ศึกษาและวิเคราะห์การแก้ปัญหาการวัดประสิทธิภาพโดยมีข้อมูลที่คลุมเครือ ของ Ying - Ming Wang และคณะ

INVESTIGATION AND ANALYSIS OF THE FUZZY DEA METHOD PROPOSED BY WANG ET.AL

นางสาววรรณิภา สายวงค์เปียง รหัส 51360936
นางสาวเสาวคนธ์ สิงห์พันธ์ รหัส 51361025

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2554

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 1593972
เลขเรียกหนังสือ ม.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 3269 ส
2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ศึกษาและวิเคราะห์การแก้ปัญหาการวัดประสิทธิภาพโดยมีข้อมูลที่คลุมเครือของ Ying - Ming Wang และคณะ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาววรรณิภา สายวงค์เปียง รหัส 51360936
	นางสาวเสาวคนธ์ สิงห์พันธ์ รหัส 51361025
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม)

.....กรรมการ
(ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

.....กรรมการ
(อาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**ศึกษาและวิเคราะห์การแก้ปัญหาการวัดประสิทธิภาพโดยมีข้อมูลที่คลุมเครือของ Ying – Ming Wang และคณะ**
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นางสาววรรณิภา สายวงค์เปียง รหัส 51360936**
	นางสาวเสาวคนธ์ สิงห์พันธ์ รหัส 51361025
ที่ปรึกษาโครงงาน	**ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมอุตสาหการ**
ภาควิชา	**วิศวกรรมอุตสาหการ**
ปีการศึกษา	2554

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์การแก้ปัญหาการวัดประสิทธิภาพโดยมีข้อมูลที่คลุมเครือ ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการศึกษางานวิจัยที่มีชื่อว่า Interval efficiency assessment using data envelopment analysis ของ Ying – Ming Wang และคณะ ซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับ Fuzzy Data Envelopment Analysis ทำให้ต้องมีการศึกษาทฤษฎีในด้าน Fuzzy และ Data Envelopment Analysis เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาโดยผู้จัดทำเลือกใช้โปรแกรม MATLAB เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาการวัดประสิทธิภาพ ได้มีการเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Wang และคณะ และนำผลการทดสอบที่ได้มาทำการวิเคราะห์ โดยมีการศึกษากรณีศึกษาทั้งหมด 21 กรณีศึกษา เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของปัญหาที่เกิดขึ้น

จากกรณีศึกษาทั้ง 21 กรณีศึกษา พบว่าวิธีการวัดประสิทธิภาพตามแบบจำลอง Wang และคณะ ยังมีข้อบกพร่องบางประการ ผู้จัดทำจึงได้นำแบบจำลองของ Wang และคณะ มาทำการปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องกับหลักการของ Data Envelopment Analysis พร้อมทั้งแนวทางการแก้ปัญหาและผลการวิเคราะห์ในแต่ละกรณีศึกษาว่าแบบจำลองของ Wang และคณะ สามารถใช้แก้ปัญหา Fuzzy Data Envelopment Analysis ในกรณีใดได้บ้างและพบว่าหากมีการใช้ α-cut ละเอียดมากขึ้นผลการวัดประสิทธิภาพที่ได้จะให้ค่าที่มีความละเอียดมากขึ้นซึ่งมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงและสมบูรณ์ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และวิธีการแก้ปัญหารวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ การตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นให้ถูกต้องและสมบูรณ์ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนความดูแลเอาใจใส่ ติดตามการดำเนินงานมาโดยตลอดจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยงและดร.ชวัญนิธิ คำเมือง กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ตลอดจนคณะอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอบคุณเพื่อนๆและพี่น้องในมหาวิทยาลัยนเรศวรทุกคนที่คอยให้กำลังใจ ให้การช่วยเหลือในทุกด้านที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้อง รวมถึงญาติพี่น้องที่ให้การดูแลเอาใจใส่และเป็นแรงบันดาลใจ ทำให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาววรรณิภา สายวงค์เปียง
นางสาวเสาวคนธ์ สิงห์พันธ์

มีนาคม 2555

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

บทคัดย่อ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 2

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 2

1.5 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2

1.8 ขั้นตอนและแผนดำเนินการโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 4

2.1 ตรรกศาสตร์คลุมเครือ 4

2.1.1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับตรรกะฟัซซี 4

2.1.2 ฟัซซีเซต (Fuzzy set) 5

2.1.3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) 6

2.1.4 ตัวแปรภาษา (Linguistic variable) 6

2.2 Data envelopment analysis 7

2.3 Fuzzy and Data envelopment analysis 8

2.3.1 การจัดลำดับตัวเลขฟัซซี่ 13

2.3.2 วิธีการ Minimax regret-based สำหรับการเปรียบเทียบ

และการจัดอันดับช่วงประสิทธิภาพโดย Wang และคณะ 14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 โปรแกรม MATLAB 16

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 17

3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 17

3.2 ศึกษาแบบจำลอง Fuzzy DEA ของ Wang และคณะ 17

3.3 สร้างโปรแกรมเพื่อศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Wang และคณะ 18

3.4 วิเคราะห์และสรุปผล 21

3.5 จัดทำรูปเล่ม 21

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ 22

4.1 ผลการทดลอง 22

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง 53

4.3 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะกับการหาค่าประสิทธิภาพแบบเดิม 58

4.4 ผลที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ 61

4.5 ความละเอียดของ α -cut ที่มีผลต่อการวัดประสิทธิภาพ 79

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 84

5.1 บทสรุป 84

5.2 ปัญหาในการทำโครงงาน 84

5.3 ข้อเสนอแนะ 84

เอกสารอ้างอิง 85

ภาคผนวก ก 86

ภาคผนวก ข 114

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3

3.1 กรณีศึกษาต่างๆที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองของ Wang และคณะ 19

3.2 กรณีศึกษาเพื่อใช้ทดสอบ α-levels cut 21

4.1 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 1 22

4.2 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 1 23

4.3 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 2 23

4.4 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 2 25

4.5 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 3 25

4.6 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 3 26

4.7 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 4 26

4.8 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 4 27

4.9 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 5 28

4.10 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 5 29

4.11 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 6 29

4.12 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 6 30

4.13 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 7 30

4.14 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 7 31

4.15 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 8 32

4.16 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 8 33

4.17 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 9 33

4.18 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 9 34

4.19 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 10 34

4.20 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 10 35

4.21 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 11 36

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.22 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 11 37
4.23 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 12 37
4.24 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 12 38
4.25 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 13 38
4.26 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 13 39
4.27 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 14 40
4.28 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 14 41
4.29 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 15 41
4.30 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 15 42
4.31 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 16 42
4.32 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 16 43
4.33 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 17 44
4.34 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 17 45
4.35 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 18 45
4.36 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 18 47
4.37 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 19 47
4.38 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 19 49
4.39 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 20 49
4.40 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 20 51
4.41 ค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 21 51
4.42 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 21 53
4.43 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 1 61
4.44 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 2 62
4.45 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 3 63
4.46 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 4 64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.47 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 5 64

4.48 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 6 65

4.49 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 7 66

4.50 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 8 67

4.51 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 9 67

4.52 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 10 68

4.53 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 11 69

4.54 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 12 70

4.55 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 13 71

4.56 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 14 72

4.57 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 15 72

4.58 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 16 73

4.59 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 17 74

4.60 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 18 75

4.61 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 19 76

4.62 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 20 76

4.63 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 21 77

4.64 ตารางแสดงข้อแตกต่างของแบบจำลองของ Wang และคณะ
กับแบบจำลองที่ทำการปรับปรุง 78

4.65 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ α-cut 5 ระดับ 80

4.66 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ α-cut 11 ระดับ 81

4.67 ผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ α-cut 21 ระดับ 82

4.68 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 22 α-cut 11 ระดับ 83

4.69 ค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 22 α-cut 21 ระดับ 83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ก.1 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 1 87
ก.2 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 1 87
ก.3 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 2 88
ก.4 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 2 88
ก.5 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 3 89
ก.6 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 3 89
ก.7 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 4 90
ก.8 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 4 90
ก.9 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 5 91
ก.10 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 5 91
ก.11 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 6 92
ก.12 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 6 92
ก.13 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 7 93
ก.14 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 7 93
ก.15 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 8 94
ก.16 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 8 94
ก.17 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 9 95
ก.18 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 9 95
ก.19 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 10 96
ก.20 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 10 96
ก.21 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 11 97
ก.22 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 11 97
ก.23 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 12 98
ก.24 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 12 98
ก.25 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 13 99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ก.26 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 13 99

ก.27 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 14 100

ก.28 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 14 100

ก.29 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 15 101

ก.30 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 15 101

ก.31 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 16 102

ก.32 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 16 102

ก.33 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 17 103

ก.34 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 17 103

ก.35 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 18 104

ก.36 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 18 104

ก.37 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 19 105

ก.38 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 19 105

ก.39 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 20 106

ก.40 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 20 106

ก.41 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 21 107

ก.42 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 21 107

ก.43 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่มี α -cut 5 ระดับ 108

ก.44 ตารางแสดงค่า Maximum loss กรณีที่มี α -cut 5 ระดับ 108

ก.45 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่มี α -cut 11 ระดับ 109

ก.44 ตารางแสดงค่า Maximum loss กรณีที่มี α -cut 11 ระดับ 110

ก.45 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่มี α -cut 21 ระดับ 111

ก.44 ตารางแสดงค่า Maximum loss กรณีที่มี α -cut 21 ระดับ 113

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.1 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 1 115
ข.2 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 1 116
ข.3 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 2 117
ข.4 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 2 118
ข.5 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 3 119
ข.6 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 3 120
ข.7 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 4 121
ข.8 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 4 122
ข.9 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 5 123
ข.10 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 5 124
ข.11 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 6 125
ข.12 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 6 126
ข.13 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 7 127
ข.14 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 7 128
ข.15 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 8 129
ข.16 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 8 130
ข.17 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 9 131
ข.18 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 9 132
ข.19 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 10 133
ข.20 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 10 134
ข.21 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 11 135
ข.22 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 11 136
ข.23 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 12 137
ข.24 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 12 138
ข.25 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 13 139

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.26 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 13 140
ข.27 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 14 141
ข.28 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 14 142
ข.29 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 15 143
ข.30 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 15 144
ข.31 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 16 145
ข.32 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 16 146
ข.33 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 17 147
ข.34 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 17 148
ข.35 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 18 149
ข.36 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 18 150
ข.37 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 19 151
ข.38 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 19 152
ข.39 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 20 153
ข.40 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 20 154
ข.41 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพของกรณีที่ 21 155
ข.42 ตารางแสดงผลการให้คะแนนของกรณีที่ 21 156

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตรรกะจริงเท็จ (บูลีนลอจิก) กับตรรกะแบบฟัซซี (ฟัซซีลอจิก) 4

2.2 การกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของเซตทวินัยและเซตแบบฟัซซี 5

2.3 ตัวอย่างตัวแปรทางภาษา 6

2.4 α-cut และ Support 9

2.5 ตัวอย่างกราฟฟัซซีแบบที่ 1 13

2.6 ตัวอย่างกราฟฟัซซีแบบที่ 2 13

2.7 ตัวอย่างกราฟฟัซซีแบบที่ 3 14

2.8 แสดงขั้นตอนการสร้างลำดับ 15

3.1 โค้ดที่ใช้ในการหาค่าประสิทธิภาพกรณีที่ 1 18

4.1 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 1
และ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 1 22

4.2 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 1 23

4.3 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 2
และ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 2 24

4.4 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 2 24

4.5 กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 3 25

4.6 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 3 26

4.7 กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 4 27

4.8 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 4 27

4.9 กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 5 28

4.10 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 5 28

4.11 กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 6 29

4.12 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 6 30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.13 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 7
และ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 7 31

4.14 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 7 31

4.15 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 8
และ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 8 32

4.16 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 8 32

4.17 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 9
และ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 9 33

4.18 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 9 34

4.19 กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 10 35

4.20 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 10 35

4.21 กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 11 36

4.22 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 11 36

4.23 กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 12 37

4.24 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 12 38

4.25 กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 13 39

4.26 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 13 39

4.27 กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 14 40

4.28 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 14 40

4.29 กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 15 41

4.30 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 15 42

4.31 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 16
และ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 16 43

4.32 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 16 43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.33 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 17 และ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต1 ของกรณีที่ 17 และ (ค) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต2ของกรณีที่ 17 44

4.34 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 17 45

4.35 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 18 และ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต1 ของกรณีที่ 18 และ (ค) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต2ของกรณีที่ 18 46

4.36 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 18 47

4.37 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 19 และ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต1 ของกรณีที่ 19 และ (ค) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต2ของกรณีที่ 19 48

4.38 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 19 48

4.39 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 20 และ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต1 ของกรณีที่ 20 และ (ค) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต2ของกรณีที่ 20 49

4.40 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 20 49

4.41 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 21 และ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต1 ของกรณีที่ 21 และ (ค) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต2ของกรณีที่ 21 และ (ง) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต2 กรณีที่ 21 52

4.42 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 21 52

4.43 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพที่ได้จากกรณีที่ 1 ปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซีต่อปัจจัยนำเข้าเป็นฟัซซี 58

4.44 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพที่ได้จากกรณีที่ 3 ปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซีต่อปัจจัยนำเข้าเป็นค่าคงที่ 59

4.45 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพที่ได้จากกรณีที่ 5 ปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซีต่อปัจจัยนำเข้าเป็นช่วง 59

4.46 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 1 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 61

4.47 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 2 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 62

4.48 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 3 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 63

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.49 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 4 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 63

4.50 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 5 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 64

4.51 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 6 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 65

4.52 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 7 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 66

4.53 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 8 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 66

4.54 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 9 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 67

4.55 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 10 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 68

4.56 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 11 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 69

4.57 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 12 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 70

4.58 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 13 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 70

4.59 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 14 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 71

4.60 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 15 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 71

4.61 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 16 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 73

4.62 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 17 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 74

4.63 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 18 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 74

4.64 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 19 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 75

4.65 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 20 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 76

4.66 ค่าประสิทธิภาพที่ได้ของกรณีที่ 21 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang 77

4.67 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าและ (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต
กรณีวัดความละเอียดของ α –cut 79

4.68 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang ที่มี α -cut 5 ระดับ
กรณีที่ 22 80

4.69 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang ที่มี α -cut 11 ระดับ
กรณีที่ 22 80

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.70 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang ที่มี α -cut 21 ระดับ กรณีที่ 22 81

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันมีการใช้ Data Envelopment Analysis (DEA) ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากในด้านการวัดประสิทธิภาพของหน่วยงาน หรือองค์กรต่างๆตลอดจนการจัดการและเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจ DEA จะช่วยองค์กรในเรื่องการวางแผนว่าองค์กรควรจะจัดสรรทรัพยากรอย่างไรให้เหมาะสม โดยเทียบอัตราส่วนของผลผลิตกับปัจจัยการผลิตขององค์กรที่อยู่กลุ่มเดียวกันจึงได้มีการนำเอา DEA ไปใช้วัดประสิทธิภาพในหน่วยงานต่างๆหลายหน่วยงานทั้งของรัฐและโดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานภาคบริการ ไม่ว่าจะเป็นโรงพยาบาล ธนาคาร สถาบันการศึกษา ซึ่งในบางครั้งปัจจัยนำเข้าที่เราได้นั้นมีข้อมูลนำเข้าที่ไม่แน่นอน แต่แบบจำลองดั้งเดิมของ DEA เช่น CCR (ถูกค้นพบโดย Charnes Cooper Rhodes) และ BCC (พัฒนาโดย Banker, Charnes และ Cooper) ไม่สามารถที่จะจัดการกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนได้มีการตั้งสมมติฐานว่า input และ output ทั้งหมดต้องทราบค่าที่แน่นอน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสมมติฐานนี้อาจจะไม่จริงเสมอไป เนื่องจากว่าข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพหลายครั้งเป็นข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวเลข บางครั้งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลที่มีความไม่สมบูรณ์ ข้อมูลที่ได้จากการประเมินด้านคุณภาพ ข้อมูลที่เป็นการคาดการณ์ในอนาคต หรือข้อมูลที่มีระดับความพึงพอใจ โดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่าข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนเหล่านั้นเป็นตัวเลขที่มีความคลุมเครือ (Fuzzy Data) เช่น การประเมินประสิทธิภาพของมหาวิทยาลัย ข้อมูล input คือ ขนาดของชุมชนรอบมหาวิทยาลัย ถ้านับหลังคาเรือนให้ได้ตัวเลขที่สามารถระบุค่าได้แน่นอนก็จะใช้เวลานานแต่ถ้านับแบบคร่าวๆและใช้การประมาณก็จะทำให้เก็บข้อมูลได้เร็วขึ้นในการวิเคราะห์ปัญหา DEA ที่มีข้อมูลลักษณะนี้ คือ Fuzzy DEA ซึ่งมีนักวิจัยหลายกลุ่มได้ศึกษาหาวิธีแก้ไขปัญหา Fuzzy DEA มามากมาย และ Ying – Ming Wang และคณะก็เป็นอีกคณะหนึ่งที่ได้เสนอวิธีแก้ปัญหา DEA ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษางานวิจัยของ Ying – Ming Wang เพราะเป็นที่ยอมรับกันจากวารสารวิชาการทางทฤษฎี Fuzzy (Fuzzy Systems) เพื่อเรียนรู้วิธีการคิดและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา Fuzzy DEA รวมทั้งผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยใช้กรณีศึกษาต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาทฤษฎี Data Envelopment Analysis

1.2.2 เพื่อศึกษาทฤษฎี Fuzzy Data Envelopment Analysis

1.2.3 ศึกษาการแก้ปัญหา Fuzzy Data Envelopment Analysis โดยเลือกวิธีการแก้ปัญหาของ Wang และคณะ เพราะเป็นที่ยอมรับและถูกตีพิมพ์ลงในวารสารที่มีชื่อทางด้านฟัซซี่

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ผลจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการแก้ปัญหาวิธีของ Wang และคณะในกรณีศึกษาต่างๆ

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ผลวิเคราะห์ที่ได้ทำให้ทราบว่าแบบจำลองของ Wang และคณะสามารถใช้ในการแก้ปัญหา Fuzzy DEA กรณีใดได้บ้างและ α-cut ควรใช้เป็นเท่าไหร่

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 เพื่อศึกษางานวิจัยของ Ying – Ming Wang และคณะ

1.5.2 Fuzzy Data Envelopment Analysis

1.5.3 กรณีศึกษา 10 กรณีศึกษา

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

เดือนมิถุนายน ปี 2554 ถึง มกราคม ปี 2555

1.8ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินงาน	ช่วงเวลา													
		มิ.ย.		ก.ค.		ส.ค.		ก.ย.		ต.ค.		พ.ย.		ธ.ค.		ม.ค.	
1	ศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้อง	←	—	—	—	—	→										
2	ศึกษาแบบจำลองFuzzy DEA ของ Wang และคณะ					←	—	—	—	—	→						
3	สร้างโปรแกรมทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Wang และคณะ									←	—	—	—	→			
4	ทำการวิเคราะห์และสรุปผล												←	—	—	→	
5	จัดทำรูปเล่ม																↔

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

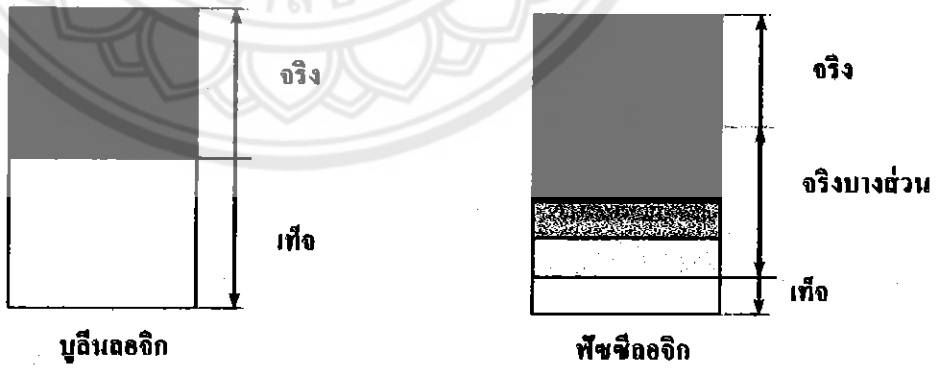
ในการจัดทำโครงงาน ผู้จัดทำได้ศึกษาถึงหลักการและทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องโดยได้กำหนดหัวข้อทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ตรรกศาสตร์ฟัซซี่ (Fuzzy logic)

2.1.1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับตรรกะฟัซซี่

ตรรกศาสตร์ฟัซซี่ถูกคิดค้นโดย L.A.Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ตรรกะฟัซซี่ถูกพัฒนามาจากทฤษฎีเซตวิภัชนัย โดยเป็นการใช้เหตุผลแบบประมาณ ซึ่งไม่มีข้อสรุปที่แน่นอนว่าถูกหรือผิดใช่หรือไม่ใช่ ฟัซซี่ลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความจริงที่ว่าทุกสิ่งบนโลกไม่ได้มีเฉพาะสิ่งที่แน่นอนเท่านั้นแต่มีหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (ดร.พยุง มีสัจ,2552)

ตรรกะฟัซซี่เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจ ซึ่งอยู่ภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูล ซึ่งค่าความจริงของตรรกะฟัซซี่จะอยู่ระหว่างจริงกับเท็จ ในขณะที่ตรรกะเดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น



รูปที่ 2.1 ตรรกะแบบจริงเท็จ (บูลีนลอจิก) กับตรรกะแบบฟัซซี่ (ฟัซซี่ลอจิก)

ที่มา :ดร.พยุง มีสัจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

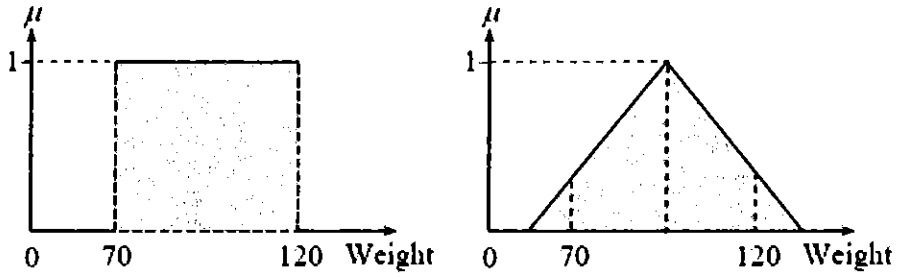
จากภาพจะแสดงถึงความแตกต่างของบูลีนลอจิกกับตรรกะฟัซซี่ บูลีนลอจิกนั้นจะมีชื่อเรียกว่า ไบวาเลนซ์ (Bivalence) ให้ค่าความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่าคือจริงกับเท็จในขณะที่ตรรกะ

ฟัซซี่มีชื่อเรียกว่า มัลติวาเลนซ์ (Multivalence) จะมีค่าความเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ค่า ซึ่งมีประโยชน์ในการจำลองระดับเหตุการณ์ที่มีการประเมินออกมาเป็นคำพูด“เล็กน้อย”“ปานกลาง” “มาก” หรือในเหตุการณ์ที่มีข้อมูลเป็นค่าประมาณที่ไม่สามารถระบุจำนวนที่แน่ชัดได้โดยใช้ค่าความเป็นสมาชิกของเซตแทนค่าประมาณนั้น

2.1.2 ฟัซซี่เซต (Fuzzy set)

ฟัซซี่เซตเป็นเซตที่ให้ค่าความเป็นสมาชิกอยู่ระหว่าง 0-1 ซึ่งจะมีความแตกต่างกับเซตแบบฉบับ คือ เซตแบบฉบับนั้นจะให้ค่าความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่าคือเป็นสมาชิก (0) กับ ไม่เป็นสมาชิก (1) เท่านั้น ฟัซซี่เซตนั้นจะมีค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และถ้าค่าระดับความเป็นสมาชิกมีค่าเข้าใกล้ 1 มากเท่าไหร่ข้อมูลนั้นก็จะมีความเป็นสมาชิกเพิ่มมากขึ้นทำให้ฟัซซี่เซตนั้นครอบคลุมเซตแบบฉบับด้วย (ครอบคลุม 0 และ 1) ฟัซซี่เซตจะมีขอบเขตที่ไม่ใช่มีการเปลี่ยนแปลงไปในทันทีจากจริงเป็นเท็จซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น ถ้าทำการประเมินทักษะการใช้ภาษาอังกฤษของนิสิต ซึ่งเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากที่จะประเมินสิ่งเหล่านี้ออกมาในรูปที่เป็นตัวเลขที่แน่นอน จะเห็นได้ว่านิสิตบางคนอาจจะมีทักษะการใช้ภาษาที่แย่ บางคนมีทักษะการใช้ภาษาในระดับปานกลาง หรือบางคนมีทักษะการใช้ภาษาอังกฤษที่ดีเยี่ยม ซึ่งทักษะของแต่ละคนจะแตกต่างกันไป ทำให้เราไม่สามารถที่จะใช้เซตแบบฉบับมาแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้

เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของฟัซซี่เซตและเซตแบบฉบับมากยิ่งขึ้นจึงได้ยกตัวอย่างเกี่ยวกับความอ้วน นิยามคำว่าคนอ้วนในเซตทวินัยอาจกำหนดเป็นคนที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 70 ถึง 120 กิโลกรัม โดยนิยามแบบฟัซซี่เซตอาจกำหนดเป็นคนที่มีความอ้วนประมาณ 80 กิโลกรัม ซึ่งเป็นการให้นิยามที่ไม่แสดงถึงขอบเขตที่แน่นอน



รูปที่ 2.2 การกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของเซตทวินัยและเซตแบบฟัซซี่

ที่มา: ดร.พยุง มีสัจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

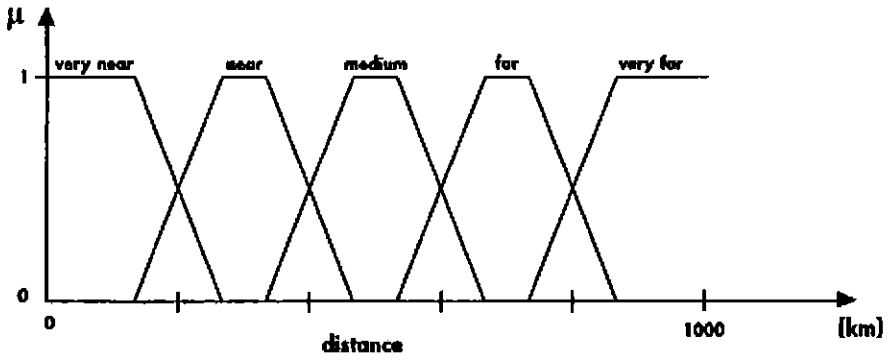
2.1.3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function)

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเป็นตัวที่ใช้ในการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกให้กับตัวแปรที่นำมาใช้งาน ซึ่งในฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะมีการนำข้อมูลฟัซซี่มาพิจารณาเพื่อทำการเลือกกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเพื่อที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งมีนักวิจัยจำนวนมากที่สร้างกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับปัญหาหลายๆประเภท ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพูดถึงกราฟของฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular membership function) ซึ่งจะประกอบด้วย
3 พารามิเตอร์ คือ {a,b,c}

$$\text{Triangular}(x : a, b, c)=\begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \le x \le b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \le x \le c \\ 0 & x > c \end{cases}$$

2.1.4 ตัวแปรทางภาษา (Linguistic Variable)

ตัวแปรทางภาษาถือเป็นตัวหนึ่งที่สำคัญเป็นอย่างมากในตรรกะฟัซซี่ เป็นตัวที่ช่วยในการกำหนดค่าของสิ่งที่ต้องการอธิบายทั้งที่อยู่ในรูปเชิงคุณภาพ โดยใช้พจน์ภาษา (Linguistic term) และอยู่ในรูปเชิงปริมาณโดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) ซึ่งจะอยู่ในรูปของเซตแบบฟัซซี่ (ดร.พยุง มีสัจ) ตัวแปรทางภาษาเป็นตัวแปรที่มีค่าเป็นภาษาที่ใช้กันตามธรรมชาติซึ่งความหมายที่มากับตัวแปรทางภาษาเราจะเรียกว่า Fuzzy set เช่นในรูป 2.3 ซึ่งจะมีการกำหนดนิพจน์ที่ใช้แทนตัวแปรทางภาษา คือ very near, near, medium, far, very far โดย Fuzzy set ต่างๆ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างตัวแปรทางภาษา

ที่มา:Anton Kummert, Atlas Elektronik GmbH

2.2 Data envelopment analysis

Data envelopment analysis หรือ DEA เป็นเทคนิคที่ช่วยในการวัดประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการทำงานขององค์กรหรือหน่วยงานต่างๆ ซึ่งหน่วยงานที่ถูกวัดประสิทธิภาพนี้จะถูกเรียกว่า DMU (Decision – Making Unit) (วิโรจน์ ตันติภัทโร, 2553) DEA ถูกค้นพบโดย Charnes Cooper Rhodes ในปี 1978 แบบจำลองนี้ถูกเรียกว่า แบบจำลอง CCR มีจุดประสงค์เพื่อใช้สำหรับการหาค่าประสิทธิภาพการดำเนินงานของหน่วยงาน แต่แบบจำลองนี้มีข้อจำกัดคือ หน่วยผลิตที่มีประสิทธิภาพนั้นต้องมีผลตอบแทนต่อหน่วยคงที่เท่านั้น (Constant returns to scale; CRS) โดยใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในองค์กรที่ไม่แสวงผลกำไร (จิตติยา เสรีวัฒน์, 2550) จึงได้มีการพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาใหม่เพื่อลดข้อจำกัดของแบบจำลอง CCR โดยมีการเพิ่มข้อจำกัดบางประการลงไปในแบบจำลอง CCR ซึ่งเมื่อมีการเพิ่มข้อจำกัดลงไปในแบบจำลองเดิมจะทำให้การวัดประสิทธิภาพสามารถที่จะผันแปรตามสภาพการดำเนินงานที่แท้จริงโดยแบบจำลองดังกล่าวมีชื่อว่าแบบจำลอง BCC ถูกพัฒนาโดย Banker, Charnes และ Cooper นอกจากนั้นแบบจำลองทั้งสองแบบยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ Input – Oriented ที่เน้นให้ DMUs ที่มีประสิทธิภาพไม่เต็มที่ปรับปรุงปัจจัยการผลิตในระดับเดิม และ Output – Oriented ที่เน้นให้ DMUs ที่มีประสิทธิภาพไม่เต็มที่ปรับปรุงการผลิตผลผลิตในระดับเดิม

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการวัดประสิทธิภาพโดยวิธี DEA ที่เสนอโดย Charnes et.al ในปี ค.ศ. 1978 มีรูปแบบดังนี้

$$\text{Maximize} \quad h_0 = \frac{\sum \mu_r y_{r_0}}{\sum \nu_i x_{i_0}} \tag{2.1}$$

$$\text{s.t} \quad 1 \geq \frac{\sum \mu_r y_{r_0}}{\sum \nu_i y_{r_0}} \tag{2.2}$$

$$\mu, \nu \geq 0 \tag{2.3}$$

โดยที่ h_0 คือ ค่าประสิทธิภาพของแต่ละ DMU

x_{ij} คือ จำนวนของปัจจัยการผลิต (Input) ที่ i จาก DMU_j

y_{rj} คือ จำนวนของผลผลิต (Output) ที่ r จาก DMU_j

μ, ν คือ เวกเตอร์สัมประสิทธิ์ของปัจจัยการผลิตและผลผลิต

จากแบบจำลองข้างต้นจะพบว่า สมการที่ใช้ในการหาค่าประสิทธิภาพจะเป็นสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นทำให้ยากต่อการหาคำตอบและเพื่อให้เกิดความง่ายต่อการคำนวณ Charnes et.al (1978) จึงได้มีการเปลี่ยนสมการดังกล่าวให้เป็นสมการเชิงเส้นโดยได้มีการเพิ่มข้อจำกัดเข้าไปในแบบจำลองเดิม ดังนี้

$$\text{Maximize} \quad h_0 = \sum \mu_r y_{r_0} \tag{2.4}$$

$$\text{s.t} \quad \sum \nu_i x_{i_0} = 1 \tag{2.5}$$

$$\sum \mu_r y_{r_0} - \sum \nu_i x_{i_0} \leq 0 \tag{2.6}$$

$$\mu, \nu \geq 0 \tag{2.7}$$

แบบจำลองข้างต้นเป็นแบบจำลองพื้นฐานที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของ DMU โดยที่เราจะให้ความสนใจที่สมการเป้าหมายส่วนข้อจำกัดจะเป็นอสมการประสิทธิภาพของแต่ละ DMUs ที่เป็นอัตราส่วนระหว่างผลผลิตต่อปัจจัยนำเข้า ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 ค่าที่ได้จากการประมวลผลจะอ่านได้จากสมการเป้าหมาย DMUs หากเท่ากับ 1 แสดงว่า DMU นั้นมีประสิทธิภาพดีที่สุดในกลุ่ม (ซึ่งอาจมีมากกว่า 1 DMUs) แต่ถ้าค่าสมการเป้าหมายมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า DMUs นั้นมีประสิทธิภาพน้อยกว่า DMUs ที่ดีที่สุดเป็นอัตราส่วนเท่าไหร่เมื่อเทียบกับ DMUs ที่ดีที่สุด (Relative efficiency)

ก. ประโยชน์ของ Data envelopment analysis

ก.1 เป็นเครื่องที่ช่วยในการวางแผนนโยบายหรือเป้าหมายระดับการปฏิบัติงานขององค์กรได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากผลการวิเคราะห์จาก DEA เมื่อนำมาเทียบกับองค์กรอื่นที่มีประสิทธิภาพจะทำให้ทราบว่าเราควรจะลดปัจจัยนำเข้าตัวใด ลดเท่าไหร่ และควรเพิ่มผลผลิตตัวใดบ้างจำนวนเท่าไหร่

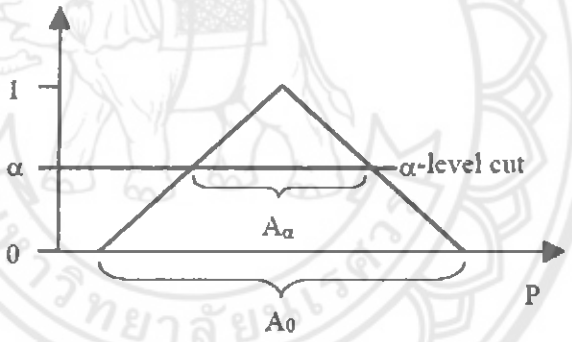
ก.2 ใช้ในการคัดกรององค์กรที่มีประสิทธิภาพ เพื่อนำมาเป็นองค์กรต้นแบบ เพื่อเป็นแนวทางให้องค์กรที่ไม่มีประสิทธิภาพนำไปปรับปรุงต่อไป

