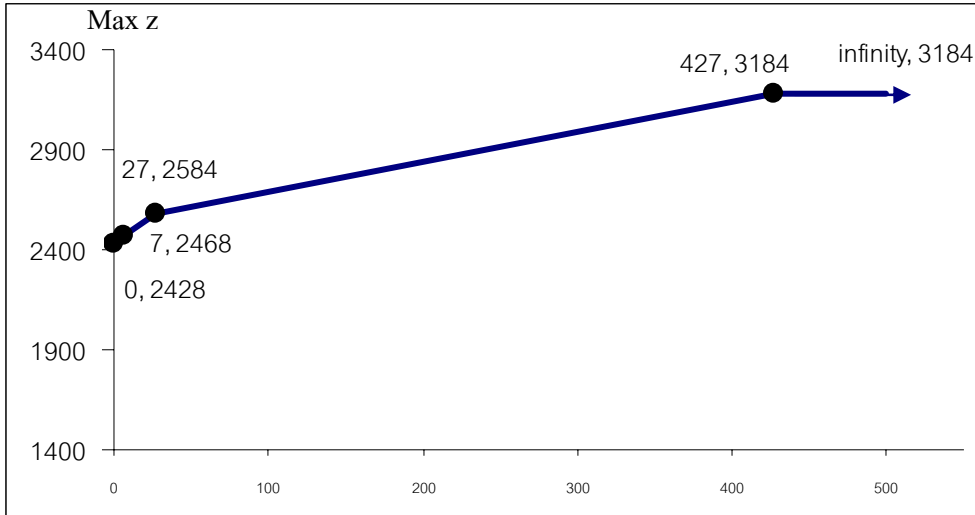
B3

Range	From RHS of b3	To RHS of b3	From OBJ Value	To OBJ Value	Slope	Leaving Variable	Entering Variable
1	160.0000	187.5000	2,427.6670	2,534.0000	3.8667	A1	Slack_b1
2	187.5000	200.0000	2,534.0000	2,577.3330	3.4667	Slack_b7	Slack_b5
3	200.0000	200.0000	2,577.3330	2,577.3330	0.3333	P1	Slack_b3
4	200.0000	M	2,577.3330	2,577.3330	0		
5	160.0000	157.5000	2,427.6670	2,418.0000	3.8667	A2	Slack_b2
6	157.5000	150.0000	2,418.0000	2,385.0000	4.4000	P2	OT
7	150.0000	-M	2,385.0000	-M	6.0000		

Constraint (4) หรือ b4

กรณีที่ 1: b4 มีค่า $[0, +\infty]$

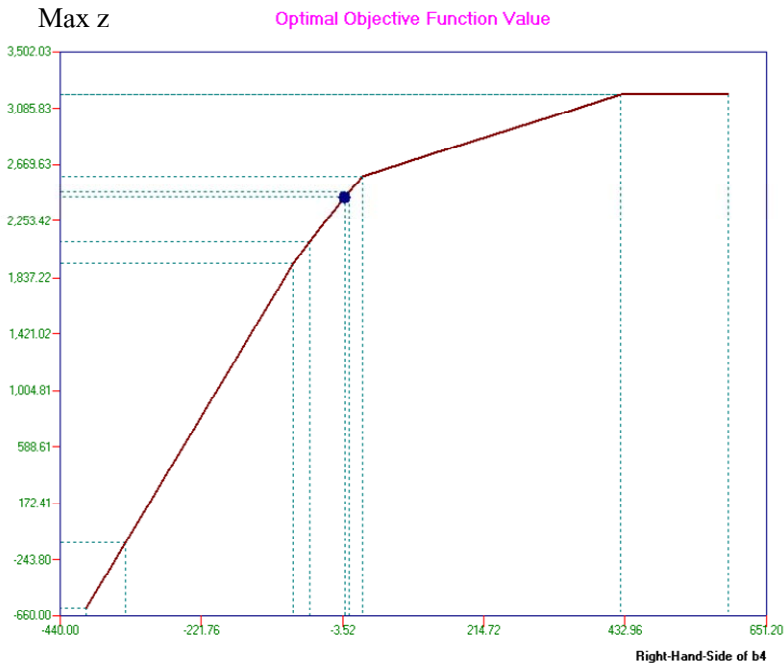
$\text{Max}(Z) = f(b4)$; $b4\{0 \text{ to infinity}\}$



b4

กรณีที่ 2: b4 มีค่า $[-\infty, +\infty]$

$\text{Max}(Z) = f(b4)$; $b4\{-\text{infinity to infinity}\}$



b4

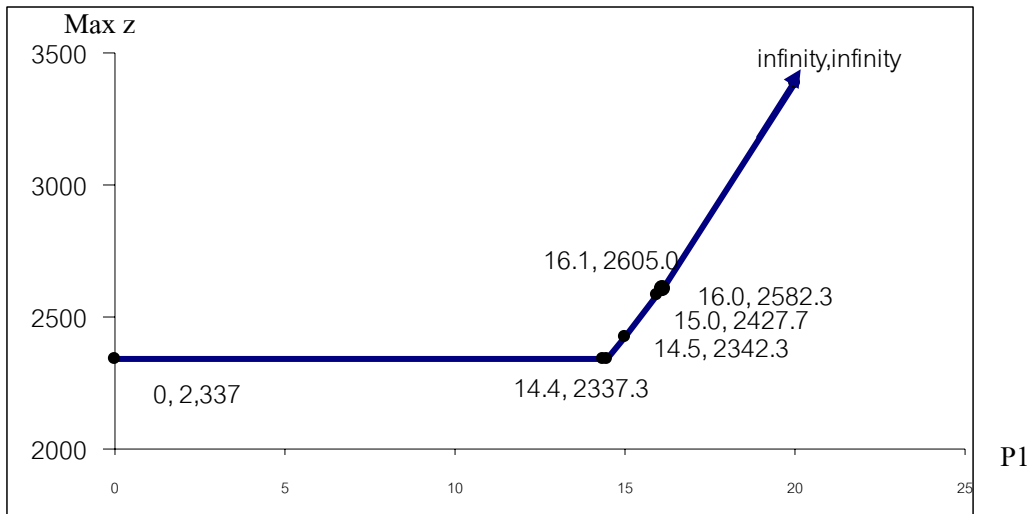
Range	From RHS of b4	To RHS of b4	From OBJ Value	To OBJ Value	Slope	Leaving Variable	Entering Variable
1	0	6.6667	2,427.6670	2,467.6670	6.0000	A2	Slack_b2
2	6.6667	26.6667	2,467.6670	2,583.6670	5.8000	P2	OT
3	26.6667	26.6667	2,583.6670	2,583.6670	5.2000	Slack_b7	Slack_b5
4	26.6667	426.6667	2,583.6670	3,183.6670	1.5000	RM	Slack_b4
5	426.6667	M	3,183.6670	3,183.6670	0		
6	0	-55.0000	2,427.6670	2,097.6670	6.0000	A1	Slack_b1
7	-55.0000	-80.0000	2,097.6670	1,942.6670	6.2000	P1	Slack_b3
8	-80.0000	-340.0000	1,942.6670	-119.9998	7.9333	A2	Slack_b2
9	-340.0000	-400.0000	-119.9998	-600.0000	8.0000	P2	
10	-400.0000	-Infinity	Infeasible				

- h. Let c_j be the objective function coefficient of P1, P2, OT, RM, A1, and A2, respectively. To graph the optimal z-value as a function of c_j .