2.3 Fuzzy and Data envelopment analysis

Data Envelopment Analysis (DEA) ถูกใช้ประโยชน์อย่างมากในด้านการจัดการและเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจ DEA ได้มีการพัฒนาครั้งแรกโดย Charnes et.al แต่แบบจำลองดั้งเดิมของ DEA เช่น CCR และ BBC ไม่สามารถที่จะจัดการกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนได้และได้มีการตั้งสมมติฐานว่า input และ output ทั้งหมดต้องทราบค่าที่แน่นอน ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว

สมมติฐานอาจจะไม่จริงเสมอไป เนื่องจากหลายครั้งข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวเลข ในบางครั้งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพข้อมูลที่มีความไม่สมบูรณ์ ข้อมูลที่ได้จากการประเมินด้านคุณภาพ ข้อมูลที่เป็นการคาดการณ์ในอนาคต หรือข้อมูลที่มีระดับความพึงพอใจ โดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่าข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนเหล่านั้นเป็นตัวเลขที่มีความคลุมเครือ ดังนั้นการประเมินการจัดการหรือประสิทธิภาพการทำงานของกลุ่มที่มีข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนจึงเป็นปัญหาที่นักวิจัยหลายๆท่านพยายามที่จะหาวิธีแก้ ซึ่ง Ying – Ming Wang และคณะได้เป็นอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งได้เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหานี้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เป็นที่ยอมรับและถูกตีพิมพ์ลงในวารสารที่มีชื่อในด้านฟัซซี่

งานวิจัยของ Ying – Ming Wang และคณะได้คิดค้นวิธีแก้ DEA ที่มีค่า X และ Y เป็น Interval แล้วจากนั้นได้ขยายวิธีที่เป็น Interval เพื่อใช้แก้ปัญหา DEA ที่มีข้อมูล X และ Y เป็น Fuzzy number โดยใช้หลักการ α-cut และ Support โดยที่ α-cut เป็นตัวที่ใช้ในการบอกค่าระดับความเป็นสมาชิกใน fuzzy set ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง [0,1] ยิ่ง α สูงมากเท่าไหร่ความเป็นสมาชิกก็จะเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 2.4 แสดง α -cut และ Support

ที่มา: Fuzzy alpha-cut vs. Monte Carlo techniques in assessing uncertainty in model parameters

สมมติให้มี n DMUs ที่ต้องใช้ในการประเมินผลซึ่งแต่ละ DMU จะมี input ที่แตกต่างกัน m inputs และมี output ที่แตกต่างกัน s outputs โดยที่ DMU_j จะมีรูปแบบของ input คือ $X_j = \{x_{ij}\}$ $(i = 1,2,...,m)$ และให้ $Y_j = \{y_{rj}\}$ เป็นรูปแบบของ output $(r = 1,2,...,s)$ ซึ่งข้อมูลของ input และ output x_{ij} และ y_{rj} ไม่สามารถที่จะระบุค่าได้เนื่องจากเป็นข้อมูลที่มีความไม่แน่นอน ซึ่งในข้อมูลจะทราบเพียงค่าที่เป็นขอบเขตบนและขอบเขตล่างซึ่งเป็นค่าช่วงที่อยู่ในรูปของ $[x_{ij}^L, x_{ij}^U]$ และ $[y_{rj}^L, y_{rj}^U]$ โดยที่ $x_{ij}^L > 0$ และ $y_{rj}^L > 0$ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีแก้ Interval DEA ไว้ดังนี้

ในการหาขอบเขตบนและขอบเขตล่างของค่าประสิทธิภาพของแต่ละ DMU จึงได้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\text{Maximize} \quad \theta^{U}_{j0} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y^{U}_{rj_0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x^{L}_{ij_0}} \tag{2.8}$$

$$\text{Subject to} \quad \theta^{U}_{j} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y^{U}_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x^{L}_{ij}} \le 1 \quad \text{j=1,....,n,} \tag{2.9}$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon \ \forall r,i. \tag{2.10}$$

$$\text{Maximize} \quad \theta^{L}_{j0} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y^{L}_{rj_0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x^{U}_{ij_0}} \tag{2.11}$$

$$\text{Subject to} \quad \theta^{U}_{j} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y^{U}_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x^{L}_{ij}} \le 1 \quad \text{j=1,....,n,} \tag{2.12}$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon \ \forall r,i. \tag{2.13}$$

และเพื่อให้เกิดความง่ายในการคำนวณจึงได้มีการใช้ทฤษฎีของ Charnes – Cooper เพื่อแปลงแบบจำลอง non – linear ให้เป็น linear ได้ดังนี้

$$\text{Maximize} \quad \theta^{U}_{j_0} = \sum_{r=1}^{s} u_r y^{U}_{rj_0} \tag{2.14}$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^{m} v_i x^{L}_{ij_0} = 1 \tag{2.15}$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y^{U}_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x^{L}_{ij} \le 0 \quad \text{j=1,....,n,} \tag{2.16}$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon \ \forall r,i. \tag{2.17}$$

Maximize $$\theta_{j_o}^{L} = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj_o}^{L} \quad (2.18)$$

Subject to $$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij_o}^{U} = 1 \quad (2.19)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^{U} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^{L} \le 0 \; j = 1,\ldots,n \quad (2.20)$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon \; \forall r,i. \quad (2.21)$$

โดยที่ $\theta_{j_o}^{U}$ หมายถึงค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้ในแต่ละ DMUs เมื่อ DMUs ทั้งหมดอยู่ในหน่วยการผลิตที่ดีที่สุด โดยที่ $\theta_{j_o}^{L}$ หมายถึง ขอบเขตล่างของค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้ของแต่ละ DMU_0 ซึ่งค่าเหล่านี้จะเขียนอยู่ในรูปแบบของช่วง ดังนี้ $[\theta_{j_o}^{L}, \theta_{j_o}^{U}]$

ข้อสังเกต ในสมการที่ (2.14) - (2.17) จะมีการกำหนดขอบเขตการผลิตสำหรับ DMUs ทั้งหมด และในสมการที่ (2.18) - (2.21) จะใช้ขอบเขตการผลิตมาตรฐานในการหาค่าประสิทธิภาพขอบเขตล่างของแต่ละ DMUs

ในงานวิจัยนี้ได้มีการเพิ่มความสามารถของช่วง DEA ในแบบจำลองที่ (2.8) - (2.21) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความคลุมเครือ ซึ่งข้อมูลที่มีความคลุมเครือจะถูกแปลงเป็นช่วงข้อมูลโดยใช้ α-level set โดยมีการกำหนดให้ $\tilde{x}_{ij}$ และ $\tilde{y}_{rj}$ เป็นข้อมูลที่มีความคลุมเครือและมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกคือ $\mu_{\tilde{x}_{ij}}$ และ $\mu_{\tilde{y}_{rj}}$ ตามลำดับและให้ $S(\tilde{x}_{ij})$ และ $S(\tilde{y}_{rj})$ เป็น Support ของ $\tilde{x}_{ij}$ และ $\tilde{y}_{rj}$ ตามลำดับ ดังนั้น α-level set ของ $\tilde{x}_{ij}$ และ $\tilde{y}_{rj}$ มีรูปแบบดังนี้

$$(x_{ij})_\alpha = \{x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \ge \alpha$$

$$= \left[\min_{x_{ij}} \{x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \ge \alpha\}, \max_{x_{ij}} \{x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \ge \alpha \right] \quad \forall i,j$$

$$(y_{rj})_\alpha = \{y_{rj} \in S(\tilde{y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) \ge \alpha$$

$$= \left[\min_{y_{rij}} \{y_{rj} \in S(\tilde{y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) \ge \alpha\}, \max_{y_{rij}} \{y_{rj} \in S(\tilde{y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) \ge \alpha \right] \forall r,j$$

โดยที่ $0 < \alpha \le 1$ โดยที่ระดับความแตกต่างของความเชื่อมั่น คือ 1-α ข้อมูลความคลุมเครือจะถูกแปลงไปเป็นค่าความแตกต่าง α-level set $\{(x_{ij})_\alpha \mid 0 < \alpha \le 1\}$ และ $\{(y_{rj})\alpha \mid 0 < \alpha \le 1\}$ ซึ่งเป็นช่วงทั้งหมดที่มีช่วงความกว้างของ input และoutput จะมีรูปแบบ

$(x_{ij})_0 = \{x_{ij} = S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) > 0\} = [x_{ij}^L, x_{ij}^U]$

และ $(y_{rj})_0 = \{y_{rj} = S(\tilde{y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) > 0\} = [y_{rj}^L, y_{rj}^U]$

โดยที่ $x_{ij}^L, x_{ij}^U, y_{rj}^L, y_{rj}^U$ เป็นค่าขอบเขตล่างและขอบเขตบนของข้อมูลที่มีความคลุมเครือ $\tilde{x}_{ij}$ และ $\tilde{y}_{rj}$ ตามลำดับจะเห็นได้ว่าขอบเขตการผลิตจะถูกกำหนดโดยช่วงของข้อมูล $[x_{ij}^L, x_{ij}^U]$ และ $[y_{rj}^L, y_{rj}^U]$ $(i = 1,...,m; j = 1,...,n; r = 1,...,s)$ ที่ α – level set ใดๆข้อมูลของ input และ output จะอยู่ในรูปแบบของ $(x_{ij})_\alpha = [(x_{ij})_\alpha^L, (x_{ij})_\alpha^U]$ และ $(y_{rj})\alpha = [(y_{rj})_\alpha^L, (y_{rj})_\alpha^U]$ ควรจะมีการวัดโดยใช้ขอบเขตการผลิตที่เหมือนกันดังนั้นช่วงของแบบจำลอง DEA สำหรับข้อมูลที่มีความคลุมเครือทั้ง input และ output จะเขียนได้ดังนี้

Maximize $$(\theta_{j0})_\alpha^U = \sum_{r=1}^{s} u_r (y_{rj0})_\alpha^U \quad (2.22)$$

Subject to $$\sum_{i=1}^{m} v_i (x_{ij0})_\alpha^L = 1 \quad (2.23)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^L \le 0 \quad j = 1,....,n, \quad (2.24)$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon \ \forall i, j \quad (2.25)$$

Maximize $$(\theta_{j0})_\alpha^L = \sum_{r=1}^{s} u_r (y_{rj0})_\alpha^L \quad (2.26)$$

Subject to $$\sum_{i=1}^{m} v_i (x_{ij0})_\alpha^U = 1 \quad (2.27)$$

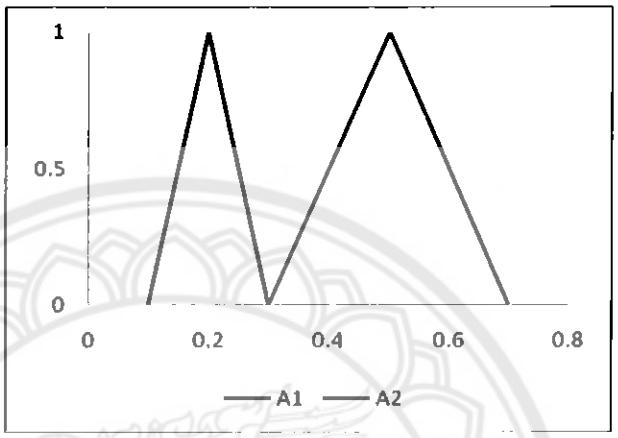
$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^L \le 0 \quad j = 1,....,n, \quad (2.28)$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon \ \forall i, j \quad (2.29)$$

โดยที่ $(\theta_{j_0})_\alpha^U$ และ $(\theta_{j_0})_\alpha^L$ เป็นค่าขอบเขตบนและขอบเขตล่างของค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดภายใต้ α – level set ซึ่งรูปร่างของช่วงประสิทธิภาพจะแทนด้วย $(\theta_{j_0})_\alpha = [(\theta_{j_0})_\alpha^L, (\theta_{j_0})_\alpha^U]$

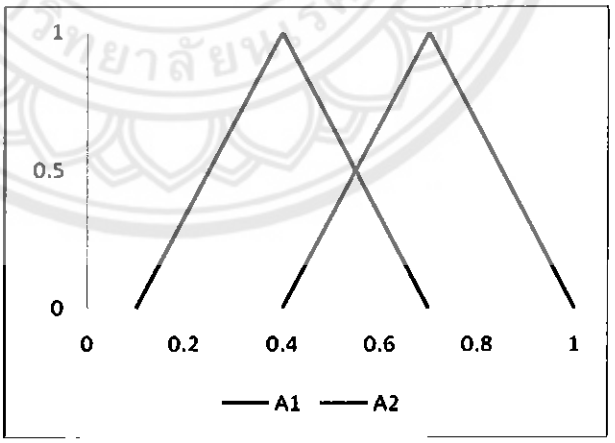
2.3.1 การจัดลำดับตัวเลขฟัซซี่

ในการพิจารณาตัวเลขจำนวนจริงว่าค่าใดที่มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า ตามหลักทฤษฎีของจำนวนจริงบนเส้นจำนวนจะพบว่าค่าที่อยู่ทางขวาจะมีค่ามากกว่า ในกรณีของตัวเลขฟัซซี่ก็เช่นกัน ถ้าตัวเลขฟัซซี่ตัวใดอยู่ข้างขวาบนเส้นจำนวนมากกว่าก็จะมีค่ามากกว่า ตัวอย่างเช่น



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างกราฟฟัซซี่แบบที่ 1

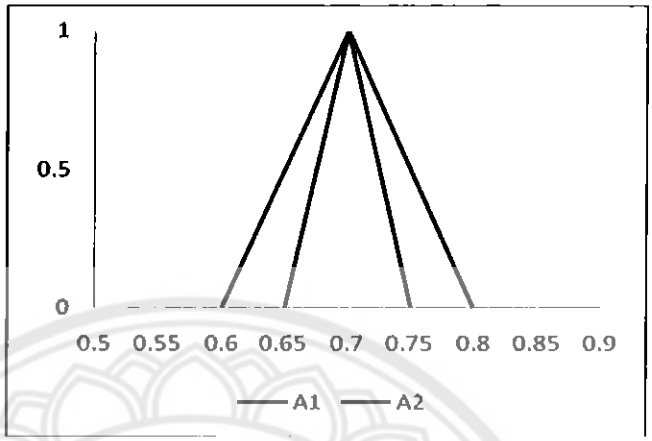
จากรูปข้างต้นจะเห็นได้ว่าถ้าตัวเลขฟัซซี่ของ A2 จะอยู่ทางด้านขวาของ A1 ดังนั้น A2 มีค่ามากกว่า A1



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างกราฟฟัซซี่แบบที่ 2

จากรูปข้างต้นเมื่อทำการพิจารณาทีละด้าน เมื่อทำการพิจารณาด้านซ้ายจะพบว่า เส้นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกด้านซ้ายของ A2 จะมีค่าอยู่ทางด้านขวามากกว่าของ A1 และเมื่อทำการ

พิจารณาทางด้านขวา เส้นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกด้านขวาของ A2 ก็มีค่าอยู่ทางด้านขวามากกว่าของ A1 ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า A2 มีค่ามากกว่า A1



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างกราฟฟัซซี่แบบที่ 3

จากรูปที่ 2.7 เมื่อพิจารณาเส้นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในแต่ละด้าน จะพบว่าที่ด้านซ้ายเส้นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกทางด้านซ้ายของ A2 จะมีค่าอยู่ทางด้านขวามากกว่าของ A1 และเมื่อพิจารณาทางด้านขวา เส้นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกทางด้านขวาของ A1 จะมีค่าอยู่ทางด้านขวามากกว่าเส้นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ A2 ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาพื้นที่แล้วจะพบว่า ทั้ง A1 และ A2 มีค่าที่เท่ากัน

นอกจาก 3 กรณี ที่กล่าวมาข้างต้นยังมีอีกหลายกรณีซึ่งบางครั้งบางกรณีไม่สามารถบอกได้ว่าค่าใดมีค่ามากกว่าด้วยการดูคร่าวๆได้ จึงได้มีการใช้วิธีการจัดลำดับเพื่อดูว่าฟัซซี่ตัวใดที่มีค่ามากกว่ากัน ซึ่งการจัดลำดับนั้นจะมีหลายวิธีด้วยกัน แต่ในงานวิจัยเล่มนี้ได้ใช้วิธีการจัดลำดับด้วยวิธีของ Wang และคณะ

2.3.2 วิธีการ Minimax regret-based สำหรับการเปรียบเทียบและการจัดอันดับช่วงประสิทธิภาพโดย Wang และคณะ

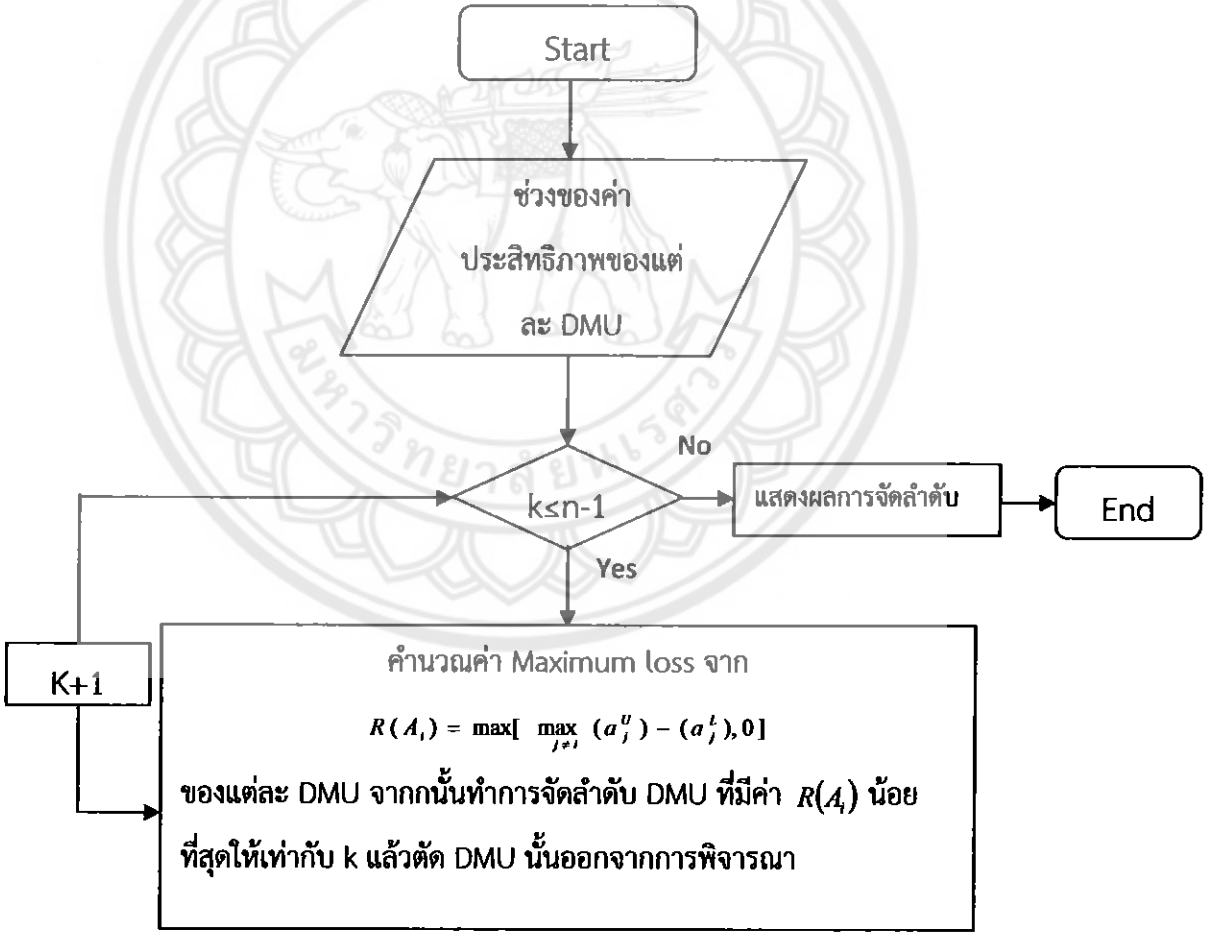
ในการประเมินช่วงประสิทธิภาพของ DMU ที่มีลักษณะเป็นช่วง แนวทางการจัดลำดับที่เรียบง่ายเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเปรียบเทียบและการจัดอันดับประสิทธิภาพของ DMUs ที่แตกต่างกัน มีเพียงไม่กี่วิธีการที่ได้รับการพัฒนาในการจัดลำดับตัวเลขและยังพบว่ามีข้อบกพร่องบางประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีค่าตัวเลขเป็นช่วงที่เหมือนกัน แต่มีระยะความกว้างแตกต่างกันซึ่งทำให้แยกแยะความแตกต่างได้ยาก

ในบทความที่ศึกษามีการนำเสนอวิธีของ Wang et al. คือ Minimax regret approach (MRA) วิธีการนี้สามารถใช้ในการเปรียบเทียบและการจัดอันดับช่วงประสิทธิภาพของแต่ละ DMUs แม้ว่าจะมีค่าตัวเลขที่เหมือนกันแต่มีความกว้างของช่วงที่แตกต่างกัน

โดยกำหนดให้ $A_i = [a_j^L, a_j^U], i = 1,2,...,n$ เป็นช่วงประสิทธิภาพของ n DMUs ค่าสูญเสียประสิทธิภาพสูงสุด (Wang ET.AL) ของแต่ละช่วงประสิทธิภาพ A_i หาได้จาก

$$R(A_i) = \max[\max_{j \neq i}(a_j^U) - (a_j^L), 0] \tag{2.30}$$

ซึ่ง Flow chart กระบวนการจัดลำดับได้นำเสนอไว้ในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 รูปแสดงขั้นตอนการสร้างลำดับ

2.4 โปรแกรม MATLAB

MATLAB ย่อมาจาก Matrix Laboratory เป็นโปรแกรมคำนวณเชิงตัวเลขที่มีสิ่งแวดล้อมในการคำนวณของตัวเอง (Numerical Computing Environment) และมีภาษาเฉพาะตัวในการเขียนโปรแกรม

โปรแกรม MATLAB ถูกออกแบบให้ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมที่ประกอบด้วยชุดคำสั่งของ MATLAB ขึ้นมาได้เอง ซึ่งการเรียกใช้โปรแกรมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นเองจะต้องทำการเปิด MATLAB ขึ้นมาก่อนและสามารถเรียกใช้โปรแกรมโดนเรียกผ่าน MATLAB เท่านั้น การเขียนโปรแกรมใน MATLAB แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ก. การเขียนสคริปต์

การเขียนสคริปต์ คือ การรวมเอาคำสั่งต่างๆของ MATLAB ที่เกี่ยวข้องกับงานหรือการคำนวณนั้นๆไว้ในไฟล์ที่มีนามสกุล .m หรือที่เรียกว่า เอ็มไฟล์ (M-file) ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งาน MATLAB ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเนื่องจากผู้ใช้ไม่ต้องป้อนคำสั่งอีกต่อไป นอกจากนั้นการแก้ไขตัวแปรต่างๆก็สามารถแก้ไขใน M-file และสามารถสั่งให้โปรแกรมทำงานใหม่หลังจากแก้ไขตัวแปรได้ง่าย ในการเขียนโปรแกรมที่เป็นสคริปต์หรือชุดคำสั่งใน MATLAB สามารถทำได้โดยไปที่ File>New>M-file หลังจากนั้นโปรแกรม MATLAB จะเรียกหน้าต่างสำหรับสร้างและแก้ไขโปรแกรมออกมาและหลังจากที่ทำการเขียนโปรแกรมและบันทึกไฟล์เรียบร้อยแล้ว สามารถสั่งให้ MATLAB ทำงานตามสคริปต์ที่เขียนไว้โดยการกด F5 หรือกลับไปที่หน้าต่างคำสั่งของ MATLAB แล้วพิมพ์ชื่อไฟล์สคริปต์นั้นๆ ตัวโปรแกรมก็จะทำงานตามคำสั่งที่อยู่ในสคริปต์โดยไม่ต้องมีการคอมไฟล์โปรแกรมแต่อย่างใด

ข. การเขียนฟังก์ชัน

โปรแกรม MATLAB อนุญาตให้ผู้ใช้เขียนฟังก์ชันขึ้นมาใช้เองได้และลักษณะการเขียนก็เป็นเช่นเดียวกับการเขียนสคริปต์ ไฟล์ที่ใช้เก็บฟังก์ชันที่ผู้ใช้ได้เขียนขึ้นมาเองนั้นจะต้องมีนามสกุลเป็น .m และชื่อไฟล์จะต้องเป็นชื่อเดียวกับฟังก์ชันเท่านั้น ซึ่งจุดแตกต่างระหว่างการเขียนฟังก์ชันและการเขียนสคริปต์ คือ การเขียนฟังก์ชันนั้นบรรทัดแรกจะต้องวางคำว่า function ไว้หน้าฟังก์ชันโดยให้อยู่ในรูป function y = ชื่อฟังก์ชัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีตรรกะศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy)

3.1.2 ศึกษาทฤษฎี Data envelopment analysis (DEA)

3.1.3 ศึกษางานวิจัยเรื่อง Interval efficiency assessment using data envelopment analysis ของ Wang และคณะ

3.2 ศึกษาแบบจำลอง Fuzzy DEA ของ Wang และคณะ

ศึกษาแบบจำลองที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาการวัดประสิทธิภาพโดยมีข้อมูลที่คลุมเครือจากงานวิจัยของ Wang และคณะ โดยแบบจำลองที่ใช้มีดังนี้

Maximize $$(\theta_{j_0})^U_\alpha = \sum_{r=1}^{s} u_r (y_{rj_0})^U_\alpha \quad (3.1)$$

Subject to $$\sum_{i=1}^{m} v_i (x_{ij_0})^L_\alpha = 1 \quad (3.2)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y^U_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x^L_{ij} \le 0 \;\; j = 1,\ldots,n, \quad (3.3)$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon \;\; \forall i, j \quad (3.4)$$

Maximize $$(\theta_{j_0})^L_\alpha = \sum_{r=1}^{s} u_r (y_{rj_0})^L_\alpha \quad (3.5)$$

Subject to $$\sum_{i=1}^{m} v_i (x_{ij_0})^U_\alpha = 1 \quad (3.6)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y^U_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x^L_{ij} \le 0 \;\; j = 1,\ldots,n, \quad (3.7)$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon \;\; \forall i, j \quad (3.8)$$

3.3 สร้างโปรแกรมทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Wang และคณะ

การสร้างโปรแกรมทดสอบแบบจำลองสามารถทำได้โดยเขียนโปรแกรม MATLAB จำลองแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Wang และคณะสำหรับหาค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 1 ดังรูปที่ 3.1

```
clear all;
clc;
%upl and upu is output
upl1=[0.6 0.625 0.65 0.675 0.7;0.65 0.6625 0.675 0.6875 0.7];
upu1=[0.8 0.775 0.75 0.725 0.7;0.8 0.775 0.75 0.725 0.7];
%ipl and ipu is input
ipl=[0.45 0.4625 0.475 0.4875 0.5;0.45 0.4625 0.475 0.4875 0.5];
ipu=[0.55 0.5375 0.525 0.5125 0.5;0.55 0.5375 0.525 0.5125 0.5];
for j=1:5
for i=1:2
f=-1*[upu1(i,j) 0]';
A=[upu1(:,1) -ipl(:,1)];
b=zeros(2,1);
Aeq=[0 ipl(i,j)];
beq=[1];
lb=(10^-10)*(ones(2,1));
[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,[]);
upp(i)=-1*fval;
end
for i=1:2
f=-1*[upl1(i,j) 0]';
A=[upu1(:,1) -ipl(:,1)];
b=zeros(2,1);
Aeq=[0 ipu(i,j)];
beq=[1];
lb=(10^-10)*(ones(2,1));
[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,[]);
low(i)=-1*fval;
end
lowerbound(j,:)=low;
upperbound(j,:)=upp;
```

รูปที่ 3.1 แสดงโค้ดที่ใช้ในการหาค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 1

เมื่อได้โปรแกรมที่ช่วยในการคำนวณแล้ว ก็จะทำการทดสอบแบบจำลองโดยทดสอบ 2 ด้านคือ

3.3.1 ศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองของ Wang และคณะ เราจะใช้โจทย์ Fuzzy DEA กรณีต่างๆในการทดสอบ ซึ่งกรณีศึกษาต่างๆจะอยู่ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงกรณีศึกษาต่างๆที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองของ Wang และคณะ

กรณีที่		ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
1	DMU1	[0.45,0.5,0.55]	[0.6,0.7,0.8]
	DMU2	[0.45,0.5,0.55]	[0.65,0.7,0.8]
2	DMU1	เหมือนกรณีที่1	[0.6,0.7,0.8]
	DMU2	เหมือนกรณีที่1	[0.65,0.7,0.75]
3	DMU1	0.5	[0.6,0.7,0.8]
	DMU2	0.5	[0.65,0.7,0.75]
4	DMU1	เหมือนกรณีที่3	[0.6,0.7,0.8]
	DMU2	เหมือนกรณีที่3	[0.65,0.7,0.8]
5	DMU1	[0.45,0.55]	[0.6,0.7,0.8]
	DMU2	[0.45,0.55]	[0.65,0.7,0.75]
6	DMU1	เหมือนกรณีที่5	[0.6,0.7,0.8]
	DMU2	เหมือนกรณีที่5	[0.65,0.7,0.8]
7	DMU1	[0.45,0.5,0.55]	[0.6,0.7,0.8]
	DMU2	[0.4,0.5,0.6]	[0.6,0.7,0.8]
8	DMU1	เหมือนกรณีที่7	[0.65,0.7,0.75]
	DMU2	เหมือนกรณีที่7	[0.6,0.7,0.8]
9	DMU1	เหมือนกรณีที่7	[0.6,0.7,0.8]
	DMU2	เหมือนกรณีที่7	[0.65,0.7,0.75]
10	DMU1	เหมือนกรณีที่7	0.7
	DMU2	เหมือนกรณีที่7	0.7
11	DMU1	เหมือนกรณีที่7	[0.6,0.8]
	DMU2	เหมือนกรณีที่7	[0.6,0.8]

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แสดงกรณีศึกษาต่างๆที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองของ Wang และคณะ

กรณีที่		ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
12	DMU1	เหมือนกรณีที่7	[0.6,0.8]
	DMU2	เหมือนกรณีที่7	[0.65,0.75]
13	DMU1	เหมือนกรณีที่7	[0.65,0.75]
	DMU2	เหมือนกรณีที่7	[0.6,0.8]
14	DMU1	0.5	[0.5,0.5,1]
	DMU2	0.5	[0.7,0.75,0.8]
15	DMU1	[0.45 0.55]	เหมือนกรณีที่ 14
	DMU2	[0.45 0.55]	เหมือนกรณีที่ 14
16	DMU1	[0.45 0.5 0.55]	เหมือนกรณีที่ 14
	DMU2	[0.45 0.5 0.55]	เหมือนกรณีที่ 14
17	DMU1	เหมือนกรณีที่16	[0.7,0.75,0.8], [0.75,0.8,0.85]
	DMU2	เหมือนกรณีที่16	[0.75,0.8,0.85], [0.7,0.75,0.8]
18	DMU1	เหมือนกรณีที่16	[0.7,0.75,0.8], [0.5,0.6,0.7]
	DMU2	เหมือนกรณีที่16	[0.75,0.8,0.85], [0.45,0.55,0.65]
19	DMU1	[0.6,0.7,0.8]	[0.3,0.4,0.5], [0.35,0.45,0.55]
	DMU2	[0.6,0.7,0.8]	[0.25,0.35,0.45], [0.4,0.5,0.6]
20	DMU1	[0.45,0.55,0.65], [0.6,0.7,0.8]	[0.7,0.8,0.9]
	DMU2	[0.5,0.6,0.7], [0.55,0.65,0.75]	[0.7,0.8,0.9]
21	DMU1	[0.45,0.55,0.65], [0.6,0.7,0.8]	[0.3,0.4,0.5], [0.35,0.45,0.55]
	DMU2	[0.5,0.6,0.7], [0.55,0.65,0.75]	[0.25,0.35,0.45], [0.4,0.5,0.6]

3.3.2 ศึกษาและทดสอบจำนวน α-levels cut ว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานหรือไม่ ในกรณีนี้จะใช้กรณีศึกษาต่อไปนี้เพื่อใช้ทดสอบ α-levels cut

ตารางที่ 3.2 แสดงกรณีศึกษาเพื่อใช้ทดสอบ α-levels cut

	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45 0.5 0.55]	[0.6,0.7,0.8]
DMU2	[0.45 0.5 0.55]	μ(x)

โดยที่ $\mu(x) = \begin{cases} 10x-6, & 0.6 \le x < 0.625 \\ 0.25, & 0.625 \le x < 0.65 \\ 0.5, & 0.65 \le x < 0.675 \\ 0.75, & 0.675 \le x < 0.7 \\ 8-10x, & 0.7 \le x \le 0.8 \end{cases}$

ซึ่งในกรณีนี้จะทำการศึกษา α-levels cut ที่มีความละเอียดแตกต่างกัน 3 ค่าคือ

3.3.2.1 α-levels cut มี 5 ระดับ

3.3.2.2 α-levels cut มี 11 ระดับ

3.3.2.3 α-levels cut มี 21 ระดับ

3.4 ทำการวิเคราะห์และสรุปผล

ในการวิเคราะห์ผลจะวิเคราะห์โดยพิจารณาผลจากกรณีศึกษาต่างๆ ซึ่งจะแสดงให้เห็นในบทที่ 4

3.5 จัดทำรูปเล่ม

รวมรวมข้อมูลและผลจากการวิเคราะห์เพื่อจัดทำรูปเล่ม

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ในบทนี้ผู้จัดทำได้ทำการทดลองเพื่อพิจารณาผลที่ได้จากการใช้แบบจำลองของ Wang และคณะ โดยใช้กรณีศึกษาทั้งหมด 21 กรณี ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการทดลอง

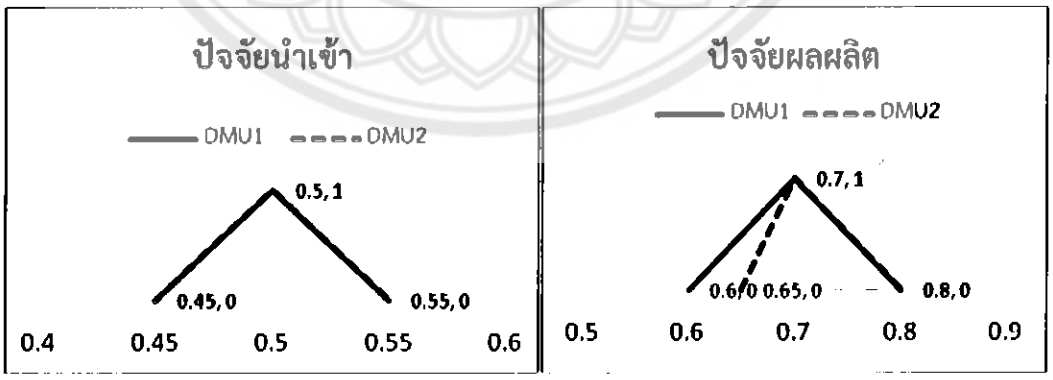
4.1.1 กรณีที่ 1

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 1

	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.5,0.55]	[0.6,0.7,0.8]
DMU2	[0.45,0.5,0.55]	[0.65,0.7,0.8]

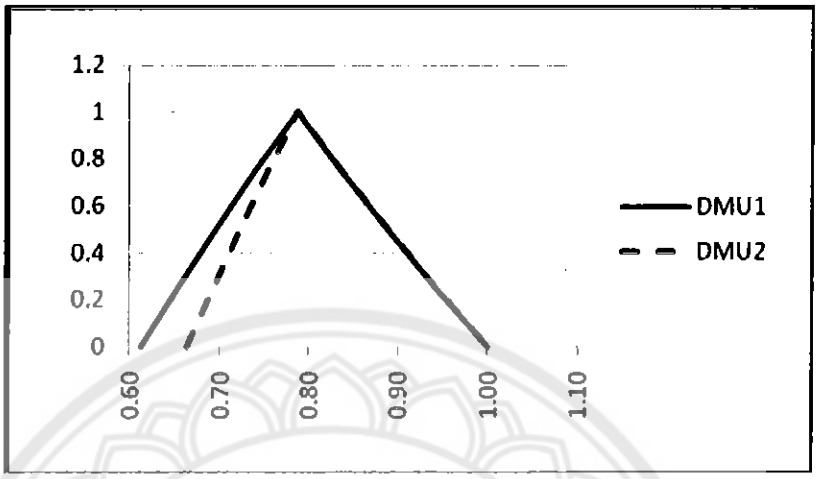
เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.1 (ก) และ (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 4.1 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 1 (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 1

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.1) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 1

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.2) จะได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 1

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	1
2	1	1	1	1	1

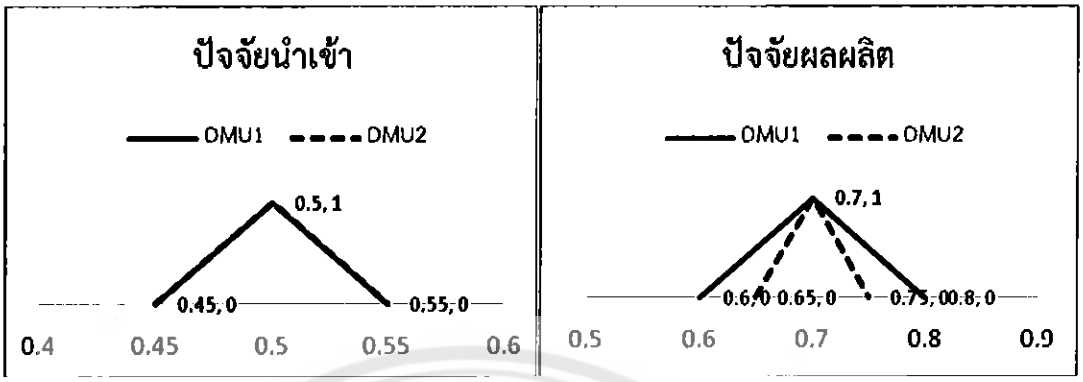
4.1.2 กรณีที่ 2

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 2

	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.5,0.55]	[0.6,0.7,0.8]
DMU2	[0.45,0.5,0.55]	[0.65,0.7,0.75]

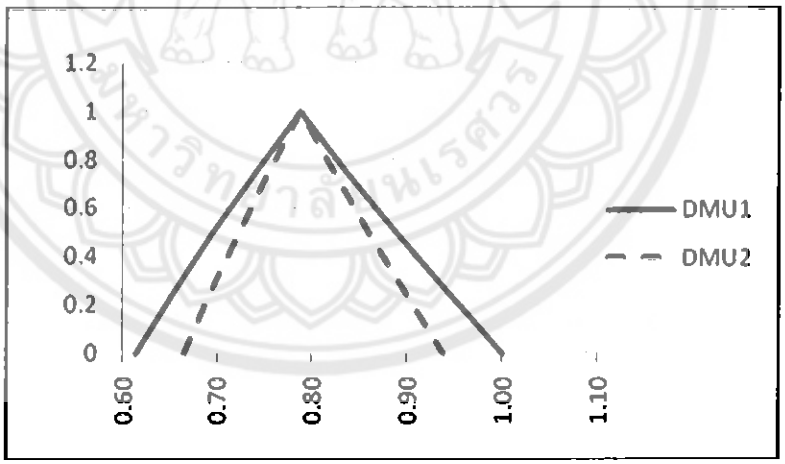
เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 (ก) และ (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 4.3 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 2 (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 2

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.3) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 2

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.4) จะได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 2

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	1

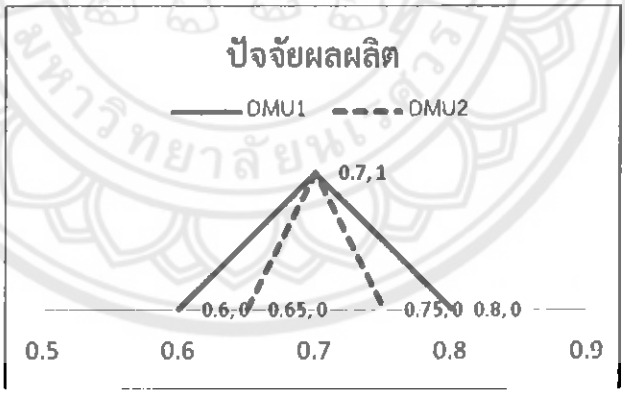
4.1.3 กรณีที่ 3

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 3

	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	0.5	[0.6,0.7,0.8]
DMU2	0.5	[0.65,0.7,0.75]

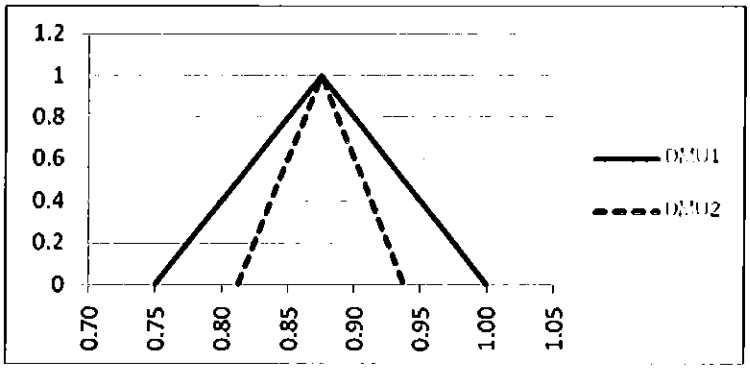
เมื่อนำค่าปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 3

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.5) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.6

i59 3987 2
ว.ร.
2269 d
2554



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 3

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (**ภาคผนวก ตาราง ก.6**) จะได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 3

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	1

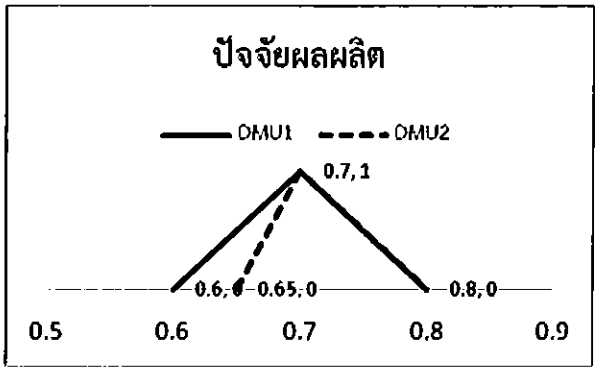
4.1.4 กรณีที่ 4

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 4

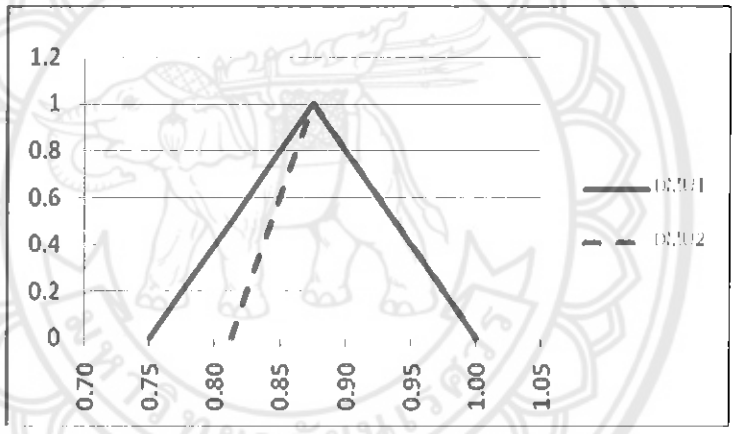
	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	0.5	[0.6,0.7,0.8]
DMU2	0.5	[0.65,0.7,0.8]

เมื่อนำค่าปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตของกรณีที่ 4

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (**ภาคผนวก ตาราง ก.7**) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 4

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (**ภาคผนวก ตาราง ก.8**) จะได้ผลดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 4

DMU	α = 0	α =0.25	α =0.5	α =0.75	α =1
1	2	2	2	2	1
2	1	1	1	1	1

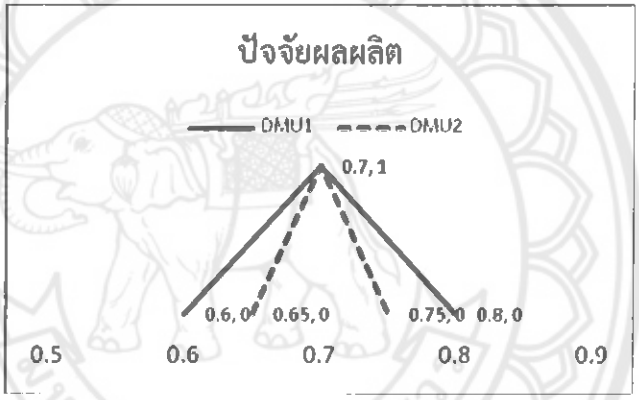
4.1.5 กรณีที่ 5

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 5

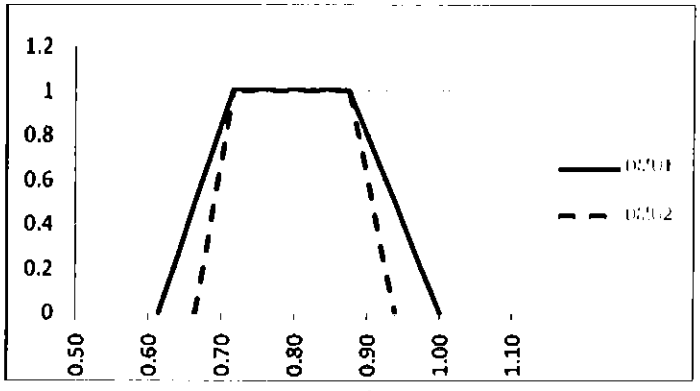
	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.55]	[0.6,0.7,0.8]
DMU2	[0.45,0.55]	[0.65,0.7,0.75]

เมื่อนำค่าปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าสำหรับกรณีที่ 5

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (**ภาคผนวก ตาราง ก.9**) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 5

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.10) จะได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 5

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	1

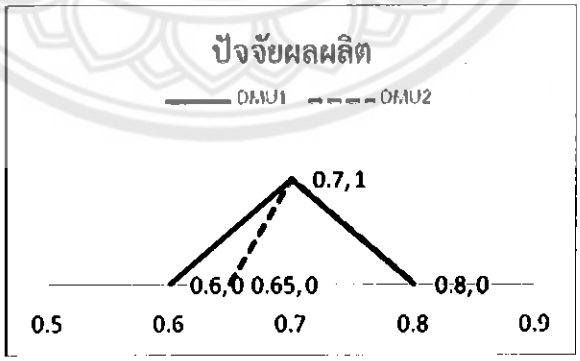
4.1.6 กรณีที่ 6

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 6

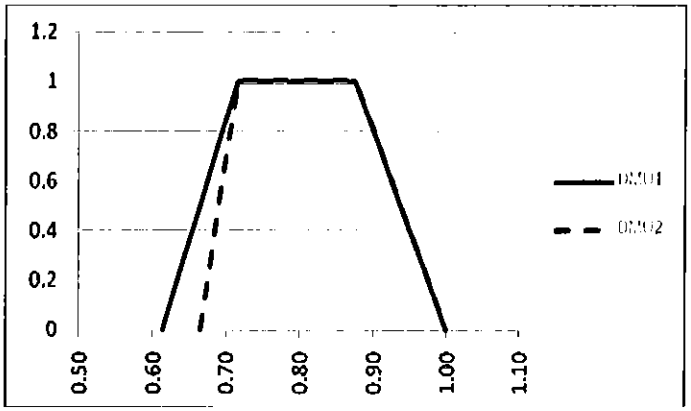
	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.55]	[0.6,0.7,0.8]
DMU2	[0.45,0.55]	[0.65,0.7,0.8]

เมื่อนำค่าปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 6

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.11) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 6

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (**ภาคผนวก ตาราง ก.12**) จะได้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 6

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	1
2	1	1	1	1	1

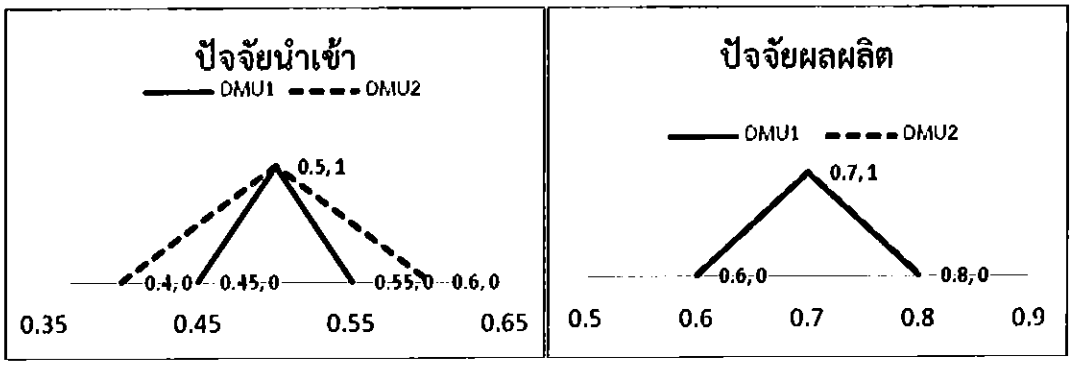
4.1.7 กรณีที่ 7

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 7

	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.5,0.55]	[0.6,0.7,0.8]
DMU2	[0.4,0.5,0.6]	[0.6,0.7,0.8]

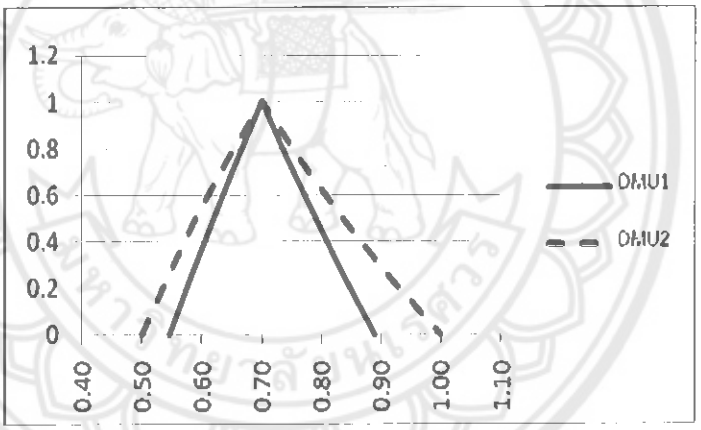
เมื่อนำปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.13 (ก) และ (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 4.13 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้าของกรณีที่ 7 (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต **ของกรณีที่** 7

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.13) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang **กรณีที่** 7

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.14) จะได้ผลดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 7

DMU	α = 0	α =0.25	α =0.5	α =0.75	α =1
1	2	2	2	2	1
2	1	1	1	1	1

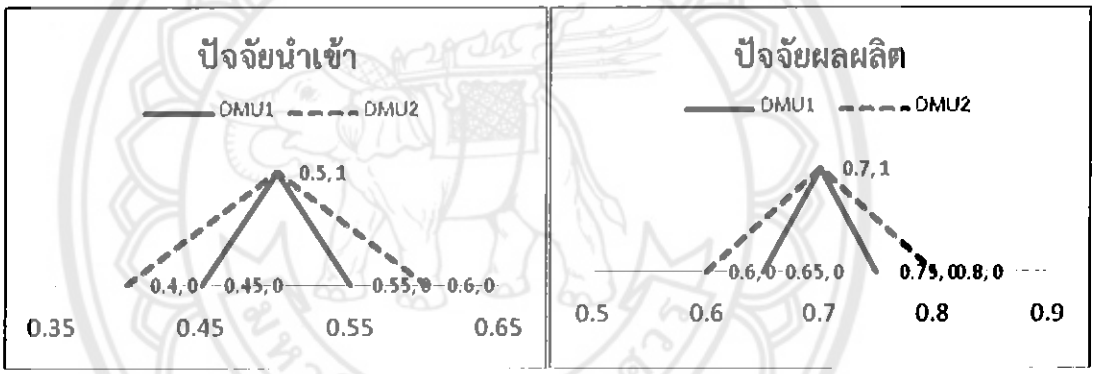
4.1.8 กรณีที่ 8

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 8

	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.5,0.55]	[0.65,0.7,0.75]
DMU2	[0.4,0.5,0.6]	[0.6,0.7,0.8]

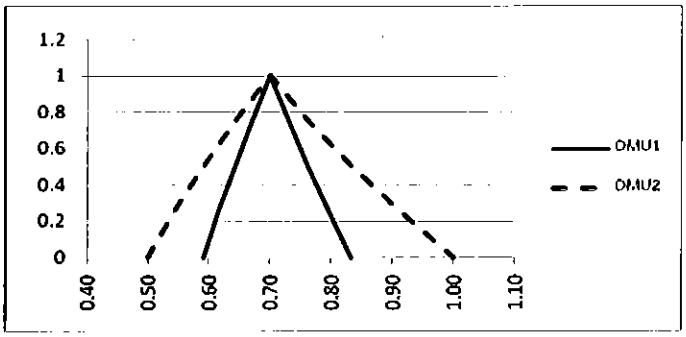
เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.15 (ก) และ (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 4.15 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้ากรณีที่ 8 (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตกรณีที่ 8

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.15) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 8

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.16) จะได้ผลดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 8

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	1
2	1	1	1	1	1

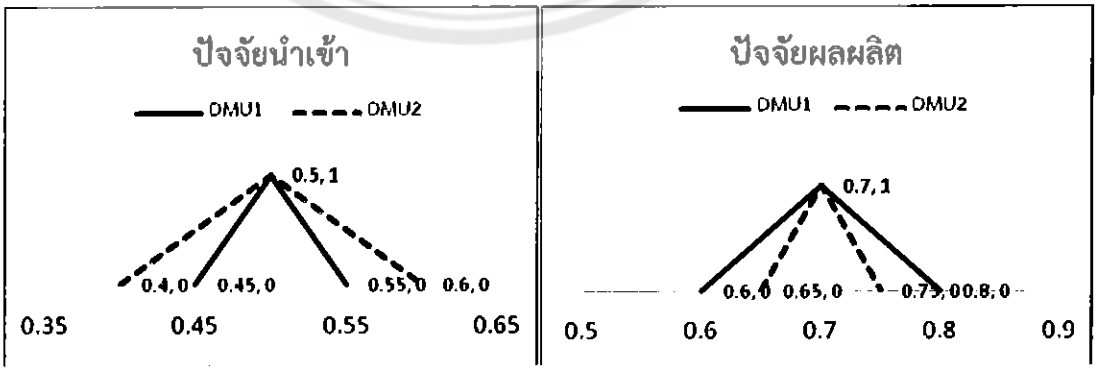
4.1.9 กรณีที่ 9

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 9

	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.5,0.55]	[0.6,0.7,0.8]
DMU2	[0.4,0.5,0.6]	[0.65,0.7,0.75]

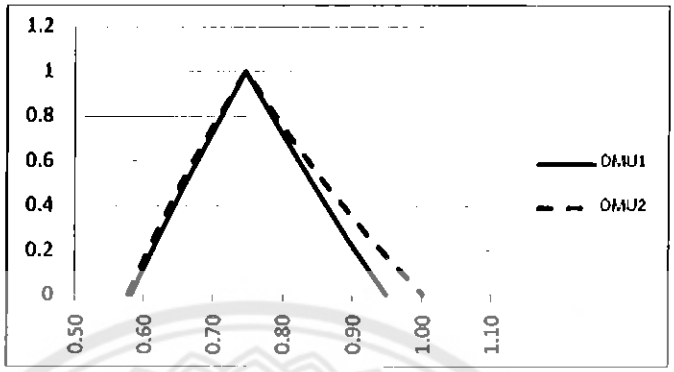
เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.17 (ก) และ (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 4.17 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้ากรณีที่ 9 (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตกรณีที่ 9

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.17) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 9

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.18) จะได้ผลดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับ กรณีที่ 9

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	1
2	1	1	1	1	1

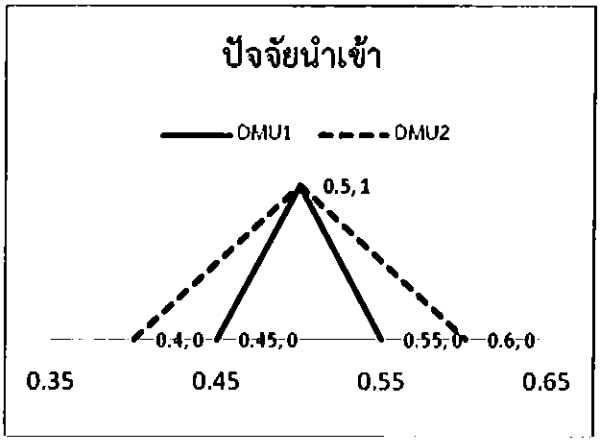
4.1.10 กรณีที่ 10

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตาราง 4.19

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 10

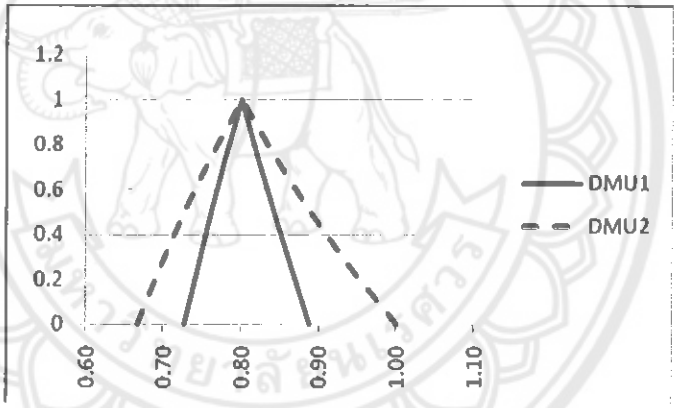
	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.5,0.55]	0.7
DMU2	[0.4,0.5,0.6]	0.7

เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้ามาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้ากรณีที่ 10

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (**ภาคผนวก ตาราง ก.19**) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang **กรณีที่ 10**

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (**ภาคผนวก ตาราง ก.20**) **จะได้ผลดังตารางที่ 4.20**

ตารางที่ 4.20 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 10

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	1
2	1	1	1	1	1

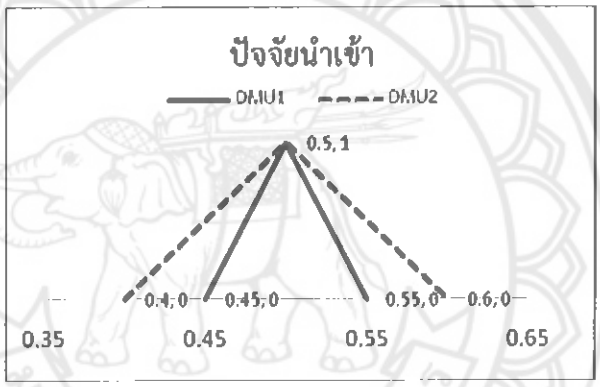
4.1.11 กรณีที่ 11

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 11

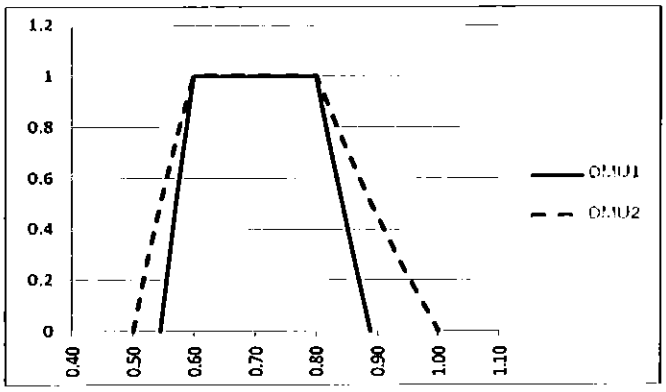
	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.5,0.55]	[0.6,0.8]
DMU2	[0.4,0.5,0.6]	[0.6,0.8]

เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้ามาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้ากรณีที่ 11

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (**ภาคผนวก ตาราง ก.21**) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 11

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.22) จะได้ผลดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 11

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	1
2	1	1	1	1	1

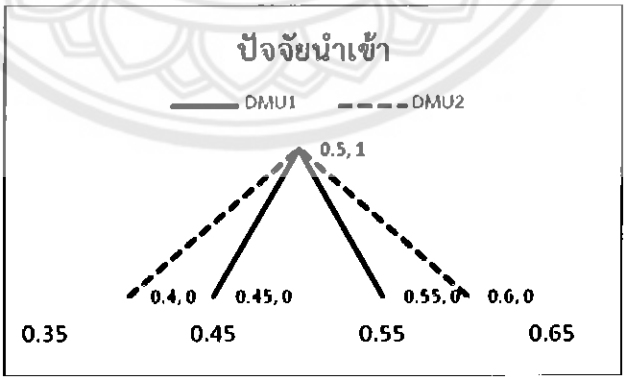
4.1.12 กรณีที่ 12

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 12

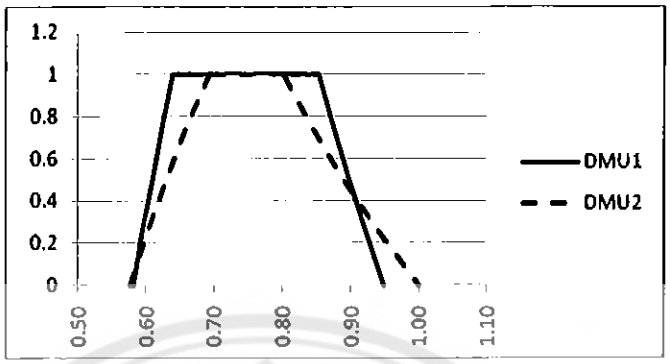
	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.5,0.55]	[0.6,0.8]
DMU2	[0.4,0.5,0.6]	[0.65,0.75]

เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้ากรณีที่ 12

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.23) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 12

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.24) จะได้ผลดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 12

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	1
2	1	1	1	1	2

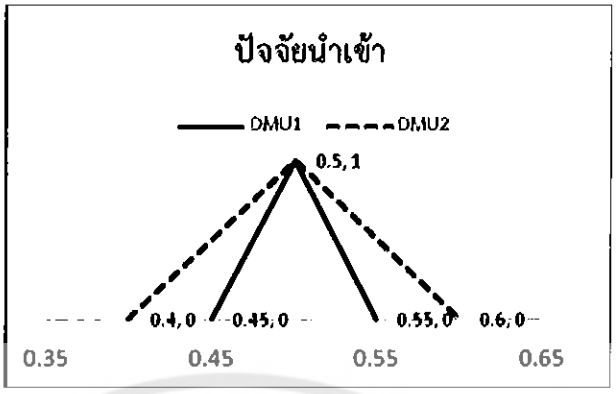
4.1.13 กรณีที่ 13

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 13

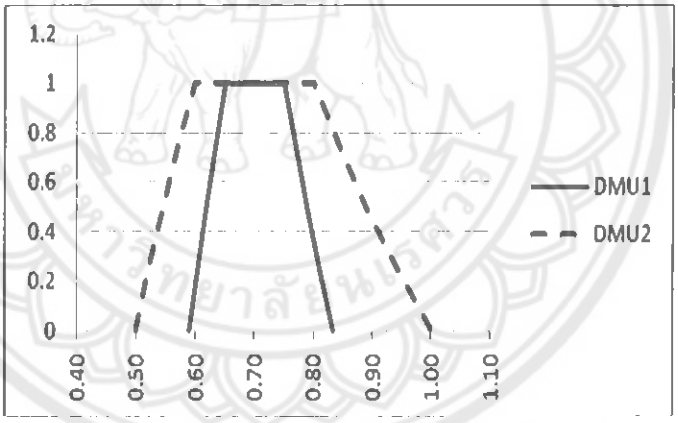
	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.5,0.55]	[0.65,0.75]
DMU2	[0.4,0.5,0.6]	[0.6,0.8]

เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้ามาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้ากรณีที่ 13

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.25) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 13

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพจากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.26) จะได้ผลดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 13

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	2
2	1	1	1	1	1

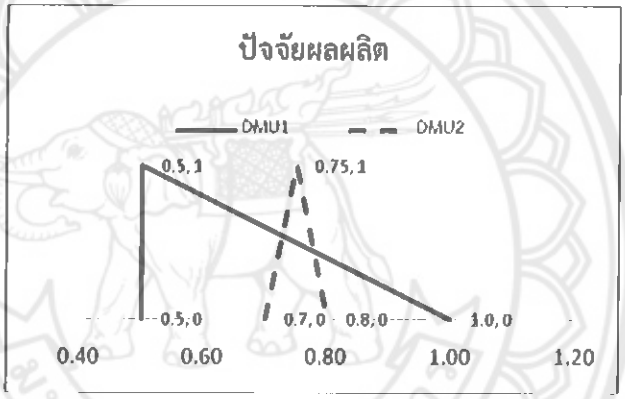
4.1.14 กรณีที่ 14

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 14

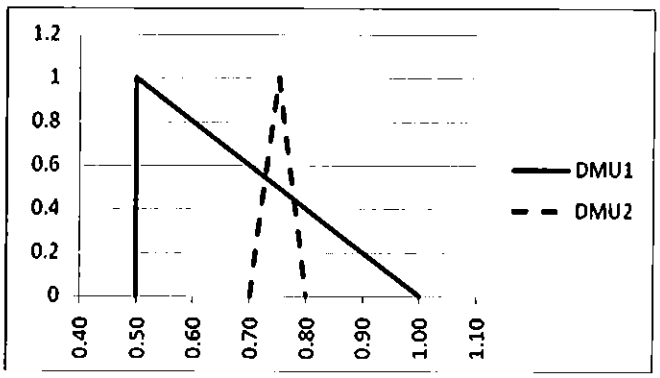
	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	0.5	[0.5,0.5,1]
DMU2	0.5	[0.7,0.75,0.8]

เมื่อนำค่าปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตกรณีที่ 14

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (**ภาคผนวก ตาราง ก.27**) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 14

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.28) จะได้ผลดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 14

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	2
2	1	1	1	1	1

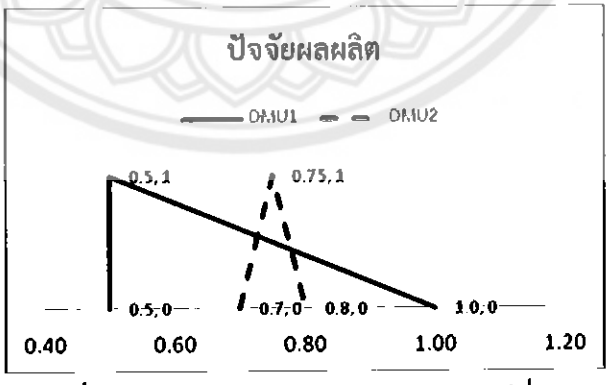
4.1.15 กรณีที่ 15

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 15

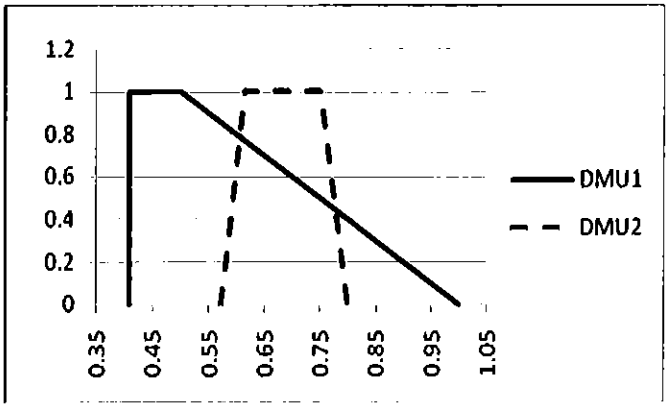
	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45 0.55]	[0.5,0.5,1]
DMU2	[0.45 0.55]	[0.7,0.75,0.8]

เมื่อนำค่าปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตกรณีที่ 15

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.29) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 15

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (**ภาคผนวก ตาราง ก.30**) จะได้ผลดังตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 15

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	1	2	2	2	2
2	2	1	1	1	1

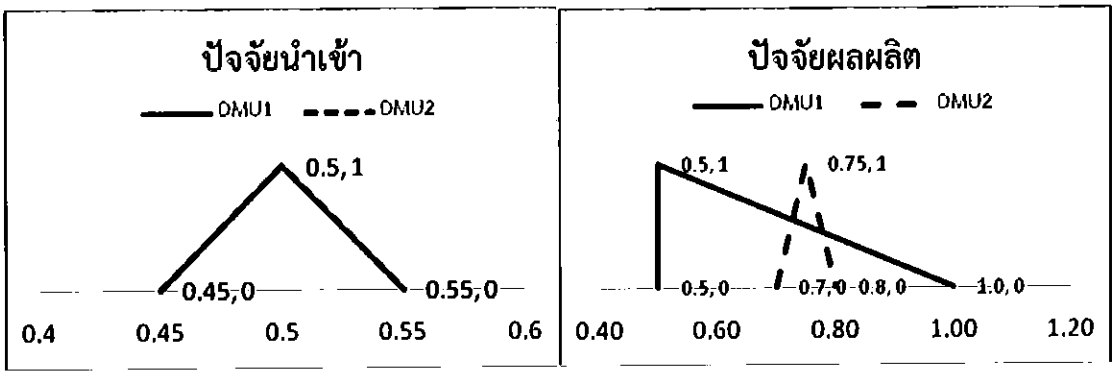
4.1.16 กรณีที่ 16

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 16

	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.5,0.55]	[0.5,0.5,1]
DMU2	[0.45,0.5,0.55]	[0.7,0.75,0.8]