การพิจารณานี้จะพิจารณาค่า RHS แบ่งเป็น 1 กรณี คือ ค่าของตัวแปรเป็นจริงได้ในสถานการณ์จริง คือ P1, P2, OT, RM, A1, และ A2 จะมีค่าได้ตั้งแต่ $[0, +\infty]$ ทั้งนี้เนื่องจากตัวแปรที่มีข้อกำหนดชัดเจนว่าเป็น Nonnegative

Product P1

$Max(Z) = f(P1)$; $P1\{0 \text{ to infinity}\}$

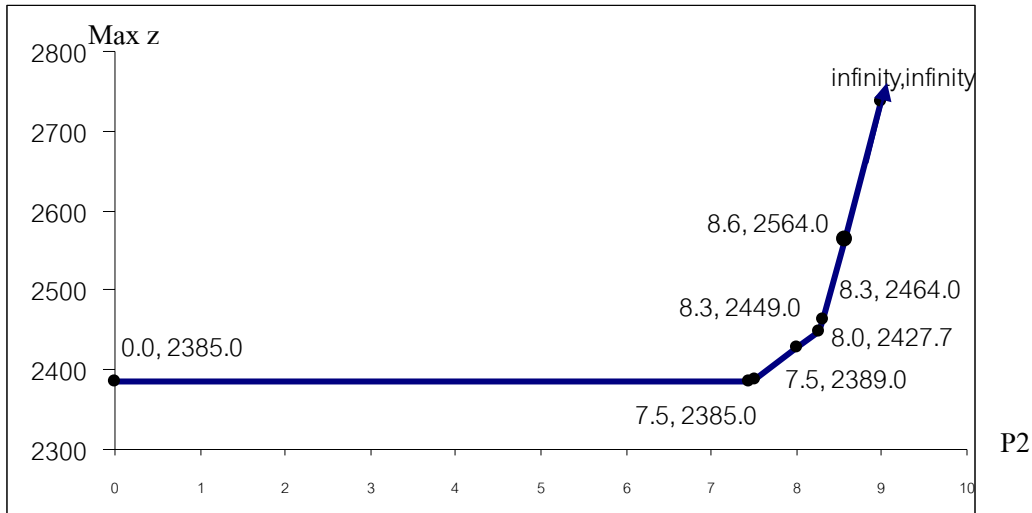


Range	From Coeff. of P1	To Coeff. of P1	From OBJ Value	To OBJ Value	Slope	Leaving Variable	Entering Variable
1	15.0000	15.9667	2,427.6670	2,582.3340	160.0000	A2	Slack_b3
2	15.9667	16.1000	2,582.3340	2,605.0000	170.0000	P2	Slack_b2
3	16.1000	M	2,605.0000	M	200.0000		
4	15.0000	14.4667	2,427.6670	2,342.3340	160.0000	A1	OT
5	14.4667	14.3667	2,342.3340	2,337.3330	50.0000	Slack_b7	Slack_b1
6	14.3667	13.9375	2,337.3330	2,337.3330	0.0000	P1	Slack_b5
7	13.9375	0	2,337.3330	2,337.3330	0		

จากกราฟนี้ทำให้ทราบว่าถ้าเราจะได้เพิ่มขึ้นถ้าราคาสินค้าที่ขายได้มีราคาสูงขึ้น ซึ่งในช่วงที่ราคาสินค้าเป็น \$0 ถึง \$14.367 ถ้าเราจะคงที่ซึ่งเกิดจากการที่ Product 1 ไม่ถูกผลิตเลย ณ ระดับราคาในช่วงนี้ ถ้าไรที่เกิดขึ้นเป็นของการผลิต Product 2 เท่านั้น