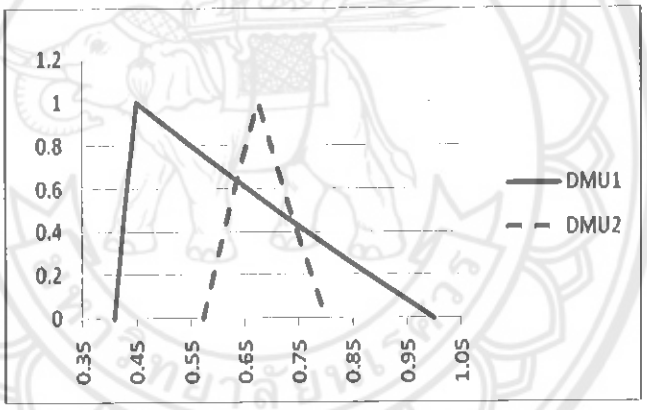
เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.31 (ก) และ (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 4.31 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้ากรณีที่ 16 (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตกรณีที่ 16

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.31) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 16

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.32) จะได้ผลดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 16

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	1	2	2	2	2
2	2	1	1	1	1

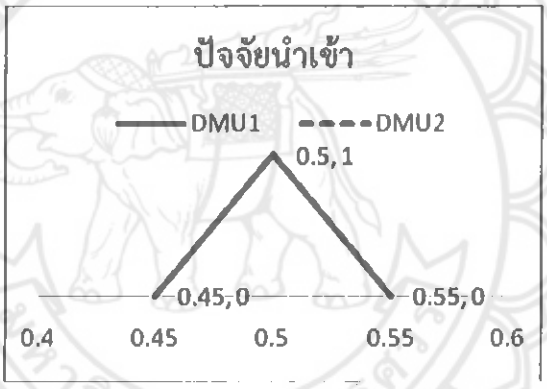
4.1.17 กรณีที่ 17

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.33

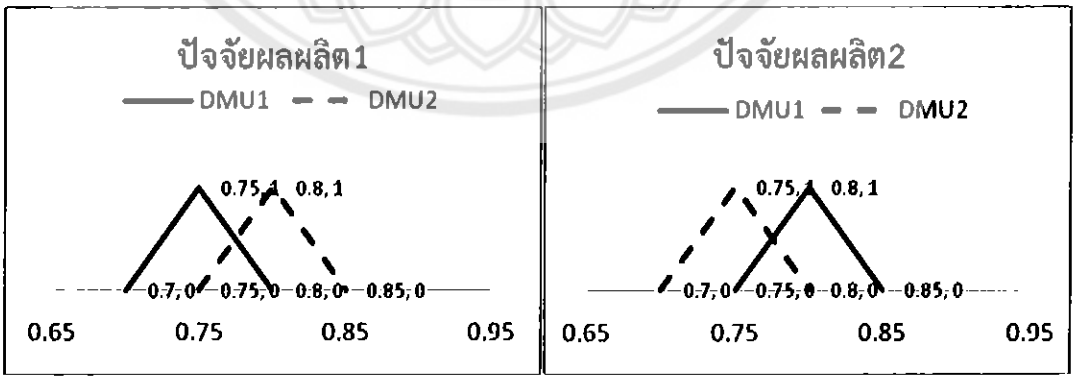
ตารางที่ 4.33 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 17

	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต	
DMU1	[0.45 0.5 0.55]	[0.7,0.75,0.8]	[0.75,0.8,0.85]
DMU2	[0.45 0.5 0.55]	[0.75,0.8,0.85]	[0.7,0.75,0.8]

เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้**ดังรูปที่** 4.33 (ก) (ข) และ (ค)



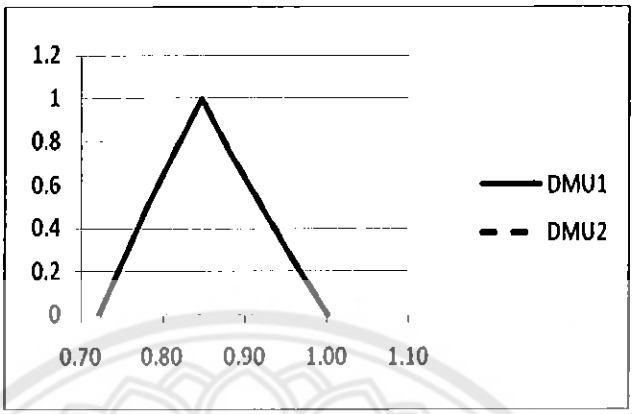
(ก)



(ข) (ค)

รูปที่ 4.33 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้ากรณีที่ 17 (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต1 กรณีที่ 17 (ค) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต2 กรณีที่ 17

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.33) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 17

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.34) จะได้ผลดังตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.34 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 17

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	2
2	1	1	1	1	1

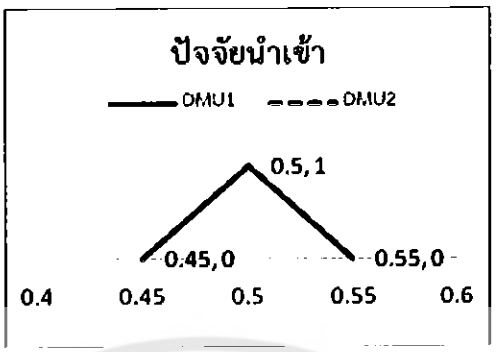
4.1.18 กรณีที่ 18

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.35

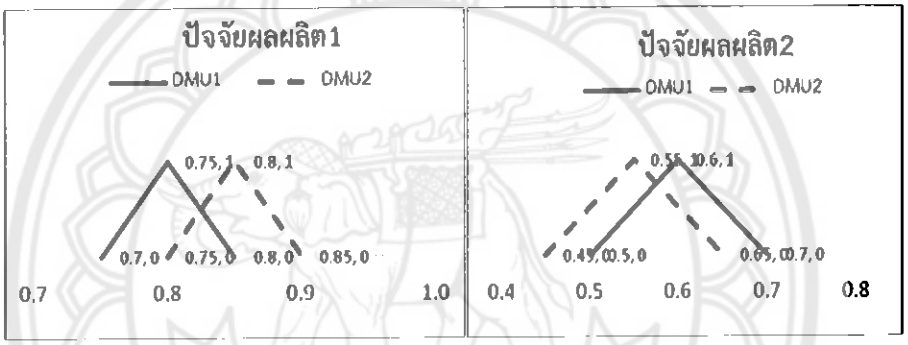
ตารางที่ 4.35 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 18

	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต	
DMU1	[0.45 0.5 0.55]	[0.7,0.75,0.8]	[0.5,0.6,0.7]
DMU2	[0.45 0.5 0.55]	[0.75,0.8,0.85]	[0.45,0.55,0.65]

เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.35 (ก) (ข) และ (ค)



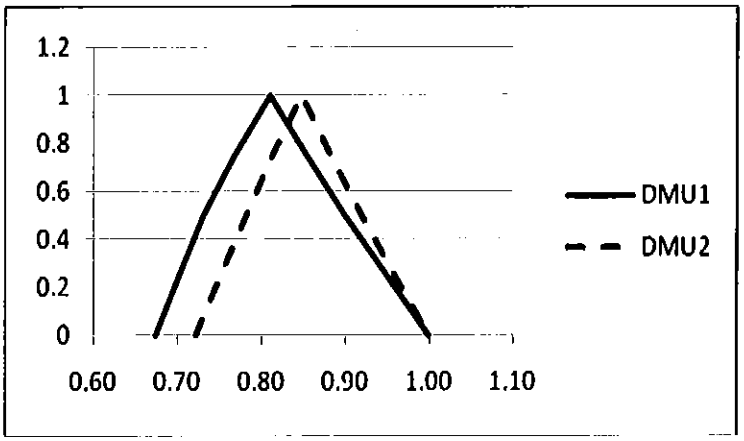
(ก)



(ข) (ค)

รูปที่ 4.35 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้ากรณีที่ 18 (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต1 กรณีที่ 18 (ค) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต2 กรณีที่ 18

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.35) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 18

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.36) จะได้ผลดังตารางที่ 4.36

ตารางที่ 4.36 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 18

DMU	α = 0	α =0.25	α =0.5	α =0.75	α =1
1	2	2	2	2	2
2	1	1	1	1	1

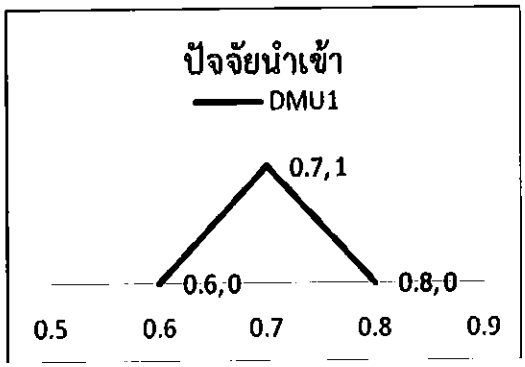
4.1.19 กรณีที่ 19

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.37

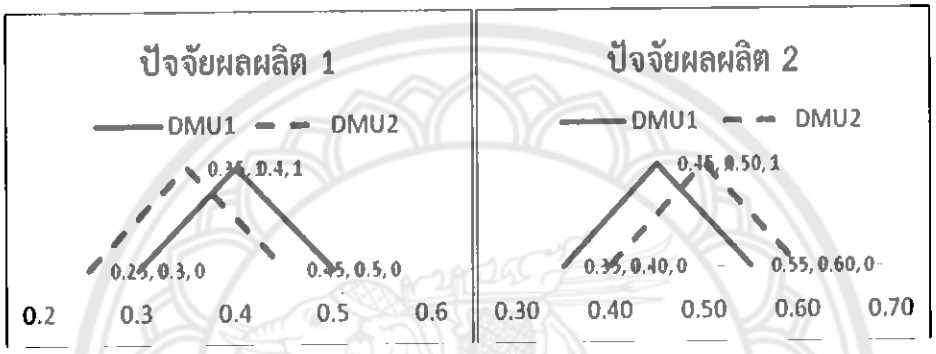
ตารางที่ 4.37 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 19

	ปัจจัยนำเข้า	ปัจจัยผลผลิต	
DMU1	[0.6,0.7,0.8]	[0.3,0.4,0.5]	[0.35,0.45,0.55]
DMU2	[0.6,0.7,0.8]	[0.25,0.35,0.45]	[0.4,0.5,0.6]

เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.37 (ก) (ข) และ (ค)



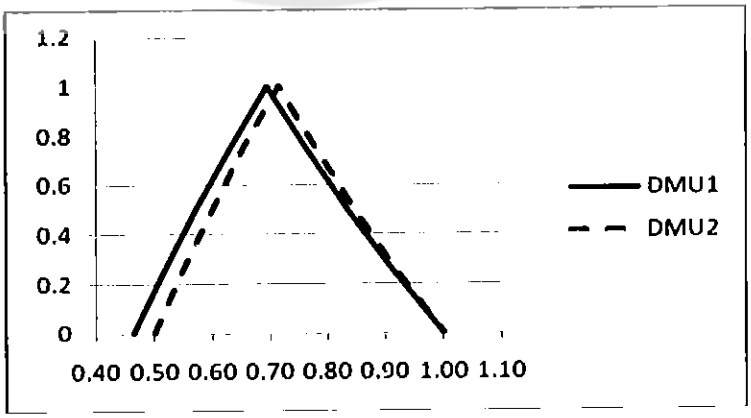
(ก)



(ข) (ค)

รูปที่ 4.37 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้ากรณีที่ 19 (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต1 **กรณีที่** 19 (ค) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต 2 กรณีที่ 19

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.37) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 19

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.38) จะได้ผลดังตารางที่ 4.38

ตารางที่ 4.38 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 19

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	2
2	1	1	1	1	1

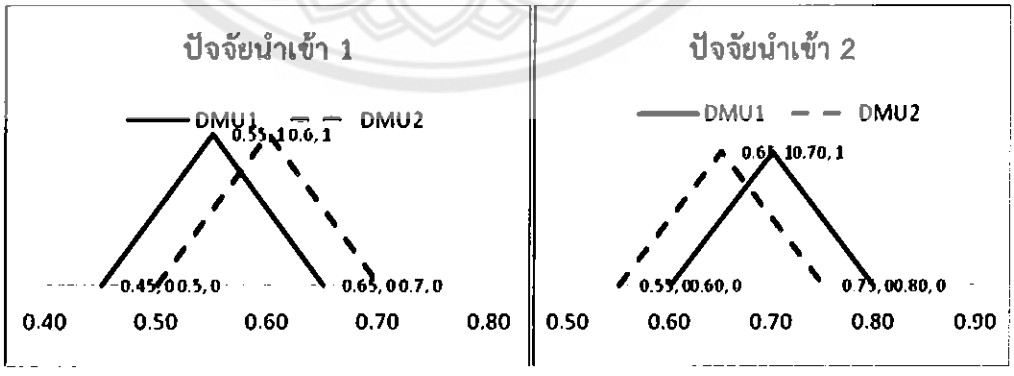
4.1.20 กรณีที่ 20

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.39

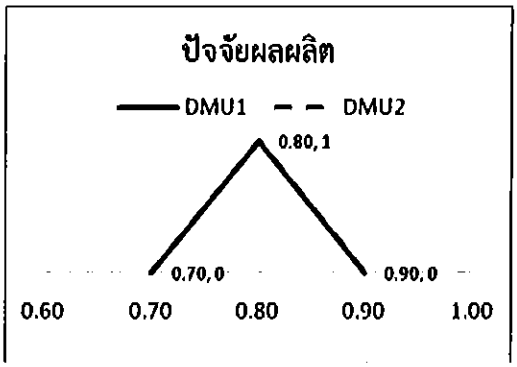
ตารางที่ 4.39 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 20

	ปัจจัยนำเข้า		ปัจจัยผลผลิต
DMU1	[0.45,0.55,0.65]	[0.6,0.7,0.8]	[0.7,0.8,0.9]
DMU2	[0.5,0.6,0.7]	[0.55,0.65,0.75]	[0.7,0.8,0.9]

เมื่อนำค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาทำการวาดกราฟจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.1 (ก) (ข) และ (ค)



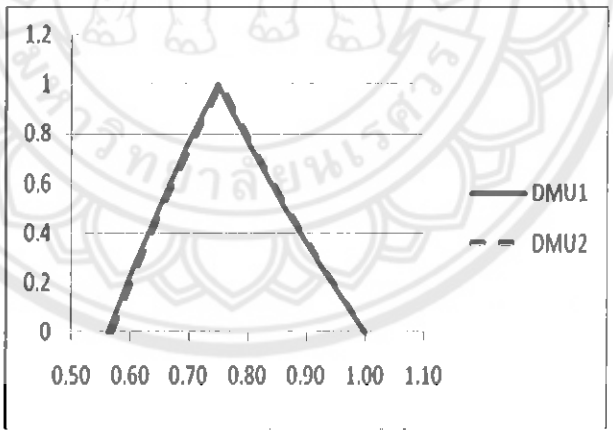
(ก) (ข)



(ค)

รูปที่ 4.39 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้า1 กรณีที่ 20 (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้า2 กรณีที่ 20
(ค) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิตกรณีที่ 20

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ก.39) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 20

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.40) จะได้ผลดังตารางที่ 4.40

ตารางที่ 4.40 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 20

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	2	2	2	2	2
2	1	1	1	1	1

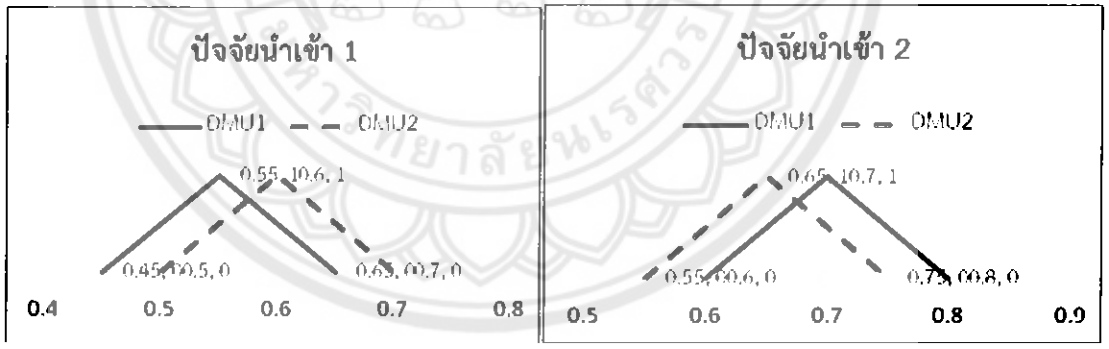
4.1.21 กรณีที่ 21

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังตารางที่ 4.41

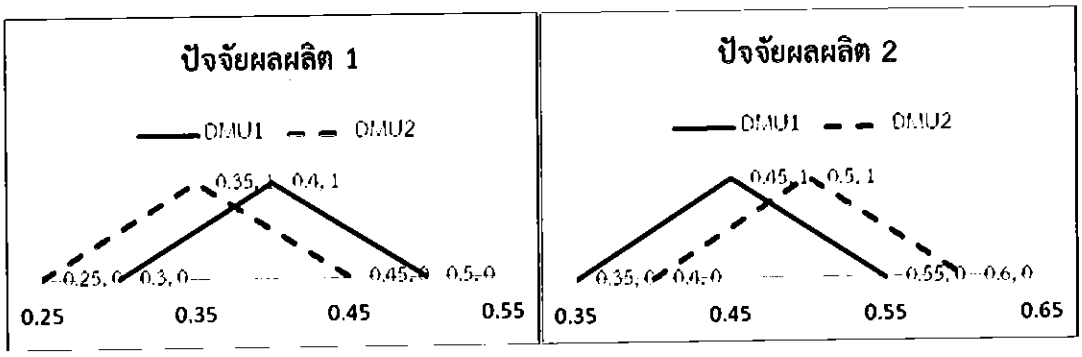
ตารางที่ 4.41 แสดงค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตสำหรับกรณีที่ 21

	ปัจจัยนำเข้า		ปัจจัยผลผลิต	
DMU1	[0.45,0.55,0.65]	[0.6,0.7,0.8]	[0.3,0.4,0.5]	[0.35,0.45,0.55]
DMU2	[0.5,0.6,0.7]	[0.55,0.65,0.75]	[0.25,0.35,0.45]	[0.4,0.5,0.6]

ซึ่งจะค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.41 (ก) (ข) (ค) และ (ง)



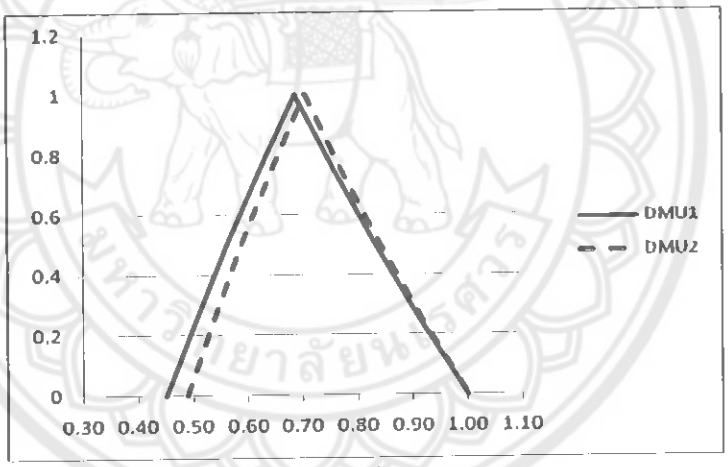
(ก) (ข)



(ค) (ง)

รูปที่ 4.41 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้า 1 กรณีที่ 21 (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้า 2 กรณีที่ 21
(ค) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต 1 กรณีที่ 21 (ง) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต 2 กรณีที่ 21

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวกตาราง ก.41) มาทำการวาดกราฟ จะได้ผลดังรูปที่ 4.42



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กรณีที่ 21

เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพ จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพมาทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.42) จะได้ผลดังตารางที่ 4.42

ตารางที่ 4.42 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ 21

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.25$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 1$
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ผลการทดลองจะทำการวิเคราะห์โดยพิจารณาจากปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตโดยพิจารณาดูจากกราฟตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.3.1 ซึ่งแต่ละกรณีจะได้ผลดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 1

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าที่เป็นตัวเลขฟัซซี่และมีค่าเท่ากัน แต่ปัจจัยผลผลิตเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีค่าที่แตกต่างกัน จากรูปที่ 4.1 (ข) จะเห็นได้ว่าปัจจัยผลผลิตของ DMU2 มีค่ามากกว่า DMU1 ทำให้ DMU2 ควรมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า DMU1 ซึ่งเมื่อนำค่าประสิทธิภาพมาวาดกราฟจะได้กราฟดังรูปที่ 4.2 จากรูปจะเห็นได้ว่า DMU2 มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า DMU1 และผลจากการจัดลำดับของ Wang ก็จัดลำดับให้ DMU2 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1

4.2.2 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 2

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าที่เป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีค่าเท่ากันและมีปัจจัยผลผลิตที่เป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีรูปแตกต่างกันแต่ค่าเท่ากัน ดังนั้นทั้งสอง DMU ควรที่จะมีค่าประสิทธิภาพที่เท่ากัน และเมื่อนำค่าประสิทธิภาพมาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งทั้งสอง DMU ควรจะมีประสิทธิภาพเท่ากัน แต่ผลของการจัดลำดับของ Wang จัดลำดับให้ DMU1 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU2

4.2.3 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 3

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าเป็นค่าคงที่ที่เท่ากันและมีปัจจัยผลผลิตที่เป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีรูปแตกต่างกันแต่มีค่าเท่ากัน จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าจะเหมือนกับในกรณีที่ 2 ซึ่งทั้งสอง DMU ควรให้ค่าประสิทธิภาพที่เท่ากัน และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นกราฟที่ได้จากการ

นำค่าประสิทธิภาพมาทำการวาดกราฟก็จะเห็นได้ว่าทั้งสอง DMU ควรมีค่าประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่ผลจากการจัดลำดับของ Wang จัดลำดับให้ DMU1 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU2

4.2.4 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 4

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าเป็นค่าคงที่ที่เท่ากันและมีปัจจัยผลผลิตที่เป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีค่าต่างกัน จากรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าปัจจัยผลผลิตของ DMU2 มีมากกว่าปัจจัยผลผลิตของ DMU1 ทำให้ DMU2 ควรมีค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่า DMU1 ซึ่งผลการจัดลำดับของ Wang ก็ให้คำตอบที่ถูกต้อง

4.2.5 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 5

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าอยู่ในรูปของช่วงที่มีค่าเท่ากันและให้มีปัจจัยผลผลิตที่มีค่าเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีรูปร่างแตกต่างกันแต่มีค่าเท่ากัน จากรูปที่ 4.9 กราฟที่ได้จะมีรูปร่างเหมือนกับในกรณีที่ 2 ซึ่งทั้งสอง DMU ควรมีค่าประสิทธิภาพที่เท่ากัน และเมื่อมาพิจารณาดูกราฟประสิทธิภาพในรูปที่ 4.10 ผลที่ได้จะคล้ายกับกราฟของปัจจัยผลผลิตรูปที่ 4.9 ดังนั้นทั้งสอง DMU ควรมีค่าประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่ผลของการจัดลำดับของ Wang จัดลำดับให้ DMU1 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU2

4.2.6 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 6

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าอยู่ในรูปของช่วงที่มีค่าเท่ากันและให้มีปัจจัยผลผลิตเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีค่าต่างกัน จากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าปัจจัยผลผลิตของ DMU2 จะมีค่ามากกว่าปัจจัยนำเข้าของ DMU1 ทำให้ DMU2 มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า DMU1 ซึ่งจากกราฟประสิทธิภาพในรูปที่ 4.12 ผลที่ได้จากกราฟคือ DMU2 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1 และผลจากการจัดลำดับของ Wang ก็จัดลำดับให้ DMU2 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1

4.2.7 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 7

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีรูปร่างต่างกันแต่มีค่าเท่ากันและให้ปัจจัยผลผลิตเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีค่าเท่ากัน เมื่อทำการพิจารณาจากรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าทั้งสอง DMU ควรมีค่าประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่ผลจากการจัดลำดับของ Wang จัดลำดับให้ DMU2 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1

4.2.8 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 8

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตอยู่ในรูปของตัวเลขฟัซซี่ที่มีรูปร่างแตกต่างกันแต่มีค่าเท่ากัน เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.15 (ก) และ (ข) จะเห็นได้ว่าทั้งสอง DMU ควรให้ค่าประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่จากผลการจัดลำดับของ Wang จัดลำดับให้ DMU2 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1

4.2.9 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 9

ให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตอยู่ในรูปของตัวเลขฟัซซี่ที่มีรูปร่างแตกต่างกันแต่มีค่าเท่ากัน เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.17 (ก) และ (ข) จะเห็นได้ว่าทั้งสอง DMU ควรให้ค่าประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่จากผลการจัดลำดับของ Wang จัดลำดับให้ DMU2 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1

4.2.10 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 10

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีรูปร่างแตกต่างกันแต่มีค่าเท่ากันและมีปัจจัยผลผลิตเป็นค่าคงที่ที่มีค่าเท่ากัน จากรูปที่ 4.19 จะพบว่าทั้งสอง DMU ควรให้ค่าประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่จากผลการจัดลำดับของ Wang จัดลำดับให้ DMU2 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1

4.2.11 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 11

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าที่เป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีรูปร่างแตกต่างกันแต่มีค่าที่เท่ากันและมีปัจจัยผลผลิตที่เป็นค่าช่วงมีค่าเท่ากัน จากรูปที่ 4.19 จะเห็นได้ว่าทั้งสอง DMU ควรมีค่าประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่จากผลการจัดลำดับของ Wang จัดลำดับให้ DMU2 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1

4.2.12 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 12

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าที่เป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีรูปร่างแตกต่างกันแต่มีค่าที่เท่ากันและมีปัจจัยผลผลิตที่เป็นช่วงที่แตกต่างกันแต่มีค่าเท่ากัน (โดยใช้วิธีการจัดลำดับช่วงของ

Wang เมื่อทำการพิจารณาจากปัจจัยนำเข้าจะพบว่าทั้งสอง DMU ควรจะมีประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่จากผลการจัดลำดับของ Wang จัดลำดับให้ DMU2 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1

4.2.13 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 13

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าที่เป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีรูปร่างแตกต่างกันแต่มีค่าที่เท่ากันและมีปัจจัยผลผลิตที่เป็นช่วงที่แตกต่างกันแต่มีค่าเท่ากัน (โดยใช้วิธีการจัดลำดับช่วงของ Wang เมื่อทำการพิจารณาจากปัจจัยนำเข้าจะพบว่าทั้งสอง DMU ควรจะมีประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่จากผลการจัดลำดับของ Wang จัดลำดับให้ DMU2 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1

4.2.14 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 14

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าที่เป็นค่าคงที่มีค่าเท่ากันและให้ปัจจัยผลผลิตเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีค่าที่แตกต่างกัน เมื่อทำการพิจารณาจากรูปที่ 4.27 โดยพิจารณาจากพื้นที่จะเห็นได้ว่า DMU2 ควรมีค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่า DMU1 ซึ่งผลการจัดลำดับของ Wang ก็ให้คำตอบที่ถูกต้อง

4.2.15 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 15

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าเป็นช่วงที่มีค่าเท่ากันและให้ปัจจัยผลผลิตเป็นตัวเลขฟัซซี่มีค่าที่แตกต่างกัน เมื่อทำการพิจารณาจากรูปที่ 4.29 โดยพิจารณาจากพื้นที่จะเห็นได้ว่า DMU2 ควรมีค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่า DMU1 ซึ่งผลการจัดลำดับของ Wang ก็ให้คำตอบที่ถูกต้อง

4.2.16 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 16

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าที่มีค่าเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่เท่ากันและให้ปัจจัยผลผลิตเป็นตัวเลขฟัซซี่มีค่าที่แตกต่างกัน เมื่อทำการพิจารณาจากรูปที่ 4.31 โดยพิจารณาจากพื้นที่จะเห็นได้ว่า DMU2 ควรมีค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่า DMU1 ซึ่งผลการจัดลำดับของ Wang ก็ให้คำตอบที่ถูกต้อง

4.2.17 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 17

เมื่อให้ DMU1 **และ** DMU2 **มีปัจจัยนำเข้าเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีค่าที่เท่ากันและให้มีปัจจัยผลผลิต 2 ปัจจัยที่เป็นตัวเลขฟัซซี่ ซึ่งปัจจัยผลผลิต1 ของ** DMU1 **เท่ากับปัจจัยผลผลิต 2 ของ** DMU2 **และปัจจัยผลผลิต 2 ของ** DMU1 **เท่ากับปัจจัยผลผลิต 1 ของ** DMU2 **ซึ่งเมื่อพิจารณาจาปัจจัยผลผลิตแล้วทั้งสอง** DMU **ควรมีประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่จากผลการจัดลำดับของ** Wang **จัดลำดับให้** DMU2 **มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า** DMU1

4.2.18 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 18

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีค่าที่เท่า**กันและให้มีปัจจัยผลผลิต 2 ปัจจัย ซึ่งปัจจัยผลผลิต 1 ของ** DMU2 **มีค่ามากกว่าปัจจัยผลผลิต 1 ของ** DMU1 **แต่ปัจจัยผลผลิต 2 ของ** DMU1 **จะมีค่ามากกว่าปัจจัยผลผลิต 2 ของ** DMU2 **ซึ่งปัจจัยผลผลิต 1 ของ** DMU2 **และ** DMU1 **มีผลต่างมากกว่าปัจจัยผลผลิต 2 ของ** DMU1 **และ** DMU2 **ดังนั้น** DMU2 **ควรมีประสิทธิภาพดีกว่า** DMU1 **ซึ่งผลการจัดลำดับของ** Wang **ก็ให้คำตอบที่ถูกต้อง**

4.2.19 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 19

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีปัจจัยนำเข้าเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีค่าที่เท่า**กันและให้มีปัจจัยผลผลิต 2 ปัจจัย ซึ่งปัจจัยผลผลิต 1 ของ** DMU2 **มีค่ามากกว่าปัจจัยผลผลิต 1 ของ** DMU1 **แต่ปัจจัยผลผลิต 2 ของ** DMU1 **จะมีค่ามากกว่าปัจจัยผลผลิต 2 ของ** DMU2 **ซึ่งปัจจัยผลผลิต 1 ของ** DMU1 **และ** DMU2 **มีผลต่างที่เท่ากับปัจจัยผลผลิต 2 ของ** DMU2 **และ** DMU1 **ดังนั้น** DMU1 **และ** DMU2 **ควรมีประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่ผลการจัดลำดับของ** Wang **จัดลำดับให้** DMU2 **มีประสิทธิภาพดีกว่า** DMU1

4.2.20 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 20

เมื่อให้ DMU1 **และ** DMU2 **มีปัจจัยนำเข้าเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่มีค่าที่แตกต่างกัน 2 ปัจจัย ซึ่งปัจจัยนำเข้า 1 ของ** DMU2 **มีค่ามากกว่าปัจจัยนำเข้า 1 ของ** DMU1 **แต่ปัจจัยนำเข้า 2 ของ** DMU1 **จะมีค่ามากว่าปัจจัยนำเข้า 2 ของ** DMU1 **และให้มีปัจจัยผลผลิตที่มีค่าเท่ากัน ซึ่งปัจจัยผลผลิต 1 ของ** DMU1 **และ** DMU2 **มีผลต่างที่เท่ากับปัจจัยผลผลิต 2 ของ** DMU2 **และ** DMU1 **ดังนั้น** DMU1 **และ** DMU2 **ควรมีประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่ผลการจัดลำดับของ** Wang **จัดลำดับให้** DMU2 **มีประสิทธิภาพดีกว่า** DMU1

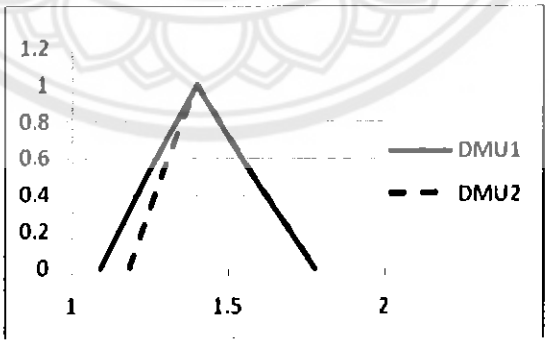
4.2.21 ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 21

เมื่อให้ DMU1 และ DMU2 มีค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตอยู่ในรูปแบบของตัวเลข Fuzzy ซึ่งจะมีค่าปัจจัยนำเข้าที่แตกต่างกัน 2 ปัจจัย ซึ่งปัจจัยนำเข้า 1 ของ DMU2 มีค่ามากกว่าปัจจัยนำเข้า 1 ของ DMU1 แต่ปัจจัยนำเข้า 2 ของ DMU1 จะมีค่ามากว่าปัจจัยนำเข้า 2 ของ DMU1 และมีปัจจัยผลผลิตที่แตกต่างกัน 2 ปัจจัย ซึ่งปัจจัยนำเข้า 1 ของ DMU2 มีค่ามากกว่าปัจจัยนำเข้า 1 ของ DMU1 แต่ปัจจัยนำเข้า 2 ของ DMU1จะมีค่ามากว่าปัจจัยนำเข้า 2 ของ DMU1 ซึ่งทั้งปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีผลต่างที่เท่ากัน ดังนั้นทั้งสอง DMU ควรมีประสิทธิภาพที่เท่ากัน แต่ผลการจัดลำดับของ Wang จัดลำดับให้ DMU1 มีประสิทธิภาพดีกว่า DMU2

4.3 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะกับการหาค่าประสิทธิภาพโดยใช้ปัจจัยผลผลิตต่อปัจจัยนำเข้า

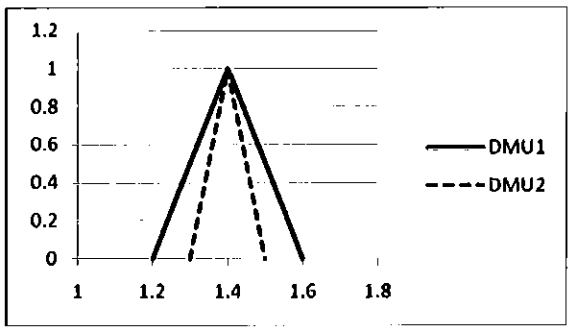
เมื่อทำการหาค่าประสิทธิภาพโดยใช้ปัจจัยผลผลิตต่อปัจจัยนำเข้า ในหัวข้อนี้จะใช้เปรียบเทียบเพียง 3 กรณี คือ ปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซี่ต่อปัจจัยนำเข้าเป็นฟัซซี่ ปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซี่ต่อปัจจัยนำเข้าเป็นช่วง และปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซี่ต่อปัจจัยนำเข้าค่าคงที่ ซึ่งจะได้กราฟของค่าประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

4.3.1 กรณีที่ 1 ปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซี่ต่อปัจจัยนำเข้าเป็นฟัซซี่