Product P2

$\text{Max}(Z) = f(P2) \quad ; P2\{0 \text{ to infinity}\}$

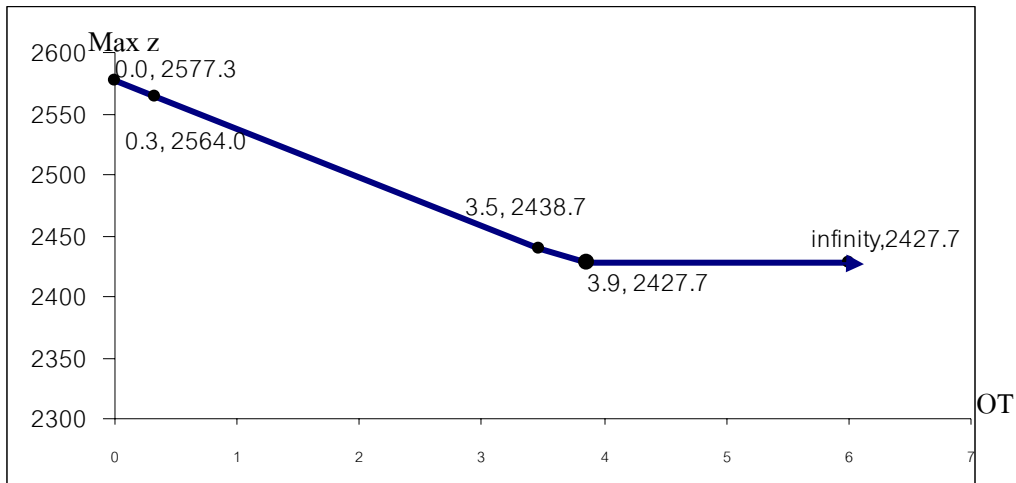


Range	From Coeff. of P2	To Coeff. of P2	From OBJ Value	To OBJ Value	Slope	Leaving Variable	Entering Variable
1	8.0000	8.2667	2,427.6670	2,449.0000	80.0000	A1	OT
2	8.2667	8.3167	2,449.0000	2,464.0000	300.0000	Slack_b7	Slack_b1
3	8.3167	8.5667	2,464.0000	2,564.0000	399.9999	P1	Slack_b5
4	8.5667	M	2,564.0000	M	400.0000		
5	8.0000	7.5167	2,427.6670	2,389.0000	80.0000	A2	Slack_b3
6	7.5167	7.4500	2,389.0000	2,385.0000	60.0000	P2	Slack_b2
7	7.4500	0	2,385.0000	2,385.0000	0		

จากกราฟนี้ทำให้ทราบว่าถ้าเราจะได้เพิ่มขึ้นถ้าราคาสินค้าที่ขายได้มีราคาสูงขึ้น ซึ่งในช่วงที่ราคาสินค้าเป็น \$0 ถึง \$7.45 ถ้าเราจะคงที่ซึ่งเกิดจากการที่ Product 2 ไม่ถูกผลิตเลย ณ ระดับราคาในช่วงนี้ ถ้าอะไรที่เกิดขึ้นเป็นการผลิต Product 1 เท่านั้น แต่จากกราฟนี้เมื่อเปรียบเทียบกับ Product 1 พบว่าการเพิ่มราคาของ Product 1 มีผลต่อกำไรเพิ่มขึ้นมากกว่า Product 2

Overtime (OT)

Max(Z) = f(OT) ; OT{0 to infinity}



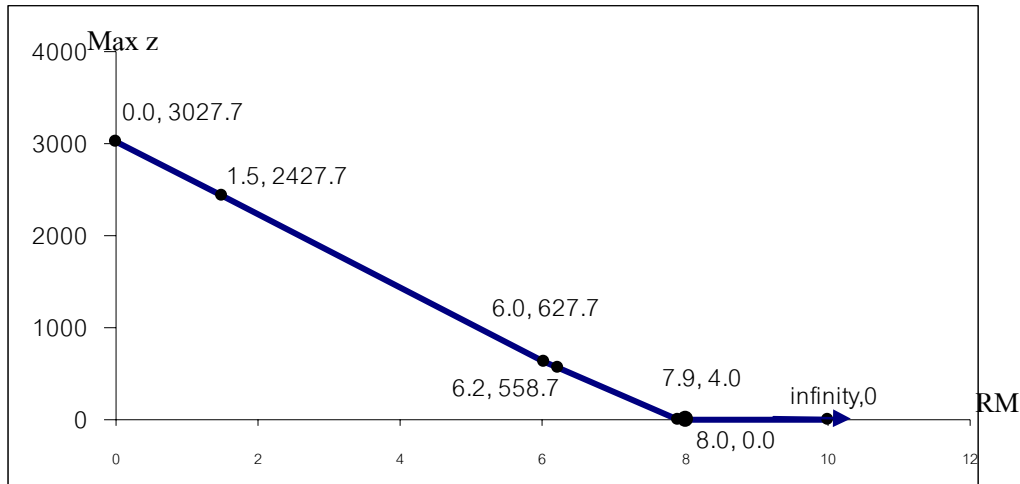
ในตารางนี้ นำเครื่องหมายลบหน้าตัวแปรมาใส่ด้วย ซึ่งวิธีการพิจารณาก็เหมือนเดิมเพียงแต่นำค่าลบมาคูณ

Range	From Coeff. of OT	To Coeff. of OT	From OBJ Value	To OBJ Value	Slope	Leaving Variable	Entering Variable
1	-6.0000	-3.8667	2,427.6670	2,427.6670	0	A1	OT
2	-3.8667	-3.4667	2,427.6670	2,438.6670	27.5000	Slack_b7	Slack_b1
3	-3.4667	-0.3333	2,438.6670	2,564.0000	40.0000	P1	Slack_b5
4	-0.3333	0	2,564.0000	2,577.3330	40.0000		Slack_b3
5	0	Infinity	Infeasible				
6	-6.0000	-M	2,427.6670	2,427.6670	0		

จากกราฟนี้ทำให้ทราบว่าถ้าเราจะได้ลดถ้าต้นทุน Overtime เพิ่มขึ้น ซึ่งในช่วงที่ต้นทุนเป็น \$0 ถึง \$3.8667 ถ้าเราจะลด และหลังจากนั้นถ้าเราจะไม่ลดอีกทั้งเพราะ Overtime จะไม่ถูกนำมาใช้เมื่อต้นทุนสูงเกิน \$3.8667 นั้นเอง

Raw Material (RM)

$\text{Max}(Z) = f(\text{RM})$; $\text{RM}\{0 \text{ to infinity}\}$



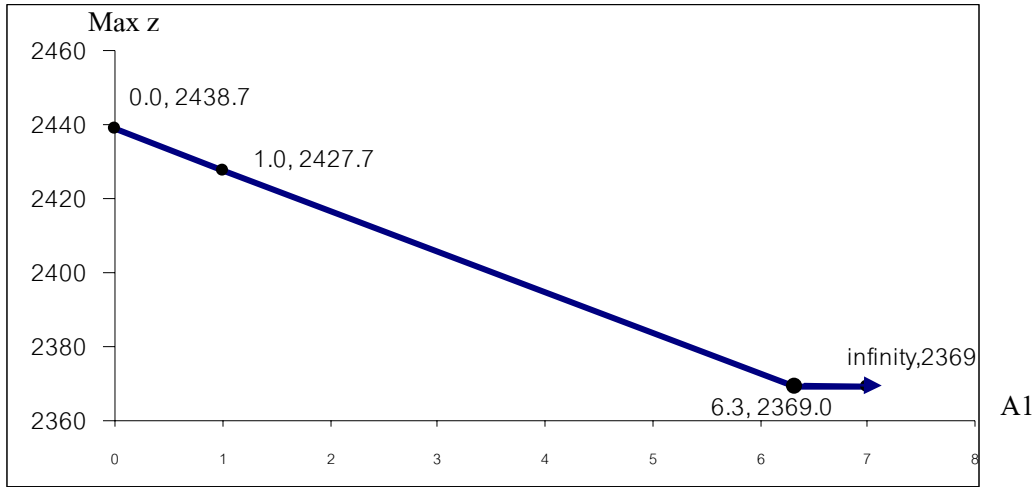
ในตารางนี้ นำเครื่องหมายลบหน้าตัวแปรมาใส่ด้วย ซึ่งวิธีการพิจารณาก็เหมือนเดิมเพียงแต่นำค่าลบมาคูณ