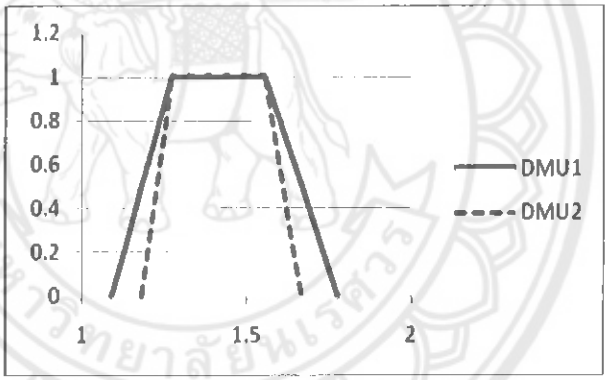
รูปที่ 4.43 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพที่ได้จากกรณีที่ 1 ปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซี่ต่อปัจจัยนำเข้าเป็นฟัซซี่

4.3.2 กรณีที่ 2 ปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซี่ต่อปัจจัยนำเข้าเป็นค่าคงที่



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพที่ได้จากกรณีที่ 3 ปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซี่ต่อปัจจัยนำเข้าเป็นค่าคงที่

4.3.3 กรณีที่ 3 ปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซี่ต่อปัจจัยนำเข้าเป็นช่วง



รูปที่ 4.45 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพที่ได้จากกรณีที่ 5 ปัจจัยผลผลิตเป็นฟัซซี่ต่อปัจจัยนำเข้าเป็นช่วง

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกราฟที่ได้จากแบบจำลองของ Wang กับกราฟที่ได้จากการหาค่าประสิทธิภาพโดยใช้ปัจจัยผลผลิตต่อปัจจัยนำเข้าจะพบว่ากราฟที่ได้มีรูปร่างที่ไม่แตกต่างกัน

จากการข้อสรุปข้างต้น จะเห็นได้ว่าทั้งแบบจำลองและวิธีการจัดลำดับของ Wang ยังมีข้อบกพร่องอยู่ ผู้จัดทำจึงได้นำแบบจำลองของ Wang มาทำการปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องกับหลักการของ DEA ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวมีดังนี้

Maximize $$(\theta_{j0})_{\alpha}^{U} = \sum_{r=1}^{s} u_r (y_{rj0})_{\alpha}^{U} \quad (4.1)$$

Subject to $$\sum_{i=1}^{m} v_i (x_{ij0})_{\alpha}^{L} = 1 \quad (4.2)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r (y_{rj})_{\alpha}^{U} - \sum_{i=1}^{m} v_i (x_{ij})_{\alpha}^{L} \le 0 \qquad j = 1,....,n, \quad (4.3)$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon \qquad \forall i, j \quad (4.4)$$

Maximize $$(\theta_{j0})_{\alpha}^{L} = \sum_{r=1}^{s} u_r (y_{rj0})_{\alpha}^{L} \quad (4.5)$$

Subject to $$\sum_{i=1}^{m} v_i (x_{ij0})_{\alpha}^{U} = 1 \quad (4.6)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r (y_{rj})_{\alpha}^{U} - \sum_{i=1}^{m} v_i (x_{ij})_{\alpha}^{L} \le 0 \qquad j = 1,....,n, \quad (4.7)$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon \qquad \forall i, j \quad (4.8)$$

นอกจากนี้ได้ใช้วิธีของดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ ในการหาผลว่า DMU ใดที่มีประสิทธิภาพดีกว่า ซึ่งวิธการดังกล่าวจะต่างกับวิธีการจัดลำดับของ Wang คือจะเปลี่ยนจากการจัดลำดับเป็นการให้คะแนนแล้วนำค่าประสิทธิภาพของแต่ละ α -cut มาทำการหาค่าเฉลี่ย โดยที่ DMU ใดมีคะแนนสูงที่สุดก็จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด ข้อดีของวิธีการให้คะแนนคือเราสามารถที่จะทราบได้ว่าแต่ละ DMU มีคะแนนห่างกันเท่าไหร่ทำให้ทราบค่าที่แตกต่างของแต่ละ DMU ซึ่งมีวิธีการหาค่าดังกล่าวดังนี้

$$R(\theta_j) = \frac{\theta_j^{U}}{\theta_j^{U} - (\theta_j^{L} - 1)} \quad (4.9)$$

โดยที่ $R(\theta_j)$ คือ คะแนนที่ได้ในแต่ละ α -cut ของ DMU ที่ j

θ_j^{U} คือ ค่าประสิทธิภาพที่มากที่สุด ของ DMU ที่ j

θ_j^{L} คือ ค่าประสิทธิภาพที่น้อยที่สุด ของ DMU ที่ j

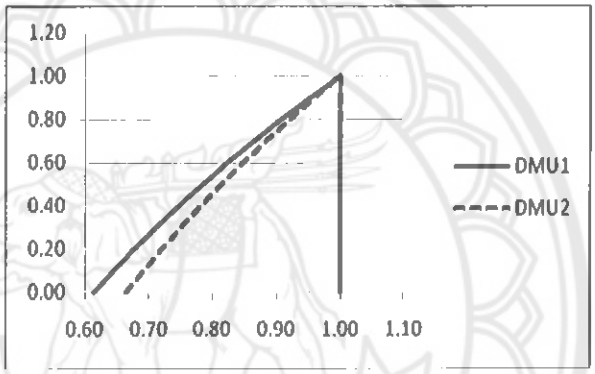
แต่การที่จะใช้วิธีการดังกล่าวนั้นจะต้องมีการเพิ่มจำนวนของ α - cut เพื่อให้ผลจากการให้คะแนนมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

4.4 ผลที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

เมื่อได้ทำการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang จากนั้นนำค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิต ของแต่ละกรณีในหัวข้อที่ 4.1 มาใส่ค่าลงในแบบจำลองจะได้ค่าประสิทธิภาพของแต่ละ DMU จากนั้นนำค่าดังกล่าวมาทำการวาดกราฟจะได้กราฟของแต่ละกรณี ดังต่อไปนี้

4.4.1 กรณีที่ 1

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.1) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.46



รูปที่ 4.46 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 1 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

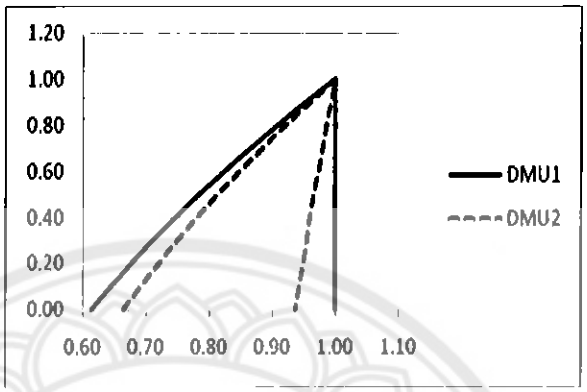
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.43

ตารางที่ 4.43 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 1

	DMU1	DMU2
Average	0.836123341259023	0.854548918056347
ผลที่ได้	2	1

4.4.2 กรณีที่ 2

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.3) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.47



รูปที่ 4.47 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 2 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

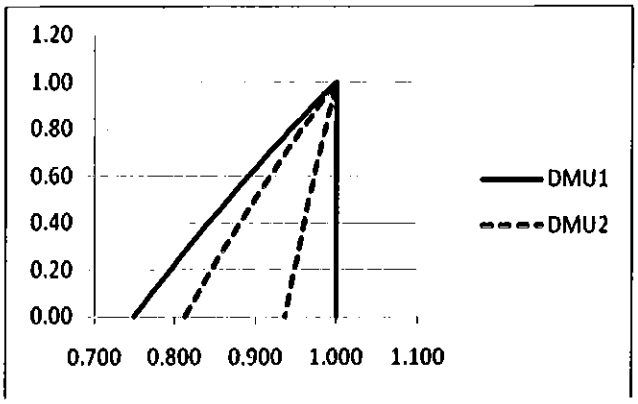
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลกดังตารางที่ 4.44

ตารางที่ 4.44 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 2

	DMU1	DMU2
Average	0.836123340854749	0.849464402037155
ผลที่ได้	2	1

4.4.3 กรณีที่ 3

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.5) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.48



รูปที่ 4.48 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 3 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

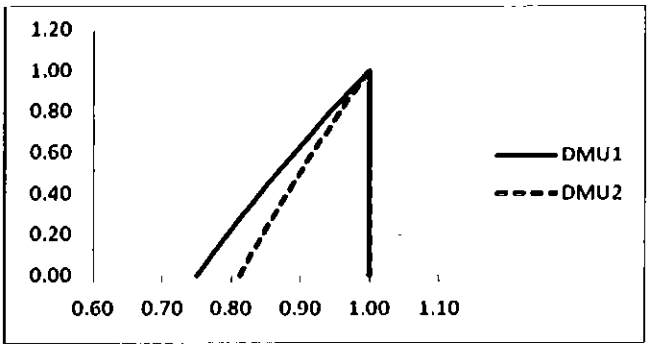
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.45

ตารางที่ 4.45 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 3

	DMU1	DMU2
Average	0.888753693466088	0.910048897903089
ผลที่ได้	2	1

4.4.4 กรณีที่ 4

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.7) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.49 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 4 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

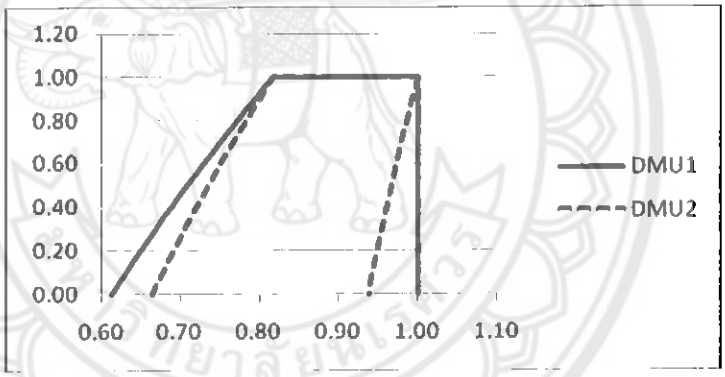
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.46

ตารางที่ 4.46 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 4

	DMU1	DMU2
Average	0.836123340854749	0.849464402037155
ผลที่ได้	2	1

4.4.5 กรณีที่ 5

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.9) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.50



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 5 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

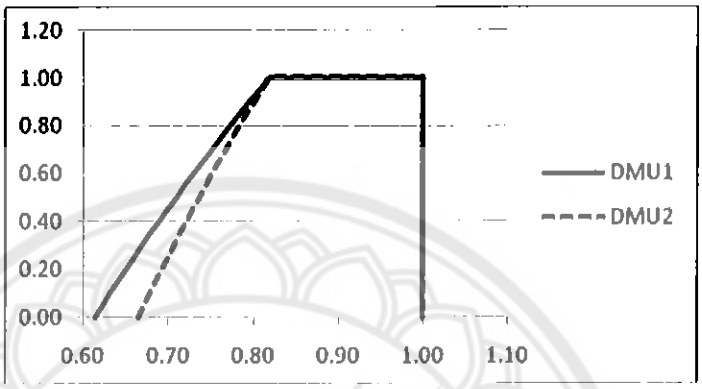
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.47

ตารางที่ 4.47 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 5

	DMU1	DMU2
Average	0.777954621363651	0.787784256561688
ผลที่ได้	2	1

4.4.6 กรณีที่ 6

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.11) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.51



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 6 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

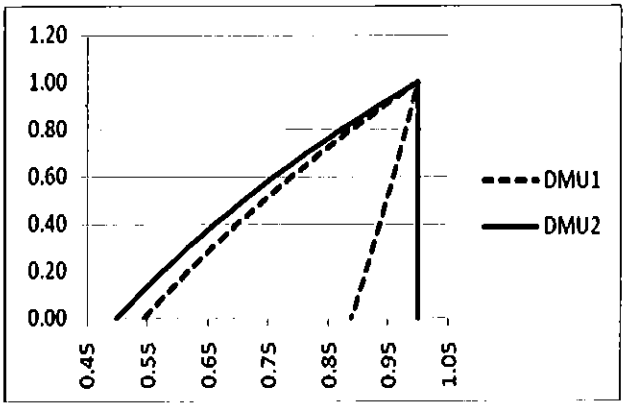
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.48

ตารางที่ 4.48 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 6

	DMU1	DMU2
Average	0.777954621695027	0.793619609183532
ผลที่ได้	2	1

4.4.7 กรณีที่ 7

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.13) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.52



รูปที่ 4.52 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 7 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

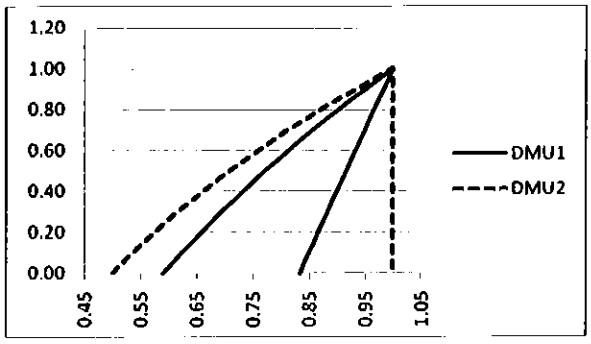
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.49

ตารางที่ 4.49 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 7

	DMU1	DMU2
Average	0.802312093761073	0.795305415394474
ผลที่ได้	1	2

4.4.8 กรณีที่ 8

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.15) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.53



รูปที่ 4.53 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 8 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

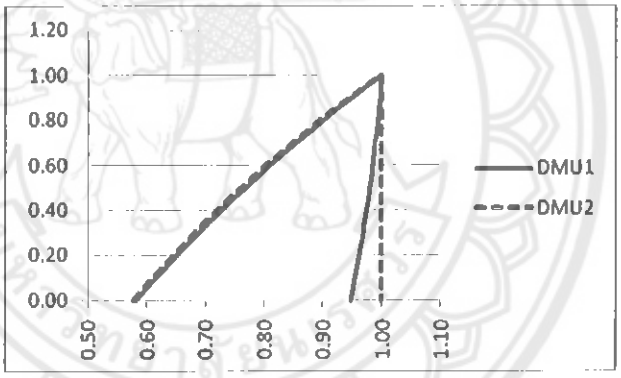
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.50

ตารางที่ 4.50 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 8

	DMU1	DMU2
Average	0.812880045642866	0.795305415566764
ผลที่ได้	1	2

4.4.9 กรณีที่ 9

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.17) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.54



รูปที่ 4.54 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 9 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

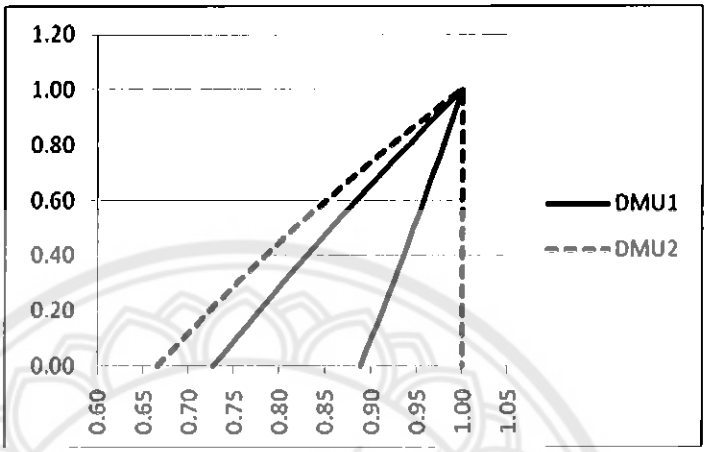
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.51

ตารางที่ 4.51 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้กรณีที่ 9

	DMU1	DMU2
Average	0.822514753786932	0.823252661119674
ผลที่ได้	2	1

4.4.10 กรณีที่ 10

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.19) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.55



รูปที่ 4.55 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 10 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

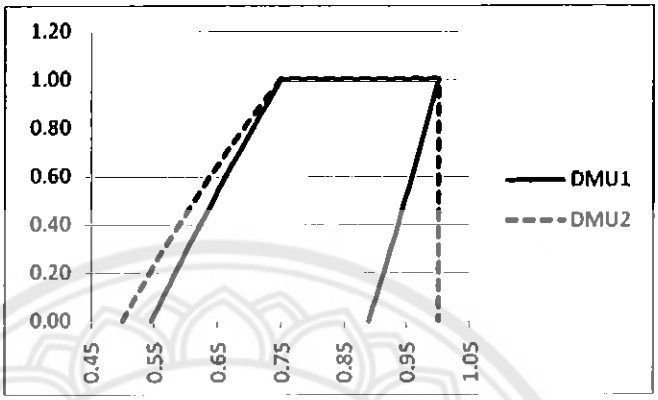
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.52

ตารางที่ 4.52 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้กรณีที่ 10

	DMU1	DMU2
Average	0.873928173315263	0.856533678566281
ผลที่ได้	1	2

4.4.11 กรณีที่ 11

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.21) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.56



รูปที่ 4.56 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 11 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

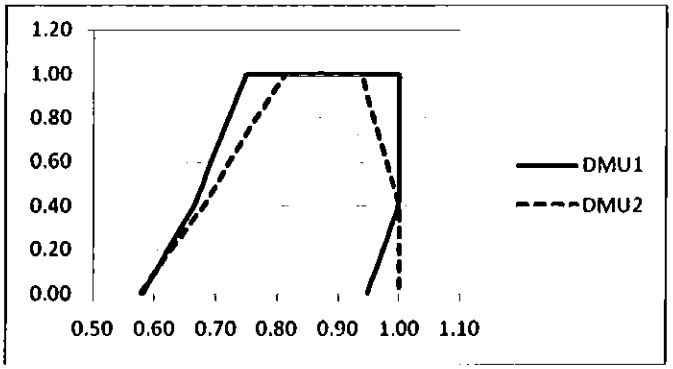
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.53

ตารางที่ 4.53 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 11

	DMU1	DMU2
Average	0.727904405024171	0.725669783258853
ผลที่ได้	1	2

4.4.12 กรณีที่ 12

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.23) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.57



รูปที่ 4.57 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 12 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

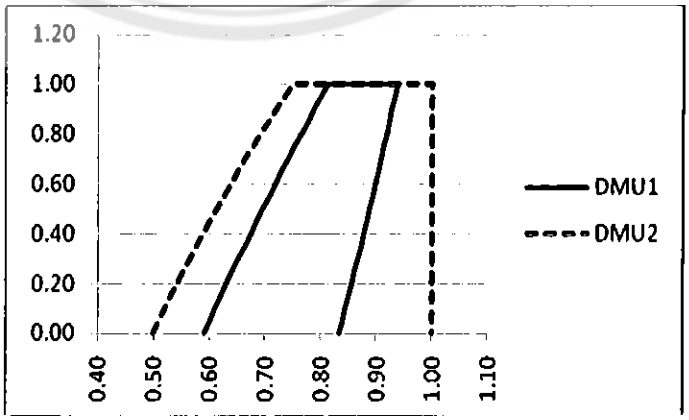
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.54

ตารางที่ 4.54 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 12

	DMU1	DMU2
Average	0.752121565225108	0.767173327794616
ผลที่ได้	2	1

4.4.13 กรณีที่ 13

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.25) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.58



รูปที่ 4.58 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 13 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

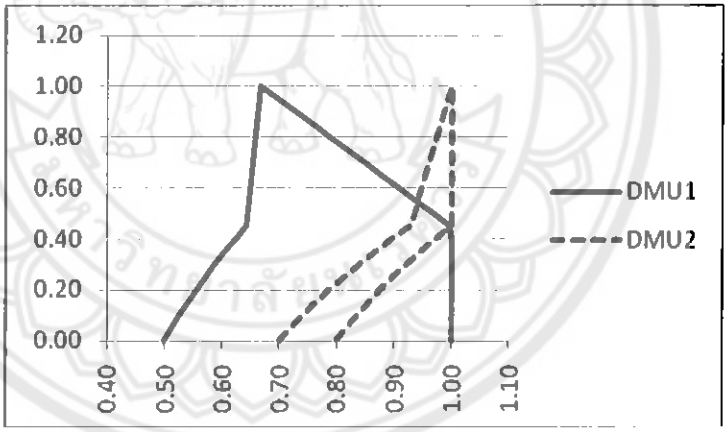
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.55

ตารางที่ 4.55 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 13

	DMU1	DMU2
Average	0.747734376881176	0.725669783235920
Rang	1	2

4.4.14 กรณีที่ 14

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.27) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.59



รูปที่ 4.59 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 14 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

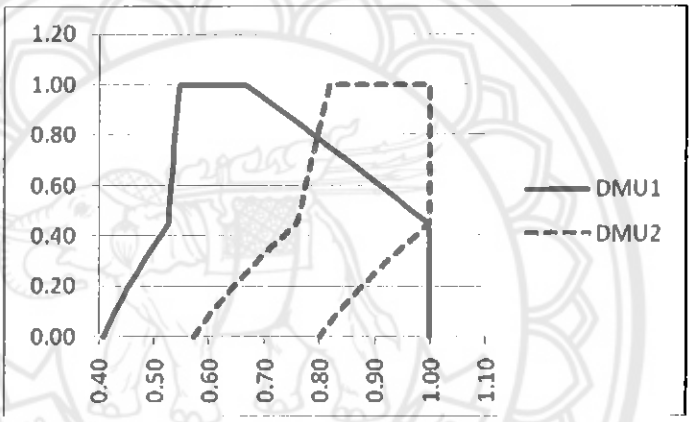
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการจัดลำดับของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.56

ตารางที่ 4.56 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 14

	DMU1	DMU2
Average	0.700426142743848	0.883520789820633
ผลที่ได้	2	1

4.4.15 กรณีที่ 15

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.29) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.60



รูปที่ 4.60 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 15 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

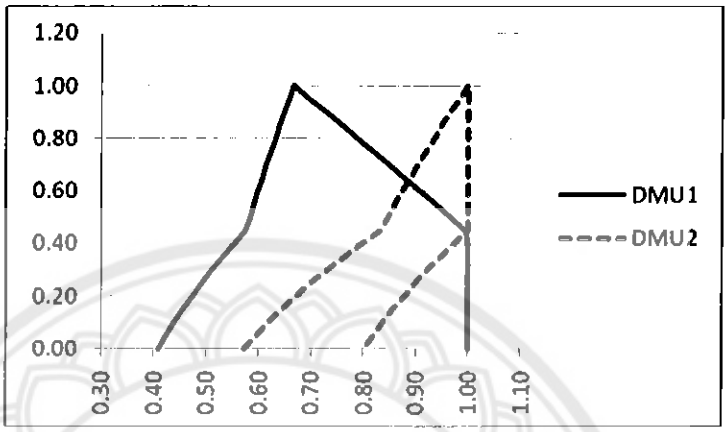
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.57

ตารางที่ 4.57 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 15

	DMU1	DMU1
Average	0.643609267971250	0.778495621186584
ผลที่ได้	2	1

4.4.16 กรณีที่ 16

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.31) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.61



รูปที่ 4.61 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 16 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

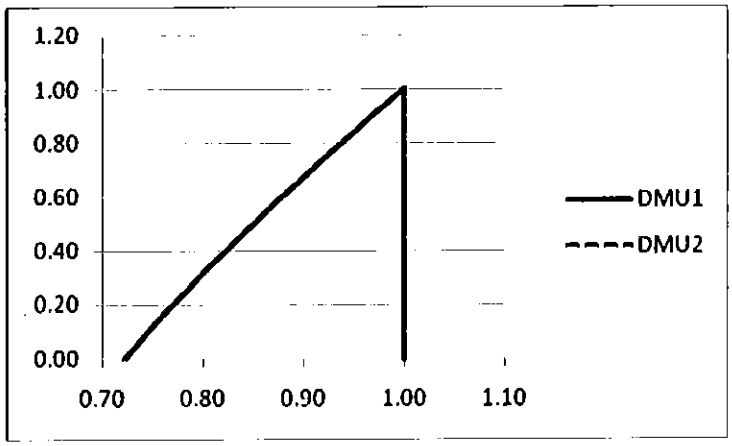
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.58

ตารางที่ 4.58 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้กรณีที่ 16

	DMU1	DMU2
Average	0.673535218708708	0.841521520459307
ผลที่ได้	2	1

4.4.17 กรณีที่ 17

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.33) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.62



รูปที่ 4.62 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 17 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

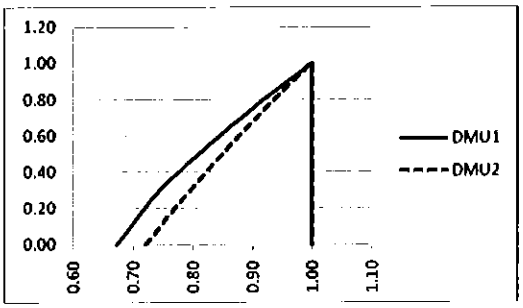
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลการ จัดลำดับ ดังตารางที่ 4.59

ตารางที่ 4.59 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 17

	DMU1	DMU2
Average	0.877366598178450	0.877366598178450
ผลที่ได้	1	1

4.4.18 กรณีที่ 18

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.35) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.63



รูปที่ 4.63 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 18 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

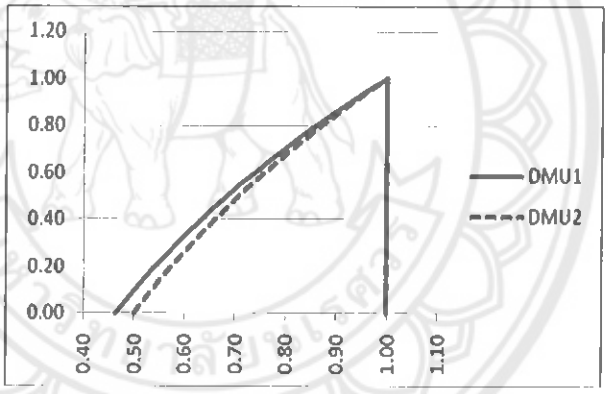
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังที่ 4.60

ตารางที่ 4.60 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 18

	DMU1	DMU2
Average	0.853340589287022	0.877366597523220
ผลที่ได้	2	1

4.4.19 กรณีที่ 19

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.37) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.64



รูปที่ 4.64 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 19 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

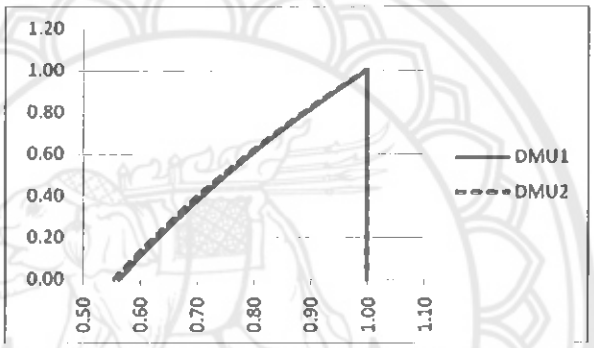
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.61

ตารางที่ 4.61 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 19

	DMU1	DMU2
Average	0.782943961045493	0.795305415792022
ผลที่ได้	2	1

4.4.20 กรณีที่ 20

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.39) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.65



รูปที่ 4.65 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 20 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

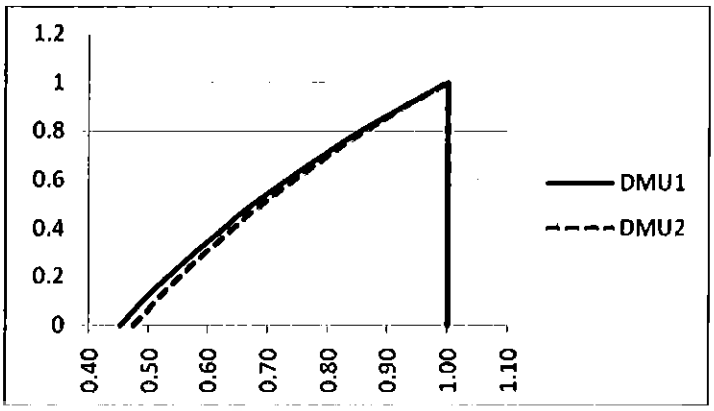
จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.62

ตารางที่ 4.62 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 20

	DMU1	DMU2
Average	0.817735483588432	0.814776077521958
ผลที่ได้	1	2

4.4.21 กรณีที่ 21

นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวก ตาราง ข.41) มาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.66



รูปที่ 4.66 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 21 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของ Wang

จากค่าประสิทธิภาพเมื่อใช้วิธีการให้คะแนนของ ดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ จะได้ผลดังตารางที่ 4.63

ตารางที่ 4.63 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 21

	DMU1	DMU2
Average	0.779422519549131	0.786935553789098
ผลที่ได้	2	1

จากกราฟวิเคราะห์ผลการวัดประสิทธิภาพด้วย Model ปรับปรุงและผลการให้คะแนนของกรณีต่างๆข้างต้น จะพบว่า ณ ทุกระดับ α-cut จะมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละ DMU ที่ระดับเดียวกัน ณ ทุกระดับ α-cut จะมีค่าที่ดีที่สุดอยู่ในทุกๆระดับ ซึ่งจะเห็นได้จากกราฟแสดงค่าประสิทธิภาพกรณีที่ 1-21 ที่ ณ ทุกระดับ α-cut มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 1แต่จะมีบางกรณีเมื่อนำค่าประสิทธิภาพมาวาดกราฟจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้ไม่ใช่ตัวเลขฟัซซี่ เนื่องจากไม่เป็น Convex set ดังนั้นในการจัดลำดับประสิทธิภาพที่ได้จาก Model ปรับปรุง วิธีจัดลำดับตัวเลขฟัซซี่วิธีต่างๆ ไม่สามารถนำมาใช้ได้ เพราะค่าที่จะสามารถเป็น Fuzzy ได้นั้นต้องมีค่ามากกว่าค่าที่น้อยที่สุดในระดับ α-cut=0 แต่ต้องมีค่าน้อยกว่าค่าที่มากที่สุดในระดับ α-cut=0 เช่น กรณีที่ 14 จากรูปที่ 4.59 เส้นกราฟของ DMU1 จะเป็น Fuzzy แต่เส้นกราฟของ DMU2 จะไม่เป็น Fuzzy เพราะค่าประสิทธิภาพของ α-cut ที่ระดับต่างๆไม่ได้เป็นสมาชิกของ α-cut=0

จากข้อมูลทั้งหมดข้างต้นสามารถสรุปข้อแตกต่างของแบบจำลองของ Wang และคณะกับวิธีการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 4.64

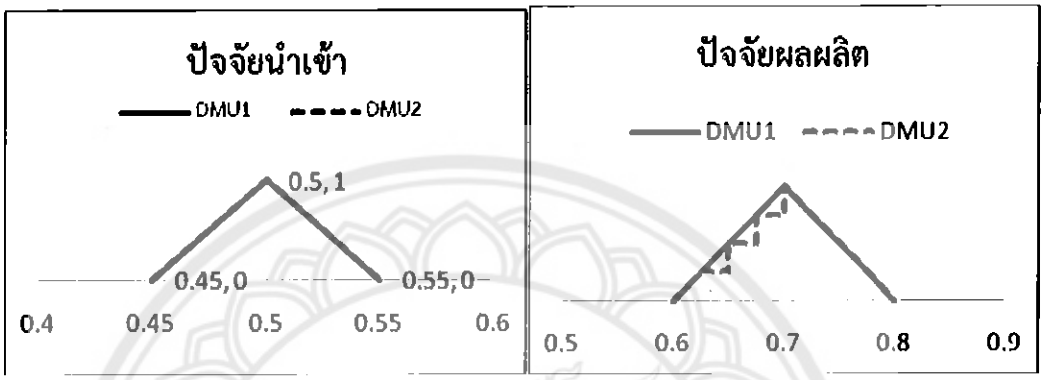
ตารางที่ 4.64 แสดงข้อแตกต่างของแบบจำลองของ Wang และคณะกับแบบจำลองที่ทำการปรับปรุง

	งานวิจัยของ Wang และคณะ	การปรับปรุง
แบบจำลอง	ค่าประสิทธิภาพที่ได้จะเป็นประสิทธิภาพที่เป็นขอบเขตบนและขอบเขตล่างของแต่ละ α -cut โดยจะมีการนำค่าประสิทธิภาพในทุกระดับมาเทียบกับค่าประสิทธิภาพที่ได้ในระดับ α -cut = 0	ค่าประสิทธิภาพที่ได้จะเป็นประสิทธิภาพที่เป็นขอบเขตบนและขอบเขตล่างของแต่ละ α -cut โดยจะมีการโดยจะมีการเทียบค่าประสิทธิภาพในทุกระดับ α -cut ทำให้ในทุกระดับมีค่าที่ดีที่สุดเท่ากับกับ 1 ซึ่งจะเป็นไปตามหลักของ DEA
วิธีการจัดลำดับ	วิธีการจัดลำดับจะเป็นการหาค่า maximum loss จาก $R(A_i) = \max[\max_{j \neq i}(a_j^U) - (a_j^L), 0]$ ซึ่งการจัดลำดับที่ได้จะดูแค่ในแต่ละระดับ α -cut เท่านั้น โดยไม่ได้ดูภาพรวมว่า DMU ใดมีประสิทธิภาพที่ดีกว่ากัน	เป็นการให้คะแนนค่าประสิทธิภาพจาก $R(\theta_j) = \frac{\theta_j^U}{\theta_j^U - (\theta_j^L - 1)}$ โดยจะเป็นการให้คะแนนในแต่ละ α -cut จากนั้นนำคะแนนที่ได้ในแต่ละระดับมาทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อพิจารณาว่า DMU ใดมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า ซึ่งสามารถที่จะระบุได้อย่างแน่ชัด นอกจากนี้ยังทราบได้อีกว่าคะแนนของแต่ละ DMU มีค่าแตกต่างกันเท่าไหร่

4.5 ความละเอียดของ α – cut ที่มีผลต่อการวัดประสิทธิภาพ

ในหัวข้อนี้จะทำการพิจารณาดูว่าความละเอียดของ α – cut จะส่งผลต่อการวัดประสิทธิภาพอย่างไรโดยยกตัวอย่างกรณีศึกษาต่อไปนี้

ให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมีค่าดังรูปที่ 4.67



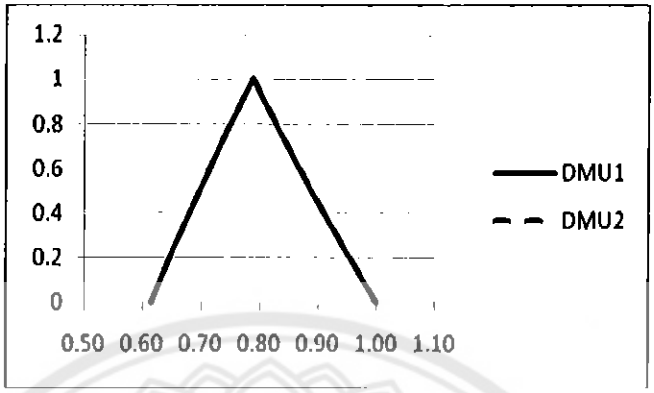
(ก) (ข)