Range	From Coeff. of RM	To Coeff. of RM	From OBJ Value	To OBJ Value	Slope	Leaving Variable	Entering Variable
1	-1.5000	M	2,427.6670	M	400.0000		
2	-1.5000	-6.0000	2,427.6670	627.6664	400.0000	A1	Slack_b5
3	-6.0000	-6.2000	627.6664	558.6665	345.0000	P1	Slack_b1
4	-6.2000	-7.9333	558.6665	4.0001	320.0000	A2	Slack_b3
5	-7.9333	-8.0000	4.0001	0	60.0000	RM	Slack_b2
6	-8.0000	-M	0	0	0		

จากกราฟนี้ทำให้ทราบว่ากำไรจะลดลงถ้าต้นทุน Raw material เพิ่มขึ้น ซึ่งในช่วงที่ต้นทุนเป็น \$0 ถึง \$8 กำไรจะลดลง และหลังจากนั้นกำไรจะไม่ลดลงอีกและมีค่าเป็น 0 ทั้งเพราะจะไม่มี การซื้อ Raw material ที่ราคาเกิน \$8 ส่งผลให้ไม่เกิดการผลิตสินค้า Product 1 และ Product 2

Dollars spent each week on advertising product 1(A1)

Max(Z) = f(A1) ; A1{0 to infinity}



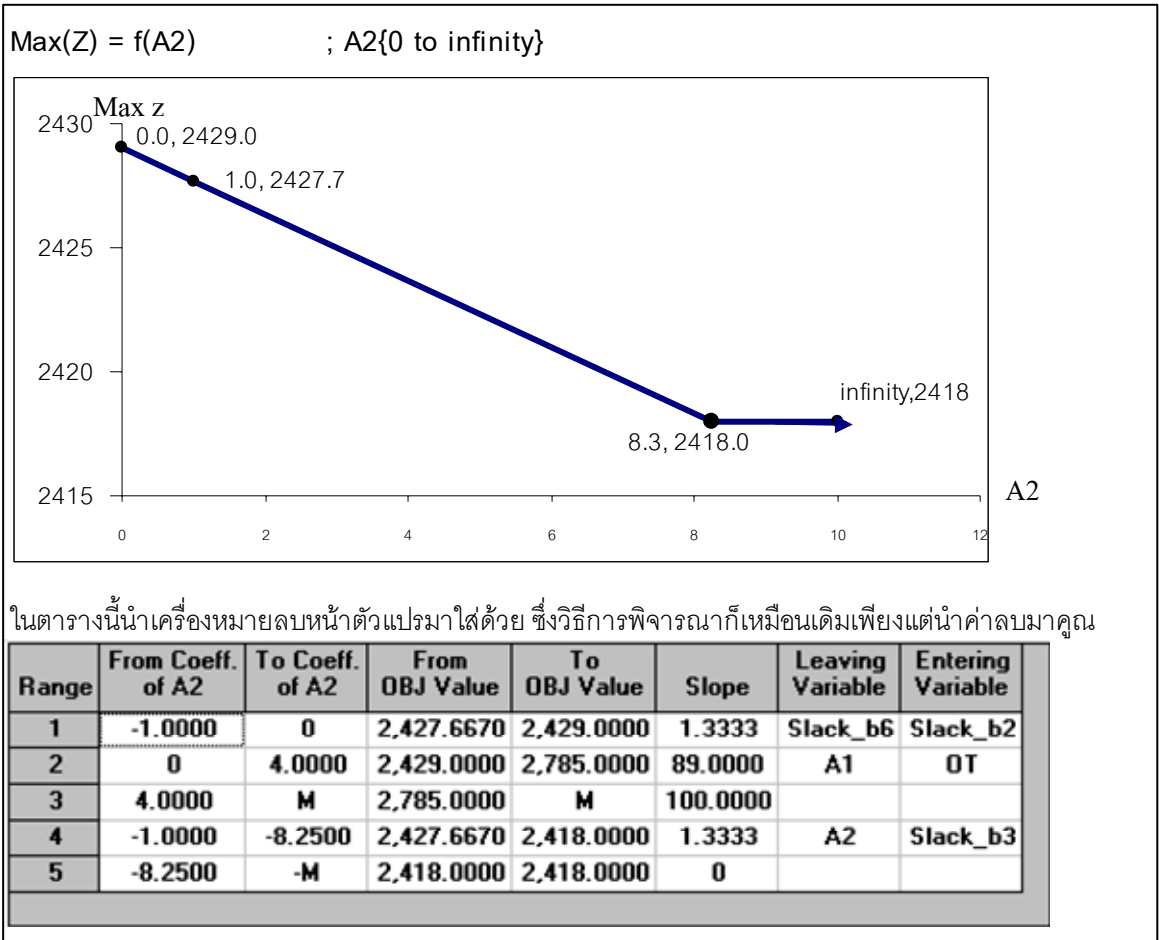
ในตารางนี้ นำเครื่องหมายลบหน้าตัวแปรมาใส่ด้วย ซึ่งวิธีการพิจารณาก็เหมือนเดิมเพียงแต่นำค่าลบมาคูณ

Range	From Coeff. of A1	To Coeff. of A1	From OBJ Value	To OBJ Value	Slope	Leaving Variable	Entering Variable
1	-1.0000	0	2,427.6670	2,438.6670	11.0000	Slack_b6	Slack_b1
2	0	6.5000	2,438.6670	3,080.0000	98.6667	A2	Slack_b3
3	6.5000	M	3,080.0000	M	100.0000		
4	-1.0000	-6.3333	2,427.6670	2,369.0000	11.0000	A1	OT
5	-6.3333	-M	2,369.0000	2,369.0000	0		

หมายเหตุ: Row 2 และ 3 ในตารางไม่จำเป็นต้องพิจารณาเพราะเป็นค่าที่ตัวแปร A1 ติดลบ

จากกราฟนี้ทำให้ทราบว่ากำไรจะได้น้อยลงถ้าต้นทุนการโฆษณาของ Product 1 เพิ่มขึ้น ซึ่งในช่วงที่ต้นทุนเป็น \$0 ถึง \$6.33 กำไรจะลดลง และหลังจากนั้นกำไรจะไม่ลดลงอีก ทั้งเพราะจะไม่มีการใช้ประโยชน์จากการโฆษณา Product 1 และจะผลิตสินค้าตาม Demand Product 1 คือ 50 เท่านั้น

Dollars spent each week on advertising product 2(A2)



หมายเหตุ: Row 2 และ 3 ในตารางไม่จำเป็นต้องพิจารณาเพราะเป็นค่าที่ตัวแปร A2 ติดลบ

จากกราฟนี้ทำให้ทราบว่ากำไรจะได้อลดลงถ้าต้นทุนการโฆษณาของ Product 1 เพิ่มขึ้น ซึ่งในช่วงที่ต้นทุนเป็น \$0 ถึง \$8.25 กำไรจะลดลง และหลังจากนั้นกำไรจะไม่ลดลงอีก ทั้งเพราะจะไม่มีการใช้ประโยชน์จากการโฆษณา Product 2 และจะผลิตสินค้าตาม Demand Product 2 คือ 60 เท่านั้น