รูปที่ 4.67 (ก) กราฟแสดงค่าปัจจัยนำเข้า (ข) กราฟแสดงค่าปัจจัยผลผลิต กรณีวัด**ความละเอียด**ของ α – cut

$$\text{โดย } \mu(x) = \begin{cases} 10x - 6, & 0.6 \le x < 0.625 \\ 0.25, & 0.625 \le x < 0.65 \\ 0.5, & 0.65 \le x < 0.675 \\ 0.75, & 0.675 \le x < 0.7 \\ 8 - 10x, & 0.7 \le x \le 0.8 \end{cases}$$

ซึ่งในกรณีศึกษานี้ปัจจัยนำเข้าเป็นตัวเลขฟัซซี่ค่าเดียวกันแต่ ปัจจัยผลผลิตเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่ปัจจัยผลผลิตของ DMU1 มากกว่าปัจจัยผลผลิตของ DMU2 ดังนั้น DMU2 ควรมีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1 จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ (ภาคผนวกตาราง ก.43, ก.4.45, ก.4.47) มาทำการวาดกราฟ ในกรณีนี้จะต่างจากกรณีอื่นคือ การวัดประสิทธิภาพจะวัดโดยใช้ α-cut แตกต่างกันไป รูปที่ 4.68 จะเป็นกราฟในกรณีที่ α-cut มี 5 ระดับ รูปที่ 4.69 จะเป็นกราฟที่ α-cut มี 11 ระดับ และรูปที่ 4.70 จะมี α-cut 21 ระดับ จะได้กราฟของแต่ละระดับดังนี้

4.5.1.จากโจทย์ในรูปที่ 4.67 ถ้ามีการกำหนดให้ α -cut มี 5 ระดับ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.68



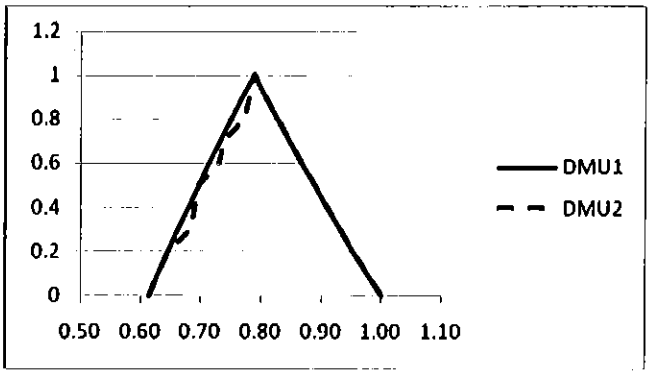
รูปที่ 4.68 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang ที่มี α -cut 5 ระดับ

เมื่อกำหนดให้ใช้ α -cut 5 ระดับ จากทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.44) โดยวิธีของ Wang ค่าประสิทธิภาพมีลำดับดังในตารางที่ 4.65

ตารางที่ 4.65 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ α -cut 5 ระดับ

DMU	α = 0	α =0.25	α =0.5	α =0.75	α =1
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1

4.5.2.จากโจทย์ในรูปที่ 4.67 ถ้ามีการกำหนดให้ α -cut มี 11 ระดับ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.69



รูปที่ 4.69 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang ที่มี α -cut 11 ระดับ

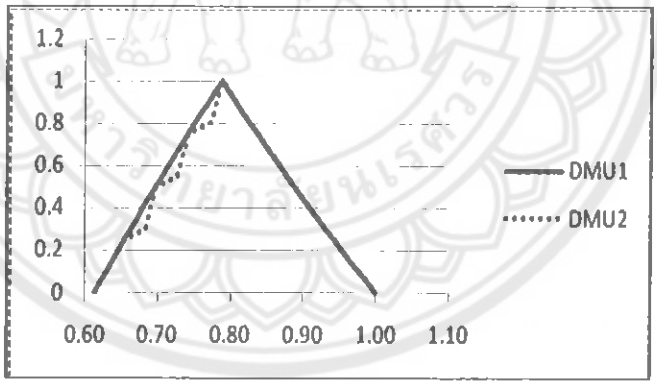
เมื่อกำหนดให้ใช้ α -cut 11 ระดับ จากทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.46) โดยวิธีของ Wang ค่าประสิทธิภาพมีลำดับดังในตารางที่ 4.66

ตารางที่ 4.66 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ α -cut 11 ระดับ

DMU	α = 0	α =0.1	α =0.2	α =0.3	α =0.4
1	1	1	1	2	2
2	1	1	1	1	1

DMU	α = 0.5	α =0.6	α =0.7	α =0.8	α =0.9	α =1
1	1	2	2	2	2	1
2	1	1	1	1	1	1

4.5.3.จากโจทย์ในรูปที่ 4.67 ถ้ามีการกำหนดให้ α -cut มี 21 ระดับ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.70



รูปที่ 4.70 กราฟแสดงผลค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang ที่มี α -cut 21 ระดับ

เมื่อกำหนดให้ใช้ α -cut 21 ระดับ จากทำการจัดลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.48) โดยวิธีของ Wang ค่าประสิทธิภาพมีลำดับดังในตารางที่ 4.67

ตารางที่ 4.67 แสดงผลที่ได้จากการจัดลำดับกรณีที่ α-cut 21 ระดับ

DMU	α = 0	α =0.05	α =0.1	α =0.15	α =0.2	α =0.25
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1

DMU	α = 0.3	α =0.35	α =0.4	α =0.45	α =0.5	α =0.55
1	2	2	2	2	1	2
2	1	1	1	1	1	2

DMU	α = 0.6	α =0.65	α =0.7	α =0.75	α =0.8	α =85
1	2	2	2	1	2	2
2	1	1	1	1	1	1

DMU	α = 0.9	α =0.95	α =1
1	2	2	1
2	1	1	1

เมื่อเราให้ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตเป็นดังรูปที่ 4.67 และหาค่าประสิทธิภาพที่ α-cut มี 5 ระดับ เมื่อนำค่าประสิทธิภาพที่ได้มาวาดกราฟได้ดังรูปที่ 4.68 จะเห็นได้ว่าทั้งสอง DMU จะมีประสิทธิภาพที่เท่ากัน ซึ่งไม่ถูกต้อง แต่เนื่องจากระดับ α-cut มีความถี่ที่น้อยเกินไปทำให้ผลที่ได้ไม่เป็นไปตามที่ควรจะเป็น จากนั้นจึงได้มีการเพิ่มจำนวน α-cut มากขึ้นจะได้กราฟดังรูปที่ 4.69 และรูปที่ 4.70 จากทั้งสองรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อเราเพิ่มจำนวน α-cut ค่าประสิทธิภาพของทั้งสอง DMU จะมีความแตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาจากผลการจัดลำดับจะพบว่า ที่แต่ละ α-cut จะให้ผลที่ไม่ตรงกัน ซึ่งจากการจัดลำดับโดยวิธีของ Wang ทำให้ไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่า DMU ใดที่มีประสิทธิภาพดีกว่ากัน ดังนั้นจึงได้ใช้การจัดลำดับอีกแบบ คือเป็นการจัดลำดับแบบให้คะแนนโดยผลที่ได้จะเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.68 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 22 α -cut 11 ระดับ

	DMU1	DMU2
Average	0.748893527781853	0.754144170336245
ผลที่ได้	2	1

ตารางที่ 4.69 แสดงค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนและผลที่ได้ กรณีที่ 22 α -cut 21 ระดับ

	DMU1	DMU2
Average	0.748586295608164	0.753751512541015
ผลที่ได้	2	1

ซึ่งจากการให้คะแนนดังกล่าวจะพบว่าทั้งกรณีที่ α -cut 11 ระดับ และ α -cut 21 ระดับ จะให้คำตอบที่เหมือนกัน คือ DMU2 จะมีประสิทธิภาพดีกว่า DMU1

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 จากการศึกษาทั้ง กรณีศึกษาพบว่าแบบจำลองของ Wang และคณะ สามารถใช้แก้ปัญหา Fuzzy DEA ได้ทุกกรณี แต่ยังพบข้อพกพร่องบางประการนั่นคือ เมื่อนำผลประสิทธิภาพที่ได้นั้นมาทำการจัดอันดับจะพบว่าแบบจำลองของ Wang และคณะไม่สามารถบอกได้แน่ชัดว่า DMU ไหนมีค่าประสิทธิภาพมากกว่ากัน

5.1.2 การวัดประสิทธิภาพโดยใช้แบบจำลองที่ปรับปรุงให้ค่าประสิทธิภาพที่เป็นเชิงสัมพัทธ์มากกว่าวิธีเดิม

5.1.3 การให้คะแนนค่าประสิทธิภาพโดยวิธีของดร.สุธนิตย์ และอาจารย์กานต์ นอกจากจะสามารถบอกได้ว่า DMU ใดมีประสิทธิภาพดีกว่ากันแล้วยังสามารถบอกได้ว่ามีส่วนต่างกันเท่าไหร่

5.1.4 จากกรณีศึกษาในหัวข้อ 4.5 พบว่า เมื่อมีการใช้ α-cut ที่ละเอียดมากขึ้นผลประสิทธิภาพที่ออกมานั้นจะได้ค่าที่มีความละเอียดมากขึ้น ซึ่งในบางกรณีตัวเลขฟัซซี่ที่นำมาหาประสิทธิภาพนั้นเกิดความไม่สมมาตร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ α-cut ที่มีละเอียด

5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงาน

ในตอนแรกเริ่มทำโครงการไม่มีความเข้าใจในตัวงานวิจัยของ Wang และคณะเท่าที่ควร พร้อมทั้งทฤษฎีฟัซซี่ก็เข้าใจค่อนข้างยาก ทำให้ต้องใช้เวลาในการศึกษางานวิจัยเป็นเวลานาน ทำให้งานมีความล่าช้า

5.3 ข้อเสนอแนะ

สำหรับโครงงานนี้ได้เลือกโปรแกรม MATLAB เข้ามาช่วยในการหาประสิทธิภาพซึ่งอาจมีหลากหลายวิธีที่สามารถหาประสิทธิภาพได้และในโปรแกรม MATLAB ได้มีฟังก์ชันการทำงานที่มีชื่อว่า linprog เป็นฟังก์ชันที่ใช้แก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น ผู้วิจัยได้เห็นว่าเป็นวิธีที่ง่ายและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย

เอกสารอ้างอิง

พยุง มีสัจ. (2552) Fuzzy logic.คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,กรุงเทพฯ, สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2554, จาก https://sites.google.com/site/techinnoreview/fuzzy/fuzzylogic

มนนิภา แสงสว่าง.(2553) การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มผู้ผลิตอาหารสัตว์ ด้วยแบบจำลอง Data Envelopment Analysis (DEA).วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2554, จาก http://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php

Ying-Ming Wang, Richard Greatbanks, Jian-Bo Yang. (2005) Interval efficiency assessment using data envelopment analysis. Fuzzy Sets and Systems , 153, 347–370

ปริญญา สงวนสัตย์. (2553)คู่มือ MATLAB ฉบับสมบูรณ์.นนทบุรี: บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด

Anton Kummert, Atlas Elektronik GmbH. Fuzzy Technology Implemented in Sonar Systems. IEEE Oceanic Engineering Society, 483 – 490 สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2554 จาก http://www.fuzzytech.com/e/e_a_kumm.html

วิโรจน์ ตันติภัทโร. (2553)การคัดเลือกซัพพลายเออร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เส้นกรอบข้อมูล. วิศวกรรมศาสตร์, สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2554 จาก http://www.ej.eng.chula.ac.th/thai/index.php/ej/article/viewFile/129/69

สุธนิตย์ พุทธพนม , กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง. A PROPOSED EFFICIENCY SOLUTION METHOD FOR FUZZY DEA PROBLEM. การประชุมวิชาการวิศวกรรมอุตสาหการแห่งชาติ 2010 เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ เนื่องในวโรกาสทรงพระชนมายุ 84 พรรษา วันที่ 16 - 17 ธันวาคม 2553

ภาคผนวก ก

1.แสดงค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแบบจำลองของ Wang และคณะ

2.แสดงค่า Maximum loss ของแต่ละกรณี

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 1

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.749999999571788, 1.000000000000000]	[0.812499999996489, 1.000000000000000]
0.25	[0.760135134797423, 0.942567567567565]	[0.805743243239979, 0.942567567567565]
0.5	[0.769736841846119, 0.888157894736840]	[0.799342105260292, 0.888157894736840]
0.75	[0.778846153781929, 0.836538461538451]	[0.793269230766850, 0.836538461538451]
1	[0.787499999998122, 0.787499999998122]	[0.787499999998122, 0.787499999998122]

ตารางที่ ก.2 ตารางแสดงค่า Maximum loss ของกรณีที่ 1

Alpha	DMU1	DMU2
0	0.250000000428211	0.187500000003511
0.25	0.182432432770143	0.136824324327586
0.5	0.118421052890721	0.088815789476548
0.75	0.057692307756522	0.043269230771601
1	0.000000000000000	0.000000000000000

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 2

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.749999999107097, 0.999999999209190]	[0.812499999112124, 0.937499999166269]
0.25	[0.760135134252152, 0.942567566763559]	[0.805743242368587, 0.896959458625661]
0.5	[0.769736841235715, 0.888157893921086]	[0.799342104402023, 0.858552630745139]
0.75	[0.778846152993313, 0.836538460712826]	[0.793269229921937, 0.822115383781752]
1	[0.787499999166881, 0.787499999166881]	[0.787499999166881, 0.787499999166881]

ตารางที่ ก.4 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 2

alpha	DMU1	DMU2
0	0.187500000059172	0.187500000097066
0.25	0.136824324373509	0.136824324394972
0.5	0.088815789509424	0.088815789519063
0.75	0.043269230788439	0.043269230790889
1	0.000000000000000	0.000000000000000

ตารางที่ ก.5 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 3

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.749999999107097, 0.999999999209190]	[0.812499999112124, 0.937499999166269]
0.25	[0.781249999107330, 0.968749999186668]	[0.828124999116027, 0.921874999156955]
0.5	[0.812499999112124, 0.937499999166269]	[0.843749999120850, 0.906249999148286]
0.75	[0.843749999120850, 0.906249999148286]	[0.859374999126535, 0.890624999140295]
1	[0.874999999133033, 0.874999999133033]	[0.874999999133033, 0.874999999133033]

ตารางที่ ก.6 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 3

alpha	DMU1	DMU2
0	0.187500000059172	0.187500000097066
0.25	0.140625000049625	0.140625000070641
0.5	0.093750000036162	0.093750000045419
0.75	0.046875000019445	0.046875000021751
1	0.000000000000000	0.000000000000000

ตารางที่ ก.7 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 4

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.749999999571788, 1.000000000000000]	[0.812499999996489, 1.000000000000000]
0.25	[0.781249999668474, 0.968749999999998]	[0.828124999998990, 0.968749999999998]
0.5	[0.812499999996489, 0.937499999999998]	[0.843749999999632, 0.937499999999998]
0.75	[0.843749999999632, 0.906249999999998]	[0.859374999999984, 0.906249999999998]
1	[0.874999999999992, 0.874999999999992]	[0.874999999999992, 0.874999999999992]

ตารางที่ ก.8 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 4

alpha	DMU1	DMU2
0	0.250000000428211	0.187500000003511
0.25	0.187500000331524	0.140625000001008
0.5	0.125000000003509	0.093750000000366
0.75	0.062500000000366	0.046875000000014
1	0.000000000000000	0.000000000000000

ตารางที่ ก.9 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 5

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.613636362828355, 0.999999999209190]	[0.664772726450389, 0.937499999166269]
0.25	[0.639204544633656, 0.968749999186668]	[0.677556817361604, 0.921874999156955]
0.5	[0.664772726450389, 0.937499999166269]	[0.690340908274292, 0.906249999148286]
0.75	[0.690340908274292, 0.906249999148286]	[0.703124999188245, 0.890624999140295]
1	[0.715909090103303, 0.874999999133033]	[0.715909090103303, 0.874999999133033]

ตารางที่ ก.10 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 5

alpha	DMU1	DMU2
0	0.323863636337914	0.335227272758801
0.25	0.282670454523298	0.291193181825064
0.5	0.241477272697897	0.247159090891976
0.75	0.200284090866002	0.203124999960041
1	0.159090909029730	0.159090909029730

ตารางที่ ก.11 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 6

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.613636362625078, 0.874999999999992]	[0.664772726983552, 1.000000000000000]
0.25	[0.639204544983451, 0.906249999999998]	[0.677556817929754, 0.968749999999998]
0.5	[0.664772726983552, 0.937499999999998]	[0.690340908873267, 0.937499999999998]
0.75	[0.690340908873267, 0.968749999999998]	[0.703124999813844, 0.906249999999998]
1	[0.715909090751347, 1.000000000000000]	[0.715909090751347, 0.874999999999992]

ตารางที่ ก.12 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 6

alpha	DMU1	DMU2
0	0.386363637374922	0.335227273016447
0.25	0.329545455016547	0.291193182070244
0.5	0.272727273016446	0.247159091126730
0.75	0.215909091126730	0.203125000186153
1	0.159090909248646	0.159090909248646

ตารางที่ ก.13 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 7

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.545454545010337, 0.888888888058035]	[0.499999999546209, 0.999999999163402]
0.25	[0.581395348796787, 0.837837836981008]	[0.543478260447985, 0.911764705017019]
0.5	[0.619047619047543, 0.789473683350361]	[0.590909090837678, 0.833333332453582]
0.75	[0.658536585341255, 0.743589742824601]	[0.642857142838727, 0.763157893913960]
1	[0.699999999903779, 0.699999999903779]	[0.699999999903779, 0.699999999903779]

ตารางที่ ก.14 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 7

alpha	DMU1	DMU2
0	0.454545454153065	0.388888888511826
0.25	0.330369356220231	0.294359576533022
0.5	0.214285713406040	0.198564592512683
0.75	0.104621308572705	0.100732599985874
1	0.000000000000000	0.000000000000000

ตารางที่ ก.15 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 8

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.590909090543646, 0.833333333027338]	[0.499999999757519, 0.999999999946368]
0.25	[0.616279069404619, 0.797297296981770]	[0.543478260516669, 0.911764705595480]
0.5	[0.642857142499585, 0.763157894411925]	[0.590909090543646, 0.833333333027338]
0.75	[0.670731706966421, 0.730769230435204]	[0.642857142499585, 0.763157894411925]
1	[0.699999999657312, 0.699999999657312]	[0.699999999657312, 0.699999999657312]

ตารางที่ ก.16 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 8

alpha	DMU1	DMU2
0	0.409090909402721	0.333333333269819
0.25	0.295485636190861	0.253819036465101
0.5	0.190476190527753	0.172248803868278
0.75	0.092426187445504	0.087912087935620
1	0.000000000000000	0.000000000000000

ตารางที่ ก.17 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 9

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.581818180805351, 0.948148147098119]	[0.577777776768955, 0.999999998840537]
0.25	[0.620155037694946, 0.893693692630530]	[0.614492752582776, 0.999999998840537]
0.5	[0.660317459233717, 0.842105262083502]	[0.654545453485811, 0.859259258139985]
0.75	[0.702439023300557, 0.793162392079242]	[0.698412697338018, 0.799999998896810]
1	[0.746666665578000, 0.746666665578000]	[0.746666665578000, 0.746666665578000]

ตารางที่ ก.18 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 9

alpha	DMU1	DMU2
0	0.418181818035186	0.370370370329164
0.25	0.305335157245725	0.279200940047755
0.5	0.198941798906269	0.187559808597691
0.75	0.097560975596253	0.094749694741224
1	0.000000000000000	0.000000000000000

ตารางที่ ก.19 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 10

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.727272727231393, 0.888888888839415]	[0.666666666628394, 0.999999999944946]
0.25	[0.744186046469442, 0.864864864816587]	[0.695652173873304, 0.941176470536130]
0.5	[0.761904761861677, 0.842105263110770]	[0.727272727231393, 0.888888888839415]
0.75	[0.780487804834026, 0.820512820466780]	[0.761904761861677, 0.842105263110770]
1	[0.799999999954997, 0.799999999954997]	[0.799999999954997, 0.799999999954997]

ตารางที่ ก.20 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 10

alpha	DMU1	DMU2
0	0.272727272713553	0.222222222211020
0.25	0.196990424066689	0.169212690943283
0.5	0.126984126977737	0.114832535879376
0.75	0.061617458276744	0.058608058605103
1	0	0

ตารางที่ ก.21 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 11

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.545454545010337, 0.888888888058035]	[0.499999999546209, 0.999999999163402]
0.25	[0.558139534459951, 0.864864864035445]	[0.521739129977890, 0.941176469754698]
0.5	[0.571428571352311, 0.842105262330136]	[0.545454545010337, 0.888888888058035]
0.75	[0.585365853601184, 0.820512819687114]	[0.571428571352311, 0.842105262330136]
1	[0.599999999989952, 0.799999999176956]	[0.599999999989952, 0.799999999176956]

ตารางที่ ก.22 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 11

alpha	DMU1	DMU2
0	0.454545454153065	0.388888888511826
0.25	0.383036935294748	0.343125734057555
0.5	0.317460316705724	0.296650717319798
0.75	0.256739408728951	0.249084248334803
1	0.199999999187004	0.199999999187004

ตารางที่ ก.23 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 12

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.581818180805351, 0.948148147098119]	[0.577777776768955, 0.999999998840537]
0.25	[0.595348836171536, 0.922522521485484]	[0.602898549687605, 0.941176469460817]
0.5	[0.609523808465120, 0.898245613010284]	[0.630303029241899, 0.888888887789617]
0.75	[0.624390242825425, 0.875213674200394]	[0.660317459233717, 0.842105262083502]
1	[0.639999998906329, 0.853333332330929]	[0.693333332226938, 0.799999998947721]

ตารางที่ ก.24 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 12

alpha	DMU1	DMU2
0	0.418181818035186	0.370370370329164
0.25	0.345827633289281	0.319623971797878
0.5	0.279365079324497	0.267942583768385
0.75	0.217715019258077	0.214896214966677
1	0.160000000041392	0.160000000103991

ตารางที่ ก.25 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 13

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.590909090543646, 0.833333333027338]	[0.499999999757519, 0.999999999946368]
0.25	[0.604651162423659, 0.810810810504637]	[0.521739130118401, 0.941176470534761]
0.5	[0.619047618679384, 0.789473683904084]	[0.545454545103349, 0.888888888835472]
0.75	[0.634146341094287, 0.769230768923980]	[0.571428571059083, 0.842105263104450]
1	[0.649999999630206, 0.749999999692789]	[0.599999999620138, 0.799999999946455]

ตารางที่ ก.26 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 13

alpha	DMU1	DMU2
0	0.409090909402721	0.333333333269819
0.25	0.336525308111102	0.289071680386236
0.5	0.269841270156088	0.244019138800735
0.75	0.207958922010163	0.197802197864896
1	0.150000000316249	0.150000000072651

ตารางที่ ก.27 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 14

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.499999999890016, 0.999999999649978]	[0.699999999884350, 0.799999999748271]
0.25	[0.499999999890016, 0.874999999679375]	[0.712499999865977, 0.787499999763074]
0.5	[0.499999999890016, 0.749999999812082]	[0.724999999847686, 0.774999999778691]
0.75	[0.499999999890016, 0.624999999980075]	[0.737499999829668, 0.762499999795055]
1	[0.499999999890016, 0.499999999890016]	[0.749999999812082, 0.749999999812082]

ตารางที่ ก.28 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 14

alpha	DMU1	DMU2
0	0.299999999858256	0.299999999765628
0.25	0.287499999873059	0.162499999813397
0.5	0.274999999888676	0.024999999964395
0.75	0.262499999905039	0.000000000000000
1	0.249999999922066	0.000000000000000

ตารางที่ ก.29 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 15

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.409090908932281, 0.999999999649978]	[0.572727272676350, 0.799999999748271]
0.25	[0.409090908932281, 0.874999999679375]	[0.582954545390248, 0.787499999763074]
0.5	[0.409090908932281, 0.749999999812082]	[0.593181818103507, 0.774999999778691]
0.75	[0.409090908932281, 0.624999999980075]	[0.603409090816352, 0.762499999795055]
1	[0.409090908932281, 0.499999999890016]	[0.613636363528981, 0.749999999812082]

ตารางที่ ก.30 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 15

alpha	DMU1	DMU2
0	0.390909090815990	0.427272726973627
0.25	0.378409090830793	0.292045454289126
0.5	0.365909090846410	0.156818181708575
0.75	0.353409090862774	0.021590909163723
1	0.340909090879801	0.000000000000000

ตารางที่ ก.31 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 16

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.409090908932281, 0.999999999649978]	[0.572727272676350, 0.799999999748271]
0.25	[0.418604651008417, 0.851351351041979]	[0.596511627836455, 0.766216215992406]
0.5	[0.428571428421769, 0.710526315626281]	[0.621428571336118, 0.734210526119875]
0.75	[0.439024390099450, 0.576923076915033]	[0.647560975493418, 0.703846153677706]
1	[0.449999999861280, 0.449999999861280]	[0.674999999858204, 0.674999999858204]

ตารางที่ ก.32 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 16

alpha	DMU1	DMU2
0	0.390909090815990	0.427272726973627
0.25	0.347611564983989	0.254839723205525
0.5	0.305639097698106	0.089097744290164
0.75	0.264821763578256	0.000000000000000
1	0.224999999996924	0.000000000000000

ตารางที่ ก.33 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 17

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.721925133689165, 0.999999999970513]	[0.721925133689167, 0.999999999970512]
0.25	[0.751025991791508, 0.958664546557574]	[0.751025991791510, 0.958664546557574]
0.5	[0.781512605041574, 0.919504643244699]	[0.781512605041576, 0.919504643244701]
0.75	[0.813486370157451, 0.882352939688453]	[0.813486370157451, 0.882352939688452]
1	[0.847058820340635, 0.847058820340635]	[0.847058820340635, 0.847058820340635]

ตารางที่ ก.34 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 17

alpha	DMU1	DMU2
0	0.278074866281347	0.278074866281346
0.25	0.207638554766066	0.207638554766064
0.5	0.137992038203127	0.137992038203124
0.75	0.068866569531001	0.068866569531002
1	0.000000000000000	0.000000000000000

ตารางที่ ก.35 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 18

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.673796789287418, 1.000000000000000]	[0.721925132535097, 0.999999999949556]
0.25	[0.701778383143203, 0.948648648637099]	[0.751025990462463, 0.958664542763786]
0.5	[0.731092435158508, 0.899999999999993]	[0.781512603475812, 0.919504640265078]
0.75	[0.768292681551563, 0.853846153846152]	[0.813486368267621, 0.882352938231433]
1	[0.809999999962764, 0.809999999962764]	[0.847058821192464, 0.847058821192464]

ตารางที่ ก.36 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 18

alpha	DMU1	DMU2
0	0.326203210662138	0.278074867464950
0.25	0.256886159620583	0.197622658174636
0.5	0.188412205106570	0.118487396524181
0.75	0.114060256679869	0.040359785578531
1	0.037058821229701	0.000000000000000

ตารางที่ ก.37 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 19

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.464285713193717, 0.999999999999953]	[0.499999999994964, 0.999999999999689]
0.25	[0.516129032051692, 0.914285713643423]	[0.548387094725635, 0.919999999998847]
0.5	[0.571428571426676, 0.835164834788725]	[0.599999999996247, 0.846153846152332]
0.75	[0.630541871371718, 0.761904761904757]	[0.655172413783997, 0.777777777775796]
1	[0.693877551020410, 0.693877551020410]	[0.714285714283213, 0.714285714283213]

ตารางที่ ก.38 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 19

alpha	DMU1	DMU2
0	0.535714286805973	0.500000000004989
0.25	0.403870967947154	0.365898618917788
0.5	0.274725274725656	0.235164834792478
0.75	0.147235906404078	0.106732348120760
1	0.020408163262803	0.000000000000000

ตารางที่ ก.39 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 20

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.563218390804522, 0.999999999649045]	[0.570370370369333, 1.000000000000000]
0.25	[0.604166666666560, 0.928030303022484]	[0.611111105525722, 0.929951690820598]
0.5	[0.648148148144620, 0.862318840456989]	[0.654761900950965, 0.865740740705214]
0.75	[0.695512820398363, 0.802083333039652]	[0.701646088153094, 0.806666666086689]
1	[0.746666666053101, 0.746666666053101]	[0.752136750830889, 0.752136750830889]

ตารางที่ ก.40 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 20

alpha	DMU1	DMU2
0	0.436781609195478	0.429629629279712
0.25	0.325785024154038	0.316919197496761
0.5	0.217592592560594	0.207556939506024
0.75	0.111153845688326	0.100437244886558
1	0.005470084777788	0.000000000000000

ตารางที่ ก.41 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ 21

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.452380952370499, 0.999999999999989]	[0.488888888882998, 0.999999999996029]
0.25	[0.505376344085069, 0.912380952355823]	[0.537356321833771, 0.916666666665872]
0.5	[0.561904760943008, 0.831501831482910]	[0.589285714281157, 0.840277777776143]
0.75	[0.622331691287230, 0.756613756612855]	[0.645061728391117, 0.769999999997535]
1	[0.687074829929821, 0.687074829929821]	[0.705128205124964, 0.705128205124964]

ตารางที่ ก.42 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ 21

alpha	DMU1	DMU2
0	0.547619047625530	0.511111111116991
0.25	0.411290322580802	0.375024630522052
0.5	0.278373016833135	0.242216117201753
0.75	0.147668308710305	0.111552028221737
1	0.018053375195143	0

ตารางที่ ก.43 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่มี α-cut 5 ระดับ

alpha	DMU1	DMU2
0	[0.613636362625078, 1.000000000000000]	[0.613636362625078, 1.000000000000000]
0.25	[0.654069767075474, 0.942567567567565]	[0.654069767075474, 0.942567567567565]
0.5	[0.696428571148276, 0.888157894736840]	[0.696428571148276, 0.888157894736840]
0.75	[0.740853658332823, 0.836538461538451]	[0.740853658332823, 0.836538461538451]
1	[0.787499999998122, 0.787499999998122]	[0.787499999998122, 0.787499999998122]

ตารางที่ ก.44 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ α-cut 5 ระดับ

Alpha	DMU1	DMU1
0	0.386363637374922	0.386363637374922
0.25	0.288497800492092	0.288497800492092
0.5	0.191729323588564	0.191729323588564
0.75	0.095684803205628	0.095684803205628
1	0.000000000000000	0.000000000000000

ตารางที่ ก.45 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ α-cut 11 ระดับ

Alpha	DMU1	DMU2
0	[0.613636362625078, 1.000000000000000]	[0.613636362625078, 1.000000000000000]
0.1	[0.629587155343060, 0.976648351648349]	[0.629587155343060, 0.976648351648349]
0.2	[0.645833332340806, 0.953804347826085]	[0.645833332340806, 0.953804347826085]
0.3	[0.662383177221416, 0.931451612903224]	[0.683411214669295, 0.931451612903224]
0.4	[0.679245282704976, 0.909574468085104]	[0.689858490283880, 0.909574468085104]
0.5	[0.696428571148276, 0.888157894736840]	[0.696428571148276, 0.888157894736840]
0.6	[0.713942307444053, 0.867187499999997]	[0.730168269024090, 0.867187499999997]
0.7	[0.731796116286778, 0.846649484536076]	[0.737257281348656, 0.846649484536076]
0.8	[0.749999999810003, 0.826530612244882]	[0.772058823524086, 0.826530612244882]
0.9	[0.768564356370112, 0.806818181817714]	[0.779702970293956, 0.806818181817714]
1	[0.787499999998122, 0.787499999998122]	[0.787499999998122, 0.787499999998122]

ตารางที่ ก.46 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ α-cut 11 ระดับ

Alpha	DMU1	DMU2
0	0.386363637374922	0.386363637374922
0.1	0.347061196305289	0.347061196305289
0.2	0.307971015485279	0.307971015485279
0.3	0.269068435681808	0.248040398233929
0.4	0.230329185380128	0.219715977801224
0.5	0.191729323588564	0.191729323588564
0.6	0.153245192555944	0.137019230975906
0.7	0.114853368249299	0.109392203187420
0.8	0.076530612434879	0.054471788720796
0.9	0.038253825447602	0.027115211523759
1	0.000000000000000	0.000000000000000

ตารางที่ ก.47 ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ α-cut 21 ระดับ

Alpha	DMU1	DMU2
0	[0.613636362625078, 1.000000000000000]	[0.613636362625078, 1.000000000000000
0.05	[0.621575341580837, 0.988259668508285	[0.621575341580837, 0.988259668508285
0.1	[0.629587155343060, 0.976648351648349	[0.629587155343060, 0.976648351648349
0.15	[0.637672810971186, 0.965163934426228	[0.637672810971186, 0.965163934426228
0.2	[0.645833332340806, 0.953804347826085]	[0.645833332340806, 0.953804347826085]
0.25	[0.654069767075474, 0.942567567567565]	[0.654069767075474, 0.942567567567565]
0.3	[0.662383177221416, 0.931451612903224]	[0.683411214669295, 0.931451612903224]
0.35	[0.670774647556163, 0.920454545454544]	[0.686619718026787, 0.920454545454544]
0.4	[0.679245282704976, 0.909574468085104]	[0.689858490283880, 0.909574468085104]
0.45	[0.687796208233885, 0.898809523809522]	[0.693127961804076, 0.898809523809522]
0.5	[0.696428571148276, 0.888157894736840]	[0.696428571148276, 0.888157894736840]
0.55	[0.705143540405797, 0.877617801047118]	[0.726674640940690, 0.877617801047118]
0.6	[0.713942307444053, 0.867187499999997]	[0.730168269024090, 0.867187499999997]
0.65	[0.722826086723605, 0.856865284974089]	[0.733695651968199, 0.856865284974089]
0.7	[0.731796116286778, 0.846649484536076]	[0.737257281348656, 0.846649484536076]
0.75	[0.740853658332823, 0.836538461538451]	[0.740853658332823, 0.836538461538451]

ตารางที่ ก.47 (ต่อ) ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของกรณีที่ α-cut 21 ระดับ (ต่อ)

Alpha	DMU1	DMU2
0.8	[0.749999999810003, 0.826530612244882]	[0.772058823524086, 0.826530612244882]
0.85	[0.759236453025173, 0.816624365481969]	[0.775862068961503, 0.816624365481969]
0.9	[0.768564356370112, 0.806818181817714]	[0.779702970293956, 0.806818181817714]
0.95	[0.777985074622339, 0.797110552762927]	[0.783582089549851, 0.797110552762927]
1	[0.787499999998122, 0.787499999998122]	[0.787499999998122, 0.787499999998122]

ตารางที่ ก.48 ตารางแสดงค่า Maximum lossของกรณีที่ α-cut 21 ระดับ

Alpha	DMU1	DMU2
0	0.386363637374922	0.386363637374922
0.05	0.366684326927448	0.366684326927448
0.1	0.347061196305289	0.347061196305289
0.15	0.327491123455041	0.327491123455041
0.2	0.307971015485279	0.307971015485279
0.25	0.288497800492092	0.288497800492092
0.3	0.269068435681808	0.248040398233929
0.35	0.249679897898381	0.233834827427757
0.4	0.230329185380128	0.219715977801224
0.45	0.211013315575637	0.205681562005446
0.5	0.191729323588564	0.191729323588564
0.55	0.172474260641321	0.150943160106428
0.6	0.153245192555944	0.137019230975906
0.65	0.134039198250483	0.123169633005890
0.7	0.114853368249299	0.109392203187420
0.75	0.095684803205628	0.095684803205628
0.8	0.076530612434879	0.054471788720796
0.85	0.057387912456796	0.040762296520466
0.9	0.038253825447602	0.027115211523759
0.95	0.019125478140589	0.013528463213076
1	0.000000000000000	0.000000000000000

ภาคผนวก ข

1.ตารางแสดงผลประสิทธิภาพ

2.ตารางการ ให้คะแนน แต่ละกรณี

ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 1

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.613636362625078, 1.000000000000000]	[0.664772726983552, 1.000000000000000]
0.05	[0.628959535545210, 1.000000000000000]	[0.678340656278888, 1.000000000000000]
0.10	[0.644640575724778, 1.000000000000000]	[0.692196028334360, 1.000000000000000]
0.15	[0.660688602540971, 1.000000000000000]	[0.706345944993977, 1.000000000000000]
0.20	[0.677113010446339, 1.000000000000000]	[0.720797720797719, 1.000000000000000]
0.25	[0.693923480870216, 1.000000000000000]	[0.735558889722429, 1.000000000000000]
0.30	[0.711129991503823, 1.000000000000000]	[0.750637213254036, 1.000000000000000]
0.35	[0.728742827334377, 1.000000000000000]	[0.766040688575900, 1.000000000000000]
0.40	[0.746772591857001, 1.000000000000000]	[0.781777557100298, 1.000000000000000]
0.45	[0.765230218762751, 1.000000000000000]	[0.797856313361162, 1.000000000000000]
0.50	[0.784126984126984, 1.000000000000000]	[0.814285714285714, 1.000000000000000]
0.55	[0.803474519122700, 1.000000000000000]	[0.831074788863556, 1.000000000000000]
0.60	[0.823284823284823, 1.000000000000000]	[0.848232848232848, 1.000000000000000]
0.65	[0.843570278352887, 1.000000000000000]	[0.865769496204279, 1.000000000000000]
0.70	[0.864343662721107, 0.999999998776737]	[0.883694640244713, 0.999999998776737]
0.75	[0.885618166526493, 0.999999998798828]	[0.902018502943650, 0.999999998798828]
0.80	[0.907407406286585, 0.999999998818265]	[0.920751632860969, 0.999999998818265]
0.85	[0.929725445849203, 0.999999998835191]	[0.939904921541850, 0.999999998835191]
0.90	[0.952586806858758, 0.999999998849750]	[0.959489609812253, 0.999999998849750]
0.95	[0.976006491239665, 0.999999998862079]	[0.979517305958889, 0.999999998862079]
1.00	[0.999999998872318, 0.999999998872318]	[0.999999998872318, 0.999999998872318]

ตารางที่ ข.2 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 1

R	DMU1	DMU2
0.00	0.721311474883674	0.748936170050566
0.05	0.729373075358254	0.756624620974203
0.10	0.737811669797294	0.764640589618629
0.15	0.746652348286755	0.773004186188976
0.20	0.755922469490306	0.781737193763919
0.25	0.765651924181504	0.790863245327795
0.30	0.775873434410020	0.800408024481469
0.35	0.786622897004514	0.810399492707673
0.40	0.797939778129952	0.820868147544324
0.45	0.809867568185862	0.831847316684725
0.50	0.822454308093994	0.843373493975903
0.55	0.835753200397198	0.855486724448169
0.60	0.849823321554770	0.868231046931408
0.65	0.864730455540084	0.881655004563432
0.70	0.880548073416245	0.895812235544375
0.75	0.897358490455403	0.910762159994294
0.80	0.915254236257573	0.926570778665264
0.85	0.934339694469296	0.943311614452936
0.90	0.954733057112718	0.961066808544583
0.95	0.976568690541755	0.979928425848321
1.00	0.999999998872318	0.999999998872318
Average	0.836123341259023	0.854548918056347

ตารางที่ ข.3 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 2

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.613636362828355, 0.999999999209190]	[0.664772726450389, 0.937499999166269]
0.05	[0.628959535104253, 0.999999999216513]	[0.678340655693871, 0.940251571505654]
0.10	[0.644640575210584, 0.999999999221617]	[0.692196027545036, 0.943037973871991]
0.15	[0.660688601757647, 0.999999999224505]	[0.706345944216854, 0.945859871807233]
0.20	[0.677113009673258, 0.999999999225159]	[0.720797720031509, 0.948717947918519]
0.25	[0.693923480105778, 0.999999999223559]	[0.735558888964030, 0.951612902428640]
0.30	[0.711129990745004, 0.999999999219677]	[0.750637212500156, 0.954545453747988]
0.35	[0.728742826577880, 0.999999999213486]	[0.766040687823143, 0.957516339068899]
0.40	[0.746772591099348, 0.999999999204931]	[0.781777556345169, 0.960526314983549]
0.45	[0.765230218000312, 0.999999999193946]	[0.797856312600069, 0.963576158126212]
0.50	[0.784126983355986, 0.999999999180481]	[0.814285713514962, 0.966666665841465]
0.55	[0.803474518339222, 0.999999999164478]	[0.831074788079323, 0.969798656879061]
0.60	[0.823284822484776, 0.999999999145864]	[0.848232847431199, 0.972972972117142]
0.65	[0.843570277532012, 0.999999999124560]	[0.865769495381107, 0.976190475314892]
0.70	[0.864343661875002, 0.999999999100576]	[0.883694639395814, 0.979452053896148]
0.75	[0.885618165650632, 0.999999999073900]	[0.902018502064689, 0.982758619765477]
0.80	[0.907407406497277, 0.999999999044745]	[0.920751633073660, 0.986111110158268]
0.85	[0.929725446018319, 0.999999999013746]	[0.939904921712148, 0.989510488526733]
0.90	[0.952586806987539, 0.999999998983057]	[0.959489609941570, 0.992957745464107]
0.95	[0.976006491340375, 0.999999998964138]	[0.979517306059699, 0.996453899674722]
1.00	[0.999999998872318, 0.999999998872318]	, [0.999999998872318, 0.999999998872318]

ตารางที่ ข.4 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 2

R	DMU1	DMU2
0.00	0.721311474830467	0.736607142208662
0.05	0.729373074969021	0.745101385307213
0.10	0.737811669366809	0.753922569227217
0.15	0.746652347703366	0.763089345551759
0.20	0.755922468905592	0.772621809114637
0.25	0.765651923594057	0.782541640331779
0.30	0.775873433817533	0.792872264715637
0.35	0.786622896404398	0.803639032042125
0.40	0.797939777519358	0.814869418054015
0.45	0.809867567561672	0.826593252078767
0.50	0.822454307452799	0.838842974530163
0.55	0.835753199735260	0.851653928973377
0.60	0.849823320867968	0.865064694290000
0.65	0.864730454823865	0.879117463516497
0.70	0.880548072794268	0.893858477191121
0.75	0.897358489775449	0.909338520583689
0.80	0.915254236451635	0.925613496072513
0.85	0.934339694627887	0.942745084260336
0.90	0.954733057235865	0.960801510306898
0.95	0.976568690640135	0.979858435551534
1.00	0.999999998872318	0.999999998872318
Average	0.836123340854749	0.849464402037155

ตารางที่ ข.5 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 3

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.749999999107097, 0.999999999209190]	[0.812499999112124, 0.937499999166269]
0.05	[0.761006288430970, 0.999999999216513]	[0.820754716110826, 0.940251571505654]
0.10	[0.772151897872024, 0.999999999221617]	[0.829113923195733, 0.943037973871988]
0.15	[0.783439489597054, 0.999999999224505]	[0.837579616992436, 0.945859871807235]
0.20	[0.794871794034099, 0.999999999225159]	[0.846153845322184, 0.948717947918519]
0.25	[0.806451612074097, 0.999999999223556]	[0.854838708853299, 0.951612902428637]
0.30	[0.818181817358517, 0.999999999219677]	[0.863636362816942, 0.954545453747988]
0.35	[0.830065358656757, 0.999999999213489]	[0.872549018790201, 0.957516339068906]
0.40	[0.842105262337454, 0.999999999204923]	[0.881578946549557, 0.960526314983550]
0.45	[0.854304634937937, 0.999999999193946]	[0.890728475998032, 0.963576158126212]
0.50	[0.866666665836544, 0.999999999180490]	[0.899999999169372, 0.966666665841471]
0.55	[0.879194630032526, 0.999999999164478]	[0.909395972312995, 0.969798656879061]
0.60	[0.891891891038578, 0.999999999145864]	[0.918918918063446, 0.972972972117142]
0.65	[0.904761903891608, 0.999999999124560]	0.928571427698375, 0.976190475314892]
0.70	[0.917808218287068, 0.999999999100576]	[0.938356163489373, 0.979452053896148]
0.75	[0.931034481843072, 0.999999999073900]	[0.948275861150054, 0.982758619765477]
0.80	[0.944444443500658, 0.999999999044745]	[0.958333332386229, 0.986111110158268]
0.85	[0.958041957066721, 0.999999999013746]	[0.968531467553228, 0.989510488526734]
0.90	[0.971830984907643, 0.999999998983057]	[0.978873238426386, 0.992957745464107]
0.95	[0.985815601806554, 0.999999998964140]	[0.989361701095924, 0.996453899674713]
1.00	[0.999999998872318, 0.999999998872318]	[0.999999998872318, 0.999999998872318]

ตารางที่ ข.6 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 3

R	DMU1	DMU2
0.00	0.799999999302012	0.833333332552132
0.05	0.807106598291363	0.839887639679026
0.10	0.814432989001216	0.846590908329412
0.15	0.821989528108829	0.853448275107360
0.20	0.829787233356322	0.860465115528850
0.25	0.837837837150320	0.867647058075378
0.30	0.846153845462801	0.874999999251379
0.35	0.854748602654951	0.882530119730187
0.40	0.863636362930788	0.890243901681394
0.45	0.872832369225239	0.898148147381733
0.50	0.882352940445111	0.906249999221763
0.55	0.892215568113279	0.914556961232061
0.60	0.902439023620108	0.923076922265295
0.65	0.913043477465842	0.931818180984648
0.70	0.924050632087460	0.940789472825080
0.75	0.935483870110624	0.949999999111464
0.80	0.947368420157946	0.959459458537727
0.85	0.959731542687770	0.969178081233475
0.90	0.972602738745547	0.979166665670371
0.95	0.986013984997994	0.989436618693811
1.00	0.999999998872318	0.999999998872318
Average	0.888753693466088	0.910048897903089

ตารางที่ ข.7 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 4

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.749999999571788, 1.000000000000000]	[0.812499999996489, 1.000000000000000]
0.05	[0.761006289302087, 0.999999999999999]	[0.820754716981118, 0.999999999999999]
0.10	[0.772151898734159, 1.000000000000000]	[0.829113924050631, 1.000000000000000]
0.15	[0.783439490445857, 0.999999999999999]	[0.837579617834393, 0.999999999999999]
0.20	[0.794871794871793, 1.000000000000000]	[0.846153846153844, 1.000000000000000]
0.25	[0.806451612903224, 1.000000000000000]	[0.854838709677419, 1.000000000000000]
0.30	[0.818181818181818, 1.000000000000000]	[0.863636363636364, 1.000000000000000]
0.35	[0.830065359477124, 1.000000000000000]	[0.872549019607843, 1.000000000000000]
0.40	[0.842105263157895, 1.000000000000000]	[0.881578947368421, 1.000000000000000]
0.45	[0.854304635761589, 0.999999999999999]	[0.890728476821192, 0.999999999999999]
0.50	[0.866666666666666, 0.999999999999999]	[0.900000000000000, 0.999999999999999]
0.55	[0.879194630872483, 1.000000000000000]	[0.909395973154362, 1.000000000000000]
0.60	[0.891891891891892, 1.000000000000000]	[0.918918918918919, 1.000000000000000]
0.65	[0.904761904761904, 1.000000000000000]	[0.928571428571429, 1.000000000000000]
0.70	[0.917808219178082, 0.999999998776737]	[0.938356164383562, 0.999999998776737]
0.75	[0.931034482758621, 0.999999998798828]	[0.948275862068966, 0.999999998798828]
0.80	[0.944444443282439, 0.999999998818265]	[0.958333332165896, 0.999999998818265]
0.85	[0.958041956892997, 0.999999998835192]	[0.968531467378274, 0.999999998835192]
0.90	[0.971830984776490, 0.999999998849750]	[0.978873238294688, 0.999999998849750]
0.95	[0.985815601704912, 0.999999998862080]	[0.989361700994176, 0.999999998862080]
1.00	[0.999999998872318, 0.999999998872318]	[0.999999998872318, 0.999999998872318]

ตารางที่ ข.8 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 4

R	DMU1	DMU2
0.00	0.721311474830467	0.736607142208662
0.05	0.729373074969021	0.745101385307213
0.10	0.737811669366809	0.753922569227217
0.15	0.746652347703366	0.763089345551759
0.20	0.755922468905592	0.772621809114637
0.25	0.765651923594057	0.782541640331779
0.30	0.775873433817533	0.792872264715637
0.35	0.786622896404398	0.803639032042125
0.40	0.797939777519358	0.814869418054015
0.45	0.809867567561672	0.826593252078767
0.50	0.822454307452799	0.838842974530163
0.55	0.835753199735260	0.851653928973377
0.60	0.849823320867968	0.865064694290000
0.65	0.864730454823865	0.879117463516497
0.70	0.880548072794268	0.893858477191121
0.75	0.897358489775449	0.909338520583689
0.80	0.915254236451635	0.925613496072513
0.85	0.934339694627887	0.942745084260336
0.90	0.954733057235865	0.960801510306898
0.95	0.976568690640135	0.979858435551534
1.00	0.999999998872318	0.999999998872318
Average	0.836123340854749	0.849464402037155

ตารางที่ ข.9 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 5

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.613636362828355, 0.999999999209190]	[0.664772726450389, 0.937499999166269]
0.05	[0.622641508629808, 0.999999999216513]	[0.671526585817527, 0.940251571505654]
0.10	[0.631760643628888, 0.999999999221617]	[0.678365937075234, 0.943037973871988]
0.15	[0.640995945954573, 0.999999999224505]	[0.685292413824920, 0.945859871807235]
0.20	[0.650349649591147, 0.999999999225159]	[0.692307691556165, 0.948717947918519]
0.25	[0.659824046175808, 0.999999999223556]	[0.699413488997360, 0.951612902428637]
0.30	[0.669421486869407, 0.999999999219677]	[0.706611569519368, 0.954545453747988]
0.35	[0.679144384301304, 0.999999999213489]	[0.713903742594308, 0.957516339068906]
0.40	[0.688995214591229, 0.999999999204923]	[0.721291865312024, 0.960526314983550]
0.45	[0.698976519451514, 0.999999999193946]	[0.728777843956813, 0.963576158126212]
0.50	[0.709090908373536, 0.999999999180490]	[0.736363635647209, 0.966666665841471]
0.55	[0.719341060902131, 0.999999999164478]	[0.744051250041843, 0.969798656879061]
0.60	[0.729729729002256, 0.999999999145864]	[0.751842751114461, 0.972972972117142]
0.65	[0.740259739522298, 0.999999999124560]	[0.759740259001312, 0.976190475314892]
0.70	[0.750933996758530, 0.999999999100576]	[0.767745951924656, 0.979452053896148]
0.75	[0.761755485125820, 0.999999999073900]	[0.775862068195605, 0.982758619765477]
0.80	[0.772727271939558, 0.999999999044745]	[0.784090908300779, 0.986111110158268]
0.85	[0.783852510314496, 0.999999999013746]	[0.792434837076381, 0.989510488526734]
0.90	[0.795134442186809, 0.999999998983057]	[0.800896285974979, 0.992957745464107]
0.95	[0.806576401470116, 0.999999998964140]	[0.809477755434184, 0.996453899674713]
1.00	[0.818181817252266, 0.999999998872318]	[0.818181817252266, 0.999999998872318]

ตารางที่ ข.10 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 5

R	DMU1	DMU2
0.00	0.721311474830467	0.736607142208662
0.05	0.726027396680547	0.741099593774993
0.10	0.730866273604892	0.745677888364305
0.15	0.735832977700384	0.750344510178927
0.20	0.740932641921911	0.755102040208835
0.25	0.746170677775120	0.759953160991369
0.30	0.751552794470823	0.764900661654858
0.35	0.757085019682467	0.769947443265917
0.40	0.762773722065085	0.775096524502001
0.45	0.768625635712524	0.780351047672407
0.50	0.774647886750402	0.785714285113024
0.55	0.780848022285560	0.791189645982137
0.60	0.787234041959284	0.796780683486996
0.65	0.793814432381712	0.802491102573199
0.70	0.800598204759027	0.808324768112121
0.75	0.807594936064324	0.814285713624049
0.80	0.814814814147693	0.820378150578854
0.85	0.822268687232428	0.826606478318946
0.90	0.829968118303646	0.832975294654397
0.95	0.837925444966867	0.839489407187944
1.00	0.846153845341510	0.846153845341510
Average	0.777954621363651	0.787784256561688

ตารางที่ ข.11 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 6

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.613636362625078, 1.000000000000000]	[0.664772726983552, 1.000000000000000]
0.05	[0.622641509065585, 0.999999999999999]	[0.671526586397590, 0.999999999999999]
0.10	[0.631760644132991, 1.000000000000000]	[0.678365937855751, 1.000000000000000]
0.15	[0.640995946725209, 0.999999999999999]	[0.685292414591767, 0.999999999999999]
0.20	[0.650349650349641, 1.000000000000000]	[0.692307692307691, 1.000000000000000]
0.25	[0.659824046920820, 1.000000000000000]	[0.699413489736069, 1.000000000000000]
0.30	[0.669421487603304, 1.000000000000000]	[0.706611570247934, 1.000000000000000]
0.35	[0.679144385026738, 1.000000000000000]	[0.713903743315508, 1.000000000000000]
0.40	[0.688995215311004, 1.000000000000000]	[0.721291866028708, 1.000000000000000]
0.45	[0.698976520168573, 0.999999999999999]	[0.728777844671884, 0.999999999999999]
0.50	[0.709090909090909, 0.999999999999999]	[0.736363636363636, 0.999999999999999]
0.55	[0.719341061622941, 1.000000000000000]	[0.744051250762660, 1.000000000000000]
0.60	[0.729729729729729, 1.000000000000000]	[0.751842751842752, 1.000000000000000]
0.65	[0.740259740259740, 1.000000000000000]	[0.759740259740260, 1.000000000000000]
0.70	[0.750933997509340, 0.999999998776737]	[0.767745952677459, 0.999999998776737]
0.75	[0.761755484904163, 0.999999998798828]	[0.775862067971483, 0.999999998798828]
0.80	[0.772727271756251, 0.999999998818265]	[0.784090908115833, 0.999999998818265]
0.85	[0.783852510169129, 0.999999998835192]	[0.792434836930058, 0.999999998835192]
0.90	[0.795134442077420, 0.999999998849750]	[0.800896285865172, 0.999999998849750]
0.95	[0.806576401385527, 0.999999998862080]	[0.809477755349523, 0.999999998862080]
1.00	0.818181817252266, 0.999999998872318]	[0.818181817252266, 0.999999998872318]

ตารางที่ ข.12 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 6

R	DMU1	DMU2
0.00	0.721311474883674	0.748936170050566
0.05	0.726027397066097	0.752743705489979
0.10	0.730866274027276	0.756639094468841
0.15	0.735832978268387	0.760625412904640
0.20	0.740932642487041	0.764705882352940
0.25	0.746170678336979	0.768883878241262
0.30	0.751552795031055	0.773162939297125
0.35	0.757085020242915	0.777546777546777
0.40	0.762773722627737	0.782039289055192
0.45	0.768625636279500	0.786644565474781
0.50	0.774647887323943	0.791366906474820
0.55	0.780848022868032	0.796210833130920
0.60	0.787234042553191	0.801181102362205
0.65	0.793814432989691	0.806282722513089
0.70	0.800598205188566	0.811520969999859
0.75	0.807594935877015	0.816901407607694
0.80	0.814814813991817	0.822429905709944
0.85	0.822268687108047	0.828112660402960
0.90	0.829968118209482	0.833956219150337
0.95	0.837925444893616	0.839967505278731
1.00	0.846153845341510	0.846153845341510
Average	0.777954621695027	0.793619609183532

ตารางที่ ข.13 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 7

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.545454545010337, 0.888888888058035]	[0.499999999546209, 0.999999999163402]
0.05	[0.562936159214197, 0.895027623501685]	[0.517995877194637, 0.999999999182898]
0.10	[0.580884914643988, 0.901098900311971]	[0.536580133015982, 0.999999999199603]
0.15	[0.599313158238129, 0.907103824367028]	[0.555773313725838, 0.999999999213191]
0.20	[0.618233617447516, 0.913043477504783]	[0.575596816308247, 0.999999999223484]
0.25	[0.637659414050102, 0.918918918172328]	[0.596072930498551, 0.999999999230401]
0.30	[0.657604077375316, 0.924731182054566]	[0.617224879610767, 0.999999999233887]
0.35	[0.678081560489736, 0.930481282682719]	[0.639076868929786, 0.999999999233879]
0.40	[0.699106255445949, 0.936170212023539]	[0.661654134595736, 0.999999999230337]
0.45	[0.720693009510151, 0.941798941049750]	[0.684982995506986, 0.999999999223207]
0.50	[0.742857142105535, 0.947368420292527]	[0.709090908358831, 0.999999999212426]
0.55	[0.765614462491643, 0.952879580376608]	[0.734006525955350, 0.999999999197918]
0.60	[0.788981288214223, 0.958333332538741]	[0.759759759012387, 0.999999999179588]
0.65	[0.812974464363881, 0.963730569129905]	[0.786381841691286, 0.999999999157404]
0.70	[0.837611383683959, 0.969072164102067]	[0.813905401122176, 0.999999999131266]
0.75	[0.862910007570691, 0.974358973480084]	[0.842364531196709, 0.999999999101220]
0.80	[0.888888888011050, 0.979591835818997]	[0.871794870931789, 0.999999999067343]
0.85	[0.915567190506446, 0.984771572647671]	[0.902233687730820, 0.999999999030094]
0.90	[0.942964718033758, 0.989898988899576]	[0.933719965895515, 0.999999998991056]
0.95	[0.971101936101307, 0.994974873335352]	[0.966294500773834, 0.999999998958504]
1.00	[0.999999998872318, 0.999999998872318]	[0.999999998872318, 0.999999998872318]

ตารางที่ ข.14 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 7

R	DMU1	DMU2
0.00	0.661654134910317	0.666666666279071
0.05	0.671896523246937	0.674761955345505
0.10	0.682540035247427	0.683330889724391
0.15	0.693615459920725	0.692412077177304
0.20	0.705156413826197	0.702048416640608
0.25	0.717199689224446	0.712287711735403
0.30	0.729785653420021	0.723183390446337
0.35	0.742958710541250	0.734795358361227
0.40	0.756767834876952	0.747191010675973
0.45	0.771267190441298	0.760446440157975
0.50	0.786516853307085	0.774647886747153
0.55	0.802583657198740	0.789893487078282
0.60	0.819542187650022	0.806295398901728
0.65	0.837475956146115	0.823982397598004
0.70	0.856478793497346	0.843103071888034
0.75	0.876656511784019	0.863829786514200
0.80	0.898128897320525	0.886363635591624
0.85	0.921032114248853	0.910940688138382
0.90	0.945521621028727	0.937839936932828
0.95	0.971775732273225	0.967393518477596
1.00	0.999999998872318	0.999999998872318
Average	0.802312093761073	0.795305415394474

ตารางที่ ข.15 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 8

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.590909090543646, 0.833333333027338]	[0.499999999757519, 0.999999999946368]
0.05	[0.607133625892174, 0.841551130722800]	[0.517995877236041, 0.999999999944432]
0.10	[0.623737080111327, 0.849770482365636]	[0.536580132640240, 0.999999999942204]
0.15	[0.640729108206940, 0.857993108164922]	[0.555773313354041, 0.999999999939638]
0.20	[0.658119657751296, 0.866220735451710]	[0.575596816594887, 0.999999999936680]
0.25	[0.675918979372516, 0.874455099914872]	[0.596072930893706, 0.999999999666535]
0.30	[0.694137637683403, 0.882697946852346]	[0.617224879996261, 0.999999999647297]
0.35	[0.712786522670054, 0.890951032439853]	[0.639076869292174, 0.999999999625389]
0.40	[0.731876861562210, 0.899216125019036]	[0.661654134933506, 0.999999999600514]
0.45	[0.751420231208821, 0.907495006407037]	[0.684982995821015, 0.999999999572275]
0.50	[0.771428570983304, 0.915789473229617]	[0.709090908650381, 0.999999999540280]
0.55	[0.791914196244742, 0.924101338280013]	[0.734006526225450, 0.999999999504052]
0.60	[0.812889812382393, 0.932432431905805]	[0.759759759261582, 0.999999999463084]
0.65	[0.834368529472605, 0.940784603426012]	[0.786381841919496, 0.999999999416812]
0.70	[0.856363877578945, 0.949159722581024]	[0.813905401328549, 0.999999999364593]
0.75	[0.878889822727795, 0.957559681017482]	[0.842364531379435, 0.999999999305772]
0.80	[0.901960783593903, 0.965986393811317]	[0.871794871087923, 0.999999999239622]
0.85	[0.925591648932193, 0.974441801031171]	[0.902233687855919, 0.999999999165633]
0.90	[0.949797795794462, 0.982927869345572]	[0.933719965982949, 0.999999999083742]
0.95	[0.974595108573949, 0.991446593679186]	[0.966294500811735, 0.999999998997783]
1.00	[0.999999998872318, 0.999999998872318]	[0.999999998872318, 0.999999998872318]

ตารางที่ ข.16 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 8

R	DMU1	DMU2
0.00	0.670731707038690	0.666666666546979
0.05	0.681739466128414	0.674761955531482
0.10	0.693105490277151	0.683330889709633
0.15	0.704853760724492	0.692412077153769
0.20	0.717010150425937	0.702048416931068
0.25	0.729602625175091	0.712287712025265
0.30	0.742661470388103	0.723183390730708
0.35	0.756219547484022	0.734795358633183
0.40	0.770312584497672	0.747191010934473
0.45	0.784979506409039	0.760446440403160
0.50	0.800262811698631	0.774647886979339
0.55	0.816209002885165	0.789893487297613
0.60	0.832869080323838	0.806295399108010
0.65	0.850299110410095	0.823982397790570
0.70	0.868560881634042	0.843103072065593
0.75	0.887722664778791	0.863829786674612
0.80	0.907860097102301	0.886363635731641
0.85	0.929057214780491	0.910940688253187
0.90	0.951407663477473	0.937839937015133
0.95	0.975016123988429	0.967393518514304
1.00	0.999999998872318	0.999999998872318
Average	0.812880045642866	0.795305415566764

ตารางที่ ข.17 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 9

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.581818180805351, 0.948148147098119]	[0.577777776768955, 0.999999998840537]
0.05	[0.598708021138245, 0.951902288356384]	[0.594165424359898, 0.999999998853525]
0.10	[0.615971921884551, 0.955527692745197]	[0.610965759445599, 0.999999998864929]
0.15	[0.633617277767367, 0.959025591871587]	[0.628190738328344, 0.999999998874801]
0.20	[0.651651650655573, 0.962397178756919]	[0.645852748343169, 0.999999998883213]
0.25	[0.670082773947913, 0.965643608680653]	[0.663964626910279, 0.999999998890230]
0.30	[0.688918557104502, 0.968765999992847]	[0.682539681603592, 0.999999998895945]
0.35	[0.708167090319151, 0.971765434896393]	[0.701591711292970, 0.999999998900473]
0.40	[0.727836649335650, 0.974642960200259]	[0.721135028426398, 0.999999998903893]
0.45	[0.747935700412596, 0.977399588044358]	[0.741184482524022, 0.999999998906344]
0.50	[0.768472905442046, 0.980036296597276]	[0.761755484961229, 0.999999998907944]
0.55	[0.789457127227168, 0.982554030727712]	[0.782864035123665, 0.999999998908856]
0.60	[0.810897434924783, 0.984953702650290]	[0.804526748023441, 0.999999998909268]
0.65	[0.832803109658445, 0.987236192546764]	[0.826760883472161, 0.999999998909424]
0.70	[0.855183650308337, 0.989402349163389]	[0.849584376913903, 0.999999998909695]
0.75	[0.878048779484362, 0.991452990385093]	[0.873015872028943, 0.999999998910574]
0.80	[0.901408449688976, 0.993388903787396]	[0.897074755227865, 0.999999998913021]
0.85	[0.925272849677258, 0.995210847167001]	[0.921781192164935, 0.999999998919099]
0.90	[0.949652411022639, 0.996919549053264]	[0.947156166411185, 0.999999998934662]
0.95	[0.974557814909680, 0.998515709214829]	[0.973221520450538, 0.999999998987768]
1.00	[0.999999998872318, 0.999999998872318]	[0.999999998872318, 0.999999998872318]

ตารางที่ ข.18 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 9

R	DMU1	DMU2
0.00	0.693937899693957	0.703124999259227
0.05	0.703448360236760	0.711321244331837
0.10	0.713316842441942	0.719924657352556
0.15	0.723569923069138	0.728964315692441
0.20	0.734236476969698	0.738472125896505
0.25	0.745347947230787	0.748483176316111
0.30	0.756938653412118	0.759036143837066
0.35	0.769046144343845	0.770173764635399
0.40	0.781711603243637	0.781943381036169
0.45	0.794980314490620	0.794397579226080
0.50	0.808902203344728	0.807594935931189
0.55	0.823532462321292	0.821600896418293
0.60	0.838932280953140	0.836488811580086
0.65	0.855169699465612	0.852341168779330
0.70	0.872320611679344	0.869251060042848
0.75	0.890469948540089	0.887323942775998
0.80	0.909713081455817	0.906679763328079
0.85	0.930157494641685	0.927455533751509
0.90	0.951924788672316	0.949808478754007
0.95	0.975153094446735	0.973919905696104
1.00	0.999999998872318	0.999999998872318
Average	0.822514753786932	0.823252661119674

ตารางที่ ข.19 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 10

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.727272727231393, 0.888888888839415]	[0.666666666628394, 0.999999999944946]
0.05	[0.739726027351621, 0.895027624255201]	[0.680672268865185, 0.999999999940051]
0.10	[0.752293577931347, 0.901098901039681]	[0.694915254190440, 0.999999999934869]
0.15	[0.764976958470011, 0.907103825072001]	[0.709401709350015, 0.999999999929355]
0.20	[0.777777777717015, 0.913043478190527]	[0.724137930977526, 0.999999999617548]
0.25	[0.790697674351991, 0.918918918842452]	[0.739130434719969, 0.999999999586634]
0.30	[0.803738317684097, 0.924731182380860]	[0.754385964843483, 0.999999999553959]
0.35	[0.816901408371024, 0.930481282973076]	[0.769911504349321, 0.999999999519464]
0.40	[0.830188678810565, 0.936170212279921]	[0.785714285631649, 0.999999999483089]
0.45	[0.843601895260926, 0.941798941274068]	[0.801801801349964, 0.999999999444805]
0.50	[0.857142856627479, 0.947368420486664]	[0.818181817688319, 0.999999999404539]
0.55	[0.870813396569225, 0.952879580542449]	[0.834862384782807, 0.999999999362259]
0.60	[0.884615384007793, 0.958333332678129]	[0.851851851265436, 0.999999999317922]
0.65	[0.898550723979309, 0.963730569244740]	[0.869158877866656, 0.999999999271511]
0.70	[0.912621358510911, 0.969072164194322]	[0.886792452136894, 0.999999999222987]
0.75	[0.926829267522936, 0.974358973551697]	[0.904761904009583, 0.999999999172474]
0.80	[0.941176469757863, 0.979591835871987]	[0.923076922261787, 0.999999999120123]
0.85	[0.955665023736655, 0.984771572684123]	[0.941747571934124, 0.999999999066435]
0.90	[0.970297028744165, 0.989898988921594]	[0.960784312775719, 0.999999999012999]
0.95	[0.985074625848689, 0.994974873345028]	[0.980198018789852, 0.999999998968164]
1.00	[0.999999998872318, 0.999999998872318]	[0.999999998872318, 0.999999998872318]

ตารางที่ ข.20 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 10

R	DMU1	DMU2
0.00	0.765217391267119	0.749999999968149
0.05	0.774713396617852	0.757961783404146
0.10	0.784379113600874	0.766233766194595
0.15	0.794223349084485	0.774834437042732
0.20	0.804255319093762	0.783783783683981
0.25	0.814484679605075	0.793103448168631
0.30	0.824921559720192	0.802816901293500
0.35	0.835576597777139	0.812949640164829
0.40	0.846460979636113	0.823529411633540
0.45	0.857586482037211	0.834586465774047
0.50	0.868965516762573	0.846153845722997
0.55	0.880611181326806	0.858267716061336
0.60	0.892537312862194	0.870967741413983
0.65	0.904758547139605	0.884297520087704
0.70	0.917290383026813	0.898305084115325
0.75	0.930149252994020	0.913043477567996
0.80	0.943352600354652	0.928571427810223
0.85	0.956918964019140	0.944954127604762
0.90	0.970868071643697	0.962264150028113
0.95	0.985220942178881	0.980582523278994
1.00	0.999999998872318	0.999999998872318
Average	0.873928173315263	0.856533678566281

ตารางที่ ข.21 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 11

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.545454545010337, 0.888888888058035]	[0.499999999546209, 0.999999999163402]
0.05	[0.554794520088383, 0.895027623437060]	[0.510504201199008, 0.999999999119573]
0.10	[0.564220183016263, 0.901098900183940]	[0.521186440168690, 0.999999999074712]
0.15	[0.573732718421638, 0.907103824177867]	[0.532051281515297, 0.999999999028831]
0.20	[0.583333332871907, 0.913043477257190]	[0.543103447715061, 0.999999998981956]
0.25	[0.593023255386876, 0.918918917869140]	[0.554347825504798, 0.999999998934118]
0.30	[0.602803738248096, 0.924731181698668]	[0.565789473086759, 0.999999998885342]
0.35	[0.612676056302474, 0.930481282277023]	[0.577433627716560, 0.999999998835662]
0.40	[0.622641509122484, 0.936170211570972]	[0.589285713698961, 0.999999998785113]
0.45	[0.632701421536079, 0.941798940553286]	[0.601351350820084, 0.999999998733749]
0.50	[0.642857142842655, 0.947368419755206]	[0.613636363560241, 0.999999998681617]
0.55	[0.653110047836607, 0.952879579801583]	[0.626146788990674, 0.999999998628788]
0.60	[0.663461538454925, 0.958333331929273]	[0.638888888546803, 0.999999998575370]
0.65	[0.673913043474795, 0.963730568489447]	[0.651869158870245, 0.999999998521495]
0.70	[0.684466019416637, 0.969072163434355]	[0.665094339618396, 0.999999998467388]
0.75	[0.695121951219427, 0.974358972789203]	[0.678571428570543, 0.999999998413437]
0.80	[0.705882352941089, 0.979591835109660]	[0.692307692307607, 0.999999998360397]
0.85	[0.716748768472818, 0.984771571925897]	[0.706310679611563, 0.999999998310018]
0.90	[0.727722772277138, 0.989898988175046]	[0.720588235294029, 0.999999998267544]
0.95	[0.738805970149163, 0.994974872635670]	[0.735148514851394, 0.999999998259186]
1.00	[0.749999999571788, 1.000000000000000]	[0.749999999571788, 1.000000000000000]

ตารางที่ ข.22 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 11

R	DMU1	DMU2
0.00	0.661654134910317	0.666666666279071
0.05	0.667814890708761	0.671368123707123
0.10	0.674031898789604	0.676217764607514
0.15	0.680308595455425	0.681222706963952
0.20	0.686648500887601	0.686390532061025
0.25	0.693055225890696	0.691729322802425
0.30	0.699532479093467	0.697247705896268
0.35	0.706084073683127	0.702954898370741
0.40	0.712713935999952	0.708860758948112
0.45	0.719426113694213	0.714975844881006
0.50	0.726224783581318	0.721311475105207
0.55	0.733114260926728	0.727879799394433
0.60	0.740099009615393	0.734693877088684
0.65	0.747183651794853	0.741767764010344
0.70	0.754372978789824	0.749116607483428
0.75	0.761671962552763	0.756756756464202
0.80	0.769085767848602	0.764705882057876
0.85	0.776619765231483	0.772983114149919
0.90	0.784279544889725	0.781609195106521
0.95	0.792070931437787	0.790606653332107
1.00	0.799999999725944	0.799999999725944
Average	0.727904405024171	0.725669783258853

ตารางที่ ข.23 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 12

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.581818180805351, 0.948148147098119]	[0.577777776768955, 0.999999998840537]
0.05	[0.591780820847685, 0.954696131479974]	[0.589915965322730, 0.999999998773575]
0.10	[0.601834861258067, 0.961172159986131]	[0.602259885886141, 0.999999998704788]
0.15	[0.611981565635897, 0.967577412221175]	[0.614814813638762, 0.999999998634370]
0.20	[0.622222220980889, 0.973913042146302]	[0.627586205663219, 0.999999998562735]
0.25	[0.632558138237617, 0.980180178772629]	[0.640579708854333, 0.999999998490751]
0.30	[0.642990652856342, 0.986379926832911]	[0.653801168245494, 0.999999998420895]
0.35	[0.653521125376293, 0.992513367436451]	[0.667256635783437, 0.999999998363662]
0.40	[0.664150943396226, 0.998581558845322]	[0.680952379749785, 0.999999998502655]
0.45	[0.671800946737933, 0.999999998737710]	[0.691722971837876, 0.995435391935916]
0.50	[0.678571427424987, 0.999999998766747]	[0.701704544305842, 0.989583332039942]
0.55	[0.685406697435824, 0.999999998816891]	[0.711869264925582, 0.983859888869146]
0.60	[0.692307691203347, 0.999999998868592]	[0.722222221118228, 0.978260868378761]
0.65	[0.699275361241033, 0.999999998918911]	[0.732768690512141, 0.972782256930743]
0.70	[0.706310678561046, 0.999999998967101]	[0.743514149894644, 0.967420211682464]
0.75	[0.713414633123003, 0.999999999012962]	[0.754464284693411, 0.962171051595771]
0.80	[0.720588234297811, 0.999999999056512]	[0.765624999006722, 0.957031249009296]
0.85	[0.727832511345601, 0.999999999097803]	[0.777002426218356, 0.951997421732344]
0.90	[0.735148513907962, 0.999999999136937]	[0.788602940237013, 0.947066325622831]
0.95	[0.742537312514914, 0.999999999174034]	[0.800433167403464, 0.942234847615136]
1.00	[0.749999999107097, 0.999999999209190]	[0.812499999112124, 0.937499999166269]

ตารางที่ ข.24 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 12

R	DMU1	DMU2
0.00	0.693937899693957	0.703124999259227
0.05	0.700480891242661	0.709177591583895
0.10	0.707088785752810	0.715440581216642
0.15	0.713765400401960	0.721925132802760
0.20	0.720514652386708	0.728643215141421
0.25	0.727340566783468	0.735607674914286
0.30	0.734247284789707	0.742832318678067
0.35	0.741239072385798	0.750332004225957
0.40	0.748320330247560	0.758122742716546
0.45	0.752899196270378	0.763539087754536
0.50	0.756756755873199	0.768382352023221
0.55	0.760691536893064	0.773480456812548
0.60	0.764705881503573	0.778846152952685
0.65	0.768802227583052	0.784493237231530
0.70	0.772983113637536	0.790436653503706
0.75	0.777251184045017	0.796692606156077
0.80	0.781609194632592	0.803278687691313
0.85	0.786060018610212	0.810214022499648
0.90	0.790606652887717	0.817519429245852
0.95	0.795252224804281	0.825217604724894
1.00	0.799999999302012	0.833333332552132
Average	0.752121565225108	0.767173327794616

ตารางที่ ข.25 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 13

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.590909090543646, 0.833333333027338	[0.499999999757519, 0.999999999946368]
0.05	[0.601027396875362, 0.839088397465273	[0.510504201384432, 0.999999999713261]
0.10	[0.611238531705267, 0.844780219435921	[0.521186440337341, 0.999999999693926]
0.15	[0.621543778376612, 0.850409835701012	[0.532051281672515, 0.999999999673821]
0.20	[0.631944443998265, 0.855978260483985	[0.543103447863101, 0.999999999652935]
0.25	[0.642441859997404, 0.861486486079116	[0.554347825642948, 0.999999999631255]
0.30	[0.653037382687694, 0.866935483441025	[0.565789473210746, 0.999999999608786]
0.35	[0.663732393853493, 0.872326202755256	[0.577433627816786, 0.999999999585524]
0.40	[0.674528301350551, 0.877659573990615	[0.589285713756221, 0.999999999561457]
0.45	[0.685426539723834, 0.882936507434060	[0.601351350794442, 0.999999999536590]
0.50	[0.696428570842975, 0.888157894208589	[0.613636363052041, 0.999999999510909]
0.55	[0.707535884555973, 0.893324606774949	[0.626146788378876, 0.999999999484400]
0.60	[0.718749999361754, 0.898437499417622	[0.638888888248918, 0.999999999457096]
0.65	[0.730072463102213, 0.903497408715700	[0.651869158209971, 0.999999999428965]
0.70	[0.741504853674436, 0.908505153999245	[0.665094338924877, 0.999999999400018]
0.75	[0.753048779763741, 0.913461537791530	[0.678571427843650, 0.999999999370246]
0.80	[0.764705881598291, 0.918367346237812	[0.692307691549016, 0.999999999339661]
0.85	[0.776477831726032, 0.923223349520992	[0.706310678821099, 0.999999999308259]
0.90	[0.788366335814655, 0.928030302264749	[0.720588234470623, 0.999999999276042]
0.95	[0.800373133475495, 0.932788943924425	[0.735148513993901, 0.999999999243013]
1.00	[0.812499999112124, 0.937499999166272	[0.749999999107097, 0.999999999209200]

ตารางที่ ข.26 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 13

R	DMU1	DMU2
0.00	0.670731707038690	0.666666666546979
0.05	0.677743986011565	0.671368123921687
0.10	0.684841240339484	0.676217764820208
0.15	0.692028094219318	0.681222707176976
0.20	0.699309323774692	0.686390532275205
0.25	0.706689868153662	0.691729323017186
0.30	0.714174841284466	0.697247706109259
0.35	0.721769544350000	0.702954898576845
0.40	0.729479479046989	0.708860759137104
0.45	0.737310361701902	0.714975845031505
0.50	0.745268138322135	0.721311475007501
0.55	0.753359000668570	0.727879799239768
0.60	0.761589403443771	0.734693877099758
0.65	0.769966082699338	0.741767763820873
0.70	0.778496075576315	0.749116607269522
0.75	0.787186741503970	0.756756756224050
0.80	0.796045784995315	0.764705881790471
0.85	0.805081280192163	0.772983113852786
0.90	0.814301697328769	0.781609194775638
0.95	0.823715931301449	0.790606652958994
1.00	0.833333332552132	0.799999999302014
Average	0.747734376881176	0.725669783235920

ตารางที่ ข.27 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 14

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.499999999890016, 0.999999999649978]	[0.699999999884350, 0.999999999999722]
0.05	[0.512820512783041, 0.999999999597021]	[0.720512820286853, 0.999999999999278]
0.10	[0.526315789473577, 0.999999999588564]	[0.742105262791755, 0.999999999994653]
0.15	[0.540540540501958, 0.999999999926800]	[0.764864864352890, 0.999999999996847]
0.20	[0.555555555362831, 0.999999999719808]	[0.788888888279898, 0.999999999993904]
0.25	[0.571428570975572, 0.999999999293884]	[0.814285713659780, 0.999999999988379]
0.30	[0.588235293404122, 0.999999998832724]	[0.841176470531867, 0.999999999978200]
0.35	[0.606060605238672, 0.999999998757503]	[0.869696968434152, 0.999999999959857]
0.40	[0.624999999832906, 0.999999998626873]	[0.899999998581397, 0.999999999928268]
0.45	[0.643086816720257, 0.996784564487325]	[0.929260448733113, 0.999999999386183]
0.50	[0.645161289354331, 0.967741934476783]	[0.935483869950209, 0.999999999005791]
0.55	[0.647249190285269, 0.938511326222481]	[0.941747572178315, 0.999999998571237]
0.60	[0.649350648938100, 0.909090908703424]	[0.948051947976739, 0.974999998611211]
0.65	[0.651465797996214, 0.879478827316127]	[0.954397394094493, 0.948484847198144]
0.70	[0.653594771213489, 0.849673202588410]	[0.960784313702492, 0.923529410852282]
0.75	[0.655737704902229, 0.819672131132948]	[0.967213114741873, 0.899999999905303]
0.80	[0.657894736833417, 0.789473684202399]	[0.973684210519925, 0.877777777211404]
0.85	[0.660066006595912, 0.759075907586245]	[0.980198019798702, 0.856756756218329]
0.90	[0.662251655626544, 0.728476821189556]	[0.986754966871067, 0.836842104801987]
0.95	[0.664451827241123, 0.697674418603281]	[0.993355481726829, 0.817948717591894]
1.00	[0.666666666665929, 0.666666666665929]	[0.999999999999722, 0.799999999748271]

ตารางที่ ข.28 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 14

R	DMU1	DMU2
0.00	0.666666666540002	0.727272727133852
0.05	0.672413792997740	0.745327102567467
0.10	0.678571428481640	0.764423076568173
0.15	0.685185185151282	0.784653464872429
0.20	0.692307692155635	0.806122448427903
0.25	0.699999999629746	0.828947367928230
0.30	0.708333332734176	0.853260869397079
0.35	0.717391303672912	0.879213481972804
0.40	0.727272726911992	0.906976742868996
0.45	0.736342042477006	0.933933932600527
0.50	0.731707316333201	0.939393938439403
0.55	0.726817042103770	0.944954127839441
0.60	0.721649484214133	0.950617283879285
0.65	0.716180371313480	0.956386292794512
0.70	0.710382513638082	0.962264150921309
0.75	0.704225352099406	0.968253968242150
0.80	0.697674418597123	0.974358974352755
0.85	0.690690690686437	0.980582524268632
0.90	0.683229813662191	0.986928104559169
0.95	0.675241157554923	0.993399339933253
1.00	0.666666666665929	0.666666666665929
Average	0.700426142743848	0.883520789820633

ตารางที่ ข.29 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 15

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.409090908932281, 0.999999999649978]	[0.572727272676350, 0.799999999748271]
0.05	[0.419580419491826, 0.999999999597021]	[0.589510489384588, 0.817948717591894]
0.10	[0.430622009542076, 0.999999999588564]	[0.607177033254482, 0.836842104801987]
0.15	[0.442260442260388, 0.999999999926800]	[0.625798525417929, 0.856756756218329]
0.20	[0.454545454498544, 0.999999999719808]	[0.645454544925876, 0.877777777211404]
0.25	[0.467532467322195, 0.999999999293884]	[0.666233765606489, 0.899999999905303]
0.30	[0.481283421980518, 0.999999998832724]	[0.688235293510421, 0.923529410852282]
0.35	[0.495867767857135, 0.999999998757503]	[0.711570247770048, 0.948484847198144]
0.40	[0.511363635544651, 0.999999998626873]	[0.736363635083172, 0.974999998611211]
0.45	[0.526161940920968, 0.996784564487325]	[0.760304003416791, 0.999999998571237]
0.50	[0.527859236683717, 0.967741934476783]	[0.765395893521551, 0.999999999005791]
0.55	[0.529567519272141, 0.938511326222481]	[0.770520740829776, 0.999999999386183]
0.60	[0.531286894849686, 0.909090908703424]	[0.775678866522049, 0.999999999928268]
0.65	[0.533017471084871, 0.879478827316127]	[0.780870595166339, 0.999999999959857]
0.70	[0.534759358264426, 0.849673202588410]	[0.786096256664994, 0.999999999978200]
0.75	[0.536512667646964, 0.819672131132948]	[0.791356184788606, 0.999999999988379]
0.80	[0.538277511954603, 0.789473684202399]	[0.796650717698072, 0.999999999993904]
0.85	[0.540054005396711, 0.759075907586245]	[0.801980198017104, 0.999999999996847]
0.90	[0.541842263694490, 0.728476821189556]	[0.807344972889494, 0.999999999994653]
0.95	[0.543642404106393, 0.697674418603281]	[0.812745394140136, 0.999999999999278]
1.00	[0.545454545453948, 0.666666666665929]	[0.818181818181598, 0.999999999999722]

ตารางที่ ข.30 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 15

R	DMU1	DMU2
0.00	0.628571428427035	0.651851851753396
0.05	0.632743362702745	0.665844402111736
0.10	0.637195121845020	0.680544746829997
0.15	0.641955835945298	0.696007983683771
0.20	0.647058823445782	0.712295081529408
0.25	0.652542372631721	0.729473683818880
0.30	0.658450703755003	0.747619047065129
0.35	0.664835164232141	0.766815144422007
0.40	0.671755724518494	0.787155962250369
0.45	0.677797654214007	0.806649374104539
0.50	0.672097759046663	0.809976246283070
0.55	0.666109834610005	0.813352476202269
0.60	0.659811482302685	0.816779170629963
0.65	0.653177919474635	0.820257469000368
0.70	0.646181653844583	0.823788546239110
0.75	0.638792102196035	0.827373612815031
0.80	0.630975143397454	0.831013916496494
0.85	0.622692591677671	0.834710743799338
0.90	0.613901572803795	0.838465421490636
0.95	0.604553781731471	0.842279318239107
1.00	0.594594594594011	0.846153846153652
Average	0.643609267971250	0.778495621186584

ตารางที่ ข.31 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 16

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.409090908932281, 0.999999999649978]	[0.572727272676350, 0.799999999748271]
0.05	[0.423837957998264, 0.999999999597021]	[0.595492330978728, 0.817948717591894]
0.10	[0.439401255408701, 0.999999999588563]	[0.619555769909311, 0.836842104801987]
0.15	[0.455847552621072, 0.999999999926800]	[0.645024286558861, 0.856756756218328]
0.20	[0.473251028739798, 0.999999999719808]	[0.672016460353716, 0.877777777211404]
0.25	[0.491694351895373, 0.999999999293883]	[0.700664451178757, 0.899999999905303]
0.30	[0.511269927975391, 0.999999998832724]	[0.731115997767282, 0.923529410852282]
0.35	[0.532081376368102, 0.999999998757501]	[0.763536775987967, 0.948484847198145]
0.40	[0.554245282936784, 0.999999998626873]	[0.798113206206866, 0.974999998611210]
0.45	[0.576035110711510, 0.996784564487325]	[0.832370733646165, 0.999999998571237]
0.50	[0.583717356998855, 0.967741934476783]	[0.846390168011649, 0.999999999005794]
0.55	[0.591505240857955, 0.938511326222481]	[0.860640125750224, 0.999999999386183]
0.60	[0.599400599321887, 0.909090908703424]	[0.875124875053616, 0.999999999928268]
0.65	[0.607405309241762, 0.879478827316127]	[0.889848778068069, 0.999999999959857]
0.70	[0.615521289394857, 0.849673202588410]	[0.904816295428334, 0.999999999978200]
0.75	[0.623750499784962, 0.819672131132948]	[0.920031987193440, 0.999999999988379]
0.80	[0.632094943232104, 0.789473684202399]	[0.935500515989719, 0.999999999993904]
0.85	[0.640556666499488, 0.759075907586248]	[0.951226649755386, 0.999999999996848]
0.90	[0.649137761455726, 0.728476821189556]	[0.967215264556274, 0.999999999994653]
0.95	[0.657840366273549, 0.697674418603281]	[0.983471347580297, 0.999999999999276]
1.00	[0.666666666665929, 0.666666666665929]	[0.999999999999722, 0.999999999999722]

ตารางที่ ข.34 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 16

R	DMU1	DMU2
0.00	0.628571428427035	0.651851851753396
0.05	0.634452532927824	0.669102576213810
0.10	0.640779702865961	0.687465291291361
0.15	0.647604452314033	0.707051084022781
0.20	0.654986522819082	0.727986347662044
0.25	0.662995594439800	0.750415512039915
0.30	0.671713441145742	0.774504379704130
0.35	0.681236673140474	0.800444230631528
0.40	0.691680260679317	0.828456912681732
0.45	0.701590672330191	0.856436223903148
0.50	0.699223084780961	0.866844206887544
0.55	0.696738742623053	0.877685815101557
0.60	0.694126620767863	0.888987566544065
0.65	0.691374212905133	0.900778182503619
0.70	0.688467273360014	0.913088823202690
0.75	0.685389501826347	0.925953350600076
0.80	0.682122157817189	0.939408628205566
0.85	0.678643584931740	0.953494861179124
0.90	0.674928619158100	0.968255983731392
0.95	0.670947846957072	0.983740101786240
1.00	0.666666666665929	0.999999999999722
Average	0.673535218708708	0.841521520459307

ตารางที่ ข.33 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 17

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.721925133689165, 0.999999999970513]	[0.721925133689167, 0.999999999970512]
0.05	[0.733839792028048, 0.999999999973520]	[0.733839792028049, 0.999999999973522]
0.10	[0.745942131262696, 0.999999999976549]	[0.745942131262697, 0.999999999976547]
0.15	[0.758235446949404, 0.999999999979555]	[0.758235446949404, 0.999999999979568]
0.20	[0.770723104055962, 0.999999999982527]	[0.770723104055962, 0.999999999982525]
0.25	[0.783408538701392, 0.999999999985412]	[0.783408538701390, 0.999999999985397]
0.30	[0.796295255782055, 0.999999999988157]	[0.796295255782055, 0.999999999988160]
0.35	[0.809386849014105, 0.999999999990731]	[0.809386849014105, 0.999999999990743]
0.40	[0.822686972600805, 0.999999999993064]	[0.822686972600805, 0.999999999993048]
0.45	[0.836199365996868, 0.999999999995133]	[0.836199365996868, 0.999999999995127]
0.50	[0.849927849174331, 0.999999999996845]	[0.849927849174330, 0.999999999996884]
0.55	[0.863876324576879, 0.999999999999826]	[0.863876324576877, 0.999999999999821]
0.60	[0.878048779800944, 0.999999999999915]	[0.878048779800946, 0.999999999999898]
0.65	[0.892449289430163, 0.999999999999963]	[0.892449289430166, 1.000000000000000]
0.70	[0.907082017272978, 0.999999999999985]	[0.907082017272984, 1.000000000000000]
0.75	[0.921951218813956, 0.999999999999995]	[0.921951218813954, 0.999999999999994]
0.80	[0.937061243632729, 0.999999999999928]	[0.937061243632726, 0.999999999999928]
0.85	[0.952416538220158, 0.999999999380111]	[0.952416538220157, 0.999999999380111]
0.90	[0.968021646884858, 0.999999999434388]	[0.968021646884858, 0.999999999434387]
0.95	[0.983881215450966, 0.999999999499785]	[0.983881215450967, 0.999999999499786]
1.00	[0.999999999574131, 0.999999999574131]	[0.999999999574129, 0.999999999574129]

ตารางที่ ข.34 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 17

R	DMU1	DMU2
0.00	0.782426778237245	0.782426778237246
0.05	0.789789470320004	0.789789470320005
0.10	0.797411367469141	0.797411367469140
0.15	0.805305641507770	0.805305641507772
0.20	0.813486370154853	0.813486370154853
0.25	0.821968616260045	0.821968616260041
0.30	0.830768512628653	0.830768512628653
0.35	0.839903371779876	0.839903371779878
0.40	0.849391773238132	0.849391773238129
0.45	0.859253699286628	0.859253699286628
0.50	0.869510664423671	0.869510664423675
0.55	0.880185865000616	0.880185865000614
0.60	0.891304347280421	0.891304347280420
0.65	0.902893195279063	0.902893195279069
0.70	0.914981742275686	0.914981742275692
0.75	0.927601809353954	0.927601809353953
0.80	0.940787974857200	0.940787974857198
0.85	0.954577879907388	0.954577879907387
0.90	0.969012573726824	0.969012573726824
0.95	0.984136909186142	0.984136909186142
1.00	0.999999999574131	0.999999999574129
Average	0.877366598178450	0.877366598178450

ตารางที่ ข.35 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 18

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.673796789287418, 1.000000000000000]	[0.721925132535097, 0.999999999949556]
0.05	[0.685079670590338, 0.999999999999948]	[0.733839790819484, 0.999999999954308]
0.10	[0.696541987540930, 0.999999999956630]	[0.745942129990146, 0.999999999959481]
0.15	[0.708186899845014, 0.999999999971481]	[0.758235445601790, 0.999999999965118]
0.20	[0.720017633907071, 0.999999999984710]	[0.770723102620019, 0.999999999971355]
0.25	[0.732037484609291, 0.999999999999887]	[0.783408537161070, 0.999999999978410]
0.30	[0.744249817282983, 0.999999999999991]	[0.796295258282484, 0.999999999986017]
0.35	[0.759663334063090, 0.999999999999171]	[0.809386849826385, 0.999999999993748]
0.40	[0.775943395073611, 0.999999999999999]	[0.822686972317145, 0.999999999999959]
0.45	[0.792560977730142, 0.999999999988083]	[0.836199364915483, 0.999999999631300]
0.50	[0.809523805807758, 0.999999999988028]	[0.849927847434253, 0.999999999963775]
0.55	[0.826839826763695, 0.999999999991746]	[0.863876322453122, 0.999999999972849]
0.60	[0.844517182311710, 0.999999999996816]	[0.878048778152721, 0.999999999980771]
0.65	[0.862564259325834, 0.999999999999585]	[0.892449286193550, 0.999999999987448]
0.70	[0.880989664891951, 0.999999999995141]	[0.907082009981689, 0.999999999992780]
0.75	[0.899802241265655, 0.999999999999994]	[0.921951219508964, 0.999999999996662]
0.80	[0.919011082693944, 1.000000000000470]	[0.937061244248191, 0.999999999999900]
0.85	[0.938625531113999, 0.999999999999867]	[0.952416538301145, 1.000000000000000]
0.90	[0.958655206143250, 0.999999999999757]	[0.968021646883879, 0.999999999999868]
0.95	[0.979109973577973, 0.999999999999808]	[0.983881216967270, 1.000000000000000]
1.00	[0.999999999999852, 0.999999999999852]	[0.999999999998058, 0.999999999998058]

ตารางที่ ข.36 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 18

R	DMU1	DMU2
0.00	0.754032256838454	0.782426777527167
0.05	0.760502349559795	0.789789469562951
0.10	0.767190036373576	0.797411366657213
0.15	0.774105789663832	0.805305640631556
0.20	0.781260763028398	0.813486369202909
0.25	0.788666847688188	0.821968615218329
0.30	0.796336734617341	0.830768514354089
0.35	0.806232716860363	0.839903372353295
0.40	0.816955683238306	0.849391773034363
0.45	0.828199173253534	0.859253698444223
0.50	0.839999997376345	0.869510663104335
0.55	0.852398523928885	0.880185863352439
0.60	0.865439091513465	0.891304345969179
0.65	0.879170544972715	0.902893192639426
0.70	0.893646795409558	0.914981736170919
0.75	0.908927501497902	0.927601809951747
0.80	0.925078864353343	0.940787975401933
0.85	0.942174538124677	0.954577880008063
0.90	0.960296729670454	0.969012573742885
0.95	0.979537437058480	0.984136910662547
1.00	0.999999999999852	0.999999999998058
Average	0.853340589287022	0.877366597523220

ตารางที่ ข.37 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 19

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.464285713193717, 0.999999999999953]	[0.499999999994964, 0.999999999999689]
0.05	[0.482946298984035, 0.999999999999931]	[0.517995874067820, 0.999999999995551]
0.10	[0.502273565196017, 0.999999999999937]	[0.536580133007822, 0.999999999993893]
0.15	[0.522292992933114, 0.999999999999905]	[0.555773313730688, 0.999999999992741]
0.20	[0.543031226134283, 0.999999999999889]	[0.575596816920738, 0.999999999991862]
0.25	[0.564516129025023, 0.999999999998599]	[0.596072926586261, 0.999999999990772]
0.30	[0.586776859504133, 0.999999999998474]	[0.617224880379084, 0.999999999990397]
0.35	[0.609843937575030, 0.999999999998384]	[0.639076869682464, 0.999999999949208]
0.40	[0.633749321758003, 0.999999999998352]	[0.661654135335113, 0.999999999947802]
0.45	[0.658526489136220, 0.999999999998365]	[0.684982996238296, 0.999999999946724]
0.50	[0.684210525978491, 0.999999999998422]	[0.709090908990965, 0.999999999989173]
0.55	[0.710838211326715, 0.999999999998480]	[0.734006526594659, 0.999999999989215]
0.60	[0.738448124385016, 0.999999999998608]	[0.759759759669253, 0.999999999990415]
0.65	[0.767080743920683, 0.999999999998741]	[0.786381842375234, 0.999999999990796]
0.70	[0.796778562204848, 0.999999999999903]	[0.813905401842166, 0.999999999991840]
0.75	[0.827586205336460, 0.999999999999915]	[0.842364532006676, 0.999999999993509]
0.80	[0.859550560593436, 0.999999999999937]	[0.871794871784849, 0.999999999994059]
0.85	[0.892720914504326, 0.999999999999962]	[0.902233688634180, 0.999999999999557]
0.90	[0.927149101505586, 0.999999999999964]	[0.933719966859049, 0.999999999999770]
0.95	[0.962889658584859, 0.999999999999979]	[0.966294501790149, 0.999999999999885]
1.00	[0.999999999999988, 0.999999999999988]	[0.999999999907770, 0.999999999907770]

ตารางที่ ข.38 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 19

R	DMU1	DMU2
0.00	0.651162790234643	0.666666666664359
0.05	0.659172446783051	0.674761954100197
0.10	0.667678673996867	0.683330889892457
0.15	0.676724137611609	0.692412077345656
0.20	0.686356508071690	0.702048417103214
0.25	0.696629213479339	0.712287709906313
0.30	0.707602339180971	0.723183390999607
0.35	0.719343696027307	0.734795358907013
0.40	0.731930103256229	0.747191011224290
0.45	0.745448934996622	0.760446440712678
0.50	0.759999999804889	0.774647887262079
0.55	0.775697828453936	0.789893487608493
0.60	0.792674498234351	0.806295399455402
0.65	0.811083122490731	0.823982398183240
0.70	0.831102213265446	0.843103072513656
0.75	0.852941175335597	0.863829787223557
0.80	0.876847289714435	0.886363636355164
0.85	0.903114682738133	0.910940688966652
0.90	0.932095971027612	0.937839937839103
0.95	0.964217557251908	0.967393519461562
1.00	0.999999999999988	0.999999999907770
Average	0.782943961045493	0.795305415792022

ตารางที่ ข.39 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 20

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.563218390804522, 0.999999999649045	[0.555555555555533, 1.000000000000000
0.05	[0.579841713221494, 0.999999999560961	[0.572290655955493, 1.000000000000000
0.10	[0.596919933998453, 0.999999999493298	[0.589499658564876, 0.999999999999999
0.15	[0.614466459775453, 0.999999999445072	[0.607197197527399, 1.000000000000000
0.20	[0.632495164408272, 0.999999999414107	[0.625398444436302, 1.000000000000000
0.25	[0.651020408159253, 0.999999999397886	[0.644119131704798, 0.999999999999999
0.30	[0.670057057791436, 0.999999999393948	[0.663375577114711, 0.999999999999999
0.35	[0.689620507531223, 0.999999999400046	[0.683184709618617, 0.999999999089090
0.40	[0.709726701484919, 0.999999999411678	[0.703564096468423, 0.999999998961062
0.45	[0.730392156539811, 0.999999999425729	[0.724531971749009, 0.999999998895067
0.50	[0.751633986789047, 0.999999999442841	[0.746107266400633, 1.000000000000000
0.55	[0.773469928386308, 0.999999999462277	[0.768309639816037, 0.999999999999882
0.60	[0.795918367334291, 0.999999999483422	[0.791159513117642, 1.000000000000000
0.65	[0.818998366894450, 0.999999999505770	[0.814678104218894, 0.999999999999940
0.70	[0.842729697415567, 0.999999999528900	[0.838887464710387, 1.000000000000000
0.75	[0.867132867132866, 0.999999999552473	[0.863810518906288, 0.999999999986435
0.80	[0.892229154849687, 0.999999999576220	[0.889471104852198, 1.000000000000000
0.85	[0.918040644171777, 0.999999999599913	[0.915894017525429, 1.000000000000000
0.90	[0.944590259550893, 0.999999999623389	[0.943105054722834, 1.000000000000000
0.95	[0.971901804199940, 0.999999999646517	[0.971131065244832, 1.000000000000000
1.00	[0.999999999669196, 0.999999999669196	[0.999999999020742, 0.999999999020742

ตารางที่ ข.40 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 20

R	DMU1	DMU2
0.00	0.695999999925707	0.692307692307682
0.05	0.704146861078784	0.700422676486193
0.10	0.712717701637799	0.708968279286301
0.15	0.721743624974623	0.717976728812385
0.20	0.731258840053637	0.727483535830802
0.25	0.741301058883839	0.737527922535949
0.30	0.751911956605447	0.748153320318180
0.35	0.763137705989184	0.759407949683829
0.40	0.775029601107379	0.771345499641267
0.45	0.787644787348391	0.784025924297476
0.50	0.801047120240824	0.797516384937845
0.55	0.815308179590762	0.811892365424229
0.60	0.830508474494832	0.827239003699416
0.65	0.846738879856299	0.843652685029503
0.70	0.864102360272067	0.861242962768101
0.75	0.882716049336384	0.880134886511852
0.80	0.902713773644298	0.900471842172922
0.85	0.924249136146347	0.922419040357483
0.90	0.947499309182706	0.946167832922840
0.95	0.972669735318565	0.971941095916131
1.00	0.999999999669196	0.999999999020742
Average	0.817735483588432	0.814776077521958

ตารางที่ ข.41 ตารางแสดงผลประสิทธิภาพกรณีที่ 21

alpha	DMU1	DMU2
0.00	[0.452380952370499, 0.999999999999989]	[0.476190476185420, 0.999999999996029]
0.05	[0.471456216727888, 0.999999999999989]	[0.494579555530274, 0.999999999995051]
0.10	[0.491212976862157, 0.999999999999999]	[0.513616034837429, 0.999999999993773]
0.15	[0.511677282377259, 0.999999999999994]	[0.533323813938893, 0.999999999992772]
0.20	[0.532876364553927, 0.999999999999991]	[0.553727804920506, 0.999999999992155]
0.25	[0.554838709653520, 0.999999999999996]	[0.574853980936013, 0.999999999955975]
0.30	[0.577594123047988, 1.000000000000000]	[0.596729427645262, 0.999999999953105]
0.35	[0.601173802853677, 0.999999999999998]	[0.619382397423177, 0.999999999951055]
0.40	[0.625610417796286, 0.999999999999985]	[0.642842366554076, 0.999999999950058]
0.45	[0.650938189844723, 1.000000000000000]	[0.667140095454530, 0.999999999949760]
0.50	[0.677192979025141, 0.999999999999997]	[0.692307692304864, 0.999999999950803]
0.55	[0.704412394686809, 0.999999999999994]	[0.718369959287257, 0.999999999952543]
0.60	[0.732635861667543, 0.999999999999988]	[0.745370370228996, 0.999999999990941]
0.65	[0.761904761889941, 1.000000000000000]	[0.773346088641680, 0.999999999992013]
0.70	[0.792262531177221, 0.999999999999996]	[0.802336028679478, 0.999999999992716]
0.75	[0.823754788067196, 1.000000000000000]	[0.832380952326033, 0.999999999993792]
0.80	[0.856429461043398, 0.999999999999991]	[0.863523573162110, 0.999999999995016]
0.85	[0.890336935791200, 0.999999999999989]	[0.895808666804964, 0.999999999999628]
0.90	[0.925530192649955, 0.999999999999994]	[0.929283188677449, 0.999999999999770]
0.95	[0.962064984157269, 1.000000000000000]	[0.963996399639326, 0.999999999999992]
1.00	[0.999999999999996, 0.999999999999996]	[0.999999999926382, 0.999999999926382]

ตารางที่ ข.42 ตารางแสดงผลการให้คะแนนกรณีที่ 21

R	DMU1	DMU2
0.00	0.646153846149479	0.656249999996927
0.05	0.654217439463411	0.664266254435373
0.10	0.662784067376380	0.672773673179789
0.15	0.671897289586006	0.681813756507011
0.20	0.681605814152092	0.691432776900350
0.25	0.691964285702842	0.701682484889268
0.30	0.703034215622647	0.712620944019718
0.35	0.714885095832528	0.724313523252260
0.40	0.727595736280672	0.736834082749682
0.45	0.741255880547757	0.750266398274222
0.50	0.755968167800498	0.764705882342435
0.55	0.771850545574077	0.780256367456438
0.60	0.789039211189733	0.797047970388426
0.65	0.807692307682639	0.815225868306397
0.70	0.827994515210936	0.834958739633970
0.75	0.850162865578687	0.856443719371678
0.80	0.874454146844674	0.879912663724827
0.85	0.901174448581839	0.905640145812784
0.90	0.930691577519791	0.933953767630475
0.95	0.963451453835065	0.965247610772646
1.00	0.999999999999996	0.999999999926382
Average	0.779422519549131	0.786935553789098